

Departament de Dibuix
Facultat de Belles Arts

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Programa de doctorat 89-91
Estructura de la Imatge i de l'Entorn

Títol de la Tesi

Impacto tecnológico del CAD en la docencia de la Expresión Gráfica en la Ingeniería

Doctorand: Jordi Font Andreu

Director de la tesi: Dr. Jordi Gratacòs Roig

PARTE III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Capítulo III

3. EL ÁREA DE CONOCIMIENTO DE INGENIERÍA GRÁFICA

Con la intención de concretar el ámbito de la Ingeniería Gráfica, se han acotado los objetivos y los contenidos que se desprenden de las fuentes específicas del Área de conocimiento. El procedimiento de investigación ha consistido en localizar, estudiar y resumir las aportaciones realizadas por los diferentes grupos de trabajo que contribuyen en la mejora de la docencia de la Ingeniería Gráfica.

Asimismo se han localizado y seleccionado las programaciones docentes de los centros de referencia (Capítulo 4). La información obtenida ha sido de gran utilidad para mostrar un panorama de la situación actual en las titulaciones de ingenierías en la que tiene presencia el Área de conocimiento.

Los factores más destacados que inciden en la docencia de la Ingeniería Gráfica se pueden concretar en dos grupos: los aspectos relacionados con la demanda institucional y los aspectos vinculados al perfil profesional requerido por la industria y el entorno empresarial.

En cuanto a los primeros cabe subrayar la repercusión del marco legal que determina el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), así como los descriptores de BOE que definen los contenidos generales del Área de conocimiento. También destacamos la reducción de horas lectivas como consecuencia de la aplicación de los planes de estudios y su incidencia en el encargo docente, reflejado en la disminución de asignaturas y de horas lectivas.

Es importante matizar que hay centros docentes en los que todavía es insuficiente la dotación de las aulas informáticas con programas de CAD 3D, lo cual impide la total integración de las nuevas tecnologías en los laboratorios de prácticas para ejercitar los contenidos del Área de Ingeniería Gráfica, puesto que obliga a realizar los ejercicios prácticos empleando tan sólo herramientas manuales, métodos y procedimientos de sistemas de representación concebidos para el dibujo bidimensional.

Entre los factores relacionados con la demanda del perfil profesional cabe destacar que en la industria se ha producido un aumento de la demanda en formación de herramientas de Diseño Asistido por Ordenador 3D, creación y desarrollo de prototipos virtuales, ingeniería asistida (CAE), fabricación asistida (CAM), control numérico (NC), análisis de elementos finitos (FEA), prototipado rápido (RP), realidad virtual (VR), etc. y su integración en sistemas de gestión de datos, procesos del producto (PDM) y ciclo de vida del producto (PLM).

Todo ello converge en la combinación de todos los procesos mediante la Ingeniería Concurrente (CE) y las herramientas de gestión del ciclo de vida del producto, lo cual ha redefinido el perfil profesional requerido por parte de la industria y ha provocado un aumento de la demanda en postgrados, masteres y cursos de especialización vinculados a las aplicaciones de las nuevas tecnologías en la ingeniería.

De todo lo dicho se desprende que en el Área de conocimiento de Ingeniería Gráfica es necesaria una adaptación a las demandas internas y externas que se refleje en los objetivos, los contenidos y la metodología docente para adecuarse al nuevo Espacio Europeo de Educación Superior y a la creciente utilización de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación en la industria.

Se ha constatado la utilización de aplicaciones informáticas de Diseño Asistido 3D en las programaciones obtenidas de los centros de referencia, así como un aumento en la utilización de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza y en el aprendizaje, lo que se ha puesto de manifiesto en la creciente generación y utilización de Aplicaciones Didácticas Interactivas (ADI) en formato CD-ROM y en Red para la Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO) y para la docencia semipresencial y no presencial.

En el siguiente esquema se indica los diferentes factores que pueden incidir en los objetivos y contenidos del Área de Ingeniería Gráfica.

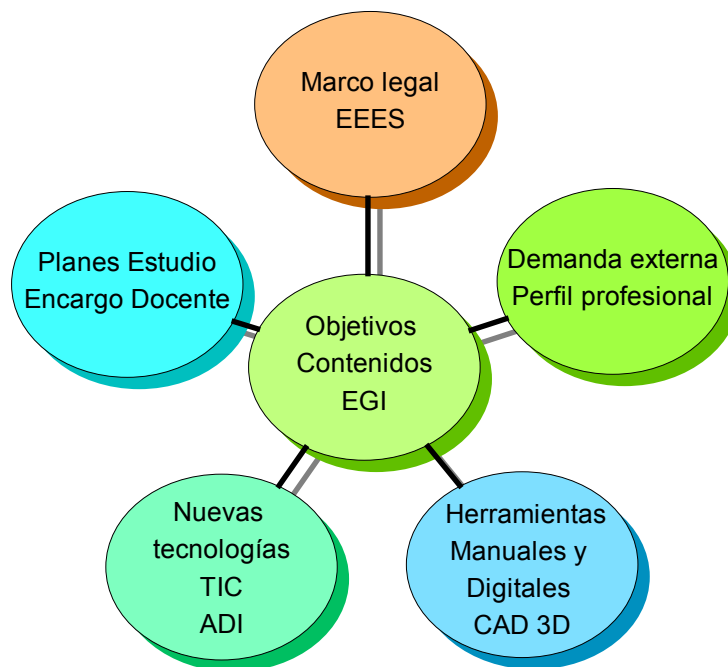


Ilustración 66. Esquema de factores que inciden en la Ingeniería Gráfica

A continuación vamos a resumir y destacar aquellos aspectos que son más relevantes para la consecución de los objetivos de la tesis.

En primer lugar, nos centraremos en una descripción del Área de conocimiento y, en concreto, en la descripción que de ésta hace la Asociación de profesores de Ingeniería Gráfica INGEGRAF por considerar que es el colectivo que aglutina el conjunto de profesionales que genera la fuente de información, contenidos y publicaciones más representativa.

En segundo lugar, detallaremos los objetivos y contenidos más importantes del Área tal y como aparecen en los planes docentes de los diferentes centros estudiados. Después situaremos las herramientas de dibujo y diseño utilizadas en la actualidad para llevar a cabo la consecución de los objetivos y la aplicación de los contenidos en el Área de Ingeniería Gráfica.

Una vez tengamos el panorama de la Ingeniería Gráfica bien definido, analizaremos, en el capítulo 4, los métodos del sistema diédrico de representación –por ser el de mayor difusión en las ingenierías– y los métodos del Diseño Asistido por Ordenador CAD 3D. El resultado del análisis nos mostrará que la incorporación de las herramientas de Diseño Asistido por Ordenador es compatible con los sistemas clásicos de representación bidimensional. Veremos a través de unos ejercicios prácticos qué diferencias hallamos entre los métodos de representación bidimensional y los métodos del Diseño Asistido.

También se constata que los contenidos de geometría del espacio que se aplican son fundamentales para afrontar las necesidades derivadas del diseño mecánico y del diseño industrial en particular, independientemente del tipo herramienta, ya sea ésta de dibujo manual y utilizando el sistema de doble proyección, ya sea una instrumento digital que requiera sistemas de Diseño Asistido 3D paramétrico.

En el sentido de las hipótesis anunciadas, los resultados nos mostrarán como la incorporación del CAD 3D ha aumentado los recursos, sin sustituir, los métodos de dibujo y de diseño. Asimismo, veremos como las ADI, la enseñanza asistida EAO y las TIC han facilitado la mejora de la metodología docente para así poder afrontar la reducción de horas lectivas y los nuevos planes de estudios.

Como resultado de todo ello veremos cómo se abren nuevas líneas de investigación y de docencia a raíz de las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías aportando unos contenidos que podrían ampliar los ya consolidados en el Área de conocimiento, como de hecho ya está sucediendo en algunos centros. En este sentido, la cooperación interdepartamental y la apertura hacia nuevas líneas de investigación e innovación es una alternativa obligada para hacer de las oportunidades una realidad.

3.1. Organización del Área de conocimiento

En las primeras Jornadas de Ingeniería Gráfica, celebradas en 1989 en Madrid¹⁴⁰ se establecieron las bases del Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, en el año 2006 se celebró en Barcelona (Sitges) su dieciochoava edición.

El estudio de las Actas de los congresos de Ingeniería Gráfica realizados entre los años 1989 a 2006 nos ha permitido obtener una información que ha sido muy útil para realizar el análisis que se presenta en el capítulo 5, Las nuevas tecnologías y su integración en la Ingeniería Gráfica.

Las conclusiones de las Primeras Jornadas se concretaron como sigue:

1ª En las Jornadas se ha puesto de manifiesto la actualidad que tienen estas enseñanzas en todos los países con un nivel tecnológico equiparable al nuestro, si bien hay que darles un carácter de mayor aplicación e incorporar los nuevos sistemas de trazados.

2ª Las enseñanzas de este Área se deben estructurar en un curso básico anual, fuertemente conceptual y con aplicaciones concretas a problemas técnicos, curso que debe ser común a todas las especialidades, y en un segundo nivel muy ligado a trabajos prácticos de diseño y/o proyectos.

140 Primeras Jornadas de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros y Escuelas Universitarias de Ingenieros Técnicos: 8 y 9 de junio de 1989 celebradas en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid (ETSIIM)

3ª Se deben incorporar de las Geometrías aquellas partes que sean necesarias para la mejor comprensión de las formas espaciales y para justificar, con el debido rigor, los trazados técnicos.

4ª En todas las ponencias e intervenciones posteriores del coloquio se ha coincidido en que el Área tiene que estar presente y participar activamente en el desarrollo de los nuevos sistemas de trazados y gráficos por ordenador, así como en la creación y tratamiento de la imagen en la ingeniería.

5ª En relación con el apartado anterior en las Jornadas se ha visto la necesidad de dotar al Área de aulas, equipos y personal especializado.

6ª Ha quedado patente la necesidad de la presencia del Área en la definición de la normalización gráfica. De igual forma se debe incrementar la interacción con otras Áreas de conocimiento.

En aquellas Jornadas se formalizó la decidida voluntad del colectivo de profesionales de la docencia de la Ingeniería Gráfica, de afrontar los procesos necesarios para la adaptación a las nuevas tecnologías en la enseñanza que estaban emergiendo.

En octubre del año 2002 se celebró en Alicante, el *Primer Seminario de Contenidos Básicos de Geometría para Ingenieros*. Asistieron ochenta profesores del territorio español en representación de la totalidad de universidades en las que se imparten titulaciones técnicas. En dicho seminario se sentaron las bases para posteriores reuniones, que desembocaron en diversos grupos de trabajo y mesas redondas en los diferentes congresos posteriores.

En la ponencia presentada por Sentana Gadea y otros¹⁴¹ se resumen las conclusiones de las diferentes mesas de trabajo que se realizaron. Se concretaron algunos de los problemas que se plantean para determinar los contenidos de asignaturas básicas de carreras técnicas.

Por parte del estamento discente, Se aprecia la incorporación de estudiantes, en titulaciones Técnicas, con falta de conocimientos de geometría básica elemental, asimismo se observa un bajo nivel de conocimientos.

Por parte del estamento docente se detecta dificultad en impartir la programación debido a la reducción del horario lectivo. Por otro lado la reducción de créditos, debido a ajuste del total de créditos por titulación mengua el encargo docente. En el Seminario se propusieron las soluciones que a continuación se detallan:

- *Actualizar los contenidos de las asignaturas a la realidad de la sociedad, adaptándolos a las necesidades reales.*
- *Lograr un plan de Calidad que prestigie a la expresión gráfica en las Escuelas, y en el ámbito universitario.*
- *Dar amplio protagonismo a las nuevas tecnologías*
- *Propuesta de un nuevo planteamiento de los contenidos desde el punto de vista de Ingeniería Gráfica por materias*

¹⁴¹ SENTANA GADEA, I.; SENTANA CREMADES, E.; SERRANO CARDONA, M.; TOMÁS JOVER, R.; PIGEM BOZA, R.; GOMEZ GABALDÓN, A.; PEREZ CARRION, M. T.; DIAZ IVORRA, M. C.; FERREIRO PRIETO, I.; POVEDA PÉREZ, J. L.; MARTINEZ SENTANA, A. Estudio para el diseño de contenidos de geometría para ingenieros. Nuevos planteamientos de la ingeniería gráfica. Zaragoza 2004. Actas del XVI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica.

Asimismo se abordaron otros factores que influyen en los contenidos, como son:

- *Competencias de la titulación: conocimientos básicos que se deben adquirir en los estudios, como punto de partida, para posteriores desarrollos.*
- *Competencias profesionales: competencias adquiridas en todas las materias que configuran la ingeniería y que deberán desarrollarse y ampliarse durante toda la vida profesional.*
- *Objetivos de la titulación de grado: mínimos o básicos conocimientos para ejercer la profesión.*
- *Objetivo de la titulación Postgrado: Ampliación de materias o especializaciones concretas.*

En cuanto a los objetivos generales del Área de conocimiento se establecieron los siguientes conceptos básicos:

- *Conocer los conceptos geométricos que se emplean para concebir y aplicarlos en la representación de formas e interpretación de planos, diseños, etc.*
- *Conocer y comprender los fundamentos de los sistemas de representación.*
- *Comprender los trazados de las construcciones geométricas más significativas.*
- *Conocer y analizar las transformaciones geométricas y sus aplicaciones.*
- *Desarrollar las capacidades que permitan expresar con precisión las soluciones gráficas.*
- *Fomentar el método y el razonamiento como medio de transmisión de las ideas científico-técnicas.*
- *Desarrollar la capacidad para crear y manipular formas y volúmenes.*

En lo relativo a los contenidos de Geometría se plantearon las siguientes propuestas para un posterior desarrollo:

- *Propuesta del esquema general que estructura los estudios de Expresión Gráfica.*
- *Propuesta de los contenidos básicos.*
- *Propuesta de las destrezas mínimas globales y por contenidos.*
- *Análisis de los niveles y diversidad.*

En las conclusiones del Seminario se concretaron las siguientes consideraciones:

- *Deben conocerse los principios básicos de los sistemas de representación.*
- *El conocimiento profundo de geometría, implementada con la algoritmia correspondiente, permiten rentabilizar el uso de los programas comerciales de propósito general.*
- *Equilibrio entre el necesario contenido científico que aportan las geometrías y la innegable utilidad práctica que proporciona el ordenador.*

La asociación de profesores de Ingeniería Gráfica INGEGRAF constituyó un grupo de trabajo en el año 2003 que elaboró un documento¹⁴² sobre la Ingeniería Gráfica y la incorporación de la Universidad Española al el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). La tendencia es la de realizar una reestructuración de las asignaturas y

¹⁴² Documento sobre la Ingeniería Gráfica y la incorporación de la Universidad Española al Espacio Europeo de Enseñanza Superior, elaborado por el grupo de trabajo formado por los profesores: Aliaga Maraver, José Juan; Alonso Arroyo, José Amadeo; Cobos Moyano, Alfonso; Corbella Barrios, David; Félez Mindán, Jesús; González García, Victorino; Vicario López, José. <http://www.ingegraf.es>

aumentar la oferta en los masteres que se propondrán para el momento de la aplicación de las directrices establecidas para 2010.

Del citado documento de trabajo resaltamos lo siguiente:

Entre estas cuestiones específicas será necesario abordar el establecimiento de las materias troncales comunes y las específicas para cada especialidad de ingeniería, así como la correspondiente valoración de cada una de ellas desde el punto de vista de créditos europeos (ECTS)

Además, corresponde fundamentalmente a nuestra Área de conocimientos, parte importante de la formación que pudiera recibir un ingeniero titulado en Innovación y Desarrollo de Producto, o si se prefiere, Innovación, Diseño y Desarrollo de Producto, título este que, sin duda, debería estar en el catálogo de titulaciones oficiales, para homologarnos con los países europeos. La innovación ha pasado a ser el tercer factor del I+D, configurando actualmente el I+D+I.

Por lo anterior, el cuerpo de conocimientos que debe comprender la Ingeniería Gráfica, para aplicar a los métodos y técnicas correspondientes que resulten apropiados en cada plan de estudios de ingeniería, desarrollados en concordancia limitada con las inquietudes que anteriormente se han puesto de manifiesto, puede ser el siguiente:

- *Teoría de la representación: fundamentos de geometría.*
- *Técnicas de visualización.*
- *Herramientas de modelización.*
- *Lenguajes de descripción geométrica.*

Efectivamente, son necesarios una serie de conocimientos de geometría que ayuden a desarrollar tanto la capacidad intelectual como las habilidades para crear y manipular formas y volúmenes que, además, relacionen directamente con la formación matemática del alumno. Los conceptos de lo que podríamos denominar “Geometría Constructiva” son fundamentales a la hora de idear y construir o desarrollar modelos que representen la realidad.

También deben conocerse los principios básicos de los sistemas de representación, aunque se debe huir del tratamiento clásico que se ha dado a la geometría descriptiva; por un lado, la unificación de los sistemas permite abordarlos simultáneamente con un tratamiento muy homogéneo; por otra parte no se debe pretender dar unos conceptos teóricos y abstractos sino orientar las enseñanzas hacia su aplicabilidad y, de forma, que permitan incentivar la creatividad en los alumnos

Los lenguajes unificados de modelización (UML) se presentan como los nuevos modelos de intercambio de información de carácter técnico

En consonancia con los autores citados vemos como Lama Ruiz y otros¹⁴³ desarrollan la siguiente estructuración del Área de conocimiento:

Podríamos caracterizar el Área de conocimiento de Expresión Gráfica por su objeto de estudio, por sus técnicas y procedimientos, así como por intencionalidad cognoscitiva:

143 LAMA RUIZ, J. R.; AGUAYO GONZÁLEZ, F.; DEL POZO MADROÑAL, N. Epistemología gráfica. Logroño-Pamplona 1999. XI INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

El objeto de estudio es el modelado icónico, estático y dinámico de estructuras, funciones referidos a sistemas naturales y artificiales, con propósitos creativos, constructivos o comunicacionales.

Técnicas y procedimientos. Estas son muy diversas, entre las que cabe citar, las siguientes:

- *Técnicas clásicas de geometría descriptiva, que algunos autores han denominado geometría constructiva.*
- *Técnicas clásicas de sistemas de CAD.*
- *Técnicas de animación.*
- *Técnicas de síntesis de escenarios virtuales multimedia.*
- *Técnicas de modelado formal-simbólico como instrumento para el modelado icónico computacional.*

En lo que se refiere a la intencionalidad, ha quedado claro que se ciñe a la dimensión de “conocer para hacer” en el ámbito técnico-constructivo y comunicacional, sin abandonar el terreno de la visualización científica que aparece en problemas técnicos constructivos o funcionales

Actualmente el conocimiento del Área, de forma grosera, se puede considerar como una agregación de:

- *Teorías científicas procedentes de la geometría (métrica, proyecciones, topologías, etc.).*
- *Un conjunto de teorías científicas de atributos gráficos (color, textura, etc.).*
- *Un conjunto de técnicas procedentes de las geometrías y topologías descriptivas.*
- *Un conjunto de normas de dibujo y técnicas de representación.*
- *Un conjunto de técnicas de modelado bajo CAD y de realidad virtual.*
- *Un conjunto de teorías de la representación y técnicas de modelado procedentes de los gráficos por computadora.*

En la mesa redonda sobre docencia presentada por el profesor Miguel Ángel León Casas¹⁴⁴ se abordaron los temas relativos a la geometría y la normalización los siguientes términos:

Esos convencionalismos que hacen posible que el dibujo (o representación gráfica) sustituya, anticipe y restituya una realidad, son de dos tipos: Geométricos y formales. Los primeros aportan el rigor científico al dibujo para que pueda aplicarse en la técnica, son propios de la Geometría Descriptiva y tienen como fin la racionalización geométrica de los temas espaciales; y los segundos, que aportan el rigor formal al dibujo mediante las reglas o códigos de expresión que permiten su interpretación universal, pertenecen a la Normalización y se refieren a la racionalización de los aspectos formales de la representación.

Adquirir los conocimientos de Geometría Descriptiva, con sus fundamentos de Geometría Métrica y Geometría Proyectiva, y Normalización son objetivos prioritarios de las asignaturas de Expresión Gráfica.

¹⁴⁴ Miguel Ángel León Casas. Sevilla. 2005. XVII ADM - INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

En la Mesa redonda de docencia cuyo tema era *los Gráficos por Computador*, el profesor Basilio Ramos Barbero¹⁴⁵ señaló que el nuevo EEES plantea una formación centrada en el aprendizaje del estudiante, donde el alumno debe aprender haciendo y, por lo tanto, centrada en los casos y problemas. En este tipo de aprendizaje toman fundamental importancia las competencias de capacidad de análisis y síntesis, de trabajo en equipo y de aprendizaje autónomo. A continuación destacamos las conclusiones generales:

Las principales capacidades son las de interpretación y representación de los planos de los proyectos. Para ello los alumnos deben desarrollar habilidades de visión espacial y destrezas en croquización, delineación manual y por ordenador, y de diseños en 3D por ordenador, teniendo en cuenta los conocimientos de normalización de Dibujo Técnico para realizar los proyectos.

En el proyecto Adaptación de los Planes de Estudio al proceso de Convergencia Europea dirigido por Mario de Miguel Díaz se define competencias como:

Combinación compleja de conocimientos, técnica, habilidades y valores que posibilita desarrollar adecuadamente una función, tarea o actividad en el ámbito profesional. Cabe distinguir entre el conjunto de conocimientos (“saber”), habilidades (“saber hacer”) y actitudes (“saber estar”). Por su generalidad se distinguen tres tipos de competencias:

- *Genéricas, aquellas que son necesarias como base para el desempeño en cualquier Área ocupacional*
- *Específicas, son las que se requieren para el desempeño de una función específica, dentro de un Área o sector ocupacional*
- *Transversales, las que se requieren en diversas Áreas ocupacionales o que son transferibles entre distintas actividades de un sector u organización.*

3.2. Objetivos generales del Área de Ingeniería Gráfica

Del estudio de la literatura relacionada con los proyectos docentes y las programaciones disponibles, se desprende que se está optando por unos procesos formativos basados en las competencias: conocimientos básicos, capacidades, habilidades, aptitudes, actitudes y destrezas de modo que se puedan cumplir los objetivos establecidos en los distintos perfiles profesionales.

En el documento de trabajo redactado por el mencionado *Grupo de Madrid*¹⁴⁶ sobre la Ingeniería Gráfica y la incorporación de la Universidad Española al Espacio Europeo de Enseñanza Superior, se resalta un apartado de destrezas del cual destacamos las destrezas mínimas globales y por contenidos, las técnicas y las herramientas:

- *Las enseñanzas deben conseguir que el alumno adquiera una serie de destrezas básicas, otras de carácter específico para cada una de las partes de contenidos y, por último, aquéllas inherentes a cada uno de los títulos de ingeniería.*

¹⁴⁵ Mesa redonda de docencia en el tema de gráficos por computador. Basilio Ramos Barbero Sevilla. 2005. XVII ADM - INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería. <http://www.ingegraf.es>

¹⁴⁶ Documento sobre la Ingeniería Gráfica y la incorporación de la Universidad Española al Espacio Europeo de Enseñanza Superior, elaborado por el grupo de trabajo formado por los profesores: Aliaga Maraver, José Juan; Alonso Arroyo, José Amadeo; Cobos Moyano, Alfonso; Corbella Barrios, David; Félez Mindán, Jesús; González García, Victorino; Vicario López, José. <http://www.ingegraf.es>

Generales

- *Establecer modelos de análisis conducentes a la resolución de problemas reales e identificar, en su caso, defectos en el planteamiento; con independencia de que su resolución sea o no conocida.*
- *Saber utilizar los conceptos básicos de las geometrías necesarias, incluso comprendiendo nuevos razonamientos geométricos e identificando posibles errores en las demostraciones.*
- *Desarrollar la capacidad de análisis e interpretación gráfica de enunciados, propiedades y situaciones de diversa índole planteados en contextos de ingeniería.*
- *Conocer las herramientas gráficas y sus aplicaciones en ingeniería.*

Por contenidos

- *Teoría de la representación*
- *Resolver problemas de forma creativa, variada y relacionada. Dominar las técnicas necesarias para su resolución.*
- *Analizar las formas geométricas necesarias para su aplicación en la técnica y hacer posible la creación o diseño de otras nuevas mediante la combinación de las primeras.*
- *Dotar al ingeniero de esquemas lógicos y métodos de trabajo enfocados a resolver problemas técnicos de ingeniería, de forma eminentemente gráfica.*

Técnicas de visualización

- *Conocer los sistemas de representación y visualización necesarios para interpretar sobre un plano los modelos planos o tridimensionales, y posibilitar la comunicación gráfica entre técnicos. En definitiva, interpretar información en modo gráfico (planos, esquemas, gráficos,...)*
- *Comprender y manipular las formas geométricas en el espacio y realizar con ellas operaciones mentalmente, distinguiendo entre las funciones de cada elemento.*

Herramientas de modelización

- *Valorar esta modalidad de comunicación, sabiendo cuando y como es conveniente transmitir información en modo gráfico.*
- *Utilizar adecuadamente los recursos y técnicas de la ingeniería gráfica, para adquirir la habilidad suficiente en el manejo de estas herramientas: desde el lápiz (mediante la croquización) hasta el ordenador.*
- *Conocer y comprender aquellos aspectos relativos a la informática gráfica que van desde los sistemas físicos y lógicos a las modernas tecnologías de visualización de datos y de realidad virtual.*
- *Lenguajes de descripción geométrica*
- *Conocer la terminología y los convencionalismos que permiten la universalidad de estas formas de lenguajes.*
- *Conocer la semántica de los “términos tecnológicos” de otras materias y Áreas de conocimiento.*
- *Conocer algunos formatos gráficos comunes y saber discernir entre sus cualidades.*

Las destrezas enunciadas, se pueden reducir a:

- *“Capacitar para hacer frente a los procesos creativos del diseño conceptual y para comunicar los resultados de su actividad”.*

- *También se deben tratar de alcanzar algunos objetivos indirectos, aunque no menos importantes, a través de la enseñanza estructurada de esta Área:*
- *“Fomentar la curiosidad e interés por aprender cosas nuevas, profundizar en los fundamentos científicos de las técnicas que se aplican y facilidad para el autoaprendizaje”*

Según los autores, uno de los objetivos de la unificación de criterios es la de obtener una referencia común para el desarrollo de la programación para facilitar o simplificar la movilidad, ante la mayor flexibilidad curricular que el espacio europeo y su sistema de acreditación persigue. Se pretende optimizar el esfuerzo colectivo para fomentar la creación de material didáctico, de modo que pueda ser aprovechado de forma más eficiente.

