

# Integración de las TIC como apoyo al desarrollo de habilidades espaciales



# Integración de las TIC como apoyo al desarrollo de habilidades espaciales

Julián Alfonso Tristáncho Ortiz  
Leonardo Emiro Contreras Bravo  
Luis Fernando Vargas Tamayo





## Agradecimientos

*Los autores deseamos expresar nuestros agradecimientos al Instituto de Estudios e Investigaciones Educativas –IEIE–, que sin su financiación hubiera sido imposible realizar la presente investigación.*

*De igual manera deseamos agradecer a nuestros estudiantes que participaron en el desarrollo del presente proyecto, quienes aparte de su compromiso académico, son también la fuente de inspiración para mejorar la función misional más importante de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.*

© Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
© Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico  
© Julián Alfonso Tristáncho Ortiz, Leonardo Emiro Contreras  
Bravo, Luis Fernando Vargas Tamayo  
Primera edición, noviembre de 2016  
ISBN: 978-958-8972-58-9



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



Dirección Sección de Publicaciones

Rubén Eliécer Carvajalino C.

Coordinación editorial

Miguel Fernando Niño Roa

Corrección de estilo

Andrés Fernando Solano Rodríguez

Diagramación y montaje de cubierta

Emilio Simmonds

Producción editorial

Editorial UD

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Carrera 24 No. 34-37

Teléfono: 3239300 ext. 6202

Correo electrónico: [publicaciones@udistrital.edu.co](mailto:publicaciones@udistrital.edu.co)

Bogotá, Colombia

Tristáncho Ortiz, Julián Alfonso

Integración de las TIC como apoyo al desarrollo de habilidades espaciales / Julián Alfonso Tristáncho Ortiz, Leonardo Emiro Contreras Bravo, Luis Fernando Vargas Tamayo. -- Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.

224 páginas ; 24 cm.

ISBN 978-958-8972-58-9

1. Tecnología educativa 2. Ciencia y tecnología 3. Tecnologías de la información y la comunicación I. Contreras Bravo, Leonardo Emiro, autor II. Vargas Tamayo, Luis Fernando, autor III. Tít.  
371.334 cd 21 ed.  
A1551140

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Todos los derechos reservados.

Esta obra no puede ser reproducida sin el permiso previo escrito de la Sección de Publicaciones de la Universidad Distrital.

Hecho en Colombia

# Contenido

---

<b>Introducción</b>	19
<b>Capítulo 1. Habilidades espaciales</b>	21
Introducción	21
Importancia de las habilidades espaciales en Ingeniería	24
Desarrollo de habilidades espaciales	24
Estado del arte del desarrollo de habilidades espaciales	25
Planteamiento de la pregunta de investigación	27
Objetivos del proyecto	27
<i>Objetivos específicos</i>	28
Metodología	28
Conclusiones	29
<b>Capítulo 2. Diagnóstico inicial</b>	31
Introducción	31
Análisis del curso Dibujo en Ingeniería	32
<i>Estructura del curso de Dibujo en Ingeniería</i>	34
<i>Resultados académicos de los estudiantes</i>	35
Diagnóstico inicial del desarrollo de habilidades espaciales	37
<i>Prueba de Rotación Mental (MRT)</i>	38
<i>Caracterización de la población</i>	40
<i>Caracterización de la muestra</i>	40
<i>Resultados obtenidos de la prueba MRT</i>	41
Conclusiones	42

<b>Capítulo 3. Técnicas para desarrollo de habilidades espaciales</b>	43
Introducción	43
Técnicas tradicionales	44
<i>Generación de vistas ortogonales a partir de proyecciones axonométricas</i>	44
<i>Generación de vistas ortogonales construyendo modelo físico en material blando</i>	44
Técnicas modernas	45
<i>Generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D</i>	45
<i>Generación de vistas ortogonales usando visualización en software especializado</i>	46
Evaluación de técnicas	47
Conclusiones	50
<b>Capítulo 4. Desarrollo e integración de nuevas herramientasTécnicas modernas</b>	53
Introducción	53
Análisis de factores de entorno que afectan el desarrollo de habilidades espaciales	55
Implementación de técnicas tradicionales	58
<i>Sólidos impresos en 3D</i>	58
<i>Guías de trabajo dentro y fuera de clase</i>	60
Implementación de técnicas basadas en TIC	61
<i>Tablero digital interactivo</i>	61
<i>Desarrollo de teclado virtual especializado</i>	64
<i>Canal de video tutoriales DIMSI</i>	65
Software de dibujo caligráfico 3D (SotDIN)	68
<i>Antecedentes</i>	68
<i>Diseño base del sistema</i>	70
<i>Sistema de dibujo caligráfico</i>	71
<i>Algoritmo de cálculo inverso</i>	73
<i>Integración del software con tablero digital</i>	79
Conclusiones	81
<b>Capítulo 5. Evaluación de resultados obtenidos</b>	83
Introducción	83
<i>Syllabus de Dibujo en Ingeniería</i>	84
Integración de nuevas herramientas en el curso de Dibujo en Ingeniería	87
<i>Tablero digital</i>	88
<i>Curso virtual</i>	88
<i>Canal de videos YouTube</i>	90

<i>Software de tablero digital para ingeniería (SotDIN)</i>	90
<i>Canal de videos YouTube</i>	91
Desarrollo de habilidades espaciales	92
Rendimiento académico del curso Dibujo en Ingeniería)	93
Conclusiones	93
<b>Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones</b>	95
Conclusiones generales	95
Recomendaciones	96
Estudios futuros	96
<b>Referencias</b>	99
<b>Anexos</b>	103
<b>Anexo A. Encuesta de caracterización</b>	103
Encuesta individual posprueba	103
<i>Parte 1. Caracterización e identificación del estudiante</i>	103
<i>Parte 2. Evaluación de satisfacción</i>	104
<b>Anexo B. Prueba inicial, tipo MRT(Mental Rotation Test)</b>	105
Prueba de rotación mental de objetos MRT	105
<b>Anexo C. Prueba final, tipo estándar habilidades espaciales</b>	109
Prueba de rotación tridimensional de bloques	109
<i>Instrucciones</i>	109
<i>Ejemplo</i>	109
<i>Puntos de la prueba</i>	110
Prueba análisis espacial por vistas ortogonales	112
<i>Instrucciones</i>	112
<i>Ejemplo</i>	112
<i>Puntos de la prueba</i>	112
<b>Anexo D. Enunciados de problemas para evaluación de técnicas</b>	115
Evaluación técnicas pedagógicas para el desarrollo de habilidades espaciales en Ingeniería	115
Generación de vistas ortogonales construyendo modelo físico en material blando	116
Generación de vistas ortogonales usando visualización en software especializado	123
Generación de vistas ortogonales usando objetos en realidad aumentada	130

Generación de vistas ortogonales a partir de proyecciones axonométricas	138
Generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D	145
<b>Anexo E. Guía de trabajo en y fuera de clase para Dibujo en Ingeniería</b>	<b>153</b>
Guía de prácticas y tareas para Dibujo en Ingeniería	153
Introducción al trabajo en y fuera de clase	155
Trabajos de clase (prácticas)	156
Trabajos fuera de clase (tareas)	168
Referencias	175
<b>Anexo f. Manual del usuario software de tablero digital para ingeniería DIMSI (SotDIN)</b>	<b>177</b>
Introducción	179
Capítulo 1. Instalación del software y operación	181
<i>Requerimientos del sistema</i>	181
<i>Instalación</i>	181
<i>Iniciando y finalizando SotDIN</i>	182
<i>Desinstalar SotDIN</i>	183
Capítulo 2. Interface del usuario y comandos básicos	185
<i>Sistema de archivo SotDIN</i>	187
<i>Estructura de la ventana principal</i>	186
<i>Control de archivo</i>	189
<i>Control de tableros</i>	191
<i>Control de visualización</i>	192
<i>Control de capas</i>	193
Capítulo 3. Comandos y proceso de creación de tableros	195
<i>Creación de entidades de dibujo</i>	198
<i>Uso de objeto Microsoft Activex/ COM y .NET</i>	220
<i>Herramientas integradas</i>	206
<i>NumPAD para tablero digital</i>	206
<i>Modelos 3D por interpretación de dibujo isométrico</i>	208
Capítulo 4. Tutoriales y ejemplos de uso	211
<i>Ejercicios de Dibujo en Ingeniería</i>	211
<i>Uso de objeto Microsoft Activex/ COM y .NET</i>	220

# **Lista de figuras**

**Figura 1.** Partes principales de la capacidad espacial y origen cognitivo

**Figura 2.** Proceso típico de diseño en ingeniería. a) Concepción de una idea o desarrollo mental. b) Generación del modelo tridimensional virtual. c) Construcción de un prototipo

**Figura 3.** Tasa de deserción estudiantes ingeniería Industrial periodo 2007-2013

**Figura 4.** Estructura curricular Ingeniería Industrial, Universidad Distrital

**Figura 5.** Distribución en frecuencia relativa de calificaciones finales en el curso de Dibujo en Ingeniería entre los semestres de 2009 a 2013

**Figura 6.** Porcentaje de estudiantes que repiten el curso de Dibujo en Ingeniería

**Figura 7.** Ejemplo de visualización en prueba MRT. a) Mismo objeto visto desde diferentes ángulos de visualización. b) Objetos que no coinciden con el objeto descrito en a). c) Ejemplo de ejercicio típico en la prueba MRT

**Figura 8.** Encuesta de factores de entorno en desarrollo de habilidades espaciales

**Figura 9.** Características fundamentales de la muestra tomada para el estudio

**Figura 10.** Resultados obtenidos en la prueba MRT aplicados sobre la muestra de estudio

**Figura 11.** Ejemplos de obtención de vistas ortogonales de un sólido a partir de vista isométrica

**Figura 12.** Ejemplo generación de sólidos desde las vistas ortogonales usando la técnica de los cortes sucesivos

**Figura 13.** Manipulación de objetos físicos para obtener las vistas ortogonales. (a) Procedimiento de solución. (b) y (c) Ejemplos de sólidos utilizados

**Figura 14.** Visualización de objetos virtuales en software especializado. Izq.: cambio de ubicación del observador por software. Dcha.: ejemplo de resultados obtenidos

**Figura 15.** Visualización objetos en realidad aumentada. a) Principio de movimiento del sólido respecto al observador. b) Marcador de realidad aumentada. c) Sólido de realidad aumentada. d) Variación de ubicación

**Figura 16.** Caracterización del grupo de estudio

**Figura 17.** Aplicación de talleres para desarrollo de habilidades espaciales. a) Creación de sólido en material maleable. b) Generación de proyecciones ortogonales a partir de sólido impreso en 3D. c) Manipulación de sólido en realidad aumentada. d) Visualización en software especializado CAD

**Figura 18.** Resultados de evaluación obtenidos por tipo de taller aplicado

**Figura 19.** Estudiantes con evaluación excelente o buena, categorizada por tipo de taller

**Figura 20.** Indicadores de satisfacción y preferencias por parte de los estudiantes

**Figura 21.** Metodología de enseñanza y nivel de retención

**Figura 22.** Modelo de aprendizaje de Kolb

**Figura 23.** Comparación de características fundamentales. Izq.: estudiantes en niveles bueno y excelente [a) y c)]. Dcha.: estudiantes en nivel muy insuficiente [b) y d)]

**Figura 24.** Características de disponibilidad y hábitos tecnológicos

**Figura 25.** Comparación de características disponibilidad y hábitos tecnológicos. Izq.: estudiantes en niveles bueno y excelente [a), c) y e)]. Dcha.: estudiantes en nivel muy insuficiente [b), d) y f)]

**Figura 26.** Proceso de generación de sólidos 3D, mediante el uso de impresoras 3D

**Figura 27.** Sólidos impresos en 3D para el curso de Dibujo en Ingeniería. Izq.: maletín de almacenamiento y transporte de sólidos. Dcha.: sólidos ejemplos realizados

**Figura 28.** Partes principales trabajos prácticos del curso

**Figura 29.** Trabajo típico necesario para realizar un ejemplo en clase de Dibujo en Ingeniería

**Figura 30.** Partes principales tablero digital

**Figura 31.** Aplicaciones en salón de clase tablero digital eBeam Edge. Izq.: Software FluidSIM-P curso Automatización Industrial. Dcha.: SolidWorks curso de Dibujo en Ingeniería

**Figura 32.** Izq.: teclado en pantalla Microsoft Windows. Dcha.: Software desarrollado NumPAD

**Figura 33.** Vista ventana aplicación NumPAD. a) Teclado numérico. b) Teclas de caracteres alfabéticos. c) Combinación de teclas para comandos del sistema operativo

**Figura 34.** Lista de videos disponibles en el canal UDDIMSI de YouTube

**Figura 35.** Izq.: portal de cursos virtuales Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital. Dcha.: curso virtual Dibujo en Ingeniería

**Figura 36.** Software de solución de problemas preplanteados. Izq.: aprendizaje innovador de visualización de piezas mediante taller virtual. Dcha.: CubeTest (Joe van de Oever)

**Figura 37.** Software de construcción de figuras. Izq.: Isometric Drawing Tool. Dcha.: Building with blocks (Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education)

**Figura 38.** Software Proyecciones y Perspectivas, desarrollado en la Universidad Distrital

**Figura 39.** Sistema de diseño caligráfico basado en dibujo isométrico

**Figura 40.** Software SotDIN. Izq.: dibujo sin herramientas activadas. Dcha.: mismo dibujo con herramientas activadas

**Figura 41.** Resultados por proyección axonométrica y en perspectiva

**Figura 42.** Proyección axonométrica de isometría

**Figura 43.** Punto ambiguo de representación isométrica

**Figura 44.** Proceso de creación de sólido por cálculo inverso desde el isométrico

**Figura 45.** Software SofDIN integrado con el tablero digital eBeam Edge

**Figura 46.** Aplicaciones del software SotDIN para la solución de problemas de Dibujo en Ingeniería

**Figura 47.** Estructura de tiempos planeados para el *syllabus* de Dibujo en Ingeniería 2014

**Figura 48.** Encuesta de satisfacción de metodología, herramientas y técnicas aplicadas para el curso de Dibujo en Ingeniería

**Figura 49.** Respuestas encuesta de satisfacción a la pregunta: “El uso del tablero digital (video beam y puntero digital) según su concepto ¿da mayor fluidez e interés a los temas tratados en clase?”

**Figura 50.** Ingreso al curso virtual de Dibujo en Ingeniería por parte de los estudiantes, periodo 2013-2014

**Figura 51.** Visualizaciones acumuladas realizadas en el canal UDDIMS, de marzo 2014 a noviembre 2014

**Figura 52.** Respuestas encuesta de satisfacción a la pregunta “¿La ayuda mediante videotutoriales le permitió entender y apropiarse adecuadamente de los temas en ellos expuestos relacionados con el curso?”

**Figura 53.** Comparación de resultados pruebas de habilidades espaciales. Izq.: resultados precurso. Dcha.: resultados poscurso

**Figura 54.** Índices de repitencia y pérdida del curso de Dibujo en Ingeniería en el periodo 2009-2013

# Lista de tablas

- Tabla 1.** Métodos clásicos de desarrollo de habilidades espaciales
- Tabla 2.** Métodos modernos de desarrollo de habilidades espaciales
- Tabla 3.** Distribución de temas principales y agrupación de habilidades desarrolladas en el curso de Dibujo en Ingeniería - Syllabus de 2009 a 2013
- Tabla 4.** Pruebas estandarizadas para medir las habilidades en relaciones espaciales
- Tabla 5.** Información adicional de caracterización de la muestra de estudiantes
- Tabla 6.** Configuración de colores de sólidos impresos, de acuerdo al tipo de superficie
- Tabla 7.** Clasificación de software disponible para uso en tablero digital
- Tabla 8.** Combinación de tipos de inclinación disponibles para planos en sólidos y ecuaciones de cálculo inverso
- Tabla 9.** Distribución de temas principales y agrupación de habilidades desarrolladas en el curso de Dibujo en Ingeniería. Syllabus 2014
- Tabla 10.** Acceso a los principales recursos de la página del curso virtual, periodo 2013-2014
- Tabla 11.** Ubicación geográfica de usuarios que ingresaron al canal de videos YouTube UDDIMSI (marzo 2014 a noviembre 2014)
- Tabla 12.** Respuestas asociadas a SotDIN con respecto a la satisfacción de uso



# Introducción

---

Las habilidades espaciales son fundamentales en todo proceso de diseño de una pieza, máquina o proceso, además de ser consideradas como un tipo de inteligencia. Diversos estudios muestran que un adecuado crecimiento en estas habilidades se puede relacionar con un excelente rendimiento académico y futuro éxito profesional a través de diferentes metodologías, técnicas y herramientas que permiten su desarrollo, estas técnicas se dividen en tradicionales y modernas, las primeras usan el papel y sólidos para el desarrollo, las segundas se caracterizan por estar basadas en las TIC.

El presente proyecto buscó integrar de la manera más adecuada estas herramientas (tradicionales y modernas) en el ámbito de la Universidad Distrital, para lograr el mejoramiento de las habilidades espaciales de los estudiantes de primer semestre inscritos en el curso de Dibujo en Ingeniería. Para ello se planeó realizar evaluaciones en el proceso formativo actual, sobre las herramientas disponibles locales y globales —herramientas informáticas de libre distribución— y el desarrollo de nuevos instrumentos acomodados a las necesidades el plan curricular y los estudiantes.

Las principales contribuciones de este proyecto son la inclusión de métodos modernos y la selección o actualización de las técnicas clásicas más adecuadas en el proceso de formación de habilidades espaciales en estudiantes de Ingeniería, dado que las referencias en el plano local son muy pocas y de débil uso. Los desarrollos informáticos no solo fueron útiles para el estudiante sino también para los docentes. Es importante resaltar que este documento muestra los resultados obtenidos del proyecto de investigación “*Generación y validación de contenidos didácticos para el desarrollo de habilidades espaciales en ingeniería por medio de la implementación TIC*”.

Este proyecto fue financiado por el Instituto de Estudios e Investigaciones Educativas (IEIE) y la Universidad Distrital, bajo la administración del Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CIDC). El desarrollo técnico y metodológico fue realizado por el Grupo de Investigación Diseño, Modelamiento y Simulación

(DIMSI) del Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Además fue desarrollado durante el transcurso del año 2013, siendo director del mismo el Ing. Julián Tristáncho M. Sc., *Ph. D.* y como investigadores el Ing. Leonardo Contreras M. Sc. y el Ing. Luis Fernando Vargas M. Sc., además del trabajo como asistente de investigación de la estudiante Diana Guerrero.

Este libro, como informe de investigación, está dividido en seis capítulos, cada uno presenta tres partes: introducción, desarrollo y conclusiones. El capítulo 1 hace una descripción básica de las habilidades espaciales y su importancia en la formación de ingenieros, incluyendo los objetivos planteados para esta investigación. El capítulo 2 trata el proceso de diagnóstico inicial que se realizó sobre un grupo de estudiantes con el objetivo de identificar sus falencias. El capítulo 3 muestra la evaluación que se realizó sobre diferentes técnicas usadas para mejorar las habilidades espaciales disponibles en la literatura. El capítulo 4 presenta las diferentes técnicas que se diseñaron e implementaron dentro del curso de Dibujo en Ingeniería. El capítulo 5 muestra la evaluación que cada técnica desarrollada, dentro del proyecto de investigación, generó en el curso de Dibujo en Ingeniería y para el crecimiento de habilidades espaciales, finalmente el capítulo 6 presenta las conclusiones y recomendaciones generadas desde el proyecto.

# Capítulo 1. Habilidades espaciales

---

## Introducción

La generación de imágenes mentales tridimensionales a partir de representaciones simbólicas, icónicas o bidimensionales —al igual que el proceso inverso— representa uno de los mayores avances en la evolución humana, enmarcándose dentro de lo que se conoce como habilidad especial. Las habilidades espaciales son el origen de desarrollos humanos tan importantes como la escritura y el arte, además de piedra angular para el progreso de la arquitectura e ingeniería.

La importancia del desarrollo de las habilidades espaciales está demostrada en su inclusión dentro de los ocho tipos de inteligencia humana: lingüística, lógico-matemática, cinético-corporal, musical, interpersonal, intrapersonal, naturalista y espacial (Lieu, 2010). Todas las personas desarrollan de manera diferencial cada una de estas habilidades de acuerdo al ambiente y consideraciones de predisposición de género y genéticas.

Se puede definir entonces la habilidad espacial como un componente de la inteligencia, la cual está ligada a la capacidad de formar una representación mental del mundo. Según Gardner (1987) es la capacidad de percibir con precisión las relaciones visuales-espaciales, de transformar estas percepciones, y de recrear algunos aspectos de la experiencia visual sin la presencia de los estímulos correspondientes. Lo que generalmente se conoce como habilidad espacial es en realidad una parte de la capacidad espacial. La figura 1 muestra la interacción de los tres componentes principales que definen la capacidad espacial, dos de ellos, destreza y aptitud, son de origen genético y no pueden ser entrenados, mientras que la habilidad espacial puede ser ejercitada mediante el desarrollo de una metodología de estudio, herramientas pedagógicas y estudio independiente.

**Figura 1.** Partes principales de la capacidad espacial y origen cognitivo



**Fuente:** Martín (2009).

El desarrollo de la habilidad espacial está ligado con el ambiente educativo en que se desenvuelve el individuo, sobre todo en las primeras etapas de la infancia. El modelo básico educativo convencional generalmente hace énfasis sobre la estimulación de las habilidades cinético-corporales, musicales, lógico-matemáticas y lingüísticas. Las habilidades espaciales no son aplicadas de manera temprana sobre los niños y adolescentes, dejándose generalmente en un segundo nivel en el sistema educativo.

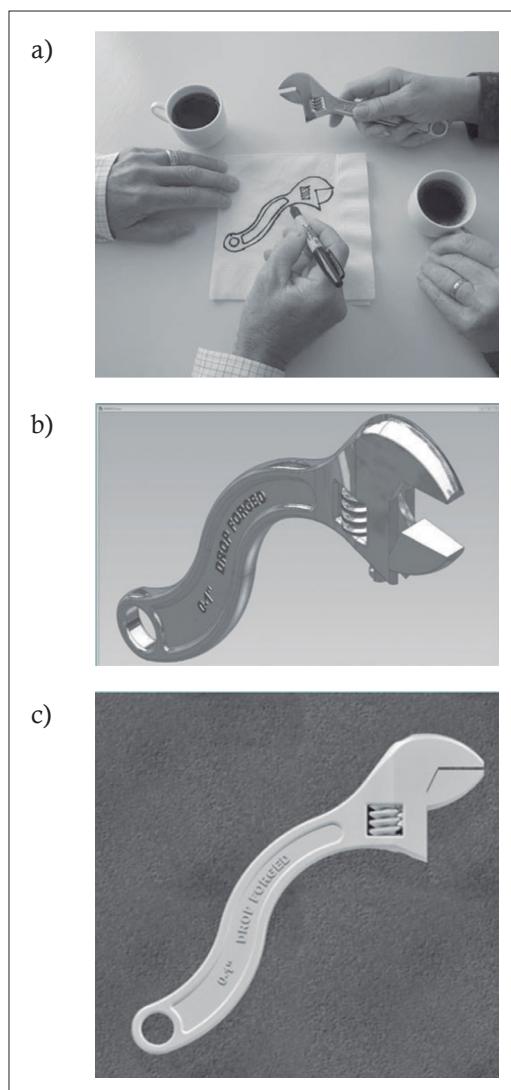
## Dibujo en Ingeniería

Desde el origen de la ingeniería la representación de ideas por medio de dibujos o esquemas ha sido fundamental. El lenguaje escrito o hablado no tiene la capacidad descriptiva que un dibujo puede tener y por ello su inconveniencia dentro del proceso de diseño o solución de problemas. El avance en la tecnología ha permitido que el proceso de diseño haya tenido una revolución en los últimos años, permitiendo la creación de ambientes virtuales 3D y sistemas integrados de desarrollo. La incursión de las computadoras ha mejorado de manera sustancial el proceso de diseño, pero las habilidades necesarias del ingeniero encargado a realizar un desarrollo son las mismas. Todo proceso creativo de diseño de producto, proceso o mecanismo parte de una generación tridimensional en la cabeza del diseñador como solución a un problema. Si esta habilidad no se encuentra adecuadamente desarrollada el proceso creativo será muy limitado o truncado. Por ejemplo en la figura 2 se muestra

un proceso típico de diseño, y se observa que la primera etapa, y más importante —cerca al 90%—, (Melgosa, 2012) corresponde a la idealización o desarrollo mental del producto a) que es plasmada en papel —gracias al desarrollo de las habilidades espaciales— para luego iniciar el proceso diseño asistido por computador.

**Figura 2.** Proceso típico de diseño en ingeniería.

- a) Concepción de una idea o desarrollo mental.
- b) Generación del modelo tridimensional virtual.
- c) Construcción de un prototipo



**Fuente:** Nayarana (2006).

Cualquier ingeniero, sin importar su área de desempeño (mantenimiento, servicios, desarrollo, administración, etc.), siempre va a tener que generar, interpretar o verificar dibujos que en muchos casos corresponderán a elementos tridimensionales. Es así como en los pénsum de ingeniería anteriores a este siglo, el espacio disponible en cursos para desarrollar estas habilidades podía llegar a ser del orden de 2 a 3. En la actualidad en el mismo plan de estudios tienden a reducir el espacio disponible para áreas como Dibujo en Ingeniería, debido al gran contenido adicional que se ha integrado en los programas curriculares. Los pénsum modernos de Ingeniería incluyen en la actualidad tan solo un curso, como es el caso de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital.

## **Importancia de las habilidades espaciales en Ingeniería**

Melgosa (2012) argumenta que los científicos e ingenieros se caracterizan por ser pensadores y comunicadores visuo-espaciales. En el ítem anterior se muestra cómo las habilidades espaciales son fundamentales para la interpretación y generación de esquemas técnicos, pero además se ha encontrado que el desarrollo de las habilidades espaciales está fuertemente relacionado con los procesos de aprendizaje de otras áreas como las matemáticas y por ello su importancia en la posibilidad de éxito en carreras técnicas (Martín, 2009).

Los estudiantes de Ingeniería deben adquirir o mejorar la habilidad de imaginar objetos en diferentes orientaciones, manipular objetos tridimensionales, reconstruir mentalmente dibujos de 2D y 3D realizados en papel o software especializado. Es por ello que la habilidad espacial se convierte en una destreza necesaria para todo alumno.

La no motivación al desarrollo de las habilidades espaciales en las primeras etapas de la infancia y la adolescencia, conlleva a un aprendizaje tardío y con ello una dificultad inherente para el desarrollo de tales destrezas. Además, los estudios han mostrado cómo la diferencia de desarrollo de habilidades espaciales entre hombres y mujeres puede ser uno de los factores que impiden la amplia integración de las mujeres en la ingeniería (Martín, 2009).

## **Desarrollo de habilidades espaciales**

Existen muchos vacíos en el entendimiento del desarrollo de habilidades espaciales y en la identificación de la metodología más adecuada para su avance, sobre todo cuando es necesario obtener los mismos resultados en un tiempo reducido.

Las habilidades espaciales se desarrollan en tres etapas: habilidades topológicas que son habilidades bidimensionales básicamente, mientras que en la segunda etapa se tiene el desarrollo de la visualización de objetos tridimensionales. Finalmente la tercera etapa es desarrollada por los adolescentes y generalmente sobre objetos conocidos o manipulados en su ambiente, en donde se obtiene los conceptos de área, volumen y distancia en combinación con los conceptos de traslación,

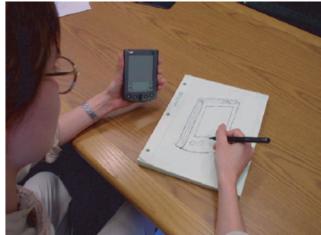
rotación y reflexión. Una vez el joven ingresa a la universidad estas habilidades adquiridas pueden llegar a ser insuficientes para lograr ser aplicadas en su estadía académica y/o carrera profesional (Melgosa, 2012).

Varios estudios han demostrado cómo a partir de mediciones estandarizadas (test MCT, DAT-SR, etc.) al inicio de la vida universitaria y luego del curso de una materia asociada con Dibujo en Ingeniería, se logra una mejora en los resultados realizados poscurso. A su vez expresan que las habilidades espaciales pueden ser mejoradas mediante el modelado y dibujo a mano alzada de modelos 3D, manipulando objetos de la misma dimensión para crear representaciones y espacios, y por medio de la experimentación y trabajo con diferentes perspectivas o puntos de vistas. En conclusión se puede afirmar que toda actividad que implique coordinación ojo y mano ayudan en gran medida a desarrollar las habilidades espaciales (Melgosa, 2012).

## Estado del arte del desarrollo de habilidades espaciales

Estudios completos a nivel de doctorado sobre este tema de desarrollo de habilidades espaciales se encuentran disponibles en la literatura de autores como Melgosa, Martín y Gutiérrez, además de fuertes y prolongadas investigaciones realizadas en la Michigan Technological University, guiadas por la profesora Sheryl Sorby y su grupo de investigación, con una experiencia de más de 20 años en el tema (Sorby, 2007). En estos estudios se hacen desarrollos de herramientas particulares en las cuales se busca la máxima interacción con el estudiante. Todas las investigaciones formulan que para mejorar las habilidades espaciales el uso de herramientas computacionales y TIC son una buena alternativa. En la tabla 1 y la tabla 2 se muestra algunos de los diferentes métodos pedagógicos con sus características, que son usados en la actualidad para promover el desarrollo de habilidades espaciales en los estudiantes de Ingeniería.

**Tabla 1.** Métodos clásicos de desarrollo de habilidades espaciales

<b>Métodos clásicos</b>	<p><b>Representación de objetos comunes</b></p> <p>Representación de objetos de uso cotidiano por parte del estudiante, en diferentes métodos de representación.</p> <p><b>Ventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Contacto del estudiante con el modelo para realizar representación por vistas o isometría.</li> <li>* Costo nulo.</li> </ul> <p><b>Desventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Nivel bajo de complejidad y número limitado de modelos disponibles.</li> </ul>	 Lieu (2010)
-------------------------	---	---

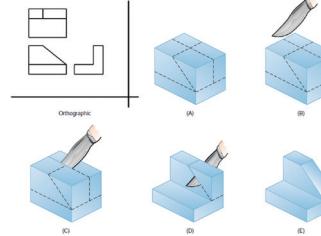
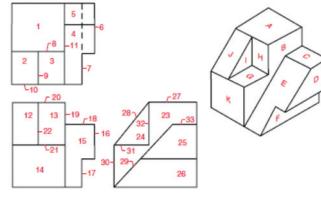
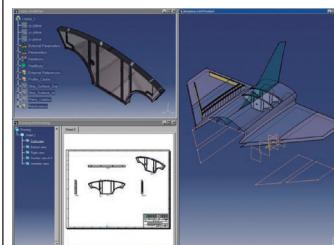
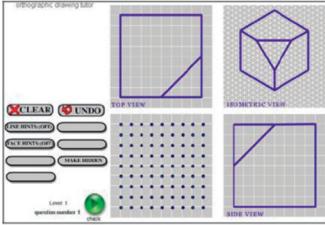
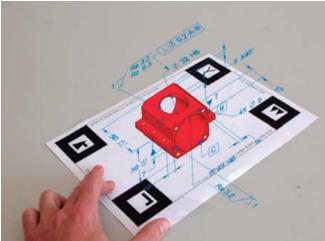
<b>Métodos clásicos</b>	<h3>Modelos físicos</h3> <p>Serie de modelos disponibles por los estudiantes.</p> <p><b>Ventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Contacto del estudiante con el modelo para realizar representación por vistas o isometría.</li> </ul> <p><b>Desventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Nivel bajo de complejidad y número limitado de modelos disponibles.</li> <li>* Costo elevado.</li> </ul>	 <p>Martín (2009)</p>
	<h3>Generación de modelos en material maleable por parte del estudiante</h3> <p>A partir de representaciones 2D o 3D generación de modelos tridimensionales.</p> <p><b>Ventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Desarrollo de habilidades ojo-mano.</li> </ul> <p><b>Desventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Nivel bajo de complejidad.</li> <li>* Posibilidad de uso peligroso por estudiantes.</li> </ul>	 <p>Lieu (2010)</p>
	<h3>Ejercicios en papel</h3> <p>Ejercicios de entrenamiento para habilidad espacial.</p> <p><b>Ventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Versatilidad de ejercicios disponibles.</li> <li>* Bajo costo.</li> </ul> <p><b>Desventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Desarrollo bajo de habilidad ojo-mano.</li> <li>* Complejidad de interpretación por parte del estudiante.</li> </ul>	 <p>Lieu (2010)</p>

Tabla 2. Métodos modernos de desarrollo de habilidades espaciales

<b>Métodos modernos</b>	<h3>Software especializado de diseño</h3> <p>Uso de software especializado de diseño tridimensional.</p> <p><b>Ventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Altas capacidades de visualización.</li> </ul> <p><b>Desventaja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Necesidad de dispositivos de hardware con altas capacidades de visualización.</li> <li>* Alto nivel de entrenamiento para el uso.</li> <li>* Costo alto.</li> </ul>	 <p>Lieu (2010)</p>

<b>Métodos modernos</b>	<b>Modelos físicos generados en prototipadora rápida</b> Serie de modelos disponibles por los estudiantes. <b>Ventaja:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>* Contacto del estudiante con el modelo para realizar representación por vistas o isometría.</li><li>* Variación del nivel de complejidad.</li><li>* Generación de modelos por los estudiantes con seguridad.</li></ul> <b>Desventaja:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>* Modelos temporales, deterioro rápido.</li><li>* Costo elevado del equipo de prototipado.</li></ul>	 Martín (2009)
	<b>Software multimedia diseñado para habilidades espaciales</b> Software diseñado específicamente para estimular el desarrollo de habilidades espaciales. <b>Ventaja:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>* Desarrollo de habilidades ojo-mano.</li><li>* Versatilidad de ejercicios disponibles.</li><li>* Bajos requerimiento de hardware.</li><li>* Bajo costo.</li></ul> <b>Desventaja:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>* Necesidad de un sistema informático disponible.</li></ul>	 Martín (2009)
	<b>Modelos de realidad aumentada</b> Visualización de modelos en ambiente híbrido de realidad aumentada. <b>Ventaja:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>* Desarrollo de habilidades ojo-mano.</li><li>* Variación del nivel de complejidad, con infinitud de modelos disponibles.</li><li>* Bajos requerimiento de hardware.</li></ul> <b>Desventaja:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>* Necesidad de un sistema informático disponible.</li></ul>	 Martín (2009)

## Planteamiento de la pregunta de investigación

¿De qué manera podrían mejorarse la generación de habilidades espaciales en estudiantes de Ingeniería por medio del uso de las TIC, como propuesta pedagógica para docentes y alumnos en el proceso de enseñanza de la asignatura Dibujo de Ingeniería de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas?

## Objetivos del proyecto

Identificar y formular estrategias que faciliten la implementación de TIC con el fin de desarrollar herramientas y materiales didácticos, validados y evaluados, dentro

del ámbito de la ingeniería para desarrollar las habilidades espaciales en los estudiantes de Ingeniería a través de la asignatura Dibujo de Ingeniería.

### Objetivos específicos

- Describir las estrategias pedagógicas tradicionales y actuales de enseñanza en la expresión gráfica en Ingeniería, para conocer su impacto en el aprendizaje de los estudiantes.
- Determinar los recursos de enseñanza tradicionales así como los medios TIC que se desarrollarán y emplearán en las pruebas específicas de evaluación de desempeño, tales como software especializado, entrenadores basados en realidad aumentada, entre otros.
- Examinar la aplicabilidad de cada metodología o recurso pedagógico a emplear, definiendo pruebas piloto con estudiantes recién ingresados al programa de Ingeniería Industrial.
- Hacer operativa la integración de los nuevos recursos didácticos al interior de las aulas de Dibujo en Ingeniería, del pensum actual de Ingeniería Industrial.
- Evaluar cuantitativamente los resultados de implementación de las innovaciones en estrategia de enseñanza en los estudiantes.

### Metodología

La metodología a seguir abarca dos etapas: una teórica, que consiste en la búsqueda de bibliografía referente al tema propuesto y a las tecnológicas que posiblemente se usarán para el desarrollo de las habilidades espaciales en los estudiantes; y una etapa experimental que abarca el desarrollo de material didáctico (recopilación, clasificación, creación y selección de ejercicios), aplicación de TIC y análisis estadístico cualitativo y/o cuantitativo de los resultados. Las principales etapas a desarrollar dentro del plan metodológico se describen brevemente a continuación:

- Revisión bibliográfica y estado del arte de los temas a desarrollar: búsqueda del estado actual de investigación en el campo de la habilidad espacial, identificando estrategias que la desarrollen y permitan su medición en el ámbito de la ingeniería. Estado actual de la enseñanza de asignaturas de expresión gráfica en Ingeniería. Revisión bibliográfica de la tecnología de realidad aumentada.
- Establecimiento de estrategias a aplicar en el campo experimental: se trata de la recopilación, selección y tipificación de ejercicios desarrollados en el aula de enseñanza tradicional que puedan ser adaptados a las diferentes tecnologías (CAD, aplicativo de software, realidad aumentada, etc.).
- Desarrollo de herramientas y material para aplicación: se realizarán una serie de talleres con ejercicios prácticos usando diferentes tecnologías (realidad aumentada, enseñanza tradicional, software CAD, aplicativo de uso virtual). Cabe mencionar que el alumno estudiará con los mismos ejercicios pero usando diferentes métodos.

- Diseño y desarrollo de instrumento de encuestas de satisfacción de los participantes en cada grupo experimental.
- Aplicación de los trabajos experimentales a cada grupo focal de estudiantes (trabajo de campo).
- Análisis de información: a partir de las encuestas y resultados numéricos de ejercicios utilizando técnicas estadísticas se determinarán las ventajas de uso de cada método en el desarrollo de la habilidad espacial en el estudiante.
- Redacción del trabajo y generación de productos comprometidos en el proyecto.

## Conclusiones

Las habilidades espaciales son fundamentales para el desarrollo de los cursos relacionados al diseño. El medio de comunicación de los ingenieros es gráfico y por lo tanto la capacidad de entender, interpretar y realizar imágenes mentales desde planos es una habilidad fundamental que todo estudiante de ingeniería debe desarrollar. Varios estudios muestran que el desarrollo de las habilidades espaciales es un indicador clave del éxito académico y profesional de los alumnos, esto se explica debido a que estas habilidades son un tipo de inteligencia formando una serie de redes neuronales específicas en el cerebro.

Existen varios métodos y técnicas didácticas para lograr desarrollarlas que están disponibles en todo tipo de referencias bibliográficas (libros de texto, tesis en educación, tesis doctorales y artículos de revistas especializadas).



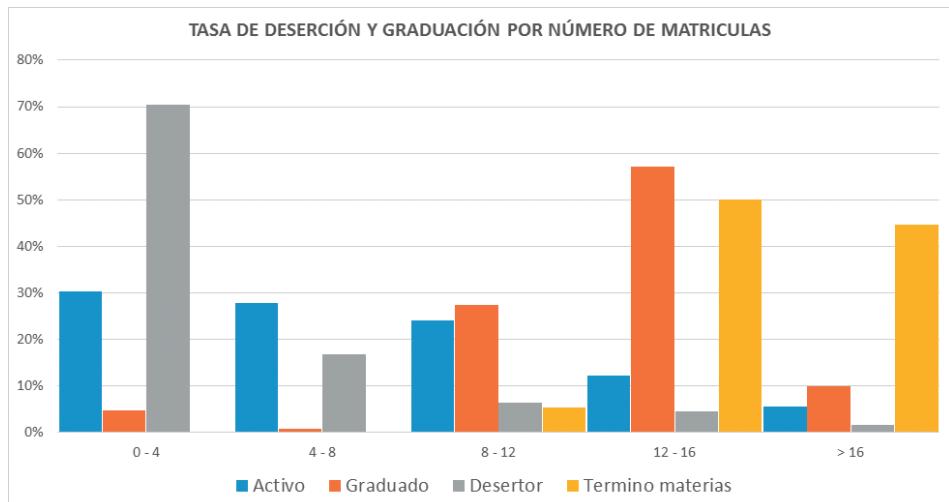
# Capítulo 2. Diagnóstico inicial

---

## Introducción

El cambio de vida académica que los estudiantes presentan al momento de salir del colegio e ingresar a la universidad representa un choque importante, pues se pasa de una orientación completamente paternalista del conocimiento a una donde el estudiante debe ser mucho más partícipe de su propia formación. En la figura 3 se puede observar la tasa de deserción de estudiantes del Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial según el número de matrículas. Se interpreta cómo en los primeros semestres (de 0 a 4 matrículas) el nivel de deserción toca un nivel superior al 70%, lo que puede ser atribuido a la pérdida de cursos del núcleo básico, retiro por dificultades económicas y cambio a otras universidades o carreras, como lo reporta Quintero (2014).

**Figura 3.** Tasa de deserción estudiantes ingeniería Industrial periodo 2007-2013



Fuente: Quintero (2014).

Los cursos de los primeros semestres de la universidad generalmente presentan un nivel de pérdida muy alto entre los estudiantes. Este fenómeno se ve reflejado sobre todo en las materias que son del núcleo de ingeniería y que parten con una base formada en la vida académica de los colegios, como lo son: Matemáticas, Física, Química y Comprensión de lectura. El problema fundamental del desarrollo de habilidades espaciales comienza en el momento que no se incentiva su desarrollo en la primera infancia, etapa donde se tiene la parte más importante del desarrollo cognitivo y espacial, para luego en la vida académica del colegio —dependiendo del tipo de bachillerato— no se tenga ningún curso asociado o temática específica dentro las materias que el estudiante cursa.

Otro factor que afecta en gran medida el rendimiento académico de los estudiantes es la densidad del curso que deben ver, anteriormente todas las carreras de ingeniería tenían en sus planes curriculares dos o tres cursos asociados con Expresión Gráfica, Diseño de Ingeniería o Dibujo Técnico, pero con la adopción de los nuevos planes curriculares, en los cuales se incluyeron nuevas temáticas de ingeniería aplicada en una duración o número de créditos sin cambios, implica que los cursos del núcleo de ingeniería hayan reducido sus espacios. Los cursos asociados al Dibujo Técnico se han densificado —misma temática en menor número de cursos— justificado en la aparición de software especializado de gran poder que permitió que los procesos de dibujo a mano prácticamente desaparecieran de la industria. Pero autores como Sorbi (2009), muestran que la adopción de software sin las bases teóricas desarrolladas de manera adecuada por el trabajo manual, no permiten el desarrollo adecuado de las habilidades espaciales.

En el Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial, el curso de Dibujo en Ingeniería es el único espacio académico donde es posible abordar las temáticas asociadas con habilidades espaciales. En la figura 4 se puede ver la estructura curricular completa de Ingeniería Industrial, donde se resalta la ubicación del curso (gris claro) y los cursos dependientes por prerrequisitos de Dibujo en Ingeniería (gris oscuro) y que son pertenecientes al núcleo básico de ingeniería, subárea de Diseño y Manufactura. El curso de Dibujo en Ingeniería tiene un peso en créditos de 2.

A continuación se hace una caracterización del curso de Dibujo en Ingeniería, análisis estadístico del comportamiento en cuanto al rendimiento de los estudiantes de primer semestre de Ingeniería Industrial inscritos en el curso de Dibujo en Ingeniería y finalmente se hace un análisis del estado actual en el desarrollo de habilidades espaciales para una muestra de los estudiantes recién inscritos en el mismo curso.

## Análisis del curso Dibujo en Ingeniería

En los primeros semestres de las carreras de ingenierías, es evidente la diferencia entre los niveles de apropiación de conocimiento y desarrollo de habilidades con la que llegan los estudiantes de secundaria (Saorín et al., 2005). El curso Dibujo Técnico, Dibujo en Ingeniería o Expresión Gráfica, como es comúnmente llamado en los planes de estudio de Ingeniería, es uno de los cursos más afectados por esta disparidad. Esto es ocasionado por los diferentes planes de estudio que se ofrecen

en los colegios (comercial, técnico, artístico, bilingüe o académico), el acceso a tecnología, la educación en el hogar y hasta género (Gutiérrez, 2010).

**Figura 4.** Estructura curricular Ingeniería Industrial, Universidad Distrital

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	NIVEL IV	NIVEL V	NIVEL VI	NIVEL VII	NIVEL VIII	NIVEL IX	NIVEL X																																																		
1 CALCULO DIFERENCIAL	9 ALGEBRA LINEAL	16 CALCULO MULTIVARIABLE	104 ECONOMIA I	20 FISICA III ONDAS	134 PROG. LINEAL Y ENTERA	189 HOMBRE SOC Y ECOLOGIA	139 LOGISTICA INDUSTRIAL I	144 LOGISTICA INDUSTRIAL II	150 LOGISTICA INDUSTRIAL III																																																		
4	3	3	2	3	3	1	2	2	1																																																		
103 DIBUJO EN INGENIERIA	7 CALCULO INTEGRAL	114 ESTADISTICA Y PROBABILIDAD	88 ECUACIONES DIFERENCIALES	125 CONTABILIDAD Y COSTOS	158 DERECHO EMPRESARIAL	138 TEORIA DE GRAFOS	106 GESTION DE OPERACIONES	149 PROCESOS DE DECISION	156 TEORIA DE COLAS Y SIMULACION																																																		
2	3	3	3	2	1	3	3	3	3																																																		
102 DISEÑO Y DIBUJOS	3 FISICA I MECANICA	111 TERMODINAMICA Y FLUIDOS	101 EST. INFER. Y DISEÑO DE EXP.	127 PROCESOS MECANICOS	53 INGENIERIA ECONOMICA	137 CONTROL Y ASE CALIDAD	107 GESTION DE CALIDAD	110 PROCESOS Y CONT. DE PROD.	55 FORMULES Y EVAL. DE PROT.																																																		
3	3	3	3	3	2	2	3	3	2																																																		
4 CATEGORIA FJC	109 MATERIALES INDUSTRIALES	115 TEORIA GEN. DE SISTEMAS	13 FISICA II ELECTROMAG.	126 ADMIN. DE LAS ORGANIZAS	131 DISEÑO ING. DE PROD. Y PROC.	140 MERCADO TECNIA	108 GESTION AMBIENTAL	152 ANALISIS Y DEC. FINAN.	157 GERENCIA ESTRATEGICA																																																		
1	2	2	3	2	2	2	2	2	2																																																		
5 COMUNICACION Y ARGUMEN.	12 CATEDRA DEMOCRACIA	18 ETICA Y BIOETICA	121 MECANICA APLICADA	8901 SEGUNDA LENGUA I	132 ING. METODOS Y TIEMPOS	136 ERGONOMIA	8902 SEGUNDA LENGUA II	151 GESTION E INNOVACION TEC.	8903 SEGUNDA LENGUA III																																																		
2	1	2	3	2	3	2	2	2	2																																																		
6 SEMINARIO INGENIERIA	2 PROS. BASICA	10 PROS. ORIENT. OBJETOS	105 PROCESOS QUIM Y BIOQ	123 METODOLOGIA DE LA INVEST.	133 SEGURIDAD E HIGIENE IND.	135 EMPRENDE. EMPRESARIAL	40 CATEDRA DE CONTEXTO	147 PROYECTO DE GRADO	155 TRABAJO DE GRADO																																																		
1	3	3	3	1	2	2	1	1	3																																																		
CÓDIGO CURSOS																																																											
CÓDIGO-NOMBRE																																																											
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Aprobada</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>En curso</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Disponible</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>En prueba</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>No disponible</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										Aprobada										En curso										Disponible										En prueba										No disponible									
Aprobada																																																											
En curso																																																											
Disponible																																																											
En prueba																																																											
No disponible																																																											
ÚLTIMAS CALIF. CRÉDITOS																																																											
129 ECONOMIA II																																																											
2																																																											
DOCUMENTO NO OFICIAL NO VALIDO COMO CERTIFICADO																																																											
Nombre:		Programa:		Promedio:		Perd. 2 veces:		Perd. fallas:																																																			
Código:		Ingreso:		Rel. créditos:		Ind. Prueba:		Rendimiento:																																																			
E-mail:		Semestres:		Cursos inten:		Observaciones:																																																					
 UNIVERSIDAD DISTITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA INDUSTRIAL																																																											

Debido a estos desniveles es necesario que en la universidad los docentes desarrollen contenidos e implementen estrategias para nivelar o mejorar los deficientes conocimientos de los adolescentes que fueron adquiridos con anterioridad al nivel superior.

Asimismo, estudios realizados por diferentes autores muestran conclusiones similares a las expuestas por Strong & Smith (2002) quienes resaltan que la habilidad espacial se ha establecido como un factor de predicción de éxito en varias disciplinas relacionadas con la tecnología, informática, matemáticas, arquitectura, ingeniería, odontología, medicina, entre otras. Estos estudios muestran la importancia del desarrollo de las habilidades espaciales en la vida académica y profesional de los estudiantes. Uno de los inconvenientes que se presentan en los estudiantes es el poco entrenamiento específico en técnicas de manipulación espacial, que por lo general se deja a su capacidad natural y experiencia para alcanzar el desarrollo de estas habilidades.

Según el *syllabus* del curso de Dibujo en Ingeniería del Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial, publicado por la coordinación, la asignatura tiene como justificación y objetivo principal lo siguiente:

- **Justificación:** el dibujo técnico es una herramienta esencial en la Ingeniería Industrial, ya que permite la representación de los objetos del mundo y del desarrollo de las funciones, actividades y locaciones de la manufactura. El dibujo técnico es indispensable para el buen dominio de las convenciones, técnicas de representación y generación de proyectos, prototipos y alternativas que permiten el progreso y mejoramiento continuo de la industria. El dibujo técnico, la geometría descriptiva y las aplicaciones computacionales, constituyen un grupo de herramientas indispensables para el desempeño del ingeniero en el ámbito industrial por cuanto le permiten aportar construcciones gráficas de soporte para la toma de decisiones (por ejemplo, diagramas de distribución en planta) y asimismo, abordar e interpretar elaboraciones técnicas realizadas por profesionales de otras ramas de la ingeniería, para de esta manera participar en la toma de decisiones de la organización.
- **Objetivo:** capacitar al estudiante para desarrollar, interpretar y aplicar los conocimientos teórico-prácticos del dibujo técnico y de la geometría descriptiva, de modo que pueda expresar gráficamente con claridad y precisión sus ideas y conceptos sobre problemas prácticos de ingeniería, soportado en la normatividad vigente, de manera que al final del curso el estudiante estará en capacidad de identificar los elementos fundamentales del dibujo, así como manejar con habilidad los instrumentos, materiales y técnicas propias del dibujo manual y del asistido por computador.

La orientación de esta materia está claramente definida hacia las competencias que un Ingeniero Industrial debe tener para desarrollar sus cursos relacionados con el área de diseño y manufactura, sumado a los campos de desempeño profesional como el diseño de plantas industriales, la organización de estructuras, el análisis de sistemas logísticos, ergonomía y salud ocupacional.

### Estructura del curso de Dibujo en Ingeniería

En el *syllabus* aprobado con la reforma del plan curricular de 2009 —paso a créditos— el curso presenta una distribución de temas (ver tabla 3) en donde se observa un fuerte componente asociado a la interpretación tecnológica de planos de ingeniería (38 %), luego un componente amplio de normalización y dibujo con lápiz e instrumentos (19% cada uno) y finalmente el desarrollo de habilidades espaciales y uso de instrumentos (12% cada uno).

El curso de Dibujo en Ingeniería incluye además un trabajo en sala sobre el software de Diseño Asistido por Computador (CAD), el cual se desarrolla de manera paralela al curso de Dibujo Clásico. Se tiene entonces que en promedio al semestre el trabajo directo presencial es de 28 horas para Dibujo Técnico y 28 horas para software CAD, lo que implica que para el desarrollo de habilidades espaciales se dedican solo 3,3 horas clase al semestre.

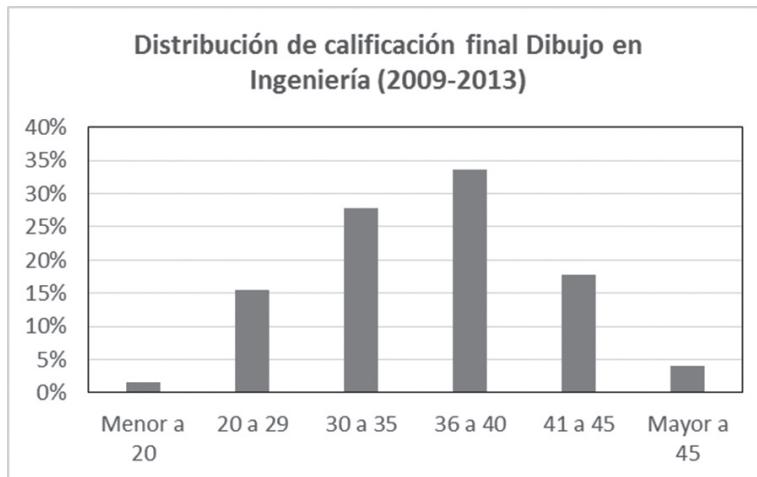
**Tabla 3.** Distribución de temas principales y agrupación de habilidades desarrolladas en el curso de Dibujo en Ingeniería - *Syllabus* de 2009 a 2013

	Tema	Dedicación en tiempo (%)	Habilidad desarrollada	Dedicación en tiempo (%)
1	Introducción al dibujo técnico.	6	Uso de instrumentos de dibujo.	12
2	Equipo para dibujo en ingeniería.	6		
3	Normalización.	19	Normalización en ingeniería.	19
6	Construcciones geométricas básicas.	19	Dibujo con instrumentos.	19
7	Proyecciones ortográficas.	6		
8	Proyecciones axonométricas.	6	Desarrollo de habilidades espaciales.	12
9	Cortes secciones y roturas.	13		
10	Acotamiento.	6	Interpretación de dibujo especializado de ingeniería.	38
11	Tolerancias y ajustes.	6		
12	Dibujo especializado.	13		

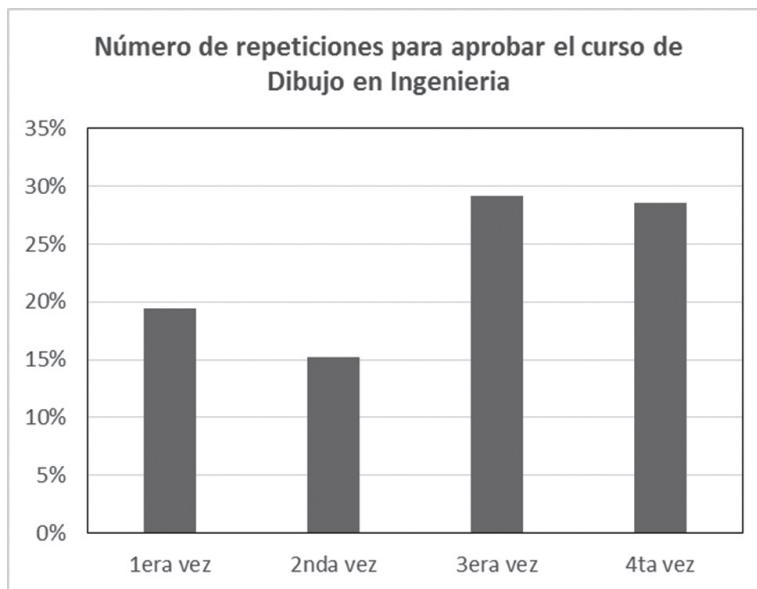
## Resultados académicos de los estudiantes

Al hacer un análisis estadístico del comportamiento académico de los estudiantes en el periodo comprendido entre 2009 y 2013, se obtiene que cerca del 19% de los estudiantes perdieron el curso; la figura 5 muestra además que el rendimiento académico de los estudiantes es bajo, pues cerca del 50% obtiene una nota inferior a 35. La figura 6 muestra la reincidencia de los estudiantes que deben repetir el curso, manteniendo una media del 30% por cada ciclo de repetición hasta llegar a la tercera repetición, lo que conlleva a la salida del estudiante de la Universidad por bajo rendimiento académico, que es aproximadamente el 2% del total de estudiantes que ingresan a primer semestre.

**Figura 5.** Distribución en frecuencia relativa de calificaciones finales en el curso de Dibujo en Ingeniería entre los semestres de 2009 a 2013



**Figura 6.** Porcentaje de estudiantes que repiten el curso de Dibujo en Ingeniería



Es importante aclarar que en los datos usados para la generación de la figura 5 y 6 se omitieron los estudiantes que perdieron por fallas o se retiraron de la Universidad. Además el rango de fechas (2009 al 2013) usado para el análisis, corresponde al periodo donde se adoptó el plan de estudios de la figura 4, en el cual se cambió el curso de Expresión Gráfica en tercer semestre, por el de Dibujo en Ingeniería en primer semestre.

## Diagnóstico inicial del desarrollo de habilidades espaciales

Las diferentes investigaciones en el ámbito de la psicología buscando una forma de medir la inteligencia y en consecuencia los factores que la integran, han hecho proliferar multitud de pruebas; asimismo, cada prueba presenta una serie de ventajas y desventajas frente a las demás y generalmente están asociadas con la habilidad específica que evalúa y la necesidad de entrenamiento previo que debe tener el destinatario de la prueba. La tabla 4, muestra un resumen de las principales pruebas que existen en la actualidad solo para la evaluación de relaciones espaciales (Navarro et al, 2006).

**Tabla 4.** Pruebas estandarizadas para medir las habilidades en relaciones espaciales

Test	Autores	Descripción
<b>Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test (PMA –SR)</b>	Thurstone, 1958.	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales.
<b>Cards Rotation Test (CRT)</b>	Ekstrom, French y Harman, 1976.	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales.
<b>Mental Rotation Test (MRT)</b>	Vanderber y Kuse, 1976.	Una versión de lápiz y papel del test de Shepard y Metzler (1971) denominado Mental Rotation Task, que utiliza objetos de tres dimensiones.
<b>Mental Cutting Test (MCT)</b>	College Entrance Examination Board. USA.	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección.
<b>Generis Mental Rotation Tasks</b>	Voyer, Voyer y Bryden, 1995.	Incluye las variantes de Shepard y Metzler (1971) del test denominado Chronometric Task y el formato que se ha realizado para ordenador.
<b>Rotation of Images</b>	Duerman – Sälde test battery, Psykologiförlaget, 1971.	Hay que elegir mediante rotaciones mentales, la imagen que es idéntica a la que se presenta en el ejercicio.
<b>Left or right hand Identification</b>	Duerman – Sälde test battery, Psykologiförlaget, 1971.	Imágenes de manos giradas de diferentes maneras donde el sujeto debe decidir si la imagen corresponde a una mano izquierda o derecha.
<b>Purdue Spatial Visualization Test (PSVT–R)</b>	Guay R. B, 1977.	Diseñado para medir la capacidad de visualizar rotaciones en el espacio.
<b>Rod-and-frame test (RFT)</b>	Witkin y Asch, 1948.	Requiere ajustar una barra a la vertical a pesar de información que se suministra en la casilla.
<b>The Water Level Test (WLT)</b>	Piaget e Inhelder, 1956.	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor.

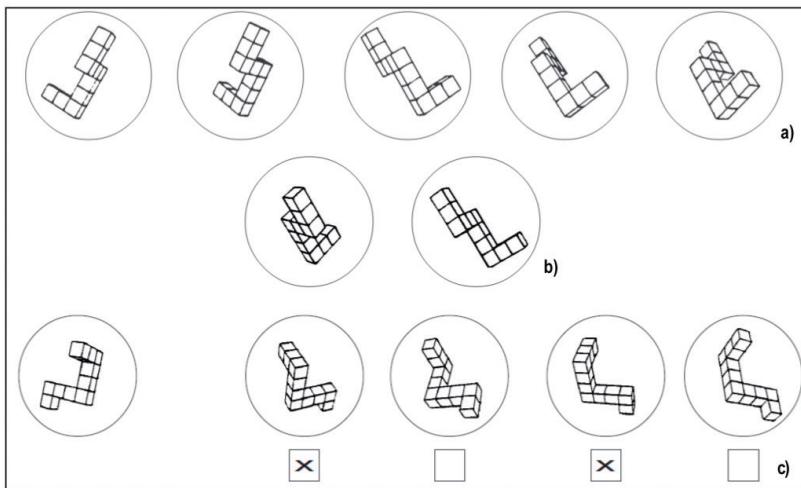
**Fuente:** Navarro et al. (2006)

## Prueba de Rotación Mental (MRT)

Una de las pruebas con mayor nivel de aceptación y aplicabilidad a nivel mundial es la Prueba de Rotación Mental o MRT por sus siglas en inglés. Esta prueba fue desarrollada por Vanderber y Kuse en 1976 (Navarro et al, 2006).