3.3. Contenidos generales del Área de Ingeniería Gráfica

Según Leiceaga Baltar¹⁴⁷ en toda representación gráfica intervienen la geometría métrica y la proyectiva como soporte científico, la geometría descriptiva como soporte pretecnológico y la normalización como soporte tecnológico. Según este planteamiento veremos como se configura el Área de conocimiento.

En el diagrama siguiente se indican los objetivos, los contenidos, la metodología, los procesos y las herramientas que se han podido sintetizar de las programaciones docentes estudiadas. Se ha esquematizado en términos generales con la finalidad de resaltar la convivencia de las herramientas para dibujo sobre papel y las herramientas de Diseño Asistido.

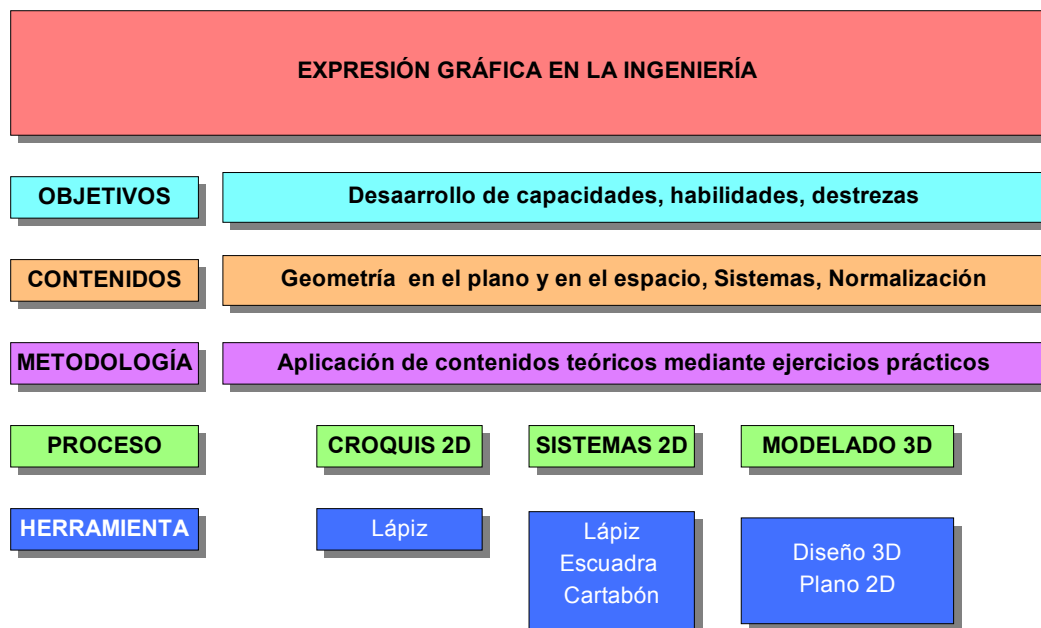


Ilustración 67. Esquema de la Ingeniería Gráfica según descriptores del BOE

¹⁴⁷ LEICEAGA BALTAR, Juan A. La Expresión Gráfica y el Computador. Anales de Ingeniería Gráfica, Vol.1, Núm.1, Enero-Abril 1992, p. 46.

Lama Ruíz y otros¹⁴⁸ nos subrayan que en los primeros cursos de ingeniería, se dota al estudiante de las bases científicas: fundamentos matemáticos, físicos y químicos de la ingeniería y se le facilitan los medios necesarios para comprender las tecnologías y su aplicación.

En primera instancia, podemos comprobar que el estilo de procesamiento de la información se realiza en paralelo, frente a estilos de procesamiento fundamentalmente en serie y/o simbólicos de otras Áreas.

Por otro lado, el desarrollo de las capacidades cognitivas y su substrato neurobiológico está claramente diferenciado, como sería:

- *Dominio declarativo: Visualización, estructura, transfiguración, determinación, clasificación, aplicación, etc.*
- *Dominio psicomotor: Coordinación visomotora-cognitiva, formación de esquemas psicomotores (adquisición), coordinación de esquemas psicomotores (asimilación), automatización de esquemas psicomotores (compilación), etc.,*
- *Dominio actitudinal: Sensibilidad perceptual, disposición a realizar análisis y síntesis holísticos, disposición a la ontologización de estructuras y funciones por entidades gráficas, etc.*

En la misma línea, podemos identificar técnicas y procedimientos resolutivos claramente diferenciados, como: Técnicas clásicas de modelado: Geometría descriptiva, normalización, etc. Técnicas modernas de modelado, como: Geometría constructiva en sistemas de CAD, etc.

Así como procedimientos específicos que le son propios, tanto bajo técnicas de CAD, como con herramientas euclidianas.

La asociación INGEGRAF constituyó una comisión que se aprobó en la junta que el Comité de Dirección celebró en Santander el 29 de octubre de 2001, cuya misión era el estudio de los contenidos de la Ingeniería Gráfica.

Un año más tarde, en octubre de 2002, se celebró en la Universidad de Alicante un seminario de profesores del Área de Ingeniería Gráfica, con la finalidad de establecer los contenidos básicos de geometría y de aplicación de nuevas tecnologías en la docencia de la Ingeniería Gráfica.

En el año 2003 se constituyó en Madrid un grupo de trabajo, que posteriormente también se reunió en Zaragoza en 2004 con motivo de la celebración del XVI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica¹⁴⁹.

La aprobación del catálogo de titulaciones de grado y postgrado y la entrada en vigor del Espacio Europeo de Educación Superior motivó que en la Asamblea Extraordinaria del 2 de junio de 2004, se tomara como objetivo prioritario la redacción de las directrices generales del Área de Ingeniería Gráfica, por titulaciones, con el propósito de remitirla, antes de finalizar el año 2005, a los distintos organismos responsables del ministerio.

¹⁴⁸ LAMA RUIZ, J. R.; AGUAYO GONZÁLEZ, F.; DEL POZO MADROÑAL, N. Epistemología gráfica. Logroño-Pamplona 1999. XI INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

¹⁴⁹ En la WEB de INGEGRAF <http://www.ingegraf.es>, se encuentra la información acerca de las reuniones de las comisiones sobre los contenidos de la expresión gráfica, así como mesas redondas, encuestas y resultados.

A continuación se presenta la relación de contenidos previstos en el Documento sobre la Ingeniería Gráfica y la incorporación de la Universidad Española al Espacio Europeo de Enseñanza Superior elaborado por el *Grupo de Madrid*.

CONTENIDOS BÁSICOS

- *Teoría de la representación*
- *Método lógico geométrico para la modelización del pensamiento.*
- *Modelos axiomáticos; postulados e invariantes en las diferentes geometrías.*
- *Clasificación de las geometrías.*
- *Adecuado desarrollo de las diferentes geometrías: métrica, proyectiva y del espacio euclídeo tridimensional:*
- *Axiomas fundamentales.*
- *Teoremas fundamentales.*
- *Transformaciones e invariantes.*
- *Técnicas de visualización*
- *Estructura de los sistemas tradicionales.*
- *Fundamento de los sistemas de proyección.*
- *Estudio y desarrollo de los sistemas que sean necesarios, según la ingeniería:*
- *Análisis topológico: Incidencia y pertenencia.*
- *Tratamiento métrico: medidas lineales y angulares*
- *Representación de formas*
- *Representaciones convencionales de las aplicaciones generales de ingeniería y las particulares para cada título. Normalización.*
- *Herramientas de modelado geométrico*
- *Instrumentos de trazado convencionales*
- *Sistemas y aplicaciones informáticas:*
- *Sistemas físicos (hardware)*
- *Dispositivos de entrada*
- *Dispositivos de salida*
- *Dispositivos gráficos*
- *Sistemas lógicos (software)*
- *Aplicaciones de propósito general*
- *Aplicaciones sectoriales*
- *Lenguajes de descripción geométrica*
- *Lenguajes descriptores de modelos (UML)*
- *Semiótica básica: normalización aplicada a las ingenierías*
- *Convencionalismos tradicionales*
- *Algoritmos gráficos básicos*
- *Iconografía*
- *Formatos de intercambio*

En la siguiente tabla se relacionan los contenidos generales presentados en una encuesta realizada por el profesor por el equipo coordinado por el profesor Álvarez Peñín desde la Asociación de INGEGRAF, mediante esta encuesta se pretende obtener los datos necesarios sobre los contenidos a impartir y el grado de importancia en el conjunto de la programación de las titulaciones:

1. Geometría.

1.1. Geometría métrica plana.

- 1.1.1. Elementos fundamentales.
- 1.1.2. Polígonos.
- 1.1.3. La circunferencia. Tangencias.
- 1.1.4. Lugares geométricos y construcciones geométricas.
- 1.1.5. Transformaciones geométricas.
- 1.1.6. Curvas cónicas y curvas técnicas (cicloides...).

1.2. Geometría métrica en el espacio

- 1.2.1. Elementos fundamentales.
- 1.2.2. Lugares geométricos y construcciones geométricas.
- 1.2.3. Ángulos poliedros. Triedros. Pirámides. Prismas. Poliedros regulares.
- 1.2.4. Curvas alabeadas. Superficies. Generalidades. Clasificación.
- 1.2.5. Superficies regladas desarrollables.
- 1.2.6. Superficies regladas alabeadas.
- 1.2.7. Cuádricas.
- 1.2.8. Superficies de revolución.
- 1.2.9. Intersección de superficies. Superficies compuestas.

1.3. Geometría proyectiva.

- 1.3.1. El espacio proyectivo. Elementos y formas geométricas fundamentales.
- 1.3.2. Categorías. Operaciones fundamentales.
- 1.3.3. Proyectividad y perspectiva. Homografías. Correlación.
- 1.3.4. Homología y homología afín. Aplicaciones.
- 1.3.5. Polaridad. Aplicaciones.
- 1.3.6. Estudio proyectivo de las cónicas y cuádricas regladas.

1.4. Geometría descriptiva.

- 1.4.1. Sistema diédrico.
 - 1.4.1.1. Generalidades. Elementos fundamentales.
 - 1.4.1.2. Operaciones geométricas: abatimientos...
 - 1.4.1.3. Construcciones métricas: paralelismo...
 - 1.4.1.4. Representación de figuras planas y cuerpos.
- 1.4.2. Sistema acotado.
 - 1.4.2.1. Generalidades. Elementos fundamentales.
 - 1.4.2.2. Operaciones geométricas: abatimientos...
 - 1.4.2.3. Construcciones métricas: paralelismo...
 - 1.4.2.4. Cubiertas de edificios.
 - 1.4.2.5. Superficies topográficas. Plataformas. Obras lineales. Acuerdos.
- 1.4.3. Sistema axonométrico.
 - 1.4.3.1. Generalidades. Elementos fundamentales. Paso al diédrico.
 - 1.4.3.2. Operaciones geométricas: abatimientos...

- 1.4.3.3. Construcciones métricas: paralelismo...
- 1.4.3.4. Representación de figuras planas y cuerpos.
- 1.4.4. Sistema caballera.
 - 1.4.4.1. Generalidades. Elementos fundamentales. Paso al diédrico.
 - 1.4.4.2. Operaciones geométricas: abatimientos...
 - 1.4.4.3. Construcciones métricas: paralelismo...
 - 1.4.4.4. Representación de figuras planas y cuerpos.
- 1.4.5. Sistema cónico, central estereográfico, gnomónico.
 - 1.4.5.1. Generalidades. Elementos fundamentales.
 - 1.4.5.2. Operaciones geométricas: abatimientos...
 - 1.4.5.3. Construcciones métricas: paralelismo...
 - 1.4.5.4. Representación de figuras planas y cuerpos.

2. Normativa.

2.1. Dibujo Técnico.

- 2.1.1. El dibujo técnico como lenguaje tecnológico. Normas.
- 2.1.2. Tipos de dibujos. Croquis.
- 2.1.3. Elementos de un dibujo: papel, líneas, rotulación, cajetines.
- 2.1.4. Escalas.
- 2.1.5. Representación por vistas. Criterios de selección.
- 2.1.6. Vistas particulares. Vistas auxiliares.
- 2.1.7. Cortes y secciones.
- 2.1.8. Acotación.
- 2.1.9. Intersecciones. Representación y acotación.

2.2. Diseño mecánico.

- 2.2.1. Acotación funcional. Procesos de fabricación y materiales.
- 2.2.2. Tolerancias dimensionales y ajustes.
- 2.2.3. Tolerancias geométricas.
- 2.2.4. Acabados superficiales.
- 2.2.5. Uniones desmontables. Roscas. Acoplamientos.
- 2.2.6. Uniones fijas. Soldadura. Remaches.
- 2.2.7. Ejes y árboles.
- 2.2.8. Chavetas y acanaladuras.
- 2.2.9. Rodamientos.
- 2.2.10. Ruedas dentadas y engranajes.
- 2.2.11. Resortes
- 2.2.12. Dibujo de conjuntos. Lista de componentes.

2.3. Dibujo de Construcción e Ingeniería Civil.

- 2.3.1. Dibujo de construcción y edificación.
- 2.3.2. Dibujo de instalaciones eléctricas
- 2.3.3. Dibujo de tuberías
- 2.3.4. Dibujo de instalaciones hidráulicas y neumáticas
- 2.3.5. Dibujo de instalaciones de protección contra incendios
- 2.3.6. Dibujo de instalaciones de agua
- 2.3.7. Dibujo de instalaciones de climatización
- 2.3.8. Dibujo de sistemas de medida y regulación de procesos.

3. Nuevas tecnologías

- 3.1. Conceptos y fundamentos.
 - 3.1.1. Introducción a los Gráficos Informáticos. Formatos.
 - 3.1.2. Introducción a la Geometría Computacional.
 - 3.1.3. Modelos de representación.
- 3.2. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
 - 3.2.1. Geodatabase: estructura, contenido, elementos
 - 3.2.2. Tipos de información, almacenamiento y gestión.
 - 3.2.3. Captura y procesamiento de datos.
 - 3.2.4. Tratamiento y análisis raster.
 - 3.2.5. Modelos de datos. Metadatos.
 - 3.2.6. Modelos de geoprocesamiento.
 - 3.2.7. Las topologías en los SIG.
 - 3.2.8. Aprendizaje de una aplicación comercial de un SIG.
- 3.3. Sistemas de CAD convencionales
 - 3.3.1. Dibujo en 2D. Generalidades. La interfaz.
 - 3.3.2. Operaciones básicas: dibujo, edición, selección, visualización.
 - 3.3.3. Empleo de curvas. Tipos y propiedades.
 - 3.3.4. Capas y agrupación de objetos. Bibliotecas.
 - 3.3.5. Acotación.
 - 3.3.6. Exportación, importación, transmisión e impresión de ficheros.
 - 3.3.7. Dibujo en 3D.

3.4. Sistemas de CAD paramétricos.

- 3.4.1. Diseño de pieza por medio de sólidos.
- 3.4.2. Diseño de pieza por superficies.
- 3.4.3. Diseño de conjuntos. Bibliotecas 3D.
- 3.4.4. Documentación de planos. Vistas.

3.5. Otras aplicaciones de los Gráficos Informáticos

- 3.5.1. Simulación Gráfica: presentación fotorrealista y animación.
- 3.5.2. Postproducción digital de vídeo y audio. Multimedia.
- 3.5.3. Tratamiento digital de imágenes.
- 3.5.4. Programas vectoriales para la WEB.
- 3.5.5. Representación gráfica de datos: visualización científica, Matlab...
- 3.5.6. Programación Gráfica (OpenGL, VRML, WEB3D...).
- 3.5.7. Gestión de ficheros gráficos y proyectos. PDM, ingeniería colaborativa.
- 3.5.8. Aplicac. verticales: ingeniería inversa, estilismo, prototipado rápido.

4. Diseño Industrial

- 4.1. Historia y conceptos.
- 4.2. Metodologías de diseño.
- 4.3. Caso práctico. Desarrollo de un producto.

Capítulo IV

4. PROGRAMACIONES DOCENTES Y GUÍAS ACADÉMICAS.

A continuación hemos seleccionado y resumido los objetivos y los contenidos que se desprenden de las programaciones¹⁵⁰ de asignaturas de Ingeniería Gráfica obtenidas de los centros de referencia. Por si solos nos dan una orientación de qué planteamientos son los que se persiguen en dichos centros, siendo una muestra significativa del denominador común en el Área de conocimiento.

4.1. Objetivos generales en las guías académicas de las Universidades

Para facilitar la lectura del conjunto de objetivos que hemos obtenido del estudio de las programaciones disponibles en las guías académicas de los centros de referencia, se han dispuesto unos apartados recogiendo los diferentes conceptos que se han localizado. Los objetivos se han ordenado como sigue:

- Desarrollo de facultades
- Normas
- Geometría
- Herramientas
- Aplicaciones

DESARROLLO FACULTADES

- Desarrollar la visión espacial para facilitar la comprensión tridimensional de objetos, piezas o formas usuales de la industria.
- Desarrollar la capacidad de ver o imaginar las formas geométricas en el espacio y realizar mentalmente operaciones con ellas.
- Dotar al alumno de la capacidad de manipular y definir formas espaciales a través de un soporte plano.
- Capacitar al estudiante para poder interpretar y concebir el espacio real de tres dimensiones.
- Desarrollar capacidades intelectivas superiores como son la visión espacial, la síntesis y el análisis de las formas.
- Desarrollar la visión espacial que facilite la comprensión tridimensional de objetos, piezas o formas usuales de la industria.

NORMAS

- Alcanzar un conocimiento básico del lenguaje del dibujo industrial, tanto de lectura como de ejecución (convenciones del lenguaje gráfico) y de la presentación de documentación gráfica.

¹⁵⁰ Ver anexo 3 Programaciones docentes de los centros de referencia.

- Realizar la documentación gráfica de cualquier proyecto, de manera que pueda ser presentado a un organismo oficial.
- Identificar y representar aquellos elementos que, teniendo una representación gráfica normalizada, requieren el conocimiento de una simbología específica y son parte habitual en la fabricación de mecanismos de diferentes disciplinas.
- Capacitar al alumno para poder dimensionar completamente cualquiera objeto real o imaginario atendiendo a los principios generales de acotación y sus distintas particularidades.
- Adquirir las destrezas en el uso de las herramientas y aplicación de las normativas propias del desarrollo de un proyecto de diseño.
- Valorar el papel de la normalización tanto en el dibujo técnico en particular, como en la industria en general.

GEOMETRÍA

- Controlar conceptos como pertenencia, paralelismo, perpendicularidad, intersecciones y distancias, mediante los diferentes sistemas de representación.
- Saber controlar y utilizar los movimientos en el espacio: giros y proyecciones auxiliares.
- Saber generar y manipular superficies y volúmenes de aplicación técnica.
- Saber resolver intersecciones de superficies y cuerpos.

HERRAMIENTAS

- Adquirir los conocimientos fundamentales de Diseño Asistido por Ordenador para su utilización como herramienta de trabajo.
- Utilizar adecuadamente los recursos y técnicas de la Ingeniería Gráfica adquiriendo habilidad en el manejo de la croquización.
- Aprender a utilizar los programas de Diseño por Ordenador y herramientas destinadas a la confección de documentación electrónica para proyectos.
- Facilitar al alumno los conocimientos y técnicas necesarias para utilizar herramientas informáticas específicas para diseñar y resolver problemas gráficos en el espacio y en el plano.
- Familiarizar a los estudiantes con los métodos y técnicas del diseño mecánico, utilizando las herramientas informáticas habituales para la representación y simulación.

APLICACIONES

- Mostrar las ventajas de la comunicación visual en la concepción y transmisión de ideas y procedimientos.
- Conocer la forma y características esenciales de los elementos mecánicos.
- Determinar en forma y dimensiones cualquier pieza o mecanismo real.
- Concebir y representar mecanismos, gráficos o esquemas a partir de ideas, funciones o datos.
- Determinar los objetos incorporando sus dimensiones y demás atributos atendiendo a los criterios de fabricación, funcionalidad y verificación o control.
- Ser capaz de aplicar con criterio los conceptos de control de errores en la medida, forma, posición, oscilación y orientación.
- Toma de contacto con las máquinas y los mecanismos, su terminología y simbología. Introducción a la representación gráfica en la ingeniería mecánica. Uso de apoyos informáticos. Conocimiento e identificación de los materiales. Descripción de su funcionalidad.

- Comprender e interpretar el tipo de resultados que se pueden esperar en un proceso de simulación.
- Dotar al ingeniero de esquemas y métodos de trabajos enfocados a resolver problemas técnicos de ingeniería.
- Capacitar al alumno para que comprenda los cometidos, sintetice ideas y se sienta identificado con el lenguaje técnico como medio de comunicación.
- Adquirir conocimientos en las técnicas y metodologías del Diseño Industrial, y en los programas informáticos gráficos aplicados a la ingeniería y el diseño industrial.
- Mostrar las ventajas de la comunicación visual en la concepción y transmisión de ideas y procedimientos.
- Proporcionar al alumno la capacidad de manipular y definir formas espaciales mediante un soporte plano.
- Capacitar al alumno para poder interpretar y concebir el espacio real de tres dimensiones.
- Facilitar al alumno un sistema general para solucionar problemas en un plano, y hacerlo extensivo al espacio.

4.2. Contenidos que se están impartiendo en los centros de referencia

El profesor Angel León Casas¹⁵¹ en la mesa redonda sobre docencia celebrada en Sevilla concluyó que:

Las materias a desarrollar e incluir en un programa docente deberán poseer como denominador común la formación gráfica del Ingeniero según dos aspectos complementarios: Geometría Descriptiva (aspecto conceptual) y Normalización (aspecto formal). Adquirir los conocimientos de Geometría Descriptiva, con sus fundamentos de Geometría Métrica y Geometría Proyectiva, y Normalización son objetivos prioritarios de las asignaturas de Expresión Gráfica.

A continuación destacamos el resumen de los contenidos obtenidos del estudio de las programaciones docentes de los centros de referencia donde se imparten ingenierías.

Para ampliar la visión del conjunto puede verse el Anexo 3 programaciones docentes de los centros de referencia, en los que se detallan los objetivos, los contenidos, la metodología, las prácticas y la bibliografía, los créditos o el tipo de asignaturas según sea la titulación.

Veremos, del mismo modo que en el anterior apartado de los objetivos docentes, cómo se han seleccionado los contenidos comunes de los diferentes centros para destacar las líneas generales, evitando señalar las peculiaridades de determinados centros, puesto que son casos concretos relacionados con alguna titulación muy específica y sus especialidades.