En efecto, la prueba MRT está diseñada para medir la actitud de las personas al reconocer los diseños de un objeto formado por el ensamblaje de objetos sencillos diferentes. La única diferencia entre el cuerpo original y el objeto a encontrar es una modificación del ángulo en el cual es visto. Una ilustración de procedimiento de visualización para el estudiante se observa en la figura 7 donde en (a) el mismo objeto es representado en cinco posiciones diferentes cambiando el ángulo de visualización. Mientras tanto (b) muestra un par de objetos que no pueden corresponder al objeto mostrado en (a), debido a que no son el resultado de una rotación del objeto original.

**Figura 7.** Ejemplo de visualización en prueba MRT. a) Mismo objeto visto desde diferentes ángulos de visualización. b) Objetos que no coinciden con el objeto descrito en a). c) Ejemplo de ejercicio típico en la prueba MRT



**Fuente:** Albaret & Aubert (1996).

Sintetizando, la prueba consiste en una serie de ejercicios como el mostrado en la figura 7c; cada ejercicio posee dos vistas que no corresponden al objeto inicial mostrado a la izquierda y el usuario debe marcar las vistas que si corresponden. El punto solo se considera válido si se ha seleccionado las dos vistas correctas. La prueba completa que fue aplicada se encuentra disponible en el anexo B: Prueba inicial, tipo MRT (Mental Rotation Test).

Ahora bien, para hacer un análisis del estado del desarrollo de habilidades espaciales de estudiantes de primer semestre que ingresan al Plan Curricular de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se decidió

aplicar una encuesta y una prueba MRT estándar que está compuesta por 20 preguntas y un tiempo de aplicación máximo de 60 minutos, tal como lo presenta Albaret & Aubert (1996). Este tiempo otorga una media de 3 minutos para resolver cada uno de los problemas. Dicha prueba fue realizada de manera individual sin posibilidad de uso de material bibliográfico adicional.

Asimismo, la aplicación de la encuesta y la prueba MRT fue realizada el primer día de clases de la asignatura de Dibujo en Ingeniería. La encuesta y la prueba están agrupadas dentro del mismo paquete, pero siendo completamente anónimas. El objetivo de las pruebas anónimas, y de realizarlas al inicio del semestre, es obtener con el menor sesgo posible el estado de ingreso de los estudiantes al Plan Curricular, tanto en sus presaberes como en las condiciones ambientales que pudieron afectar su formación.

La encuesta que fue aplicada a los estudiantes (ver figura 8) está disponible en el anexo A y está dividida esencialmente en tres secciones: la primera de información básica que pretende hacer una descripción de género, edad y desarrollo de habilidad derecha o izquierda del cuerpo; la segunda parte agrupa la información mínima académica previa al ingreso a la universidad, el objetivo es poder valorar las habilidades que pudieron ser desarrolladas en cursos anteriores, además de la posible influencia que puede tener la separación de la academia por ese lapso de receso entre el colegio y la universidad; la última parte busca encontrar tendencias en cuanto a la disponibilidad y uso de sistemas de información modernos. La caracterización de estas tendencias y disponibilidad es fundamental para determinar cómo es posible innovar en nuevas metodologías de enseñanza.

**Figura 8.** Encuesta de factores de entorno en desarrollo de habilidades espaciales

	<b>UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS</b> FACULTAD DE INGENIERÍA				
<b>Prueba habilidades espaciales</b>		<b>Tiempo: Una Hora</b>	<b>19.09.2012</b>		
<b>CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE</b> ESTA PRUEBA ES VOLUNTARIA Y ANÓNIMA. NO TIENE INFLUENCIA ALGUNA EN LA NOTA FINAL DEL CURSO.					
<b>INFORMACIÓN BÁSICA</b>					
Edad:	Años	Género:	<input type="radio"/> F <input type="radio"/> M <input type="radio"/> Zurdo <input type="radio"/> Derecho		
<b>INFORMACIÓN ACADÉMICA</b>					
Últimos estudios:	Secundaria	Técnico	Tecnólogo	Universitaria	
Fecha graduación:	DD MM AA			DD MM AA	
Fecha ingreso universidad:					
Tipo de colegio	Académico	Industrial	Comercial	Bilingüe	
Dibujo en el colegio	Técnico	Artístico			
Dibujo de ingeniería	Repeticiones	veces			
<b>USO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC)</b>					
Uso del computador	No lo uso	Estudiar	Trabajar	Jugar	Internet
Tiempo en computador	No tengo	< 1hr/día	< 3hr/día	> 3hr/día	
Uso Videojuegos	No tengo	< 1hr/día	< 3hr/día	> 3hr/día	
Uso SmartPhone	No tengo	< 1hr/día	< 3hr/día	> 3hr/día	
Uso CAD (AutoCAD, SolidWorks, SolidEdge)	No tengo	< 1hr/día	< 3hr/día	> 3hr/día	

## Caracterización de la población

La población del presente estudio corresponde al grupo total de estudiantes de Ingeniería Industrial que están inscritos dentro del curso teórico-práctico de Dibujo en Ingeniería que es dictado en el primer semestre del ciclo básico de Ingeniería y le corresponden 2 créditos académicos. Por ende, agrupa los temas de: dibujo técnico (normatividad y conceptos operativos de dibujo a lápiz), geometría descriptiva, diseño asistido por computador (SolidWorks) e interpretación de planos tecnológicos.

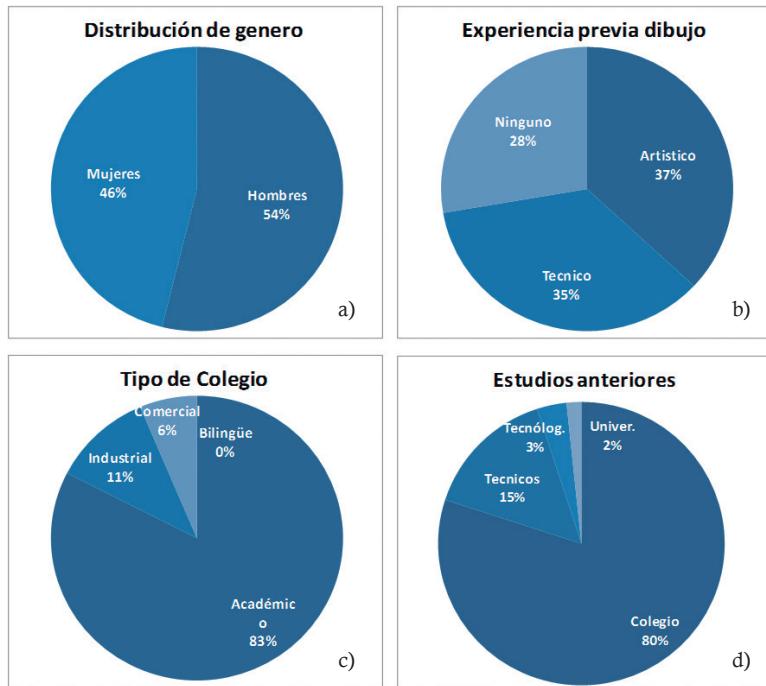
El Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial es uno de los que más demanda tiene en la Facultad de Ingeniería y en la Universidad Distrital, puesto que posee acreditación de alta calidad vigente y según las estadísticas recopiladas en el Boletín Estadístico 2009 de la Universidad, de un total de 1940 estudiantes preinscritos al Proyecto, el 62% son hombres y el 38% son mujeres; el 57% corresponden a estudiantes de estratos 0, 1 y 2, mientras que el 42% son de estrato 3; el 39% de los estudiantes viven en las localidades de Kennedy, Engativá y Suba, mientras que un 12% vive fuera de Bogotá. El Plan Curricular ofrece un nivel de absorción del 6% de los estudiantes inscritos (preinscritos 1940 y aceptados 120), de los cuales el 93% ingresan por clasificación según examen ICFES, el 1% son desplazados por la violencia, el 2% provienen de comunidades indígenas, el 3% arriban del programa de mejores bachilleres y un 2% por minorías étnicas. Cabe aclarar que el puntaje promedio ICFES es de 461 y entre los preinscritos el 65% tuvo un puntaje entre 450 y 479; el número de graduados semestrales tiene una media de 80 Ingenieros Industriales.

## Caracterización de la muestra

Dado que era necesario evaluar el comportamiento de la población en estudio, de un total de 152 estudiantes inscritos en el curso de Dibujo en Ingeniería del Plan Curricular de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se tomó una muestra de 66 alumnos (43% aprox.), para el segundo semestre de 2012.

Algunas de las principales características de los estudiantes sometidos a la encuestas y prueba MRT se aprecian en la figura 9, allí se observa una distribución homogénea, tanto en género y experiencia previa en Dibujo, mientras que en los estudios anteriores al ingreso al curso, se puede ver que el 80% tiene solo estudios secundarios, 15% técnicos y el 5% de nivel superior (tecnólogo y universitario). En cuanto al tipo de estudios secundarios el 83% tienen básicamente una formación académica clásica.

La información adicional de caracterización se encuentra en la tabla 5. En resumen, se puede observar cómo el grupo de estudio está formado por jóvenes recién egresados de colegio académico (media menor a 1.2 año desde la finalización de sus estudios secundarios), con una edad media menor a 18 años. Entre otros parámetros de caracterización se encuentra el bajo porcentaje de zurdos con un 5%, personas repitentes del curso con un 4% y experiencia con sistemas CAD el 3%.

**Figura 9.** Características fundamentales de la muestra tomada para el estudio**Tabla 5.** Información adicional de caracterización de la muestra de estudiantes

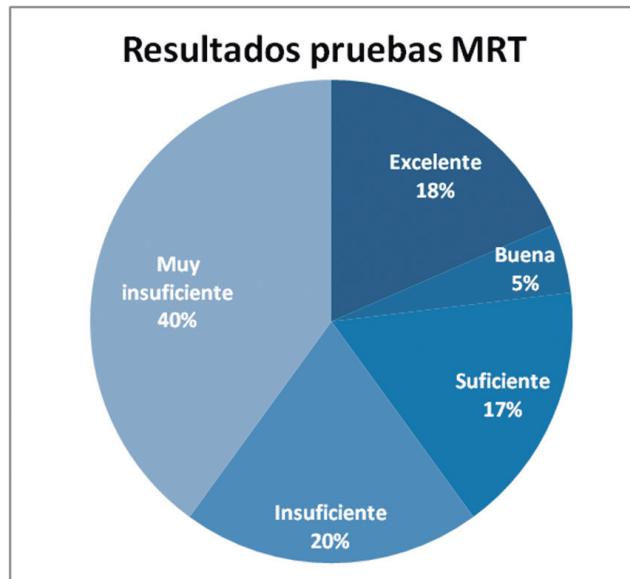
Característica	Máx.	Mín.	Media	Desv. estándar
Edad (años).	26	15	17.8	2.1
Tiempo de ingreso desde la graduación del colegio (años).	8	0	1.2	1.6

### Resultados obtenidos de la prueba MRT

Para generar los rangos de clasificación de los resultados sobre el grupo de estudio se estableció que: *Muy insuficiente* corresponde a aquellos que obtuvieron un puntaje total inferior o igual a 40%; *Insuficiente* mayor al 40 % pero inferior al 60%; *Suficiente* entre 60 % y 70 %; la categoría *Bueno* corresponde a los puntajes entre 70 % y el 90%; *Excelente* para los resultados superiores al 90% (ver figura 10).

Por tanto, los resultados obtenidos muestran que un 60 % de la muestra no superó la prueba y que el nivel de buenos resultados (rango *Excelente* y *Bueno*) corresponden solo al 23 %. Es importante notar que el test MRT está diseñado para disminuir al mínimo la posibilidad de acertar con la respuesta si se trata hacer una selección al azar, pues es necesario seleccionar dos ítems por pregunta para tener una respuesta válida (probabilidad de 8,3 %).

**Figura 10.** Resultados obtenidos en la prueba MRT aplicados sobre la muestra de estudio



## Conclusiones

Debido al recorte en el número de horas de Dibujo que se está presentando de manera generalizada en el núcleo de los planes curriculares de Ingeniería, es necesario tratar de implementar nuevas herramientas pedagógicas que saquen provecho a las nuevas tecnologías, como podrían ser las TIC o computacionales, y así obtener curvas de aprendizaje de mayor velocidad y con la posibilidad de trabajo de calidad por parte del alumno fuera del salón de clase.

El análisis de la estructura y contenidos del curso de Dibujo en Ingeniería, impartido en el núcleo básico del Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial, muestra una falencia importante en cuanto al tiempo dedicado en trabajo presencial directo para el desarrollo de habilidades espaciales 12% (cercano a 3,5 horas al semestre), aunque este tiempo está vinculado de manera indirecta, pues se tratan del estudio de técnicas de dibujo que necesitan de las habilidades espaciales para su desarrollo. También se encontró que en las etapas operativas de normalización y dibujo con instrumentos se dispone de un 38% (12 horas al semestre), es necesario recalcar que en estos procesos operativos es donde tienen su mayor aplicación los software de Diseño Asistido por Computador (CAD).

Los resultados obtenidos en el grupo de análisis de estudiantes de primer semestre en Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas muestran una carencia importante de desarrollo de habilidades espaciales, puesto que sobre la muestra solo el 40% pudo pasarla.

# Capítulo 3. Técnicas para desarrollo de habilidades espaciales

---

## Introducción

Las técnicas clásicas de enseñanza utilizadas en la mayoría de los cursos asociados al Dibujo en Ingeniería por lo general son pasivas, en la que los alumnos observan las explicaciones y demostraciones del profesor que utiliza marcadores, tiza, papel y lápiz. Los ejercicios propuestos habitualmente son basados en representaciones tipo en papel, lo cual limita la interacción real entre un elemento tridimensional 3D y el estudiante.

Más aún, los ejercicios proporcionan poca interacción de los estudiantes con los objetos reales en casos como: las operaciones de rotación, visualización desde distintos puntos de vista, modificaciones mentales de la geometría, entre otros. Estos tipos de interacción son conocidos como ejercicios de desarrollo mano-ojo que varios autores como Gutiérrez (2010) o Melgosa (2012), sugieren como la mejor forma de obtener un desarrollo eficaz de habilidades espaciales.

La poca interacción con objetos que se puedan manipular genera que los estudiantes se animen a aprender de memoria un conjunto de reglas para realizar las representaciones, en lugar de desarrollar su habilidad espacial. El aprendizaje de memoria puede ser eficaz para ejemplos sencillos y familiares, pero no es fiable para estructuras complejas y novedosas (Sutton et al., 2007). No se quiere dar a entender que con los contenidos clásicos de las asignaturas de dibujo no se adquieren las habilidades espaciales, pues en realidad los alumnos sí desarrollan estas habilidades (Prieto et al., 2008), el punto en realidad es la duración y dificultad de dicho aprendizaje, en relación, fundamentalmente a metodología y a los recursos pedagógicos utilizados.

Según lo descrito en la bibliografía especializada los métodos de desarrollo de habilidades espaciales se pueden dividir en dos tipos: métodos clásicos basados en papel y modelos físicos; y métodos basados en herramientas tecnológicas o TIC, que usan como principal herramienta los computadores y software especializado.

A continuación se hace un repaso de las principales técnicas didácticas disponibles en la literatura que fueron adaptadas y apropiadas para el presente proyecto de investigación. En la parte final se plantea y aplica un instrumento para evaluar la efectividad que cada una de las técnicas posee y el impacto sobre el desarrollo de habilidades espaciales que tiene sobre los estudiantes. Cada una de los elementos utilizados para la aplicación de las pruebas se encuentra disponibles en el anexo D.

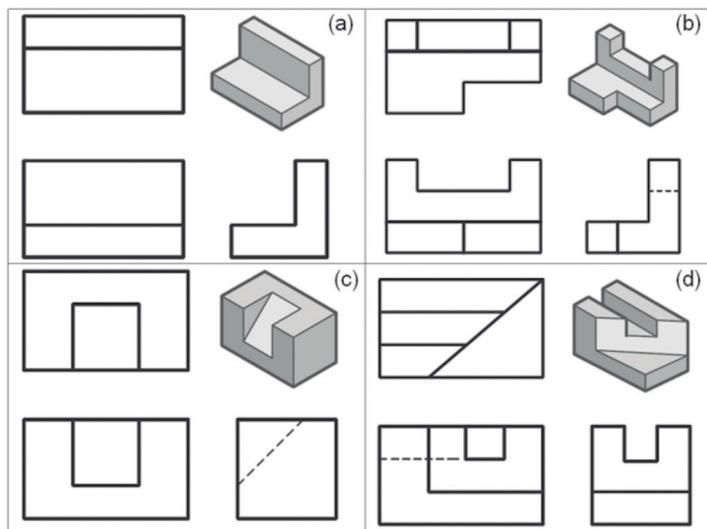
## Técnicas tradicionales

A continuación se hace una descripción de algunos métodos usados para desarrollar las habilidades espaciales, estos métodos fueron los aplicados en las pruebas a los estudiantes de Dibujo en Ingeniería.

### Generación de vistas ortogonales a partir de proyecciones axonométricas

Las vistas axonométricas, y en caso particular las isométricas, son la forma más común de representar objetos tridimensionales en papel, con el objetivo de dar una idea más clara del sólido pero sacrificando la exactitud dimensional e incrementando la dificultad de interpretación de aristas no visibles y posibles superposiciones de bordes. Los ejercicios básicos de interpretación de sólidos a partir de representaciones isométricas consisten en la generación de vistas ortogonales comenzando desde su representación axonométrica. Precisamente este tipo de ejercicios son los más utilizados en ambientes clásicos de aprendizaje debido a su facilidad de reproducción, aplicación en el salón de clase y muy bajo costo de generación (ver figura 11).

**Figura 11.** Ejemplos de obtención de vistas ortogonales de un sólido a partir de vista isométrica

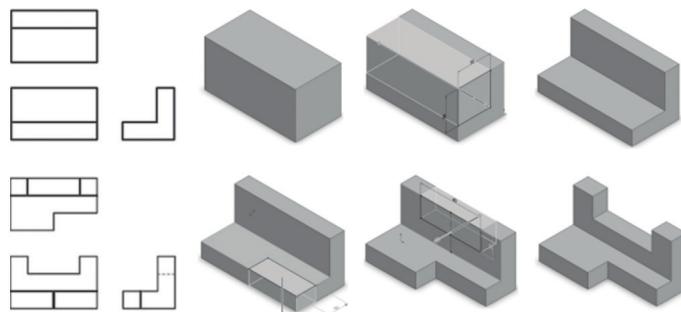


Fuente: adaptado de Bertoline G., et al (2006).

### Generación de vistas ortogonales construyendo modelo físico en material blando

Una de las técnicas más usadas en la literatura clásica para el aprendizaje de habilidades espaciales es la creación en material suave y maleable del sólido equivalente a una serie de vistas ortogonales suministradas. Por ello, el material usado es generalmente poliestireno expandido (icopor), arcilla, plastilina, espuma floral o jabón. El proceso consiste en tallar el material base poco a poco, haciendo el análisis de las distintas caras o planos que logren ser coherentes con el planteamiento del problema suministrado (ver figura 12).

**Figura 12.** Ejemplo generación de sólidos desde las vistas ortogonales usando la técnica de los cortes sucesivos



Fuente: adaptado de Bertoline G., et al (2006).

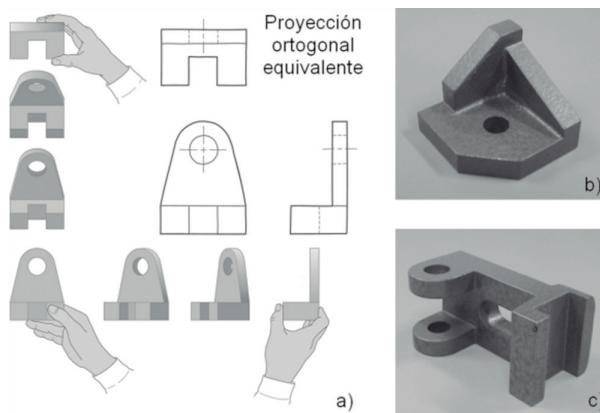
## Técnicas modernas

### Generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D

Las máquinas de prototipado rápido o impresoras 3D han permitido que los procesos de generación de modelos, a partir de diseños virtuales en sistemas CAD, mejoren considerablemente en cuanto a tiempo y calidad. Por tanto, los modelos obtenidos mediante esta técnica no presentan una resistencia mecánica aceptable, pero a cambio de ello su precisión dimensional y el seguimiento de formas geométricas son muy buenos.

La manipulación de objetos reales para obtener la representación ortogonal es una de las técnicas más utilizada para el desarrollo de habilidades espaciales, debido a la interacción mano-ojo presente durante su desarrollo (ver figura 13).

**Figura 13.** Manipulación de objetos físicos para obtener las vistas ortogonales.  
(a) Procedimiento de solución. (b) y (c) Ejemplos de sólidos utilizados

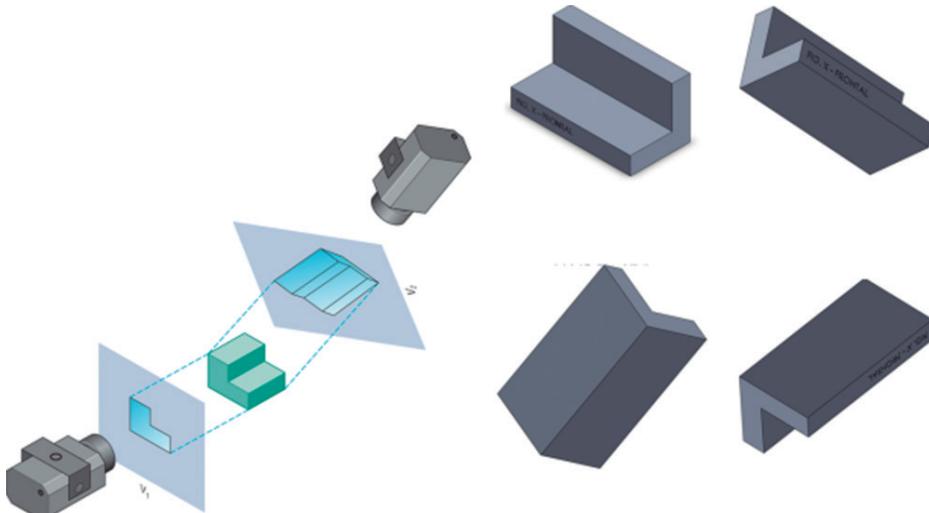


Fuente: adaptado de Bertoline G., et al (2006).

## Generación de vistas ortogonales usando visualización en software especializado

Las herramientas CAD ofrecen muchas ventajas frente a los sistemas tradicionales de diseño y dibujo. Entre ellas se encuentra la generación de modelos virtuales en 3D, que permiten al usuario realizar cambios en los ángulos y puntos de vista. Por consiguiente, la manipulación del punto de vista permite establecer de manera más sencilla las diferentes superficies y sus proyecciones en el sistema ortogonal de representación (ver figura 14).

**Figura 14.** Visualización de objetos virtuales en software especializado. Izq.: cambio de ubicación del observador por software. Dcha.: ejemplo de resultados obtenidos



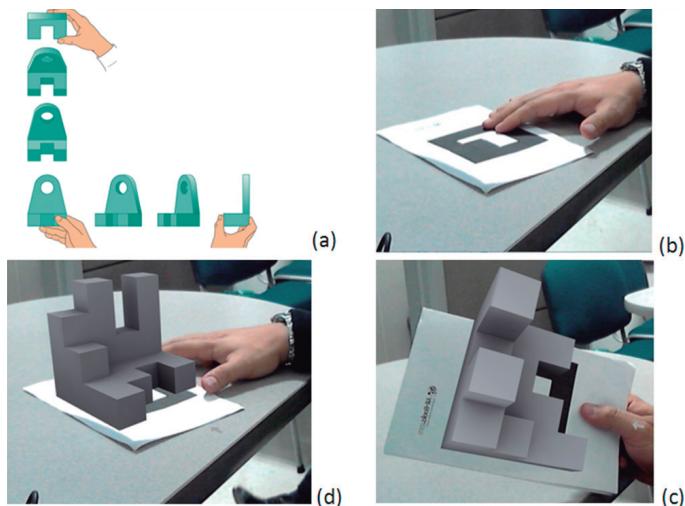
Fuente: adaptado de Bertoline G., et al (2006).

## Generación de vistas ortogonales usando objetos en realidad aumentada.

La realidad aumentada es una técnica en la cual se trata de incrustar nueva información virtual o digital en ambientes reales. Dentro de las técnicas de desarrollo de habilidades espaciales es relativamente nueva pero permite una muy interesante interacción entre el usuario y el objeto en estudio, a muy bajo costo.

Dicha técnica consiste en el uso de una cámara web conectada a un computador, un software especializado y un marcador geométrico. El marcador es una figura geométrica sencilla en la cual el software proyecta el objeto tridimensional en la vista de la cámara web. La proyección realizada dependerá de la ubicación y dirección del marcador, por lo tanto será posible rotar el objeto en análisis con solo cambiar la posición del marcador (ver figura 15).

**Figura 15.** Visualización objetos en realidad aumentada. a) Principio de movimiento del sólido respecto al observador. b) Marcador de realidad aumentada. c) Sólido de realidad aumentada. d) Variación de ubicación

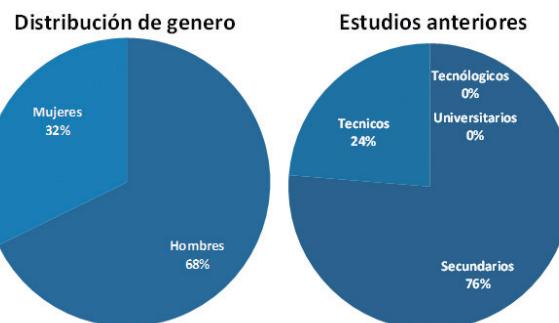


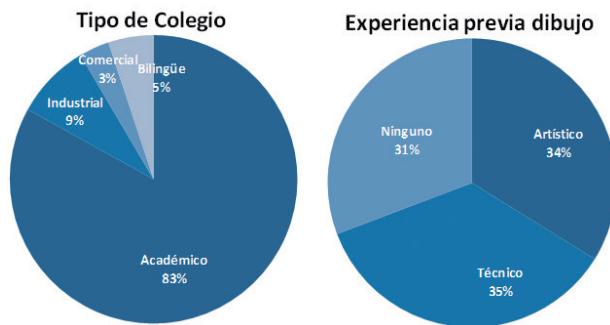
## Evaluación de técnicas

Como medio para evaluar la aceptación, fácil entendimiento y evaluación de cada una de las técnicas descritas en la sección anterior, se tomó un grupo de 70 estudiantes, todos de primer semestre de Ingeniería Industrial. Para caracterizar adecuadamente la muestra se hizo una encuesta en la cual se buscó identificar el estado precedente en cuanto a dibujo de cada estudiante y caracterización básica de género, edad y actividades extra curriculares asociados al uso de tecnología.

Los resultados básicos de caracterización se muestran en la figura 16. La edad media del grupo es de 17 años, con un máximo de 24 y un mínimo de 16. Se encuentra además cómo los estudiantes con cursos a nivel universitario o superior previos es de 5%, con una fuerte base de estudiantes egresados de colegios no técnicos con un 91% y una experiencia previa en dibujo técnico cercana al 35 %.

**Figura 16.** Caracterización del grupo de estudio





Para aplicar cada uno de los 5 talleres (generación de sólidos en material blando, generación de vistas ortogonales a partir de vistas isométricas, generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D, sólidos en realidad aumentada y uso de software de especializado) se procedió a organizar el grupo de estudiantes en pequeños grupos de 4 a 6 estudiantes, a los cuales se les entregó un descriptivo de la prueba, un cuestionario y el material necesario para realizar el procedimiento.

El tiempo estipulado para realizar las pruebas fue de 60 minutos; cada ejercicio fue elaborado de manera individual por tres grupos de 4 a 6 estudiantes. Al finalizar los talleres se les presentó a cada grupo los otros cuatro métodos que no aplicaron durante el proyecto, indagándoles su opinión acerca de cada uno de estos. En la figura 17 se puede observar una serie de fotografías de los grupos de estudiantes realizando cada uno de los talleres propuestos.

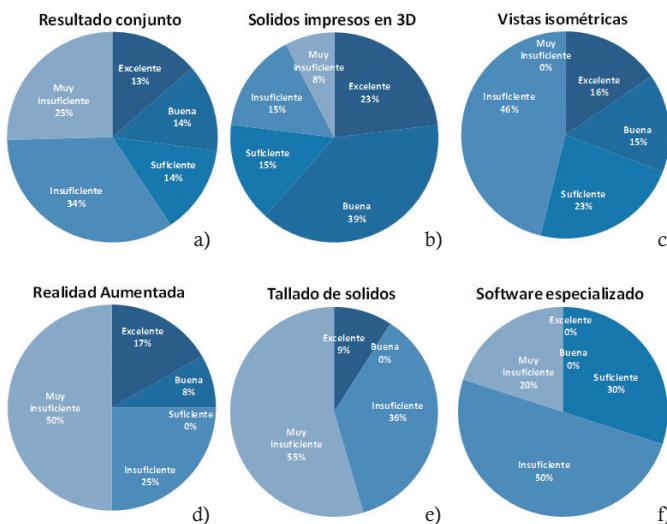
**Figura 17.** Aplicación de talleres para desarrollo de habilidades espaciales.

- a) Creación de sólido en material maleable.
- b) Generación de proyecciones ortogonales a partir de sólido impreso en 3D.
- c) Manipulación de sólido en realidad aumentada.
- d) Visualización en software especializado CAD

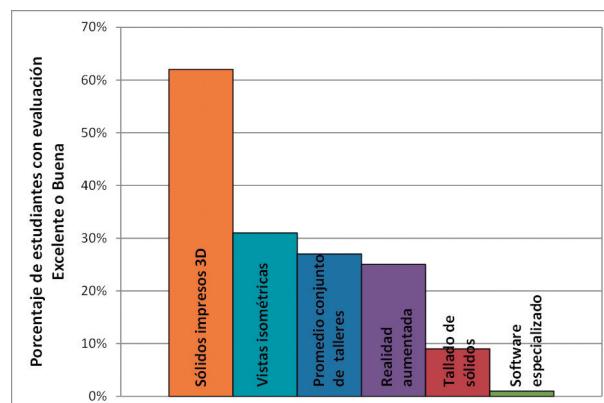


Una vez fueron desarrollados los talleres por parte de los estudiantes se procedió a evaluar los resultados obtenidos. La figura 17a muestra la evaluación realizada de manera global, en donde los alumnos tuvieron un rendimiento del 27% entre bueno y excelente. Se analizaron de manera individual los resultados por cada taller (ver figura 17), en los que para este mismo rango entre bueno y excelente, los talleres de sólidos impresos (figura 17b) alcanzaron un rendimiento del 62%, vistas isométricas (figura 17c) un 31% y realidad aumentada (figura 17d) un 25%, lo que supone que están alrededor de la media global de resultados. En cambio, muy por debajo de la media del grupo, se encuentran los talleres de tallado de sólidos (figura 18e) con el 9% y software especializado (figura 18f) con el 0%. En forma gráfica se pueden ver la agrupación de los resultados en la figura 19.

**Figura 18.** Resultados de evaluación obtenidos por tipo de taller aplicado



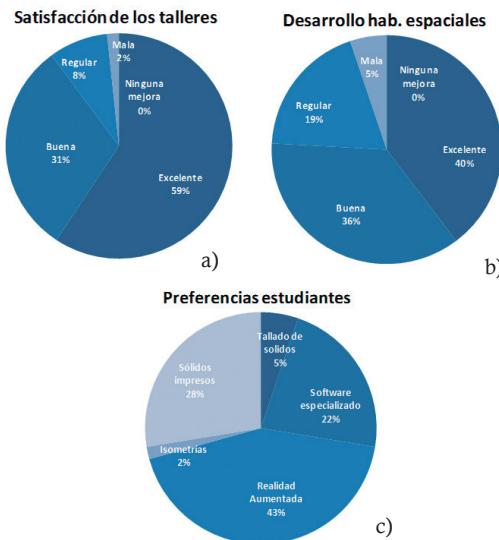
**Figura 19.** Estudiantes con evaluación excelente o buena, categorizada por tipo de taller



También como herramienta de evaluación se tomó en cuenta la opinión de los estudiantes de acuerdo a una encuesta aplicada al final de la prueba. La figura 20a muestra el nivel de satisfacción en cuanto a la calidad de los talleres aplicados, donde fueron calificados por los alumnos entre buena y excelente en un 90%. Respecto a su percepción de si fueron útiles para desarrollar sus habilidades espaciales se obtuvo el 76% de aprobación (entre buena y excelente), según lo muestra la figura 20b.

Finalmente se les indagó, después de la presentación del taller y de una exposición de cada una de las propuestas para el desarrollo de habilidades espaciales, según su criterio, cuál es la técnica más útil para desarrollar las habilidades espaciales. Los resultados se muestran en la figura 20c en donde la preferencia está orientada a los métodos que involucran TIC como son el software especializado y la realidad aumentada con un total del 65 % de predilección. Entre los métodos clásicos los sólidos impresos son los que tienen el mayor porcentaje de aprobación con el 28%.

**Figura 20.** Indicadores de satisfacción y preferencias por parte de los estudiantes



## Conclusiones

Los resultados obtenidos con los talleres aplicados a los estudiantes muestran que contribuyen al desarrollo de habilidades espaciales, según lo expuesto por los indicadores de satisfacción de los mismos alumnos. Pero según los resultados de la evaluación solo se tiene un nivel superior a bueno en el 27% y superior a suficiente del 41% (ver figura 18a). Esto implica que cada tipo de taller tiene un impacto diferencial y es por eso que la figura 19 muestra una importante diferencia en los resultados obtenidos por cada método.

El taller con mejor evaluación corresponde al realizado usando sólidos físicos —en este caso impresiones 3D— lo cual coincide completamente por lo mostrado en las referencias de estudios similares. Con este tipo de talleres se tiene una relación mano-ojo completa, parte fundamental del desarrollo de habilidades espaciales (Company et al, 2004).

Los dos talleres con características muy similares en la evaluación son los de vistas isométricas y realidad aumentada. El primero es una de las técnicas clásicas más usadas y por ello la experiencia anterior de los estudiantes pudo ser un factor fundamental en los resultados, en cambio la realidad aumentada es una tecnología nueva, sobre todo aplicada al desarrollo de habilidades espaciales —según las referencias de 4 años—.

Los talleres de tallado de sólidos y software especializado tienen los niveles de aceptación más bajos. El primero tiene como dificultad la necesidad de tener habilidades artesanales para poder llegar a un modelo adecuado, además que conlleva a un tiempo significativo de desarrollo; el software especializado necesita un mayor tiempo de aprendizaje para poder realizar la manipulación adecuada de los objetos y con ello lograr la integración ojo-mano.

Es interesante ver como desde el punto de vista de los estudiantes las técnicas basadas en TIC son las que les parecen más atractivas y efectivas, software especializado 22 % y realidad aumentada 43 %. Esto coincide con varias investigaciones que se han realizado sobre el impacto de las TIC en la educación, que muestran cómo el solo hecho de usar sistemas informáticos garantizan que se capture la atención de los estudiantes (Melgosa, 2012).

Se puede concluir que técnicas como la manipulación de sólidos por parte de los estudiantes, que corresponde a una de las técnicas clásicas, es fundamental en las etapas iniciales de estudio, pues es la que más rápido puede desarrollar la conexión mano-ojo. El problema de esta técnica es que una vez se ha cumplido la etapa inicial de desarrollo pierde su valor didáctico, pues es difícil realizar ejercicios diferentes a generación de vistas ortogonales.

Se propone que los niveles medios de adquisición de habilidades espaciales sean realizados por medio de técnicas modernas (TIC) como la realidad aumentada y software especializado. Con estos métodos es posible tener muchos y diferentes tipos de ejercicios a un muy bajo costo, debido a que se trata de software y no de elementos físicos como sí ocurre con la manipulación de sólidos, garantizando el fácil uso de los programas desarrollados y acoplados a las necesidades y nivel de los estudiantes. El desarrollo del nivel superior debe ser afrontado por el uso de ejercicios clásicos sobre papel, como los isométricos, pues esta es la práctica más cercana que tendrá que afrontar el futuro ingeniero en su vida profesional.



# Capítulo 4. Desarrollo e integración de nuevas herramientas

---

## Introducción

En todo proceso de diseño, tanto de productos como de técnicas o métodos didácticos, se debe iniciar con la identificación de las necesidades del usuario final. En el caso de la didáctica es necesario establecer cuál es la necesidad que se desea cubrir, tratando de incluir la mayor cantidad de información sobre el proceso formativo que se necesita y cuál es la aplicación de esa formación en la vida profesional del estudiante.

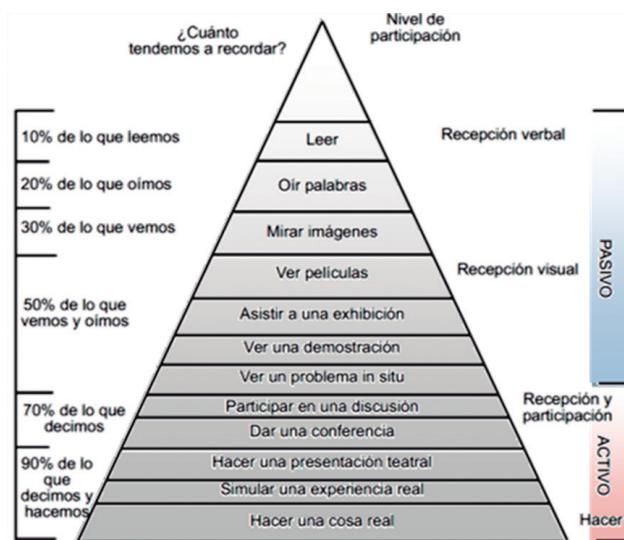
La función de un profesional en ingeniería siempre está ligada a la manipulación de materiales y el entendimiento de su comportamiento mecánico ante diferentes cargas o factores ambientales. El nivel de dificultad que presenta el curso de Dibujo en Ingeniería debido a su intensidad, genera muchos problemas de apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes, como ya se mostró anteriormente en el *Análisis del curso Dibujo en Ingeniería*. Se ha planteado un cambio metodológico en la forma como se dictan las clases y sobre todo en el nivel de participación de los estudiantes, para lograr obtener un aprendizaje activo y desarrollo adecuado de las habilidades espaciales, mejorando el nivel de retención.

La formación de ingenieros en la Universidad debe ser dinámica siguiendo los cambios tecnológicos y las actuales necesidades sociales e industriales. Las técnicas tradicionales están centradas en la labor del docente (presentaciones magistrales, solución de problemas teóricos planteados por el docente, prácticas de laboratorio completamente definidas en cuanto a sus metodologías y resultados, etc.), dejando un papel completamente pasivo a los estudiantes.

En la figura 21 se muestra el nivel de apropiación del conocimiento que los estudiantes pueden llegar a tener de acuerdo a la metodología usada, según lo plantea Chrobak (1996). Este estudio divide claramente la educación en dos tipos fundamentales: la enseñanza pasiva y la enseñanza activa, refiriéndose al rol que el estudiante cumple durante su propia formación. La enseñanza pasiva logra tener niveles de retención inferiores al 50%, mientras que la activa obtiene niveles superiores al 70%. Estos tipos de resultados han sido demostrados por varios autores como Hadim et al. (2000), Caro & Reyes (2003), Ruiz et al. (2006) y Fernández-Sánchez & Millán (2013).

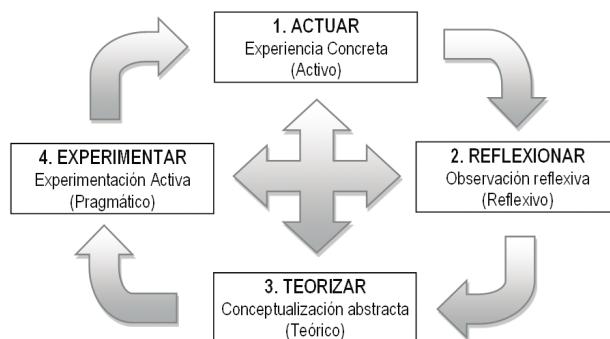
Los resultados mostrados en la figura 21 están basados en el modelo de estilo de aprendizaje de Kolb (Kolb & Fry, 1975) (Sharp, 1997). Kolb propone que para aprender algo se debe trabajar o procesar la información recibida, partiendo de una experiencia directa y concreta, o bien de una experiencia abstracta —por ejemplo de una lectura—. Estas experiencias se convierten en conocimiento cuando se elaboran de manera reflexiva o experimentando de forma activa. El aprendizaje óptimo ocurre cuando se trabajan de manera consecutiva cada una de las fases descritas anteriormente. En la figura 22 se puede observar de manera gráfica el modelo Kolb de aprendizaje.

**Figura 21.** Metodología de enseñanza y nivel de retención



Fuente: Ruiz et al, (2006).

**Figura 22.** Modelo de aprendizaje de Kolb



Fuente: Adaptado de Sharp (1997).

En la práctica la mayoría de las personas se especializan en una de las fases o máximo en dos, por lo cual se pueden describir cuatro tipos de estudiantes: activo, reflexivo, teórico y pragmático. Esto conlleva a que se debe tener un método de aprendizaje que cubra las cuatro fases descritas por Kolb, para garantizar que los estudiantes logren apropiarse del conocimiento de manera adecuada.

El objetivo de la educación en ingeniería se podría resumir en preparar a los estudiantes para la práctica de esta en particular para el uso de los tres recursos fundamentales: energía, materiales e información. La forma de conseguir que los estudiantes puedan llegar a traspasar las cuatro etapas descritas por Kolb, durante su proceso educativo, es el uso de laboratorios o prácticas de ingeniería.

La integración de las prácticas o laboratorios en el proceso de diseño o evaluación permitiría integrar de manera más efectiva las cuatro etapas que el modelo de Kolb propone. Es por eso que Feisel & Rosa (2005) plantean los objetivos que toda práctica o laboratorio debe tener.

En este capítulo se realizará una descripción de cada una de las técnicas que fueron implementadas por el proyecto de investigación con su justificación y resultados esperados, tratando de aplicar los conceptos expuestos por el modelo de Kolb.

## Análisis de factores de entorno que afectan el desarrollo de habilidades espaciales

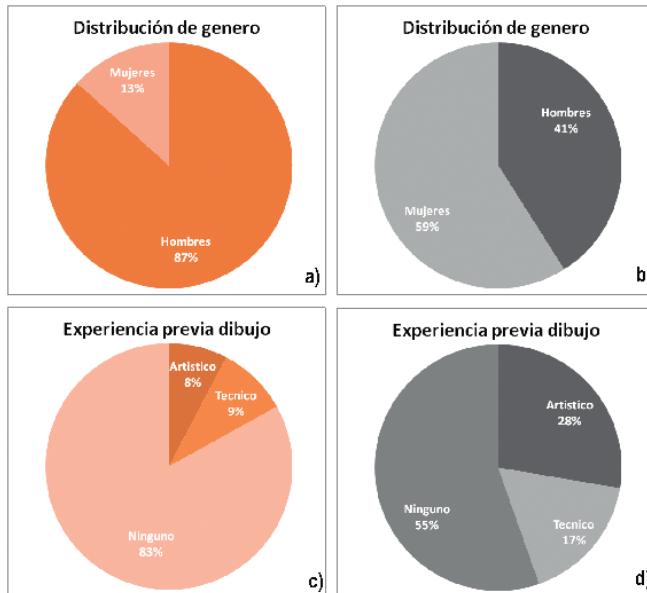
Para tratar de determinar los factores de entorno que pudieron afectar el desarrollo de habilidades espaciales por parte de los estudiantes y con ello alimentar el diseño de las nuevas herramientas, se usaron los resultados obtenidos por la encuesta planteada en la Prueba de Rotación Mental (MRT), donde los rangos de clasificación de los resultados sobre el grupo de estudio se establecieron en: *Muy insuficiente*, corresponde a aquellos que obtuvieron un puntaje total inferior o igual a 40%; *Insuficiente*, mayor al 40% pero inferior al 60%; *Suficiente*, entre 60% y 70%; la categoría *Bueno* corresponde a los puntajes entre 70% y el 90%; y *Excelente* para los resultados superiores al 90%. Para el análisis se crearon dos grupos: los estudiantes de nivel *Bueno* y *Excelente*, y los estudiantes con nivel *Muy insuficiente*. Luego se hizo un análisis de los factores de caracterización, de disponibilidad y hábitos tecnológicos.

La figura 23 revela los resultados comparativos del grupo en análisis para características fundamentales como distribución de género y experiencia previa en dibujo. Los resultados muestran una alta dependencia de género, mientras en el grupo de buen desempeño se tiene una relación hombre-mujer de 6 a 1, en los de bajo rendimiento la relación es casi 1 a 2. La relación entre el género y el desarrollo de habilidades espaciales está ampliamente difundida en diferentes estudios como lo muestra Sorby (2007).

Otro resultado interesante es la experiencia previa en dibujo (ver figura 23), donde de forma sorpresiva se puede ver que el grupo con buen desempeño tiene menos experiencia de clase orientada. Esto demuestra que los métodos tradicionales usados

en las clases de dibujo de los colegios parecen no lograr incentivar el desarrollo de habilidades espaciales, sino solo se someten a impartir al estudiante técnicas de solución de problemas geométricos tridimensionales.

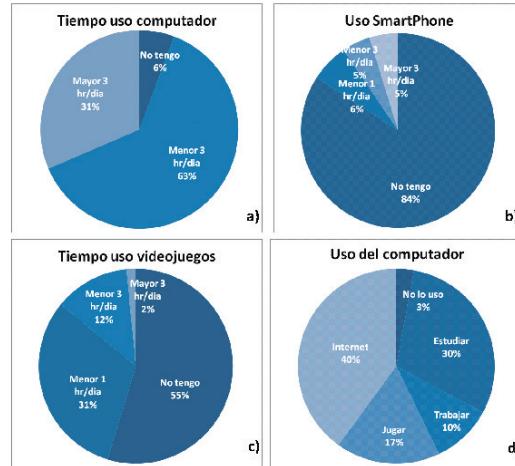
**Figura 23.** Comparación de características fundamentales. Izq.: estudiantes en niveles bueno y excelente [a) y c)]. Dcha.: estudiantes en nivel muy insuficiente [b) y d)]



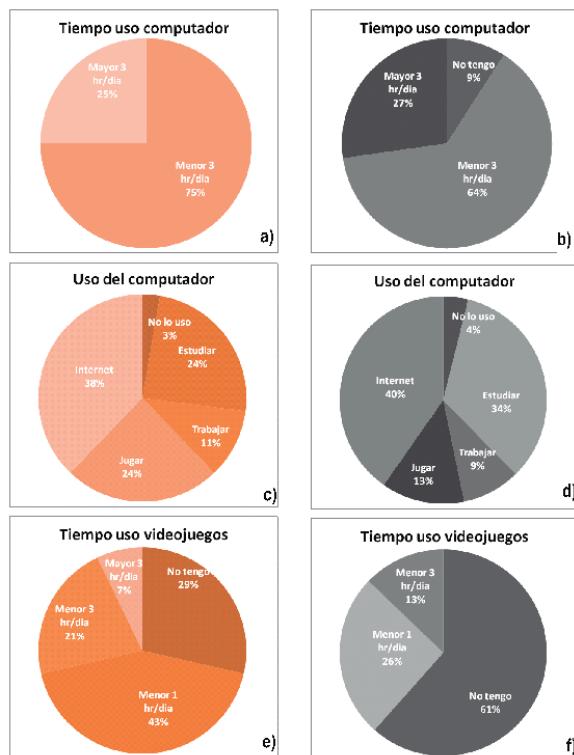
Mientras en la figura 25 es posible ver la comparación entre la disponibilidad y hábitos tecnológicos de los dos grupos en análisis, estos resultados muestran que el uso de herramientas tecnológicas basadas en espacios virtuales tridimensionales (consolas de video juego y computadores para ejecutar juegos), permiten a los estudiantes desarrollar de manera efectiva las habilidades espaciales necesarias. Esto es coherente con los resultados obtenidos por Gutiérrez (2010) y Martín (2009), ellos atribuyen la mejora debido a la fuerte tendencia que tienen los jóvenes a trabajar y estar cerca a elementos tecnológicos modernos, y como tal al tipo de retos y visualización que es posible obtener por medio de un ambiente virtual como en el que se desarrollan los video juegos.

La caracterización de disponibilidad de medios tecnológicos y uso de los mismos se encuentra resumida en la figura 24, los resultados son coherentes con las particularidades de la población universitaria, por ejemplo, existe una baja disponibilidad de sistemas móviles como los teléfonos inteligentes en un 16% y de plataformas de videojuegos en un 45 %. Pero es un muy importante el avance en la disponibilidad y hábito de uso que es del 94 % entre los alumnos que tienen acceso a un computador y a internet con un 40 %. También cabe notar que los estudiantes con disponibilidad de teléfonos inteligentes o plataformas de video juegos —o computador para jugar— dedican un número importante de horas en ellos.

**Figura 24.** Características de disponibilidad y hábitos tecnológicos



**Figura 25.** Comparación de características disponibilidad y hábitos tecnológicos.  
Izq.: estudiantes en niveles bueno y excelente [a), c) y e)]  
Dcha.: estudiantes en nivel muy insuficiente [b), d) y f)]



## Implementación de técnicas tradicionales

Las técnicas tradicionales, como se describieron anteriormente, tienen la ventaja de la facilidad de implementación y abundante documentación disponible en las referencias, con métodos de adaptación y diferentes tipos de ejercicios aplicables. También se puede observar que la evaluación realizada por los estudiantes en el presente proyecto es buena en lo correspondiente a las técnicas de sólidos impresos y ejercicios en papel. A continuación se presentan estas dos técnicas y cómo se implementaron para ser utilizadas en el curso de Dibujo en Ingeniería.

### Sólidos impresos en 3D

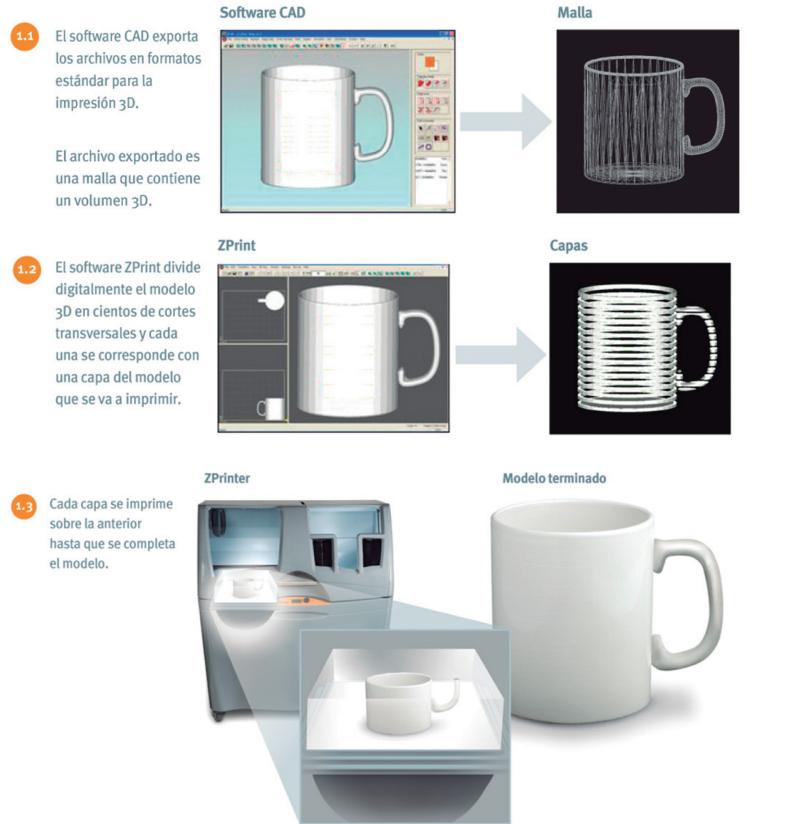
En el proceso de diseño de nuevos productos los prototipos físicos son fundamentales, pues tienen mayor efecto sobre los posibles clientes e inversores que los planos de ingeniería o modelos de computador tridimensionales, además permiten al observador examinar el producto e interactuar con él en lugar de tener que interpretar cómo sería.

Una prueba de funcionalidad y evaluación en un producto frente a un posible cliente o en el ambiente de trabajo final es demasiado complicada de realizar cuando se posee solamente el modelo digital en una pantalla o en forma de planos de ingeniería. Estas pruebas de funcionalidad son fundamentales para evaluar los productos antes de sacarlos al mercado.

El problema fundamental de creación de modelos es su alto costo, debido a los tiempos y horas hombre que las técnicas tradicionales de generación usan. De este punto nació la necesidad de crear un sistema de alta versatilidad que fuera capaz de generar modelos de forma fácil y rápida, utilizando de manera óptima los sistemas CAD de gran potencia que se tienen disponibles en la actualidad, de estas condiciones de diseño, surgió la técnica de impresión 3D o también llamada de prototipado rápido.

La técnica de impresión 3D se explica en la figura 26, y en ella es necesario tener diseñado el objeto en un sistema CAD y definir los colores de los sólidos mediante un software especializado de la impresora. La característica del color fue usada para dar información adicional a los estudiantes de la inclinación o dirección principal de cada plano que conforma el sólido. En la tabla 6 se puede observar el código de colores asociados para cada tipo de plano presente en los sólidos impresos.

La figura 27 muestra el maletín completo realizado en el proyecto con sólidos de diferentes niveles de dificultad, que usados junto a los formatos disponibles en el anexo D, desarrollan una práctica en clase sobre representación multivista de objetos en Dibujo en Ingeniería.

**Figura 26.** Proceso de generación de sólidos 3D, mediante el uso de impresoras 3D**Fuente:** 3DSystems.Recuperado de: <http://www.3dsystems.com/3d-printers/professional/projet-660pro>.**Tabla 6.** Configuración de colores de sólidos impresos, de acuerdo al tipo de superficie

Plano	Descripción	Plano	Descripción
	<b>Planta:</b> plano principal, paralelo al plano horizontal.		<b>Frontal:</b> plano principal, perpendicular al plano horizontal.
	<b>Lateral:</b> plano principal, perpendicular al plano horizontal.		<b>Inclinado:</b> plano inclinado, perpendicular a planta.
	<b>Inclinado:</b> plano inclinado, perpendicular al plano frontal.		<b>Inclinado:</b> plano inclinado, perpendicular al plano lateral.

Plano	Descripción	Plano	Descripción
	<b>Oblicuo:</b> plano inclinado a los tres planos principales.		<b>Curvo:</b> plano curvo en las direcciones frontal y lateral.
	<b>Curvo:</b> plano curvo en las direcciones lateral y planta.		<b>Curvo:</b> plano curvo en las direcciones frontal y planta.

**Figura 27.** Sólidos impresos en 3D para el curso de Dibujo en Ingeniería.

Izq.: maletín de almacenamiento y transporte de sólidos.

Dcha.: sólidos ejemplos realizados.



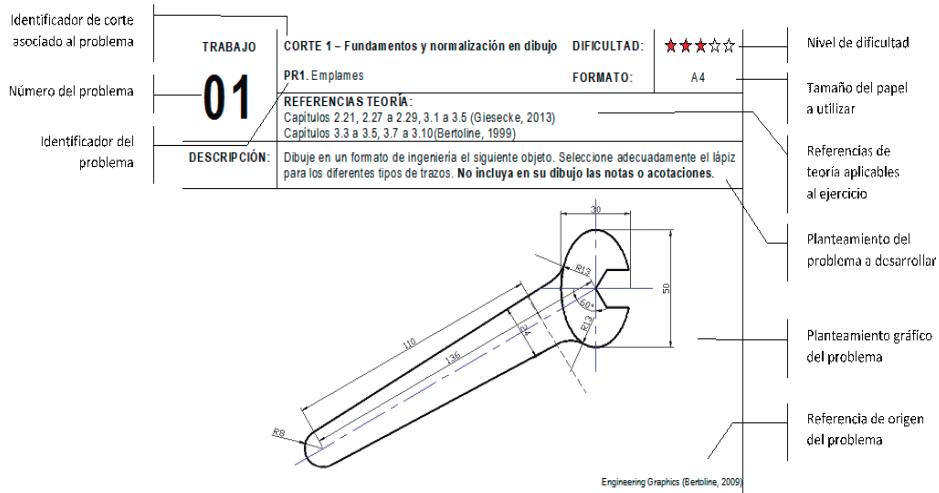
## Guías de trabajo dentro y fuera de clase

Después de hacer el análisis sobre el *syllabus* del curso de Dibujo en Ingeniería, mostrado en el capítulo 2, se planteó y realizó una reforma de los contenidos con sus tiempos de desarrollo que se describen más adelante.

Para implementar las necesidades de trabajo dentro y fuera de clase por parte de los estudiantes, se desarrolló una serie de guías de trabajo que el alumno debe realizar durante el semestre y que entrega como parte de su evaluación del curso. Cada una de estas prácticas presenta la información mostrada en la figura 28.

Entre la información que se despliega en el planteamiento de cada práctica —trabajo que debe ser realizado en el salón de clase— o tarea —trabajo a realizar fuera de clase— se encuentra:

- **Dificultad:** indicador del nivel de dificultad asociado al problema. Está basado en estrellas, donde cada estrella indica que se debe trabajar un tiempo promedio de 30 minutos. Este parámetro ayuda al estudiante a que programe su tiempo para realizar el ejercicio.
- **Referencias teoría:** muestra los temas de clase que son necesarios tener estudiados para poder realizar el ejercicio. Además, como medida de soporte al alumno, se despliegan también los capítulos del libro guía y de referencia que pueden ser usados para estudiar el tema de manera independiente.

**Figura 28.** Partes principales trabajos prácticos del curso

- **Referencia de origen del problema:** tiene por objeto que los estudiantes puedan buscar el origen bibliográfico del problema y buscar en la referencia la explicación completa de problemas similares o ejemplos resueltos.

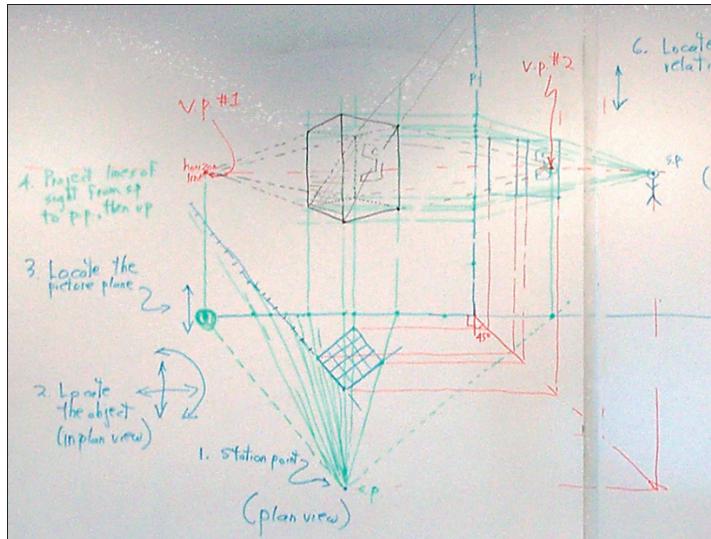
## Implementación de técnicas basadas en TIC

Las tecnologías de la información y las comunicaciones han tenido gran impacto en varios campos de la vida, incluyendo la educación. Este tipo de tecnologías permiten integrar de manera eficiente los desarrollos de hardware y software de la industria con grupos de personas, con el fin de lograr un objetivo en común. Existen numerosos métodos para integrar las TIC dentro de un campo de formación específico, desde chats o salones de conversación virtuales, donde los usuarios pueden intercambiar ideas sin tener que estar físicamente cerca, hasta cursos virtuales completos con información multimedial. En el presente proyecto de investigación se desarrollaron técnicas basadas en hardware (tablero digital), internet (canal de video YouTube y curso virtual en Moodle) y desarrollo de software.

### Tablero digital interactivo

Uno de los problemas que presenta la enseñanza del Dibujo en Ingeniería es la necesidad de mostrar los procedimientos y la solución de problemas tipo, para explicar las diferentes técnicas. Para ello se puede usar el tablero de marcadores disponibles en la mayoría de los salones de clases, obteniendo representaciones como la mostrada en la figura 29. La complejidad de estos dibujos ocasionan que se necesite mucho tiempo para poder mostrar el resultado final, imposibilitando la realización de varios ejemplos o ejercicios por parte de los estudiantes.

**Figura 29.** Trabajo típico necesario para realizar un ejemplo en clase de Dibujo en Ingeniería



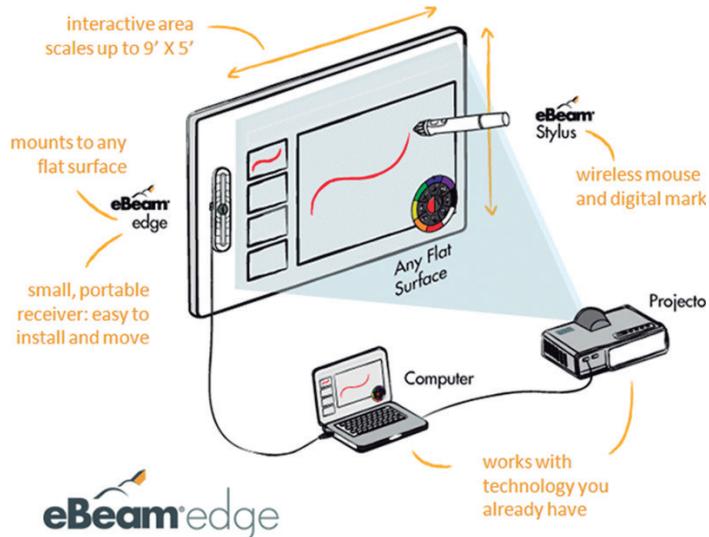
Fuente: recuperado de <https://graphics.stanford.edu/courses/cs48n-09/>.

La otra técnica muy utilizada es el uso de sistemas multimediales como el video beam o la proyección de las diapositivas de clase en televisores de gran formato. En este caso lo que se tienen son ejemplos o ejercicios prediseñados, los cuales son expuestos por el docente paso a paso, limitando la participación de los estudiantes. Finalmente se pueden usar ejercicios los cuales son solucionados mediante un software CAD, exponiendo en clase el proceso y permitiendo la intervención de los alumnos, el problema de esta técnica es que los sistemas CAD poseen muchas herramientas de dibujo que facilitan el desenlace y la necesidad del estudiante de conocer la herramienta computacional, limitando la capacidad de proponer soluciones.

Pese a los problemas que poseen los sistemas CAD se convierten en la opción con mayor capacidad ofreciendo mayor interactividad con los estudiantes, aunque posee la limitante adicional de la necesidad que el docente realice todo el proceso fuera de la vista del alumno, diluyendo la atención y limitando el seguimiento de la solución.

Los tableros digitales son capaces de convertir cualquier superficie en un área interactiva en la cual es posible exponer una imagen generada desde un sistema computarizado. En esencia lo que se tiene es que mediante un sistema inalámbrico se puede reemplazar el apuntador del sistema computarizado —como el ratón— y por ello se puede activar de manera telemétrica cada uno de los comandos y funciones del sistema. En la figura 30 se pueden observar las partes principales de un sistema de tablero digital.

**Figura 30.** Partes principales tablero digital



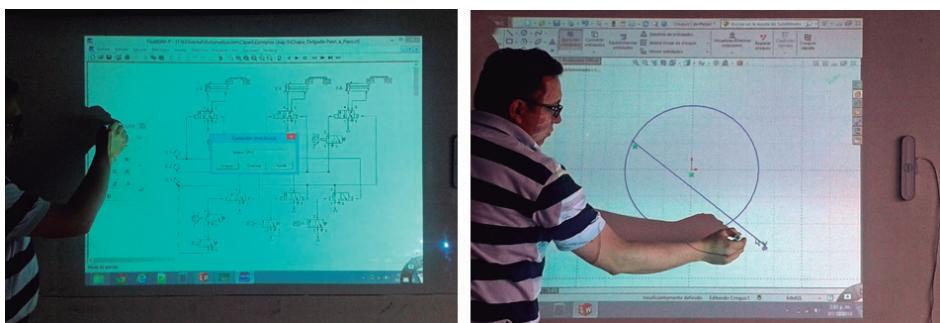
Fuente: recuperado de <http://www.e-beam.com/>

Para el desarrollo del proyecto se adquirió un tablero digital referencia **eBeam Edge**, construido por la empresa italiana Ludia Inc. El objetivo de esta herramienta es permitir el desarrollo de clases con mayor dinamismo, disminuyendo los tiempos necesarios para la recreación en clase de los ejemplos, aumentando su calidad y permitiendo que puedan ser fácilmente seguidos e intervenidos por los estudiantes, un ejemplo del uso de este tablero digital en la Universidad puede verse en la figura 31.

**Figura 31.** Aplicaciones en salón de clase tablero digital eBeam Edge.

Izq.: Software FluidSIM-P curso Automatización Industrial.

Dcha.: SolidWorks curso de Dibujo en Ingeniería



Entre las principales ventajas del tablero digital están:

- Manipulación de contenido multimedia generado en un PC.
- Visualización en tiempo real por parte de los estudiantes.
- Equipo portátil disponible para ser usado sobre cualquier superficie.
- Fácil interacción de los estudiantes y solución de problemas tipo en clase.
- Almacenamiento en video de la clase realizada.

Principales desventajas:

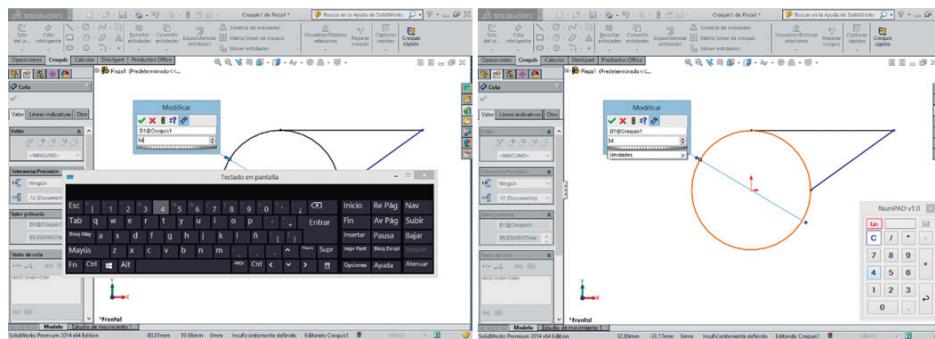
- Software especializado destinado a cursos de enseñanza básica.
- Dependencia a sistema computarizado y video proyector.
- Coste moderado de compra (\$1200 USD).

## Desarrollo de teclado virtual especializado

Uno de los problemas más complicados de controlar durante la ejecución de software especializado de ingeniería usando un tablero digital es la dificultad para el ingreso de información numérica o alfabética, que generalmente estos software necesitan para realizar los procesos para los que están diseñados. Generalmente los fabricantes recomiendan el uso del teclado en pantalla que viene integrado con el sistema operativo. Esta aplicación tiene como principal desventaja que ocupa una gran cantidad de la pantalla, sobre todo si se tiene en cuenta que la imagen es proyectada por un video proyector o televisor en clase (ver figura 32 Izq.).

**Figura 32.** Izq.: teclado en pantalla Microsoft Windows.

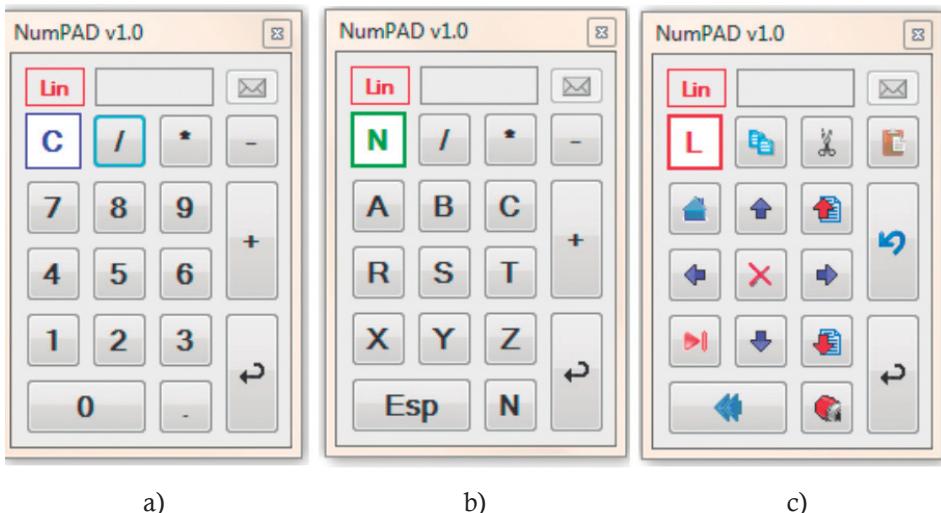
Dcha.: Software desarrollado NumPAD



Con el objetivo de mantener la mayor cantidad de pantalla disponible se diseñó una aplicación en Vb.NET llamada NumPAD. Esta aplicación tiene funcionalidad de siempre estar visible y transparente en un área pequeña con el objetivo de disminuir al mínimo el impacto sobre la pantalla de trabajo (ver figura 32 Dcha.). Para ello emula el teclado numérico completo, también las funciones principales del teclado (entrada, desplazamiento, suprimir, deshacer, etc.) y algunos caracteres alfanuméricos comúnmente utilizados en ingeniería (x, y, z, s, n, etc.). En la figura 33 se puede ver cada una de las ventanas que componen la aplicación NumPAD.

**Figura 33.** Vista ventana aplicación NumPAD.

- a) Teclado numérico. b) Teclas de caracteres alfabéticos.
- c) Combinación de teclas para comandos del sistema operativo



En el anexo F sección NumPAD para tablero digital, es posible ver una descripción completa del funcionamiento y características de esta aplicación.

### Canal de video tutoriales DIMSI

YouTube ha revolucionado los sistemas de divulgación de información al permitir que los usuarios no solo puedan transmitir información de manera escrita o mediante imágenes en la internet. La publicación de videos ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años, llegando a extremos donde un video puede ser visto por más de 800 millones de personas.

Los usos en la educación fueron casi inmediatos, la posibilidad de almacenar en la red clases o sesiones de explicación de problemas, permitiendo que los estudiantes puedan ver las veces que sean necesarias estas explicaciones, garantizan una mejor apropiación del conocimiento.

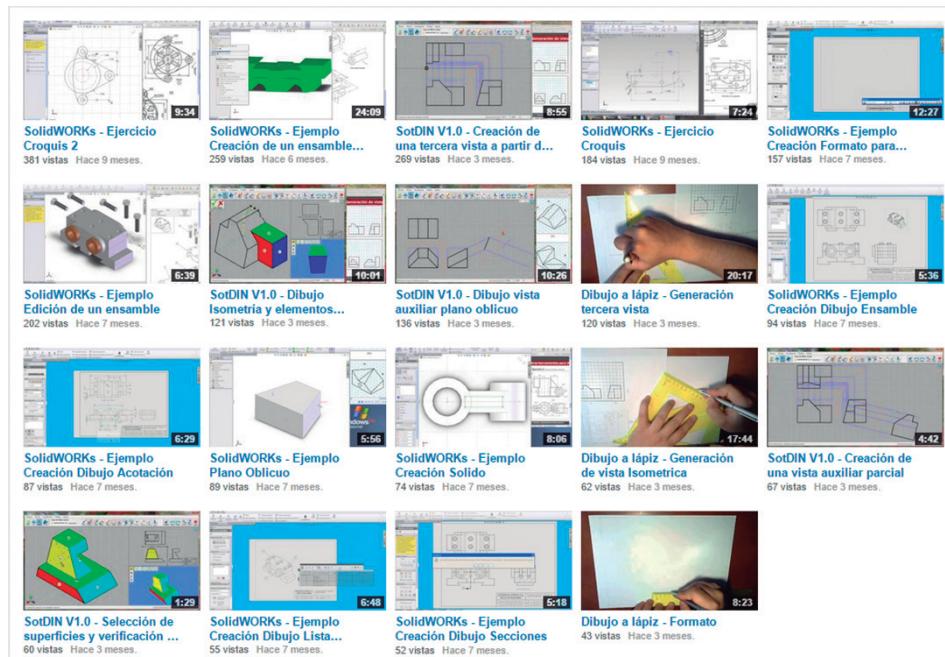
Existen ya numerosas universidades que tienen sus propios canales institucionales en YouTube, donde publican los resultados de sus proyectos de investigación, conferencias, material multimedia y algunas clases grabadas dictadas dentro del campus. Entre las universidades que manejan su propio canal tenemos centros tan importantes como Yale, Harvard, Stanford, Columbia, Cambridge y Oxford, entre otras.

Los procesos de aprendizaje involucrados dentro del desarrollo de habilidades espaciales y el curso de Dibujo en Ingeniería, necesitan el desarrollo y repetición de una gran cantidad de ejercicios diferentes para lograr la correcta apropiación del conocimiento, los videos tutoriales son una interesante herramienta que puede ayudar en esta dinámica.

Para el uso de esta herramienta se creó el canal de YouTube ubicado en <https://www.youtube.com/user/UDDIMSI>. En la figura 34 se pueden ver la lista de los 19 videos creados para cubrir las necesidades de varios temas asociados con Dibujo en Ingeniería. Para agrupar de manera temática los videos se crearon tres listas de reproducción:

1. **Dibujo técnico a lápiz:** ejercicios básicos de generación de dibujos de ingeniería usando instrumentos de dibujo.
2. **Tutoriales de SolidWorks:** videos tutoriales sobre temas básicos de SolidWorks. Cada uno realiza un ejercicio completo de creación de croquis, creación de pieza, dibujo de planos oblicuos, dibujo de planos de construcción de piezas y creación de ensamblajes.
3. **Tutoriales SotDIN:** videos tutoriales del uso del software SotDIN para la solución de problemas de habilidades espaciales y dibujo técnico.

**Figura 34.** Lista de videos disponibles en el canal UDDIMSI de YouTube



**Fuente:** recuperado de <https://www.youtube.com/user/UDDIMSI>.

Para la generación de los videos originados de la pantalla de un ordenador o proyector disponibles en el canal de YouTube, se usó el software eBeam Education Suite, suministrado por el fabricante del tablero digital (Luidia Inc.). Para los videos de los sistemas basados en dibujo a lápiz, se realizó un montaje especial con una lámpara y una *webcam* montada sobre el armazón de esta.

## Curso virtual de Dibujo en Ingeniería

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital posee desde hace varios años una plataforma Moodle v2.0, disponible para que los docentes de cada curso creen su espacio (ver figura 35 Izq.). Dentro del marco de desarrollo del presente proyecto de investigación se desarrolló un curso virtual para el curso de Dibujo en Ingeniería (ver figura 35 Dcha.), el objetivo de este curso es el compartir información disponible con cada uno de los estudiantes.

**Figura 35.** Izq.: portal de cursos virtuales Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital.  
Dcha.: curso virtual Dibujo en Ingeniería

**Fuente:** recuperado de <http://ingenieria1.udistrital.edu.co/udin/> y <http://ingenieria1.udistrital.edu.co/udin/course/view.php?id=439&sesskey=tqa8q5hAJY>.

El curso virtual está dividido en los siguientes ejes temáticos:

1. **Novedades:** cabecera de la página principal del curso donde se incluye un informe sobre los últimos cambios realizados en el curso —generación automática por parte de la plataforma—, *syllabus* del curso, guía de prácticas y tareas (anexo E) y desglose de notas actualizadas, con el objetivo que el estudiante pueda hacer un seguimiento completo a su avance.
2. **Información importante y recursos:** sección donde se ubica el foro para compartir dudas entre los estudiantes y el docente, además de diferentes fuentes de información disponible para la descarga o consulta en línea de libros, video tutoriales y cursos virtuales de otras universidades. En esta sección también se incluye una pequeña hemeroteca virtual con artículos actualizados relacionados con el curso en inglés, para fortalecer la interpretación de literatura técnica en este idioma.

3. **Temario del curso:** este espacio está disponible por unidades para que el docente incluya el material generado para o en clase, con el objetivo que pueda ser consultado en cualquier momento por los estudiantes. En este espacio también es posible incluir talleres con fechas de envío límite o *quizzes* virtuales para ser solucionados por los estudiantes.
4. **Agenda del curso:** cada una de las actividades importantes y sus fechas pueden ser incluidas en la agenda del curso con el fin de permitir que cada estudiante la tenga presente, por ejemplo: fechas de exámenes, entregas de trabajos, finalización de clases, salidas técnicas, etc. Las funciones de agenda tienen control automático del sistema para actividades implementadas dentro del mismo.

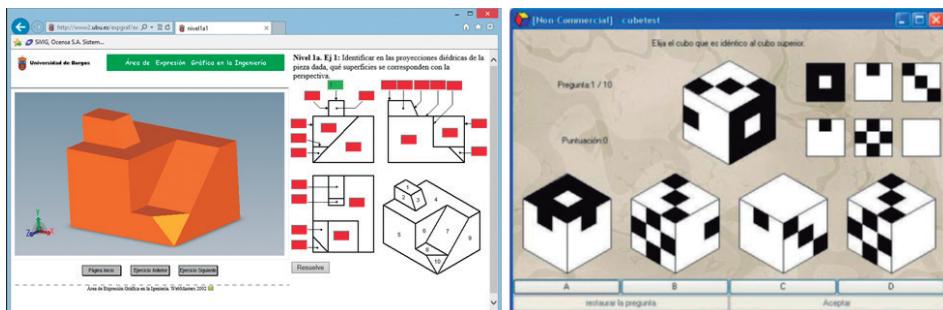
## Software de dibujo caligráfico 3D (SotDIN)

### Antecedentes

Actualmente es posible encontrar diferentes software de uso libre o licenciados, todos con diferentes niveles de complejidad y uso para el desarrollo de habilidades espaciales o enseñanza del Dibujo en Ingeniería. Por ejemplo Gutiérrez (2010) y Melgosa (2012) reportan alrededor de 30 aplicaciones y sitios web diseñados para el desarrollo de estas habilidades; estos programas están creados para impactar en un grupo específico de estudiantes y con metodologías diferentes de uso. Se establecieron dos tipos de software específicos:

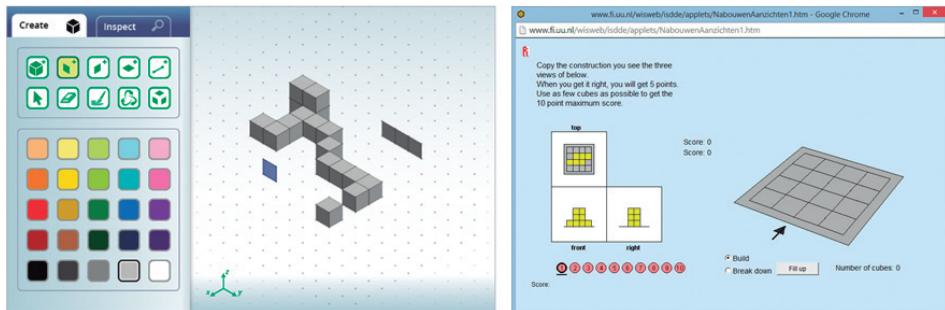
1. Aplicación basada en la solución de problemas preplanteados mediante la variación de la visualización y la selección adecuada de la respuesta correcta.

**Figura 36.** Software de solución de problemas preplanteados. Izq.: aprendizaje innovador de visualización de piezas mediante taller virtual. Dcha.: CubeTest (Joe van de Oever)



2. Software con dibujo limitado por parte de los usuarios con el fin de crear algunas figuras, generalmente isométricas, por medio de vistas ortogonales o mediante bloques individuales (ver figura 37).

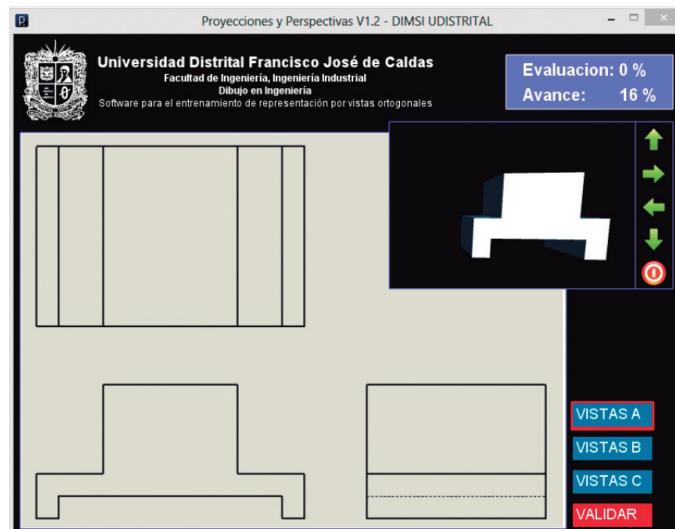
**Figura 37.** Software de construcción de figuras. Izq.: Isometric Drawing Tool. Dcha.: Building with blocks (Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education)



Fuente: recuperado de <http://illuminations.nctm.org/>.

Dentro del grupo de investigación se desarrolló una aplicación basada en la solución, por parte de los estudiantes, de proyectos predefinidos llamados Proyecciones y Perspectivas V1.2. Este software evidenció que el impacto sobre el desarrollo de habilidades espaciales era reducido, pues impedía que el usuario pudiera manipular de alguna manera los problemas planteados, convirtiéndose en una aplicación monótona y que no incitaba al uso adecuado de la imaginación ni de las habilidades espaciales.

**Figura 38.** Software Proyecciones y Perspectivas, desarrollado en la Universidad Distrital



En el curso de Dibujo en Ingeniería se usa el software CAD SolidWorks, como parte del desarrollo del *syllabus* y presenta las siguientes características:

- SolidWorks es una herramienta de alto nivel de cómputo programado para el diseño tridimensional de piezas mecánicas.
- Debido a su alto nivel de complejidad requiere un nivel de capacitación mínima para poder ser utilizado de manera efectiva.
- Alto nivel de especialización, facilitando las tareas comunes de dibujo mecánico.
- SolidWorks al ser un software con alto nivel de especialización, muchas de sus teorías o conocimientos base son realizados de manera automática, internamente, convirtiéndose en una caja negra para el usuario.
- La respuesta de los estudiantes ante este software como herramienta de desarrollo de habilidades espaciales es bajo como se puede observar en el capítulo 3 de este proyecto.

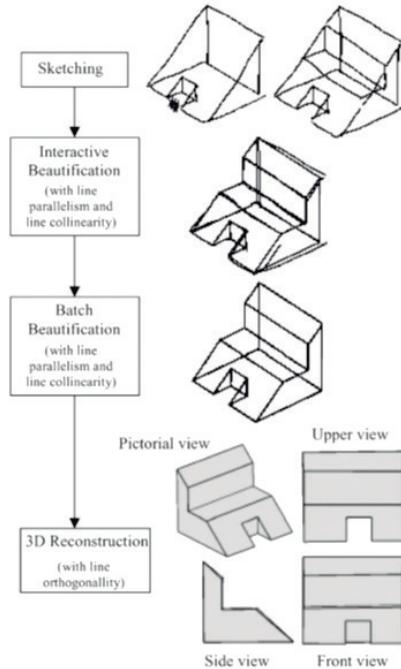
Las herramientas disponibles presentan falencias importantes por lo que se decidió diseñar una nueva herramienta que no solo integrara el desarrollo de habilidades espaciales, sino que tuviera la capacidad de ser usado de manera compuesta con el tablero digital para el desarrollo en clase.

## Diseño base del sistema

Como base del diseño del nuevo software se partió de los desarrollos realizados por Company et al. (2004). En esta investigación Company desarrolló un sistema de interpretación caligráfica de objetos tridimensionales basada en la representación isométrica del mismo; el proceso diseñado por Company está basado en la determinación de tipos de vértices y un poderoso algoritmo de optimización que permite encontrar la configuración que presenta el mejor nivel de incertidumbre en su desarrollo —el más bajo— siguiendo el algoritmo básico mostrado en la figura 39.

El algoritmo planteado por Company tiene como desventaja la baja confiabilidad que presenta y la necesidad de conocer por completo las leyes de proyección isométrica para lograr obtener la representación tridimensional, que luego es usada para generar las vistas ortogonales del objeto. Esto implica un entrenamiento y desarrollo de habilidades espaciales muy bien logradas para obtener el resultado deseado.

Para disminuir la incertidumbre, aumentar la interactividad y generar un método que permita obtener un algoritmo más didáctico, se decidió crear un método de dibujo asistido en isométrico, unido a mecanismo de configuración de planos que conforman el sólido para así obtener el producto final. Este proceso exige al estudiante entender completamente cómo es el proceso de dibujo isométrico, luego qué tipos de planos son los que conforman el objeto; para ello el alumno puede ver paso a paso cómo cada uno de los planos se unen para formar el objeto final. Si el proceso es realizado de manera exitosa el estudiante puede ver en 3D el objeto, además de cuatro proyecciones típicas usadas en ingeniería: vistas ortogonales, dimétrica, trimétrica e isométrica —girada en 2 posiciones diferentes a la dibujada—.

**Figura 39.** Sistema de diseño caligráfico basado en dibujo isométrico

**Fuente:** Company et al. (2004).

### Sistema de dibujo caligráfico

El sistema de dibujo caligráfico tiene como objetivo suministrar una serie de herramientas básicas de dibujo, que luego son utilizadas por un algoritmo de cálculo inverso para determinar el objeto tridimensional asociado a una proyección isométrica.

El software que se tiene disponible de manera libre o licenciado para el uso con tableros digitales se puede clasificar como aparece en la tabla 7.

**Tabla 7.** Clasificación de software disponible para uso en tablero digital

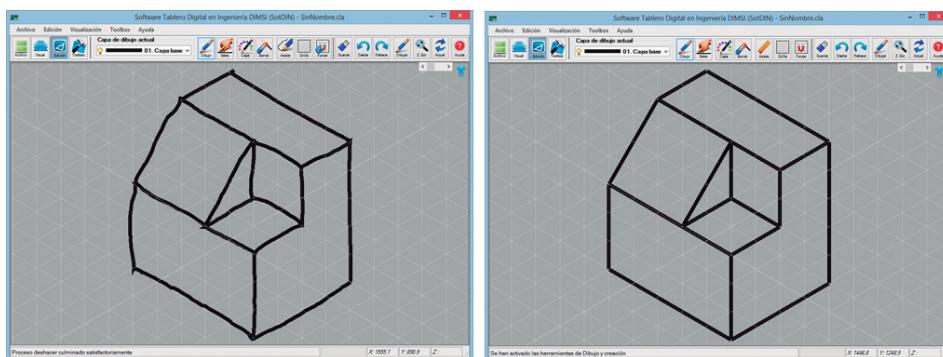
Tipo	Descripción	Características	Público destino
<b>Multimedia</b>	Herramientas diseñadas para la presentación de videos y algunas actividades interactivas, generalmente basadas en Acrobat Flash®.	Las actividades interactivas desarrolladas son generalmente repetitivas y de baja complejidad.	Infantil, colegios.
<b>Presentación</b>	Presentación y resaltado de diapositivas de manera interactiva.	Las diapositivas son desarrolladas generalmente en PowerPoint, el tablero digital permite es la presentación dinámica.	Uso empresarial, universitario básico.

Tipo	Descripción	Características	Público destino
Pizarra digital	Reemplazo de un sistema típico de tablero y marcadores.	Sistema más sencillo y de uso casi universal de todos los fabricantes de tableros digitales.	General.

El uso en educación para ingeniería de software especializado específicamente diseñado para la integración con tableros digitales es muy reducido. Generalmente el uso en ingeniería es únicamente como pizarra digital, limitando de manera importante el impacto que puede generar.

Partiendo del estudio de herramientas disponibles se diseño el software SotDIN (Acrónimo de **S**oftware de **T**ablero **D**igital para **I**NGeniería). Este programa diseñado para plataforma Microsoft Windows®, posee las funcionalidades básicas de un paquete CAD básico bidimensional. Con SotDIN es posible el dibujo de esquemas de cierto nivel de complejidad (ver figura 40).

**Figura 40.** Software SotDIN. Izq.: dibujo sin herramientas activadas.  
Dcha.: mismo dibujo con herramientas activadas



Las principales características implementadas dentro de SotDIN son:

- Uso de propiedades gráficas agrupadas:** cada entidad de dibujo es construida sobre una agrupación llamada capa, con la cual pueden ser alterados los colores, espesores, visibilidad y tipo de línea.
- Asistente de dibujo lineal:** mediante el asistente de dibujo cada línea se aproxima a una línea recta ideal para garantizar la claridad.
- Dibujo en tiempo real de entidades:** cada entidad que se dibuja puede ser visualizada en tiempo real. Esto es fundamental para permitir que sea de fácil uso con tablero digital.
- Grilla ortogonal e isométrica:** ajusta las entidades dibujadas para obtenerlas de manera que solo puedan estar ubicadas en ángulos múltiplos de 90° (ortogonal) o múltiplos de 120° (isométrico).

5. **Edición de entidades:** métodos de copiar, pegar y edición en línea por medio de selección de puntos de control.
6. **Rastreo de entidades:** asegura que se pueda iniciar o terminar una entidad en el inicio, mitad o final de otra, por medio del rastreo automático en pantalla.
7. **Deshacer y rehacer:** permite eliminar la última operación realizada o volver a realizarla. Se pueden realizar un número infinito de deshacer.
8. **Recortar y extender:** permite limitar la extensión de una entidad hasta el cruce con otra.
9. **Relaciones geométricas:** es posible asignar relaciones geométricas entre dos entidades. Entre las relaciones geométricas se encuentran perpendicular, paralelo, colineal y distancia.

Una descripción completa del uso de este software en su módulo de dibujo caligráfico se encuentra disponible en el anexo F.

## Algoritmo de cálculo inverso

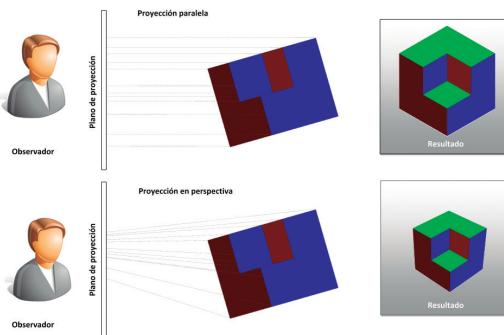
### *Representación tridimensional en medios bidimensionales*

El principal problema del Dibujo en Ingeniería es la de cómo presentar objetos tridimensionales en un medio que es bidimensional como el papel o la pantalla de un computador, garantizando que la representación sea lo más precisa, universal, clara e inequívoca posible.

La visión humana deforma los objetos haciendo que los objetos que estén más cercanos al observador aparen tem una mayor dimensión con respecto a los que se encuentran alejados, esto se conoce como perspectiva.

La solución para evitar la deformación originada por el efecto de la perspectiva sobre la visualización, fue la de ubicar el observador en el infinito —lo más alejado posible del objeto— lo que originó las proyecciones axonométricas en las que se tiene que los rayos de proyección son paralelos entre si y perpendiculares al plano de proyección. Esto origina que sea posible obtener visualizaciones sin deformaciones como se puede observar en la figura 41.

**Figura 41.** Resultados por proyección axonométrica y en perspectiva



La proyección en perspectiva asemeja mucho la forma como realmente se ven los objetos, llegando incluso a confundir nuestro cerebro sobre si se trata de una representación o una escena real. Pero presenta una serie de inconvenientes para los propósitos de la ingeniería como son: a) computacionalmente son difíciles de calcular, b) las relaciones entre las dimensiones del objeto real y el representado se pierden y c) los objetos distantes se ven pequeños (Bertoline, 2009). Por otro lado las proyecciones axonométricas no tienen la capacidad de la perspectiva para imitar la visualización humana, pero en cambio presenta las siguientes ventajas (Bertoline, 2009):

- Axonometrías presentan una ventaja frente a la representación multivista, mostrando más características del objeto —típicamente se pueden mostrar 3 vistas— en cada proyección, pero con la necesidad de deformar ángulos y longitudes.
- Al ser una proyección paralela las características que sean paralelas del objeto real serán paralelas en la representación.
- No hay puntos de fuga, por lo tanto, el espectador verá la misma perspectiva sin importar el punto desde donde se observe.
- Los objetos distantes conservan su tamaño, independientemente de su distancia al observador.
- Existen normas para las proyecciones axonométricas, por lo tanto, la generación de vistas axonométricas son computacionalmente muy ligeras.

Matemáticamente para construir una proyección axonométrica el objeto debe ser rotado en uno o dos de sus ejes principales para tener una inclinación con respecto al plano de proyección y luego proyectar sobre este mismo plano. Si se supone que el plano de proyección es el plano  $xy$ , con lo cual lo único que debe hacerse es eliminar la coordenada  $z$  de cada punto. Para obtener la rotación del sólido alrededor del eje  $y$  ( $\varphi$  grados) y luego ( $\theta$  grados) alrededor del eje  $x$ , se debe hacer una doble transformación. En la ecuación 1 se muestra la matriz de transformación ( $T$ ) necesaria para la doble rotación y proyección en el plano  $xy$  (Salomón, 2011).

$$T = \begin{bmatrix} \cos\varphi & 0 & -\sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$
Ecuación 1

Resolviendo la multiplicación matricial se obtiene:

$$T = \begin{bmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi\sin\theta & 0 \\ 0 & \cos\theta & 0 \\ \sin\varphi & -\cos\varphi\sin\theta & 0 \end{bmatrix}$$
Ecuación 2

### Dibujo en isometría por computación gráfica

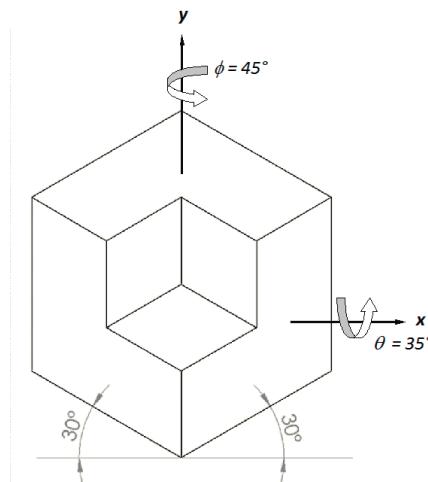
Y resolviendo el sistema para las tres direcciones principales ( $X, Y, Z$ ), la proyección equivalente en  $x_p$  y  $y_p$  se obtiene:

$$(X, Y, Z) = \begin{bmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi \sin\theta & 0 \\ 0 & \cos\theta & 0 \\ \sin\varphi & -\cos\varphi \sin\theta & 0 \end{bmatrix} = (x_p, y_p, 0)$$
Ecuación 3

$$\begin{aligned} x_p &= X \cdot \cos\varphi + Y \cdot 0 + Z \cdot \sin\varphi \\ &= X \cdot \cos\varphi + Z \cdot \sin\varphi \\ y_p &= X \cdot \sin\varphi \sin\theta + Y \cdot \cos\theta - Z \cdot \cos\varphi \sin\theta \end{aligned}$$
Ecuación 4

Una de las axonometrías más usadas en ingeniería es la isometría, en la cual el objeto es rotado con  $\varphi = 45^\circ$  alrededor del eje  $y$ , y un ángulo  $\theta = 35^\circ$  con respecto al eje  $x$ . Esta rotación genera que el ángulo entre los ejes principales sea  $120^\circ$  y se deforme de manera proporcionada cada una de las dimensiones —de allí el nombre de isometría—, como se ve en la figura 42.

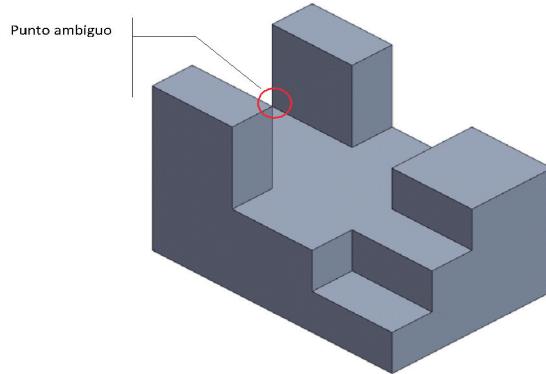
**Figura 42.** Proyección axonométrica de isometría



### Cálculo inverso del objeto tridimensional desde una vista isométrica

Si se analiza el resultado obtenido de la ecuación 4, se tiene que existen dos ecuaciones para tres variables, por lo tanto la solución directa que desde la proyección isométrica resultante se pueda obtener con la posición tridimensional no es posible. Este fenómeno se observa fácilmente en el isométrico mostrado en la figura 43, donde hay un punto ambiguo que pese a que pertenecen a superficies diferentes (posición  $X, Y, Z$  diferentes) aparecen ubicados en las mismas coordenadas de la proyección ( $x_p, y_p$ ).

**Figura 43.** Punto ambiguo de representación isométrica



Para solucionar la ubicación de los puntos que componen el sólido, se propone desagregar las superficies obteniendo que la unión de todas las superficies genere el objeto original. Para delimitar aún más el problema se plantea que cada una de las superficies deba tener como característica geométrica que sea definida como plano. Una condición adicional para cada uno de los planos viene determinada por la inclinación que este presenta frente a los planos de proyección ortogonal. Esta condición origina la combinación de planos definidos por la tabla 8.

**Tabla 8.** Combinación de tipos de inclinación disponibles para planos en sólidos y ecuaciones de cálculo inverso

Plano	Descripción	Condición	Cálculo inverso
	Planta: plano principal, paralelo al plano horizontal.	$Z = 0$	$Y = \frac{y_p \operatorname{Sin} \phi + x_p \operatorname{Cos} \phi \operatorname{Sin} \theta}{\operatorname{Sin} \theta}$ $X = \frac{x_p - Y \operatorname{Cos} \phi}{\operatorname{Sin} \phi}$
	Frontal: plano principal, perpendicular al plano horizontal.	$X = 0$	$Y = \frac{x_p}{\operatorname{Cos} \phi}$ $Z = \frac{y_p - Y \operatorname{Sin} \phi \operatorname{Sin} \theta}{\operatorname{Cos} \theta}$
	Lateral: plano principal, perpendicular al plano horizontal.	$Y = 0$	$X = \frac{x_p}{\operatorname{Sin} \phi}$ $Z = \frac{y_p + X \operatorname{Cos} \phi \operatorname{Sin} \theta}{\operatorname{Cos} \theta}$

Plano	Descripción	Condición	Cálculo inverso
	Inclinado: plano inclinado, perpendicular al plano frontal.		Plano definido por mínimo 3 puntos $\begin{vmatrix} X - X_1 & Y - Y_1 & Z - Z_1 \\ X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 & Z_2 - Z_1 \\ X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 & Z_3 - Z_1 \end{vmatrix} = 0$
	Inclinado: plano inclinado, perpendicular a la planta.		Plano definido por mínimo 3 puntos $\begin{vmatrix} X - X_1 & Y - Y_1 & Z - Z_1 \\ X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 & Z_2 - Z_1 \\ X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 & Z_3 - Z_1 \end{vmatrix} = 0$
	Inclinado: plano inclinado, perpendicular al plano lateral.		Plano definido por mínimo 3 puntos $\begin{vmatrix} X - X_1 & Y - Y_1 & Z - Z_1 \\ X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 & Z_2 - Z_1 \\ X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 & Z_3 - Z_1 \end{vmatrix} = 0$
	Oblicuo: plano inclinado a los tres planos principales.		Plano definido por mínimo 3 puntos $\begin{vmatrix} X - X_1 & Y - Y_1 & Z - Z_1 \\ X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 & Z_2 - Z_1 \\ X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 & Z_3 - Z_1 \end{vmatrix} = 0$

En la tabla 8 se muestra de igual manera la ecuación usada para definir el cálculo inverso originado desde la ecuación 4, al reemplazar condición determinada. Siendo así, existen entonces dos tipos de planos: los principales y los secundarios. Los principales corresponden a los que son paralelos a alguno de los planos de proyección ortogonal, mientras los secundarios son los que son inclinados u oblicuos. Es importante anotar que todos los planos principales, al usar el método de cálculo inverso, quedan definidos en un origen de coordenadas indefinido debido a las propiedades que presenta la proyección isométrica.

Los planos principales son definidos por cálculo inverso, mientras los planos secundarios deben ser definidos por la ubicación de mínimo 3 puntos —con origen en planos principales—.

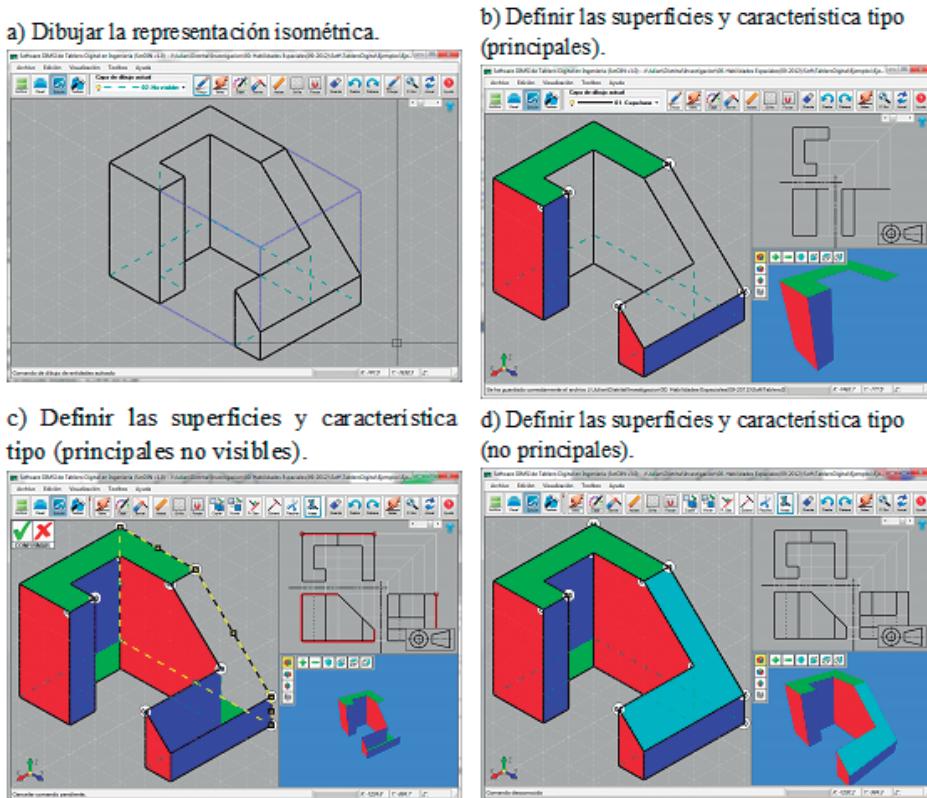
#### *Algoritmo de ajuste de superficies y cierre de sólido*

Antes de iniciar el proceso de cierre de sólido es necesario ejecutar un algoritmo de ajuste que permite asegurar que las relaciones geométricas básicas de los planos se conserven. Este algoritmo verifica relaciones de paralelismo, perpendicular, colinealidad e igualdad en los bordes que definen el plano.

La técnica de cálculo inverso de planos solo permite solucionar la ubicación de planos fuera de un origen común. La siguiente tarea es unir los diferentes planos de forma adecuada para obtener la representación del sólido buscada, para ello el algoritmo verifica todos los vértices existentes en la representación isométrica, lo cual vincula cada una de las superficies que intervienen, es importante anotar que el algoritmo identifica los posibles puntos ambiguos y restringe su uso para la reubicación, con el fin de eliminar los posibles errores de unión.

El proceso de cierre inicia al definir un plano principal inicial, el cual define el origen base para los demás planos. Con la información de vértices se procede a reubicar cada uno de los planos mediante la ubicación relativa de cada uno. El algoritmo de ajuste realiza varias alternativas de manera secuencial tratando de encontrar la mejor solución posible, para ello el sistema calcula un índice basado en el mínimo volumen posible y cambio de dirección sobre las definiciones de los planos. La solución que posea el mínimo indicador será tomada como solución del problema. En la figura 44 se muestra el proceso completo de creación de un sólido por cálculo inverso desde vista isométrica usando el software SotDIN.

**Figura 44.** Proceso de creación de sólido por cálculo inverso desde el isométrico



### Características software SotDIN

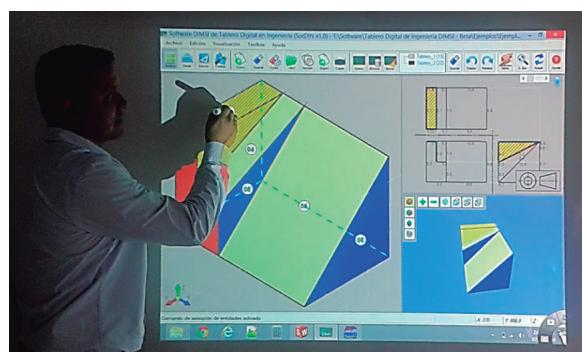
SotDIN fue desarrollado en plataforma Visual Basic .NET 2010, usando como sistema de dibujo la librería integrada de Microsoft GDI+ y como motor de visualización 3D el Framework Microsoft XNA 4.0. Para ejecutar SotDIN deberá tener como mínimos recursos de sistema los siguientes:

- Computador PC o compatible con procesador Pentium III (o superior) y velocidad de procesador superior a 1.5 GHz.
- Sistema operativo Microsoft ® Windows XP / Vista / 7 / 8 o superior.
- DirectX 9 o posterior, para sistemas Win7 o anteriores. En Win8 y posteriores DirectX se encuentra integrado dentro del sistema operativo.
- Tarjeta de video compatible con DirectX.
- Conexión a internet. Si el sistema no está actualizado es necesaria la conexión a internet para que el software instalador realice la descarga de los prerrequisitos necesarios.
- Espacio libre en disco duro de 250 Mb.
- 1024 Mb de memoria extendida RAM.

### Integración del software con tablero digital

Uno de los objetivos fundamentales planteados para el diseño del software SotDIN fue la de ser fácilmente integrado con la tecnología de tablero digital, pero sin limitar su uso a solo la formación durante las sesiones de clase. Para ello el sistema está basado en el uso intensivo de íconos de comandos con acceso directo por apuntador y visualización en tiempo real de entidades dibujadas, con estas características se garantiza el uso fácil y rápido por medio de tablero digital. La aplicación del software acoplado se puede ver en la figura 45.

**Figura 45.** Software SofDIN integrado con el tablero digital eBeam Edge



Para garantizar la integración con sistemas de apuntador clásicos como el ratón o teclado, se implementaron los menús, los aceleradores por teclado, el control de visualización por medio de *Scroll Wheel* y menú emergente por botón derecho de apuntador.

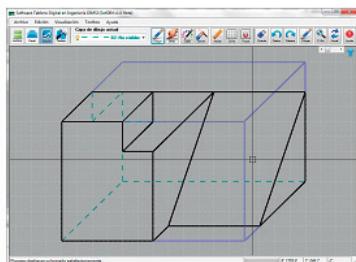
El proceso de creación del sólido desde la vista isométrica permite que se estudien las siguientes temáticas y habilidades:

1. **Dibujo en isometría:** con las ayudas de dibujo diseñadas es posible obtener de una forma muy sencilla una representación isométrica a partir de los objetos sólidos o vistas ortogonales.
2. **Caracterización de planos:** la metodología de cálculo inverso requiere como parámetro la definición correcta del tipo de plano, exigiendo al estudiante que defina los bordes y tipo de cada plano que conforman el sólido.
3. **Creación en tiempo real de superficies 3D:** cada vez que el estudiante define un plano es creado de manera automática, permitiendo su visualización.
4. **Generación en tiempo real de vistas ortogonales:** al definirse cada una de las superficies se va realizando la representación en vistas ortogonales de cada uno de los planos.
5. **Selección y visualización de bordes y planos:** con el apuntador es posible seleccionar cada una de las superficies y bordes creados para verificar su ubicación y comportamiento en las vistas ortogonales y sólido 3D.
6. **Manipulación de punto de vista 3D en tiempo real:** mediante el apuntador del sistema es posible cambiar la ubicación del observador y visualizar las vistas principales con animación de giro.

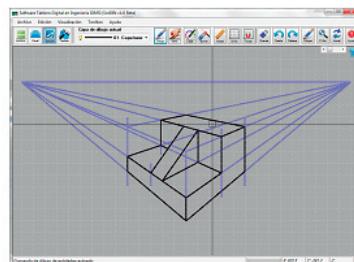
Debido al diseño de sistema caligráfico realizado en SotDIN, esta herramienta puede ser usada para resolver problemas como los mostrados en la figura 46.

**Figura 46.** Aplicaciones del software SotDIN para la solución de problemas de Dibujo en Ingeniería

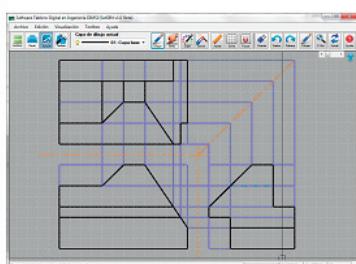
a) Vista oblicuo Caballera.



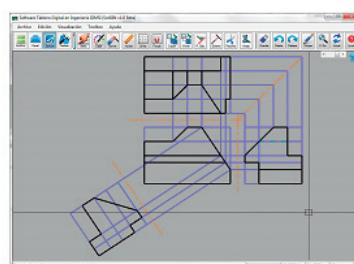
b) Dibujo en perspectiva.



c) Generación de tercera vista.



d) Generación de vista auxiliar.



## Conclusiones

Los resultados obtenidos en el grupo de análisis de estudiantes de primer semestre en Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas muestran que las tecnologías modernas —uso de computador, video juegos y ambientes virtuales— permiten obtener una mejor curva de aprendizaje para habilidades espaciales que los métodos tradicionales usados en clases de dibujo en colegios y centros de educación superior; es por ello que se muestra que la salida de un colegio técnico no garantiza desarrollar una habilidad espacial importante.

En esta investigación y dado los resultados obtenidos por los factores de entorno y la evaluación de técnicas, se implementó la construcción de sólidos didácticos en impresora 3D y la generación de unas guías de trabajo fuera y dentro de clase con ejercicios tipo existente en la literatura especializada de Dibujo en Ingeniería.

La gran diversidad de herramientas TIC a las que en este momento se puede tener acceso y donde la gran mayoría tienen versiones libres, permite incorporarlas de manera rápida dentro y fuera del salón de clase. Por ello, para aprovechar de la mejor manera estas herramientas didácticas y teniendo en cuenta que son estas tecnologías las que más llaman la atención y son usadas por los estudiantes, se desarrolló:

- **Curso virtual en plataforma Moodle:** espacio web que permite que los estudiantes tengan a la mano material de clase y de otros orígenes, donde se explican de mejor manera cada uno de los temas a tratar.
- **Tablero digital interactivo:** herramienta de hardware que permite que los desarrollos de teoría en clase sean más dinámicos y con menores tiempos de manejo operativo que de uso real didáctico.
- **Canal de video tutoriales:** grabaciones de actividades desarrolladas que permiten a los estudiantes estudiar por su cuenta los temas expuestos, viendo el desarrollo a su ritmo.

Uno de los inconvenientes que se presentan al implementar técnicas como el tablero digital, es la carencia de software diseñado para esta herramienta que se encuentre orientado a estudiantes de ingeniería. Teniendo en cuenta este aspecto se desarrolló una herramienta completamente independiente y pensada desde un principio para ser acoplada a la tecnología de tablero digital, diseñada para el desarrollo de habilidades espaciales y uso dentro del aula de clase del curso de Dibujo en Ingeniería. Cada una de estas herramientas tuvo un impacto sobre el progreso tanto del curso como del desarrollo de habilidades espaciales en los estudiantes, la cuantificación de este impacto se realiza en el siguiente capítulo.



# Capítulo 5. Evaluación de resultados obtenidos

---

## Introducción

La última etapa de un proyecto de investigación es la evaluación de los resultados obtenidos con el fin de determinar si los objetivos planteados fueron alcanzados, identificar los problemas o vacíos y realimentar el tema de investigación planteado.

La evaluación de la capacidad de herramientas, técnicas y metodologías aplicables en la didáctica de un curso o tema puede ser difícil de evaluar, pues dependiendo del instrumento usado para tal fin se pueden sesgar los posibles análisis. Por eso es importante tratar de realizar el análisis basado en diferentes herramientas estadísticas con la intención de cubrir la mayoría del tema posible.

Los estudios realizados sobre el tema de desarrollo de habilidades espaciales, como lo hace Melgosa (2012) y Martín (2009), utilizan la evaluación directa de un antes del uso de las herramientas sobre uno o varios cursos, para luego aplicarlas y finalmente realizar una nueva prueba, verificando si hubo mejoras y analizar los resultados obtenidos. Generalmente se agrega un estudio de opinión por parte de los estudiantes sobre las herramientas metodológicas desarrolladas y la percepción de cada uno sobre su utilidad.

En el presente proyecto se plantea una investigación similar a la propuesta por Melgosa (2012) y Martín (2009), en cuanto a sus etapas de análisis preliminar, su aplicación y control de resultados, con la diferencia que aquí se ha agregado una indagación sobre el perfil del grupo usado para el análisis de los factores de entorno que afectan el desarrollo no homogéneo de las habilidades espaciales, una evaluación de herramientas didácticas existentes, la implementación de técnicas tradicionales y el desarrollo de utensilios modernos.

En este capítulo se hace una recopilación de diferentes instrumentos usados para evaluar los resultados obtenidos al aplicar los avances realizados como parte del proyecto de investigación, evaluando su impacto sobre el desarrollo de habilidades espaciales y del curso de Dibujo en Ingeniería.

## Syllabus de Dibujo en Ingeniería

En el capítulo 2 se realizó una presentación del curso de Dibujo en Ingeniería perteneciente al Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial, el cual es la base de estudio para el presente proyecto.

En la tabla 9 se presenta una agrupación temática del *syllabus* donde se evidencia que en la orientación del mismo intervienen: la interpretación de dibujo especializado de ingeniería en un 38%, el desarrollo de habilidades técnicas del uso de instrumentos de dibujo y dibujo a lápiz con un 31%, la aplicación de normas de dibujo en ingeniería con un 19% y para el desarrollo de habilidades espaciales un 12%.

Esta dedicación porcentual del *syllabus* de Dibujo en Ingeniería anterior a 2014, implica que se dé una profundización importante al proceso de interpretación de planos de ingeniería, una de las funciones principales que un ingeniero industrial tendrá en su etapa laboral. Pero también se da un carácter muy importante al proceso de desarrollo de habilidad técnica de dibujo por instrumento, la cual es prácticamente nula tanto en su vida académica, como en su futura vida laboral. En la actualidad el dibujo con instrumentos está fuera de uso en la práctica de la ingeniería, debido al desarrollo de herramientas computacionales de alto rendimiento y bajo costo (sistemas CAD), pero es fundamental que los estudiantes entiendan y apliquen las técnicas básicas de dibujo.

También existen estudios como los mostrados por Martínez et al. (2010), evidenciando que la existencia de cursos relacionados al Dibujo en Ingeniería al principio de los pénsum de Ingeniería Industrial, sumado al poco uso de la presentación de proyectos de ingeniería con el formato y normalización adecuada, conllevan al olvido y mala práctica de la presentación de proyectos de final de carrera.

Teniendo en cuenta los problemas encontrados en la estructura del *syllabus* del curso, se reorientó con los siguientes lineamientos:

1. Reducción de dedicación a los temas relacionados con el manejo operativo de instrumentos de dibujo.
2. Aumento al desarrollo de habilidades de dibujo a mano alzada (*sketching*) conociendo que su vida académica y laboral será uno de los medios de comunicación más usados. Además, se toma en cuenta los desarrollos tecnológicos asociados al manejo de la información —tabletas y teléfonos inteligentes— que permiten el dibujo caligráfico de manera muy fácil.
3. Incremento en la dedicación del desarrollo de habilidades espaciales, pues son fundamentales para la interpretación de planos de ingeniería y desarrollo —diseño— de nuevos procesos o productos.

4. Mantener fuerte los procesos de interpretación de planos de ingeniería en diferentes especialidades.
5. Cambio de herramienta CAD, con la nueva reorganización del *syllabus* del curso, se planteó la necesidad de cambiar el software asociado que se usaba como complemento del curso. Anteriormente se usaba AutoCAD, el cual es un software CAD universal usado especialmente para dibujo en 2D, ahora se usa SolidWorks dibujo especializado para el diseño mecánico basado en 3D.

La reorganización del programa, como se muestra en la tabla 9, generó distribución de tiempo en sus tres modalidades: trabajo presencial directo, trabajo mediado cooperativo y trabajo autónomo. En esta redistribución se ve el fuerte incremento en el trabajo para el desarrollo de habilidades espaciales, disminución del tiempo con el uso de instrumentos —parte operativa— y una leve reducción para el trabajo asociado a la interpretación. En la figura 47 se muestra la distribución de tiempos establecidos para el *syllabus* de Dibujo en Ingeniería.

**Tabla 9.** Distribución de temas principales y agrupación de habilidades desarrolladas en el curso de Dibujo en Ingeniería. *Syllabus* 2014

	Tema	Dedicación en tiempo (%)	Habilidad desarrollada	Dedicación en tiempo (%)
1	Introducción al dibujo técnico.	7	Uso de instrumentos de dibujo y normalización.	28
2	Normalización.	7		
3	Sketching (Dibujo a mano alzada).	14		
6	Visualización.	7	Desarrollo de habilidades espaciales.	49
7	Geometría descriptiva.	21		
8	Proyecciones axonométricas.	14		
9	Cortes secciones y roturas.	7	Interpretación de dibujo especializado de ingeniería.	23
10	Acotamiento.	7		
11	Dibujo mecánico.	7		
12	Dibujo especializado.	9		

**Figura 47.** Estructura de tiempos planeados para el *syllabus* de Dibujo en Ingeniería 2014

V. ORGANIZACIÓN / TIEMPOS																		
TEMA		SEMANAS ACADÉMICAS															ELEMENTOS SUGERIDOS DE EVALUACIÓN	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	INTRODUCCIÓN AL DIBUJO TÉCNICO: Definición dibujo técnico Conceptos básicos de dibujo técnico Aseguramiento de la calidad del dibujo técnico	X																
2	NORMALIZACIÓN Y ESCALAS DE INGENIERÍA: Normalización en dibujo (NTC) Escalas, sistema métrico, sistema inglés Letra técnica Rotulación de planos		X															* Letra * Rotulo * Escalas
3	SKETCHING: Dibujo a mano alzada en el proceso de diseño Equipo de dibujo y su uso Dibujo de líneas, curvas y líneas de construcción Dibujo isométrico de objetos a mano alzada Dibujo de objetos complejos			X	X													* Trazos a mano alzada * Trazos con Instrumentos * Círculos * Dibujos Reales
4	VISUALIZACIÓN: Desarrollo de relaciones espaciales Rotación de objetos alrededor de ejes Combinación de sólidos simples Alfabetos de líneas y su uso					X												* Rotaciones
5	PARCIAL						X											
6	GEOMETRÍA DESCRIPTIVA: Plano de proyección, proyecciones ISO-A e ISO-E Proyecciones en tres vistas Superficies inclinadas y oblicuas							X	X	X								
7	PROYECCIONES AXONOMETRICAS: Ejes isométricos Superficies inclinadas y oblicuas Curvas, cilindros y objetos irregulares Otras proyecciones axonométricas										X	X						
8	ACOTAMIENTO Y TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS Acotamiento, Normas ICONTEC Tolerancias dimensionales y ajustes Relación tolerancia proceso de fabricación												X					
9	CORTES, SECCIONES Y ROTURAS												X					
10	PARCIAL												X					
11	DIBUJO MECÁNICO: Métodos y sistemas de unión Dibujo de conjuntos Partes mecánicas adicionales Dibujos de trabajo												X					
12	OTROS DIBUJOS ESPECIALIZADOS Dibujo de tuberías Dibujo arquitectónico, ing. Civil y cartográfico Dibujo esquemático - Neumática e hidráulica												X					

## Integración de nuevas herramientas en el curso de Dibujo en Ingeniería

Para hacer el análisis de los impactos que las diferentes técnicas han ocasionado sobre los estudiantes se tomaron dos fuentes de información fundamental: estadísticas generadas de manera automática por parte de los diferentes servicios y una encuesta virtual aplicada a los estudiantes al finalizar el curso de Dibujo en Ingeniería.