Se han localizado los contenidos ordenados en los siguientes apartados: Geometría, Sistemas, normalización, delineación 2D por ordenador, diseño asistido 3D y fundamentos del diseño industrial.

¹⁵¹ Mesa redonda presentada por el profesor Miguel Ángel León Casas. Sevilla. 2005. XVII ADM - INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

Geometría

- Proyectividad
- Sistemas métricos de representación.
- Paralelismo e intersecciones. Perpendicularidad y mínimas distancias. Cambios de plano. Giros. Abatimientos. Ángulos. Tiedros.
- Curvas y superficies.
- Principales curvas técnicas,
- Relaciones de incidencia recta-curva y plano-curva.
- Superficies radiadas, de revolución y poliédricas.
- Intersección entre superficies.
- Aplicaciones al dibujo técnico.
- Aplicación de los lugares geométricos a la resolución de problemas.

Normalización

- Del croquis al dibujo de taller.
- Elementos que componen un dibujo técnico.
- Representación normalizada en los dibujos técnicos.
- Sistemas de representación europeo y americano.
- Cortes, secciones, roturas, detalles y elementos complementarios.
- Sistemas de dimensionamiento de objetos.
- Acotación funcional.
- Control de errores en la medida. Tolerancias dimensionales.
- Controles de forma, posición, orientación y oscilación.
- Tolerancias geométricas.
- Procesos de fabricación, su incidencia sobre el diseño y posterior representación del producto.
- Resortes.
- Ejes y árboles.
- Chavetas y estriados.
- Rodamientos.
- Mecanismos de transformación de giro.
- Uniones roscadas, soldadas y remachadas.
- Elementos de máquinas.
- Presentación de proyectos. Formato de entrega de la documentación.
- Conjuntos industriales, despieces y mecanismos.
- Dibujos de taller y de montaje.
- Aspectos legales: Legislación ambiental.

Delineación 2D

- Estructuras diversas.
- Entidades gráficas y atributos.
- Estándares de almacenamiento de datos.
- Editores gráficos.
- Comandos fundamentales de edición
- Lenguajes de desarrollo.
- Ejemplos de aplicación.
- Aplicaciones de salida de una base de datos gráfica. CAD/CAM.
- Curvas de diseño
- Superficies de diseño

Diseño Asistido 3D

- Lenguajes internos de programación.
- Ficheros de comandos.
- Definición paramétrica de objetos.
- Utilización del CAD como salida gráfica de programas de cálculo.
- Concepto de modelado geométrico.
- Métodos de modelado.
- Planos de trabajo.
- Modelado por barrido. Extrusión, revolución.
- Transformaciones geométricas 3D.
- Sistemas de referencia 3D.
- Transformaciones geométricas 3D.
- Transformaciones de visualización.
- Parámetros de representación,
- Curvas y superficies de Bézier y B-spline.
- Acotación Asociativa. Parametrización.
- Creación de elementos mecánicos tridimensionales a partir de sus representaciones diédricas normalizadas.
- Gestión de la visualización,
- Aplicación a proyectos.
- Aplicación a fabricación.
- Aplicación a mantenimiento de instalaciones.
- Sistemas CAD-CAM y otros sistemas integrados Introducción a la metodología y las técnicas de CAD.
- Aplicaciones Industriales de los sistemas CAD.
- Conexiones con su entorno tecnológico (CAM, CAE, GIS, etc.)
- Aplicación a la representación cinemática de cuerpos móviles.
- Obtención de perspectivas y de imágenes realistas.
- Modelos de Iluminación (Phong, Ray-Tracing, Radiosidad).
- Realismo visual y técnicas de representación del movimiento.
- Técnicas de realismo visual.
- Aplicaciones de luz y color.
- Aplicación a la visualización, iluminación y coloreado de objetos.
- Representación del movimiento. Interactividad.

Fundamento del Diseño Industrial.

- El Proceso de Diseño.
- Interdisciplinariedad.
- Fases y metodologías para la concepción y el desarrollo de un proyecto de diseño industrial.
- Factores de diseño. aspectos técnicos, estéticos y de mercado.
- Diseño. técnicas de creatividad.
- Variables de diseño.
- Ergonomía.
- Nuevos materiales.
- Color. impacto ambiental.
- Análisis de la forma y la función.
- Análisis de valor de uso.
- Elaboración del pliego de condiciones.

- Normativa.
- Legislación.
- Patentes.
- Maquetas, modelos y prototipos.
- Técnicas de Representación.
- Modelización informática.
- Política de mercado (Marketing-Mix).
- Embalaje y transporte.
- Ensayos y optimización del diseño.
- Ciclo de vida de un producto.
- Mantenimiento, reutilización y reciclaje.
- Ejercicio integrador de diseño industrial.

Capítulo V

5. CONTENIDOS TEÓRICOS APLICADOS EN EL DISEÑO ASISTIDO

Cuando los programas de CAD 2D sólo permitían dibujar en el plano, se realizaban las mismas operaciones que antiguamente hacían los delineantes proyectistas sobre su mesa de trabajo utilizando el tecnógrafo.

El CAD 2D se empleaba como una herramienta que requería de los métodos de representación utilizados sobre papel. En la actualidad los sistemas de CAD 3D paramétricos ya incorporan el módulo de CAD 2D que permite, de un modo semiautomático, representar el modelo tridimensional según las vistas normalizadas de los elementos del conjunto diseñado.

Hay que tener en cuenta que cualquier modificación que se realice sobre el 3D queda reflejada en los ficheros 2D con las correspondientes indicaciones para la posterior acotación de los cambios producidos.

Las aplicaciones de diseño 3D han aportado un incremento de las posibilidades en la representación, en la concepción de modelos geométricos, en la construcción y en la metodología de trabajo, agilizando la obtención de las vistas necesarias para la representación normalizada del dibujo industrial.

El módulo *plano* se emplea para proyectar el modelo geométrico 3D y permitir la obtención de la representación 2D sobre papel.

5.1. Herramientas manuales y digitales

Se entiende por herramientas manuales para croquis y dibujo, los instrumentos clásicos para usar sobre papel¹⁵². Las herramientas digitales son las que permiten el Dibujo Asistido 2D (CAD 2D) y el Diseño Asistido 3D (CAD 3D).

La representación de modelos geométricos a mano alzada es de utilidad indiscutible en la práctica profesional del diseño en ingeniería, por ser el método más rápido de concepción y expresión de las ideas.

Las herramientas manuales han sido históricamente los instrumentos necesarios para el estudio de la geometría métrica y del espacio, los croquis se ejecutan mediante el empleo de las proyecciones ortogonales cilíndricas, oblicuas o cónicas.

El conocimiento de las herramientas de representación 2D se aplica tanto para comunicar como para comprender y plasmar las ideas del diseñador en ingeniería. Así vemos, que el estudio del croquis se aplica como método para ejercitar la visualización de piezas y conjuntos, su representación normalizada y en perspectiva, asimismo es común en

¹⁵² Ver anexo 1. Definición de términos apartado 1.16. Lista de instrumentos y materiales del dibujante, FRENCH, THOMAS E. *Dibujo de Ingeniería*. México: Ed. Comoval, 1958. Pág. 3.

determinados centros la entrega de ejercicios de prácticas y de exámenes de normalización resueltos a mano alzada.

Las herramientas manuales han resultado imprescindibles para la obtención de planos de taller y la correcta aplicación del dibujo normalizado.

En los centros de referencia estudiados, se aprecia el empleo de instrumentos manuales combinados con el uso de programas de CAD en diferentes momentos de la enseñanza.

Hay que considerar que a mediados de 1995 se empezó a introducir el Diseño Asistido por Ordenador 3D. Hasta entonces se disponía de CAD 2D para realizar ejercicios de geometría plana o sistema diédrico, también se utilizaban rejillas isométricas, dimétricas y trimétricas para trabajar en el sistema axonométrico.

La reducción de horas lectivas y la incorporación del CAD ha potenciado la definición de asignaturas cuyos contenidos, en otros tiempos, correspondían a asignaturas diferentes.

En un principio las asignaturas en las que se empleaba un aula informática y programas de CAD eran asignaturas optativas y en la actualidad se está empleando el CAD 3D en asignaturas troncales y obligatorias. Hay que tener en cuenta que los estudiantes que acceden a la universidad han empleado algún programa de CAD 2D, puesto que se ha ido normalizando la práctica del dibujo asistido en la enseñanza secundaria.

Paulatinamente se han ido ampliando las aulas informáticas y han aumentado las capacidades de los ordenadores y del software a disposición de la docencia, hasta llegar a instalar programas de CAD 3D paramétrico.

Las prácticas de laboratorio de CAD se realizan una vez terminado el croquis a mano alzada para favorecer la comprensión de la pieza y el modelo geométrico en 3D, posteriormente se puede recurrir al módulo plano y obtener las vistas para poder confirmar o corregir los resultados y proceder a la acotación y representación normalizada de la pieza o conjunto. También dicho módulo tiene opciones axonométricas por defecto.

Se realizan habitualmente ejercicios de comprensión de elementos representados en vistas ortogonales para que el estudiante los construya en 3D y posteriormente los representen en el módulo plano según norma, asimismo se realiza el proceso inverso, de un plano con las vistas normalizadas de una pieza o conjunto se pide que se realice el modelo en 3D.

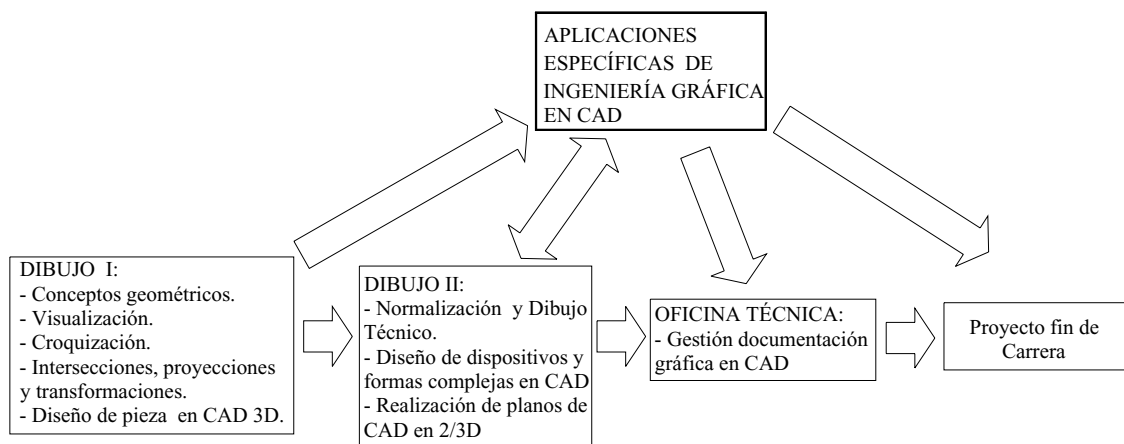
Para el modelado geométrico 3D se requiere trazar los bocetos en 2D sobre los planos de referencia que vienen dados por defecto en las aplicaciones de CAD 3D, dichos bocetos darán lugar a las secciones o perfiles de los sólidos o superficies. Los programas de diseño asistido en 3D permiten diseñar conjuntos de modelos geométricos que posteriormente pueden visualizarse por separado individualmente y desde cualquier punto de vista.

En la mesa redonda presentada por Basilio Ramos Barbero¹⁵³ se destacaron las ventajas del empleo de modelos geométricos realizados en tres dimensiones usando programas de CAD 3D. Con la finalidad de que los estudiantes desarrollen las capacidades de ver en el espacio y para que:

¹⁵³ Mesa redonda de docencia en el tema de gráficos por computador. Basilio Ramos Barbero Sevilla. 2005. XVII ADM - INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería. <http://www.ingegraf.es>

- *Entiendan con mayor facilidad algunos conceptos como son: las intersecciones, las proyecciones, las transformaciones.*
- *Adquieran habilidades y destrezas en la generación de modelos geométricos.*
- *Sepan realizar piezas complejas y de forma paramétrica, teniendo en cuenta la intención del diseño y los procesos de fabricación.*
- *Obtengan destreza en la realización de planos de los conjuntos a partir del modelado 3D y teniendo en cuenta las normas del Dibujo Técnico.*
- *Sepan presentar el resultado de su trabajo mediante imágenes fotorrealistas y animaciones por ordenador.*

Asimismo, los autores destacan la necesidad de incorporar el uso de aplicaciones verticales a las distintas especialidades de ingeniería. En el siguiente esquema vemos una de las propuestas presentadas de estructuración de contenidos y herramientas:



Martínez Palacios y otros¹⁵⁴ en su estudio comparativo destacan que la evolución en la representación del diseño de mecanismos y piezas mediante el dibujo de planos usando las vistas normalizadas, está progresando hacia el modelado 3D y su posterior aplicación del módulo de 2D para la representación de la geometría en el plano. En la actualidad ha pasado de ser el único medio de formalización del diseño a un complemento necesario de los modelos sólidos que se realizan en el Diseño Asistido por Ordenador. Los autores destacan las siguientes características de un programa de CAD 3D:

- *Modularidad*
- *Tratamiento de sólidos integrados*
- *Modelado paramétrico y variacional*
- *Asociatividad entre elementos*
- *Modelado de superficies avanzadas*
- *Creación de librerías definidas por el usuario*

Asimismo subrayan el tratamiento de sólidos, las funciones patrón, el modelado paramétrico, las posibilidades de la realización de croquis, la unión de sólidos y las creación de superficies avanzadas.

154 MARTÍNEZ PALACIOS, J.; DEL RÍO CIDONCHA, M.G.; ORTÍZ MARÍN, R; MARTÍN SALINAS, J. Estudio comparativo de las características para el modelado sólido en 3D de dos aplicaciones Pro/Engineer y Mechanical Desktop. Logroño-Pamplona 1999. XI INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

El Diseño Asistido por Ordenador ha introducido nuevos conceptos derivados de la interrelación entre los contenidos de modelado geométrico con los contenidos de procesado y fabricación. Para disponer de las potencialidades de una aplicación de CAD 3D paramétrico avanzado es necesario realizar cursos de especialización de Áreas de conocimiento diferentes.

El modelado paramétrico permite modificar valores y reutilizar la geometría de modelos diseñados en otros proyectos anteriores, de modo que los cambios producidos en uno de los elementos afecta al conjunto de referencias a las que estaba vinculado.

Esto permite la creación de elementos característicos definidos por el usuario, facilitando la repetición sistemática, asimismo es posible crear familias que debidamente organizadas permiten reducir el tiempo de elaboración en el diseño.

Una vez terminado el conjunto se puede obtener simulaciones del mecanismo diseñado accediendo a programas de CAE, con la ventaja de poder realizar los ensayos necesarios con el consiguiente ahorro de tiempo y de costes, con tan sólo exportar los ficheros.

Codina Muñoz y García Almira¹⁵⁵ en su experiencia docente de innovación educativa destacan que:

La informatización de nuestra asignatura Técnicas de Representación Gráfica (TRG) ha producido grandes cambios tanto en el ámbito de los conceptos como de procedimientos. En cuanto al concepto, hemos podido comprobar que la utilización de los programas de CAD en 3D cumple perfectamente los objetivos que proponía Gaspard Monge.

Vicario López y otros¹⁵⁶ señalan que el proceso de diseño mediante herramientas convencionales exigía la doble labor de pensar en el espacio y operar sobre las proyecciones. Actualmente, las herramientas de Diseño Asistido por Ordenador 3D, hacen posible la operatividad directa en el espacio, relegando al sistema CAD 2D las operaciones de proyección y representación de planos de taller. Según los autores este hecho ha transformado el planteamiento docente de la geometría descriptiva. El objetivo sigue siendo el desarrollo de la concepción espacial, pero los esfuerzos de atención y comprensión se centran en la geometría espacial y no en las operaciones auxiliares de proyección.

El Dibujo Tridimensional permite la representación de los objetos en el espacio tal y como los vemos y manipulamos en la realidad. Los elementos geométricos básicos, punto, recta y plano, se pueden representar en el espacio en función de sus posiciones respecto de un sistema referencial de coordenadas cartesianas, al cual llamaremos universal, formado por tres ejes perpendiculares entre sí que determinan un triedro trirrectángulo.

La dirección de observación de los objetos del espacio, lo que denominamos punto de vista, viene definida por un vector orientado que une la posición espacial del observador con el origen de coordenadas universal. Una vez establecido un punto

155 CODINA MUÑOZ, X. Pasado, presente y futuro de la informatización de la docencia de técnicas de representación gráfica. Logroño-Pamplona 1999. XI INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

156 VICARIO LÓPEZ, J; OCAÑA LÓPEZ, R; MERINO EGEEA, M; RECIO DÍAZ, M. M; LORCA HERNANDO, P. J. Dibujo tridimensional: ¿Un nuevo enfoque de la geometría descriptiva? Sevilla. 2005. XVII ADM - INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

de vista, el sistema proyecta ortogonalmente los objetos sobre un plano perpendicular a la dirección de observación (la pantalla del ordenador).

Así, si la dirección de observación se corresponde con alguno de los ejes del sistema de coordenadas, sobre la pantalla veremos proyecciones ortogonales análogas a las obtenidas en el Sistema Diédrico. Por el contrario, si la dirección de observación es oblicua respecto de los ejes, el resultado en la pantalla será perspectivas análogas a las obtenidas en el Sistema Axonométrico, dimétricas, trimétricas o isométricas según el ángulo de oblicuidad de la dirección de observación.

A diferencia de los sistemas de representación tradicionales, donde la posición del observador es fija, el Dibujo Tridimensional permite modificar a voluntad dicha posición, puesto que es el ordenador quien se ocupa de obtener las nuevas proyecciones de los objetos sobre la pantalla (plano de proyección o plano del cuadro) cuando cambia la dirección de observación.

Esta posibilidad es fundamental para obtener en cada momento una dirección de observación que resulte favorable para resolver el problema puntual de que se trate.

Fernández Villegas y otros ¹⁵⁷ proponen una normativa relativa al empleo del CAD y las nuevas tecnologías, destacando que la representación gráfica se fundamenta en la descripción geométrica, pero no se limita a ella. Los autores resaltan los aspectos que mejor expresan la potencia del Diseño Asistido por Ordenador, como son:

- *La facilidad de introducir modificaciones y corrección de errores*
- *La posibilidad de almacenar gran cantidad de datos en poco espacio*
- *La posibilidad de enlazar diversos aspectos –gráficos y datos de todo tipo– mediante hipervínculos, ampliando las posibilidades de lectura o navegación.*
- *La posibilidad de colaboración e ingeniería concurrente*
- *La Integración de información de diverso tipo: documentos (planos, memorias, etc.), formatos, datos (geométricos, dimensionales, económicos, especificaciones de materiales o elementos, etc.)*

5.2. Prácticas con ejercicios para doble proyección y CAD 3D

El uso de los programas de CAD 3D es necesario en la actividad profesional y la académica, puesto que en la actualidad la documentación generada por el equipo de diseño se transfiere en formato digital. Los estudios preliminares a la realización de los ficheros, con las vistas normalizadas del conjunto mecánico, se discuten y evalúan trabajando en el módulo 3D, dada la facilidad, la rapidez, las posibilidades de modificaciones y exportación a los programas de estudio de elementos finitos y simulación entre otros. Por último se imprimen los planos de las piezas y conjuntos para tramitar los documentos de fabricación y visados.

Las prácticas de las asignaturas del Área de Ingeniería Gráfica se acostumbran a resolver empleando dos procedimientos complementarios. Se realizan los ejercicios sobre papel utilizando los métodos y procedimientos propios de los sistemas de representación, y también se resuelven empleando aplicaciones informáticas de Dibujo Asistido por Ordenador CAD 2D o bien mediante Diseño Asistido CAD 3D. El estudiante

157 FERNÁNDEZ VILLEGAS, A.; DÍAZ BLANCO, I. J.; MORER CAMO, P.; BUSTINZA ESPARTA, J. Aportaciones para una Normativa sobre el empleo del CAD y Tecnologías de la Información en la Expresión Gráfica en la Ingeniería. Logroño-Pamplona 1999. XI INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería.

debe entregar para la evaluación un fichero en soporte magnético, o bien un DIN-A3 con la solución. En determinados centros se evalúan los croquis a mano alzada.

La infraestructura de algunos centros permite realizar prácticas de CAD 3D cómodamente, puesto que se dispone de un ordenador para cada estudiante y del número de licencias de las aplicaciones de CAD suficientes para hacer los ejercicios con los grupos asignados por el centro.

Cuando se instalaron las primeras aulas informáticas en los años 90 se disponía de un número reducido de ordenadores para unos 120 estudiantes, lo que obligaba a realizar prácticas partiendo grupos y a realizar los exámenes sobre papel y con instrumentos de dibujo convencionales.

La implantación de nuevos medios fue produciéndose, en condiciones muy precarias y después de muchos esfuerzos de gestión para la obtención de recursos. Asimismo, fue necesaria la participación del profesorado en la organización y en la elaboración de los programas docentes adaptados a las nuevas herramientas informáticas, la definición y puesta en marcha de los nuevos planes de estudio, y la formación en el uso de las nuevas tecnologías emergentes.

La paulatina incorporación de las herramientas informáticas en el aula ha ido generando una modificación en los enunciados de prácticas, y con la evolución de las nuevas versiones de los programas de Diseño Asistido 3D se ha aumentado la complejidad de los ejercicios y los resultados en el aula.

Hay que tener en cuenta que al emplear un programa de modelado 3D es necesario utilizar proyecciones sobre los planos de referencia, dichas proyecciones se denominan *bocetos*. Los bocetos son en realidad los perfiles que se emplearán posteriormente para *extrusionar o protusionar, revolucionar y vaciar*¹⁵⁸.

Se requiere un tiempo para el aprendizaje de la herramienta y una nueva forma de concebir la realización del modelo propuesto como práctica. En general se aprecia una modificación de los contenidos a impartir y un cambio en la metodología docente, puesto que se trabaja en el espacio y los métodos clásicos de cambio de plano giro y abatimiento son sustituidos por otros procedimientos de visualización y medida.

A continuación se describen ejercicios prácticos resueltos mediante herramientas manuales y aplicaciones informáticas de diseño asistido 3D, se relacionan los contenidos necesarios para resolverlos sobre el papel o en el espacio, empleando el sistema diédrico en el primer caso y un programa de CAD 3D en el segundo.

También se describen los contenidos de geometría utilizados en modelado geométrico y se puntualizan las semejanzas y diferencias entre los sistemas de representación bidimensional habituales respecto a los métodos característicos de las nuevas herramientas informáticas. Se presentan enunciados en los que se necesita aplicar métodos de sistemas de representación bidimensionales en combinación con técnicas de modelado geométrico 3D para poder resolver los problemas planteados.

Por último se muestran los cuerpos y superficies clásicos que aparecen en la bibliografía estudiada y se exponen procedimientos mediante los que se generan, así como las técnicas más habituales de modelado.

¹⁵⁸ Operaciones de construcción o vaciado del modelo geométrico necesarias para la creación de sólidos o superficies.

5.3. Ejemplos de ejercicios y muestra de procesos

El ejercicio propuesto ¹⁵⁹ parte de los datos siguientes:

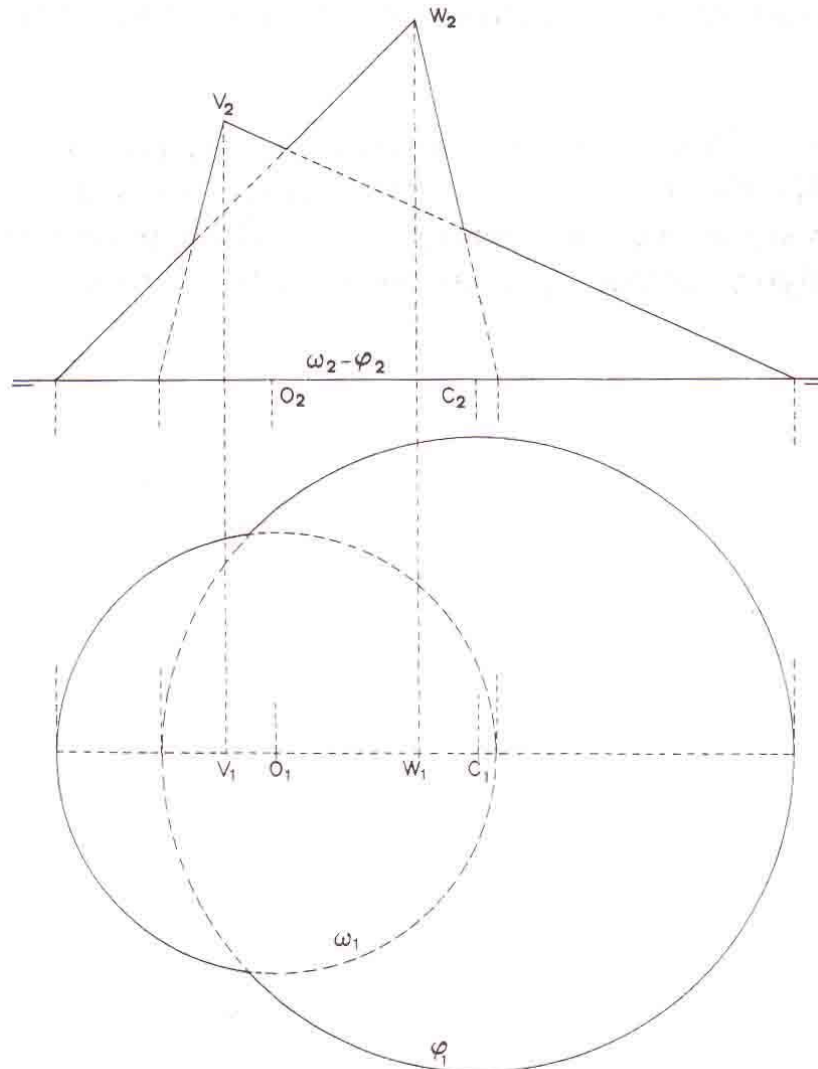
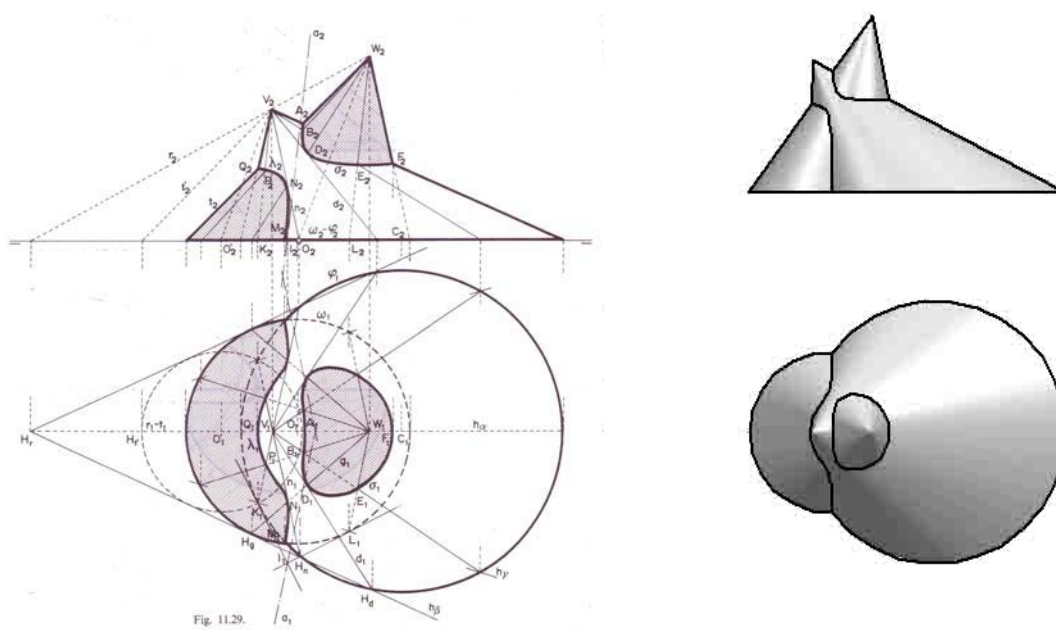


Fig. 11.29.

11.29. Hallar la intersección de los conos de vértices $V_1 - V_2$ y $W_1 - W_2$ (Fig. 11.29) y bases circulares respectivas $\varphi_1 - \varphi_2$ y $\omega_1 - \omega_2$, de centros $C_1 - C_2$ y $O_1 - O_2$.

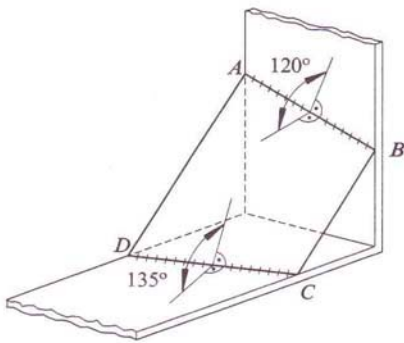
¹⁵⁹ IZQUIERDO ASENSI, F. Ejercicios de geometría descriptiva II. PP. 177 y 198. Madrid: Ed. Orymu, 1992. ISBN 84-237-0801-2



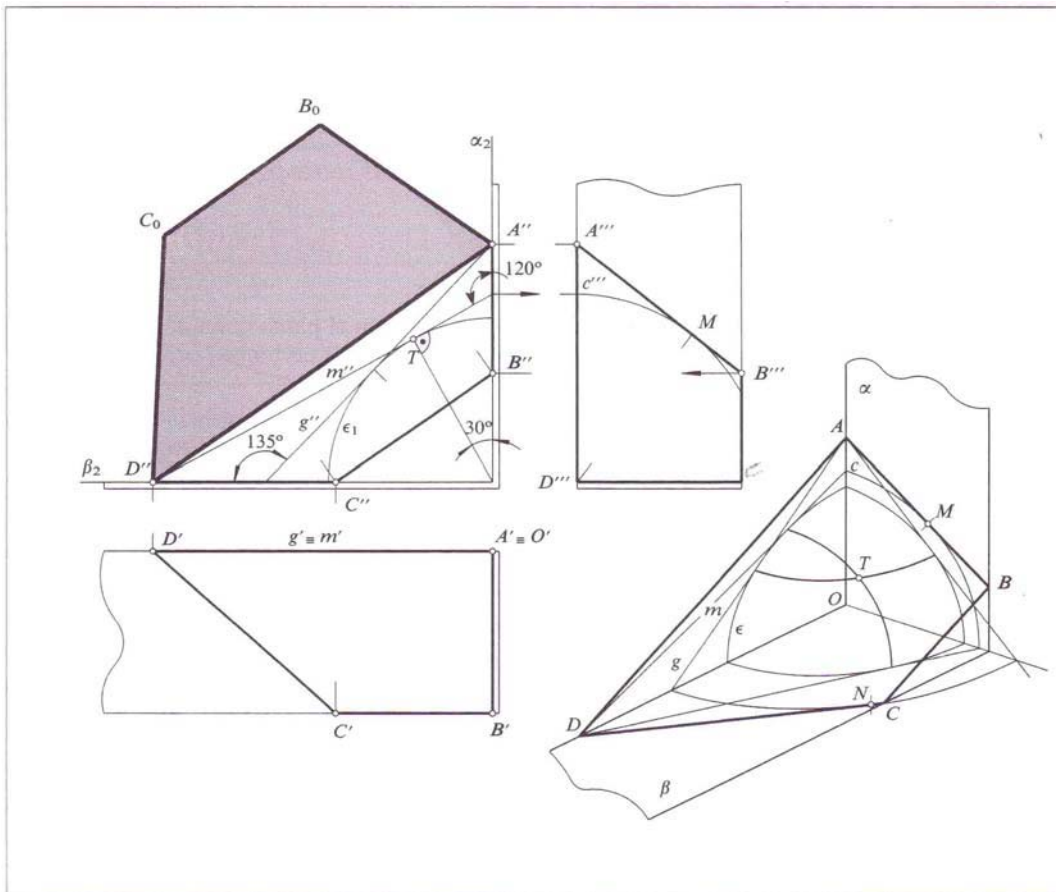
Los conceptos implicados en la práctica de este ejercicio son:

Unidad didáctica	Desarrollo 2D	Desarrollo 3D
Sistema de representación	Diédrico	
Modelado geométrico		Módulo pieza: Modelado: Protusión 2 puntos, 2 círculos
Métodos	Planos límites	La generación de la directriz y el vértice de ambos conos comporta la intersección.
Vistas normalizadas		Módulo plano 2D
Conceptos comunes y necesarios para trabajar en 2D y en 3D		
Superficies: Conos		
Intersecciones: Penetración		
Curvas cónicas		
Visibilidad		

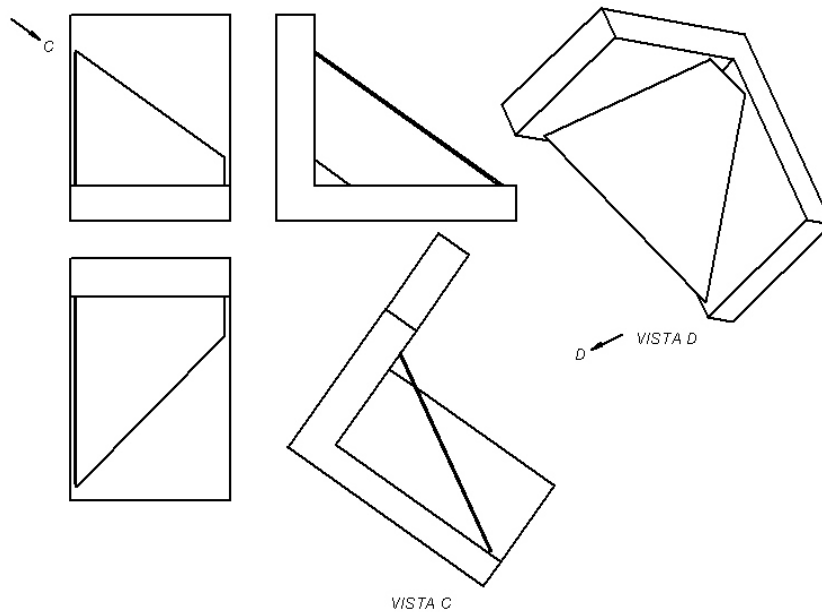
El ejercicio propuesto ¹⁶⁰ parte de los datos siguientes:



Determinar la verdadera magnitud de la pletina ABCD que ha de soldarse a las chapas representadas, formando los ángulos que se aprecian en el croquis.



¹⁶⁰ ALONSO ARROYO, J. A. Ejercicios de geometría descriptiva en sistema diédrico. PP 150, 151. Madrid: Ed. Gráficas Juma, 1997. ISBN 84-605-6243-3

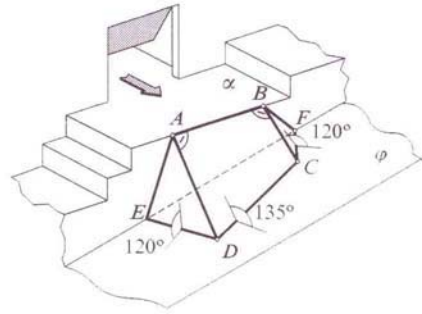


Los conceptos implicados en la práctica de este ejercicio son:

Unidad didáctica	Desarrollo 2D	Desarrollo 3D
Sistema de representación	Diédrico	
Modelado geométrico		Módulo pieza: Modelado: Protusión
Métodos	Abatimiento	
Vistas normalizadas		Módulo plano 2D
Conceptos comunes y necesarios para trabajar en 2D y en 3D		
Rectas notables: horizontales, frontales, de máxima pendiente, de máxima inclinación		
Ángulos		
Superficies: Prismas		
Intersecciones		
Visibilidad		

El ejercicio propuesto ¹⁶¹ parte de los datos siguientes:

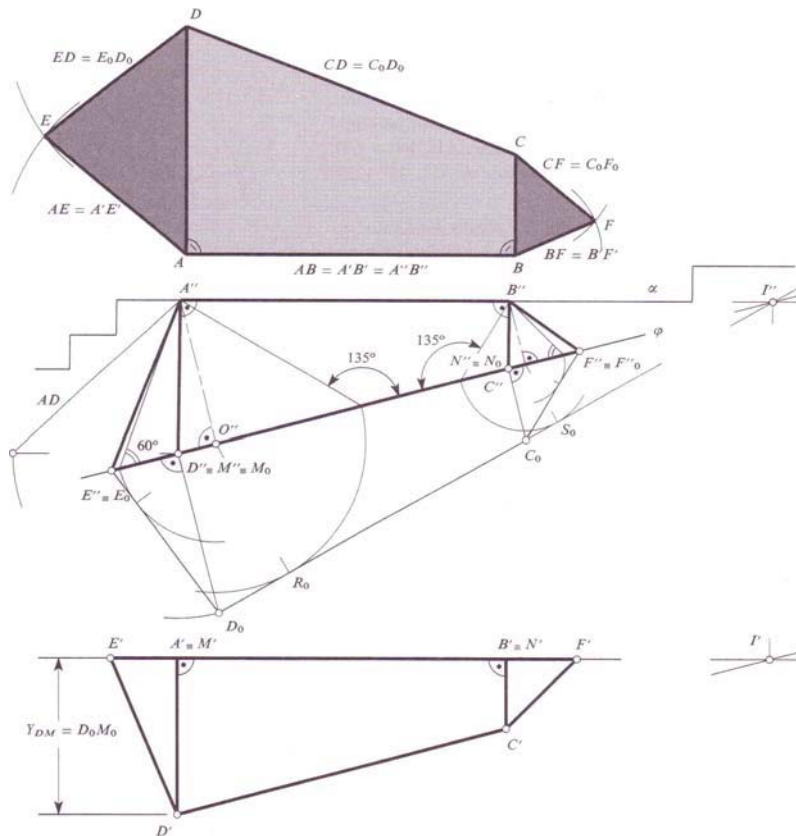
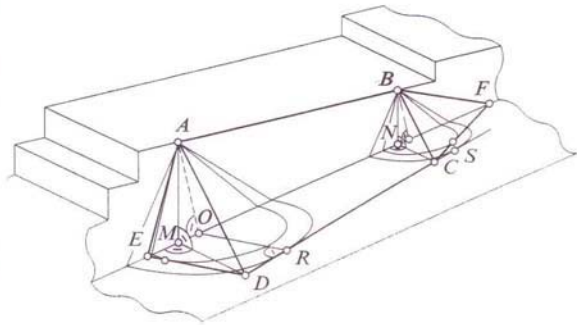
Se desea construir una rampa de acceso entre el plano horizontal y el inclinado φ , cuyas características se expresan en el croquis. Representese la misma y obténgase la verdadera magnitud del trapecio $ABCD$ y los laterales ADE y BFC que la forman



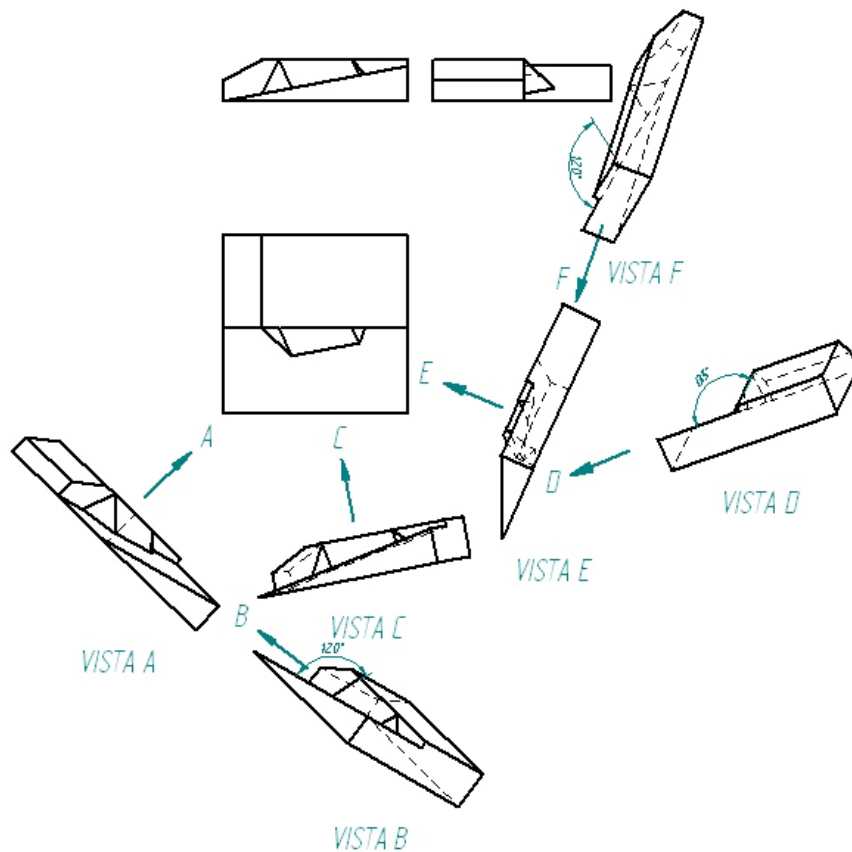
Análisis

El plano $ABCD$ queda determinado por la arista AB que contiene y el ángulo de 135° que debe formar con el plano, φ , de la calle, lo que permitirá hallar su intersección con éste y los puntos C y D .

Los planos laterales ADE y BCF quedan análogamente determinados por las aristas AD y BC que contienen (que habrán sido halladas previamente) y el ángulo que han de formar con el plano φ (120° en ambos casos).



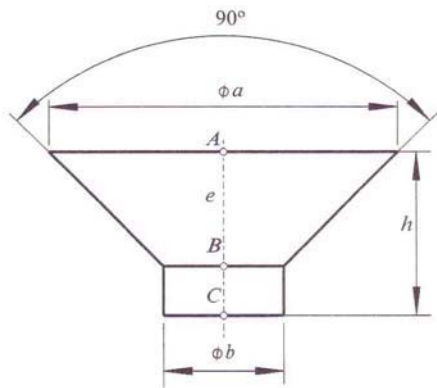
¹⁶¹ ALONSO ARROYO, J. A. Ejercicios de geometría descriptiva en sistema diédrico. PP 144, 145. Madrid: Ed. Gráficas Juma, 1997. ISBN 84-605-6243-3



Los conceptos implicados en la práctica de este ejercicio son:

Unidad didáctica	Desarrollo 2D	Desarrollo 3D
Sistema de representación	Diédrico	
Modelado geométrico		Módulo pieza: Modelado: Protusión
Métodos	Abatimiento	
Vistas normalizadas		Módulo plano 2D
Conceptos comunes y necesarios para trabajar en 2D y en 3D		
Rectas notables: horizontales, frontales, de máxima pendiente, de máxima inclinación		
Ángulos		
Superficies: Prismas		
Intersecciones		
Visibilidad		

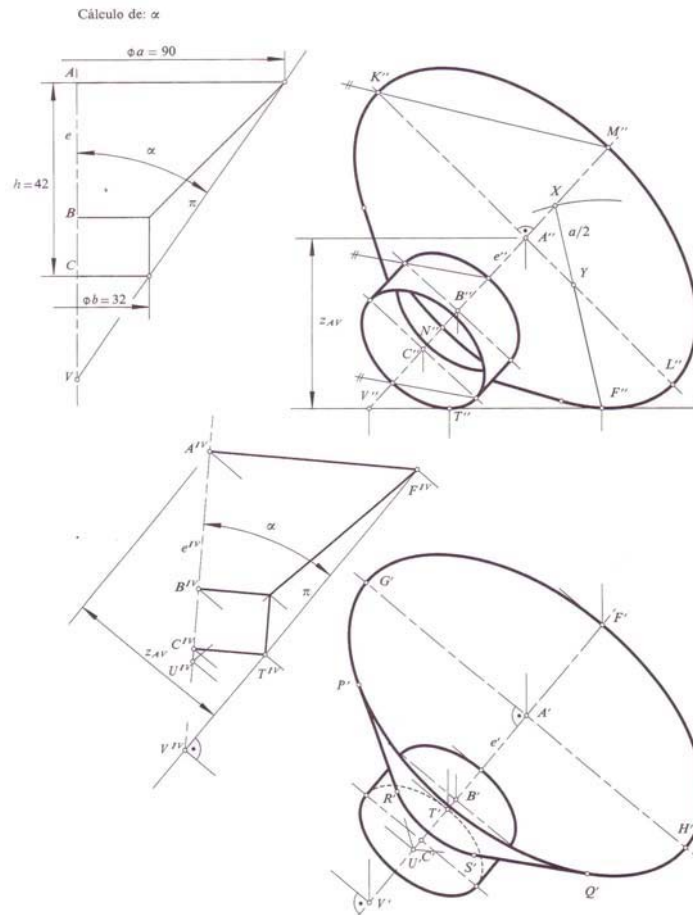
El ejercicio propuesto ¹⁶² parte de los datos siguientes:



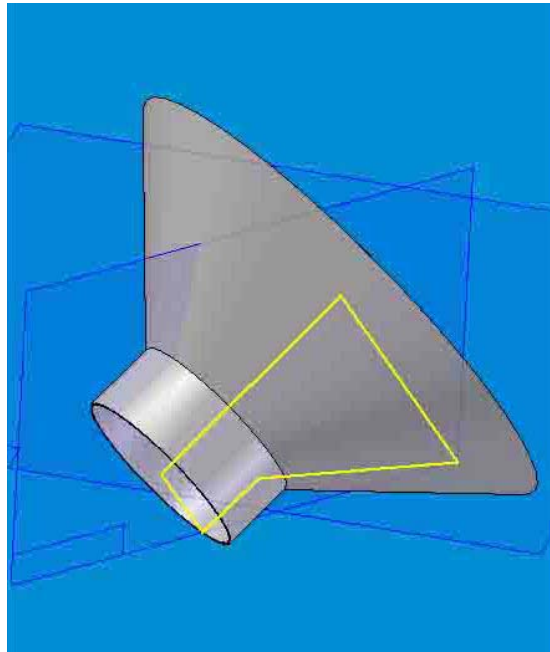
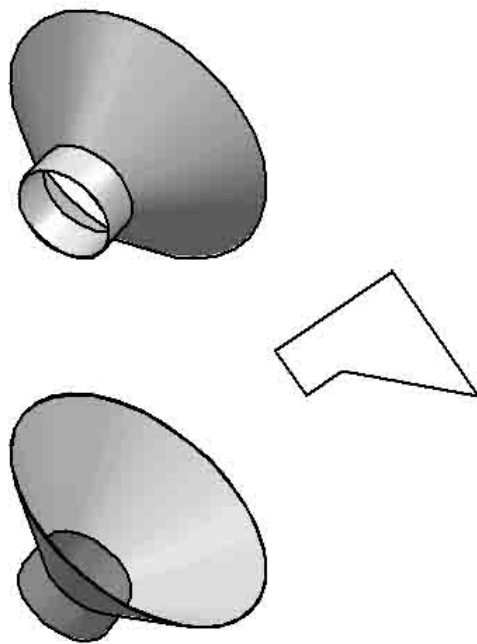
Representar el embudo cuyas características geométricas se indican en el croquis, con las circunferencias extremas apoyadas en el plano horizontal π . Se conoce también la proyección e' del eje en la posición deseada $a = 90$, $b = 32$ y $h = 42$.

Análisis

El apoyo de las circunferencias base en el plano horizontal condiciona la posición del embudo. El ángulo $\alpha = \text{arc tg}((a - b)/2h)$ que el eje e debe formar con el mismo plano permitirá situarlo y definir luego las elipses proyección de cada circunferencia.



¹⁶² ALONSO ARROYO, J. A. Ejercicios de geometría descriptiva en sistema diédrico. PP 178, 179. Madrid: Ed. Gráficas Juma, 1997. ISBN 84-605-6243-3



Los conceptos implicados en la práctica de este ejercicio son:

Unidad didáctica	Desarrollo 2D	Desarrollo 3D
Sistema de representación	Diédrico	
Modelado geométrico		Módulo pieza: Modelado: Protusión por revolución. Espesor
Métodos	Cambio plano	
Vistas normalizadas		Módulo plano 2D
Conceptos comunes y necesarios para trabajar en 2D y en 3D		
Rectas notables: horizontales, frontales, de máxima pendiente, de máxima inclinación		
Ángulos		
Arco capaz		
Superficies: Cilindro, cono		
Intersecciones		
Curvas Cónicas		
Visibilidad		

El ejercicio propuesto ¹⁶³ parte de los datos siguientes:

11.24. Las bases de un tronco de cilindro, de eje frontal $O_1 I_1 - O_2 I_2$ (Fig. 11.24), son: La circunferencia $\omega_1 - \omega_2$ y la sección σ , producida por el plano de traza h_α que corta al eje, en $I_1 - I_2$. Dibujar las proyecciones y el desarrollo del tronco.