En la figura 48 se muestran las dos primeras páginas de la encuesta de satisfacción y apreciación aplicada a los estudiantes del curso una vez finalizado el ciclo formativo. Esta encuesta se divide en dos partes: experiencia en el salón de clase, en la cual se busca evaluar cómo es la percepción del proceso formativo en el aula; y la segunda que corresponde a la experiencia de usuario, donde se evalúa cómo se sintió al usar las diferentes herramientas fuera del salón de clase. Esta encuesta fue diseñada usando la herramienta libre de Google Drive llamada *Forms*, y se ubicó dentro del curso virtual, habilitando su acceso al final del semestre académico. Todas las preguntas de esta encuesta fueron calificadas en un rango de 1 a 5, donde 1 es la calificación más baja y 5 la más alta.

**Figura 48.** Encuesta de satisfacción de metodología, herramientas y técnicas aplicadas para el curso de Dibujo en Ingeniería

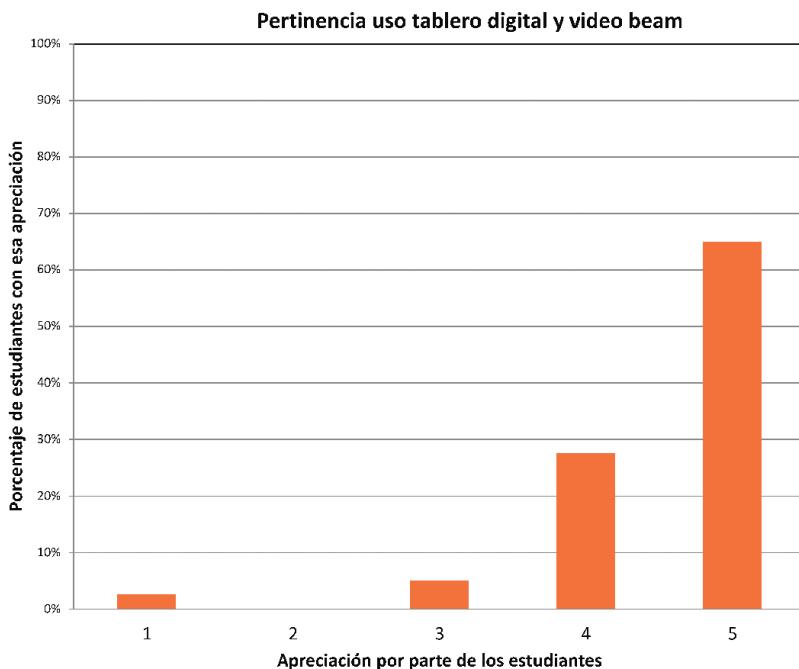
<p><b>Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Encuesta de uso software Tablero Digital para Ingeniería DIMSI</b></p> <p>*Obligatorio</p>  <p>A continuación encontrara una serie de preguntas en las cuales se busca evaluar su experiencia de usuario al emplear el Software de <b>Tablero Digital para Ingeniería DIMSI v0.9 Beta</b>, con su módulo de dibujo 3D.</p> <p>Por favor responda con toda sinceridad cada una de las preguntas aquí planteadas, no olvide que <b>la encuesta es completamente anónima y no afectará en ninguna medida sus calificaciones</b>.</p> <p>Responda cada pregunta en un rango de 1 a 5, donde 1 es la más baja calificación y 5 la más alta. Muchas gracias y no olvide que estas respuestas serán tenidos en cuenta para el desarrollo y mejoras a futuro del Software y su implementación dentro del curso de Dibujo en Ingeniería</p> <p><b>Experiencia en el Salón de Clase</b></p> <p>1. El uso del tablero digital (videobeam y puntero digital) según su concepto ¿Da mayor fluidez e interés a los temas tratados en clase? *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>2. Con respecto a la integración entre el Tablero Digital y el Software DIMSI, ¿Cree usted que es buena para agilizar la labor en clase y dar mayor claridad a los temas tratados en ella? *</p> <p>1 2 3 4 5</p>	<p>3. ¿Como considera el uso de esta aplicación en el salón de clase para la solución de problemas tipo de Dibujo en Ingeniería? *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>4. ¿Como considera que el uso de este software en clase, permite entender mejor el procedimiento de solución de problemas? *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><b>Experiencia de usuario</b></p> <p>5. ¿Como es la calidad de la interfaz gráfica del software? *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>6. ¿Las imágenes o íconos usados en los botones de la barra de herramientas son claros? *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>7. ¿El procedimiento de dibujo es claro y tiene lógica, es fácil de entender y aplicar para nuevos problemas? *</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>8. ¿Los resultados obtenidos luego de realizar un proceso de dibujo, son útiles e importantes? *</p> <p>1 2 3 4 5</p>
--	--

A continuación se hace un desglose de cada una de las técnicas implementadas evaluando su comportamiento dentro del desarrollo del temario asociado al curso de Dibujo en Ingeniería.

## Tablero digital

El uso integrado de video beam y tablero digital fue evaluado mediante la pregunta: “El uso del tablero digital (video beam y puntero digital) según su concepto ¿da mayor fluidez e interés a los temas tratados en clase?”, el cual tuvo como respuesta por parte de los estudiantes un nivel de aprobación promedio superior a 4.5 / 5.0. Lo cual indica el impacto positivo de esta herramienta en el desarrollo de la clase.

**Figura 49.** Respuestas encuesta de satisfacción a la pregunta:  
“El uso del tablero digital (video beam y puntero digital)  
según su concepto ¿da mayor fluidez e interés a los temas tratados en clase?”



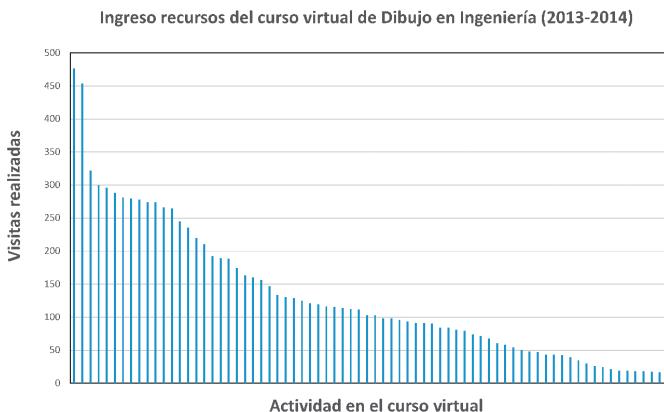
## Curso virtual

El curso virtual descrito en el capítulo 4, fue implementado desde el año 2013. La matrícula de los estudiantes a este curso se realiza de manera libre, por lo cual cualquier persona inscrita a la Universidad Distrital puede ingresar a él. La tabla 10 muestra el número de ingresos que han tenido los principales recursos en el último año del curso virtual. Se observa el gran número de ingresos que la Guía de prácticas y tareas presenta, esto debido al desarrollo práctico que los estudiantes deben realizar a lo largo del curso, mientras los demás ítems tienen un número de ingresos menor. A su vez se muestra la tasa de ingresos por estudiantes potencial (número total de estudiantes matriculados) por cada semana de clase.

**Tabla 10.** Acceso a los principales recursos de la página del curso virtual, periodo 2013-2014

Recurso	Tipo	Número de ingresos	Ingresos / (estudiante * semana)
Guía de prácticas y tareas.	Archivo de clase	1404	4.39
Proyecciones y vistas ortogonales – Parte II.	Archivo de clase	322	0.25
Principios de dibujo en 3D.	Archivo de clase	300	0.23
Herramientas de Dibujo Técnico y Escalas.	Archivo de clase	296	0.23
Taller 4. Ensamblés y Dibujo en Ingeniería SolidWorks.	Tarea	288	0.23
Introducción a la geometría descriptiva y otros tipos de proyecciones.	Archivo de clase	278	0.22
Introducción croquizado y dibujo en 2D.	Archivo de clase	274	0.21
Video creación de un ensamblé SolidWorks.	Video tutorial	174	0.14
<i>Syllabus</i> curso Dibujo en Ingeniería.	<i>Syllabus</i>	163	0.13
Vídeo ejercicio croquis SolidWorks.	Video tutorial	133	0.10

En la figura 50 se muestra la distribución de ingresos para todos los temas del curso virtual eliminando el tema asociado a la Guía de prácticas y tareas.

**Figura 50.** Ingreso al curso virtual de Dibujo en Ingeniería por parte de los estudiantes, periodo 2013-2014

## Canal de videos YouTube

En la sección de *Canal de video tutoriales DIMSI*, se describe el canal creado para ser respaldo de los temas relacionados al curso de Dibujo en Ingeniería y el desarrollo de habilidades espaciales. La figura 51 muestra el registro histórico de los ingresos al canal de videos, logrando en un periodo de cerca de 7 meses alrededor de 1000 visualizaciones.

**Figura 51.** Visualizaciones acumuladas realizadas en el canal UDDIMSI, de marzo 2014 a noviembre 2014



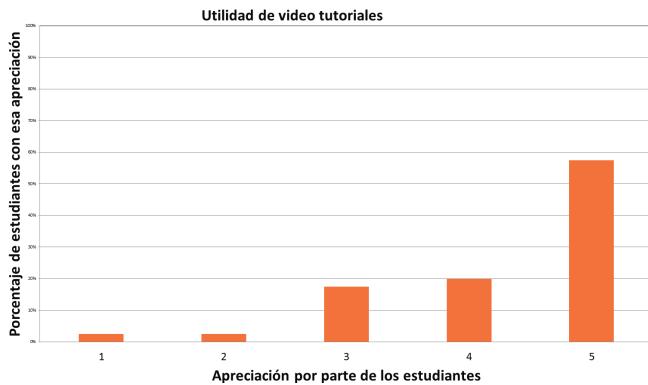
Un aspecto importante para resaltar es que un canal de YouTube no puede ser restringido a un grupo de usuarios y por lo tanto puede tener ingreso global, gracias al uso del servicio de Google o YouTube de búsqueda. En la tabla 11 se muestra el origen de los internautas que visualizaron los videos asociados al canal, es importante resaltar como cerca del 42 % de las consultas fueran realizadas desde fuera del país.

**Tabla 11.** Ubicación geográfica de usuarios que ingresaron al canal de videos YouTube UDDIMSI (marzo 2014 a noviembre 2014)

País	Visualizaciones de videos del canal
Colombia	1.462 (58%)
México	351 (14%)
España	249 (9,8%)
Perú	146 (5,8%)
Argentina	85 (3,3%)
Chile	45 (1,8%)
Ecuador	38 (1,5%)
Estados Unidos	28 (1,1%)

En la encuesta de satisfacción también se incluyó la siguiente pregunta: “¿La ayuda mediante videotutoriales le permitió entender y apropiarse adecuadamente de los temas en ellos expuestos relacionados con el curso?”, la cual tuvo una caracterización de respuestas con una valoración media de 4.3 / 5.0 como se muestra en la figura 52.

**Figura 52.** Respuestas encuesta de satisfacción a la pregunta “¿La ayuda mediante videotutoriales le permitió entender y apropiarse adecuadamente de los temas en ellos expuestos relacionados con el curso?”



### Software de tablero digital para ingeniería (SotDIN)

SotDIN es el principal producto originado de este proyecto de investigación y en realidad cumple la condición de ser innovador, es por ello que en la encuesta de satisfacción fue el que más se analizó para obtener de forma adecuada la apreciación por parte de los estudiantes. Se realizaron nueve preguntas relacionadas directamente con el software, como se puede ver en la tabla 12, estas preguntas van desde el uso en el salón de clase, pasando por la interfaz de usuario hasta resultados en el proceso formativo. El promedio total en la encuesta arroja un 4.1 / 5.0.

A su vez en la tabla 12 se puede observar cómo se presenta una muy baja calificación en los ítems asociados a la interfaz gráfica del software, debido esencialmente a las limitaciones de manuales y tutorías que el sistema tenía al momento de ser aplicada esta encuesta. Estos dos factores trataron de ser corregidos en la versión 1.0 del software, además de algunos comentarios realizados por los estudiantes para hacer más entendible el uso de esta aplicación.

**Tabla 12.** Respuestas asociadas a SotDIN con respecto a la satisfacción de uso

Pregunta	1	2	3	4	5	Media
¿Cómo considera el uso de esta aplicación en el salón de clase para la solución de problemas tipo de Dibujo en Ingeniería?	0%	0%	13%	38%	50%	4,38
¿Cómo considera que el uso de este software en clase, permite entender mejor el procedimiento de solución de problemas?	3%	0%	13%	35%	50%	4,30

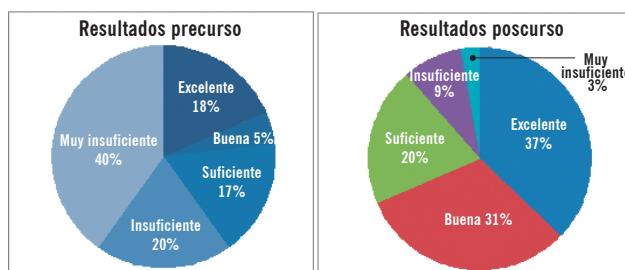
Pregunta	1	2	3	4	5	Media
¿Cómo es la calidad de la interfaz gráfica del software?	5%	10%	38%	35%	13%	3,40
Con respecto a la integración entre el tablero digital y el software DIMSI, ¿cree usted que es buena para agilizar la labor en clase y dar mayor claridad a los temas tratados en ella?	3%	3%	5%	28%	63%	4,45
¿Usted recomendaría el uso de este software para el desarrollo de talleres y temas de estudio por parte de sus compañeros de próximos semestres?	0%	5%	20%	33%	43%	4,13
En el trabajo individual desarrollado, ¿este software le ayudó a resolver dudas y clarificar conceptos?	5%	3%	18%	38%	38%	4,00
¿Las imágenes o íconos usados en los botones de la barra de herramientas son claros?	3%	5%	13%	48%	33%	4,03
¿El procedimiento de dibujo es claro, tiene lógica, es fácil de entender y aplicar para nuevos problemas?	3%	0%	23%	60%	15%	3,85
¿Los resultados obtenidos luego de realizar un proceso de dibujo, son útiles e importantes?	3%	5%	5%	58%	30%	4,08
Promedio total						4,07

## Desarrollo de habilidades espaciales

Para hacer el análisis de cómo la implementación de estas herramientas y metodologías en el curso de Dibujo en Ingeniería afectaron el desarrollo de las habilidades espaciales por parte de los estudiantes, se aplicó al final del semestre académico la prueba descrita en el anexo C, esta prueba es tomada de referencias usadas para la evaluación psicotécnica y de aptitud para pilotos de combate en Estados Unidos. Para asegurar la validez de los resultados y poder hacer la comparación se realizaron las dos pruebas sobre un mismo grupo de 40 estudiantes.

La figura 53 muestra la comparación de resultados obtenidos bajo una misma calificación estandarizada. Se puede ver cómo los estudiantes antes de ingresar al curso de Dibujo en Ingeniería tienen solo una calificación de *Excelente* y *Buena* del orden de 23%, mientras que *Muy insuficiente* e *Insuficiente* de 60%; en cuanto al rendimiento de los estudiantes una vez terminó el curso se tiene que la calificación *Excelente* y *Buena* suma 68%, en tanto que *Insuficiente* y *Muy insuficiente* solo es del 12%.

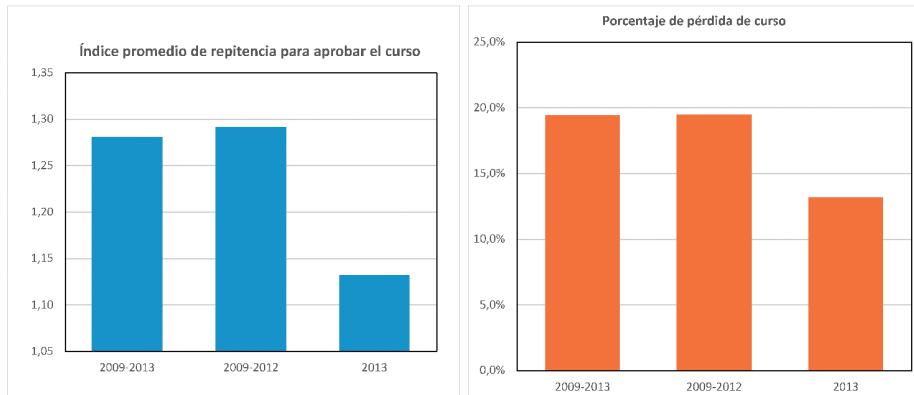
**Figura 53.** Comparación de resultados pruebas de habilidades espaciales.  
Izq.: resultados precurso. Dcha.: resultados poscurso



## Rendimiento académico del curso Dibujo en Ingeniería

El análisis del rendimiento académico de estudiantes es difícil de medir si se hace con el promedio académico, hay muchos factores que alteran ese valor numérico. En este caso para disminuir el efecto se realiza un análisis basado en el promedio de número de veces que un estudiante tiene que ver el curso de Dibujo en Ingeniería para ser aprobado (figura 54 Izq.) y el porcentaje de estudiantes que perdieron el curso (figura 54 Dcha.).

**Figura 54.** Índices de repitencia y pérdida del curso de Dibujo en Ingeniería en el periodo 2009-2013



Las estadísticas mostradas de los años 2009 a 2012 corresponden a todos los estudiantes que cursaron Dibujo en Ingeniería, mientras que las estadísticas equivalentes a 2013 corresponden a los estudiantes cuyos profesores usaron los resultados de este proyecto de investigación en su cátedra.

De la figura 54 se puede observar un decremento en el índice de repitencia de casi un 7%, el cual indica una mejora sustancial en el incremento de interés y apropiación del conocimiento por parte del estudiante.

## Conclusiones

El curso de Dibujo en Ingeniería se encontraba orientado a fortalecer habilidades de dibujo a lápiz con instrumentos. Este tipo de habilidades se desperdician en la actualidad debido a la existencia de herramientas computacionales de alto rendimiento y bajo costo. Con base en los análisis realizados en este proyecto y la reunión del área de Diseño y Manufactura, se modificó el *syllabus* del curso, orientándolo más al desarrollo de habilidades espaciales, dibujo a mano alzada y uso de software especializado en dibujo mecánico (SolidWorks).

Las TIC fueron integradas al desarrollo del curso mediante el uso dentro —tableto digital— y fuera del curso —virtual y video tutoriales—. La respuesta por parte de los estudiantes fue positiva si se tiene en cuenta la encuesta de satisfacción. Las

TIC unidas a los sistemas clásicos de didáctica y docencia, muestran un complementariedad que garantiza una apropiación adecuada del conocimiento por parte de los estudiantes.

Una consecuencia colateral interesante de la implementación del canal de YouTube es la visibilidad que este puede ofrecer al grupo de investigación como a la misma Universidad. Se encontró que más del 40% de las consultas a este canal se realizaron por personas ubicadas fuera del país.

En cuanto al desarrollo de habilidades espaciales se muestra una mejoría importante pasando de 23 % en rango Excelente y Bueno al 68 %. También se evidencia una reducción en la repetencia del curso desde la aplicación de las herramientas aquí desarrolladas y cambio del *syllabus* del curso. El software SotDIN también tiene un impacto bueno según lo expresan los estudiantes en la encuesta de satisfacción.

La evaluación comparativa de los resultados obtenidos por los estudiantes de la Universidad Distrital, frente a otros estudios encontrados en las referencias, son de difícil comparación debido a la diferencia de plan de estudios de los estudiantes de colegio frente al nacional. Uno de los líderes en el desarrollo de estudios en esta área es España —según la búsqueda referencial realizada—, donde los cursos de Dibujo en Ingeniería son obligatorios y en los exámenes de ingreso a la universidad se incluye generalmente una sección de Dibujo Técnico. La otra alternativa era realizar un análisis con respecto a estudios anteriores en la Universidad Distrital u otra universidad nacional, pero lamentablemente el presente proyecto parece ser el primero en esta área —de acuerdo al estudio referencial realizado—.

# Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones

---

## Conclusiones generales

- El adecuado desarrollo de habilidades espaciales es fundamental en la formación de nuevos ingenieros, pues todo proceso de diseño (pieza, máquina o proceso) tiene su origen en el cerebro y debe ser manipulado por el propietario en su cabeza, antes de proceder a implementarlo en un papel o software.
- El nivel de ingreso de los estudiantes de primer semestre en cuanto al desarrollo de habilidades espaciales, es completamente dispar. Esta variación es ocasionada por factores formacionales de primera infancia, costumbres de esparcimiento y finalmente de género. El Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial solo tiene un espacio académico donde se puede mejorar esta habilidad — el curso de Dibujo en Ingeniería— lo cual implica una etapa de nivelación y mejora que debe ser realizada a una alta velocidad.
- Según la evaluación de técnicas y lo percibido por los estudiantes, la mejor metodología para el desarrollo de habilidades espaciales es una mezcla de técnicas tradicionales y TIC. Las técnicas tradicionales garantizan que la relación ojo-mano pueda ser desarrollada, mientras que las TIC permiten una mayor agilidad en el refuerzo de la teoría, trabajo fuera de clase y solución de problemas.
- El tablero digital puede llegar a ser una muy importante herramienta de formación de ingenieros, pero en el momento se encuentra orientado hacia la formación básica —primaria y bachillerato— y por lo tanto los contenidos disponibles a nivel universitario son muy pocos.
- Los canales de videos son una herramienta que cada vez las universidades utilizan con mayor frecuencia, no solo debido a su utilidad didáctica —demostrada también este proyecto—, sino también debido a la visibilidad internacional que puede generar.

- El desarrollo de software especializado para la formación de ingenieros puede generar un importante impacto sobre la velocidad y calidad del conocimiento que los estudiantes pueden apropiar. SotDIN integrado con el tablero digital se ha convertido en una herramienta muy versátil dentro y fuera del aula de clase.
- Con este proyecto de investigación, las herramientas desarrolladas, el acondicionamiento del *syllabus* del curso de Dibujo en Ingeniería y la creación de material —tanto tradicional como TIC— se redujo el índice de pérdida en un 7% —pasando del 20% al 13%—, en el primer año de implementación.

## Recomendaciones

- Estudios profundos donde se ataquen los problemas de formación de ingenieros, sobre todo en los cursos básicos, ya que pueden ayudar a reducir los índices de pérdida y con ello los indicadores de deserción
- El trabajo realizado por las áreas del Proyecto Curricular es fundamental para garantizar la apropiación de resultados de proyectos como este y la actualización constante del temario y *syllabus* de los cursos. Se debería formalizar el trabajo originado y dependiente de estos grupos académicos.
- La formación de ingenieros necesita que en los estudiantes se desarrollemn habilidades básicas importantes como: diseño de experimentos, identificación de modelos, aplicación de la teoría sobre problemas del mundo real y finalmente la solución de los mismos. Teniendo en cuenta que en el núcleo básico de ingeniería se manejan líneas de profundización y prerrequisitos, la formación por proyectos y desarrollo con un alto nivel de trabajo en laboratorio, puede ayudar al desarrollo de las habilidades necesarias para el nivel avanzado de ingeniería y vida profesional.

## Estudios futuros

- Con los resultados obtenidos se puede pensar en la implantación sobre el software SotDIN, de un módulo de cálculo matemático, permitiendo la graficación y solución numérica de ecuaciones. Esto podría convertir a esta herramienta en un sistema de alta utilidad para los procesos de formación dentro del salón de clase.
- Las TIC han abierto la posibilidad de trabajo en equipo de manera no presencial, permitiendo que los estudiantes puedan interactuar sin la necesidad de estar en la misma ubicación. Pese a esto es una costumbre muy arraigada entre los estudiantes que los trabajos en grupo sean divididos y su desarrollo realizado de manera fraccionada. El desarrollo fraccionado impide que este tipo de trabajos cumplan su papel formativo —el trabajo en equipo—. Si se desarrollan herramientas que faciliten la reunión, la discusión y solución de problemas de estudiantes frente a una misma pantalla, se podría mejorar en gran porcentaje la efectividad de este tipo de dificultades. El hardware

necesario para la implementación de estos tipo de sala de reuniones sería un televisor de gran formato y un apuntador tipo tablero digital. Una investigación y desarrollo de tableros digitales de bajo costo, que pudiera ser incluso construido por los estudiantes, podría ser el paso fundamental para incentivar el correcto trabajo en equipo.

- La amplia incursión de todos los sistemas de computación móvil con pantallas táctiles, permiten que software como SotDIN pueda ser aprovechado de manera amplia por los estudiantes. Se propone crear la versión para sistemas operativos Android o iOS, con lo cual su uso podría masificarse.



# Referencias

- Adánez, G. & Velasco, A. (2002). Predicting academic success of engineering students in technical drawing from visualization test. *Journal of Geometry and Graphics*, 6, 99-119).
- Albaret, J. & Aubert, E. (1996). Etalonnage 15-19 ans du test de rotation mentale de vandenberg. *Evolutions Psychomotrices*, 8.
- Bertoline, G., Hartman, N., Ross, W. & Wiebe, E. (2009). *Technical Graphics Communications*. McGraw-Hill.
- Bertoline, G., Hartman, N., Ross, W. & Wiebe, E. (2006). *Fundamentals of Graphics Communication* (5th Ed.). McGraw-Hill.
- Caro, S. & Reyes, J. (2003). Prácticas docentes que promueven el aprendizaje activo en Ingeniería Civil. *Revista de Ingeniería*, 18, 48-55.
- Chrobak, R. (1996). *The globalization and the engineering teaching for the XXI century*. Presented at the Primer Congreso Argentino de Enseñanza en la Ingeniería.
- Company, P., Contero, M., Piquer, Aleixos, N., Conesa, J., & Naya, F. (2004). International computer applications engineering education. *Software for Teaching Drawing-Based Conceptual Design Skills*, 12(4), 68-257.
- Contreras, L., Tristáncho, J., & Vargas, L. (2013). Evaluación de factores de entorno que afectan el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de primer semestre en Ingeniería Industrial. *Revista Academia y Virtualidad*, 6(1), 7-32.
- Contreras, L., Tristáncho, J., & Vargas, L. (2014). Evaluación de técnicas tradicionales y tic para el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de primer semestre de Ingeniería Industrial. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 43, 34-50.
- Educational Research in Developing 3D Spatial Skills for Engineering Students. (2009). *International Journal of Science Education*, 31(3), 80-459.
- Feisel, L. & Rosa, A. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 30-121.

- Fernández-Sánchez, G. & Millán, M. (2013). Structural analysis education: learning by hands-on projects and calculating structures. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 139(3).
- Gardner, H. (s.f.). *Annals of Dyslexia. In the theory of multiple intelligences* (pp.19 – 35).
- Garrido, M. (2005). *El reto del cambio educativo: nuevos escenarios y modalidades de formación*. Zaragoza. Recuperado de: <http://tecnologiaedu.us.es/formaytrabajo/Documentos/lin7fan.pdf>.
- Gutiérrez, J. (2010). *Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería* (tesis doctoral). España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Hadim, H., Donskoy, D., Sheppard, K., Gallois, B., & Nazalewicz, J. (2000). *Teaching mechanics to freshmen by linking the lecture course to a design course*. Presented at the ASEE Conference Proceedings Search.
- Knapp, R. & Smith, I. M. (1964). *Spatial ability: its educational and social significance*. San Diego.
- Kolb, D. & Fry, R. (1975). *Toward an applied theory of experiential learning*. Theories of Group Process.
- Lieu, K. & Sorby, S. (2012). *Visualization, modeling, and graphics for engineering design*. United States of America: Delmar.
- Linn, M. & Petersen, A. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis. *Child Development*, 56, 98-147.
- Lohman, D. (1996). *Human abilities: their nature and assessment*. In *Spatial Ability and G. In I. Dennis & Hillsdale, P. NJ: Erlbaum*.
- Maier, P., Cohors-Fresenborg, K., Reiss, G., Toener, & Weigand, H. (1998). Spatial geometry and spatial ability: how to make solid geometry solid? *Osnabrück*, 63-75.
- Martínez, M., Carretero, A., Romero, G. & Mera, J. (2010). Evaluation and use of the standards in of the technical drawings in the final year project. *Procedia social and behavioral sciences*, 2, 4239-4244.
- Martín, N. (2009). *Análisis del uso de dispositivos móviles en el desarrollo de estrategias de mejora de las habilidades espaciales*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- McGee, M. (1979). Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889-918.
- Melgosa, C. (2012). *Diseño y eficacia de un gestor web interactivo de aprendizaje en ingeniería gráfica para el desarrollo de la capacidad de visión espacial* (tesis doctoral). España: Universidad de Burgos.

- Miller, C. (1992). Enhancing visual literacy of engineering students through the use of real and computer generated models. *Engineering Design Graphics Journal*, 56(1), 27-38.
- Navarro, R., Saorín, J., Martín-Dorta, N., & Martín Gutiérrez, J. (2006). *Expresión gráfica en arquitectura e ingeniería y el desarrollo de la visión espacial y habilidades espaciales de los alumnos de las carreras técnicas*. Madrid.
- Olkun, S. (2003). Comparing computer versus concrete manipulatives in learning 2d geometry. *Journal of computers in mathematics and science teaching*, 22, 43-56.
- Pellegrino, A. & Shute. (1984). Understanding Spatial Ability. *Educational Psychology*, 19(3), 53-239.
- Prieto, G., Velasco, A., Arias-Barahona, R., Anido, M., Núñez, A. & Có, P. (s.f.). Mejora la visualización espacial con el aprendizaje del dibujo técnico. *Revista Mexicana de Psicología*, 25, 82-175.
- Ruiz, D., Magallón, J., & Muñoz, E. (2006). Herramientas de aprendizaje activo en las asignaturas de ingeniería estructural. *Ingeniería y universidad*, 10(1), 97-115.
- Saorín, J., Navarro, R., Martín, N. & Contero, M. (2005). *Las habilidades espaciales y el programa de expresión gráfica en las carreras de ingeniería*. Madrid: ICECE.
- Sharp, J., Harb, J. & Terry, R. (1997). Combining kolb learning styles and writing to learn engineering classes. *Journal of Engineering Education*, 86(2), 93-101.
- Sorby, S. (2007). Developing 3D spatial skills for engineering students. *Journal of Engineering Education*, 13(1), 1-7.
- Sorby, S. & Baartmans, B. (s.f.). A course for development of 3-D spatial visualization skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 60(1), 13-20.
- Strong, S. & Smith, R. (2002). Spatial visualization: fundamentals and trends in engineering graphics. *Journal of Industrial Technology*, 18(1), 1-5.
- Sutton, K., Heathcote, A. & Bore, M. (2007). Measuring 3d understanding on the web and in the laboratory behavior. *Research Methods*, 39(4), 926-939.
- Vandenberg, S. & Kuse, A. (1978). Mental rotation, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills* 47, 599-604.
- Vander Wall, W. (s.f.). Increasing understanding and visualization abilities using three dimensional models. *Engineering Design Graphics Journal*, 45(2), 72-74.



# Anexos

## Anexo A. Encuesta de caracterización

### Encuesta individual posprueba

#### Parte 1. Caracterización e identificación del estudiante

A continuación diligencie la siguiente información personal de caracterización, recuerde que esta información es completamente anónima. Por favor usar letra de imprenta clara.

Información básica									
Edad:	<i>Años</i>	Género	<i>F</i>	<i>M</i>	Zurdo		Derecho		
Información académica									
Últimos estudios:	<i>Secundaria</i>		<i>Técnico</i>		<i>Tecnólogo</i>		<i>Universitaria</i>		
Fecha graduación:	<i>DD</i>	<i>MM</i>	<i>AA</i>	Fecha ingreso universidad:			<i>DD</i>	<i>MM</i>	<i>AA</i>
Tipo de colegio	<i>Académico</i>		<i>Industrial</i>		<i>Comercial</i>		<i>Bilingüe</i>		
Dibujo en el colegio	<i>Técnico</i>		<i>Artístico</i>						
Dibujo en Ingeniería	<i>Repeticiones</i>	<i>veces</i>							
Uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC)									
Uso del computador	<i>No lo uso</i>		<i>Estudiar</i>		<i>Trabajar</i>		<i>Jugar</i>		
Tiempo en computador	<i>No tengo</i>		<i>&lt; 1hr/día</i>		<i>&lt; 3hr/día</i>		<i>&gt; 3hr/día</i>		
Uso video juegos	<i>No tengo</i>		<i>&lt; 1hr/día</i>		<i>&lt; 3hr/día</i>		<i>&gt; 3hr/día</i>		
Uso teléfono inteligente	<i>No tengo</i>		<i>&lt; 1hr/día</i>		<i>&lt; 3hr/día</i>		<i>&gt; 3hr/día</i>		
Uso CAD (AutoCAD, SolidWorks, SolidEdge)	<i>No tengo</i>		<i>&lt; 1hr/día</i>		<i>&lt; 3hr/día</i>		<i>&gt; 3hr/día</i>		

## Parte 2. Evaluación de satisfacción

Califique su experiencia resultado de la prueba en un nivel de 1 a 5, donde 1 es insatisfecho y 5 muy satisfecho.

Pregunta	1	2	3	4	5
1. La descripción del procedimiento del taller es:					
2. El taller es fácil de entender:					
3. Las herramientas y espacios para el desarrollo del taller son:					
4. En promedio el nivel de dificultad de las figuras del taller es:					
5. El tiempo dado para el desarrollo del taller es:					
6. El taller contribuye al entendimiento del problema de la representación de objetos en proyecciones ortogonales:					
7. Cree usted que este taller le ayudó a mejorar su habilidad espacial:					

**Observaciones adicionales:**

Muchas gracias por su participación.

# Anexo B. Prueba inicial, tipo MRT (Mental Rotation Test)

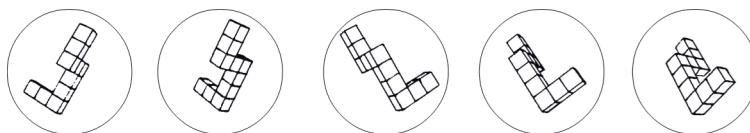
## Prueba de rotación mental de objetos MRT

(Tiempo 60 minutos)

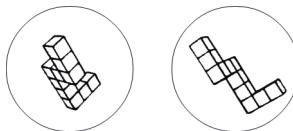
Adaptado de S.G Vandeberg. (1971). Universidad de Colorado.

Tomado de J. M. Albaret, E. Aubert. (1996). "Etalonnage 15-19 ans du test de rotation mentale de Vandenberg", Evolutions Psychomotrices, Vol. 8 n.º 34.

Esta es una prueba destinada a medir su aptitud al reconocer los diseños de un objeto formado por el ensamblaje de objetos diferentes. La única diferencia entre el objeto original y el objeto a encontrar es una modificación del ángulo en el cual es visto. Una ilustración de procedimiento de visualización está descrito abajo, donde la misma figura representada en cinco posiciones diferentes. Recuerde cada una de las ilustraciones corresponde a un mismo objeto y la única diferencia es que se ha cambiado el ángulo de visualización.

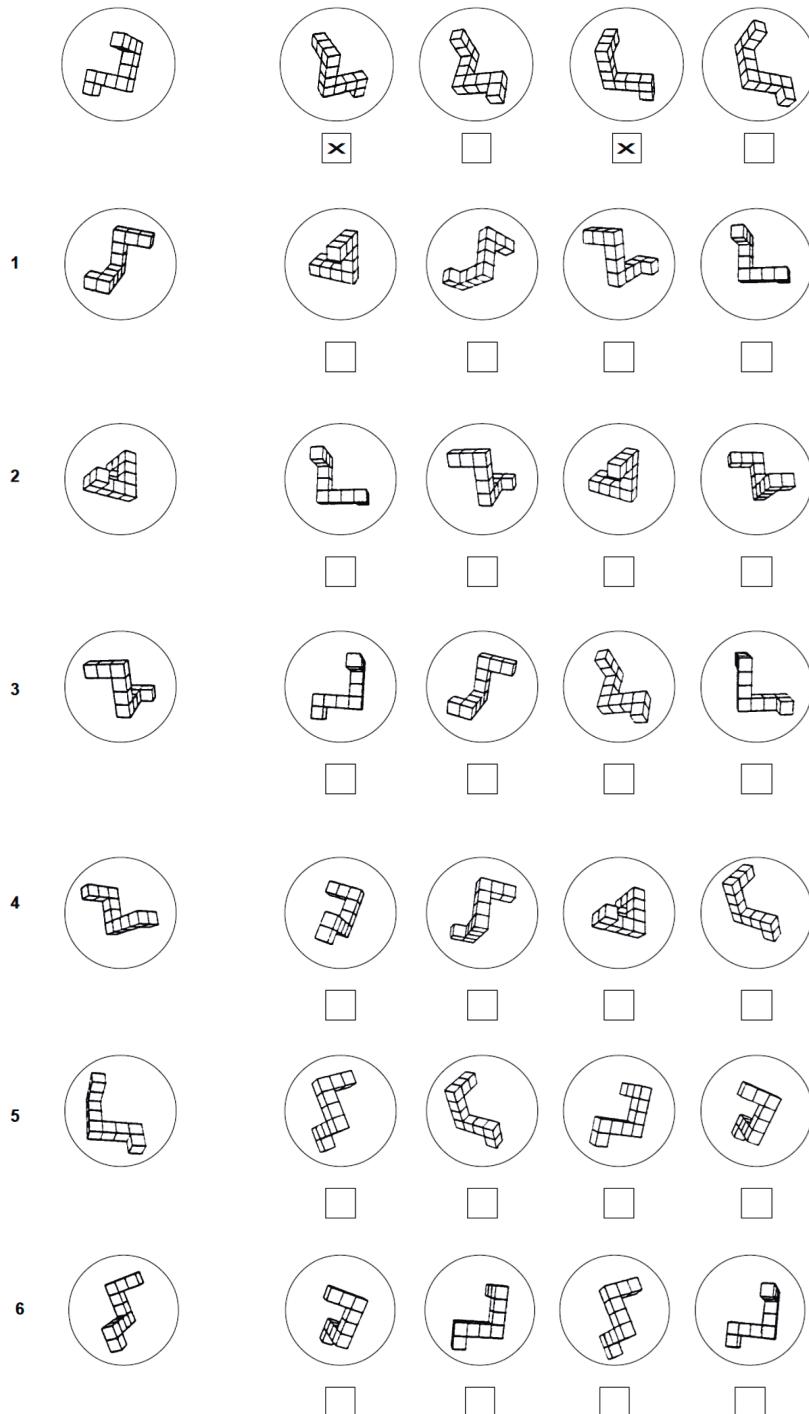


A continuación se muestran dos nuevas vistas, pero usted puede apreciar que no corresponden con el objeto anterior. Note que al tratar de girar estos elementos no es posible obtener una vista como las arriba señaladas.

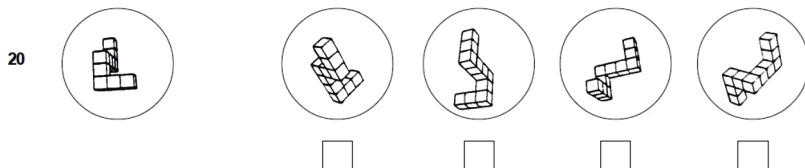
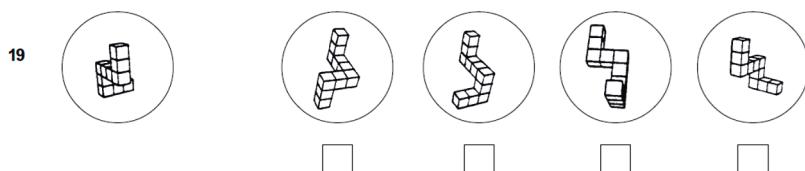
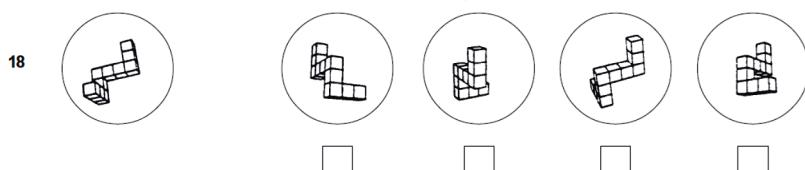
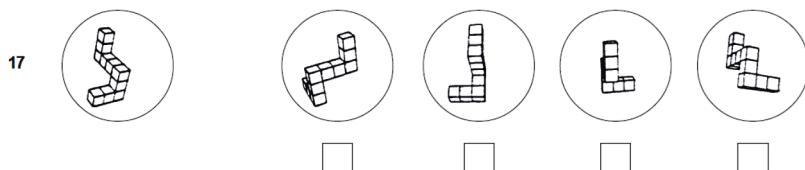
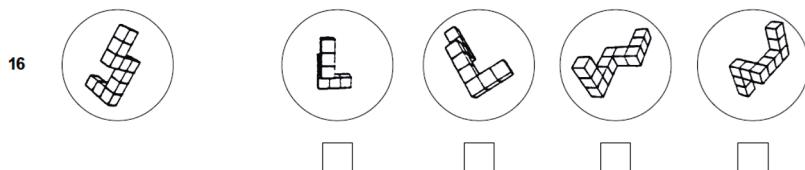
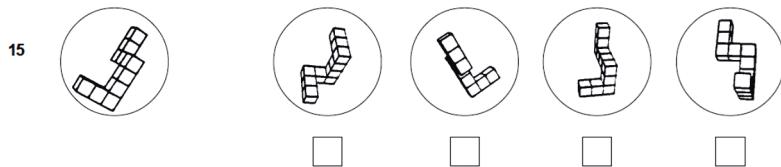
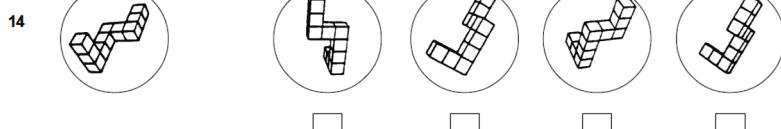


A continuación aparecen varios ejercicios que deben ser desarrollados. Cada ejercicio está compuesto por una imagen base del objeto, ubicada en el lado izquierdo del ejercicio. Se debe especificar cuáles dibujos de la derecha (vistas del objeto original) corresponden, en todos los problemas existen dos vistas correctas y dos incorrectas. Por favor marcar con una X las vistas que correspondan con el objeto original.

Ejemplo:







# Anexo C. Prueba final, tipo estándar habilidades espaciales

## Prueba de rotación tridimensional de bloques

(Tiempo 15 minutos)

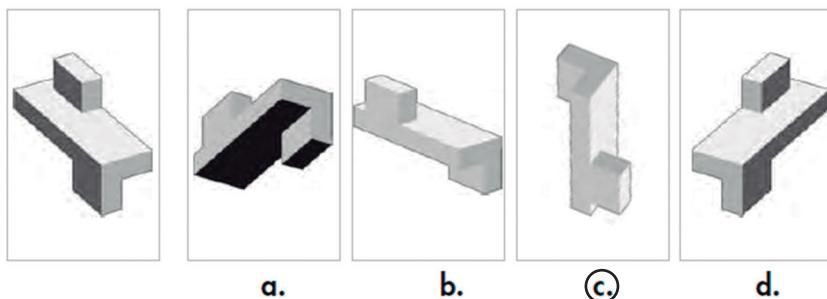
Adaptado de: Mechanical and spatial aptitude, Learning Express.  
New York 2001. Pág.: 99-102, 118-124, 127-130.

### Instrucciones

Para cada forma numerada, encontrará cuatro posibles respuestas que puedan representar esa forma numerada girada hasta  $360^{\circ}$  en cualquier dirección. El objetivo es determinar cuál de las cuatro opciones es la única que puede ser la forma original. Es muy importante prestar mucha atención a los detalles para escoger solamente la respuesta correcta.

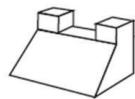
### Ejemplo

Se puede observar en la parte izquierda un sólido formado por una base rectangular y dos salientes prismáticas, una superior y otra inferior. La figura (a) no corresponde al sólido inicial pues se encuentra mal ubicado el prisma superior, lo mismo ocurre en (b). Mientras que en el bloque (d) presenta errores en la ubicación de los dos prismas. El objeto (c), en cambio, corresponde al objeto inicial siendo la respuesta correcta.



## Puntos de la prueba

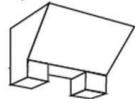
1.



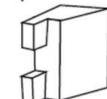
a)



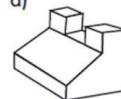
b)



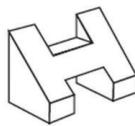
c)



d)



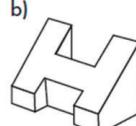
2.



a)



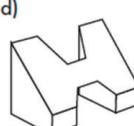
b)



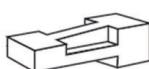
c)



d)



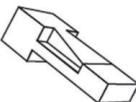
3.



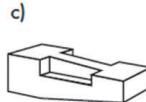
a)



b)



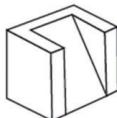
c)



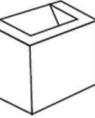
d)



4.



a)



b)



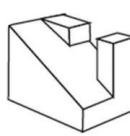
c)



d)



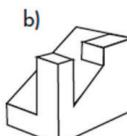
5.



a)



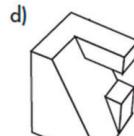
b)



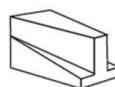
c)



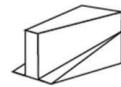
d)



6.



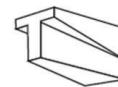
a)



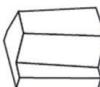
b)



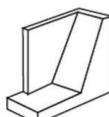
c)



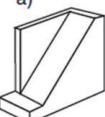
d)



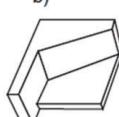
7.



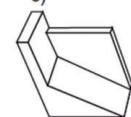
a)



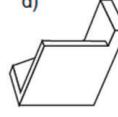
b)



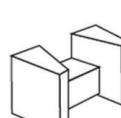
c)



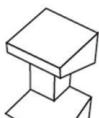
d)



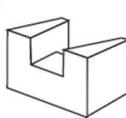
8.



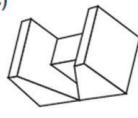
a)



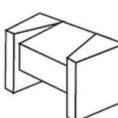
b)

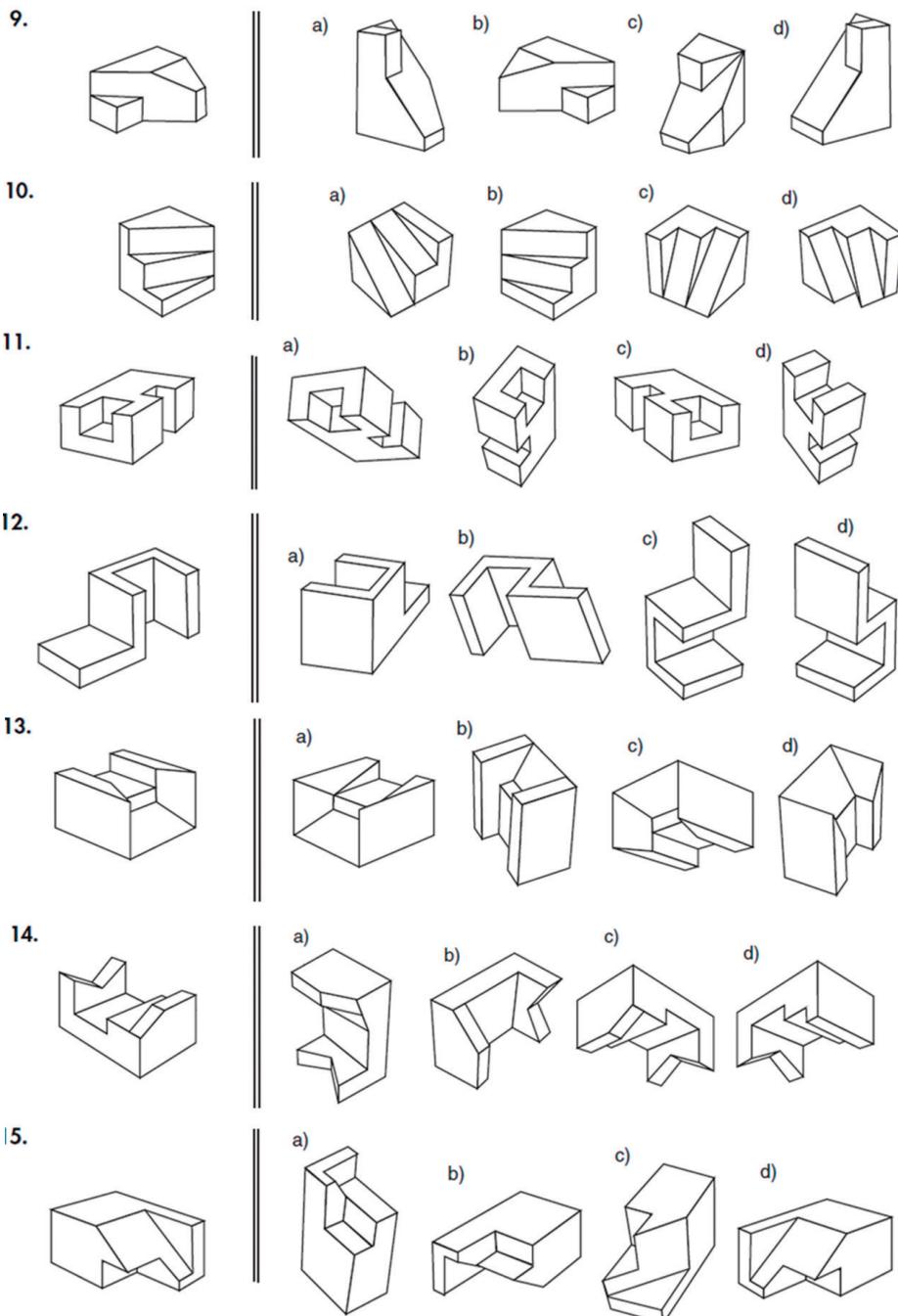


c)



d)





## Prueba análisis espacial por vistas ortogonales

(Tiempo 15 minutos)

Adaptado de: Mechanical and spatial aptitude, Learning Express.

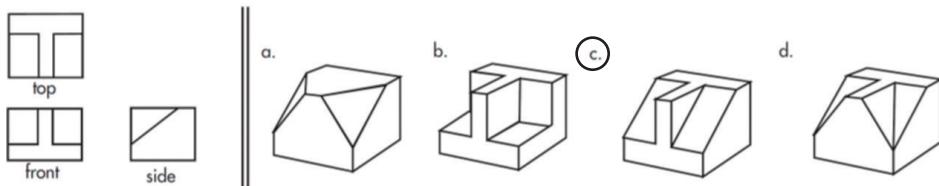
New York 2001. Pág.: 99-102, 118-124, 127-130.

### Instrucciones

En este tipo de ejercicios se busca determinar el objeto 3D a partir de las vistas 2D. En el lado izquierdo se mostrarán las tres vistas principales de un objeto tridimensional (superior, frontal y lateral). A partir de estas proyecciones se debe seleccionar el objeto tridimensional que corresponde de las cuatro opciones mostradas a la derecha. *Las vistas pueden o no estar ubicadas u orientadas de manera adecuada, no se muestran las líneas no visibles y los sólidos pueden estar rotados.*

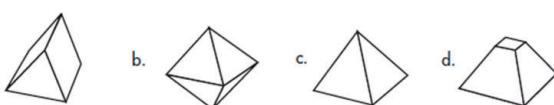
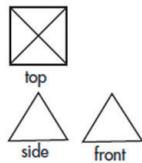
### Ejemplo

Si se hace un análisis del sólido (a) y (d) se puede ver claramente que la vista frontal de este sólido debería tener dos planos inclinados representados en forma de triángulos que no aparecen en la vista original. En el sólido (b) en cambio, funcionan perfectamente las vistas superior y frontal, pero la lateral no muestra los planos inclinados necesarios. En cambio el análisis sobre el sólido (c) coincide en su totalidad

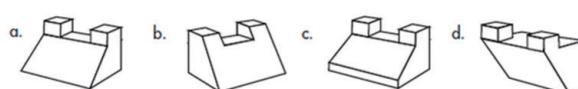
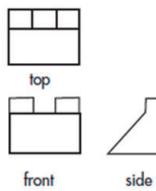


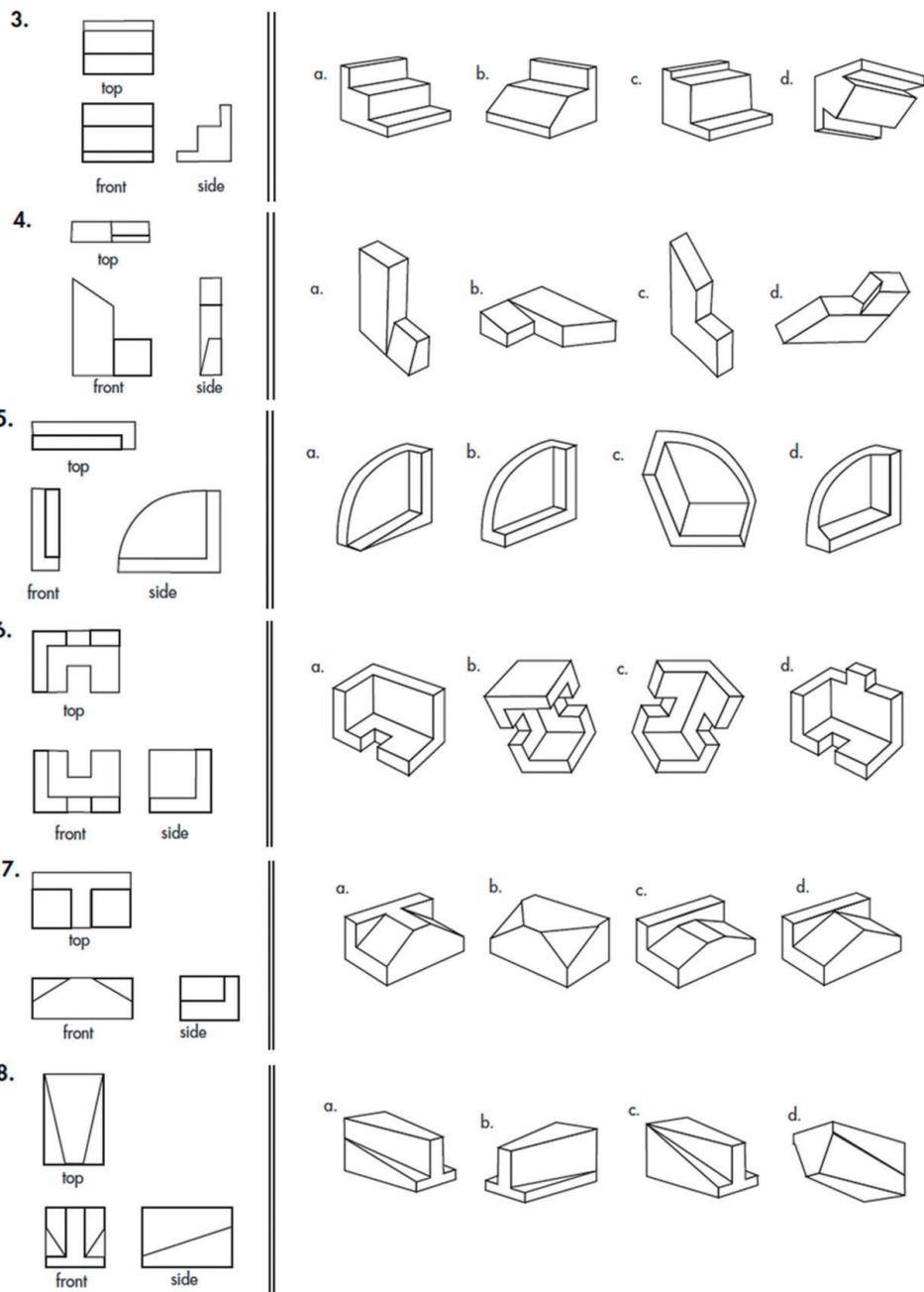
### Puntos de la prueba:

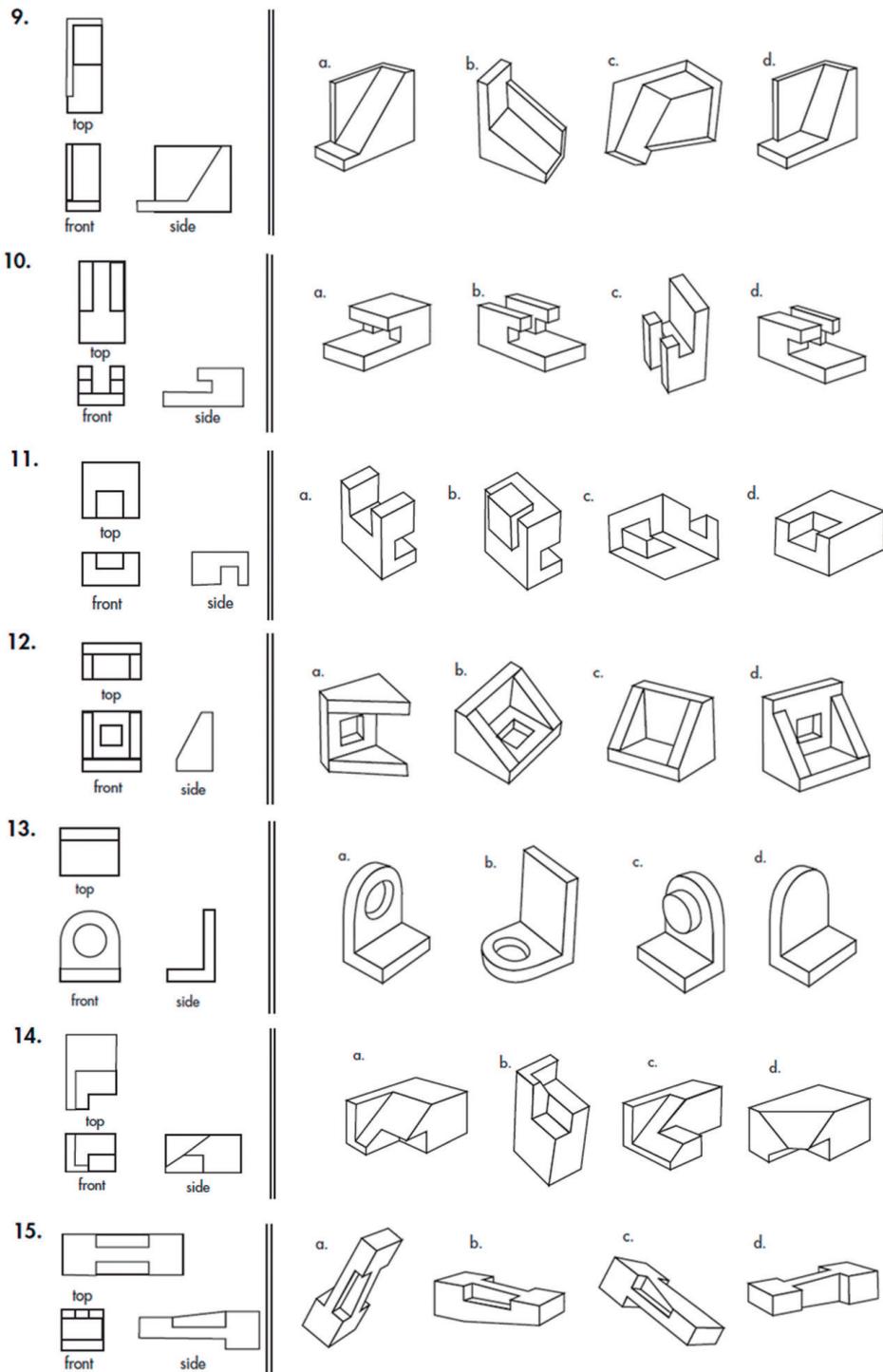
1.



2.







# Anexo D. Enunciados de problemas para evaluación de técnicas

## Evaluación técnicas pedagógicas para el desarrollo de habilidades espaciales en Ingeniería

La siguiente prueba se encuentra enmarcada dentro del proyecto de investigación “*Generación y validación de contenidos didácticos para el desarrollo de habilidades espaciales en Ingeniería por medio de la implementación TIC*”. El objetivo de este proyecto es encontrar nuevas herramientas para mejorar la curva de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Industrial inscritos en el curso de Dibujo en Ingeniería, en cuanto al desarrollo de habilidades espaciales. La siguiente prueba está compuesta por 5 talleres (técnicas pedagógicas diferentes) y cada taller consta de 5 ejercicios. Cada estudiante debe desarrollar el taller en un tiempo límite de 60 minutos. Al finalizar la prueba el estudiante debe llenar una encuesta dando su información personal y evaluando su nivel de satisfacción en el desarrollo del mismo.