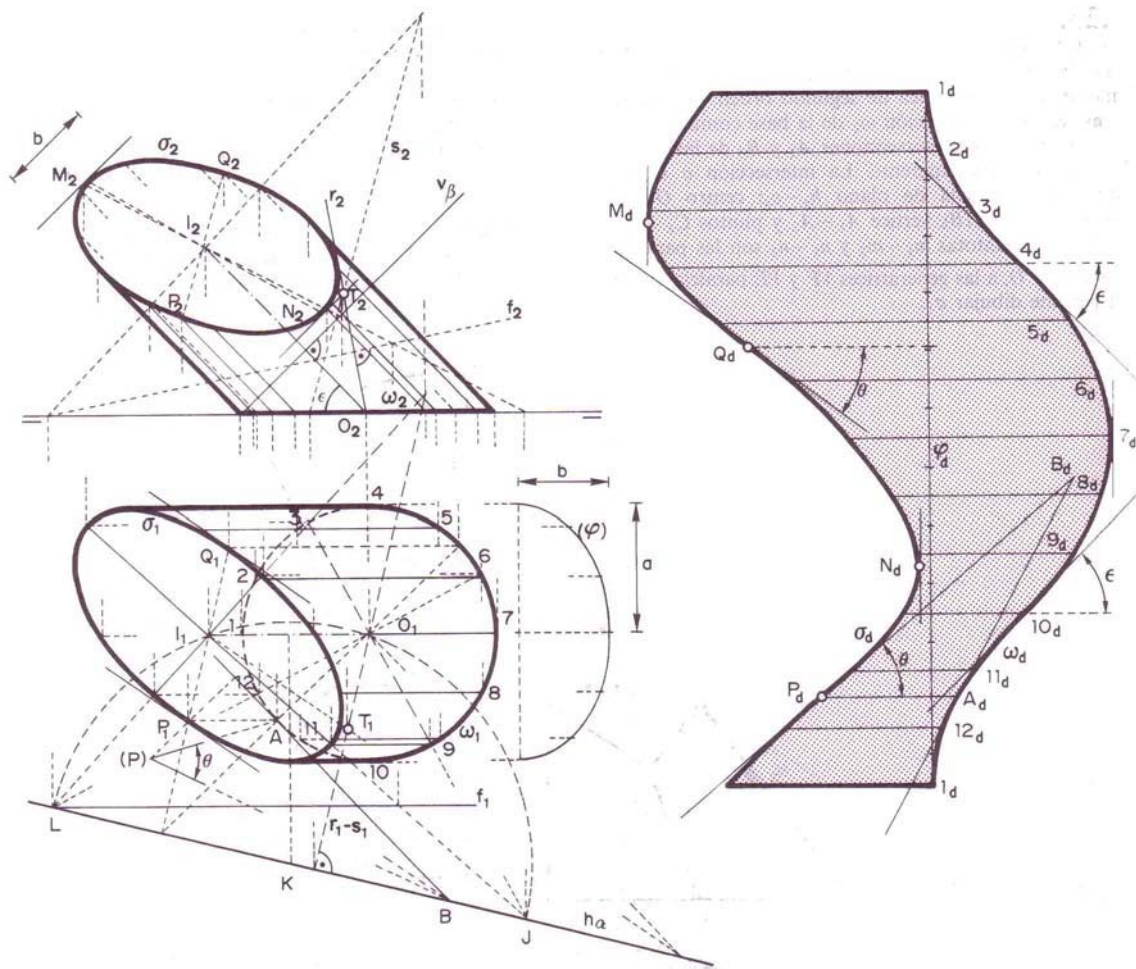
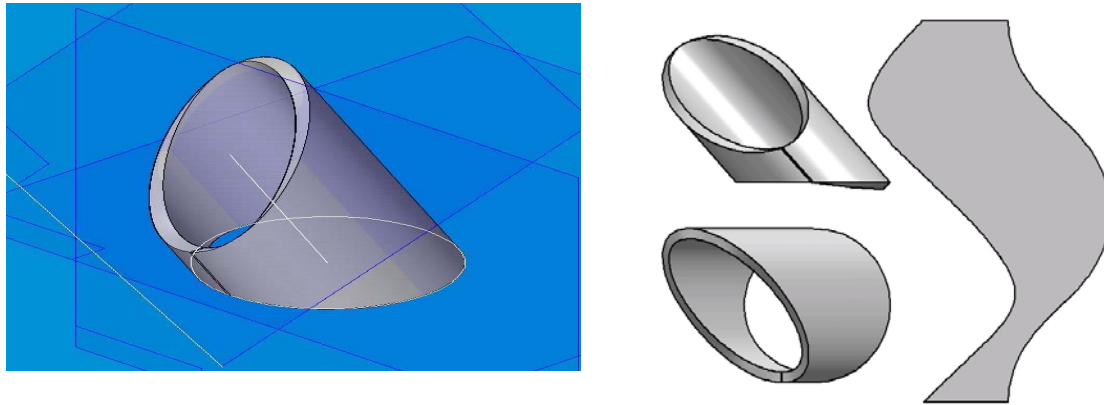


Fig. 11.24.

Para aplicaciones de calderería es de interés la aplicación informática presentada por Morales Duarte, R y otros¹⁶⁴

¹⁶³ IZQUIERDO ASENSI, F. Ejercicios de geometría descriptiva II. PP. 176 y 194. Madrid: Ed. Orymu, 1992. ISBN 84-237-0801-2

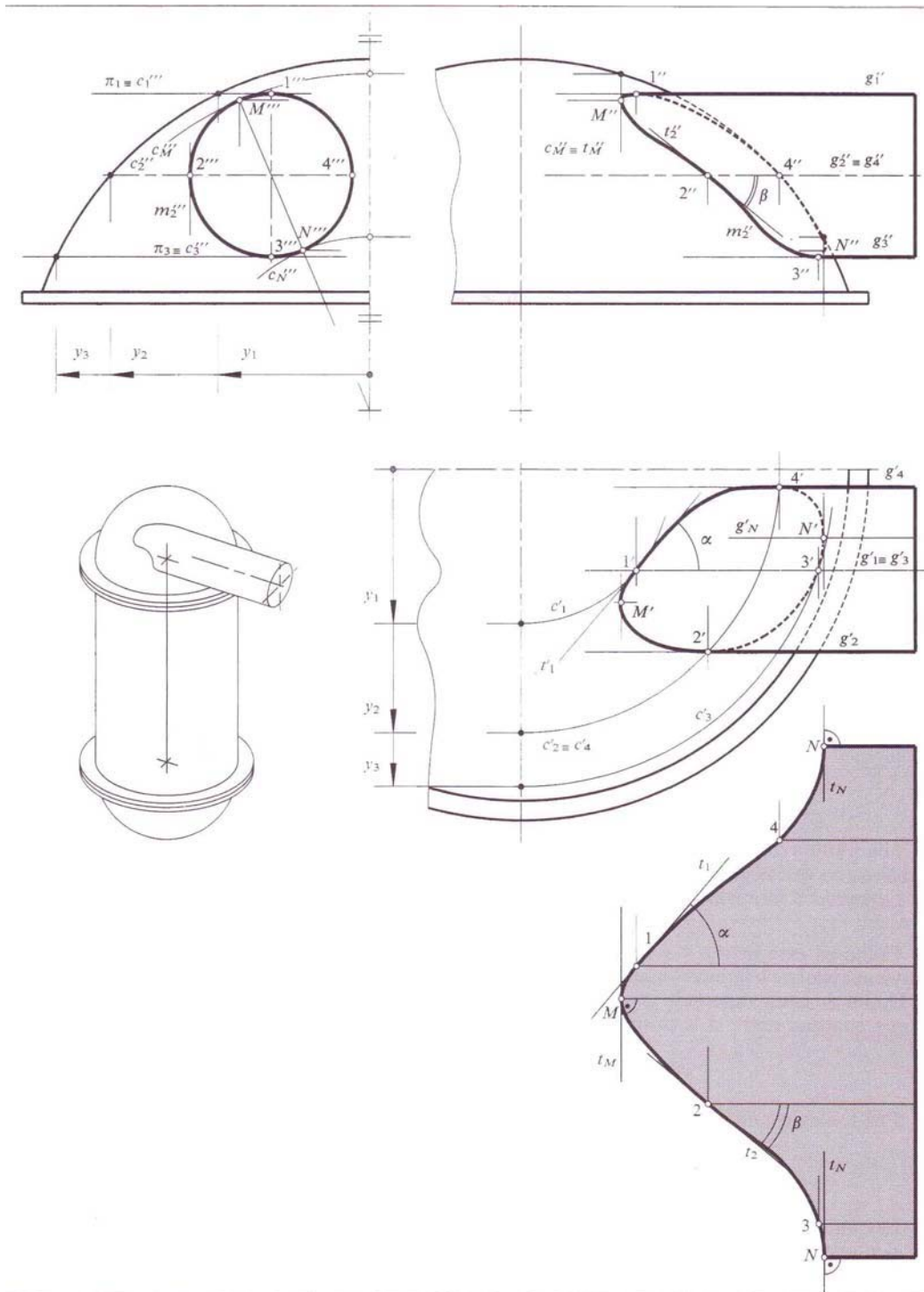
¹⁶⁴ MORALES DUARTE, R; DEL RIO CIDONCHA, M^a G; MARTINEZ PALACIOS, J; ORTIZ MARIN, R; Desarrollos de calderería bajo Solid Edge v11. Sevilla. 2005. XVII ADM - INGEGRAF. Congreso Internacional de Expresión Gráfica en la Ingeniería.



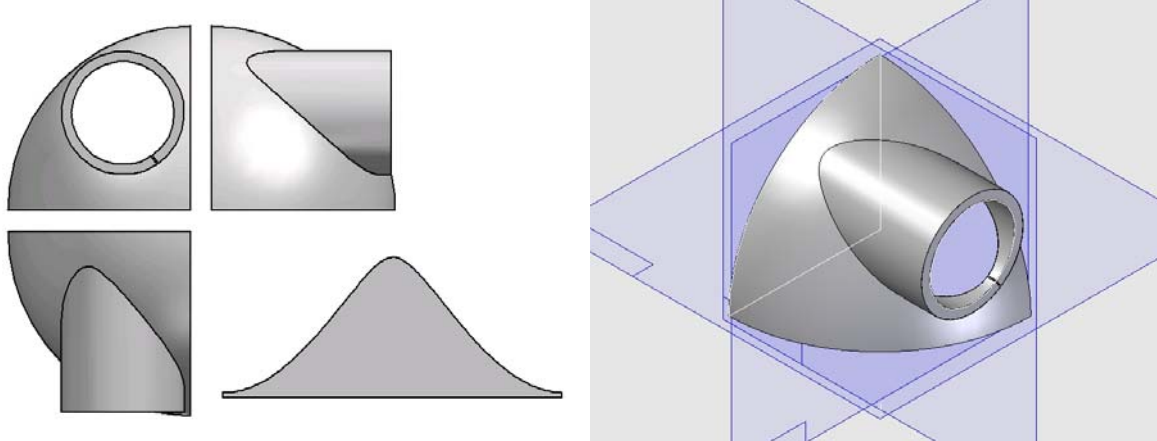
Los conceptos implicados en la práctica de este ejercicio son:

Unidad didáctica	Desarrollo 2D	Desarrollo 3D
Sistema de representación	Diédrico	
Modelado geométrico		Módulo Chapa: Modelado: Protusión. Plano por 3 puntos
Métodos	Afinidad	
Vistas normalizadas		Módulo plano 2D
Conceptos comunes y necesarios para trabajar en 2D y en 3D		
Rectas notables: horizontales, frontales, de máxima pendiente, de máxima inclinación		
Ángulos		
Arco capaz		
Diámetros principales		
Transformada. Tangentes. Puntos inflexión		
Superficies: Cilindro		
Intersecciones		
Curvas cónicas		
Visibilidad		

El ejercicio propuesto ¹⁶⁵ parte de los datos siguientes:



¹⁶⁵ ALONSO ARROYO, J. A. Ejercicios de geometría descriptiva en sistema diédrico. PP 240, 241. Madrid: Ed. Gráficas Juma, 1997. ISBN 84-605-6243-3



Los conceptos implicados en la práctica de este ejercicio son:

Unidad didáctica	Desarrollo 2D	Desarrollo 3D
Sistema de representación	Diédrico	
Modelado geométrico		Módulo Chapa: Modelado: Protusión. Revolución.
Métodos	Planos paralelos	
Vistas normalizadas		Módulo plano 2D
Conceptos comunes y necesarios para trabajar en 2D y en 3D		
Rectas notables: horizontales, frontales, de máxima pendiente, de máxima inclinación		
Ángulos		
Arco capaz		
Diámetros conjugados		
Transformada. Tangentes. Puntos inflexión		
Superficies: Cilindros. Esfera		
Intersecciones		
Curvas cónicas		
Visibilidad		

El ejercicio propuesto ¹⁶⁶ parte de los datos siguientes:

PRISMA OBLICUO RECTANGULAR:

- La sección recta es un rectángulo cuya diagonal es AB , forma 45° con el plano horizontal de proyección, de manera que el vértice más próximo de A tiene 18 mm. de más alejamiento que A y mayor cota que A .
- La base inferior del prisma está apoyada en el plano H . La altura del prisma es de 82 mm.

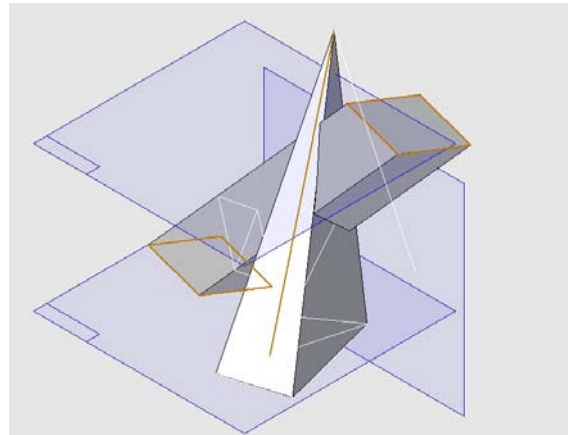
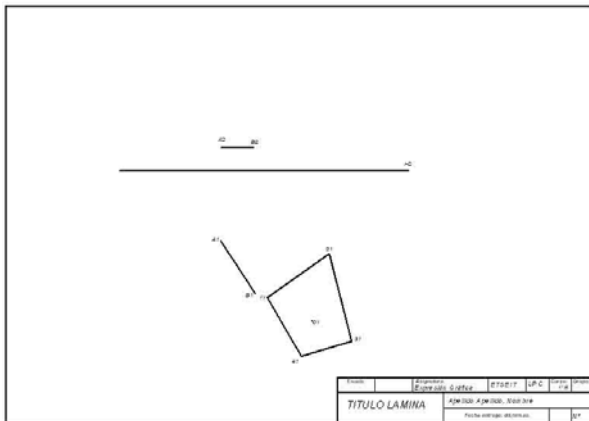
PIRÁMIDE IRREGULAR:

- La base es el polígono irregular formado por los vértices 1, 2, 3 y 4, situada en el plano H .
- Siendo V el vértice de la pirámide, la recta OV forma 45° con el plano horizontal y 38° con el plano vertical. Escoger la recta OV de tal manera que los puntos con mayor cota posean menor alejamiento y se sitúen a la izquierda de O (que haya intersección con el prisma).
- La altura de la pirámide es de 95 mm.

DETERMINAR:

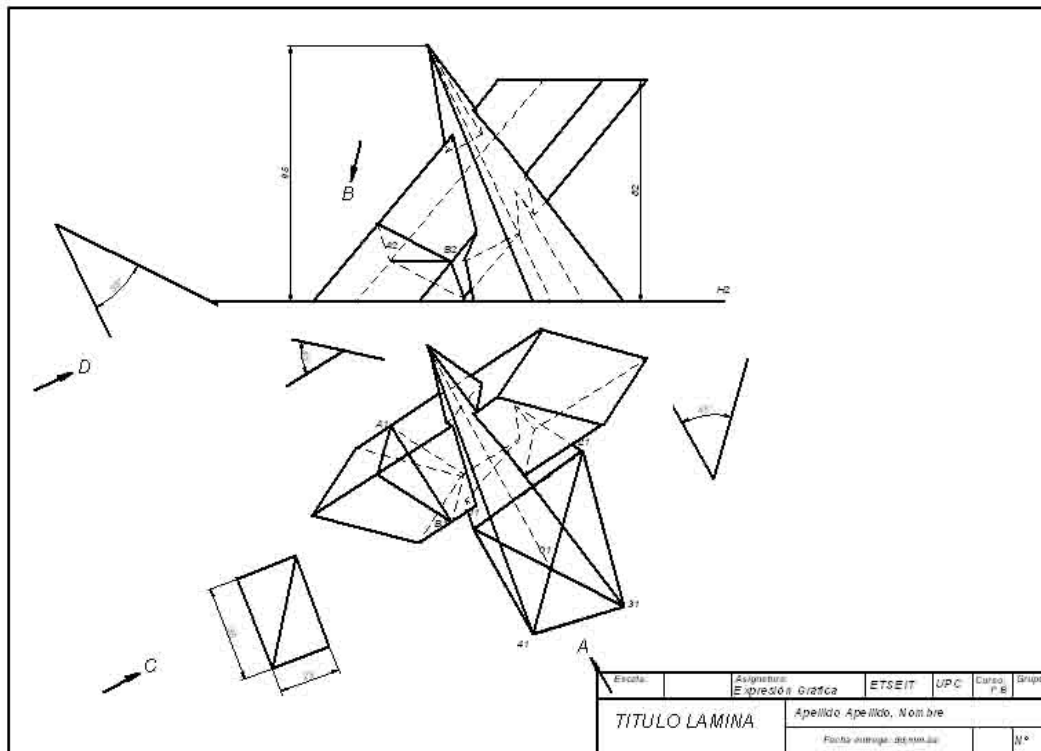
La intersección entre los dos cuerpos con correcta interpretación de partes vistas y ocultas.

OPCIONAL: Desarrollo del prisma y de la pirámide.



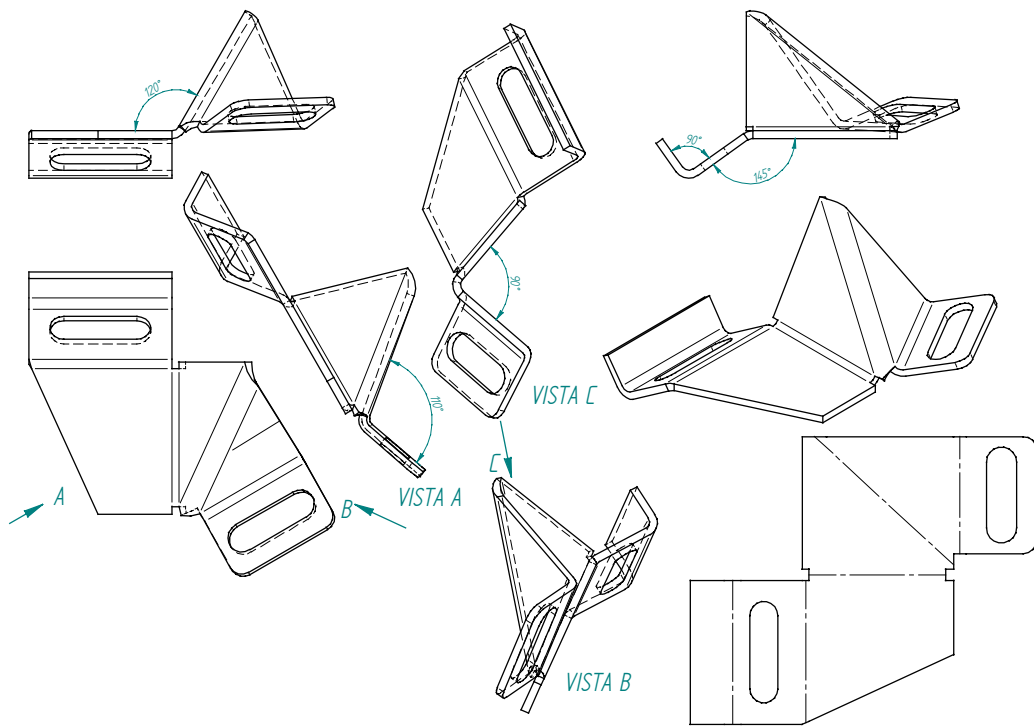
La forma de plantear los enunciados de las prácticas varía dependiendo del centro, aunque si nos fijamos en los ejercicios prácticos de la bibliografía existente vemos que los objetivos que se pretenden alcanzar se centran en fomentar el razonamiento, el desarrollo de la visión espacial y la aplicación los conceptos esenciales de la geometría del plano y del espacio.

¹⁶⁶ Hernández Abad, Vicente. Prácticas de Aeronáuticos de Terrassa. Escuela Técnica Superior de Ingenierías de Terrassa. 2005

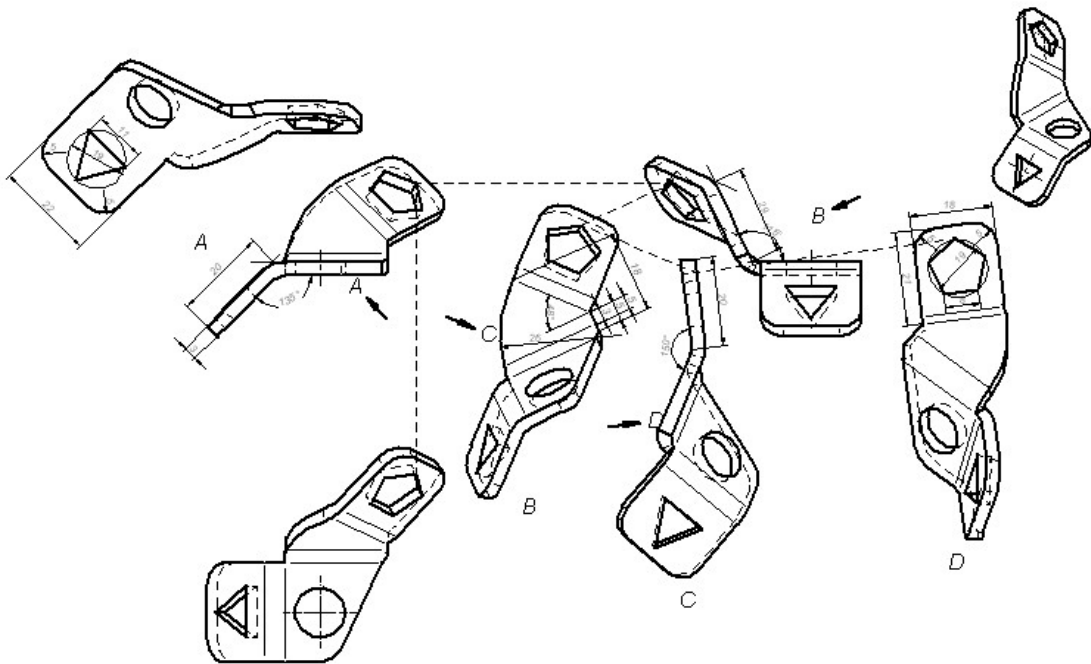


Los conceptos implicados en la práctica de este ejercicio son:

Unidad didáctica	Desarrollo 2D	Desarrollo 3D
Sistema de representación	Diédrico	
Modelado geométrico		Módulo pieza: Situar planos: sección recta y eje pirámide. Modelado: Protusión por secciones
Métodos	Cambio plano Método trazas	
Vistas normalizadas		Módulo plano 2D
Conceptos comunes y necesarios para trabajar en 2D y en 3D		
Rectas notables: horizontales, frontales, de máxima pendiente, de máxima inclinación		
Ángulos: recta/plano, plano/plano		
Superficies: prisma, pirámide		
Intersecciones		
Visibilidad		
Desarrollo		



El enunciado de este ejercicio consiste en obtener las vistas auxiliares que faciliten una posición favorable para la obtención de unos ángulos determinados. Dichas vistas se representan mediante la opción *vista auxiliar del Módulo Plano*, seleccionando rectas horizontales y frontales de plano adecuadas para la correcta posición de los planos.



5.4. Conceptos geométricos necesarios para el diseño 3D

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), la reducción de horas lectivas en los planes de estudios, la formación de los estudiantes que ingresan en las carreras técnicas y la demanda externa en el conocimiento del Diseño Asistido, han aumentado el creciente interés por determinar los contenidos de geometría necesarios para el desarrollo de las facultades y destrezas del estudiante de ingenierías.

La incorporación del modelado geométrico mediante CAD 3D en las prácticas de las asignaturas del Área de expresión gráfica, requiere una sólida formación en geometría métrica y descriptiva.

A continuación se analiza la herramienta de diseño asistido utilizado en la construcción de modelos tridimensionales. Se describen los métodos y procedimientos necesarios para la resolución de enunciados de ejercicios prácticos de modelado y se indica qué conceptos de geometría en el plano y el espacio son necesarios para su eficiente y correcta aplicación.

Asimismo, se realiza un estudio de los métodos utilizados en la representación mediante doble proyección y en la construcción de modelos geométricos tridimensionales mediante CAD 3D. Por último se relacionan los métodos empleados de la representación bidimensional que han sido sustituidos en el diseño por ordenador 3D.

Se ha generalizado en la actividad de las ingenierías la implantación del Diseño Asistido por Ordenador 3D, y se está extendiendo la transferencia de datos en formato digital; muestra de ello son las aplicaciones Product Lifecycle Management (PLM) que abarcan, la gestión del ciclo de vida del producto, y aspectos como la creación, la colaboración, la gestión, la difusión y el uso. El objetivo es la integración de personas, procesos, sistemas e información.

Para cumplir con objetivos adecuados a las necesidades existentes, la Universidad ha ido actualizando metodologías, contenidos y herramientas, en consonancia al progreso del conjunto de la sociedad.

Uno de los objetivos del estudio de los conceptos teóricos de la geometría y su aplicación práctica, es ejercitarse en escenarios en los que se requiere razonar, visualizar, asociar, experimentar y desarrollar ideas, que combinadas con habilidades y destrezas, permiten solucionar, de modo eficiente, situaciones reales de la actividad profesional en las ingenierías. Para ello, en las actividades prácticas, el estudiante, ha de ensayar mediante diversos modelos de problemas con los que se encontrará en el ejercicio de su profesión.

En el proceso de diseño, no se dispone de todos los datos en tres dimensiones, los hay que se tienen que deducir en el plano, lo que significa que se requiere el uso de dos proyecciones para hallar los datos de ciertos elementos y poder empezar a trabajar en 3D.

Entendemos que la combinación de técnicas híbridas de dibujo 2D y diseño 3D, desarrollan y facilitan, en el estudiante de geometría, tanto la agilidad del razonamiento ante las herramientas de representación bidimensional, como en el empleo de herramientas de modelado geométrico 3D.

5.5. Características a tener en cuenta de la herramienta de diseño 3D

Se han contrastado los programas NX de UGS, Catia de PCT, Inventor de Autodesk, Solid Edge de UGS y Solid Works, y se ha constatado que, aunque difieren en terminología, todos ellos realizan las operaciones que se detallan a continuación, con diferencias en cuanto al orden o número de operaciones.

Puesto que la imagen que vemos en la pantalla es una proyección cilíndrica ortogonal o una proyección cónica, podemos visualizar una representación isométrica, dimétrica, trimétrica, cónica, o bien, una vista normalizada del modelo geométrico que estemos generando.

En CAD 3D se obtiene una sola representación en el espacio del punto o la recta, cuando generamos un plano lo hacemos definiendo sus parámetros o bien como resultado de la intersección de sólidos o superficies.

Para el modelado en CAD 3D se requiere la elección de *planos* XY, XZ, YZ, paralelos a estos u oblicuos, los planos de referencia por defecto del sistema son tres: uno horizontal y dos verticales.

En estos planos se dibuja, mediante la opción *boceto*, el *perfil* que, combinando las opciones *protusión*, *revolución* y *vaciado*, dará lugar a una superficie o un sólido.

Para ciertos procesos de modelado se requiere *proyectar*, mediante la opción *proyecta curva*, para obtener el *contorno aparente* de la geometría del modelo respecto un *plano auxiliar*.

Hay que destacar el uso de trazas de rectas y la utilización de las rectas horizontales y frontales de plano en el proceso de generación del modelo geométrico.

5.6. Conceptos de utilidad en la práctica del diseño en 3D

Planos de proyección

Se utilizan planos XY, XZ, YZ: horizontales, verticales u oblicuos. Estos planos se emplean para dibujar el *perfil* o *boceto* que posteriormente se utilizará para generar la superficie o el sólido.

En ocasiones se emplean planos del triedro que figura por defecto como planos de referencia para representar la proyección horizontal, vertical y de perfil. Tenemos la necesidad de utilizar: un plano para representar la sección de la superficie o sólido a *protusionar*, así como proyecciones y trazas de rectas o planos.

Representación del punto.

Hay una sola representación del punto, se sitúa en un plano XY, XZ, YZ o bien un plano oblicuo. Se requiere la opción *boceto* para dibujar el punto en uno de los tres planos que presenta el sistema o bien crear un plano oblicuo. Se requiere la representación de puntos para la generación de ciertas superficies o sólidos, así como para localizar puntos de intersección y trazas de rectas. Figura 1.

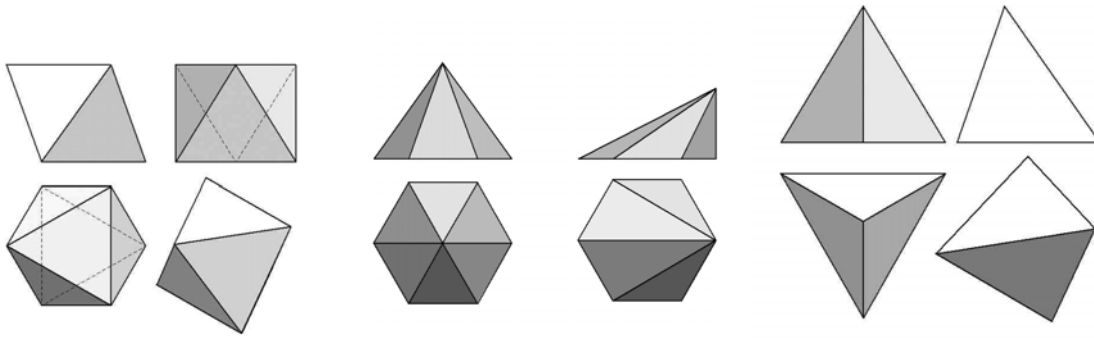


Figura 1. Sólidos construidos mediante *protusión por secciones* a partir de una forma poligonal y un punto

Representación de la recta.

Hay una sola representación de la recta, se sitúa en un plano XY, XZ, YZ o bien un plano oblicuo. Se requiere la *opción boceto* para dibujar la recta en uno de los tres planos que presenta el sistema o bien crear un plano oblicuo. Hay opción para obtener puntos notables. Para la construcción de cualquier superficie o sólido se requiere primero representar su sección en un plano. Figura 2

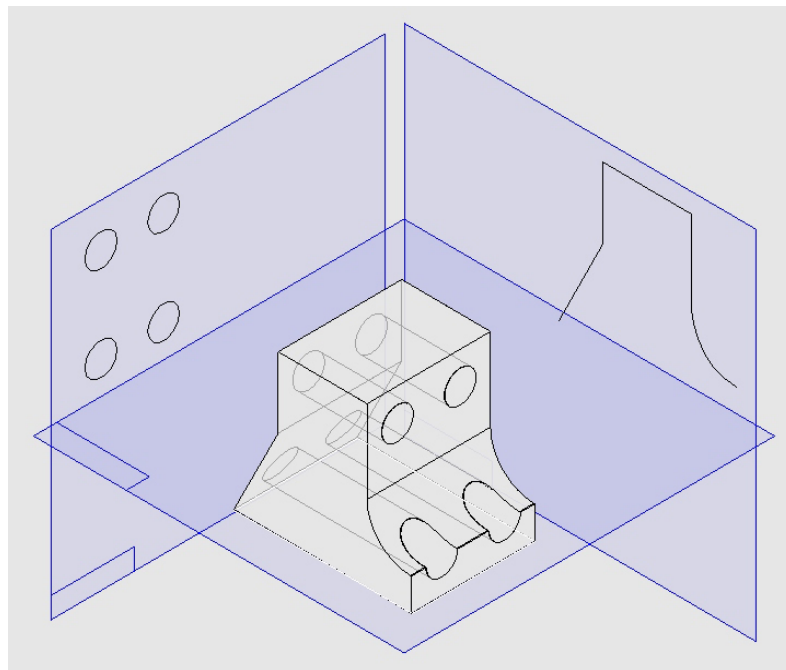


Figura 2.

Proyecciones y trazas.

Hay una sola representación de la recta, se sitúa en un plano XY, XZ, YZ o bien en un plano oblicuo. En determinados casos se requiere la proyección de la recta sobre un plano, para lo cual se utiliza la opción *incluir*. También se utiliza la traza de la recta con dicho plano, así como la opción *punto de intersección*. En la Figura. 3 se ha proyectado sobre los planos de referencia una recta dada por dos puntos, a continuación se ha obtenido las intersecciones, y se ha generado el plano que contiene el eje del cilindro.

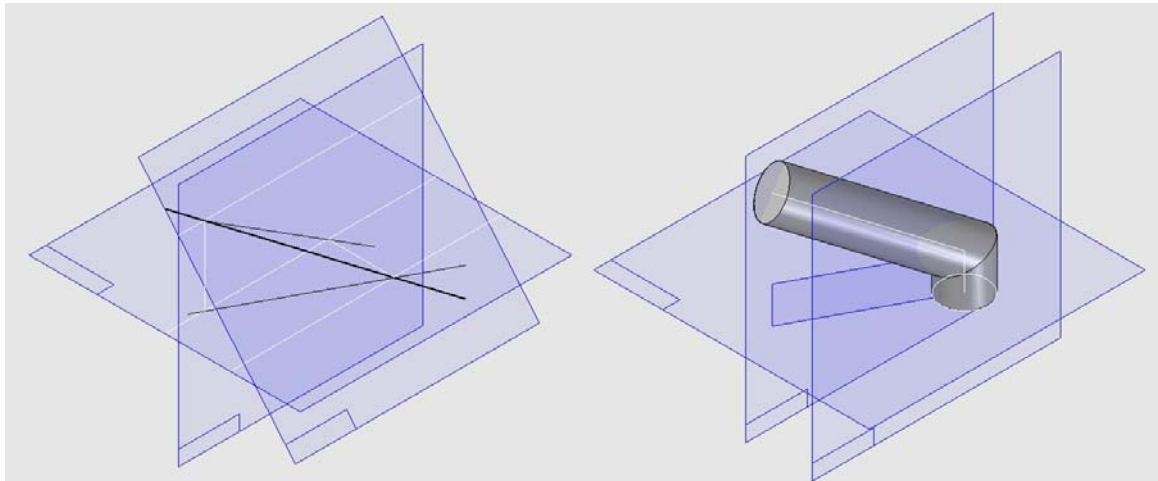


Figura 3. Ejemplo de enunciado que requiere la obtención de proyecciones

Posiciones de las rectas respecto a planos de referencia.

Las rectas pueden estar situadas en planos: Horizontales, verticales u oblicuos. Para el modelado de superficies o sólidos se procura situar el modelo y las aristas o planos que contienen las rectas, de modo favorable para aprovechar las posibilidades de visualización y poder aplicar simetrías de operaciones. Las posibilidades de rotación y posicionamientos de los planos de referencia de modo frontal facilitan las operaciones entre rectas y planos.

Representación del plano.

Se pueden generar planos: Paralelos, oblicuos, perpendiculares o mediante tres puntos. El plano queda representado por un rectángulo diferenciado del resto de elementos, sobre el que se sitúan los bocetos que servirán para generar las superficies y los sólidos. Cuando el enunciado se da por dos proyecciones o por trazas, es necesario recurrir a técnicas 2D para poder restituir los planos sobre los que se dibujarán los *bocetos*. Figura 4.

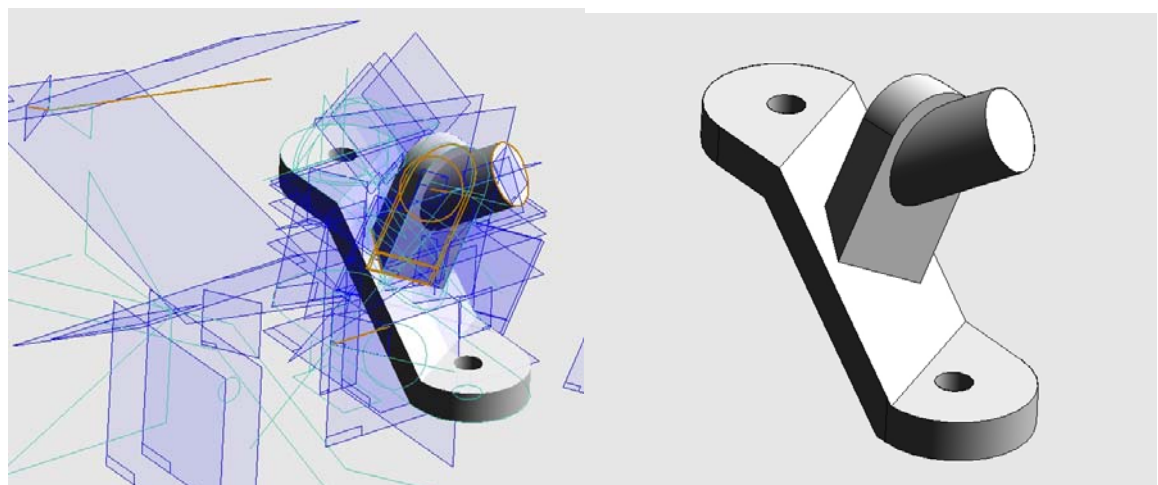


Figura 4. La diversidad de planos de este ejemplo ilustra las posibilidades de aplicación

Intersecciones.

Las intersecciones entre superficies o sólidos se representan automáticamente. Para determinar la intersección entre superficies o sólidos en cualquier posición, basta con utilizar las opciones de: *Intersección*, *selección curva*, *plano*, *eje* o *cuerpo*, la representación es automática. Figura 5.

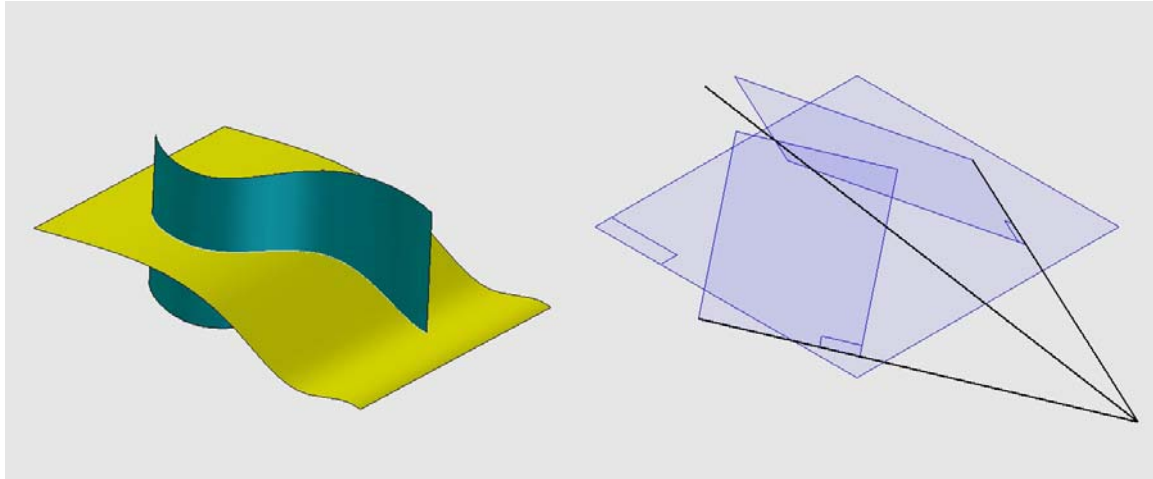


Figura 5.

Paralelismo entre rectas.

Se pueden dibujar rectas paralelas con ayuda del asistente de relaciones. Si las rectas han de estar en el mismo plano, se edita el plano y se dibuja la recta paralela. Si la recta ha de estar en otro plano, se dibuja la recta solicitada en un plano proyectante o uno paralelo al que contiene la recta dada. Figura 6.

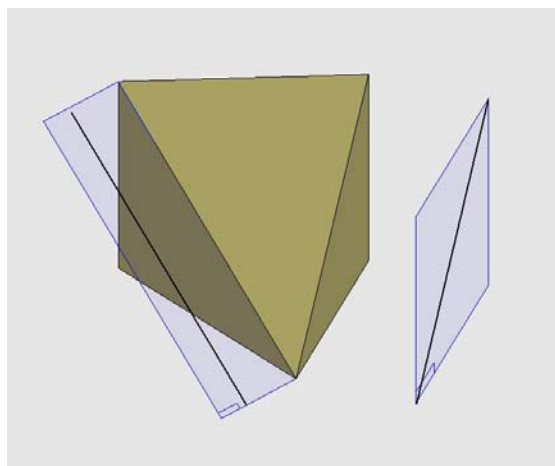


Figura 6

Paralelismo entre rectas y planos.

Para generar un plano paralelo a una recta, basta con crear un plano paralelo o proyectante al plano que contiene a la recta dada.

Perpendicularidad entre rectas.

Desde la opción *boceto* se puede dibujar una recta perpendicular a otra, independientemente del tipo de plano en el que éstas se encuentren.

Perpendicularidad entre rectas y planos.

La opción *plano* permite generar un plano perpendicular a una recta y planos perpendiculares entre sí. Figura 7.

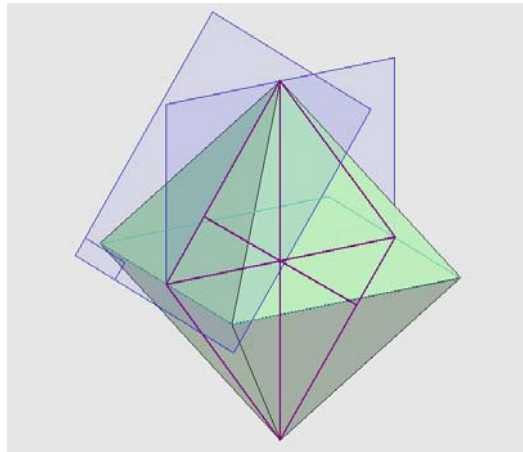


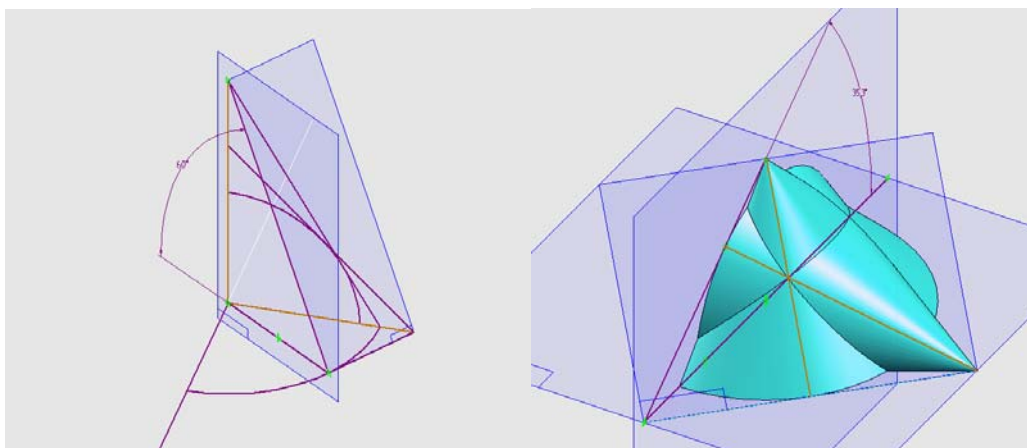
Figura 7.

Distancia. Operaciones de medida y representación.

El procedimiento de obtención de distancias consiste en seleccionar los elementos mediante la opción *verificar: distancia*, *distancia mínima*, *distancia perpendicular*, *medir Área*, *propiedades de Área*, *medir longitud total*.

Ángulos.

Se puede medir el ángulo entre rectas, entre rectas y planos, y entre planos, sin modificar la posición de visualización, utilizando la opción *medir ángulo*. Algunos programas de CAD permiten generar un plano horizontal, vertical u oblicuo y posteriormente introducir restricciones de ángulos respecto a los de referencia. Figura 8



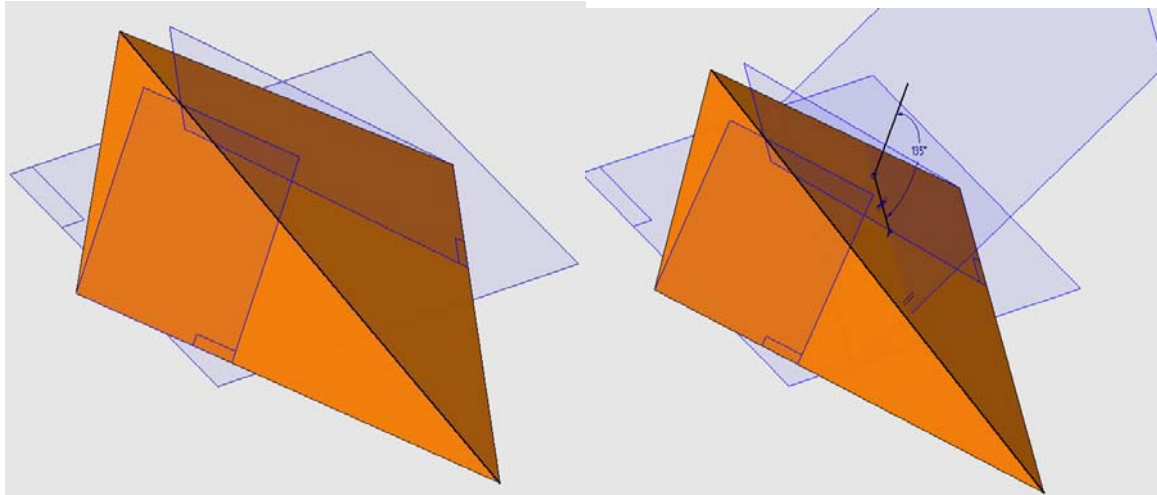


Figura 8.

Métodos: Abatimiento. Cambios de plano. Giros.

Los métodos empleados sobre papel para visualizar una forma o dimensión en verdadera magnitud y posición se han sustituido por las opciones de visualización mediante la selección de vistas normalizadas o la edición del boceto que contiene los elementos a tratar, se sitúa el plano que contiene el *boceto* en posición frontal mediante la *opción vistas* o se selecciona el *boceto*. Si se quiere obtener alguna dimensión, se recurre a la *opción medir*, sin necesidad de variar la posición de visualización. Figura 9.

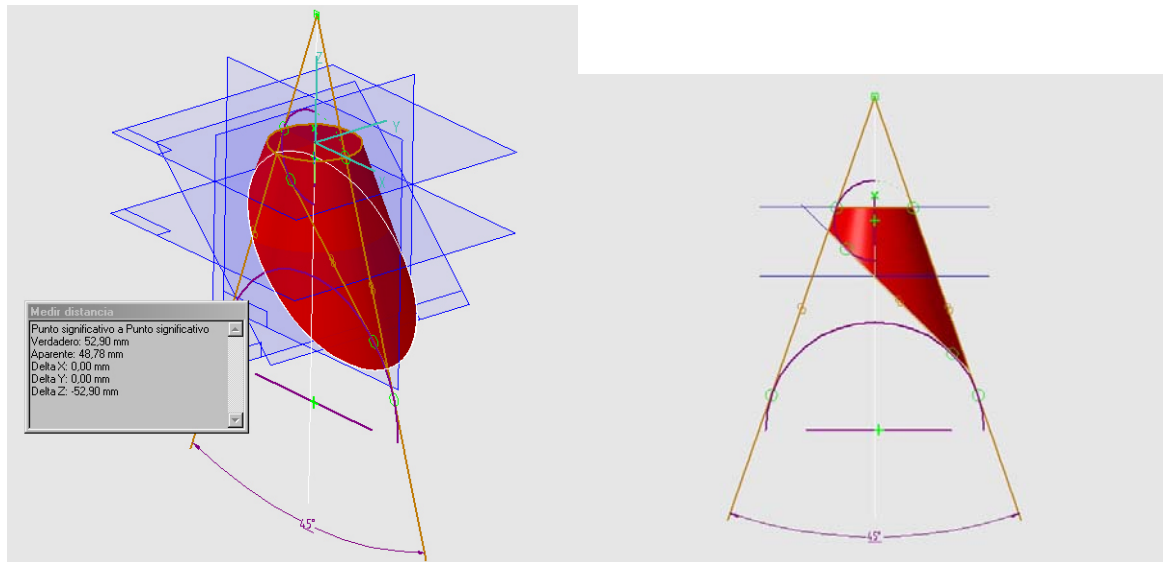


Figura 9.

Las propiedades de los entes geométricos: longitud y posición relativa, son esenciales, tanto en la representación mediante doble proyección, como para la generación de modelos geométricos tridimensionales. Es necesaria la utilización de conceptos de proyectividad para resolver enunciados y problemas de aplicación técnica. Se requieren conocimientos propios de la geometría métrica y de la geometría proyectiva para plasmar ideas, resolver problemas y encontrar soluciones en el ejercicio del diseño, la investigación y la innovación.