Los talleres disponibles en esta prueba son:

1. **Generación de vistas ortogonales construyendo un modelo físico en material blando:** desde la descripción en vistas ortogonales de un sólido se genera su equivalente sólido, por el tallado en material blando. Como resultado de la prueba se deberá dibujar la vista isométrica del sólido realizado.
2. **Generación de vistas ortogonales usando visualización en software especializado:** en esta prueba los estudiantes, por medio de software especializado de ingeniería, deberán presentar en el papel las vistas del objeto mostrado.
3. **Generación de vistas ortogonales usando objetos en realidad aumentada:** el estudiante asignado a esta prueba deberá presentar las vistas ortogonales de un objeto virtual 3D mostrado en realidad aumentada.
4. **Generación de vistas ortogonales a partir de proyecciones axonométricas:** los estudiantes deberán realizar y presentar las vistas ortogonales del objeto mostrado en representación isométrica con tres posiciones de rotación.

**5. Generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D:** al grupo asignado a esta prueba se le entregaran 5 objetos físicos, de los cuales deberán obtener el objeto de la representación en vistas ortogonales.

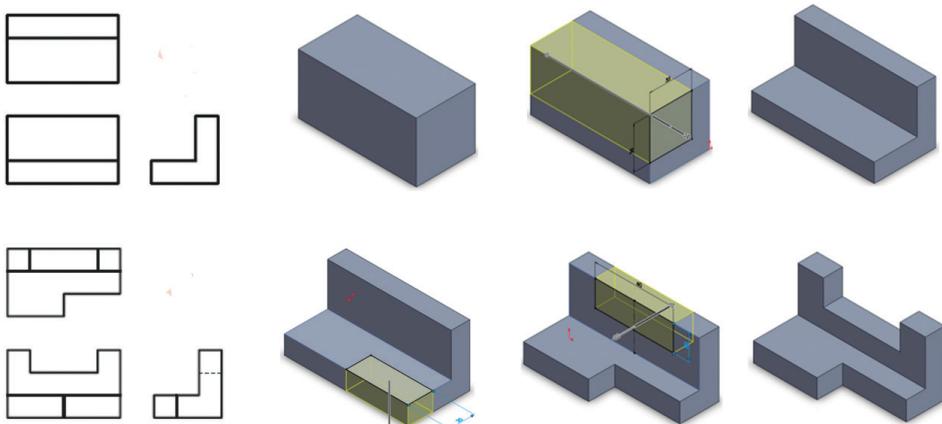
## Generación de vistas ortogonales construyendo modelo físico en material blando

(Tiempo de la prueba 60 minutos)

Adaptado de: Bertoline G., Wiebe E., Hartman N. & Ross W. (2006) "Fundamentals of Graphics Communication", Fifth Edition, McGraw-Hill, pp. 259-263.

Una de las técnicas más usadas en la literatura clásica para el aprendizaje de habilidades espaciales es la creación en material suave y maleable; del sólido equivalente a una serie de vistas ortogonales suministradas. El material usado es generalmente poliestireno (icopor), arcilla, plastilina, espuma floral o jabón. El proceso consiste en tallar el material base poco a poco, haciendo el análisis de las distintas caras o planos que logren ser coherentes con el planteamiento del problema suministrado. La Figura 1 muestra algunos ejemplos de generación de sólidos usando esta técnica:

**Figura 1.** Ejemplo generación de sólidos desde las vistas ortogonales usando la técnica de los cortes sucesivos



A continuación aparecen varios ejercicios que deben ser desarrollados, cada uno está compuesto por las tres vistas ortogonales de un sólido determinado. Se suministrará un bloque de material por cada uno y un bisturí para moldearlo. En cada hoja de ejercicio se debe dibujar a mano alzada la isometría del sólido resultante. Una vez termine guarde los modelos generados dentro de la bolsa suministrada para tal fin y recoja el material sobrante depositándola en el saco de reciclaje del grupo.

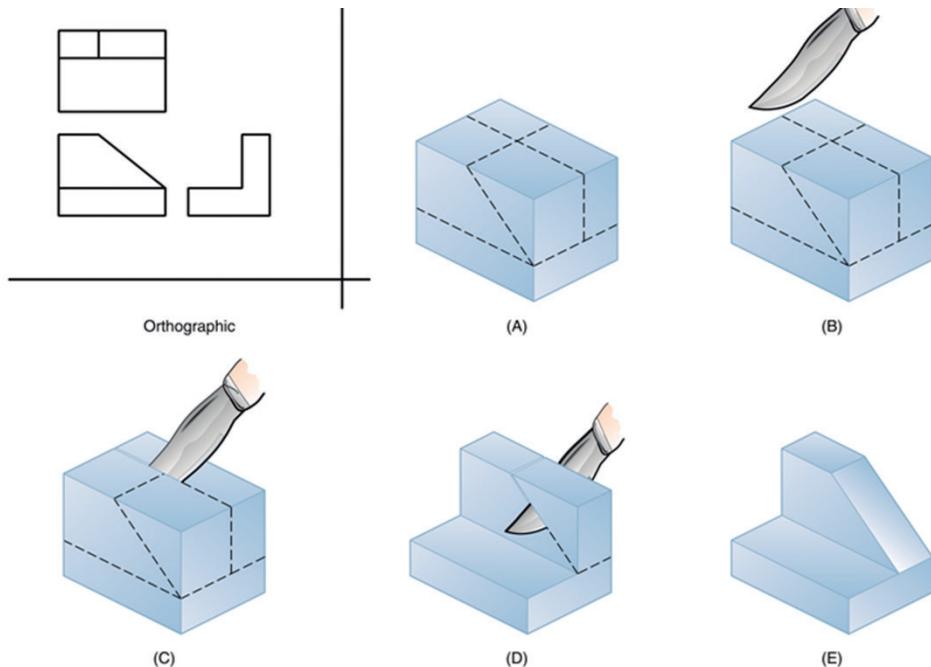


**Importante:** una vez termine guarde los modelos generados dentro de la bolsa suministrada para tal fin y recoja el material sobrante depositándola en el saco de reciclaje del grupo. Asegúrese de mantener el lugar limpio.



**Advertencia:** el proceso de tallado se realiza con un objeto cortopunzante. No olvide tomar las precauciones necesarias para impedir cortaduras o lesiones. El buen uso de este elemento queda bajo su responsabilidad.

Ejemplo:

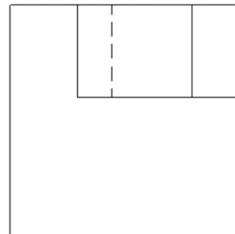


El proceso se puede discriminar en las siguientes etapas:

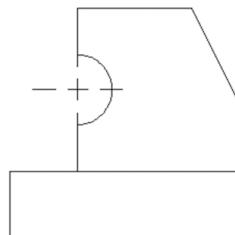
1. Se crea una pieza rectangular a partir del material usado para la práctica, haciendo que sea proporcional a las dimensiones límites de ancho, alto y profundidad mostradas en las vistas ortogonales.
2. Se identifican las superficies dentro de las vistas ortogonales y se marcan suavemente sobre el material de trabajo (A).
3. Con el uso del bisturí se remueve la cantidad de material necesario para dejar la figura en L mostrada en la vista lateral (B y C).

4. Se corta y remueve el material, a través de la línea que muestra el plano inclinado en la vista frontal (D y E).
5. Se dibuja las vistas del objeto obtenido y se comparan con la suministrada. Si no coinciden se realiza de nuevo las etapas 2 a 5, hasta obtener el sólido equivalente a las vistas entregadas.

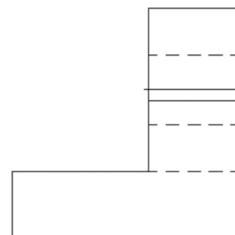
Figura 1:



Superior



Frontal



Lateral derecha

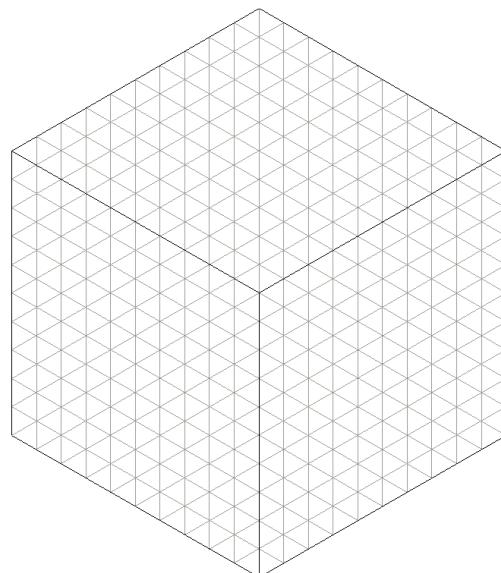
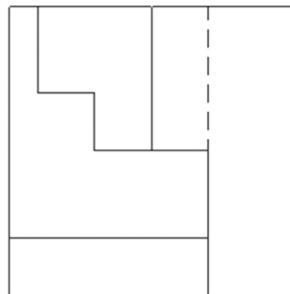
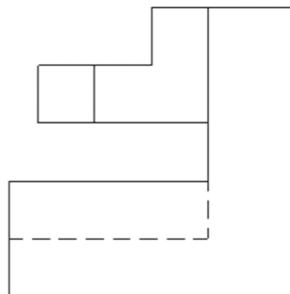


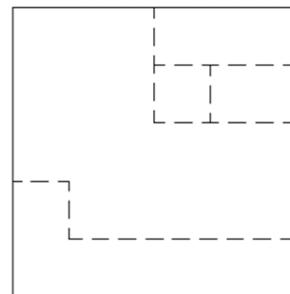
Figura 2:



Superior



Frontal



Lateral derecha

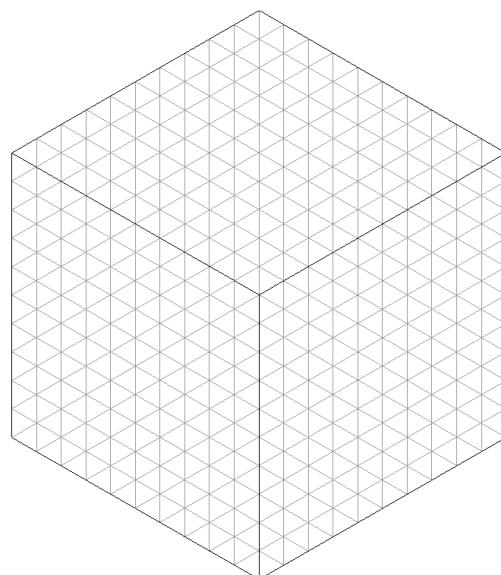
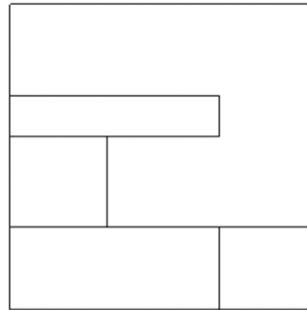
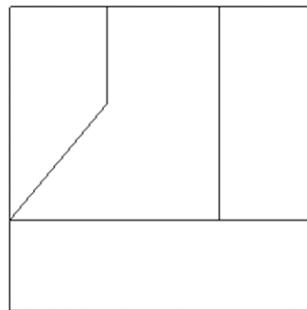


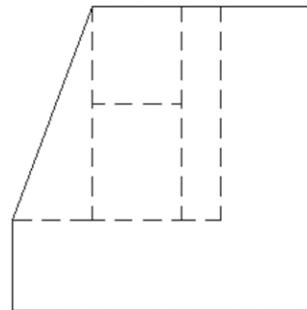
Figura 3:



Superior



Frontal



Lateral derecha

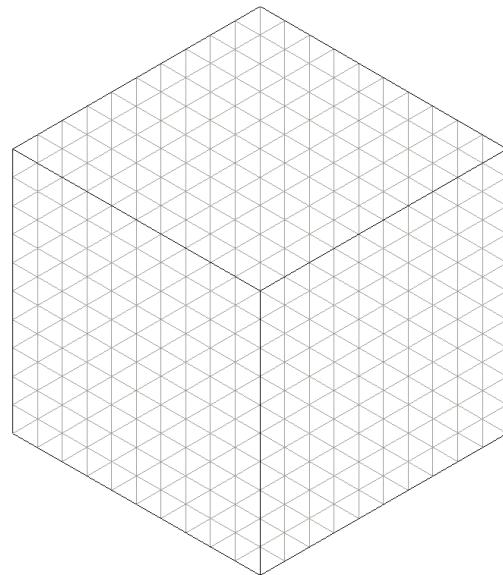
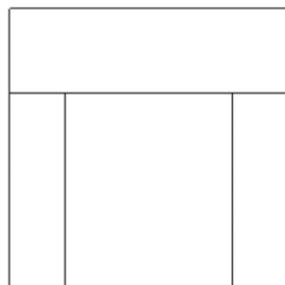
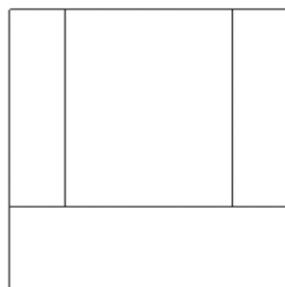


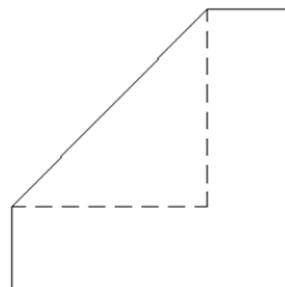
Figura 4:



Superior



Frontal



Lateral derecha

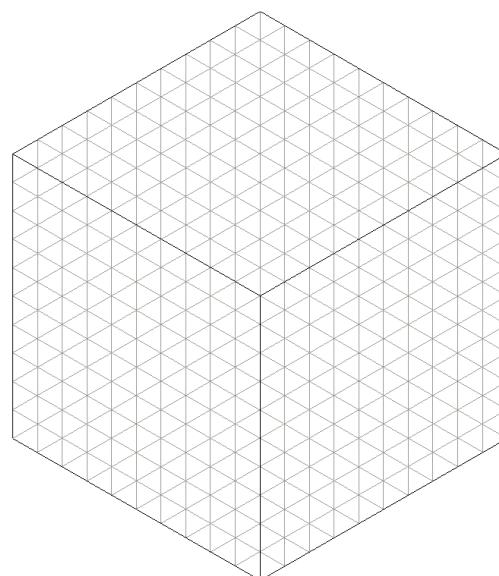
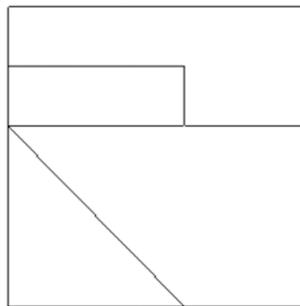
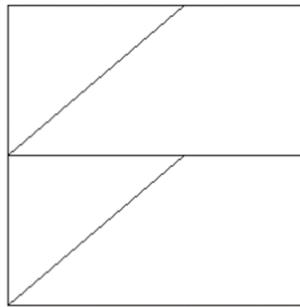


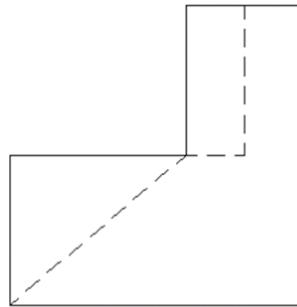
Figura 5:



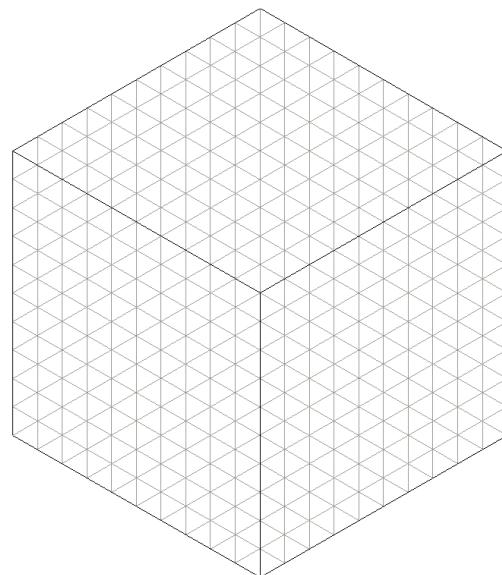
Superior



Frontal



Lateral derecha



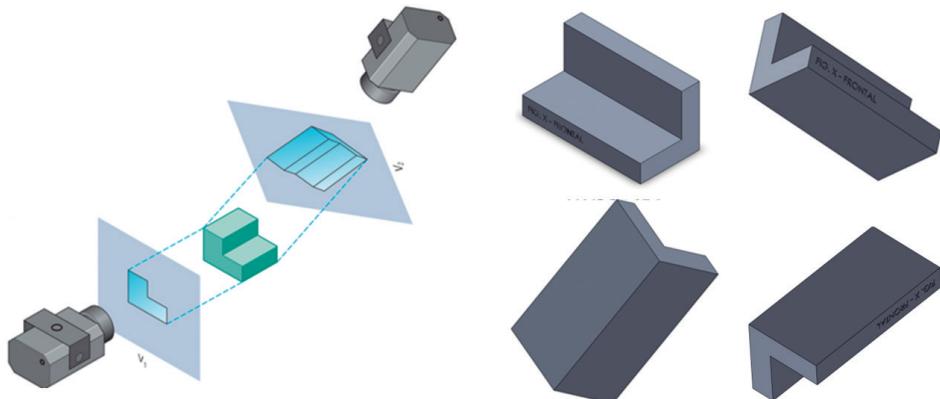
## Generación de vistas ortogonales usando visualización en software especializado

(Tiempo de la prueba 60 min)

Adaptado de: Bertoline G., Wiebe E., Hartman N. & Ross W. (2006). "Fundamentals of Graphics Communication", Fifth Edition, McGraw-Hill, pp. 259-263.

Las herramientas CAD (Diseño Asistido por Computador) ofrecen muchas ventajas frente a los sistemas tradicionales de diseño y dibujo. Entre ellas se encuentra la generación de modelos virtuales en 3D, que permiten al usuario realizar cambios en los ángulos y puntos de vista. La manipulación del punto de vista permite establecer de manera más fácil las diferentes superficies y sus proyecciones en el sistema ortogonal de representación. En la Figura 1 se puede ver un ejemplo del proceso de visualización.

**Figura 1.** Rotación del punto de visualización de un objeto en eDrawings. Izq.: principio de ubicación del observador frente a un objeto determinado. Dcha.: ejemplo del resultado de visualización para un mismo objeto al cambiar la ubicación del observador



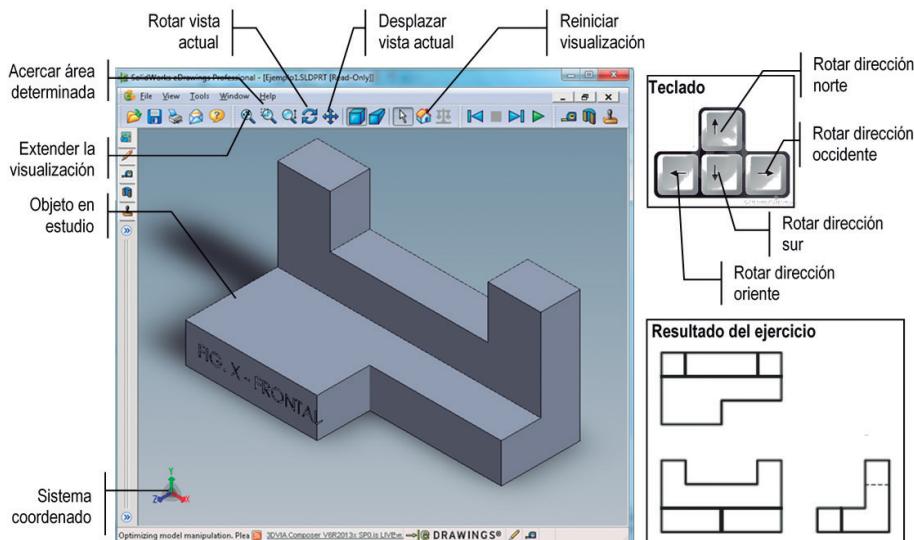
En la siguiente práctica se van a visualizar una serie de sólidos diseñados en eDrawings y desde la interfaz de este mismo software, el usuario podrá variar el punto de vista, analizando el comportamiento (en cuanto a su visualización) de las diferentes superficies que conforman el sólido y así obtener las vistas ortogonales del objeto en estudio. En cada hoja de ejercicio se debe dibujar a mano alzada las tres vistas principales del objeto visualizado. La representación siempre debe ser realizada incluyendo la vista **frontal o alzado, lateral derecha y superior o planta**. No olvide incluir las aristas no visibles o líneas invisibles.

Una vez termine cierre el dibujo en ejecución y proceda a abrir el siguiente disponible en la carpeta del ejercicio.



**Importante:** en cada objeto se encontrará una etiqueta de texto que indica que esa es la dirección de visualización principal (vista frontal).

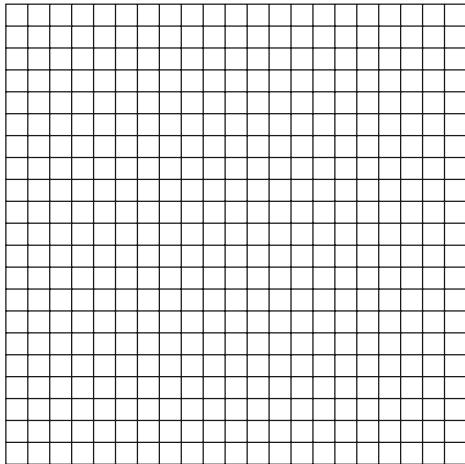
Ejemplo:



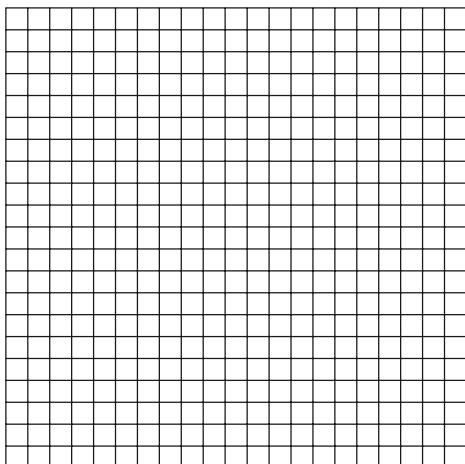
El proceso se puede discriminar en las siguientes etapas:

1. En la carpeta del taller, hacer doble clic en el archivo "FiguraX.exe" (donde X corresponde al ejercicio en desarrollo: 1, 2, 3, etc.), con lo cual se despliega una ventana similar a la mostrada.
2. Con el uso de las teclas de dirección es posible cambiar el punto de visualización del objeto.
3. Identificar el texto que indica la dirección de visualización principal (vista frontal o alzado del objeto).
4. Comprobar las superficies que forman parte del objeto y los cambios de visualización que ocurren al ser girado.
5. En la hoja correspondiente a cada ejercicio obtener las tres vistas principales (frontal, superior y lateral) del objeto en análisis y dibujarlos a mano alzada, no olvidar incluir las líneas no visibles.
6. Repetir los pasos del 1 al 5 hasta terminar con los archivos disponibles en la carpeta de ejercicios.

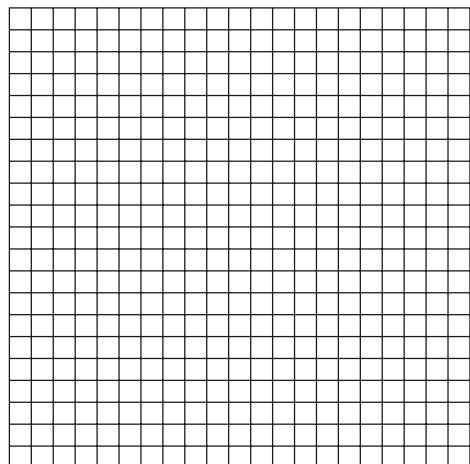
Figura 1:



Superior

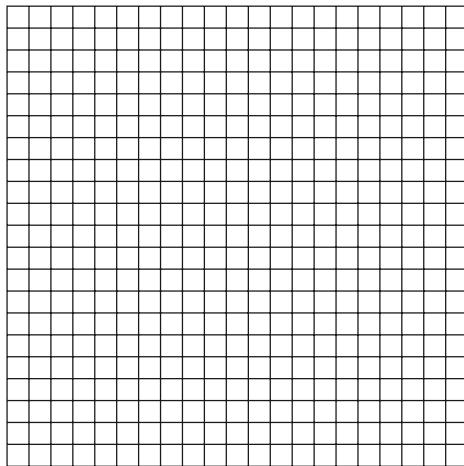


Frontal

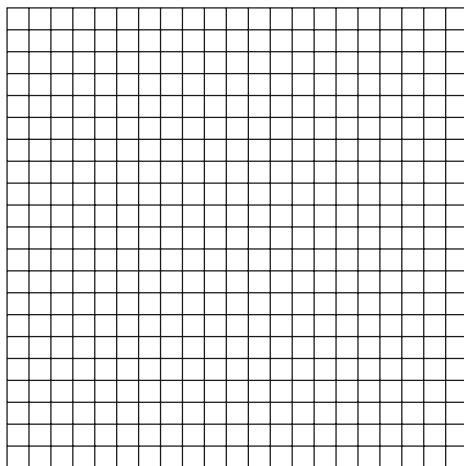


Lateral derecha

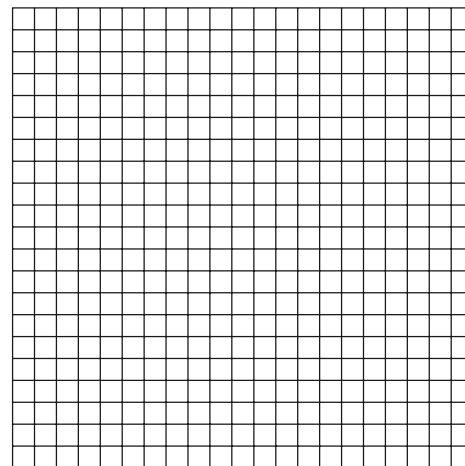
Figura 2:



Superior

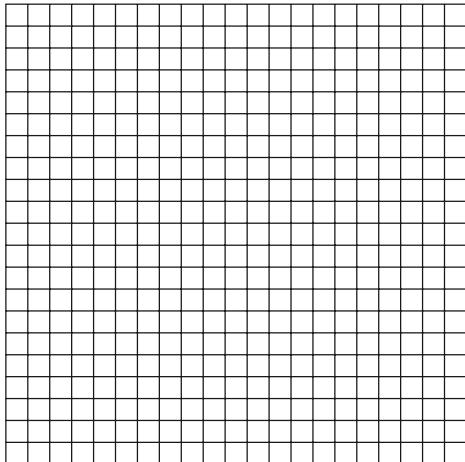


Frontal

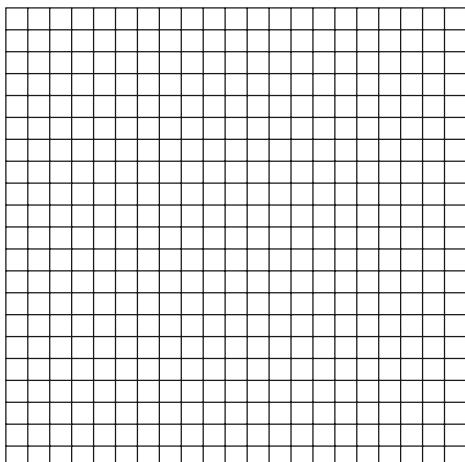


Lateral derecha

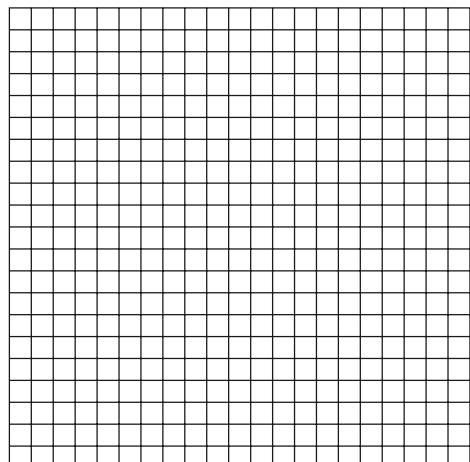
Figura 3:



Superior

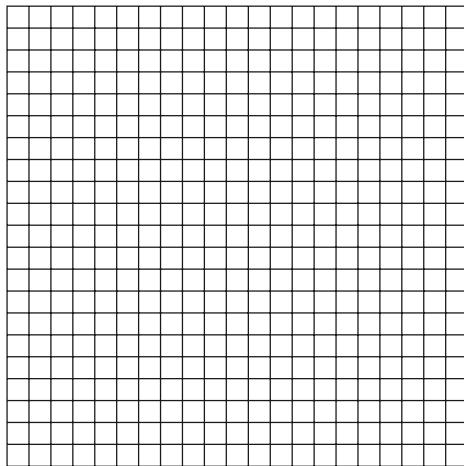


Frontal

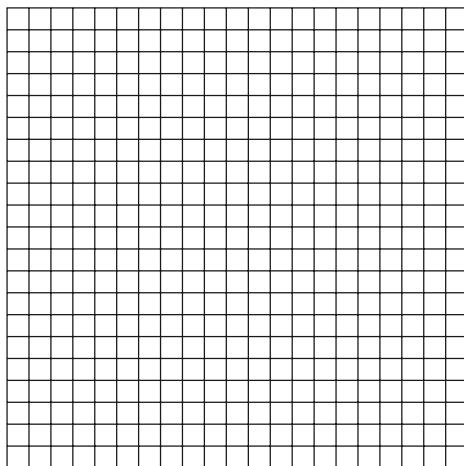


Lateral derecha

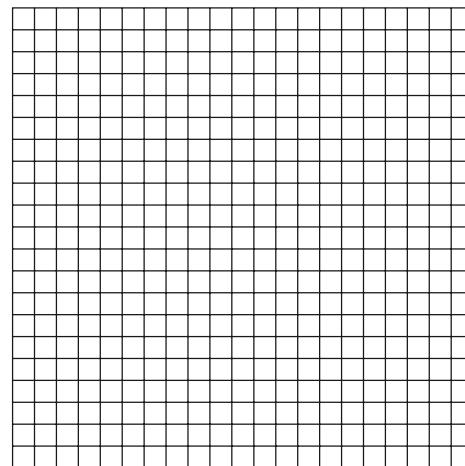
Figura 4:



Superior

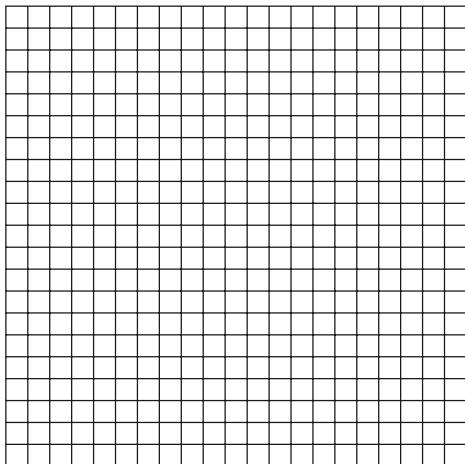


Frontal

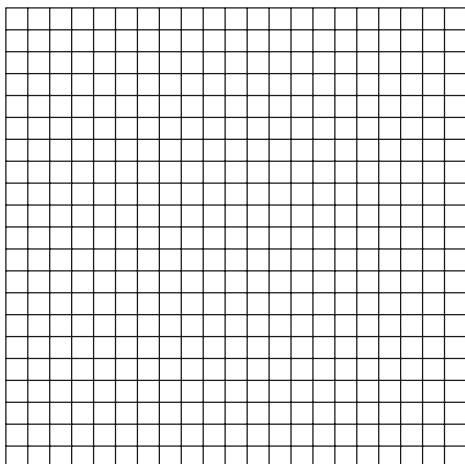


Lateral derecha

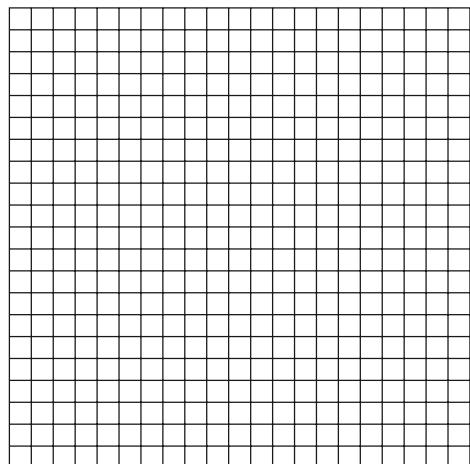
Figura 5:



Superior



Frontal



Lateral derecha

## Generación de vistas ortogonales usando objetos en realidad aumentada

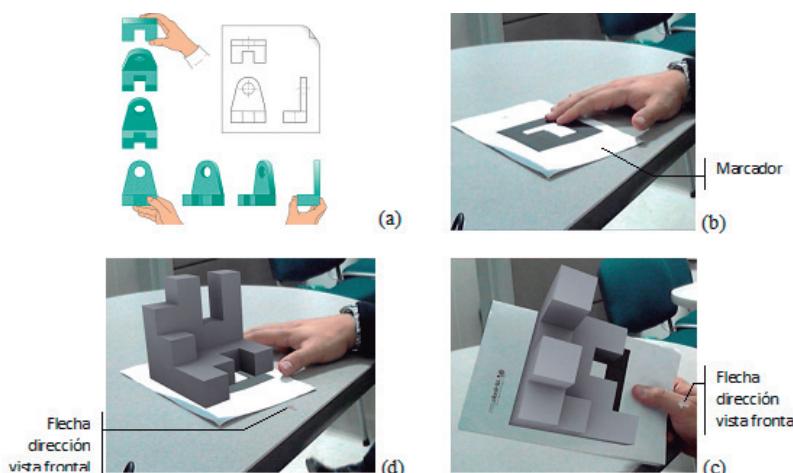
(Tiempo de la prueba 60 minutos)

Adaptado de: Gutiérrez, J.M, González, M. & Raya, M. (2011). "Curso para la mejora de la capacidad espacial", AR-Books, España.

La realidad aumentada es una técnica en la cual se trata de incrustar nueva información virtual o digital en ambientes reales. Dentro de las técnicas de desarrollo de habilidades espaciales es relativamente nueva pero permite una muy interesante interacción entre el usuario y el objeto en estudio, a muy bajo coste.

La técnica de realidad aumentada consiste en el uso de una cámara web conectada a un computador, un software especializado y un marcador geométrico. El marcador es una figura sencilla en la cual el software proyecta el objeto tridimensional en la vista de la cámara web. La proyección realizada dependerá de la ubicación y dirección del marcador, por lo tanto será posible rotar el objeto en análisis con solo cambiar la posición del marcador (ver figura 1).

**Figura 1.** Visualización objetos realidad aumentada. a) Principio de movimiento del sólido respecto al observador. b) Marcador de realidad aumentada. c) Sólido de realidad aumentada. d) Variación de ubicación para visualización de sólido en realidad aumentada.



En la siguiente práctica se va a visualizar una serie de sólidos diseñados en realidad aumentada en donde el usuario podrá variar el punto de vista al girar el marcador, analizando el comportamiento (en cuanto a su visualización) de las diferentes superficies que conforman el sólido y así obtener las vistas ortogonales del objeto en estudio. En cada hoja de ejercicio se debe dibujar a mano alzada las tres vistas principales del objeto visualizado. La representación siempre debe ser realizada incluyendo la vista frontal o alzado, lateral derecha y superior o planta. No olvide incluir las aristas no visibles o líneas invisibles.



**Importante:** en cada objeto de realidad aumentada se encontrará una flecha que indica la dirección de visualización principal (vista frontal).

Ejemplo:



1. Iniciar aplicación



2. Marcador del problema



3b. Visualizar sólido



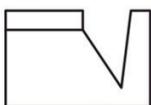
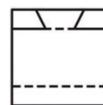
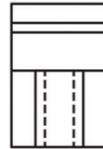
3a. Ubicar marcador RA



4. Ajustar escala



5. Rotar marcador

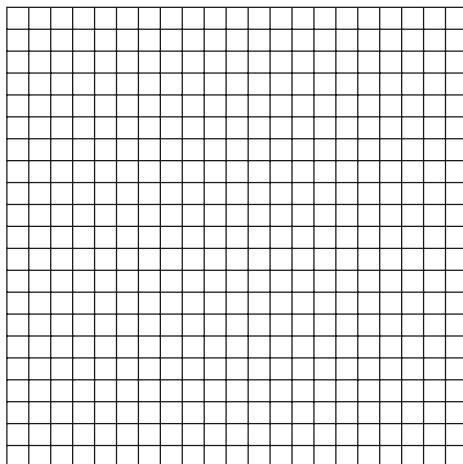


6. Obtener vistas ortogonales

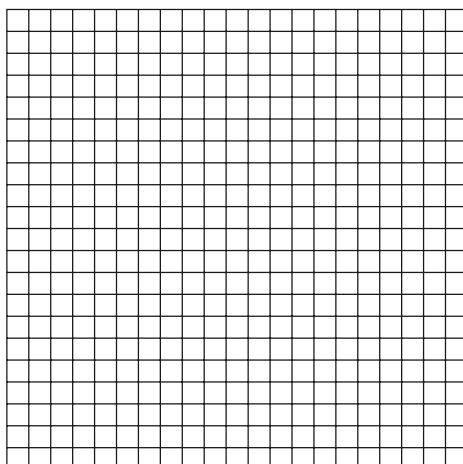
El proceso se puede discriminar en las siguientes etapas:

1. Iniciar la aplicación  AR-Dibujo si no se encuentra activa con anterioridad.
2. Ubique la hoja del problema a realizar frente a la cámara web asegurando que el recuadro del *Marcador Problema* (ubicado en la parte superior derecha), sea visible en la pantalla del programa.
3. Ubique el *Marcador de Realidad Aumentada (RA)*, que sea visible por la cámara web. No interrumpa con la mano u otro objeto la visualización del marcador.
4. Una vez sea visible el objeto de realidad aumentada en la pantalla, configure la escala del objeto usando las teclas del computador: **Arriba** ([ $\uparrow$ ]) para aumentar y **Abajo** ([ $\downarrow$ ]) para reducir.
5. Proceda a mover el marcador para obtener vistas diferentes del sólido. Comprobando las superficies que forman parte del cuerpo y los cambios de visualización que ocurren al ser girado.
6. En la hoja correspondiente a cada objeto obtener las tres vistas principales (frontal, superior y lateral) del objeto en análisis y dibujarlos a mano alzada. No olvidar que la flecha indicadora en el sólido determina la dirección de visualización principal (vista frontal) y que se debe incluir las líneas no visibles.
7. Repetir los pasos del 1 al 6 hasta terminar con los ejercicios propuestos.

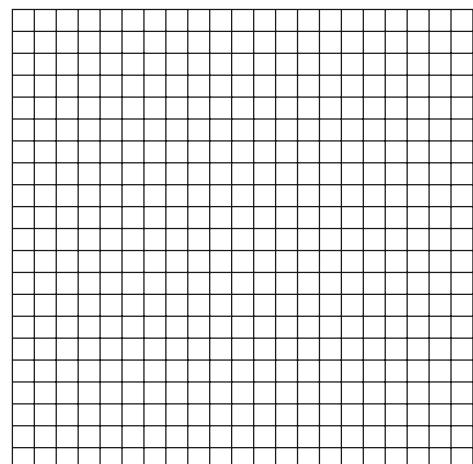
Figura 1:



Superior

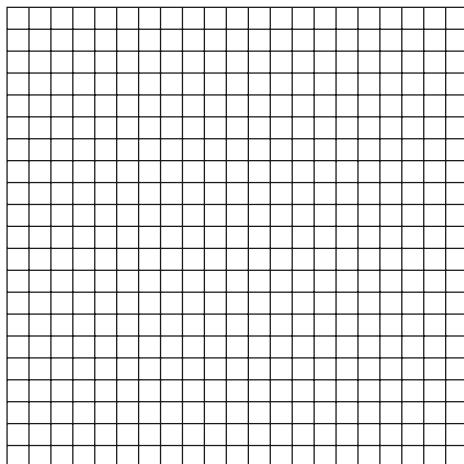


Frontal

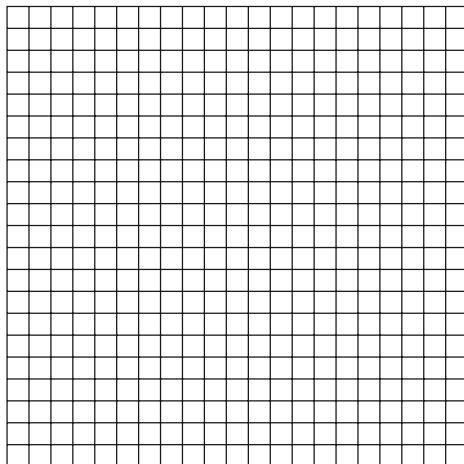


Lateral derecha

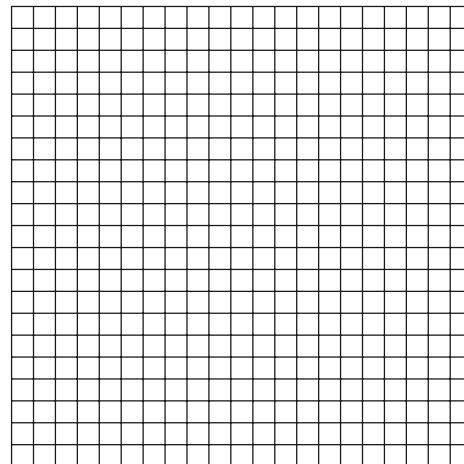
Figura 2:



Superior

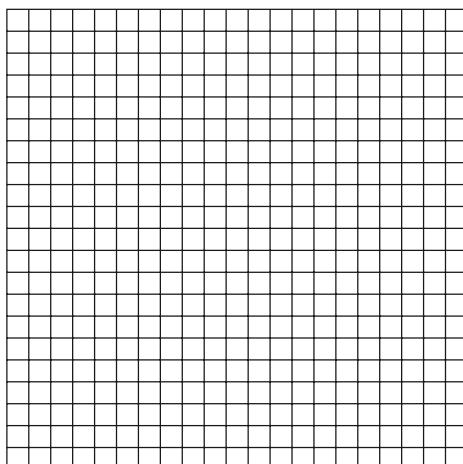


Frontal

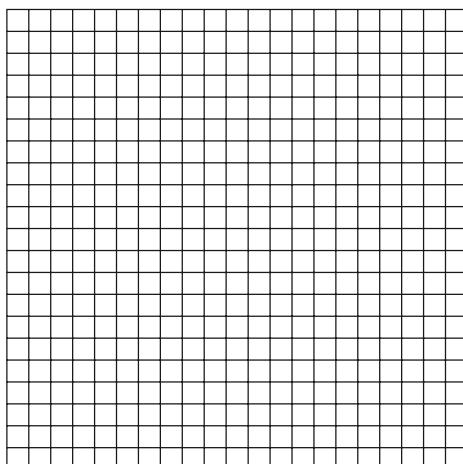


Lateral derecha

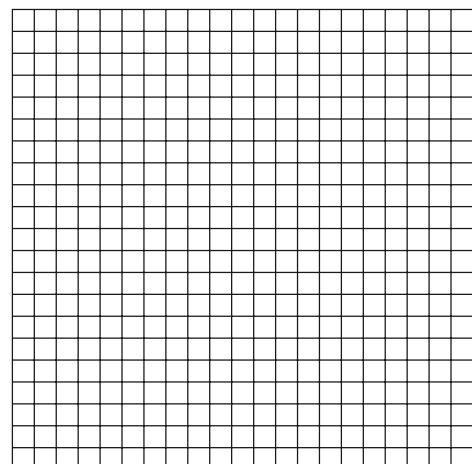
Figura 3:



Superior

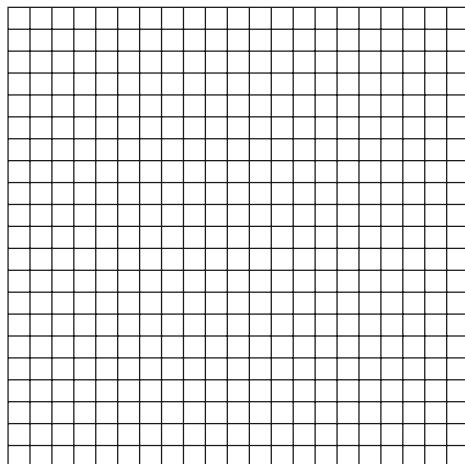


Frontal

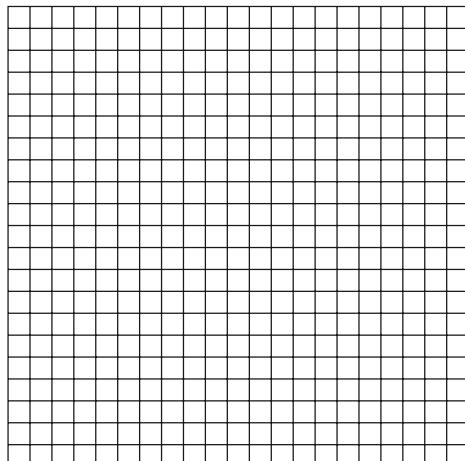


Lateral derecha

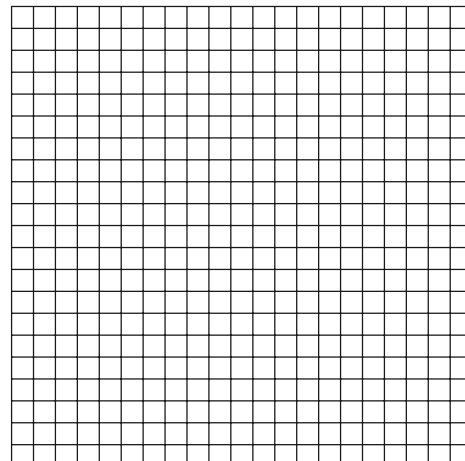
Figura 4:



Superior

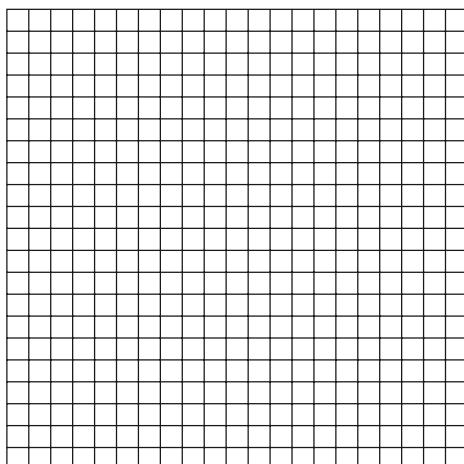


Frontal

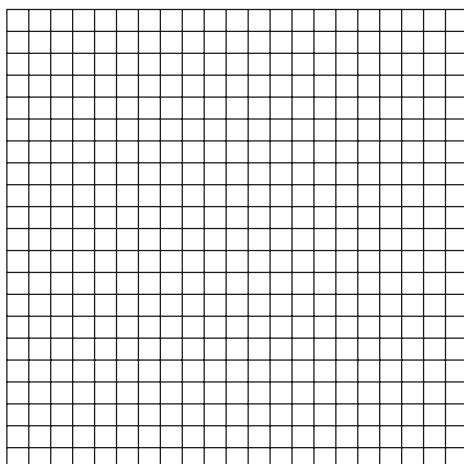


Lateral derecha

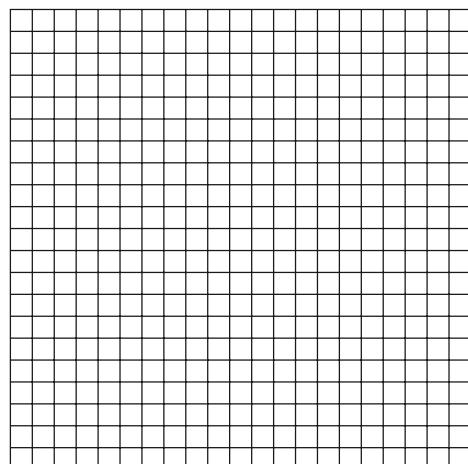
Figura 5:



Superior



Frontal



Lateral derecha

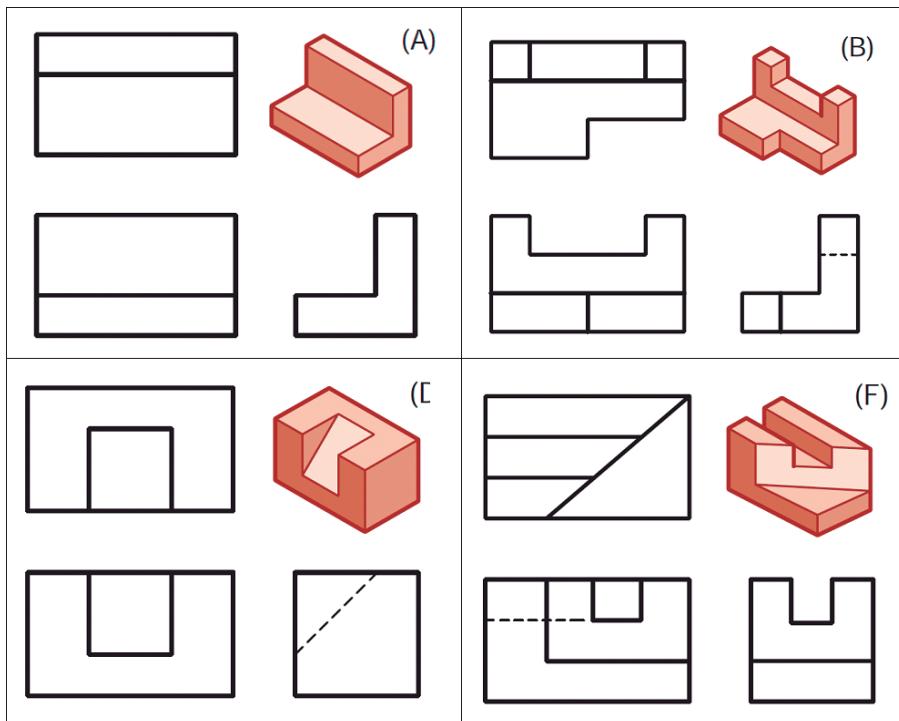
## Generación de vistas ortogonales a partir de proyecciones axonométricas

(Tiempo de la prueba 60 minutos)

Adaptado de: Bertoline G., Wiebe E., Hartman N. & Ross W. (2006). "Fundamentals of Graphics Communication", Fifth Edition, McGraw-Hill, pp. 259-263.

Las vistas axonométricas y en caso particular las isométricas, son las formas más comunes de representar objetos tridimensionales en papel, con el objetivo de dar una idea más clara del sólido pero sacrificando: exactitud dimensional, dificultad de interpretación de aristas no visibles y posibles superposiciones de bordes. Los ejercicios básicos de interpretación de sólidos a partir de representaciones isométricas consisten en la generación de vistas ortogonales desde su representación axonométrica.

Figura 1. Ejemplos de obtención de vistas ortogonales de un sólido a partir de vista isométrica



En los ejercicios mostrados a continuación se suministra una o varias vistas isométricas de un mismo sólido y se deberá encontrar la representación en vistas ortogonales. En cada hoja de ejercicio se debe dibujar a mano alzada las tres vistas principales del objeto visualizado. La representación siempre debe ser realizada incluyendo la vista **frontal o alzado, lateral derecha y superior o planta**. No olvide incluir las aristas no visibles o líneas invisibles.



**Importante:** en algunas de las vista isométricas se podrá ver una etiqueta de texto que indica que esa es la dirección de visualización principal (vista frontal).