Los métodos empleados en el dibujo bidimensional, abatimiento, giros o cambios de plano guardan relación en diseño tridimensional, con las opciones: Ver, rotar y verificar, puesto que si se quiere dibujar en un plano, se selecciona la opción *boceto* y el sistema sitúa dicho plano de forma frontal.

El empleo de la opción *vista* permite disponer de *vistas guardadas: alzado, planta, perfil, isométrica, dimétrica, trimétrica y cónica*. La opción *rotar* nos facilita tres ejes perpendiculares a los planos de referencia del sistema, o bien cualquier recta, para hacer los giros en la visualización del modelo. Si se quiere medir, se selecciona la opción *verificar* que nos permite *medir distancia, distancia mínima, distancia perpendicular o medir ángulo*.

Para que los procedimientos de trazado empleados en el sistema diédrico se apliquen mediante CAD 3D, es necesario que en los enunciados de ejercicios prácticos se faciliten algunos datos por sus proyecciones; esto obliga a trabajar utilizando las trazas de rectas, rectas horizontales y frontales de plano, así como rectas de máxima pendiente y de máxima inclinación.

En el momento que se pueden obtener las coordenadas espaciales, la solución pasa por la creación de los planos que contienen las secciones esenciales del modelo geométrico, pero no siempre se dan estas circunstancias, de modo que se recurre a la aplicación de los conceptos mencionados cuando no se tienen todos los datos.

En el proceso de diseño se construye el modelo a partir de la funcionalidad que se quiere obtener y en este proceso de diseño se trabaja en croquis, con doble proyección y con sistemas tridimensionales informatizados, por lo tanto, es necesario estar formado en el razonamiento, la visualización, los conceptos geométricos en el plano y en el espacio, y por último, en la eficiente aplicación de los recursos propios de las herramientas 2D y 3D de las que disponemos en la actualidad y de las que podamos disponer en un futuro.

Para el modelado en CAD 3D se requiere la elección de *planos XY, XZ, YZ*, paralelos a estos u oblicuos. En estos planos se dibuja, mediante la opción *boceto*, el *perfil* que posteriormente mediante la opción *protusión (extrusión)*, dará lugar a una superficie o un sólido.

Para ciertos procesos de modelado se requiere *proyectar*, mediante la opción *proyecta curva*, para obtener el *contorno aparente* respecto un *plano auxiliar*.

A continuación se presenta una tabla con los contenidos generales de geometría descriptiva donde se compara y la metodología que se requiere para el modelado geométrico en 3D, viéndose qué métodos y procedimientos son comunes en la resolución de enunciados.

A continuación se presenta una tabla con los contenidos generales de geometría descriptiva donde se muestra la relación de contenidos de geometría descriptiva, que son de uso común en las carreras técnicas y la utilidad práctica que aportan a la metodología que se requiere para el modelado geométrico en 3D, viéndose qué métodos y procedimientos son comunes en la resolución de enunciados y qué métodos no son de utilidad en el diseño por ordenador.

Se utiliza sistema diédrico, empleado históricamente para resolver problemas sobre papel en 2D y sistema CAD 3D empleado en la construcción de modelos tridimensionales. Se realiza una correlación entre los conceptos geométricos, en el plano y el espacio y su aplicación utilizando CAD 3D.

Con esta tabla se demuestra que tanto los conceptos de geometría del espacio como los de geometría del plano son imprescindibles para la resolución de enunciados de problemas de aplicación práctica en la actividad de profesional de la ingeniería del diseño

SISTEMA DIÉDRICO	HERRAMIENTA CAD 3D
Planos de proyección	Se utilizan planos XY, XZ, YZ: Horizontales, verticales y oblicuos. Estos planos se emplean para dibujar el perfil o boceto que posteriormente se utilizará para generar la superficie o el sólido. En ocasiones se emplean planos del triedro que figura por defecto como planos de referencia para representar la proyección horizontal, vertical y de perfil.
Representación del punto	Hay una sola representación del punto, se sitúa en un plano XY, XZ, YZ o bien un plano oblicuo Se requiere la opción boceto para dibujar el punto en uno de los 3 planos que presenta el sistema o bien crear un plano oblicuo.
Representación de la recta	Hay una sola representación de la recta, se sitúa en un plano XY, XZ, YZ o bien un plano oblicuo. Se requiere la opción boceto para dibujar la recta en uno de los 3 planos que presenta el sistema o bien crear un plano oblicuo. Hay opción para obtener puntos notables.
Proyecciones y trazas	Hay una sola representación de la recta, se sitúa en un plano XY, XZ, YZ o bien en un plano oblicuo Proyectar curva ¹⁶⁷ . En determinados casos se requiere la proyección de la recta sobre un plano. Punto de intersección. También se emplea la traza de la recta con dicho plano.
Posiciones de las rectas respecto a planos de referencia	Boceto, plano Las rectas pueden estar situadas en planos: Horizontales, verticales, oblicuos, el modelado depende de la posición de las rectas en dichos planos.
Representación del plano	Plano: Paralelo, en ángulo, perpendicular, según 3 puntos. El plano queda representado por un rectángulo diferenciado del resto de los elementos, sobre el que se representan los bocetos que servirán para generar las superficies y los sólidos.
Intersecciones	Ante cualquier tipo de intersección, se solicita la opción Intersección
Paralelismo entre rectas	Boceto Se puede dibujar rectas paralelas en un mismo plano con ayuda del asistente de relaciones
Paralelismo entre rectas y planos	Plano Para generar un plano paralelo a una recta, basta con crear un plano paralelo al plano que contiene a la

¹⁶⁷ En las aplicaciones de CAD se entiende por curva cualquier elemento rectilíneo o curvo.

	recta dada.
Perpendicularidad entre rectas	Boceto La opción boceto permite saber en que momento la recta es perpendicular a otra recta
Perpendicularidad entre rectas y planos	La opción plano permite generar un plano perpendicular a una recta y planos perpendiculares entre sí.
Ángulos	Se puede medir el ángulo entre rectas, entre rectas y planos y entre planos, sin modificar la posición de visualización, utilizando la opción medir ángulo .
Métodos Abatimiento Cambios de plano Giros	No se utilizan abatimientos, giros ni cambios de plano para visualizar elementos en posición favorable, en su lugar se sitúa el plano que contiene el <i>boceto</i> en posición frontal mediante la opción vistas o seleccionar boceto . Si se quiere obtener alguna dimensión, se recurre a la opción medir , sin necesidad de variar la posición de visualización.

Contenidos y su aplicación con CAD 3D

Representación de los elementos geométricos fundamentales.
Elementos geométricos en el espacio. Fundamentos métricos.

Determinación de unos elementos geométricos fundamentales en función de otros.
Formas de determinar el plano.
Formas de determinar la recta.
Formas de determinar el punto.
Posiciones relativas entre los elementos geométricos fundamentales.
Posiciones relativas de dos rectas.
Posiciones relativas de dos planos.
Posiciones relativas de la recta y el plano.
Posiciones relativas de tres planos.
Relaciones geométricas en el espacio. Fundamentos métricos.

Concepto de intersección.
Pertenencia o incidencia entre puntos, rectas y planos.
Recta como intersección de dos planos.
Punto como intersección de una recta y un plano.
Punto como intersección de dos rectas que se cortan.
Punto como intersección de tres planos.
Traza como punto o recta de intersección con un plano.

Concepto de paralelismo.
Rectas paralelas.
Rectas y planos paralelos.
Planos paralelos.
Teoremas sobre paralelismo.
Teoremas sobre segmentos de rectas cortadas por planos paralelos.

Concepto de perpendicularidad.
Rectas y planos perpendiculares entre sí.
Teoremas sobre rectas y planos perpendiculares.
Rectas perpendiculares y oblicuas a un plano.
Planos perpendiculares entre sí.
Teoremas sobre planos perpendiculares.

Concepto de distancia.
Mínima distancia y medida.
Distancia entre dos puntos.
Distancia de un punto a un plano.
Distancia de un punto a una recta.
Distancia entre dos planos paralelos.
Distancia entre dos rectas paralelas.
Distancia entre dos rectas que se cruzan.

Con el propósito de favorecer el desarrollo de las habilidades y el razonamiento en la aplicación de los contenidos teóricos propios del Área, se presenta a continuación, un tipo de enunciados que requieren el uso del diseño asistido en tres dimensiones y al mismo tiempo la necesidad de pensar y emplear métodos utilizados en el trazado en dos dimensiones.

La combinación de métodos de trazado empleados en doble proyección y los métodos de construcción 3D, ha producido unos resultados que favorecen y estimulan el estudio de conceptos teóricos.

El estudiante se da cuenta de que el dominio de las herramientas por sí solo no le resuelve el problema y esta situación favorece la necesidad de recurrir al estudio de la geometría métrica y del espacio.

A continuación se muestran enunciados prácticos y sus soluciones, así como los conceptos que intervienen y su aplicación en CAD 2D y CAD 3D.

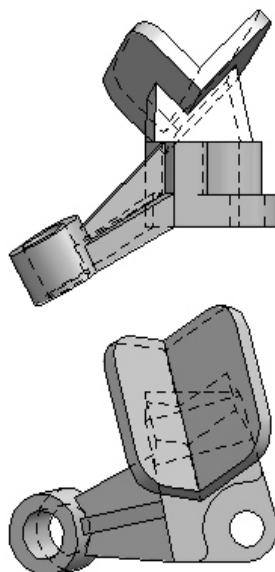
Teniendo en cuenta que en los programas de CAD 3D el modelado geométrico en el espacio está vinculado a su representación plana y viceversa, se han propuesto ejercicios en los que el estudiante encuentra el enunciado planteado con los datos gráficos expresados en proyecciones diedricas o axonométricas, y mediante los métodos del sistema diédrico, debe obtener las dimensiones del modelo a realizar en 3D y generar la geometría para, posteriormente, realizar el plano de la pieza propuesta.

Esta propuesta implica el estudio, comprensión y aplicación de los temas siguientes: Proyecciones ortogonales y vistas normalizadas. Representación de piezas por sus vistas diédricas. Empleo de giros, abatimientos y cambio de plano.

Paso del diédrico al 3D

Enunciado 1

Realizar el modelado 3D de la pieza a partir de las vistas diédricas facilitadas, Fig. 10.



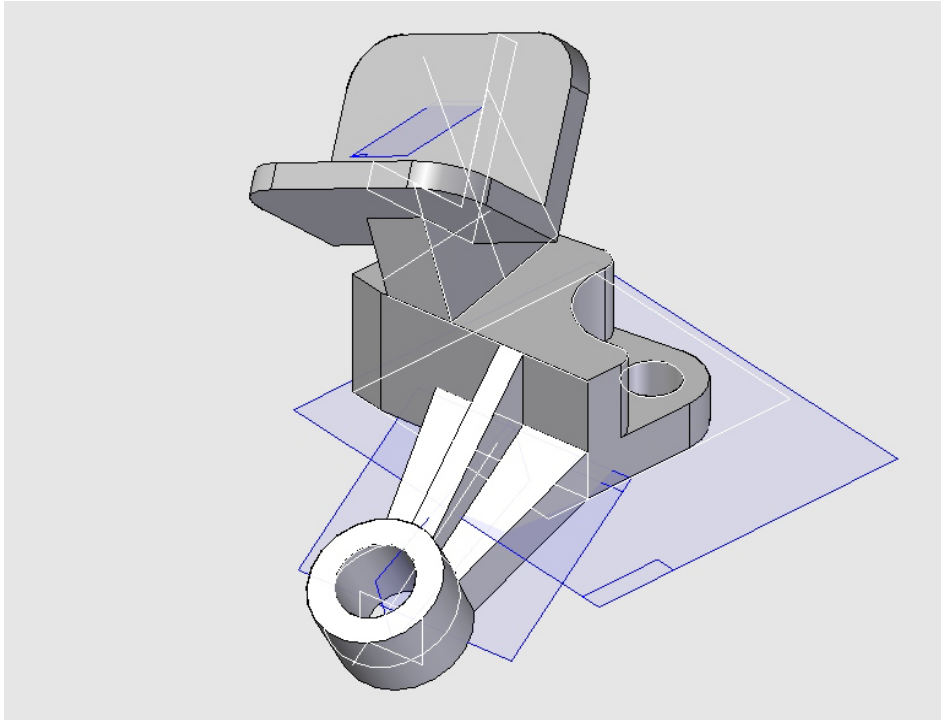


Figura 12

En la tabla siguiente se indican los conceptos de utilidad práctica empleados en la resolución del enunciado:

Contenidos	CAD 2D Módulo Plano 2D	CAD 3D. Módulo 3D
Sistema diédrico de representación: vistas normalizadas. Representación y características de los planos: interpretación y lectura de formas. Verdaderas magnitudes y amplitudes.	Módulo plano 2D: En las vistas diédricas facilitadas, análisis de datos: identificación de las dimensiones disponibles y las que habrán de determinarse.	
Definición de planos. Rectas notables del plano y su utilización. Perpendicularidad: Recta-plano. Plano-plano. Ángulos entre planos.	Determinación y utilización de las rectas notables del plano para definir los planos de proyección auxiliares.	Rectas notables (utilizadas como trazas), condiciones de perpendicularidad y ángulos para la generación de los planos en el espacio tridimensional.
Métodos para la de obtención de verdaderas magnitudes y especialmente las proyecciones auxiliares.	Obtención de las vistas auxiliares necesarias. Identificación y acotación de verdaderas magnitudes y amplitudes en las proyecciones auxiliares obtenidas.	
Sistemas de representación, y	Trazado de las formas en	Generación de planos en

<p>en especial perspectivas. Generalidades sobre el trazado bidimensional: tangencias, lugares geométricos, simetría, etc.</p>	<p>verdadera magnitud en los planos espaciales generados</p>	<p>posición espacial determinada en función de datos obtenidos</p>
<p>Características de la generación y representación de cuerpos y superficies (especialmente revolución y barrido a partir de formas bidimensionales). Descomposición de cuerpos complejos en volúmenes simples. Posición relativa de los cuerpos, especialmente la tangencia y la intersección. Visibilidad.</p>		<p>A partir de los bocetos generados aplicar los comandos de modelado: Protusión, por revolución, por barrido, por secciones.</p>

Enunciado 2

Dados el prisma, la esfera y el punto de la figura 13, Determinar el lugar geométrico definido por todos los centros de todas las esferas tangentes al prisma y tangentes exteriores a la esfera, que pasen por el punto facilitado.

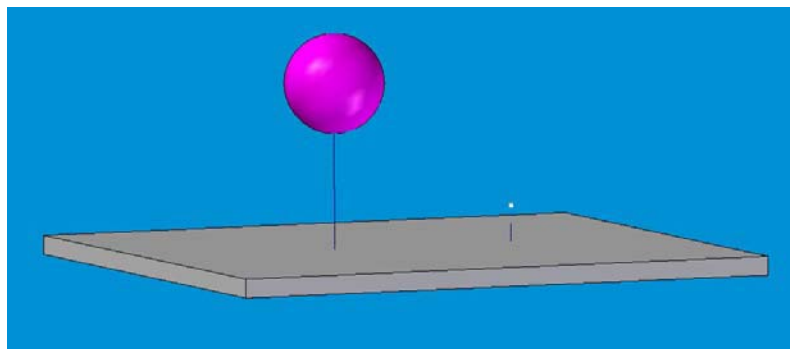


Figura. 13

Comentario a la solución.

El lugar geométrico solicitado estará formado por todos los puntos del espacio que pueden actuar como centro de esferas que cumplan las condiciones expuestas en el enunciado, lo que implica la existencia de un centro de esfera de radio mínimo a partir del cual el resto de radios estarán en progresión hacia el infinito, lo que implica que el lugar geométrico será abierto, por ello es conveniente limitar su determinación al entorno próximo de los datos facilitados. Igualmente se deduce la existencia de dos esferas iguales, salvo la de radio mínimo, por lo que se deduce la simetría del lugar geométrico pretendido.

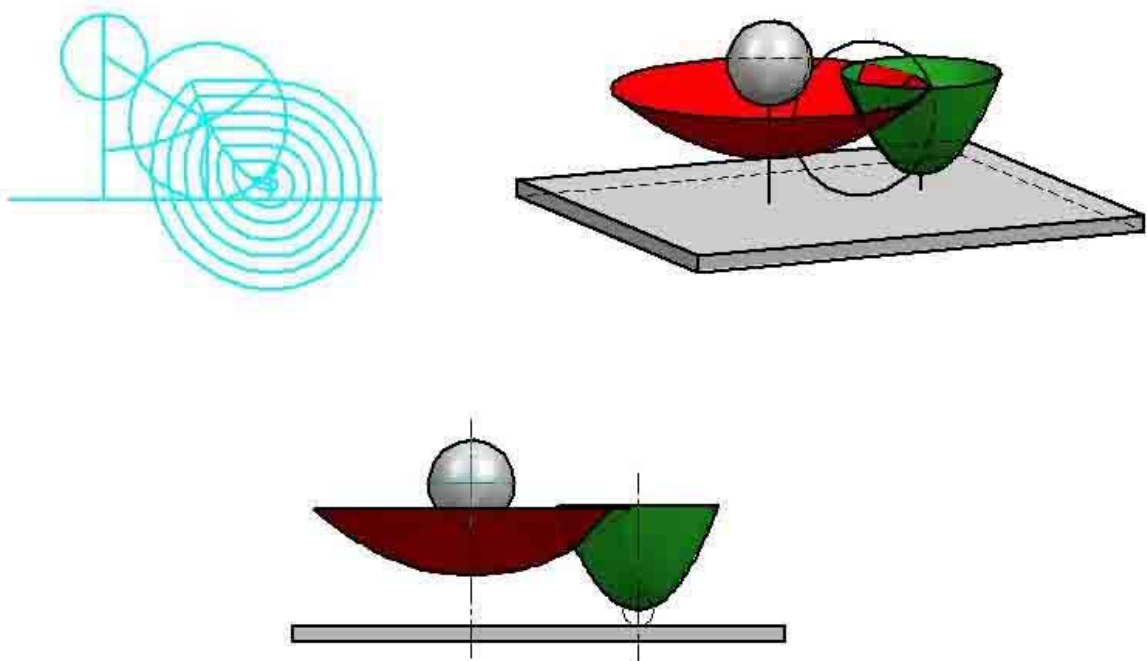
Podemos obtener el mencionado lugar geométrico como la línea de intersección entre dos superficies, a su vez lugares geométricos, definidos a partir de la selección dos a dos de entre los tres datos de partida, lo que supone cierta posibilidad de selección.

De esta manera el lugar geométrico de todos los centros de todas las esferas tangentes a la cara correspondiente del prisma y tangentes exteriores a la esfera, será un hiperboloide, obtenido a partir de la revolución de un ramal de hipérbola definido como curva equidistante entre los elementos mencionados. El eje de revolución de la superficie tendrá la dirección del eje real de la hipérbola, es decir será la recta perpendicular a la cara del prisma que pasa por el centro de la esfera dato.

Otro lugar geométrico puede ser el definido por todos los centros de todas las esferas tangentes a la cara de la superficie prismática considerada y que pasen por el punto facilitado, obteniéndose un paraboloides a partir de la revolución de una parábola definida como curva equidistante entre la cara del prisma y el punto facilitado. El eje de la parábola será también el eje para la revolución de la superficie.

El problema es abordable tanto desde el 3D como desde el 2D de manera que los conceptos utilizados serán los mismos y los trazados 2D de los elementos constitutivos también. Particularmente presentan ventajas la determinación de intersecciones implementadas mediante comandos en los programas de diseño en 3D.

En la figura 14 se aprecia la solución del enunciado 2 desde diferentes posiciones.



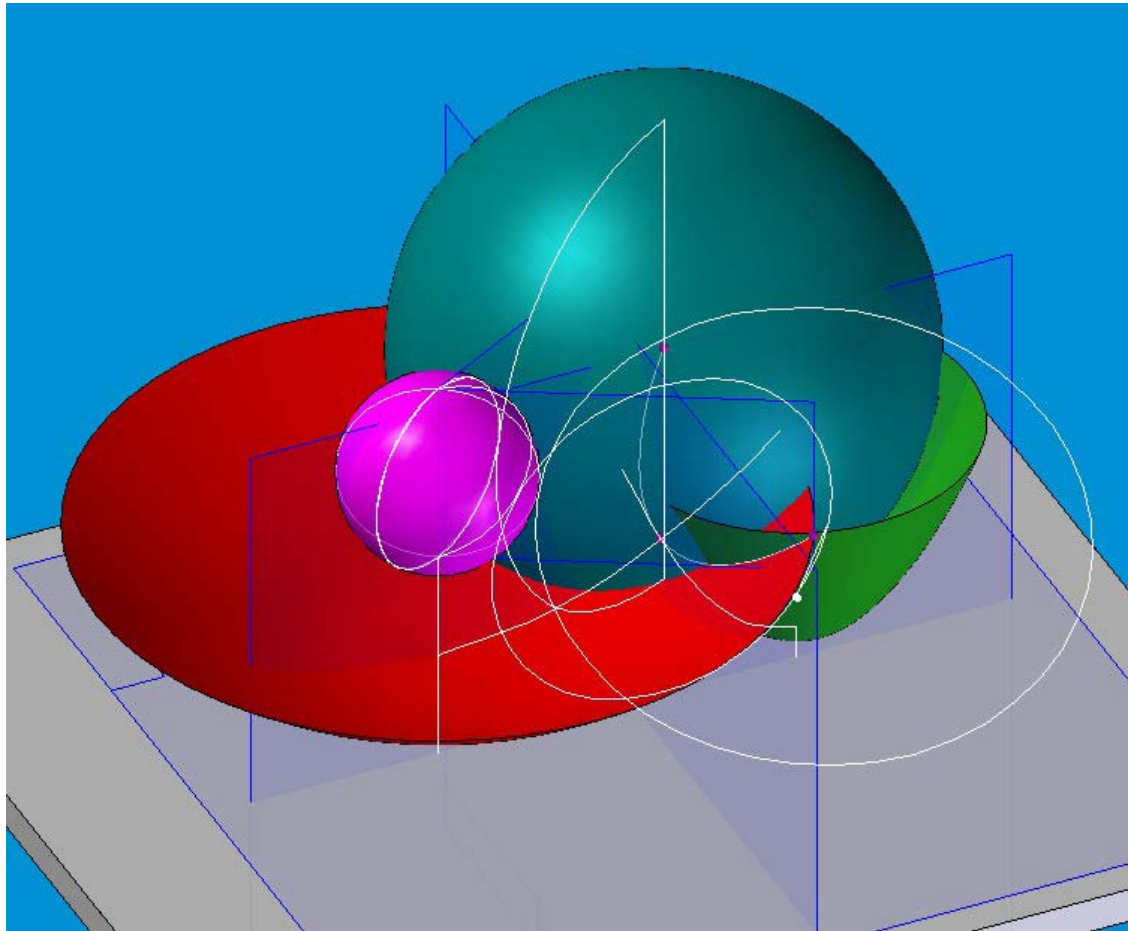


Figura 14

Contenidos	CAD 2D Módulo Plano 2D	CAD 3D Módulo 3D
Sistema de representación. Definición planos y representación. Perpendicularidad rectas planos. Trazado de curvas equidistantes. Curvas cónicas. Métodos verdaderas magnitudes planos	Módulo plano 2D Representar las vistas diédricas de alzado y planta del modelo 3D. 1 LG: Definir plano α frontal que pase por los centro esfera y perpendicular a cara prisma. Verdadera magnitud del plano proyectante α . Trazado de la hipérbola. Proceso: determinación por lugares geométricos	Módulo pieza: 1 LG: Plano α cualquiera perpendicular a cara del prisma y que pasa por centro esfera dato. Boceto en plano α : trazado del ramal de hipérbola correspondiente.
Características generación y representación superficies. Visibilidad	Representación hiperboloide	Superficie de revolución: Hiperboloide, a partir del boceto anterior.
Sistema de representación. Definición planos y	2 LG: Definir plano β frontal que pase por el punto facilitado y perpendicular a cara prisma.	2 LG: Plano β cualquiera perpendicular a cara del

representación. Perpendicularidad rectas planos. Trazado de curvas equidistantes. Curvas cónicas. Métodos verdaderas magnitudes planos	Verdadera magnitud del plano proyectante β . Trazado de la parábola. Proceso: determinación por lugares geométricos	prisma y que pasa por punto dado. Boceto en plano β : trazado parábola correspondiente.
Características generación y representación superficies. Visibilidad	Representación paraboloide (contorno aparente y elementos constitutivos)	Superficie de revolución: Paraboloide, a partir del boceto anterior.
Intersección superficies de revolución, no regladas (de doble curvatura).	Determinación línea alabeada Intersección hiperboloide y paraboloide: Método superficies auxiliares.	Intersección hiperboloide y paraboloide
Tangencias entre circunferencias.	Posibilidad de incluir una esfera solución de ejemplo, implicaría determinar puntos de tangencia	Posibilidad de incluir una esfera solución de ejemplo, implicaría determinar puntos de tangencia

Enunciado 3

Determinar y construir en 3D la esfera tangente a la parte esférica de los tres puntales de la pieza dada, sabiendo que su centro equidista 75 mm de la base. Considerar como base el plano de intersección con la parte cilíndrica de los puntales, Fig. 15.