Ejemplo:

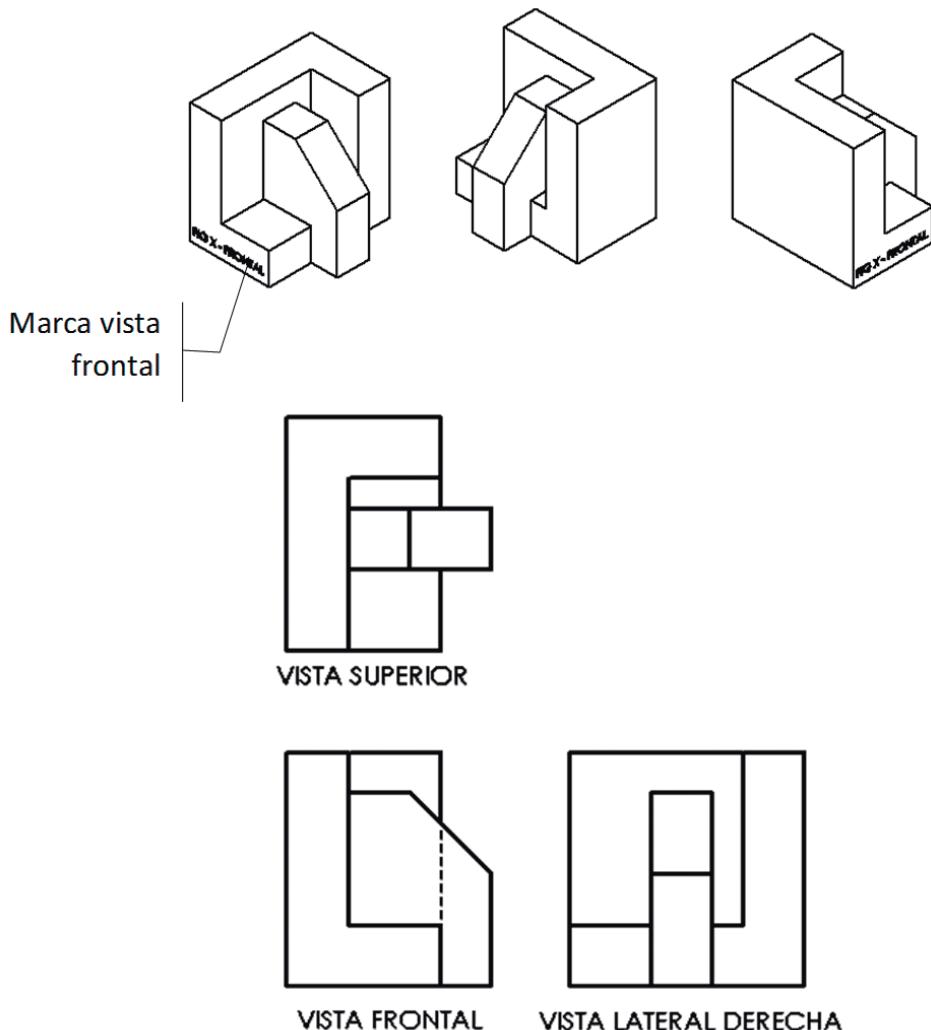
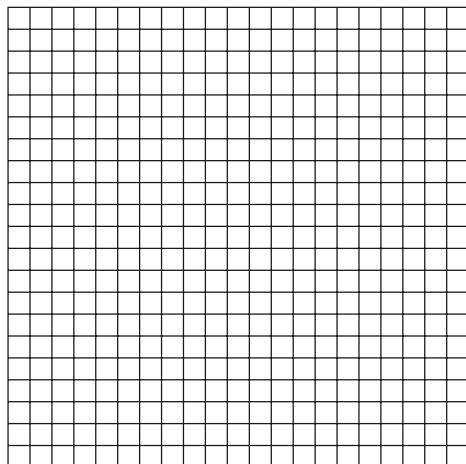
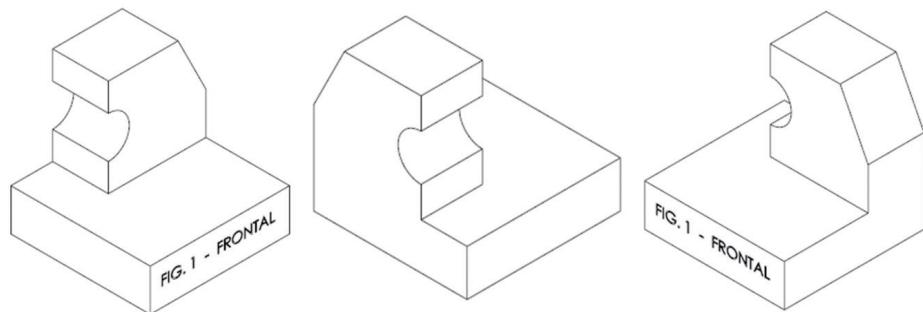
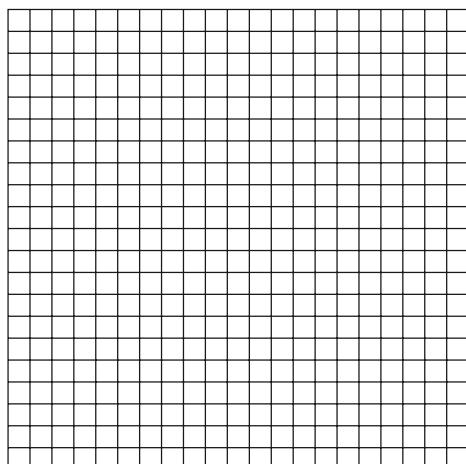


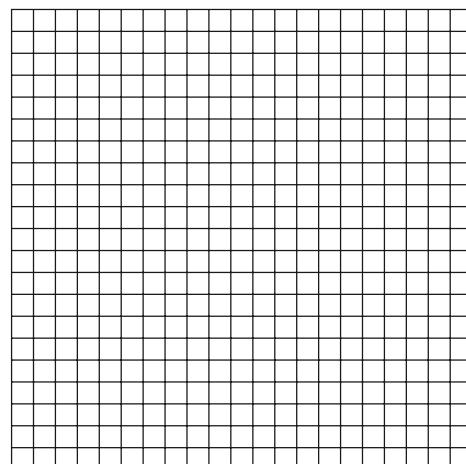
Figura 1:



Superior



Frontal



Lateral derecha

Figura 2:

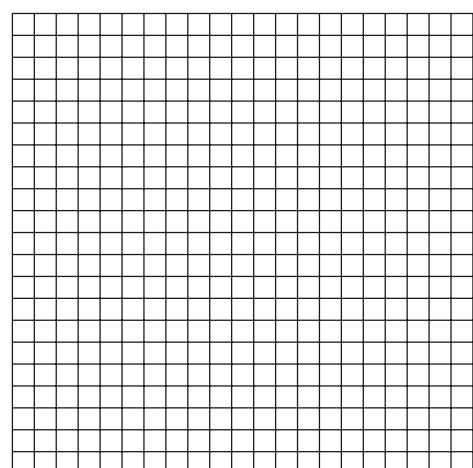
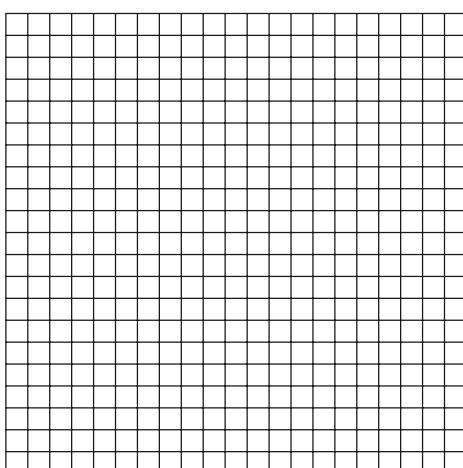
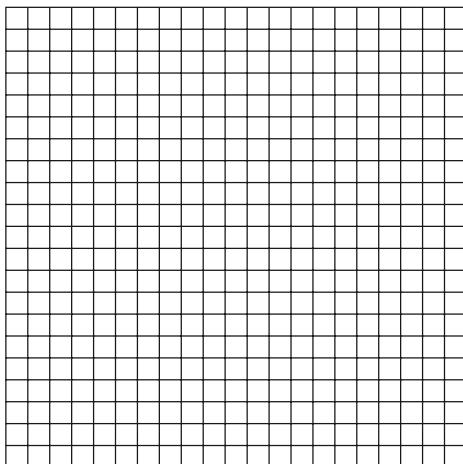
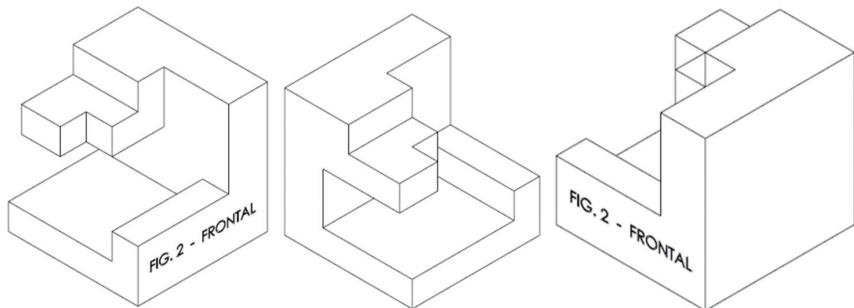
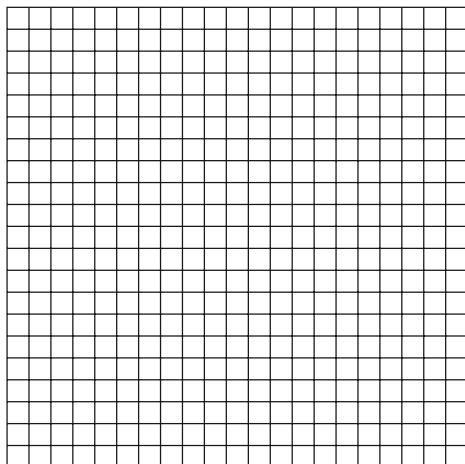
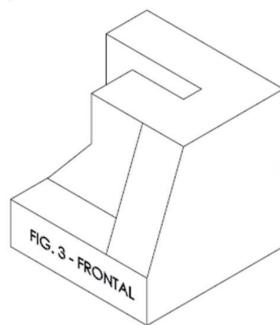
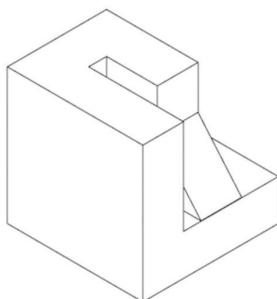
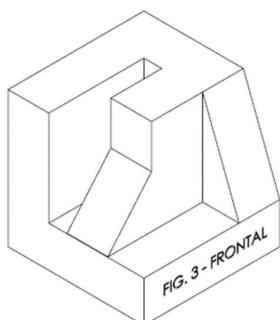
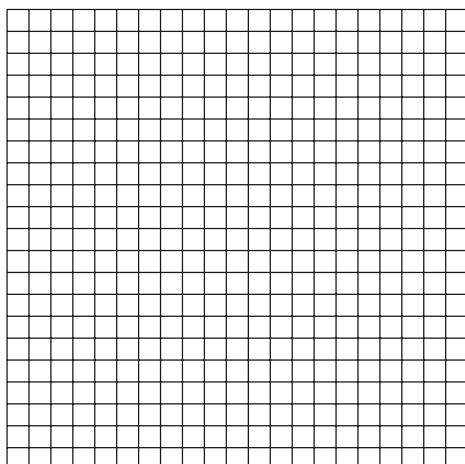


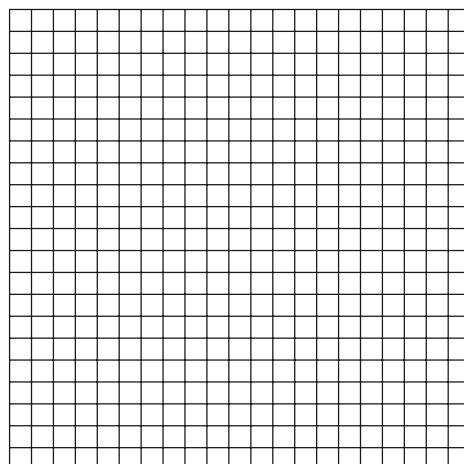
Figura 3:



Superior



Frontal



Lateral derecha

Figura 4:

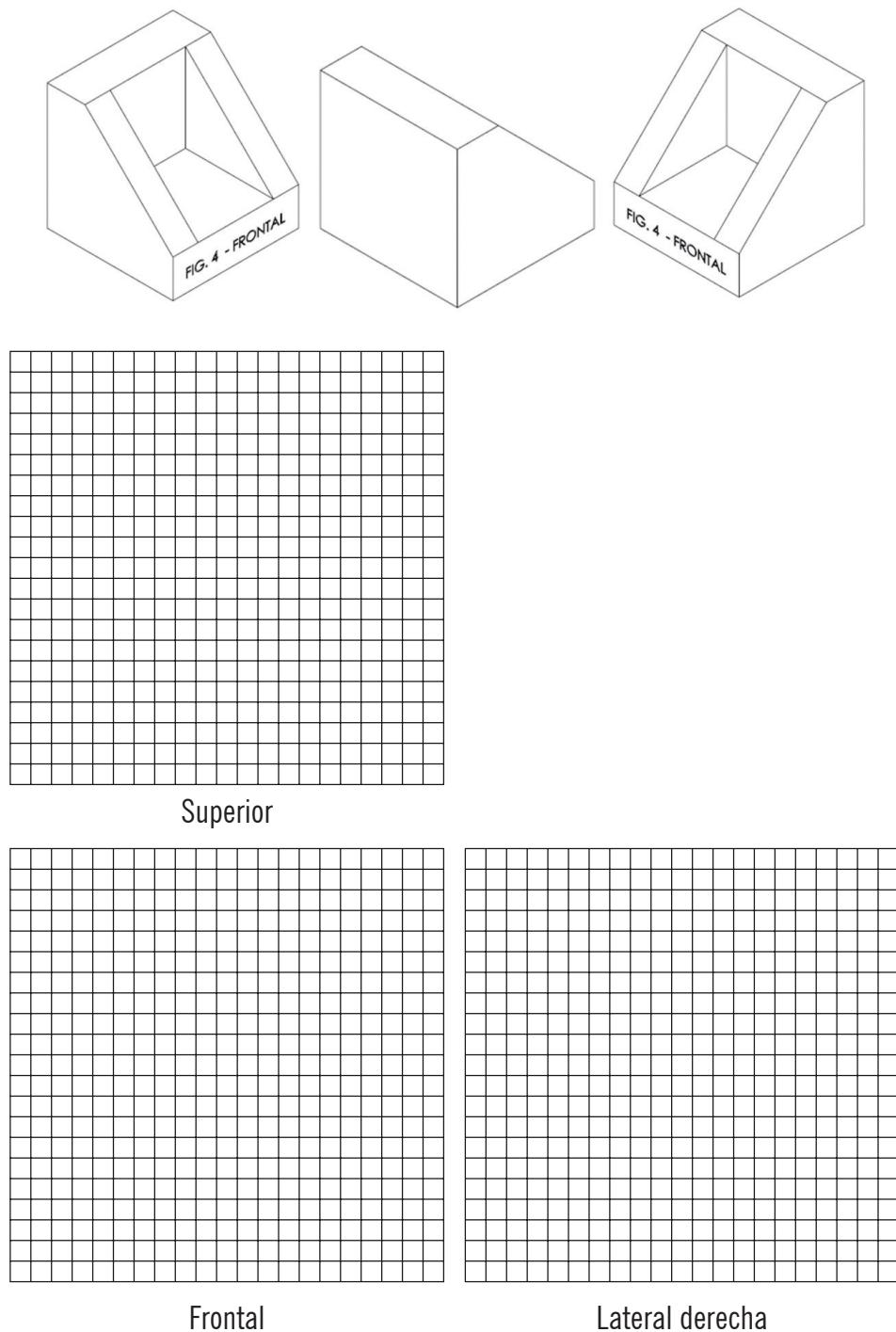
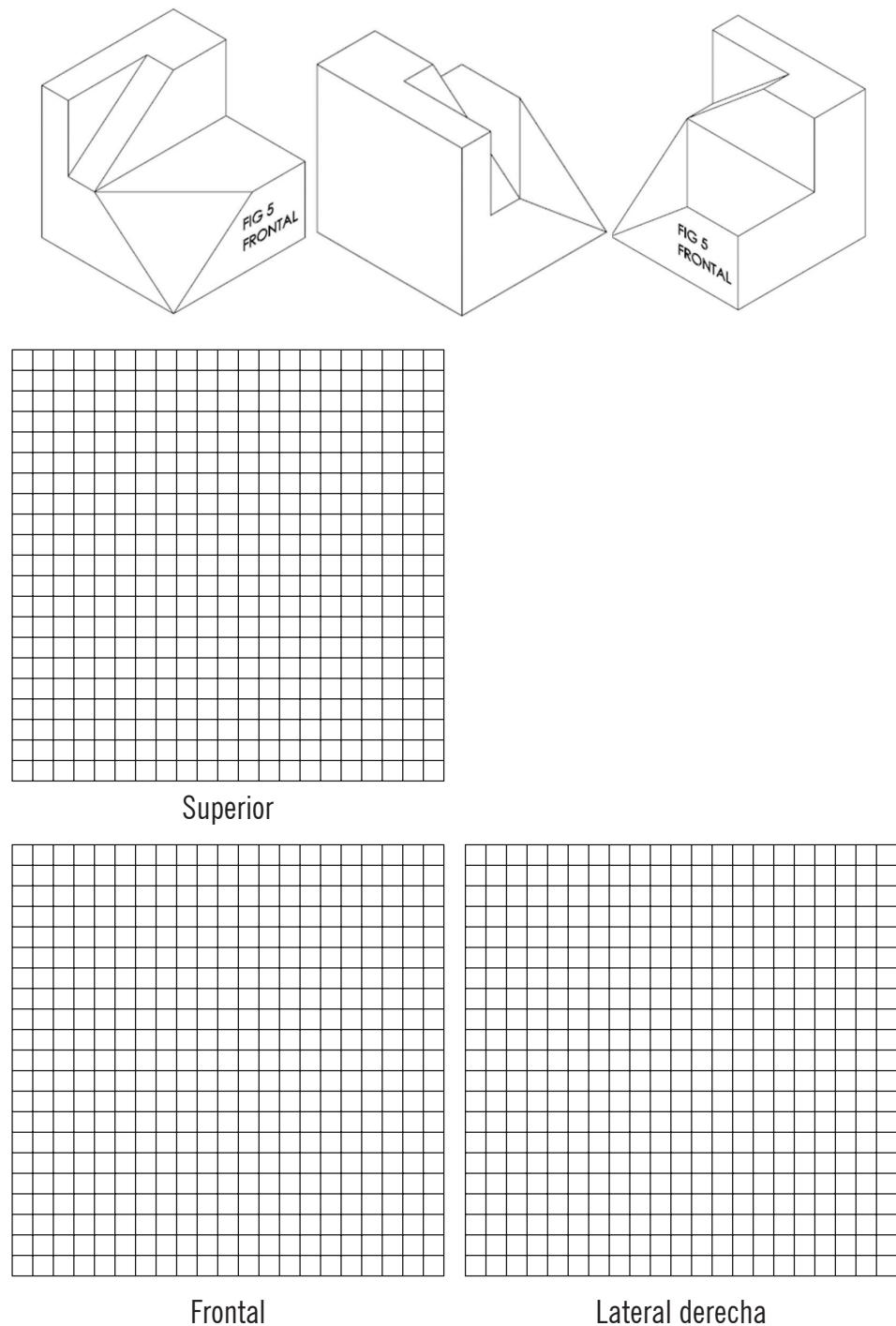


Figura 5:



## Generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D

(Tiempo de la prueba 60 minutos)

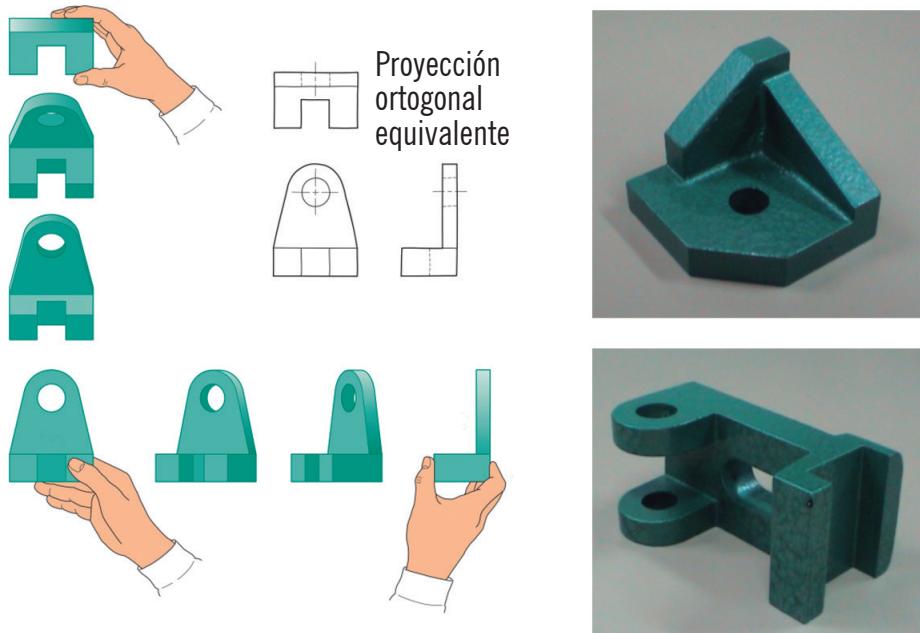
Adaptado de: Bertoline G., Wiebe E., Hartman N. & Ross W. (2006).  
“Fundamentals of Graphics Communication”,  
Fifth Edition, McGraw-Hill, pp. 259-263.

Martín N. (2009). “Análisis del uso de dispositivos móviles en el desarrollo de estrategias de mejora de las habilidades espaciales”.  
Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

Las máquinas de prototipado rápido o impresoras 3D han permitido que los procesos de generación de modelos a partir de diseños virtuales en sistemas CAD mejoren considerablemente en cuanto a tiempo y calidad. Los modelos obtenidos mediante esta técnica no presentan una resistencia mecánica aceptable, pero a cambio de ello su precisión dimensional es muy buena.

La manipulación de objetos reales para obtener la representación ortogonal es una de las técnicas más utilizada para el desarrollo de habilidades espaciales, debido a la interacción mano-ojo presente durante su desarrollo (ver figura 1).

**Figura 1.** Manipulación de objetos físicos para obtener las vistas ortogonales.  
(a) Procedimiento de solución. (b) y (c) Ejemplos de sólidos utilizados



En la siguiente práctica se le entregará una serie de sólidos físicos donde el usuario podrá variar el punto de vista al girarlo, analizando el comportamiento (en cuanto a su visualización) de las diferentes superficies que conforman el sólido y así obtener las vistas ortogonales del objeto en estudio. En cada hoja de ejercicio se debe dibujar a mano alzada las tres vistas principales del objeto. La representación siempre debe ser realizada incluyendo la vista **frontal o alzado, lateral derecha y superior o planta**. No olvide incluir las aristas no visibles o líneas invisibles.



**Importante:** en algunas de las caras del sólido se podrá ver una etiqueta de texto que indica que esa es la dirección de visualización principal (vista frontal).

Ejemplo:

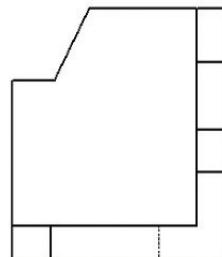
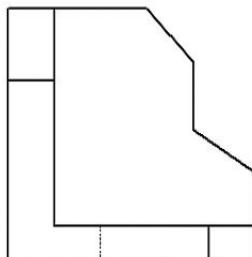
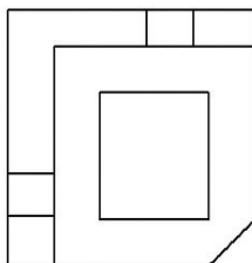
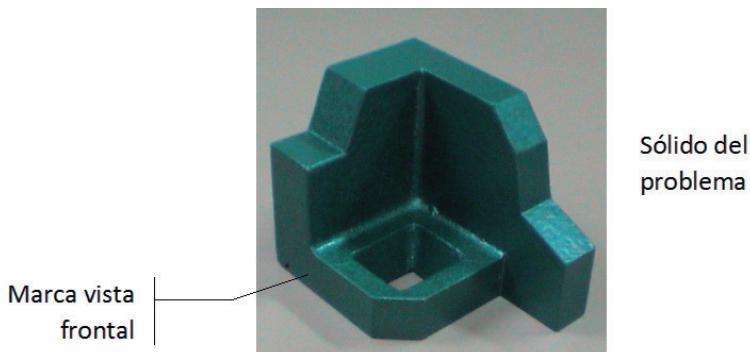
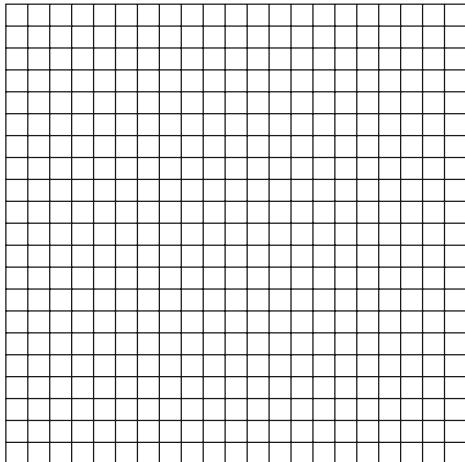
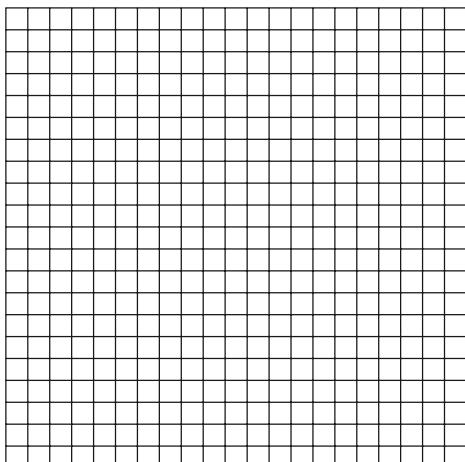


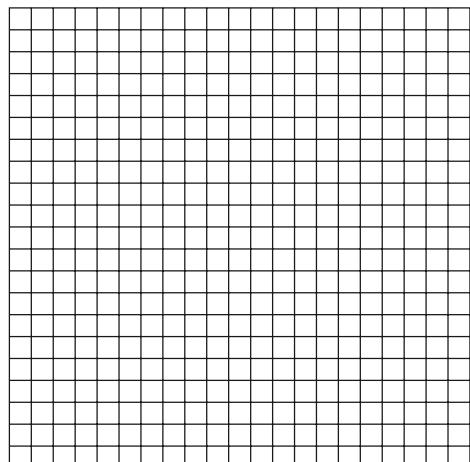
Figura 1:



Superior

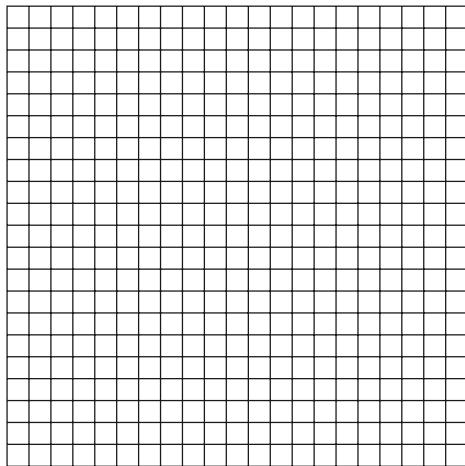


Frontal

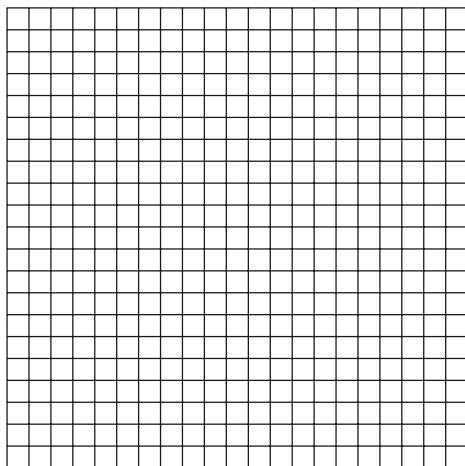


Lateral derecha

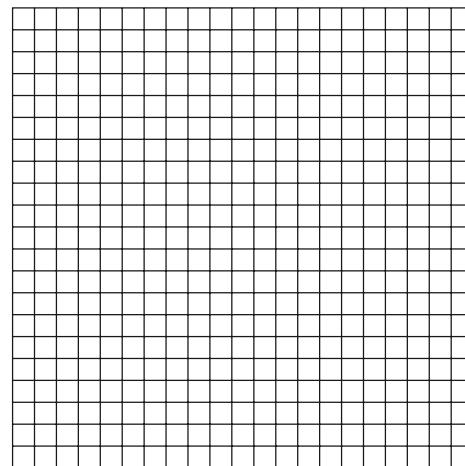
Figura 2:



Superior

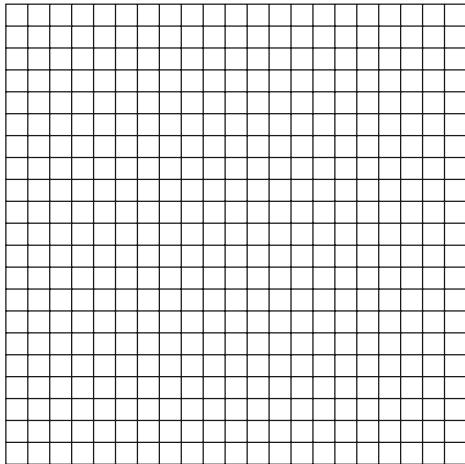


Frontal

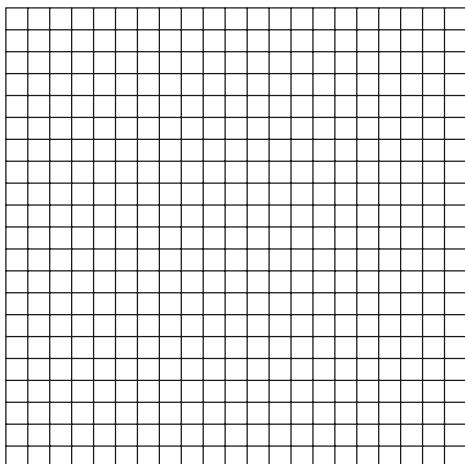


Lateral derecha

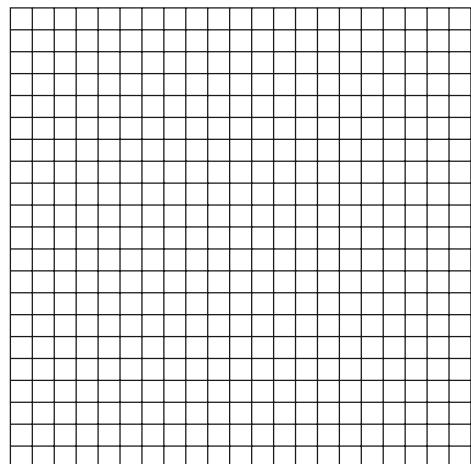
Figura 3:



Superior

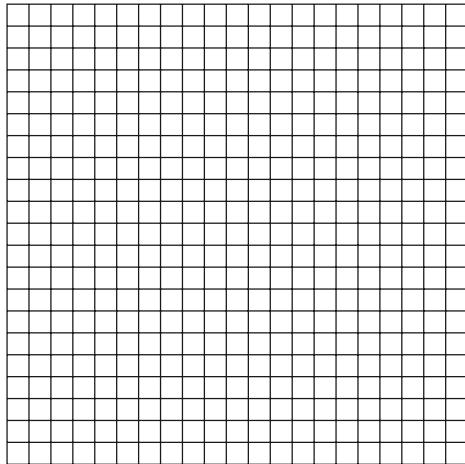


Frontal

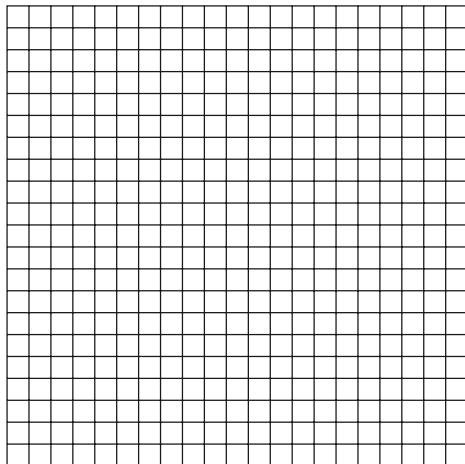


Lateral derecha

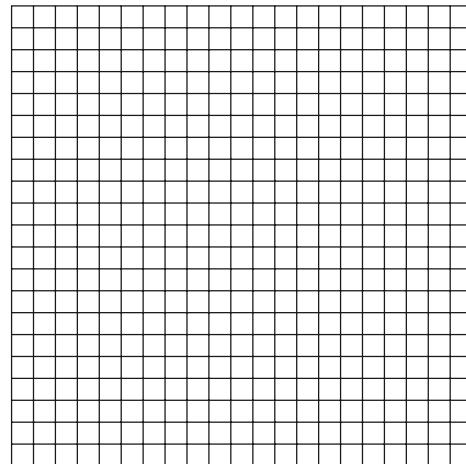
Figura 4:



Superior

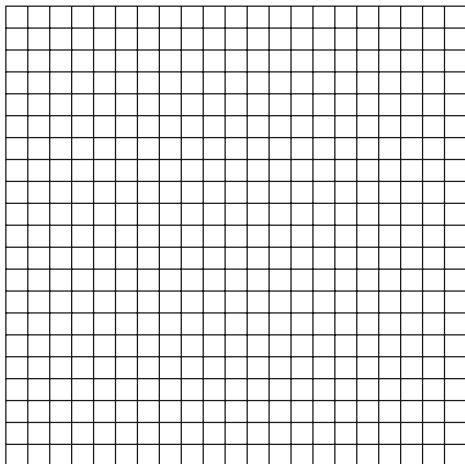


Frontal

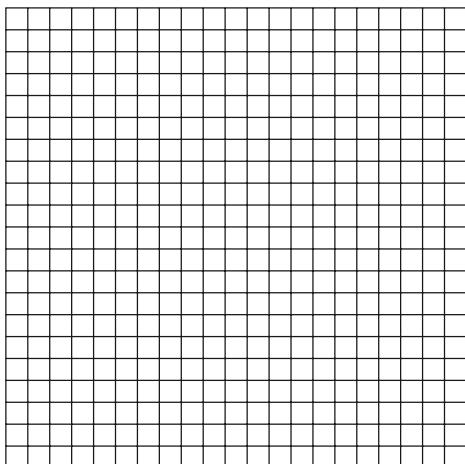


Lateral derecha

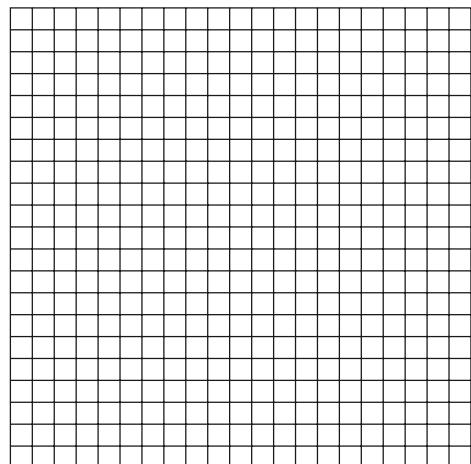
Figura 5



Superior



Frontal



Lateral derecha



# Anexo E. Guía de trabajo en y fuera de clase para Dibujo en Ingeniería

## **Guía de prácticas y tareas para Dibujo en Ingeniería**

Trabajos a realizar en y fuera del salón de clase como parte de la evaluación del curso Dibujo en Ingeniería (103) del Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

Facultad de Ingeniería  
Plan Curricular Ingeniería Industrial

Bogotá  
2014

# Contenido

## Introducción al trabajo en y fuera de clase

### Trabajos de clase (prácticas)

- PR1. Uso de instrumentos de dibujo
- PR2. Escalas y empalmes sencillos
- PR3. Representación multivista de objetos
- PR4. Generación de vista isométrica a partir de vistas ortogonales (1)
- PR5. Generación de vista isométrica a partir de vistas ortogonales (2)
- PR6. Vistas auxiliares
- PR7. Otros tipos de proyecciones axonométricas y oblicuas
- PR8. Cortes, secciones y roturas
- PR9. Dimensionamiento y tolerancias

### Trabajos fuera de clase (tareas)

- TR1. Uso de lápices y formatos
- TR2. Uso de instrumentos en dibujo técnico
- TR3. Letra técnica
- TR4. Dibujo de arcos y círculos en isometría
- TR5. Dibujo isométrico y representación multivista
- TR6. Vistas auxiliares

### Referencias

## Introducción al trabajo en y fuera de clase

El curso de Dibujo en Ingeniería está compuesto de tres temas principales. El primer tema corresponde a las bases teóricas y operativas del dibujo técnico con instrumentos, el segundo tema cubre el uso de sistemas CAD y un tema final que trata el dibujo especializado aplicado en ingeniería. El primer y segundo tema se desarrollan de manera paralela, mientras el tercero se realiza en la parte final del curso.

Las clases de dibujo en Ingeniería se realizan en dos espacios claramente diferenciados, en la sala de cómputo se realizan la clase y prácticas asociadas a un software CAD (SolidWorks 2011), mientras en el salón de clase se hacen las exposiciones teóricas, ejemplos y trabajos de clase sobre dibujo técnico.

Las sesiones de clase están divididas en dos etapas:

- Exposición de temas teóricos y ejemplos por parte del profesor (en la mayoría de los casos a excepción de trabajos asignados a estudiantes).
- Tiempo de práctica disponible para que los estudiantes puedan realizar los proyectos y tareas del curso asesorados por el profesor.

En las sesiones de sala CAD, estas etapas se desarrollan de manera consecutiva en una sola clase, mientras en los horarios de salón de clase es necesario generalmente una de desarrollo teórico —incluidos talleres o ejemplos de clase— y una de desarrollo práctico.

Todos los trabajos deben cumplir las siguientes condiciones:

- Todos los trabajos de clase individual o grupal deben ser realizados por los miembros del grupo únicamente. Cualquier tipo de copia será causante de anulación.
- Cada estudiante debe hacer una revisión bibliográfica de los temas asociados a cada trabajo práctico antes de iniciar la clase con el fin de entender, en su mayor parte, el problema planteado y posible solución.
- En la clase teórica anterior el docente informará el trabajo práctico que se realizará en la siguiente sesión práctica. En los trabajos con planteamiento múltiple el ejercicio que se realizará será formulado por el docente al momento de iniciar la práctica de salón de clase.
- Los trabajos prácticos de clase aquí formulados (trabajo de clase y talleres), se realizarán en clase y se recogerán al final de cada una de ellas, no es posible realizar trabajo fuera del salón para terminarlos.
- Los trabajos planteados para ser realizados fuera de clase, deben ser entregados en la fecha asignada por el docente y comunicada a los estudiantes al plantear la tarea.

La distribución porcentual de la evaluación de trabajos y exámenes se encuentra discriminada en la siguiente tabla:

**Tabla1.** Distribución porcentual de evaluación del curso Dibujo en Ingeniería

	Evaluación	% Nota final	Temario de evaluación	Fecha límite*
<b>Primer corte (30%)</b>	Trabajo en clase	10	Principios de dibujo, representación multivista e isométrica.	Sin especificar.
	Parcial de dibujo	10	Principios de dibujo, representación multivista e isométrica.	
	Parcial SolidWorks®	10	Croquis y piezas sencillas.	
<b>Segundo corte (40%)</b>	Trabajo en clase	10	Vistas auxiliares, otros tipos de representación y secciones.	Sin especificar.
	Talleres dibujo, CAD, trabajo fuera de clase y quizzes.	10	Evaluación total de trabajos del semestre.	
	Parcial de dibujo	10	Vistas auxiliares, otros tipos de representación y secciones.	
	Parcial SolidWorks®	10	Piezas, ensambles y dibujos de ingeniería.	
<b>Final (30%)</b>	Examen final dibujo	15	Curso completo.	Sin especificar.
	Proyecto final	15	Solución en grupo de un problema de diseño asistido por computador.	

\* Las fechas son estimadas y pueden variar de acuerdo a las condiciones de la Universidad (paros, permisos académicos, festivos, días cívicos, etc.)

### Trabajos de clase (prácticas)

El objetivo fundamental de los trabajos de clase es la calidad y la aplicación correcta de los conceptos de Dibujo en Ingeniería. Todos los trabajos están disponibles desde el primer día de clase para que los estudiantes puedan estudiarlos y hacer la revisión bibliográfica necesaria para ello, así el tema no se haya visto en clase. Cada trabajo tiene asociada una bibliografía básica (libro guía y diapositivas de clase) donde el estudiante tiene la posibilidad de estudiar el tema correspondiente de manera autónoma, si así lo desea.

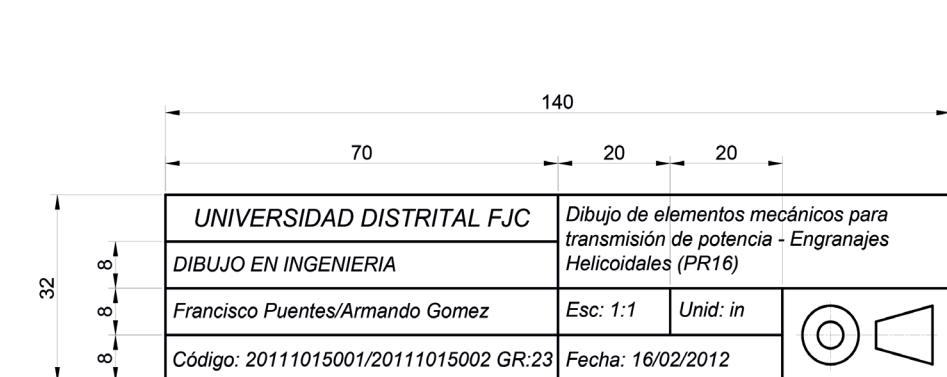
Todos los trabajos deben cumplir con las siguientes características:

- Solo pueden ser entregados al final de la clase de Dibujo (2 horas disponibles para el desarrollo de cada trabajo) a excepción que el docente indique otra cosa.
- No pueden ser presentados fuera del espacio establecido, a menos que se tenga una excusa validada por Bienestar Institucional.
- Deben ser presentados en un único formato A4, en blanco.
- Todos los dibujos deben ser realizados a lápiz, incluyendo el rótulo del dibujo.
- Los planos de ingeniería deben cumplir con el formato y orientación (ver figura 1 y figura 2). Trabajo que no cumpla las normas de rotulado no pasará la evaluación del docente.

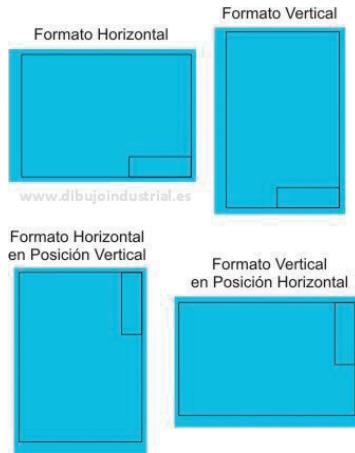
Debido a la disponibilidad tan corta de tiempo para el desarrollo de los trabajos en clase se recomienda tener listo uno o dos formatos rotulados con anterioridad al inicio de la práctica. Se recomienda de igual manera tener impresas o fotocopiadas estas guías para poder disponer de ellas durante la práctica.

Cada trabajo tendrá una calificación entre 0.0 y 5.0 de acuerdo a los objetivos alcanzados por los estudiantes, según evaluación del docente. La nota del porcentaje asociado al trabajo en clase (10% de cada corte o 20% de la nota final del curso) será el promedio aritmético de la calificación recibida en cada uno de los trabajos.

**Figura 1.** Cajetines de información, dimensiones en milímetros para el rótulo del curso



**Figura 2.** Ubicación margen para legado con respecto al rótulo



A continuación se presentan los ejercicios o problemas planteados para ser desarrollados durante el curso. Cada problema está identificado como se muestra en la figura 3. En el rótulo del dibujo a ser entregado debe aparecer la identificación del problema como se puede ver en la figura 1.

El nivel de dificultad está representado por estrellas, a medida que más estrellas rojas aparezcan será superior el tiempo necesario para desarrollarlo, aproximadamente cada estrella indica 30 minutos de trabajo, pero puede variar de acuerdo a la habilidad de cada estudiante.

Las referencias de teoría deben ser usadas como guías, pero cualquier libro de dibujo técnico o ingeniería gráfica puede tener el temario teórico necesario para la solución de cada problema.

Si existe múltiple planteamiento por problema, el docente indicará antes de iniciar la práctica la operación que se va a realizar.

**Figura 3.** Partes principales trabajos prácticos del curso

Identificador de corte				
Número del problema	TRABAJO <b>01</b>	CORTE 1 – Fundamentos y normalización en dibujo	DIFICULTAD:	★ ★ ★ ☆ ☆
Identificador del problema	PR1. Emplames		FORMATO:	A4
		<b>REFERENCIAS TEORÍA:</b> Capítulos 2.21, 2.27 e 2.29, 3.1 a 3.5 (Giesecke, 2013) Capítulos 3.3 a 3.5, 3.7 a 3.10 (Bertoline, 1999)		Nivel de dificultad
	<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Dibuje en un formato de ingeniería el siguiente objeto. Seleccione adecuadamente el lápiz para los diferentes tipos de trazos. <b>No incluya en su dibujo las notas o acotaciones.</b>		Tamaño del papel a utilizar
				Referencias de teoría aplicables al ejercicio
				Planteamiento del problema a desarrollar
				Planteamiento gráfico del problema
				Referencia de origen del problema

**Atención:** no es necesario adicionar impreso el planteamiento del problema con el formato de entrega.

<b>PRÁCTICA 01</b>	<b>Fundamentos y normalización en dibujo</b>	<b>Dificultad:</b>	
	<b>PR1. Uso de instrumentos de dibujo.</b>	<b>Formato:</b>	A4
	<b>REFERENCIAS TEORÍA:</b> Capítulo 4 a 4.17 (Giesecke et al., 2013). Capítulos 6.3 a 6.46, 6.6 a 6.9 (Bertoline & Wibe, 2009). Diapositivas de clase 1 y 2.		
<b>Descripción:</b>	Calcule las áreas necesarias para cada dibujo, ubicando de forma adecuada los dibujos dentro del formato y genere un plano de ingeniería que reproduzca las figuras mostradas a continuación usando solamente las escuadras de $60^\circ$ , $45^\circ$ y compás. La figura b) debe ser realizada de tal forma que se construya desde el punto A un objeto con las dimensiones mostradas y otro del doble de tamaño. <b>No incluya en su dibujo las notas o acotaciones.</b>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <span>a)</span> <span>b)</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <math>AB = 24</math> <math>EF = 17</math> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 0px;"> <math>BC = 23</math> <math>FG = 10</math> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 0px;"> <math>CD = 12</math> <math>GH = 27</math> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 0px;"> <math>DE = 9</math> <math>HI = 17</math> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 0px;"> <math>JI = 33</math> <math>JA = ?</math> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <span>c)</span> </div>			

Dibujo técnico con gráficas de ingeniería (Giesecke, 2013).

## PRÁCTICA

# 02

Fundamentos y normalización en dibujo

Dificultad:



PR2. Escalas y empalmes sencillos.

Formato:

A4

### REFERENCIAS TEORÍA:

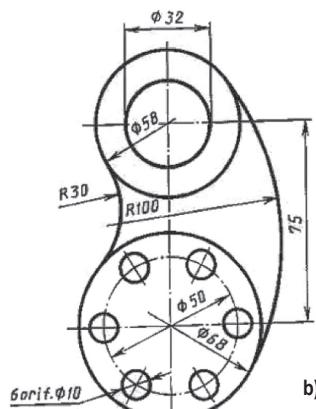
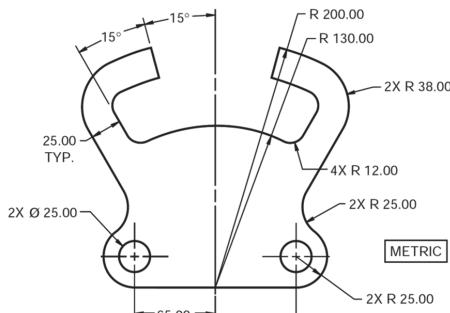
Capítulo 4.17 a 4.26, (Giesecke et al., 2013).

Capítulo 8.5 (Bertoline & Wibe, 2009).

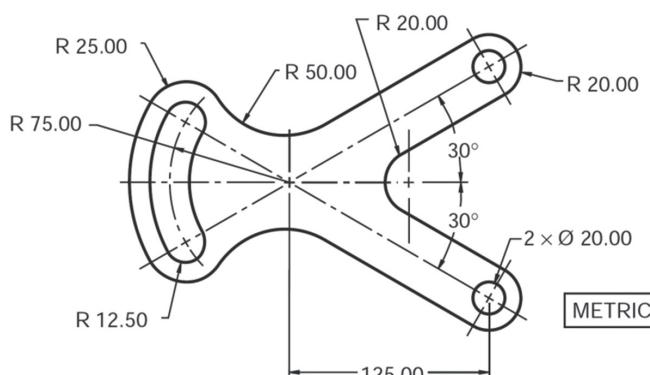
Diapositivas de clase 1 y 2.

### Descripción:

Realice los dibujos mostrados a continuación, seleccione una escala normalizada adecuada para realizarlo en un formato de ingeniería. No borre las líneas de construcción que usó para realizar el dibujo, pero recuerde el uso adecuado de los tipos de trazado necesarios. **No incluya en su dibujo las notas o acotaciones.**



Tareas para el curso de dibujo técnico (Bogoliubov, 1980)



Engineering Graphics(Bertoline, 2009)

c)

Dibujo técnico con gráficas de ingeniería (Giesecke, 2013).

**PRÁCTICA****03****Fundamentos y normalización en dibujo****Dificultad:****PR3. Representación multivista de objetos.****Formato:****A4****REFERENCIAS TEORÍA:**

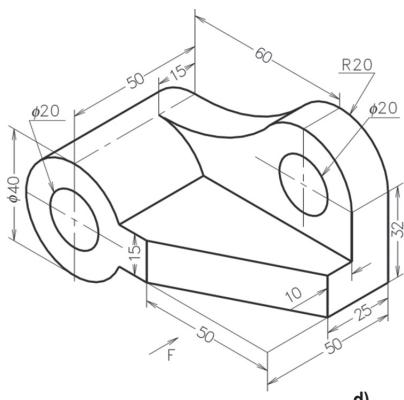
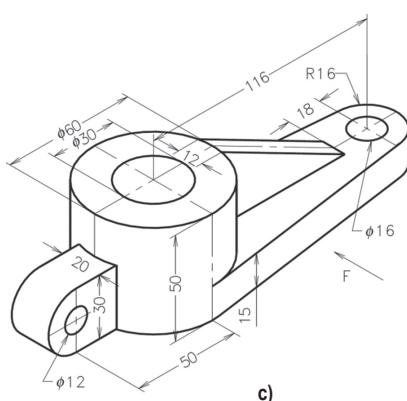
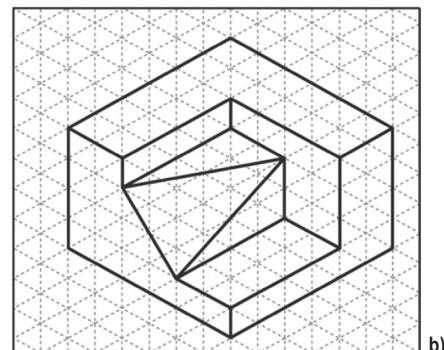
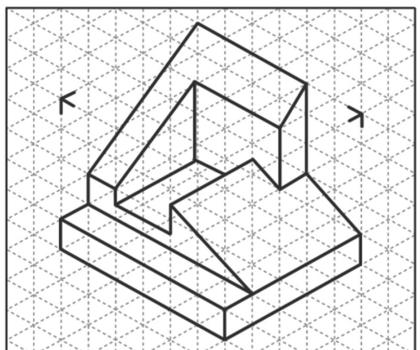
Capítulo 4.17 a 4.26, (Giesecke et al., 2013).

Capítulo 8.5 (Bertoline &amp; Wibe, 2009).

Diapositivas de clase 1 y 2.

**Descripción:**

De los sólidos mostrados a continuación genere las tres vistas principales, usando en cada uno un sistema de proyección diferente (norma europea – ISO y la norma americana ASME). Bajo cada uno de los conjuntos de vistas, incluya el símbolo de representación adecuado. Seleccione la escala necesaria, si el objeto tiene cuadrícula de medición use 10mm por cada cuadrado. No borre las líneas de construcción que usó para realizar el dibujo, pero recuerde el uso adecuado de los tipos de trazado necesarios. **No incluya en su dibujo la grilla o cuadricula dimensional, ni el isométrico del objeto.**



## PRÁCTICA

# 04

Fundamentos y normalización en dibujo

Dificultad:



**PR4. Generación de vista isométrica a partir de vistas ortogonales (1).**

Formato:

A4

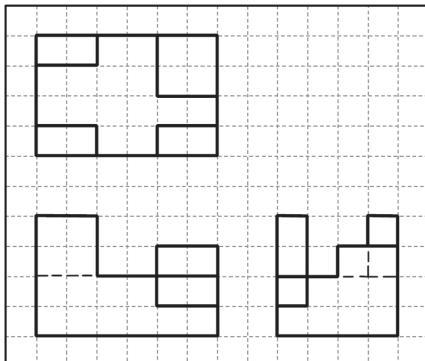
**REFERENCIAS TEORÍA:**

Capítulo 3.8 a 3.24 (Giesecke et al., 2013).

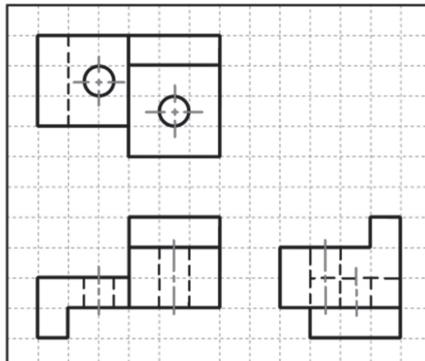
Capítulos 10 a 10.9, 11 a 11.2 (Bertoline & Wibe, 2009).

Diapositivas de clase 5 y 6.

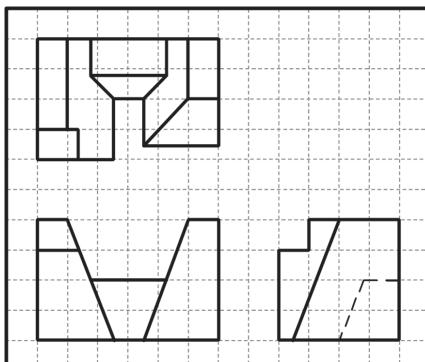
<b>Descripción:</b>	<p>De los objetos representados en vistas ortogonales, obtenga la vista isométrica. Todos están dibujados usando el método del tercer cuadrante. Seleccione la escala necesaria, tomando que cada división del dibujo mostrado es de 10mm. Identifique con números los planos visibles en el isométrico y su correspondencia en las vistas. No borre las líneas de construcción que usó para realizar el dibujo, pero recuerde el uso adecuado de los tipos de trazado necesarios. <b>No incluya en su dibujo la grilla o cuadricula dimensional. Es necesario dibujar las vistas aquí presentadas.</b></p>
---------------------	---



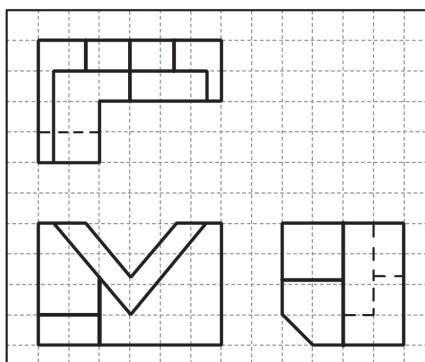
a)



b)



c)



d)

# PRÁCTICA 05

Dibujo de ingeniería y especializado

Dificultad:

**PR5. Generación de vista isométrica a partir de vistas ortogonales (2).**

Formato:

A4

**REFERENCIAS TEORÍA:**

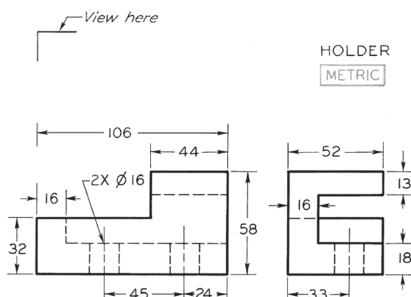
Capítulo 3.8 a 3.24 (Giesecke et al., 2013).

Capítulos 10 a 10.9, 11 a 11.2 (Bertoline &amp; Wibe, 2009).

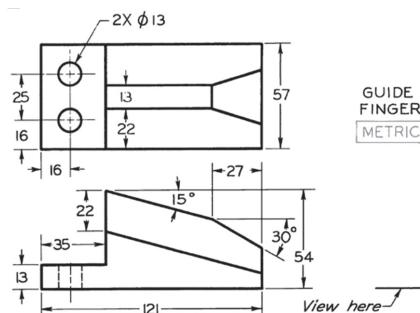
Diapositivas de clase 5 y 6.

**Descripción:**

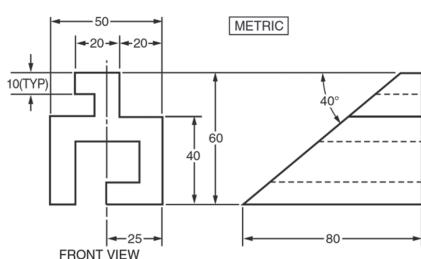
Para el objeto representado en dos vistas ortogonales, obtenga la tercera vista y genere una vista isométrica. Enumere las superficies visibles en el isométrico y en la representación por vistas. El objeto está representado en proyección de tercer cuadrante. Seleccione la escala necesaria, tomando que cada división del dibujo mostrado es de 10mm, seleccione la escala necesaria. No borre las líneas de construcción que usó para realizar el dibujo, pero recuerde el uso adecuado de los tipos de trazado necesarios. **No incluya en su dibujo las cotas o dimensiones.**



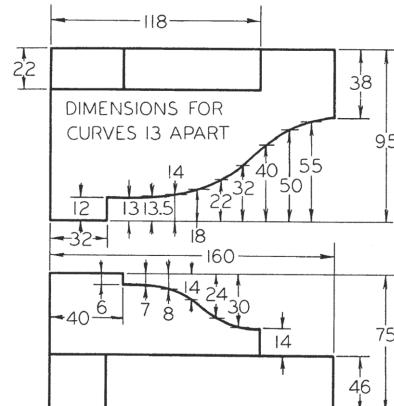
a)



b)



c)



d)

Dibujo técnico con gráficas de ingeniería (Giesecke, 2013)

**PRÁCTICA**

**06**

Dibujo de ingeniería y especializado

Dificultad:



PR6. Vistas auxiliares.

Formato:

A4

**REFERENCIAS TEORÍA:**

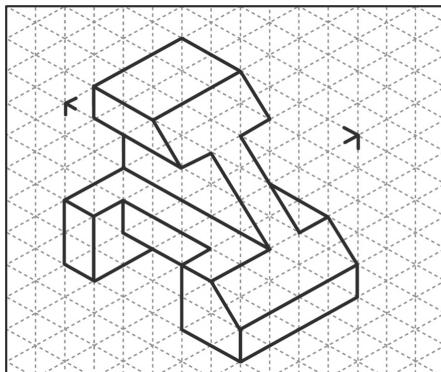
Capítulo 8 a 8.15 (Giesecke et al., 2013)

Capítulos 13 a 13.3.1 (Bertoline & Wibe, 2009)

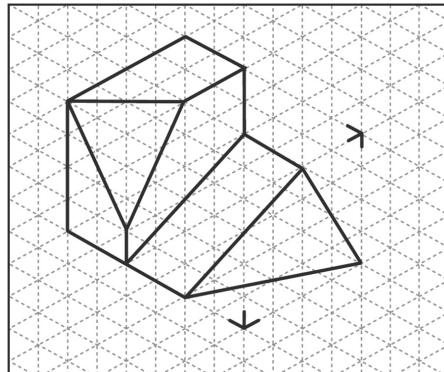
Diapositiva de clase 7.

**Descripción:**

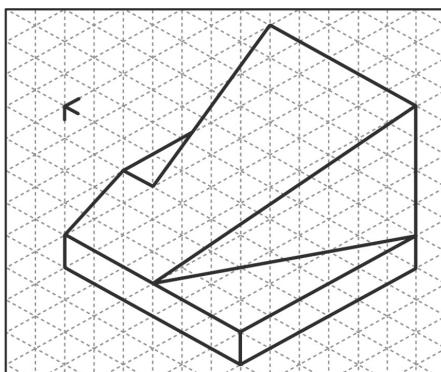
Del objeto mostrado a continuación genere las tres vistas principales y una vista auxiliar apropiada, usando el método de proyección de primer cuadrante. Seleccione la escala necesaria, tomando que cada división del dibujo mostrado es de 10mm. No borre las líneas de construcción que usó para realizar el dibujo, pero recuerde el uso adecuado de los tipos de trazo necesarios. No incluya en su dibujo las cotas o dimensiones.



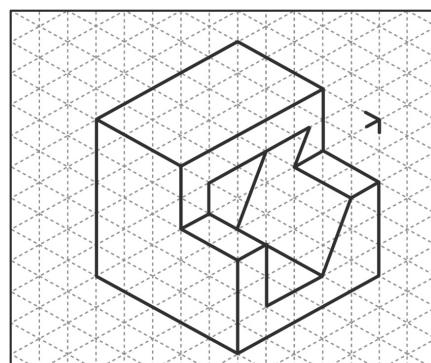
a)



b)



c)



d)

Engineering Graphics (Bertoline, 2009)

<b>PRÁCTICA 07</b>	<b>Dibujo de ingeniería y especializado</b>	<b>Dificultad:</b>	
	<b>PR7. Otros tipos de proyecciones axonométricas y oblicuas.</b>	<b>Formato:</b>	A4
<b>REFERENCIAS TEORÍA:</b> Capítulo 3.25 a 3.31 (Giesecke et al., 2013). Capítulos 11.3 a 11.5.4, 12 a 12.6 (Bertoline & Wibe, 2009). Diapositiva de clase 7.			
<b>Descripción:</b>	Del objeto mostrado a continuación genere una proyección axonométrica diferente a la isométrica (dimétrica o trimétrica) y una vista oblicua (caballera o perspectiva). Las unidades del dibujo son pulgadas, seleccione la escala necesaria. Los arcos no realizables con compás deben ser hechos a mano alzada, pero definiendo adecuadamente puntos de construcción. No borre las líneas de construcción que usó para realizar el dibujo, pero recuerde el uso adecuado de los tipos de trazado necesarios. <b>No incluya en su dibujo las cotas o dimensiones.</b>		

**PRÁCTICA**

# 08

Dibujo de ingeniería y especializado

Dificultad:



PR8. Cortes, secciones y roturas.

Formato:

A4

**REFERENCIAS TEORÍA:**

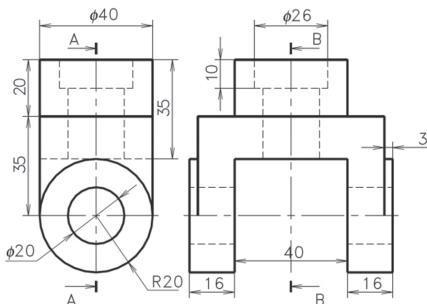
Capítulo 7 a 7.17 (Giesecke et al., 2013).

Capítulos 16 a 16.5 (Bertoline & Wibe, 2009).

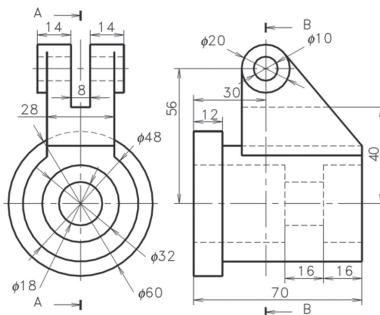
Diapositiva de clase 8.

**Descripción:**

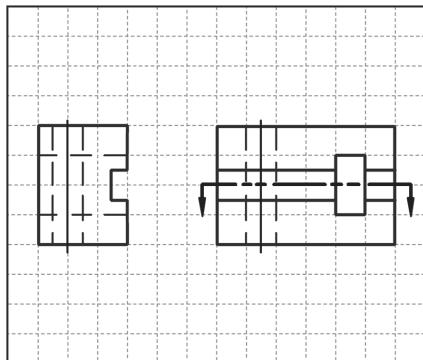
Del objeto mostrado a continuación genere la representación las vistas de sección indicadas. Seleccione la escala necesaria. Suponga que el material del objeto es acero. No borre las líneas de construcción que usó para realizar el dibujo, pero recuerde el uso adecuado de los tipos de trazado necesarios. **No incluya en su dibujo las cotas o dimensiones.**



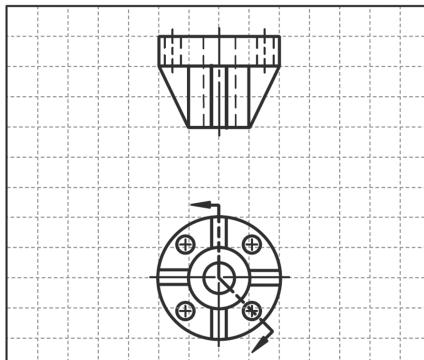
a)



b)



c)



d)

**PRÁCTICA****09**

Dibujo de ingeniería y especializado

Dificultad:



PR9. Dimensionamiento y tolerancias.

Formato:

A4

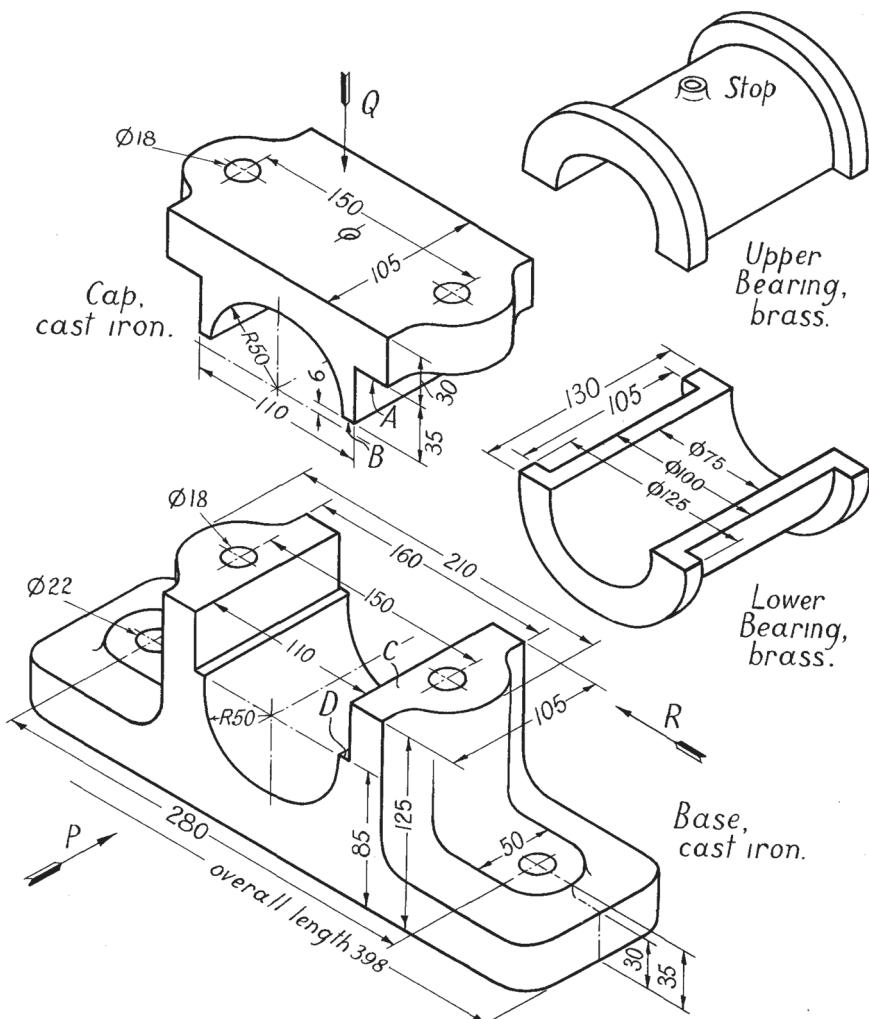
**REFERENCIAS TEORÍA:**

Capítulo 10 a 10.34 (Giesecke et al., 2013).

Capítulos 17 a 17.6 (Bertoline &amp; Wibe, 2009).

Diapositiva de clase 9.

**Descripción:** El dibujo siguiente muestra el explosionado de un cojinete de fricción usado para permitir el movimiento libre de un eje de 75mm. Realice en un dibujo de ingeniería el ensamblaje con lista de partes asociado. Determine el número y tipo de vistas necesarias.



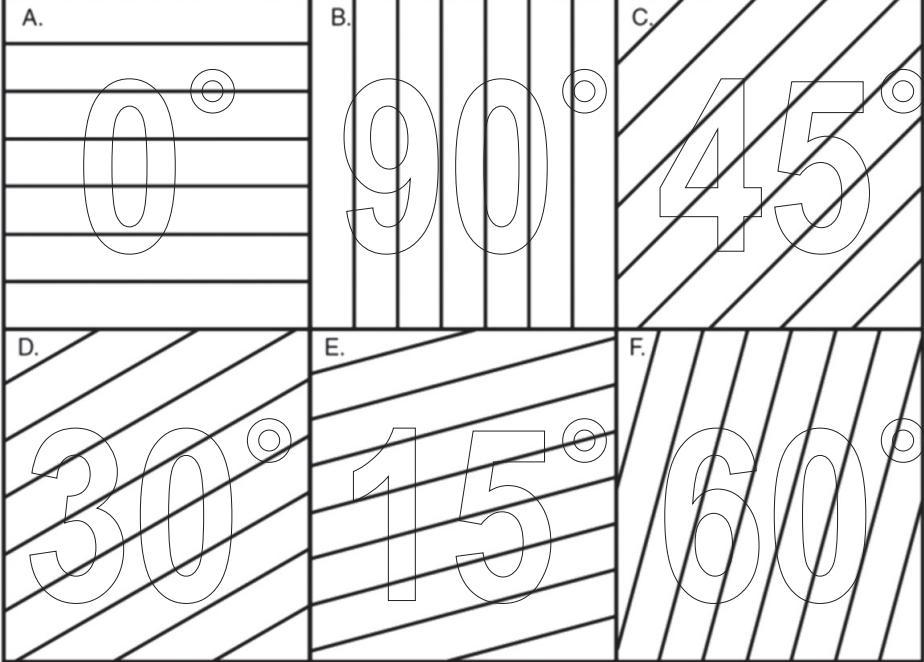
Technical Drawing(Abbott, 1978)

## **Trabajos fuera de clase (tareas)**

Los trabajos fuera de clase están planteados para reforzar los conocimientos y ejercicios vistos en clase; además tienen las mismas condiciones de desarrollo que los trabajos de clase, con la única diferencia que se deben desarrollar por fuera del aula. Estos trabajos también pueden tener orientación del docente por medio de los sistemas virtuales de comunicación o presencial en los horarios de atención de estudiantes.

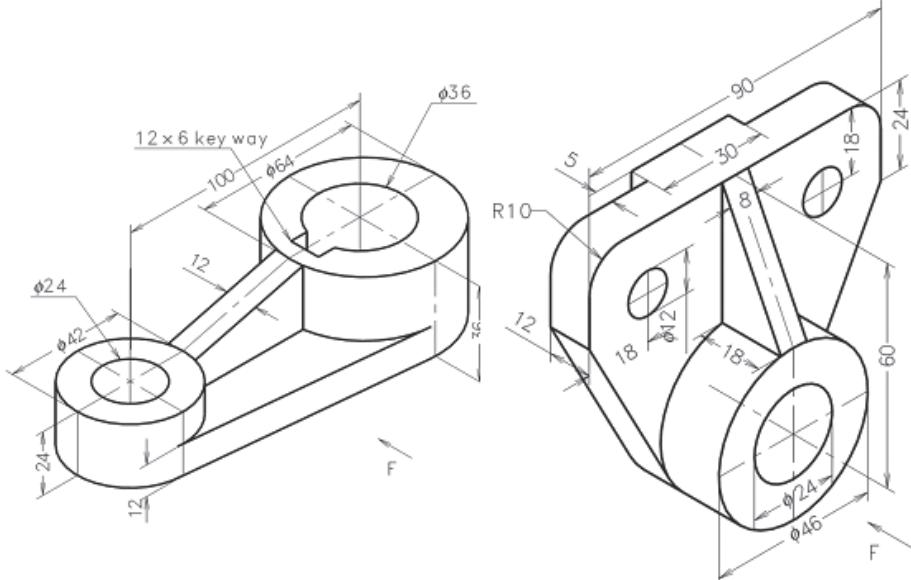
Para cada una de las tareas aquí formuladas el docente indicará la tarea y fecha de entrega con mínimo una semana de antelación, de acuerdo a la dificultad del trabajo. Dependiendo del desarrollo del curso se planteará una u otra tarea, por lo tanto puede no ser necesario desarrollarlas todas durante el curso, pero se recomienda a los estudiantes realizarlas como método de estudio independiente.

<b>TAREA 01</b>	<b>Fundamentos y normalización en dibujo</b>	<b>Dificultad:</b>				
	<b>TR1. Uso de lápices y formatos.</b>	<b>Formato:</b>	A4			
<b>REFERENCIAS TEORÍA:</b> Capítulos 2.21, 2.27 a 2.29, 3.1 a 3.5 (Giesecke et al, 2013). Capítulos 6.3 a 6.46, 6.6 a 6.9, 7.2 a 7.5.4 (Bertoline & Wibe, 2009). Diapositivas de clase 1, 2 y 3.						
<b>Descripción:</b>	Divida un formato en <b>seis áreas iguales</b> y dibuje en un plano de ingeniería la combinación de líneas como la mostrada en la figura. Las líneas deben ser hechas sin instrumentos y con una densidad aproximada de 5mm. Las líneas de las áreas A, C y E deben ser líneas gruesas, mientras las líneas B, D y F deben ser líneas finas. Seleccione adecuadamente el lápiz para los diferentes tipos de trazos.					
Fuente: Engineering Graphics (Bertoline, 2009)						

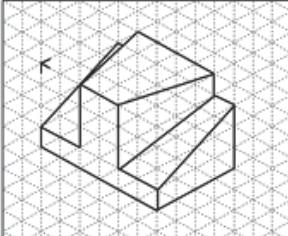
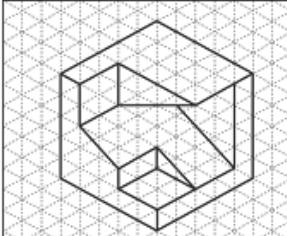
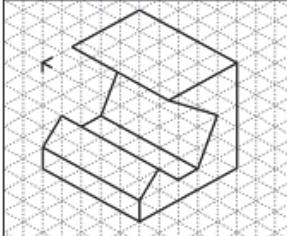
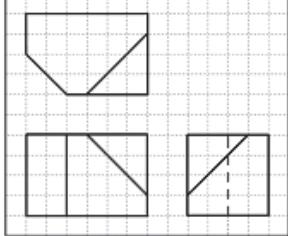
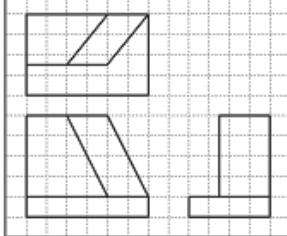
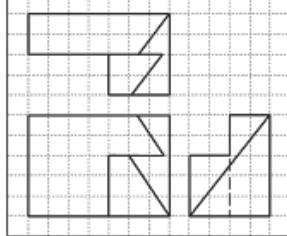
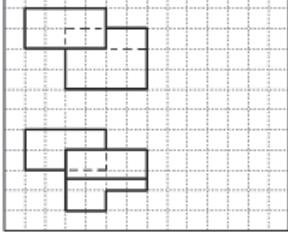
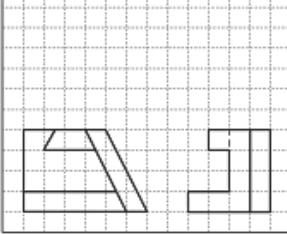
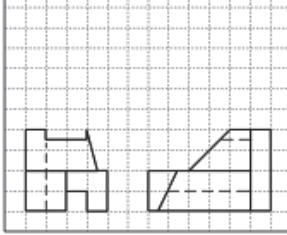
<b>TAREA 02</b>	Fundamentos y normalización en dibujo	Dificultad:	★☆☆☆☆			
	TR2. Uso de instrumentos en dibujo técnico.	Formato:	A4			
	<b>REFERENCIAS TEORÍA:</b> Capítulo 4 a 4.17 (Giesecke et al., 2013). Capítulos 6.3 a 6.46, 6.6 a 6.9 (Bertoline & Wibe, 2009). Diapositivas de clase 1, 2 y 3.					
<b>Descripción:</b>	Divida un formato en <b>seis áreas iguales</b> y genere un plano de ingeniería que reproduzca el tramado mostrado a continuación con la inclinación inscrita usando solamente las escuadras de $60^\circ$ y $45^\circ$ . Las líneas deben ser hechas con una densidad aproximada de 5mm. Las líneas de las áreas A, C y E deben ser líneas finas, mientras las líneas B, D y F deben ser líneas gruesas. Seleccione adecuadamente el lápiz para los diferentes tipos de trazos.					
						
Fuente: Engineering Graphics (Bertoline, 2009)						

<b>TAREA 03</b>	<b>Fundamentos y normalización en dibujo</b>	<b>Dificultad:</b>	
	<b>TR3. Letra técnica.</b>	<b>Formato:</b>	A4
<b>REFERENCIAS TEORÍA:</b> Capítulo 2.12 a 2.20 (Giesecke et al., 2013). Capítulos 7.10 a 7.11 (Bertoline & Wibe, 2009). Diapositivas de clase 1, 2 y 3.			
<b>Descripción:</b>	Cree la división de líneas como la mostrada en la figura siguiente y <b>reemplace los datos personales del estudiante con los suyos</b> , repita cada bloque de texto hasta completar el formato. No olvide incluir el rótulo del curso. Cada línea de división debe ser hecha con trazo muy fino y el texto en trazo grueso siguiendo la norma (usando adecuadamente los lápices para lograr el trazo). Puede seleccionar la letra A recta o inclinada a 75° como lo indica la norma. <b>La dirección del formato es VERTICAL.</b>		
<p>UNIVERSIDAD DISTRITAL, BOGOTA COLOMBIA Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas CARLOS GOMEZ COD. 11232015004 Carlos Javier Gomez Franco Cod: 1123015004 UNIVERSIDAD DISTRITAL, BOGOTA COLOMBIA Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas CARLOS GOMEZ COD. 11232015004 Carlos Javier Gomez Franco Cod: 1123015004</p>			

Fuente: Engineering Graphics (Bertoline, 2009)

<b>TAREA 04</b>	<b>Fundamentos y normalización en dibujo</b> <b>TR4. Dibujo de arcos y círculos en isometría.</b>	<b>Dificultad:</b> ★★★★☆ <b>Formato:</b> A4
<b>REFERENCIAS TEORÍA:</b> Capítulo 3.8 a 3.24 (Giesecke et al., 2013). Capítulos 10 a 10.9, 11 a 11.2 (Bertoline & Wibe, 2009). Diapositivas de clase 5 y 6.		
<b>Descripción:</b> Replique el objeto mostrado a continuación girado 90° con respecto a un eje de su elección, en un dibujo de ingeniería con una vista isométrica. Los círculos deben ser realizados usando la aproximación de cuatro arcos. Seleccione la escala necesaria. No borre las líneas de construcción que uso para realizar el dibujo, pero recuerde el uso adecuado de los tipos de trazado necesarios. No incluya en su dibujo las cotas o dimensiones.		
		

Textbook of machine drawing(Jhon,2010)

<b>TAREA 05</b>	Dibujo de ingeniería y especializado	Dificultad:	
	TR5. Dibujo isométrico y representación multivista.	Formato:	A4
<b>REFERENCIAS TEORÍA:</b> Capítulo 3.8 a 3.24 (Giesecke et al., 2013). Capítulos 10 a 10.9, 11 a 11.2 (Bertoline & Wibe, 2009). Diapositivas de clase 5 y 6.			
<b>Descripción:</b>	Descargue e instale en un computador el <b>Software Tablero Digital en Ingeniería – DIMSI</b> . Mediante el uso de este software realice 4 dibujos isométricos de la lista mostrada a continuación, se debe seleccionar por lo menos uno de cada fila y asegurar que quede completamente definido (bordes y planos no visibles). Envíe los dibujos realizados y haga un informe en el cual se indique los números identificados de cada plano en las vistas, también se debe incluir los problemas o errores que el sistema presentó durante el desarrollo de la presente tarea.		
        			

**TAREA  
06**

Dibujo de ingeniería y especializado

Dificultad:



TR6. Vistas auxiliares.

Formato:

A4

**REFERENCIAS TEORÍA:**

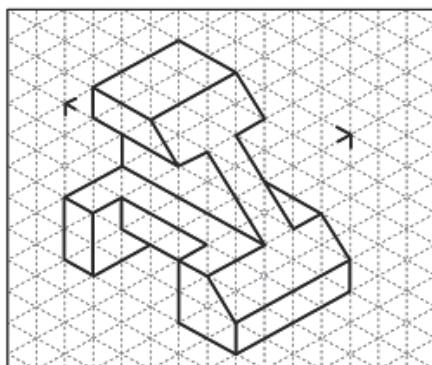
Capítulo 8 a 8.15 (Giesecke et al., 2013).

Capítulos 13 a 13.3.1 (Bertoline & Wibe, 2009).

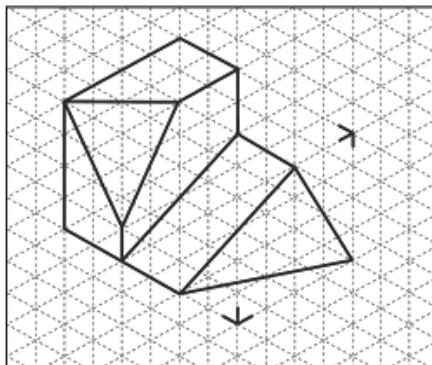
Diapositiva de clase 7.

**Descripción:**

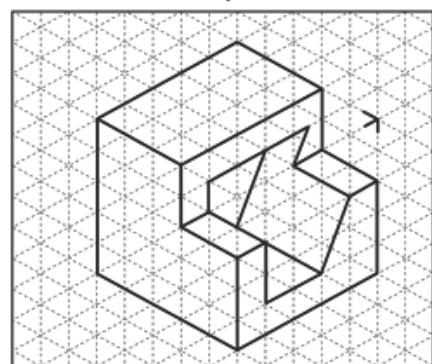
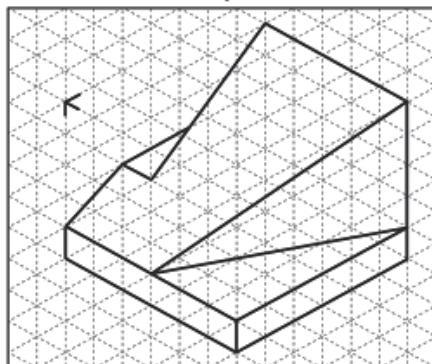
Para el objeto seleccionado del siguiente conjunto, determine todas las superficies en tamaño y forma real. Dibuje cada una de estas superficies en cartón paja o cartulina, córtelas y construya el sólido pegando cada una de las superficies en el orden adecuado. Seleccione la escala para la construcción, de tal manera que el sólido resultante no exceda el tamaño de un cubo de 120 mm. La entrega corresponde a un dibujo de ingeniería con todas las superficies (dimensiones incluidas) y el sólido resultante.



a)



b)



# Referencias

- Giesecke, F., Mitchell, A., Cecil, H., Ivan, L., Thomas, J., Novak, J. & Lockhart S. (2013). *Dibujo y comunicación gráfica*. Pearson.
- Bertoline, G. & Wiebe, E. (2009). *Technical graphics communications*. McGraw-Hill.
- Jhon, K.C. (2010). *Textbook of machine drawing*. PHI Learning.
- Abbott, W. (1978). *Technical Drawing*. PHI Learning.
- Tristancho, J. (2013). *Diapositivas de clase, Dibujo en Ingeniería*. Universidad Distrital. Recuperado de: <http://ingenieria1.udistrital.edu.co/udin/enrol/index.php?id=439>



# Anexo f. Manual del usuario software de tablero digital para ingeniería DIMSI (SotDIN)



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

Facultad de Ingeniería



# Contenido

## Introducción

### Capítulo 1

#### Instalación del software y operación

- Requerimientos del sistema
- Instalación
- Iniciando y finalizando SotDIN
- Desinstalar SotDIN

### Capítulo 2

#### Interface del usuario y comandos básicos

- Sistema de archivo SotDIN
- Estructura de la ventana principal
- Control de archivo
- Control de tableros
- Control de visualización
- Control de capas

### Capítulo 3

#### Comandos y proceso de creación de tableros

- Creación de entidades de dibujo
- Edición de entidades de dibujo
- Herramientas integradas
- NumPAD para tablero digital
- Modelos 3D por interpretación de dibujo isométrico

### Capítulo 4

#### Tutoriales y ejemplos de uso

- Ejercicios de Dibujo en Ingeniería
- Isometrías
- Proyecciones oblicuas
- Proyecciones en perspectiva
- Vistas ortogonales
- Vistas auxiliares
- Generación 3D a partir de la vista en isométrica
- Uso de objeto Microsoft Activex/COM y .NET

# Introducción

La generación de imágenes mentales tridimensionales a partir de representaciones simbólicas, icónicas o bidimensionales —al igual que el proceso inverso— representa uno de los mayores avances en la evolución humana, enmarcándose dentro de lo que se conoce como habilidad espacial. Las habilidades espaciales son el origen de desarrollos humanos tan importantes como la escritura y el arte, además de piedra angular para el progreso de la arquitectura e ingeniería.

La importancia del desarrollo de las habilidades espaciales está demostrada en su inclusión dentro de los ocho tipos de inteligencia humana: lingüística, lógico-matemática, cinético-corporal, musical, interpersonal, intrapersonal, naturalista y espacial (Lieu, 2010). Todas las personas desarrollan de manera diferencial cada una de estas habilidades de acuerdo al ambiente y consideraciones de predisposición de género y genéticas.

La diferencia en el desarrollo de habilidades y de apropiación de conocimiento es evidente en los estudiantes que ingresan a primer semestre de Ingeniería. La primera etapa que todo curso debe buscar es la homogenización de perfiles y conocimientos antes de iniciar el proceso de adquisición de nuevo conocimiento y su apropiación. Cada vez los tiempos y espacios disponibles para lograr la homogenización del grupo son menores, y por ello se deben buscar métodos y herramientas que permitan aumentar la curva de aprendizaje de los estudiantes.

Las herramientas educativas interactivas ofrecen una gran ayuda a los estudiantes para incrementar la tasa de entendimiento de problemas y solución de los mismos. Entre las herramientas interactivas de aula más usadas en la actualidad se encuentran los proyectores multimedia (video proyector), los tableros digitales (smart board) y los dispositivos móviles con pantalla táctil.

SotDIN es un software diseñado para facilitar la integración de los sistemas de tablero digital con los contenidos programáticos de los cursos del núcleo básico de Ingeniería. La primera versión de SotDIN permite el desarrollo del tema asociado a los cursos de Dibujo en Ingeniería, Expresión Gráfica o Dibujo Técnico. SotDIN con su módulo de dibujo, no tiene como objetivo tener las capacidades técnicas que un programa CAD promedio posee, su orientación principal es la de dar soporte a estudiantes en el desarrollo de habilidades espaciales y solución de problemas de Dibujo en Ingeniería.

SotDIN fue el producto principal del proyecto de investigación “*Generación y validación de contenidos didácticos para el desarrollo de habilidades espaciales en ingeniería por medio de la implementación TIC*”. Este proyecto fue financiado por el Instituto de Estudios e Investigaciones Educativas (IEIE) y la Universidad Distrital, bajo la administración del Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CIDC). El desarrollo técnico y metodológico fue realizado por el grupo de investigación Diseño, Modelamiento y Simulación (DIMSI) del Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

El proyecto de investigación fue desarrollado durante el transcurso del año 2013, siendo director del mismo el Ing. Julián Tristáncho M. Sc., Ph. D. y como investigadores el Ing. Leonardo Contreras M. Sc. y el Ing. Luis Fernando Vargas M. Sc., además del trabajo como asistente de investigación de la estudiante Diana Guerrero.

En este documento se presenta un manual de usuario distribuido en tres partes; en la primera sección se hace una breve explicación técnica de los requisitos y procedimiento de instalación; luego una explicación de la interfaz de usuario que SotDIN posee, mostrando el uso de los comandos principales; en la parte final se muestra la solución de diferentes problemas típicos de Dibujo en Ingeniería y uso de la herramienta como objeto de aprendizaje sobre diferentes plataformas.

Para mayor información sobre el uso del software o de los autores, puede dirigirse a los siguientes canales de contacto, agradecemos de antemano cualquier sugerencia o comentario:

**Dirección:** Carrera 7 n.º 40 B – 53, Bogotá D.C - República de Colombia.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial.

Grupo de investigación: Diseño, Modelamiento y Simulación (**DIMSI**).

**Porta web:** <https://sites.google.com/site/uddimsi>

**Email:** ud.dimsi@gmail.com

**Portal de videos:** <https://www.youtube.com/user/UDDIMSI>

**Advertencia:** este software técnico es un instrumento destinado a ser usado únicamente en el ámbito educativo, contribuyendo a la formación de nuevos ingenieros. Nunca sustituye un buen juicio profesional. Debido a la gran diversidad de aplicaciones potenciales del software, ni la Universidad Distrital, ni el grupo de investigación DIMSI, serán responsables por el uso inadecuado de los resultados obtenidos con la utilización del software. Incumbe a las personas que utilizan el software la supervisión, gestión y control del mismo. Esta responsabilidad incluye, entre otros, la determinación de usos apropiados para el software, así como la selección de otros programas o técnicas con objeto de obtener los resultados previstos.

# Capítulo 1. Instalación del software y operación

## Requerimientos del sistema

Para ejecutar el módulo deberá tener los siguientes recursos de sistema como mínimo:

- Computador PC o compatible con procesador Pentium III (o superior) y velocidad de procesador superior a 1.5 GHz.
- Sistema operativo: Microsoft ® Windows XP/Vista/7/8 o superior.
- DirectX 9 o posterior, para sistemas Win7 o anteriores. En Win8 y posteriores DirectX se encuentra integrado dentro del sistema operativo.
- Tarjeta de video compatible con DirectX.
- Conexión a internet. Si el sistema no está actualizado es necesaria la conexión a internet para que el software instalador realice la descarga de los prerequisitos necesarios.
- Espacio libre en disco duro: 250 Mb.
- 1024 Mb de memoria extendida RAM.

## Instalación

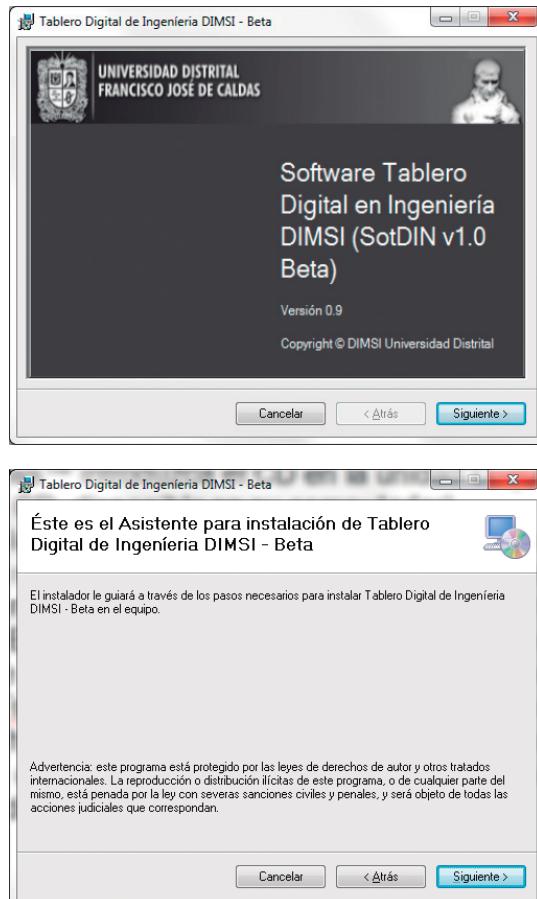
Inicie Windows™, introduzca el CD en la unidad D (donde la letra D corresponde al nombre de la unidad de CD disponible en su computador) o proceda a descargar el programa desde la ubicación de internet suministrada por el administrador del sistema.

Entre al Explorador de Windows™ y seleccione la unidad correspondiente donde se encuentren los instaladores (unidad D), luego entre a la *Carpeta Instaladores*.

Ejecute el programa *setup.exe* de esta unidad, con este comando se inicia el programa de instalación. Este programa es un instalador secuencial el cual descarga y ejecuta los requerimientos de software que necesita SotDIN para poder ser ejecutado. Estos requerimientos son: Microsoft® FrameWork® V4.0 y el paquete de idiomas de Microsoft® FrameWork®.

Una vez se han instalado los requerimientos de software para el SotDIN, se inicia la instalación del software como tal (ver figura 1), para ello siga cuidadosamente cada uno de los pasos que el asistente de instalación le indica.

**Figura1.** Ventanas de inicio para el proceso de instalación SotDIN



## Iniciando y finalizando SotDIN

Haga clic sobre *Inicio/Programas/SotDIN* del menú Inicio para dar inicio al software. El programa de instalación crea automáticamente un acceso directo en el escritorio de su computador, desde el cual puede iniciar también SotDIN.

Para finalizar la aplicación se puede utilizar cualquiera de los métodos estándar que posee Windows™ para finalizar aplicaciones (ejemplo: Alt+F4, clic sobre la X de la barra del programa, etc.) o en el menú *Archivo/Salir*. Antes de iniciar el proceso de cerrado de la aplicación el software revise si se han hecho modificaciones a la configuración del proyecto activo, el software procederá a preguntar al usuario si desea guardar los cambios realizados.

## Desinstalar SotDIN

Para desinstalar el software *Tablero Digital de Ingeniería DIMSI* de su sistema, debe seguir los siguientes pasos:

- Inicie Microsoft® Windows™, si no ha sido iniciado anteriormente.
- Haga clic en *Configuración/Panel de control* del menú Inicio, Ahora haga doble clic sobre el ícono *Adicionar/Quitar Programas* de la lista de programas que pueden ser desinstalados, haga clic en *Tablero Digital de Ingeniería*, y siga cuidadosamente las instrucciones que aparecerán en pantalla.



# Capítulo 2. Interface del usuario y comandos básicos

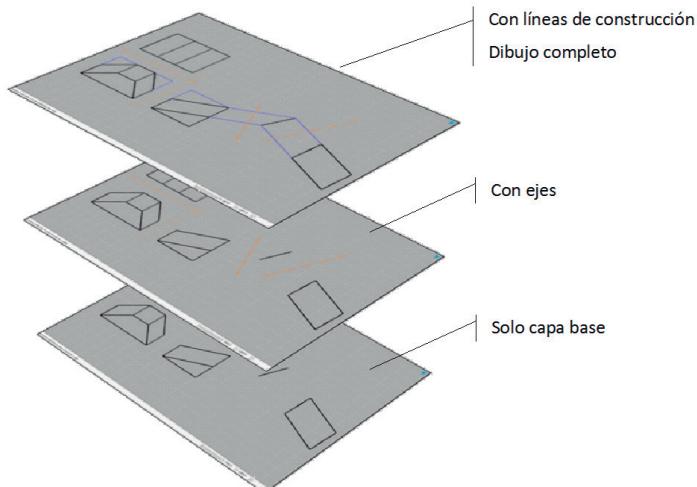
## Sistema de archivo SotDIN

Cada clase que se crea mediante SotDIN está compuesta por diferentes tableros, en cada uno de estos se puede realizar una parte o dibujo diferente. Solo es posible tener un tablero activo en cada momento de uso del software, con lo cual los demás tableros quedan ocultos.

A su vez las clases realizadas en SotDIN pueden ser construidas por medio de capas diferentes; en cada capa se puede configurar el color, espesor y tipo de la línea que se dibujó. En cada momento del proceso de la creación de la clase o dibujo es posible tener una o varias capas visibles con lo cual se pueden obtener dibujos compuestos como los mostrados en la figura 2, pero al igual que los tableros, solo es posible tener una capa activa en el momento de dibujar.

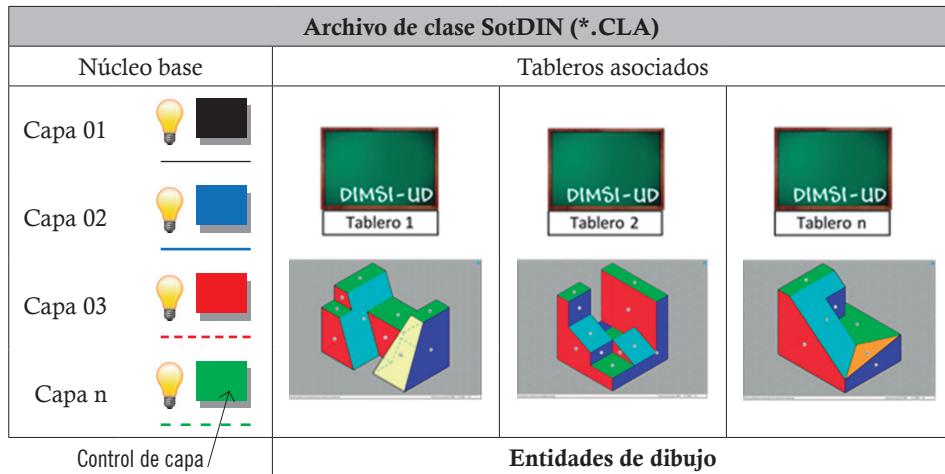
Cuando se crea una nueva entidad se asocia a la capa activa, esto implica que si las propiedades de la capa cambian, también se alteran las características de dibujo del objeto; mediante un comando es posible cambiar la capa asociada al objeto, como se explica en una sección más adelante.

**Figura 2.** Funcionamiento de las capas dentro SotDIN



En la figura 3 se puede observar el esquema jerárquico de tableros y capas dentro de un archivo de clase SotDIN. Las capas permanecen asociadas a todos los tableros y cualquier cambio alterará las entidades de dibujo asociadas.

**Figura 3.** Estructura de tableros y capas en el archivo base en SotDIN



## Estructura de la ventana principal

SotDIN está diseñado como un programa documento único, en el cual se puede apreciar un área de visualización gráfica de gran tamaño, una área de comandos disponibles y un área de visualización de mensajes (ver figura 4). Las principales áreas de la interfaz de usuario son:

1. Área agrupación: en esta área se agrupan los botones que permiten commutar la barra de tareas disponibles para la edición de la clase.

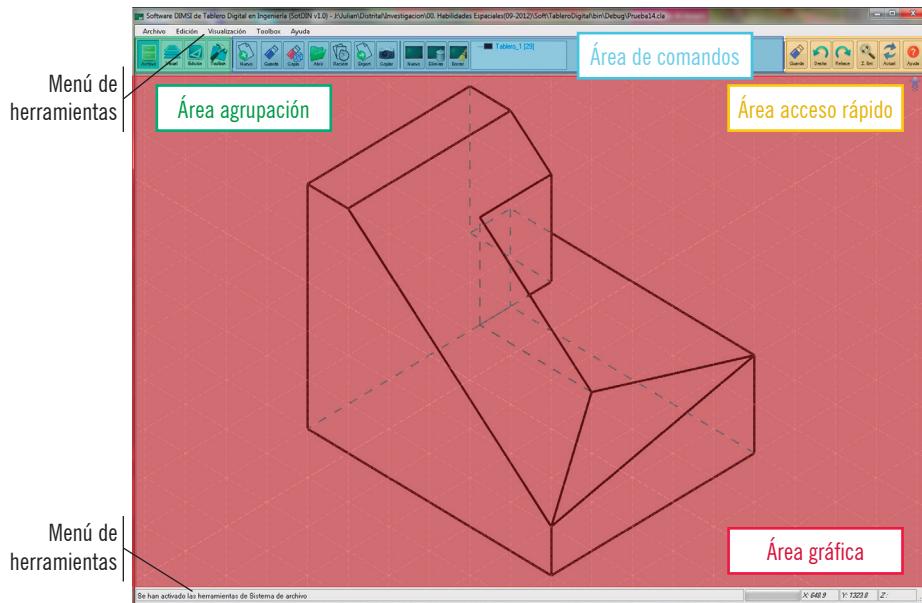
Existen cuatro agrupaciones:

-  **Archivo:** comandos asociados con el manejo de archivo.
-  **Visual:** manejo de visualización de la clase actual, capas, tableros, control de zoom, etc.
-  **Edición:** creación y edición de entidades gráficas disponibles.
-  **Toolbox:** acceso a los comandos de herramientas especializadas del tablero digital.

2. Área de comandos: en esta sección se ubican cada uno de los comandos disponibles de acuerdo a la selección del área de agrupación.
3. Área acceso rápido: comandos de uso frecuente dentro del proceso de dibujo. Entre los comandos se encuentran:
  -  **Guardar:** almacena en disco la versión de la clase actual.
  -  **Deshacer:** deshace la última operación de dibujo o visualización realizada. Los comandos asociados con la configuración del dibujo no son almacenados para deshacer, por ejemplo: cambios sobre la configuración de capas.
  -  **Rehacer:** rehace la operación que se deshizo con el comando *Deshacer*.
  -  **Dibujar / Selec:** altera el estado del cursor de selección permitiendo el dibujo de entidades o la selección de las mismas.
  -  **Z. Ext:** realiza un zoom de ajuste para permitir la visualización completa del dibujo actual.
  -  **Actual:** redibuja el tablero de la clase actual mostrando los últimos cambios realizados.
  -  **Ayuda:** muestra en pantalla este manual del usuario.
4. **Menú de herramientas:** reúne en forma de menús de Windows todos los comandos de archivo, visualización y edición presentes en SotDIN, se encuentra implementado para mantener la compatibilidad con sistemas anteriores y el uso de comandos rápidos por teclado.
5. **Área de mensajes:** en esta área se le informa al usuario todas las necesidades de información que el software requiere o avances en los procesos.
6. **Área gráfica:** en esta sección es donde se realizan los diseños o dibujos por parte del usuario. Esta área se puede expandir a pantalla completa si se hace clic sobre el ícono  (Ocultar/visualizar barra herramientas), ubicado en la parte superior derecha.

En el caso que la ventana de visualización sea muy pequeña y no sea posible mostrar por completo los comandos disponibles para el área de agrupación seleccionada, el sistema procederá a mostrar una barra deslizante en la parte superior derecha de la pantalla como la mostrada en la figura 5.

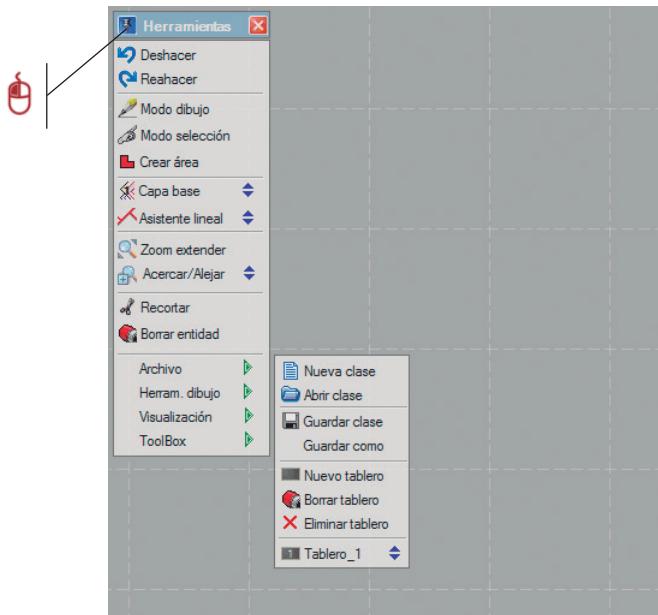
**Figura 4.** Partes ventana principal SotDIN



**Figura 5.** Barra de desplazamiento de comandos no visibles



Cuando se ocultan los botones de comando (ícono visible de esta forma: ), es posible activar la visualización del menú emergente con la cual se tiene acceso a todos los comandos disponibles si se hace clic con el botón derecho del apuntador, con lo cual se despliega un menú como el mostrado en la figura 6.

**Figura 6.** Menú emergente de acceso a comandos

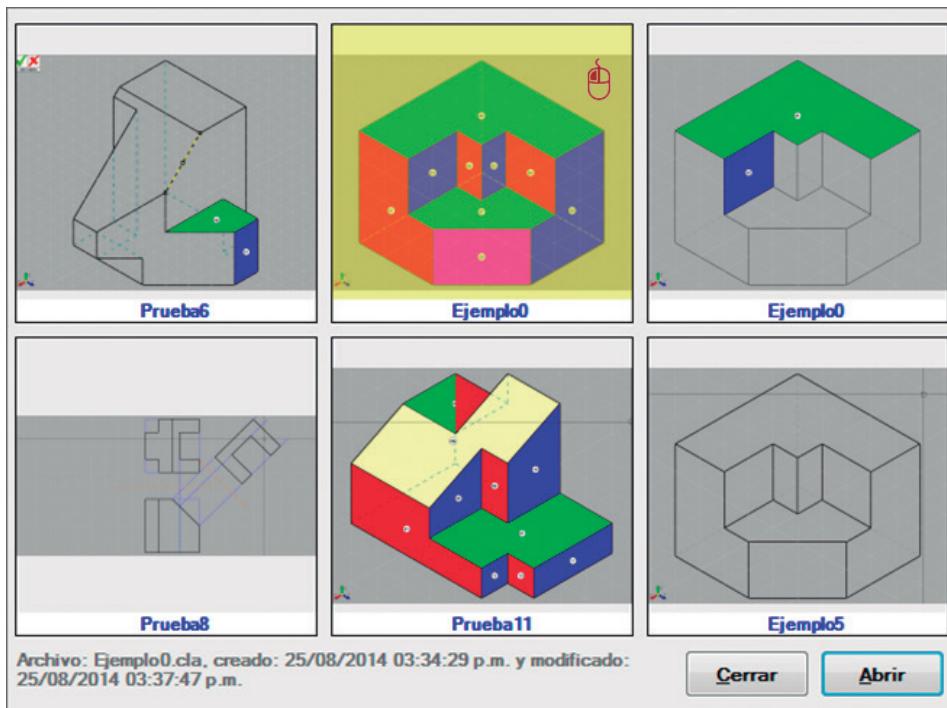
## Control de Archivo

Cada clase, dibujo o diseño realizado en SotDIN es almacenado en un archivo binario con extensión \*.cla. Una vez se activa el botón de agrupación Archivo, se despliegan los siguientes comandos:

- **Nuevo:** crea un nueva clase. Si la clase actual tiene cambios no almacenados el software desplegará un cuadro de advertencia permitiendo cancelar este comando, almacenar los cambios no almacenados o descartar los cambios. SotDIN solo puede tener un documento abierto en cada sesión.
- **Guardar:** almacena los cambios realizados en la clase actual. Si la clase no ha sido almacenada con anterioridad se procederá a desplegar una ventana para la selección de ubicación y nombre para el archivo.
- **Guardar como:** muestra una ventana para la selección de ubicación y nombre para la nueva copia del archivo actual en edición.
- **Abrir:** despliega una ventana para la selección de ubicación y nombre del archivo que desea ser abierto. Si la clase actual tiene cambios no almacenados el software desplegará un cuadro de advertencia, permitiendo cancelar este comando, almacenar los cambios no almacenados o descartar los cambios. SotDIN solo puede tener un documento abierto en cada sesión.

-  **Abrir reciente:** al hacer clic sobre este comando se hace visible una ventana como la mostrada en la figura 7, la cual presenta una imagen reducida de las ultimas 6 clases editadas y almacenadas por SotDIN en el sistema. Al hacer clic sobre alguna de las imágenes es posible ver la información del archivo seleccionado y si luego se oprime el botón **Abrir**, se abrirá la clase.

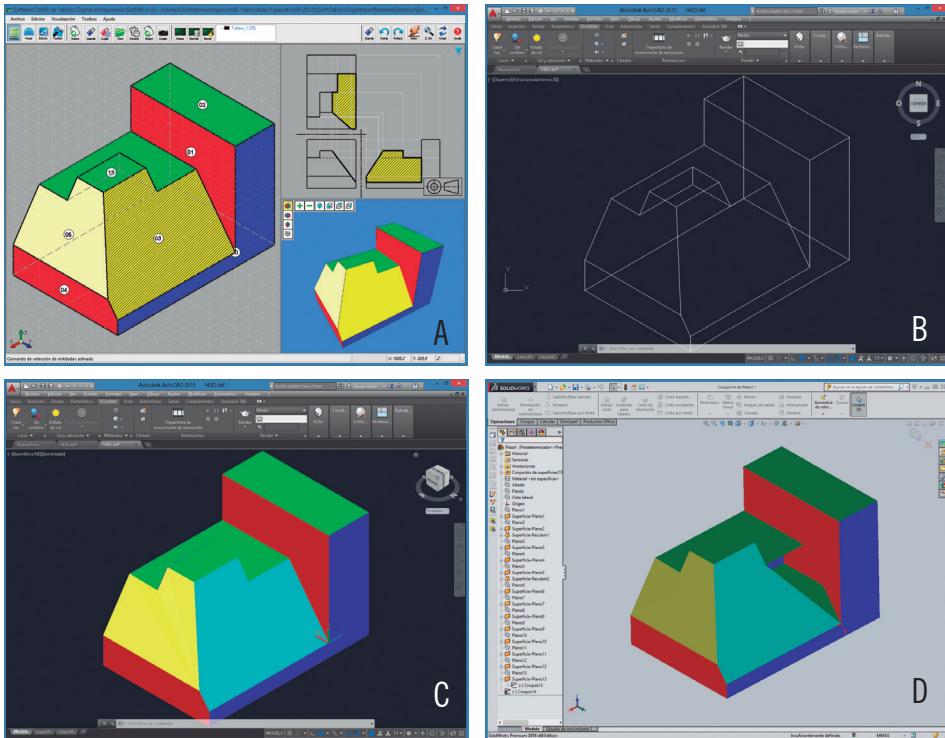
**Figura 7.** Ventana de últimos archivos editados



-  **Exportar:** mediante el accionamiento de este comando es posible exportar la ventana de visualización actual a un archivo gráfico (\*.bmp o \*.jpg) o en formato de intercambio de archivos gráficos (\*.dxf) que es almacenado en el sistema.

Existen dos métodos de exportación en formato DXF. El método de dos dimensiones (2D) permite exportar todo lo dibujado por el usuario, mientras que en tres dimensiones (3D) los objetos generados solo se exportan cuando se ha activado la herramienta de reconocimiento de objetos desde dibujo isométrico. El formato de exportación DXF, tiene soporte en la mayoría de las aplicaciones CAD. En la figura 8 se muestra el resultado de la exportación de un ejemplo a las aplicaciones AutoDesK, AutoCAD y SolidWorks.

**Figura 8.** Dibujos Importados en formato DXF del dibujo en SotDIN (a), en AutoCAD 2D (b), AutoCAD 3D (c) y SolidWorks (d).



- **Copiar imagen:** se crea una copia en el portapapeles del sistema correspondiente a la vista actual de la clase.

## Control de Tableros

Dentro de los comandos agrupados **Archivo**, se encuentran las herramientas necesarias para editar o configurar los tableros de la clase. En la sección anterior *Sistema de Archivos SotDIN* se encuentra la descripción y uso de los tableros. En la figura 9 se presentan los comandos disponibles para el control de tableros.

No es posible eliminar un tablero que posee elementos asociados, por ello es necesario borrar las entidades antes de eliminar el tablero. El sistema de igual manera impide que se tenga una clase sin tableros, por lo tanto siempre existirá por lo menos uno.

La lista de tableros disponibles activa cada uno de los tableros al hacer clic sobre el nombre, mostrando un ícono de (activo), si por el contrario tiene un , indicará que está inactivo. Si se hace clic sobre el nombre del tablero activo, se activará la edición del nombre del tablero mediante una casilla de texto acompañada de un botón de aceptación.

**Figura 9.** Comandos de control para tableros



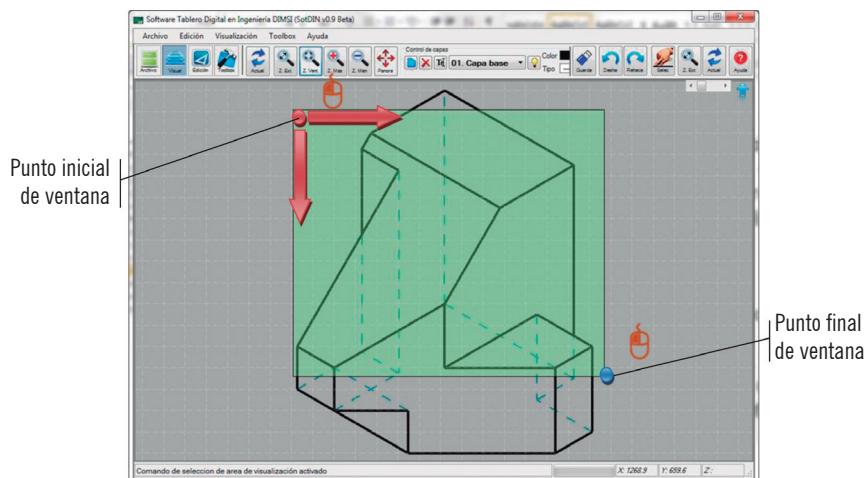
## Control de visualización

Con SotDIN es posible realizar clases o dibujos de cualquier tamaño, y por lo tanto existen comandos que permiten el control del área que se está visualizando en la ventana actual, además existe la posibilidad de controlar la información que se encuentra disponible para visualización mediante el control de las capas. Los comandos de control de visualización están disponibles al activar en el área de agrupación los elementos Visual, con lo cual se despliega:

- **Actualizar:** al hacer clic sobre el ícono obliga al programa a redibujar la presentación actual, garantizando que los cambios realizados sobre la configuración de visualización sean vistos. Este comando se encuentra repetido en el área de acceso rápido.
- **Zoom Extender:** realiza un proceso de zoom el cual garantiza que todo el tablero actual realizado sea visible en la ventana actual del programa. Este comando se encuentra repetido en el área de acceso rápido.
- **Zoom Ventana:** permite que el usuario seleccione un área de la vista actual, la cual es amplificada para ser mostrada ocupando toda el área de visualización. El proceso consiste en seleccionar el comando, con lo cual el cursor del ratón cambia a: , indicando que se encuentra listo para que el usuario, haciendo clic sobre el área gráfica, indique la primera esquina de la nueva área de visualización. Una vez se realiza esta selección se despliega un rectángulo móvil verde como el mostrado en la figura 10, cuando el usuario realiza el segundo clic sobre la ventana (punto azul), se procede a amplificar el área resaltada. Este comando permanece activo hasta que se seleccione otro o se cancele mediante la tecla ESC.
- **Zoom Más:** acerca la visual desde el centro de la ventana actual de visualización en un 10%. Este comando está disponible también si se usa la rueda central del ratón o apuntador, haciéndola girar hacia adelante.

-  **Zoom Menos:** alejar la visual desde el centro de la ventana actual de visualización en un 10%. Este comando está disponible también si se usa la rueda central del ratón o apuntador, haciéndola girar hacia atrás.
-  **Panorámico:** permite mover el área actual de visualización a través del tablero completo. Una vez se selecciona el comando, el cursor del apuntador cambia a . El usuario debe hacer clic con el botón principal del apuntador mantenido sobre algún punto del área gráfica, para luego mover el ratón en la dirección deseada de reubicación del observador, una vez se levanta el accionamiento del botón principal, se actualizará la pantalla. Este comando permanece activo hasta que se seleccione otro o se cancele mediante la tecla ESC y está disponible también si se usa la rueda central del ratón o apuntador, oprimiéndolo.

**Figura 10.** Proceso de selección de área para Zoom Ventana



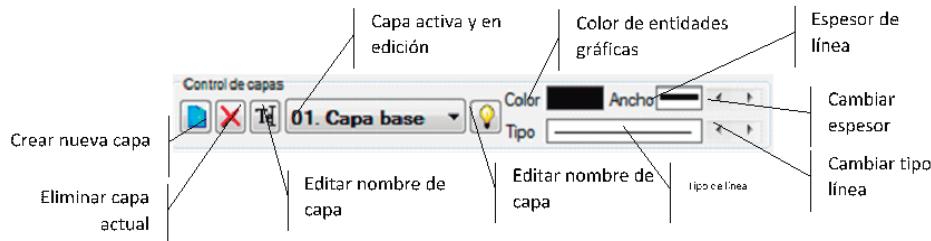
## Control de capas

Dentro de las herramientas disponibles al accionar  **Visual**, se encuentran los asociados con la edición y configuración de las capas disponibles en la clase actual. El concepto de capas se encuentra descrito en la sección anterior Sistema de archivo SorDIN.

Una clase realizada en SotDIN puede tener un número indeterminado de capas, según las necesidades del usuario. Al iniciar una nueva clase SotDIN presenta cuatro capas por defecto las cuales pueden ser modificadas por el usuario: 01. Capa base; 02 Líneas no visibles; 03. Líneas de construcción; y 04. Ejes. Las capas iniciales pueden ser modificadas o eliminadas a excepción de la 01. Capa base, la cual nunca puede ser suprimida.

La creación y configuración de las capas se realiza mediante los comandos agrupados que se muestran en la figura 11.

**Figura 11.** Comandos de control y edición de capas



- **Nueva capa**: crea una nueva capa en la clase actual. El nombre es asignando con “Capa\_n”, donde n es un entero consecutivo.
- **Eliminar capa**: elimina la capa activa. Solo es posible eliminar una capa si no se tienen entidades gráficas asociadas.
- **Cambiar nombre**: cambia el nombre a la capa activa. Una vez se acciona sobre el control de selección de capas se muestra una casilla de texto con el nombre actual, allí se puede introducir el nuevo nombre y hacer clic sobre el check de validación. No es posible tener dos capas con el mismo nombre, en una misma clase.
- **01. Capa base** **Capa activa**: es una lista desplegable que muestra los nombres de las capas disponibles en la clase, si se selecciona alguna se convierte en la capa activa.
- **Cambiar visualización**: al accionar este botón los elementos asociados con la capa activa desaparecen (Q) / aparecen (Q) de la clase activa. Si la capa activa está apagada los nuevos elementos gráficos que se dibujen desaparecerán una vez se termine de trazarlos.
- **Color de entidades**: muestra el color asociado a cada una de las entidades pertenecientes a la capa actual. Para cambiar el color de los elementos asociados se debe hacer clic sobre el rectángulo relleno, con lo cual se despliega la ventana del sistema operativo para la selección de color.
- **Ancho** **Cambiar ancho de línea**: permite cambiar el ancho de las líneas de las entidades gráficas asociadas a la capa activa. Para ello se debe

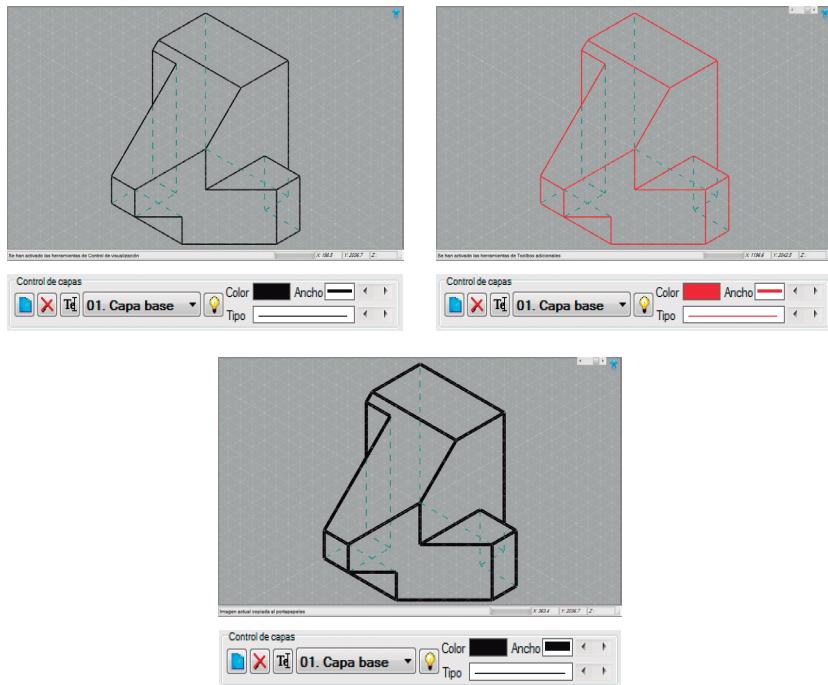
hacer clic sobre la barra de desplazamiento ubicada a la izquierda de la muestra del espesor actual.

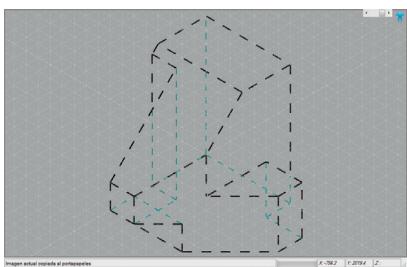
- Tipo** Cambiar tipo de línea: permite cambiar el tipo de línea de las entidades gráficas asociadas a la capa activa. Para ello se debe hacer clic sobre la barra de desplazamiento ubicada a la izquierda de la muestra del espesor actual. Los posibles tipos están descritos en la tabla 1.

**Tabla 1.** Tipos de líneas disponibles para las capas

En la figura 12 se puede observar el efecto del cambio de configuración de la capa principal sobre la clase, en la parte superior la visualización y en la parte inferior se muestra la configuración asociada de la capa activa **01. Capa base**.

**Figura 12.** Efecto del cambio de configuración de capas sobre un mismo dibujo





# Capítulo 3. Comandos y proceso de creación de tableros

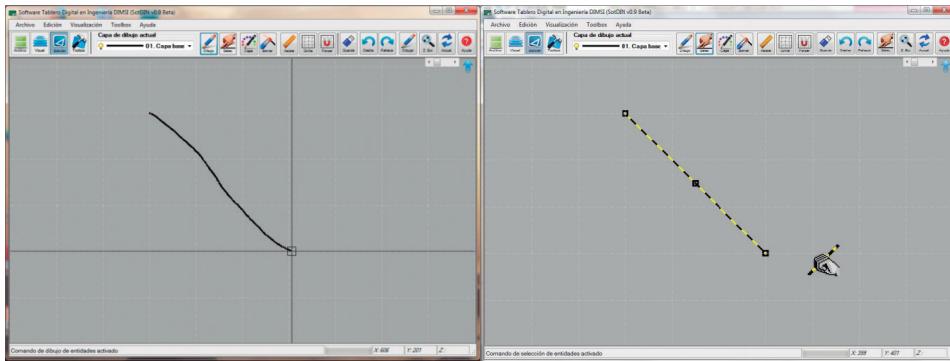
SotDIN está diseñado para permitir realizar todas las tareas que se pueden realizar en un tablero, como dibujo esquemático a mano alzada, dibujo de gráficas de comportamiento aproximado, escritura de textos y ecuaciones; además posee herramientas que garantizan que los dibujos realizados sean más claros y de fácil realización. Todos los comandos y herramientas disponibles para la generación de tableros y clases se encuentran agrupados en  Edición.

En términos generales SotDIN posee dos modos de funcionamiento:

-  **Modo creación de entidades:** de acuerdo a los asistentes habilitados permite la generación de diferentes tipos de entidades en el tablero activo.
-  **Modo de edición entidades:** permite la selección de entidades para la edición directa, eliminación o protocolos de selección para completar los comandos complementarios.

Cuando se cambia de un modo a otro la configuración del cursor se altera. En el modo de creación de entidades se presenta un puntero de precisión como el mostrado en la figura 13 izquierda, mientras que el módulo de edición está caracterizado por ser una mano como la mostrada en la derecha. Para acceder al cambio del modo de edición se puede acceder de igual manera desde los comandos de acceso rápido como se describió anteriormente en la sección *Estructura de ventana principal*.

**Figura 13.** Modos de funcionamiento. Izq.: modo creación. Dcha.: modo edición

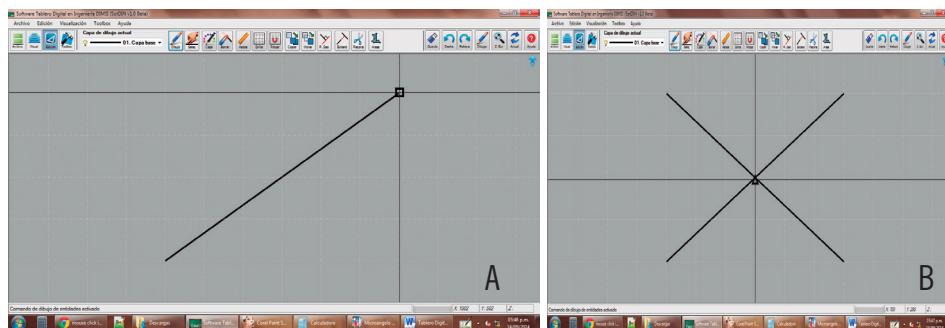


### Creación de entidades de dibujo

El usuario puede generar cualquier tipo de entidad gráfica mediante el cursor del sistema, para ello debe activar el modo de creación, hacer clic sobre la ventana del área gráfica y mover el apuntador manteniendo oprimido el botón principal, así se genera una entidad que se muestra en la pantalla con la configuración de la capa activa. Una vez el usuario suspende la activación del botón principal, la entidad queda adicionada al tablero activo.

El sistema tiene una serie de herramientas que permiten garantizar que las entidades creadas tengan características comunes de inicio o final. Estas herramientas son los elementos de rastreo automático, los cuales pueden detectar los puntos iniciales o finales de una entidad, al igual que los puntos de intersección. Al mover el puntero sobre el tablero actual SotDIN rastrea las condiciones de inicio, final e intersección, si detecta alguna, el cuadrado que demarca la ubicación del puntero cambia a un cuadrado grueso (condición de inicio o final de una entidad) o a un triángulo grueso (condición de intersección), si el usuario hace clic en la pantalla gráfica con alguna de estas condiciones la nueva entidad que se crea iniciará o finalizará en el rastreo seleccionado (ver figura 14).

**Figura 14.** Rastreos automáticos para la creación de entidades. a) Rastreo de punto final. b) Rastreo de intersección



SotDIN puede realizar ajustes sobre elementos creados si se encuentran activos algunos de los asistentes disponibles en el software, todos agrupados en  Edición:



- **Asistente de dibujo lineal:** este sistema transforma el objeto realizado por el usuario en una línea, mediante un proceso de regresión lineal. Si el objeto realizado por el usuario no tiene un nivel de ajuste mínimo para ser una línea recta, el sistema omite el dibujo realizado.



- **Sin asistente:** todos las entidades realizadas permanecerán como el usuario las realizó. Tampoco se harán ajustes a grillas.



- **Forzar ajuste a grilla:** activa el proceso por el cual toda entidad creada con un asistente de dibujo activado procederá a ajustarse a los puntos definidos por la grilla.



- **No forzar ajuste a grilla:** las entidades creadas se ubicarán en la posición donde el usuario la dibujó.



- **Grilla isométrica:** se dibujará una grilla isométrica (líneas a  $30^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $150^\circ$ ) igualmente espaciada en el área gráfica como guía para el usuario.

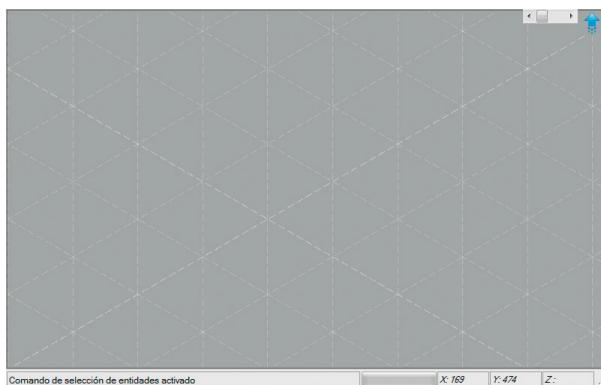


- **Grilla ortogonal:** se dibujará una grilla ortogonal igualmente espaciada en el área gráfica como guía para el usuario.

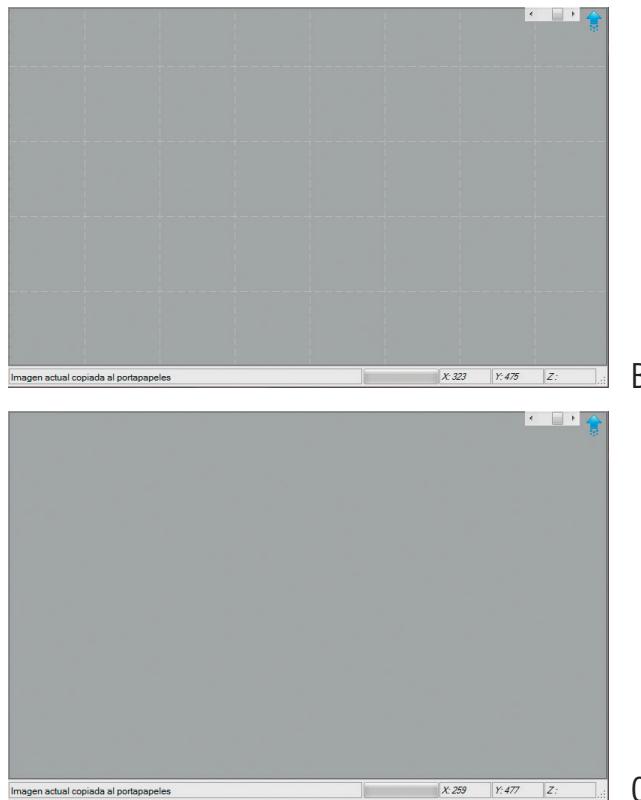


- **Sin grilla:** no se dibuja ninguna grilla, ni se fuerza la ubicación de los objetos creados (ver figura 15c).

**Figura 15.** Tipos de grillas en el área gráfica. a) Isométrica. b) Ortogonal. c) Sin grilla



A

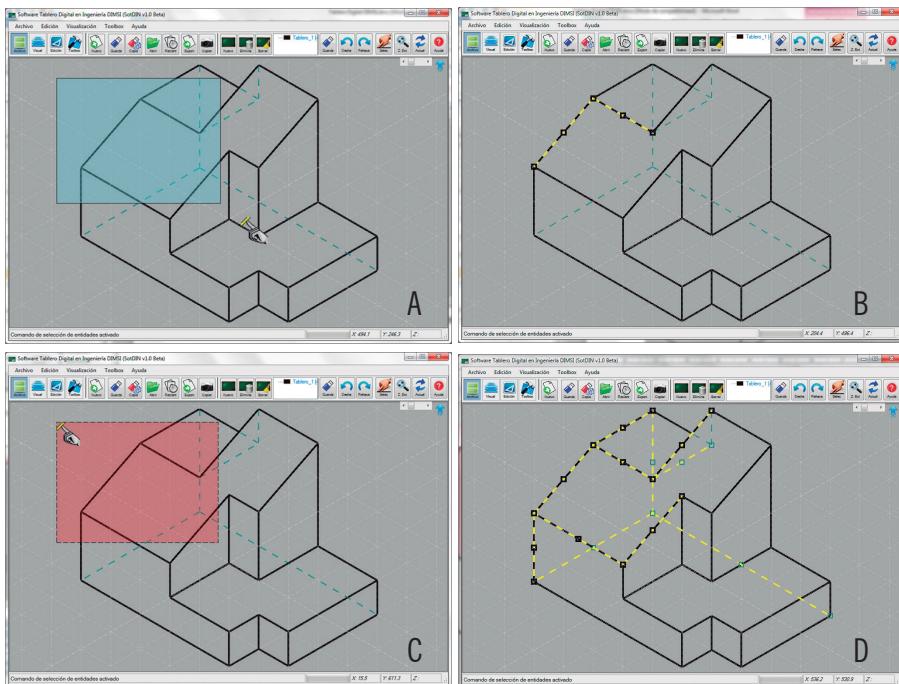


## Edición de entidades de dibujo

La edición de entidades dentro del software tiene dos posibilidades: edición directa mediante la modificación en pantalla de los puntos de control, o por comandos de edición especializados. Para realizar la edición de entidades es necesario realizar un proceso de selección, en SotDIN existen tres métodos de selección de entidades:

1. **Selección directa:** se hace clic cerca de la entidad ya existente.
2. **Selección por ventana:** se hace clic sobre un área libre de la ventana gráfica, para luego realizar el movimiento del puntero hacia la derecha y abajo, con lo cual se despliega un rectángulo azul de borde continuo. Todos los elementos que estén contenidos dentro de ese rectángulo serán seleccionados (figura 16a).
3. **Selección por ventana de cruce:** se hace clic sobre un área libre de la ventana gráfica, para luego realizar el movimiento del puntero hacia la izquierda y arriba, con lo cual se despliega un rectángulo rojo de borde no continuo. Todos los elementos que estén contenidos o se crucen dentro de ese rectángulo serán seleccionados (figura 16b).

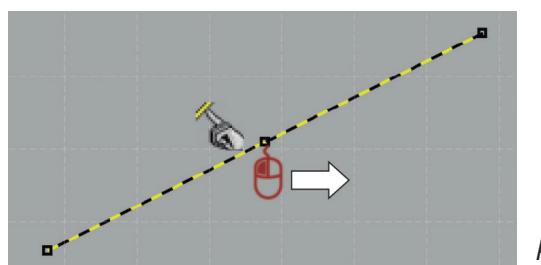
**Figura 16.** Métodos de selección de entidades en tablero activo.  
a) Selección por ventana. b) Por ventana de cruce

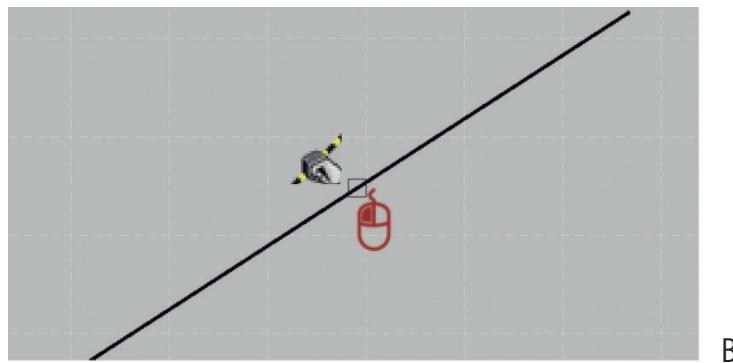


Los procesos de selección son reversibles, por lo tanto si se vuelve a seleccionar el elemento este se deseleccionará. También es posible cambiar de estado los objetos escogidos si se cambia a modo dibujo o se presiona ESC en el teclado.

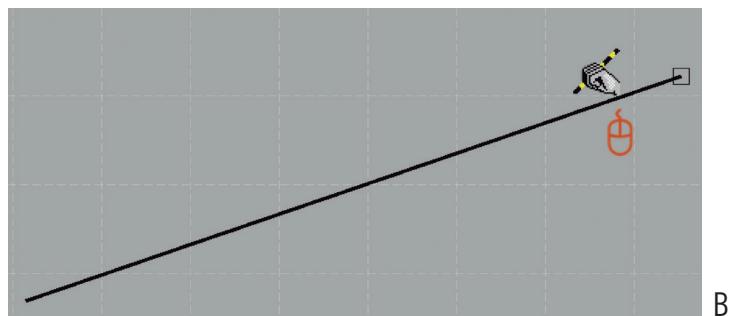
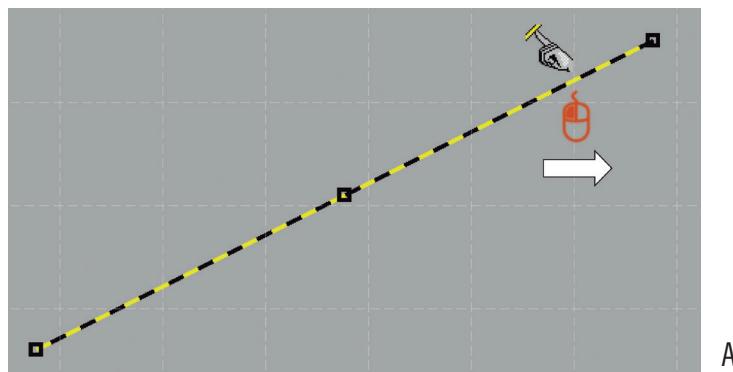
Toda entidad creada en SotDIN presenta tres puntos de control, los cuales permiten cambiar su ubicación (comando mover) o alterar su tamaño. Para ello el usuario debe primero seleccionar la entidad y mantener el modo de selección en el software, para luego hacer clic y mantener el botón oprimido sobre los cuadrados ubicados en los extremos (cambio de tamaño) o en el centro (cambio de ubicación), moviendo el puntero de ubicación se activa el comando (ver figura 17 y figura 18).

**Figura 17.** Proceso de mover entidad por edición directa. a) Selección del punto de control de movimiento. b) Arrastre con el puntero hasta la ubicación final





**Figura 18.** Proceso de cambio de entidad por edición directa. a) Selección de un punto de control de tamaño. b) Arrastre con el puntero hasta la nueva ubicación final

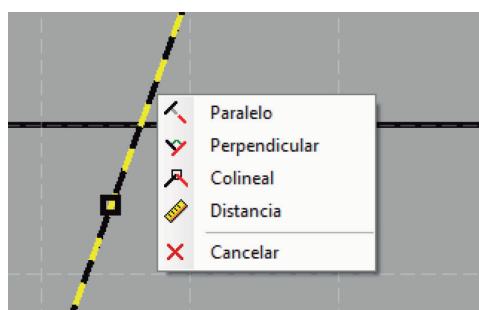


Todos los comandos que necesiten la selección de entidades y no se encuentre ninguna elegida mostrará un texto en el área de mensajes, y en la esquina superior izquierda unos íconos de confirmación como los mostrados en la figura 19. Si se activan estos íconos indican que se debe proceder a seleccionar la entidad o entidades (depende del comando) para luego confirmar con el ícono ✓. Si se oprime ✗ se cancela el comando actual y todos los métodos de selección se activan.

**Figura 19.** Botones confirmación de selección o comando

Los comandos especializados de edición de entidades presentes en SotDIN son los siguientes:

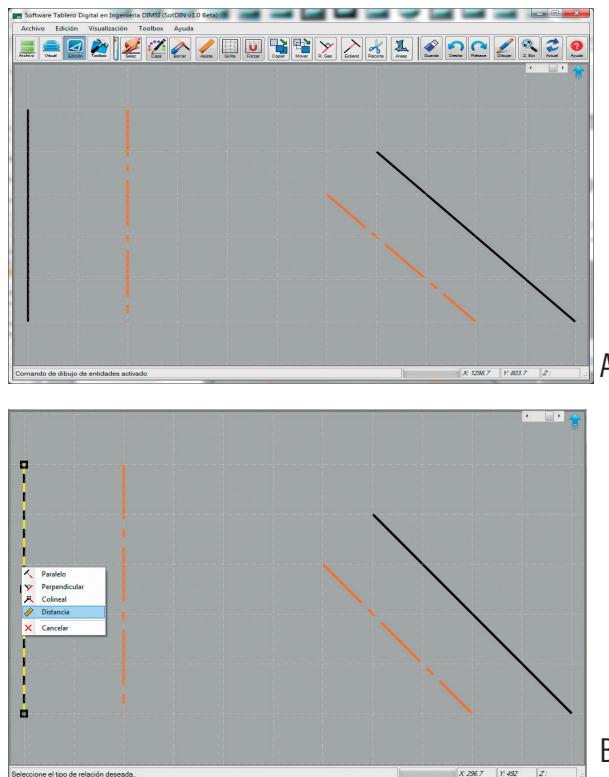
-  **Mover entidad:** permite cambiar la ubicación de las entidades seleccionadas desde un punto de referencia seleccionado. Este comando permanece activo hasta que sea cancelado por la selección de otro comando.
-  **Copiar entidad:** crea copias múltiples de un elemento seleccionado. Este comando permanece activo hasta que sea cancelado por la selección de otro comando.
-  **Forzar relación geométrica:** fuerza que dos entidades compartan alguna relación geométrica entre: paralelo, perpendicular y colineal. En estos casos el usuario debe seleccionar una única entidad, luego determinar el tipo de relación que desea a partir del menú flotante mostrado en la figura 20. Luego, cada entidad que se seleccione tendrá como relación geométrica la establecida. Este comando permanece activo hasta que sea cancelado por la selección de otro comando.

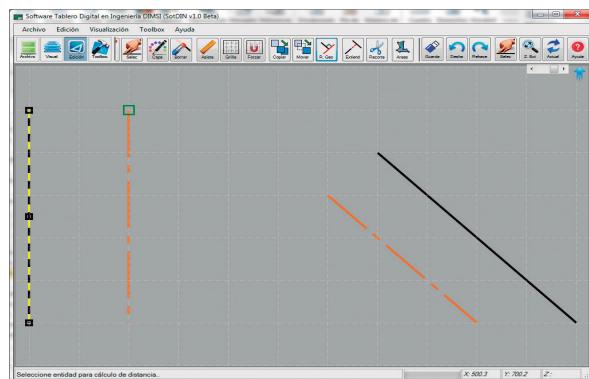
**Figura 20.** Establecer relación geométrica entre entidades

En el caso de la relación geométrica de *Distancia*, lo que se busca es que la distancia entre dos objetos (una usada como referencia) sea igual a la selección realizada al inicio del comando. El proceso de creación de relación geométrica de distancia es el siguiente (ver figura 21):

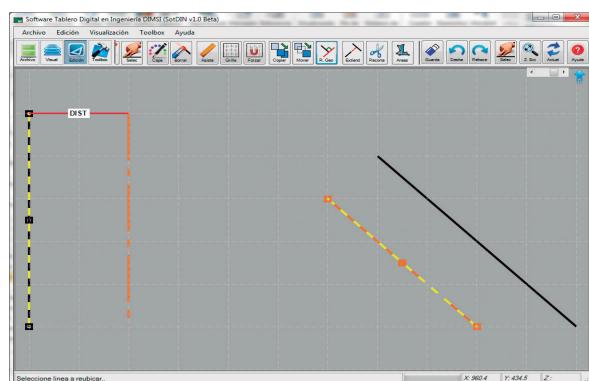
- Se activa el comando de forzar relación geométrica y se selecciona una de las entidades que va a ser usada como referencia.
- Del menú emergente se selecciona **Distancia**.
- Se selecciona un punto que corresponda a la distancia deseada para ubicar. La distancia siempre es perpendicular a la línea de referencia. Una vez se selecciona el punto, aparece una línea roja indicativa como se muestra en la figura 21d.
- Seleccionar la nueva línea de referencia para el movimiento de la línea que se desea reubicar.
- Confirmar () si es en la dirección mostrada la distancia que se desea ubicar o en la otra dirección haciendo clic sobre .
- El proceso reinicia desde el paso c, para hacer más reubicaciones referenciales.

**Figura 21.** Proceso para establecer relación geométrica de distancia

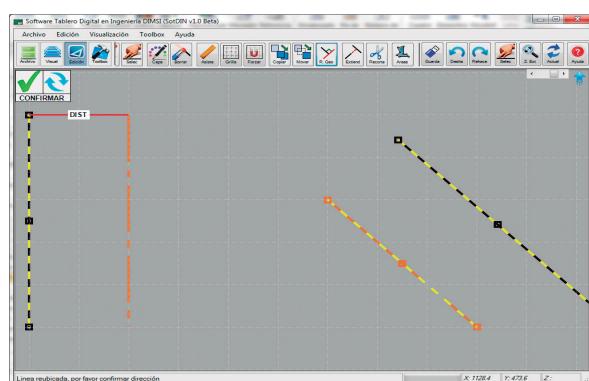




C



D



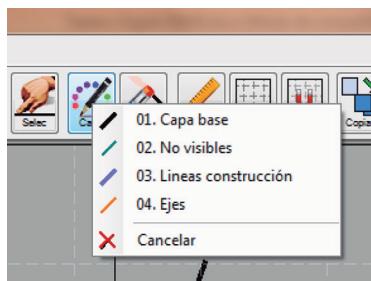
E



- **Extender entidad:** cada entidad seleccionada es extendida hasta que toque la entidad más cercana, de acuerdo a la dirección donde se haga clic. Este comando permanece activo hasta que sea cancelado por la selección de otro comando.

-  **Recortar entidad:** cada entidad seleccionada es recortada hasta que toque la entidad más cercana, de acuerdo a la dirección donde se haga clic. Este comando permanece activo hasta que sea cancelado por la selección de otro comando.
-  **Crear área por medio de límites:** crea un área de acuerdo a los límites seleccionados por el usuario, una vez se crea el área se despliega un menú emergente con el cual es posible eliminar el área seleccionada si no cumple con las condiciones establecida por el usuario. Esta área corresponde a un nuevo tipo de entidad que puede ser seleccionada o eliminada. Este comando permanece activo hasta que sea cancelado por la selección de otro comando.
-  **Cambiar capa de entidad:** permite cambiar la capa asociada a los objetos seleccionados. Al hacer clic sobre la del comando se despliega el menú emergente con las capas y tipos de líneas asociados, si se selecciona una nueva capa los objetos seleccionados cambian de capa de dibujo.

Figura 22. Cambiar capa de entidades seleccionadas



-  **Eliminar entidad:** elimina los objetos seleccionados por el usuario.

## Herramientas integradas

SotDIN posee **Toolbox** adicionales de ingeniería orientados a la solución de problemas típicos, así como interfaces de fácil uso para la integración con tableros digitales. A continuación se hace una descripción de las herramientas integradas hasta el momento y que están disponibles en la agrupación  **Toolbox**.

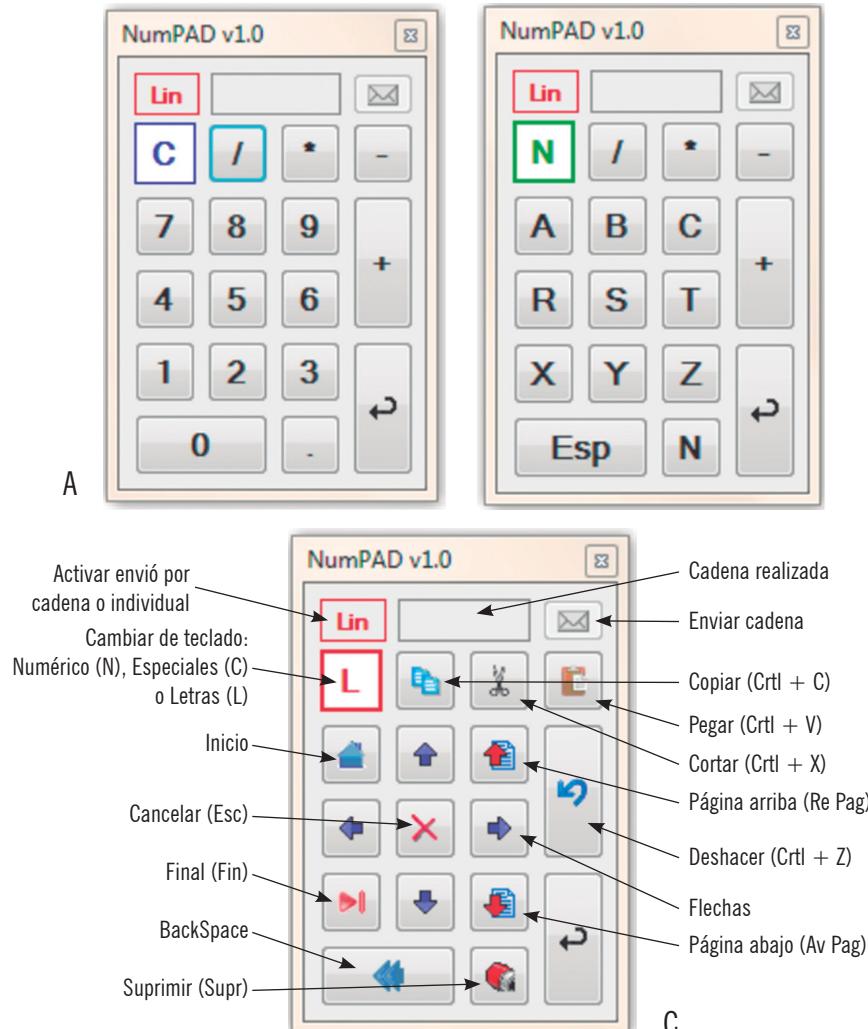
## NumPAD para tablero digital

Programa flotante y siempre visible que permite la escritura de valores numéricos, envío de comandos típicos de Windows® y algunos caracteres o símbolos de so-

lución de problemas de ingeniería a la aplicación activa en el sistema operativo. El objetivo de este programa es el remplazo del teclado en pantalla que es de gran tamaño y puede originar que se pierda espacio vital de desarrollo en clase mediante el uso de tableros digitales.

El programa NumPAD se activa al momento que se hace clic sobre el comando  , con lo cual se despliega la ventana mostrada en la figura 23. Esta ventana permanece siempre visible, pero nunca se transforma en la ventana activa, con lo cual es posible seguir manteniendo el programa en el que está trabajando como activo. Las partes principales del programa se describen en la figura 23c.

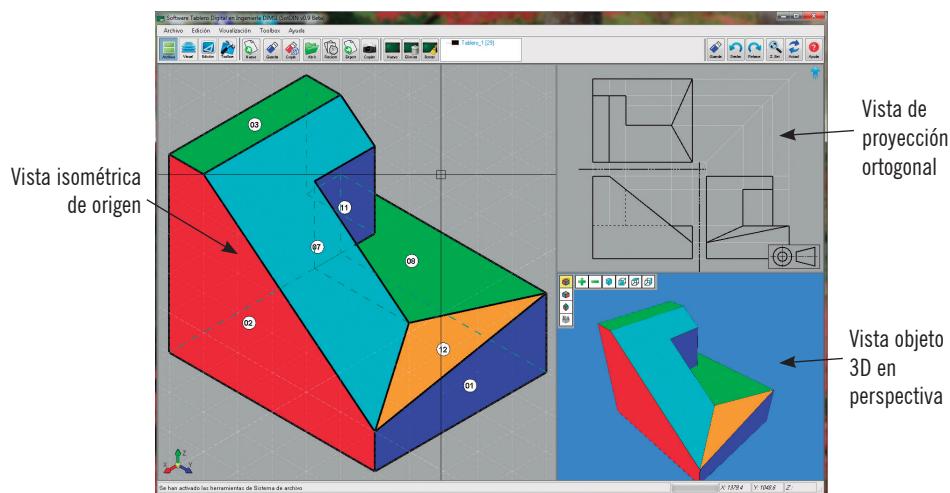
**Figura 23.** Vista ventana Toolbox NumPAD. a) Teclado numérico. b) Teclas de caracteres alfábéticos. c) Combinación de teclas para comandos del sistema operativo



## Modelos 3D por interpretación de dibujo isométrico

Si desde el área de  **Toolbox** se selecciona  , es posible crear la visualización tridimensional a partir del dibujo isométrico del objeto y la identificación de características principales de los planos del sólido. Al activarse el Toolbox la interfaz de la ventana principal de SotDIN cambia a la mostrada en la figura 24, la nueva interfaz presenta tres áreas principales: el área gráfica donde se dibujó el objeto en isometría, una proyección ortogonal multivista y un objeto en vista tridimensional.

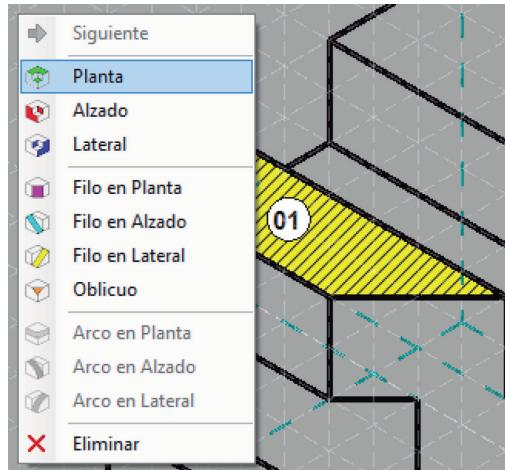
**Figura 24.** SotDIN con el Toolbox de interpretación isométrica activado



El procedimiento de generación de objetos 3D a partir de las vistas isométricas es el siguiente:

1. Selección de comando .
2. Dibujo mediante las herramientas de SotDIN, es posible obtener la vista isométrica del sólido deseado.
3. Creación de las superficies asociadas mediante el comando de creación por límites .
4. Cuando se encuentra activo el Toolbox, una vez se termina la creación de la superficie se despliega un menú emergente en el cual se debe seleccionar el tipo de inclinación que la superficie tiene con respecto al plano horizontal y la vista de alzado (ver figura 25).

**Figura 25.** Selección de tipo área con el ToolBox de generación isométrica



5. A medida que se crea cada superficie el sistema va erigiendo el objeto 3D el cual puede ser manipulado para cambiar su visualización y verificar su comportamiento en los diferentes métodos de proyección

Una explicación más profunda del proceso de creación de objetos 3D a partir de la vista isométrica se puede encontrar más adelante en la sección *Generación 3D a partir de la vista*.



# Capítulo 4. Tutoriales y ejemplos de uso

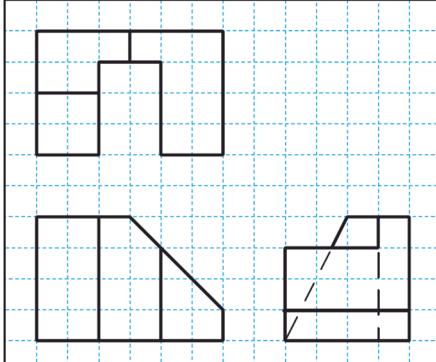
A continuación se muestran una serie de ejemplos típicos de uso de SotDIN. El objetivo es exponer algunas de las aplicaciones típicas, pero se sugiere al lector ver los videos incluidos en el portal del grupo de investigación DIMSI <https://www.youtube.com/user/UDDIMSI>.

En la segunda parte se muestra cómo se pueden implementar versiones personalizadas o nuevas del software en diferentes aplicaciones existentes desarrolladas por el usuario, siempre y cuando acepte Activex/COM o .NET 4.

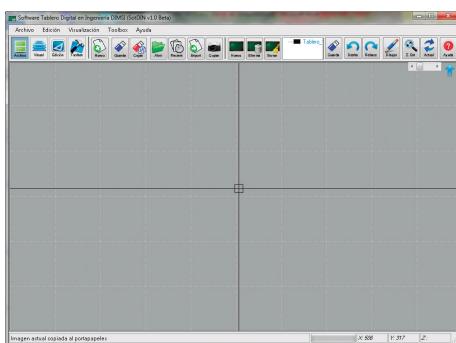
## Ejercicios de Dibujo en Ingeniería

Una de las aplicaciones directas de SotDIN es en el uso para la solución de problemas típicos de Dibujo en Ingeniería, esto debido al gran número de herramientas gráficas que el software posee. A continuación se resuelven paso a paso diferentes tipos de problemas en dibujo.

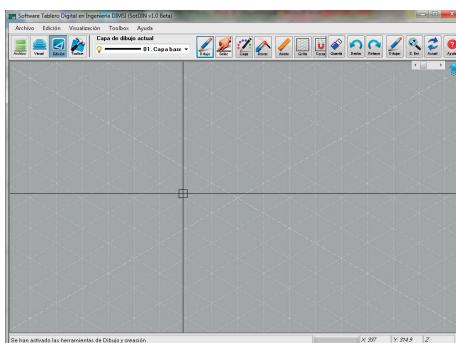
### Isometrías

<p><b>Ejemplo:</b> realizar el dibujo isométrico de la figura mostrada en vistas ortogonales.</p>	 The image shows four orthographic views on a grid background. Top-left: A rectangle divided into two horizontal sections by a horizontal line. Top-right: A rectangle divided into two vertical sections by a vertical line. Bottom-left: A rectangle divided into three vertical sections by two vertical lines, with a diagonal line from the top-left corner to the bottom-right corner. Bottom-right: A rectangle divided into three vertical sections by two vertical lines, with diagonal lines from the top-left and bottom-left corners to the bottom-right corner.
---	--

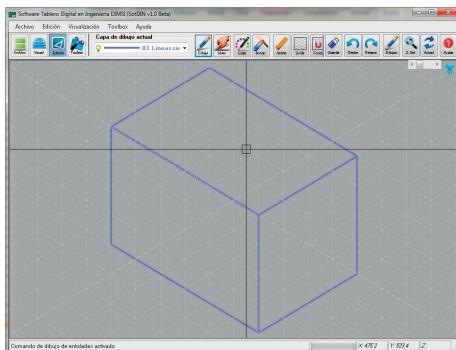
1. Inicio de un nuevo dibujo.



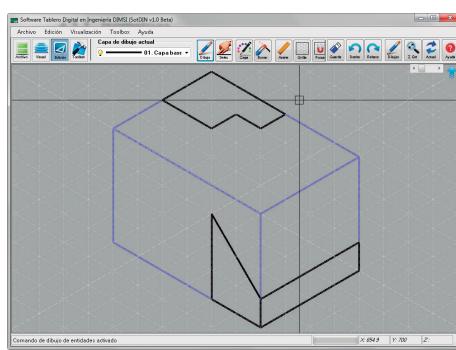
2. Activar grilla isométrica, con ajuste a grilla.



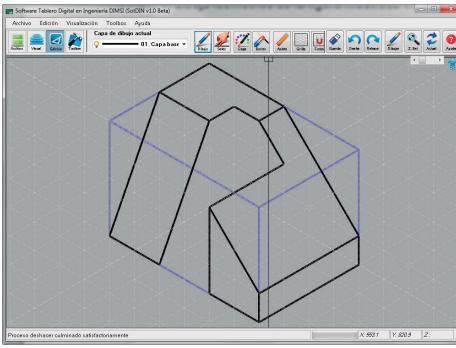
3. Dibujar con líneas de construcción la caja contenedora



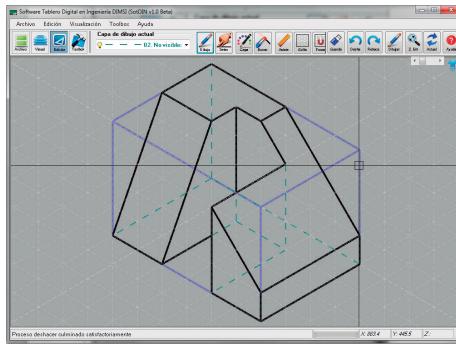
4. Dibujar las superficies principales más exteriores (visibles)



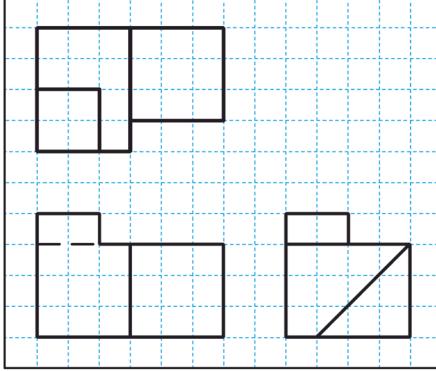
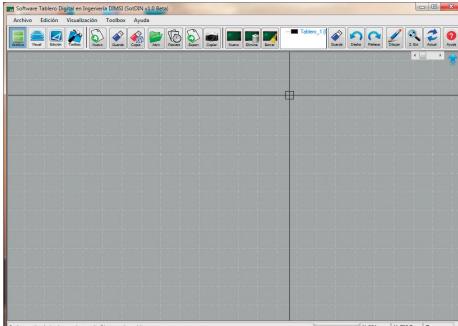
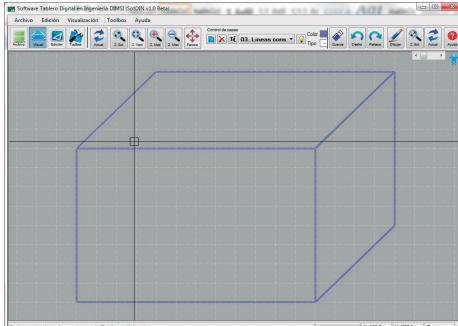
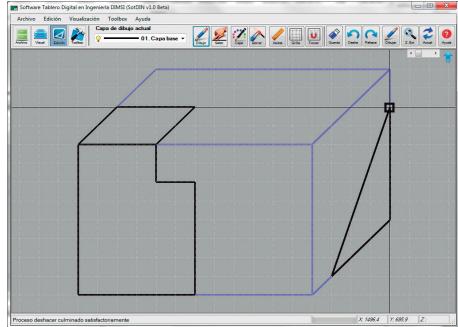
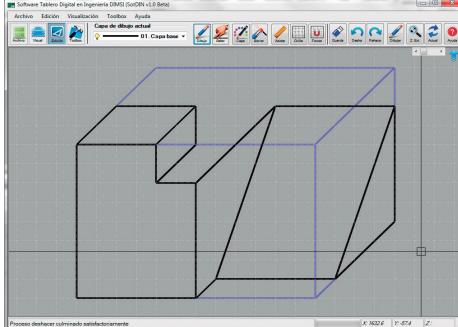
5. Dibujar superficies inclinadas más exteriores (visibles).



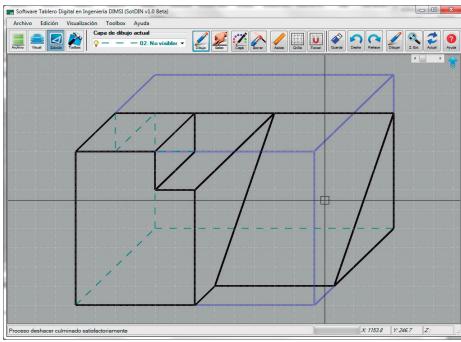
6. Completar el dibujo con las superficies parcialmente visibles.



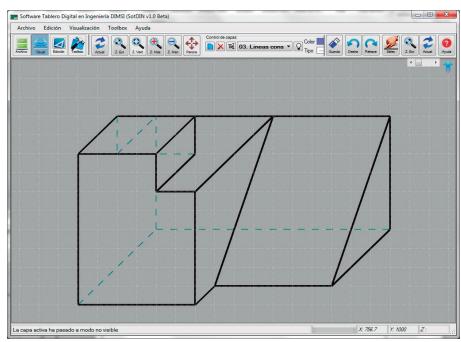
## Proyecciones oblicuas

<p><b>Ejemplo:</b> realizar el dibujo en proyección caballera de reducción media del objeto mostrado en vistas ortogonales.</p>	
<p>1. Inicio de un nuevo dibujo, asegurando grilla ortogonal.</p> 	<p>2. Dibujar la caja contenedora con escala doble.</p> 
<p>3. Dibujar las superficies principales más exteriores (visibles).</p> 	<p>4. Dibujar las demás superficies más exteriores (visibles).</p> 

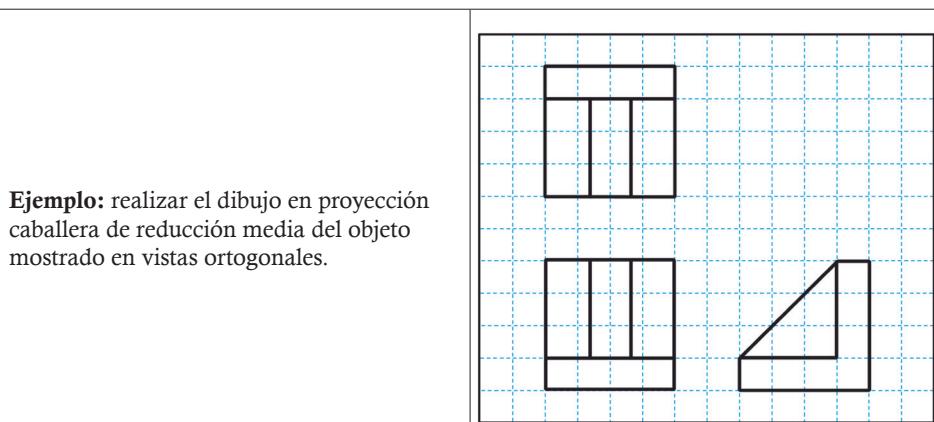
5. Completar el dibujo con las superficies parcialmente visibles.



6. Apagar la capa de líneas de construcción.

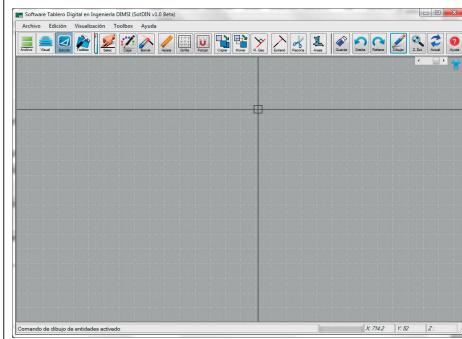


## Proyecciones en perspectiva

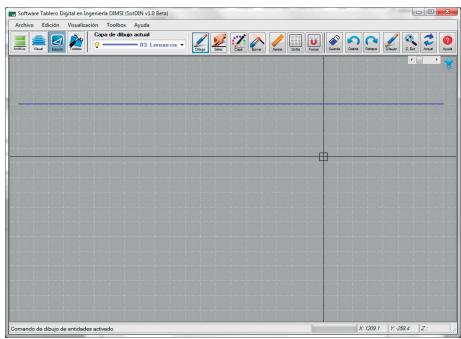


**Ejemplo:** realizar el dibujo en proyección caballera de reducción media del objeto mostrado en vistas ortogonales.

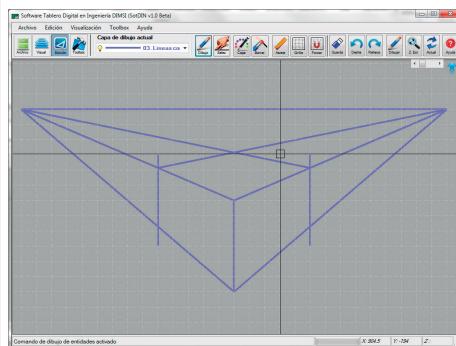
1. Inicio de un nuevo dibujo, asegurando grilla ortogonal.



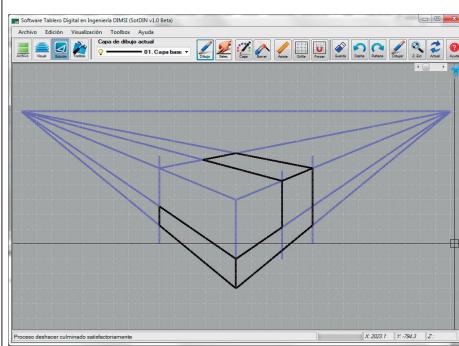
2. Dibujar la línea de horizonte entre los puntos de fuga.



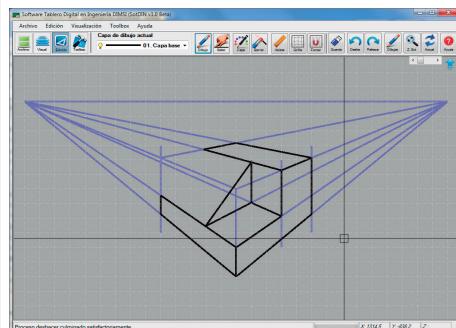
**3. Dibujar la caja contenedora del objeto.**



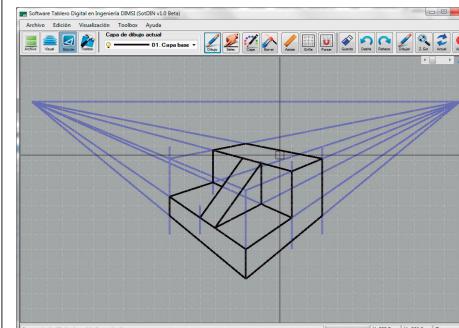
**4. Dibujar las superficies principales más exteriores (visibles).**



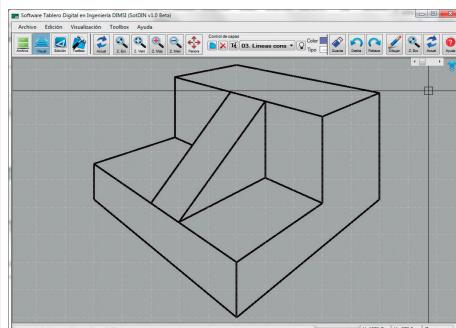
**5. Dibujar demás superficies más exteriores (visibles).**



**6. Completar el dibujo con las superficies parcialmente visibles.**

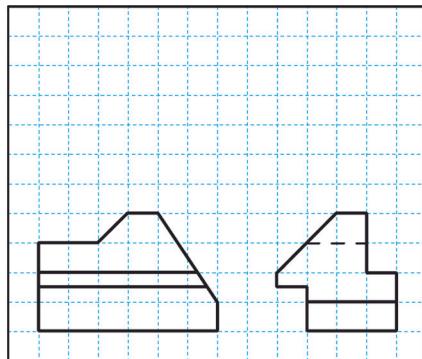


**7. Apagar la capa de líneas de construcción.**

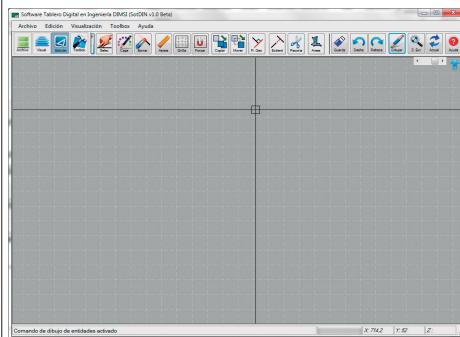


## Vistas ortogonales

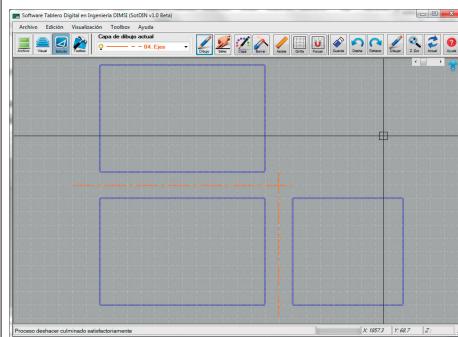
Ejemplo: realizar el dibujo en proyección caballera de reducción media del objeto mostrado en vistas ortogonales.



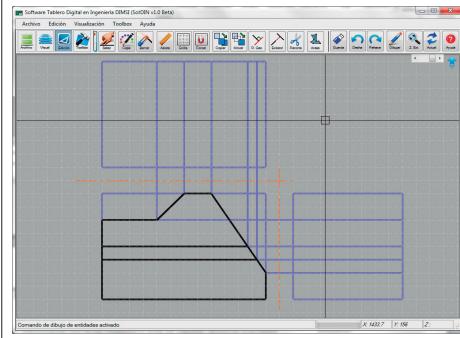
1. Inicio de un nuevo dibujo, asegurando grilla ortogonal.



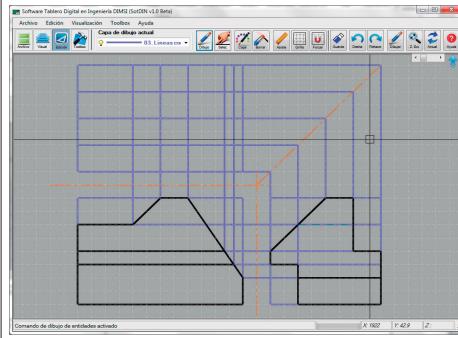
2. Dibujar cajas contenedoras en cada una de las vistas.



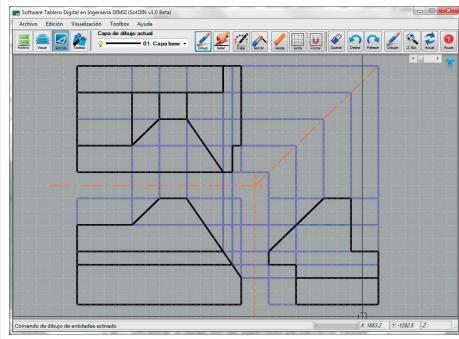
3. Dibujar la primera vista y proyectar cada vértice de la vista.



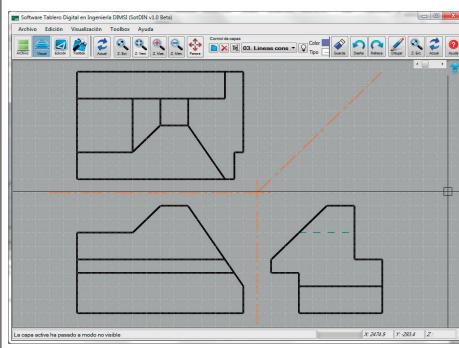
4. Dibujar la segunda vista, proyectando por el inglete los vértices.



**5. Obtener la tercera vista desde las proyecciones realizadas.**

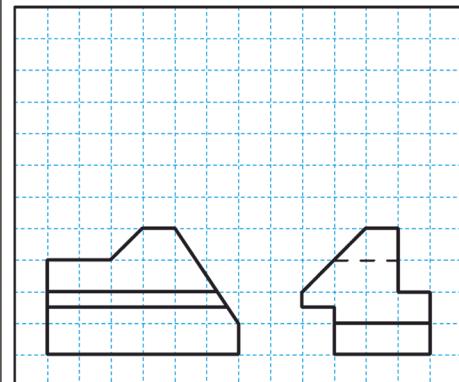


**6. Hacer no visible las líneas de construcción.**

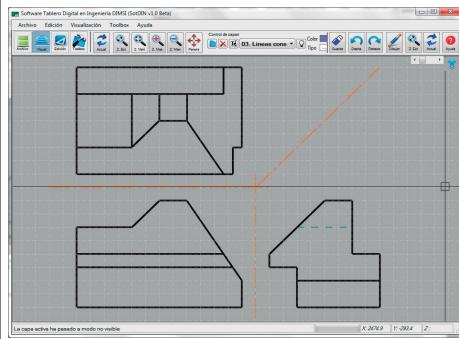


## Vistas auxiliares

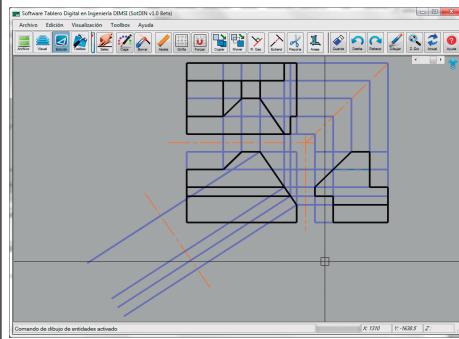
**Ejemplo:** obtener una vista auxiliar de un área inclinada u oblicua del objeto representado en vistas ortogonales.



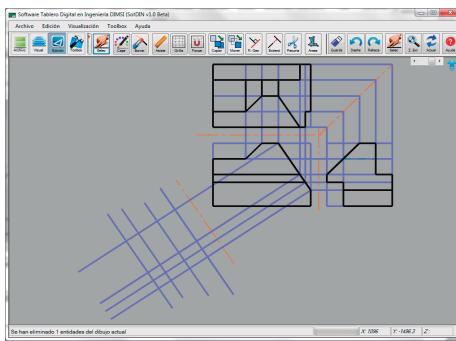
**1. Dibujar las vistas necesarias para obtener la vista auxiliar.**



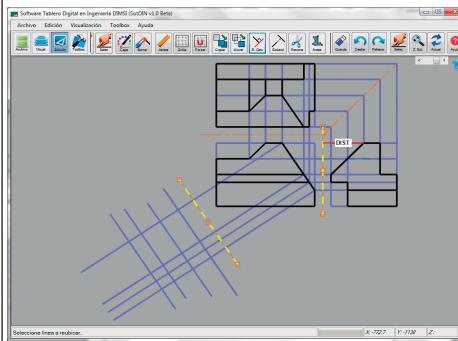
**2. Crear las líneas de proyección perpendicular al plano de filo.**



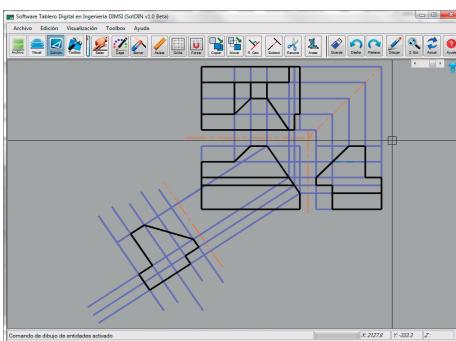
3. Crear líneas de construcción perpendiculares de los vértices del plano.



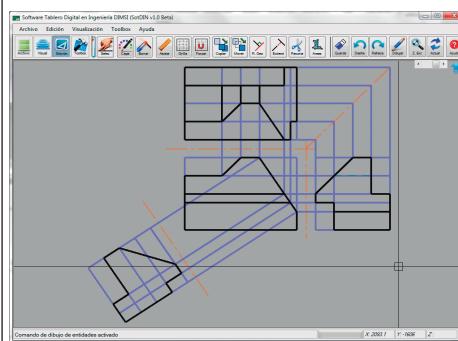
4. Agregar la relación de distancia para cada una de las líneas auxiliares de ubicación.



5. Dibujar los contornos que definen el área en verdadera magnitud.

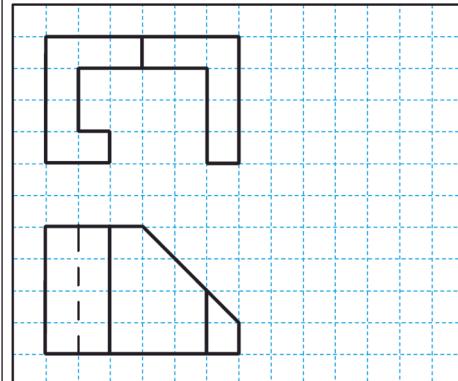


6. Cortar las líneas de construcción no necesarias, presentación final del ejercicio.

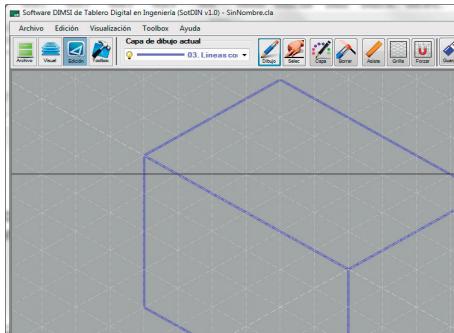


## Generación 3D a partir de la vista en isométrica

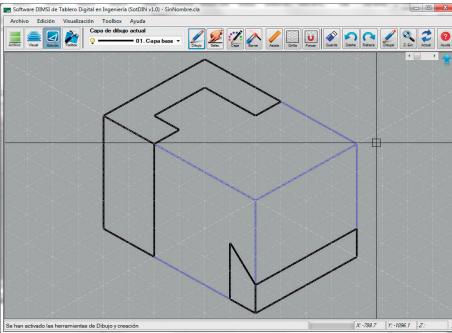
**Ejemplo:** obtener la representación 3D del objeto representado por vistas ortogonales.



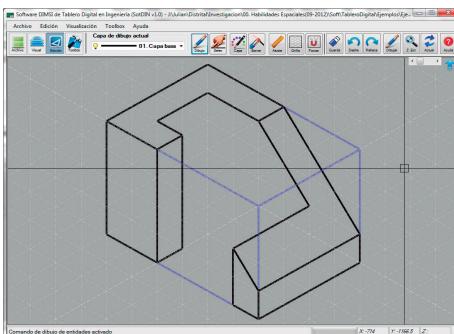
1. Iniciar un nuevo dibujo, crear el cubo contenedor del sólido.



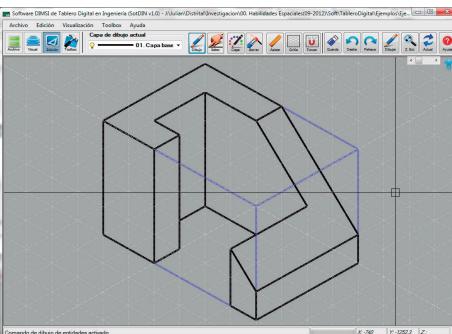
2. Dibujar los planos principales exteriores (visibles).



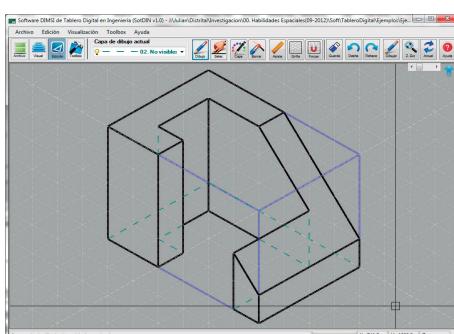
3. Dibujar los planos principales inclinados (visibles).



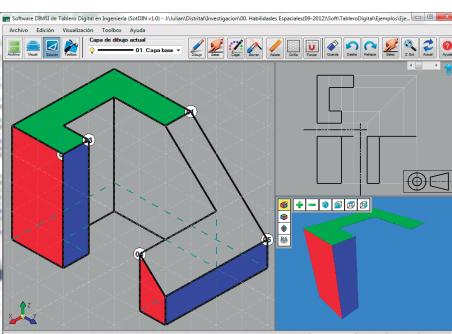
4. Dibujar todos los demás planos (parcialmente visibles).



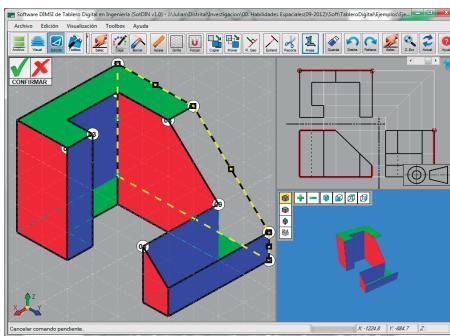
5. Dibujar los bordes no visibles.



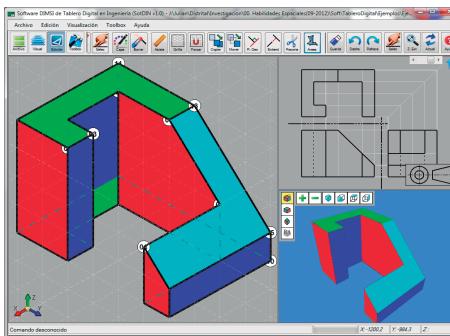
6. Activar el Toolbox, y crear las superficies exteriores.



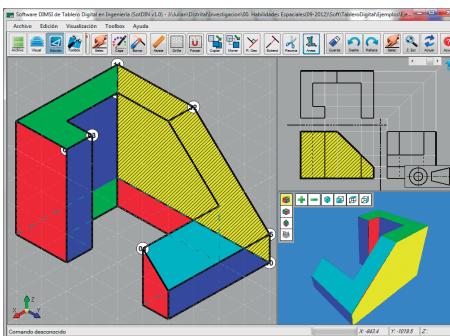
7. Crear las superficies parcialmente no visibles principales.



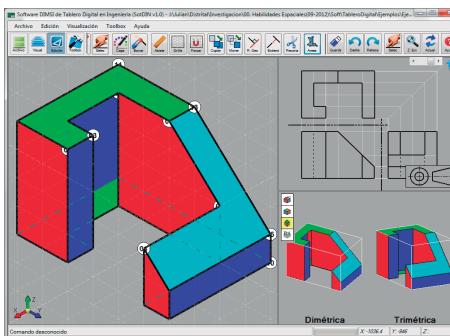
8. Crear superficies no principales



9. Verificar objeto realizado y proyección ortogonal equivalente.



10. Visualizar las diferentes proyecciones generadas.

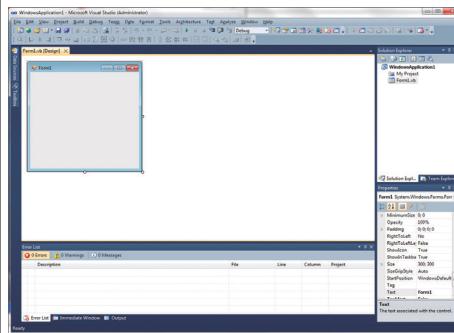


## Uso de objeto Microsoft Activex/COM y .NET

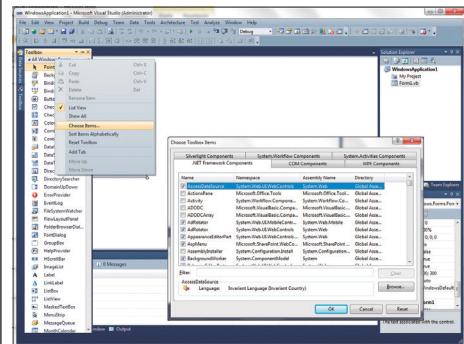
SotDIN está diseñado alrededor de un objeto Activex/COM, encapsulado en una librería llamada DIMSI.DLL. Toda la librería está desarrollada en plataforma .NET, con lo cual es posible usarla en lenguajes de programación como Visual Basic, C++ o C#.

SotDIN es en realidad una implementación del objeto DIMSI.SotDIN.DLL, desarrollada en Visual Basic .NET, su única función es crear una interfaz de usuario con mayor interactividad (botones de comando y menús). El encapsulado por si solo puede funcionar sin la necesidad de incluir código adicional, pero si el usuario desea incrementar su funcionalidad es posible al incluirlo dentro de una implementación personalizada. A continuación se muestra el proceso de inclusión del objeto dentro de una nueva aplicación en Visual Basic .NET usando como editor Microsoft Visual Studio 2010.

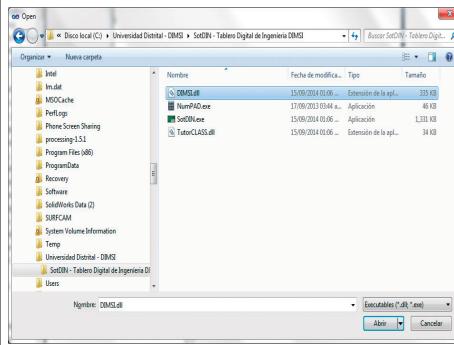
1.Crear una nueva aplicación de Windows.



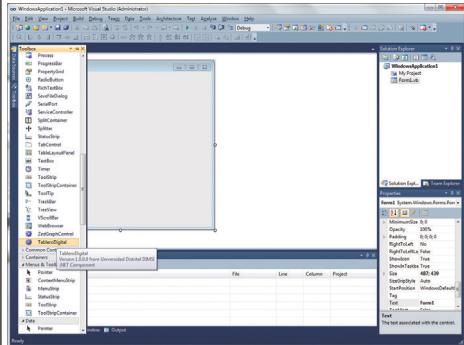
2. Agregar un nuevo objeto al Toolbox.



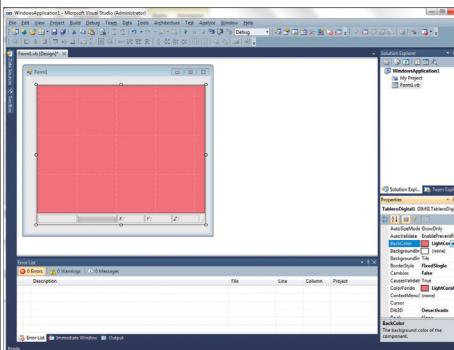
3.Buscar en la carpeta de instalación y seleccionar la librería DIMSI.dll



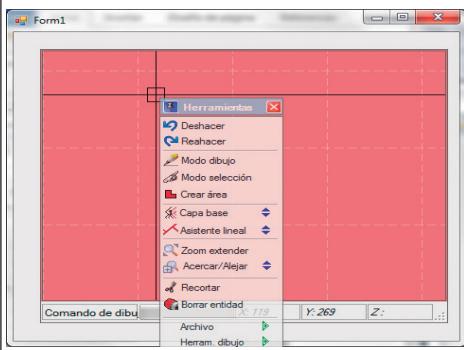
4. De la barra de Toolbox disponibles, seleccionar Tablero Digital y agregarlo al formulario.



5. Cambiar las propiedades que se desee o implementar nuevo código basado en los procedimientos, funciones o eventos del objeto.



6.Ejecutar el proyecto.





# Autores

---

## **Julián Alfonso Tristánchó Ortiz**

Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia, con Maestría en Ingeniería Electrónica y de Computadores, y Doctorado en Ingeniería de la Universidad de Los Andes. Profesor asistente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas desde 2011. Investigador del grupo DIMSI. Áreas de investigación: automatización industrial, simulación y modelamiento físico, y diseño de software especializado de ingeniería.

## **Leonardo Emiro Contreras Bravo**

Ingeniero Mecánico de la Universidad Francisco de Paula Santander, con Maestría en Ingeniería de Materiales y Procesos de Manufactura. Profesor titular de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Director del grupo de investigación DIMSI. Áreas de investigación: materiales de ingeniería, diseño, simulación y modelamiento a través de software especializado de ingeniería y educación en ingeniería. Autor de libros: Solid edge para ingenieros, introducción a los materiales.

## **Julián Alfonso Tristánchó Ortiz**

Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, con Maestría en Ingeniería Mecánica, Materiales y Procesos de Manufactura. Profesor asociado de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en pregrado y posgrado desde 2006. Investigador del grupo DIMSI. Áreas de investigación: automatización industrial, simulación y modelamiento físico y computacional, y diseño de software especializado de ingeniería.



Este libro se  
terminó de imprimir  
en noviembre de 2016  
en la Editorial UD  
Bogotá, Colombia