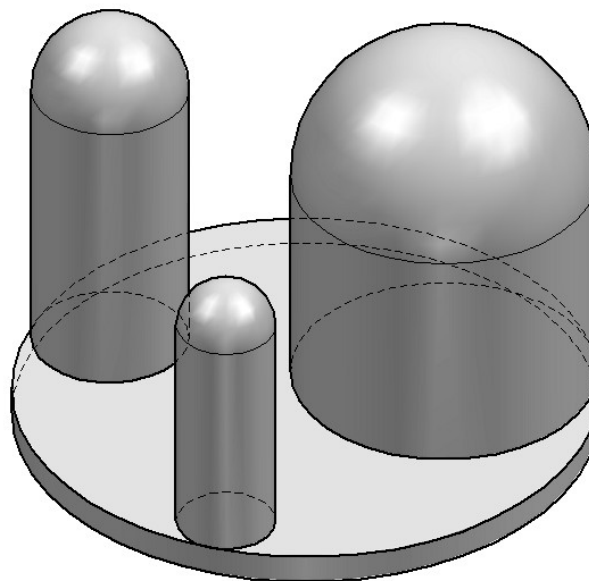


Figura 15

Comentario a la solución.

Es posible determinar el centro de la superficie esférica solicitada por intersección de tres elementos:

1. El lugar geométrico (LG) definido por todos los centros de todas las esferas tangentes a dos de los puntales,
2. El lugar geométrico de todos los centros de todas las esferas tangentes a otros dos puntales (uno de ellos será común a ambos lugares geométricos).
3. El lugar geométrico de todos los centros de todas las esferas de radio 75 mm tangentes al plano de la base definido en el enunciado.

Los dos primeros lugares geométricos descritos se materializan en sendos hiperboloides, definidos como sigue:

En cualquier plano α que pase por los centros definidos por la parte esférica de cada uno de los dos puntales seleccionados, produciendo dos circunferencias.

En el plano α , los ramales de hipérbolas definidos a partir de los puntos a igual distancia mínima a las dos circunferencias.

Como eje de revolución de las hipérbolas, se tomará la recta que une los centros, contenida asimismo en el plano α .

El tercer elemento es un plano equidistante a 75 mm de la base.

El problema es abordable directamente modelando en 3D, Fig. 16, siendo imprescindible el trazado del boceto sobre el plano α correspondiente a la definición de las superficies descritas. La Fig. 17 muestra una solución 2D. En la figura 18 se muestran todos los pasos para la resolución del problema en 3D.

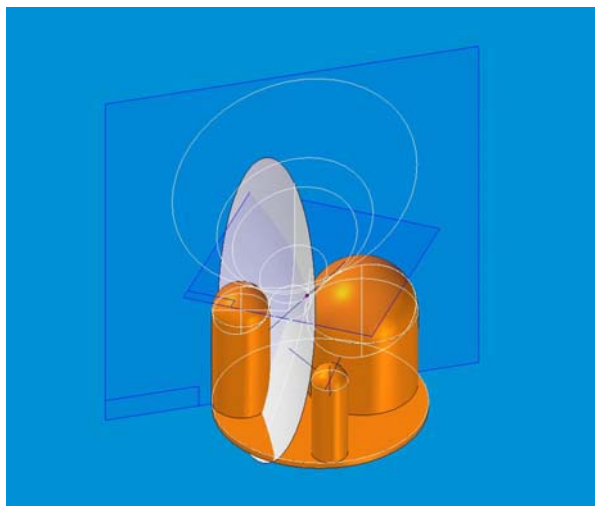


Figura 16

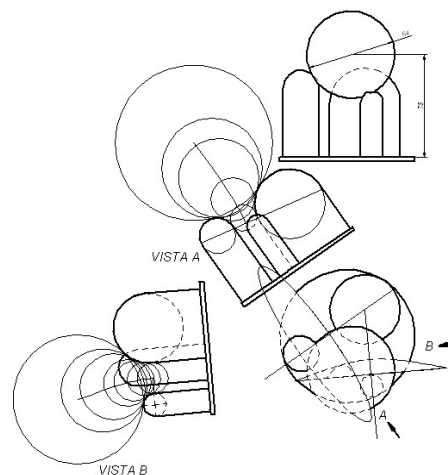


Figura 17.

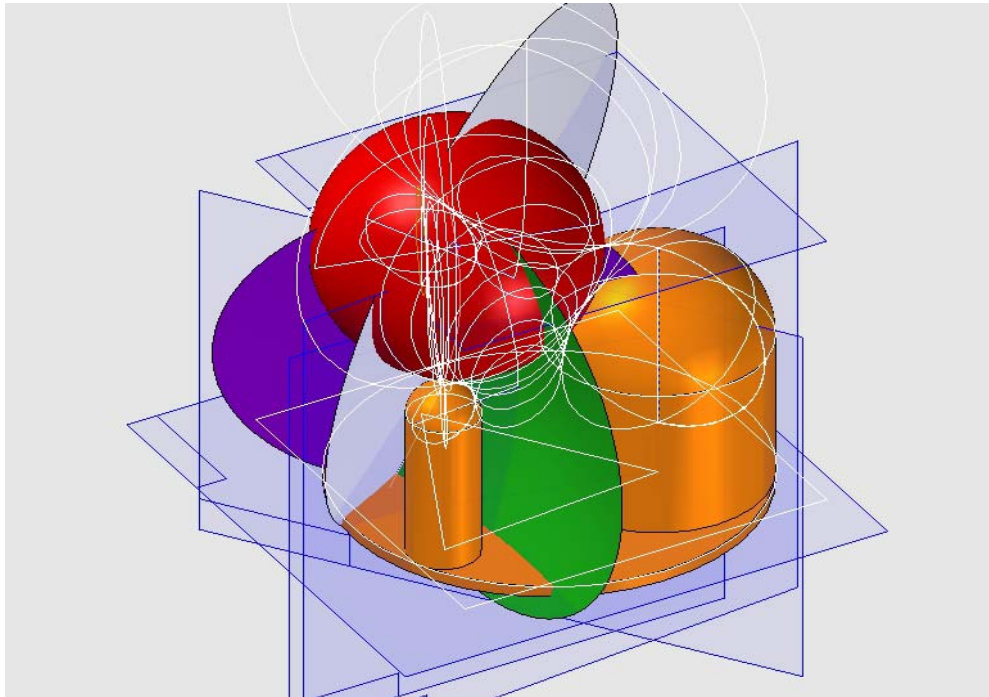


Figura 18

Contenidos	CAD 2D Módulo Plano 2D	CAD 3D Módulo 3D
Conceptos generales de representación. Representación planos proyectantes.	Representar las vistas diédricas de alzado y planta del modelo 3D. Para el primer LG: Definir plano α proyectante vertical que pase por los centros de 2 puntales.	Se parte del modelo 3D. Primer LG: Definir plano α que contenga 2 centros puntales seleccionados.
Conceptos: Determinación verdaderas magnitudes. Proyecciones auxiliares.	Determinar verdadera magnitud del plano proyectante α . Proyección auxiliar	Boceto ¹⁶⁸ en plano α para trazar hipérbolas: 1. Incluir ¹⁶⁹ contornos de los puntales. 2. Trazar los lugares geométricos por los centros de las circunferencias tangentes
Conceptos: Intersección esfera plano. Determinación curvas equidistantes. Tangencias entre circunferencias.	Determinar trazado de la hipérbola. Proceso: determinación por lugares geométricos	Comando superficie revolución hipérbola, de eje recta de centros
Conceptos: Superficies. Representación hiperboloides.	Representar hiperboloide, solo es necesario en planta y proyección auxiliar. Para el segundo LG:	Para el segundo LG: Repetir los tres pasos anteriores para obtener la otra hipérbola. Hallar la curva alabeada de

¹⁶⁸ Boceto: Opción que permite el trazado bidimensional en el plano activo de la geometría del modelo.

¹⁶⁹ Incluir: Opción de copiar los elementos del espacio en el plano de referencia activo.

	Repetir los pasos anteriores para obtener la otra hipérbola	intersección entre las dos hipérbolas.
Conceptos: Intersección superficies de revolución, no regladas (de doble curvatura).	Hallar la curva alabeada de intersección entre las dos hipérbolas. Planos paralelos y perpendiculares a uno de los ejes de las hipérbolas.	Para el tercer LG: Determinar el plano paralelo a 75 mm de la base.
Conceptos: Intersección recta plano proyectante	Hallar el punto de intersección entre la curva alabeada y el plano α . Método intersección recta plano. El punto es el centro de la esfera solución.	Solicitar, mediante la opción intersección, el punto de intersección entre la curva alabeada y el plano α . El punto es el centro de la esfera solución.
Conceptos: Determinación verdaderas magnitudes. Proyecciones auxiliares. Tangencias entre circunferencias.	Para determinar los puntos de tangencia entre la esfera solución y los puntales. Método: nuevos planos que contengan el centro hallado y el centro de cada puntal.	Para determinar los puntos de tangencia entre la esfera solución y los puntales, se incluye en el plano de referencia el proceso realizado con anterioridad y se trazan los puntos buscados

PASO DEL AXONOMÉTRICO AL 3D

Enunciado 4

Modelar en 3D la pieza de la figura 19 de la que se facilita su perspectiva axonométrica.

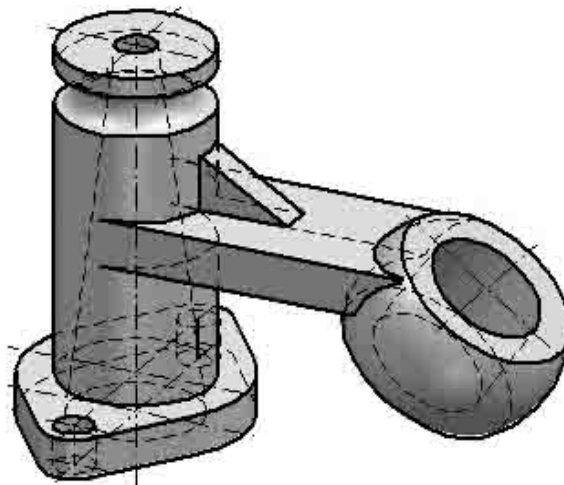


Figura 19

Comentario a la solución.

La correspondencia biunívoca entre el objeto real y su representación no está resuelta solo con la perspectiva facilitada, sería necesario recurrir a los sistemas de

representación. Sin embargo con la ayuda de las líneas ocultas y a partir de una serie de suposiciones que previamente el profesor deberá aclarar, como la perpendicularidad entre los ejes principales de la perspectiva, si será posible abordar el problema.

Así pues, una vez más, para realizar el modelado tridimensional, será necesario conocer todos los datos del objeto para lo que habrá que recurrir a los métodos descriptivos concretados en construcciones bidimensionales sobre la propia perspectiva o utilizando sus características.

Lo primero será identificar el tipo de perspectiva axonométrica de que se trata y averiguar los coeficientes de reducción de las direcciones principales dado que cualquier punto podrá ser referido en el espacio mediante sus tres coordenadas y por lo tanto averiguar cualquier dimensión. Lógicamente para las formas del objeto contenidas en planos axonométricos siempre se podrán realizar los abatimientos correspondientes para obtener su verdadera magnitud de forma conjunta facilitando el trabajo.

En el caso de los elementos cilíndricos de revolución, será posible medir directamente en verdadera magnitud su diámetro con tan solo trazar un segmento perpendicular al eje.

En la figura 20 se observa la construcción necesaria para la determinación de los coeficientes de reducción de las direcciones principales, por el método de los ángulos de pendiente. También se pueden observar otros trazados complementarios destinados a ejercitar aspectos concretos que el profesor haya considerado proponer, como la determinación de la verdadera magnitud de una distancia entre dos puntos cualquiera de la pieza, o el cálculo de los ejes principales de la elipse correspondiente al agujero en el plano no paralelo a los planos principales.

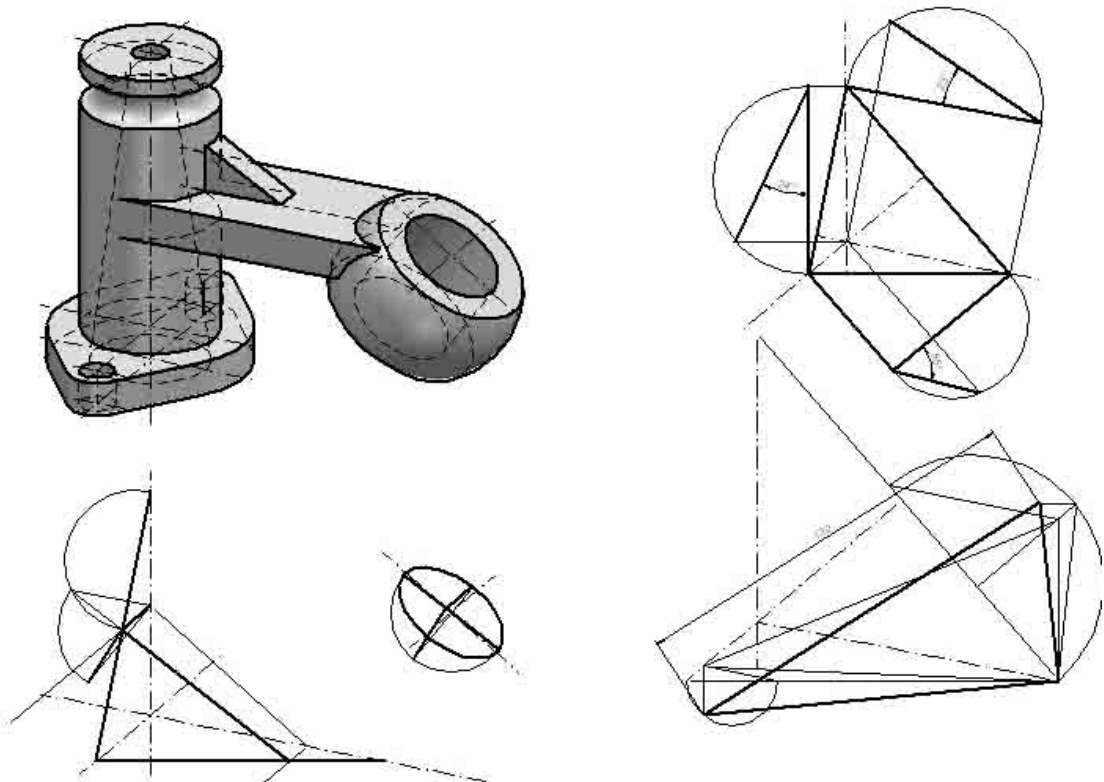


Figura 20

Elaboradas las herramientas gráficas que nos permiten conocer todas las dimensiones y ángulos del objeto, es posible abordar su modelado tridimensional, siguiendo un proceso similar a los ya descritos en prácticas anteriores. El resultado final puede apreciarse en la figura 21.

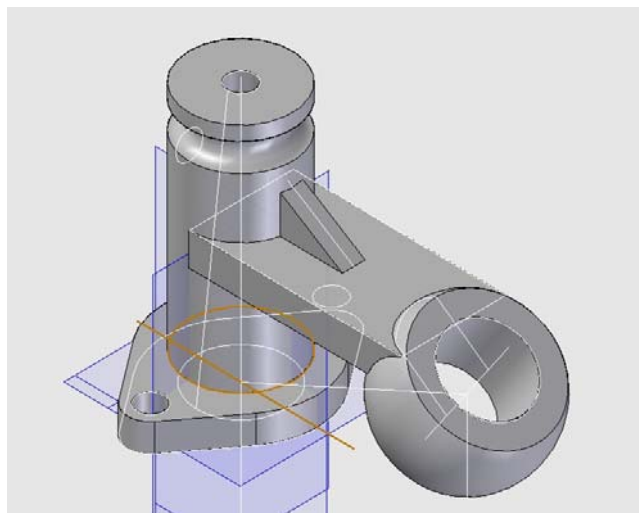


Figura 21

Contenidos	CAD 2D Módulo Plano 2D	CAD 3D Módulo 3D
Sistema axonométrico de representación y perspectiva axonométrica. Coeficientes de reducción y métodos de obtención.	Sobre la perspectiva facilitada, trazado para el cálculo de los coeficientes de reducción de las direcciones principales: método ángulos de pendiente	
Verdaderas magnitudes y amplitudes. Definición y representación de planos en sistema axonométrico. Intersección de planos entre sí y con el plano del cuadro. Abatimiento de planos sobre plano del cuadro	Determinación distancias en verdadera magnitud: método doble abatimiento, afinidad...	Rectas notables (utilizadas como trazas), condiciones de perpendicularidad y ángulos para la generación de los planos en el espacio tridimensional.
Curvas cónicas: ejes principales y conjugados elipse.	Determinación ejes principales elipse: método abatimiento.	
Generales para el trazado de formas: Lugares geométricos, tangencias, arco capaz.	Trazado de las formas en verdadera magnitud en los planos espaciales generados	Generación de planos en posición espacial determinada en función de datos obtenidos
Características generación y representación de cuerpos y superficies. Descomposición cuerpos complejos en volúmenes simples. Posición relativa entre cuerpos. Visibilidad.		A partir de los bocetos generado aplicar los comandos de modelado: Protusión, por revolución, por barrido, por secciones.

Para abordar el problema del modelado tridimensional es necesario disponer de todos los datos del objeto y, en ocasiones, sólo están disponibles de forma parcial, por ello resulta imprescindible el conocimiento de los conceptos necesarios que nos permitan analizar e identificar cada caso concreto para aplicar los trazados de los métodos descriptivos que nos permitan recuperarlos o restituirlos.

Aún con todos los datos del objeto disponibles el modelado tridimensional, también se precisan los conceptos y trazados tanto de la geometría plana como la espacial, así como el conocimiento de los cuerpos, superficies y sus interrelaciones.

En la práctica del modelado geométrico 3D, se emplean planos sobre los que se opera para obtener datos y determinar posiciones de los elementos que posteriormente se utilizarán para la generación de cuerpos o superficies.

Para la generación de planos utilizando las opciones: Coincidente, paralelo, oblicuo, perpendicular, coincidente por eje, perpendicular a curva y plano por tres puntos, se requiere aplicar los conceptos de: definición de planos, intersección recta plano, intersección de plano con plano, posiciones entre planos y planos proyectantes.

Para la resolución de enunciados de modelos geométricos en 3D es necesario aplicar conocimientos de generación de superficies y sólidos.

5.7. Tabla de modelos de prácticas

En ocasiones es necesario tratar ciertos problemas de dos dimensiones utilizando los procedimientos y métodos clásicos de la geometría descriptiva y mediante proyecciones del modelo geométrico sobre papel o pantalla. Está claro que cuanto más conocimiento y habilidad se tenga en la representación bidimensional y la construcción tridimensional mejor eficiencia en el trabajo y en el diseño en general.

Hay que tener presente que los conceptos de geometría descriptiva también sirven para razonar y desarrollar la visión espacial, se apliquen en 2D sobre papel o en 3D sobre pantalla.

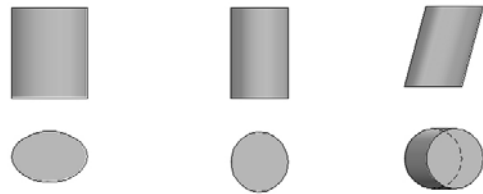
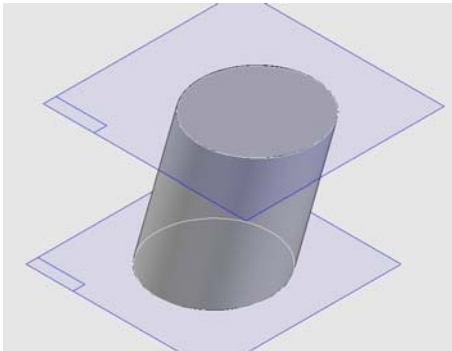
Se estudia el sistema diédrico por ser de uso generalizado en la representación de la ingeniería mecánica.

Nomenclatura: los planos de referencia del sistema de CAD son tres: uno horizontal y dos verticales. Utilizaremos los términos horizontal, vertical y de perfil para referirnos a los planos XY, XZ, YZ para hacer la comparación entre la nomenclatura habitual de la geometría y el sistema diédrico utilizado como referente en esta tabla.

Modelado, planos y operaciones necesarios para la generación de superficies y sólidos en CAD 3D

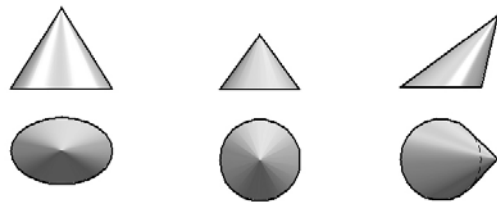
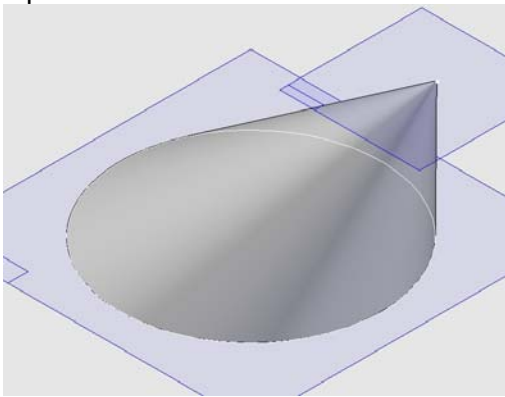
Cilindro cóncavo

Boceto: Directriz. Planos: 1. Operación:
Protusión. Revolución



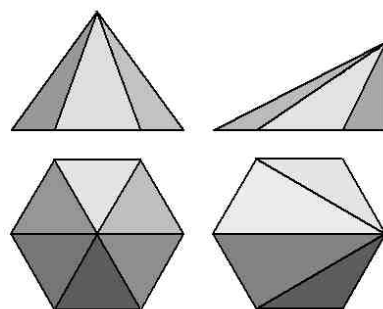
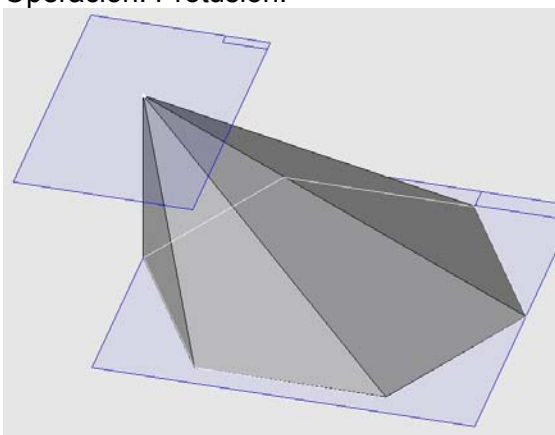
Cono cóncavo

Boceto: Directriz, Punto. Planos: 1 ó 2.
Operación: Protusión. Revolución



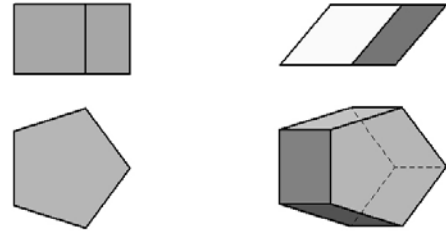
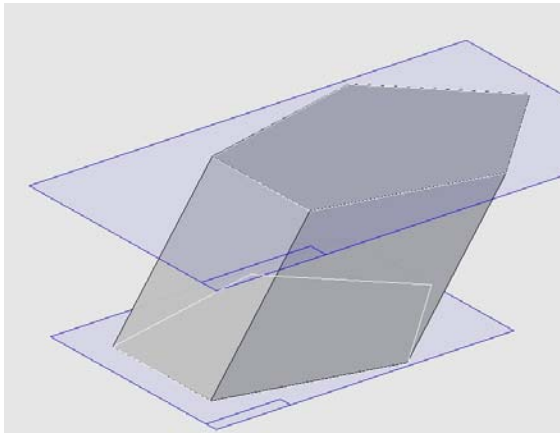
Pirámides

Boceto: Directriz, punto. Planos: 2.
Operación: Protusión.



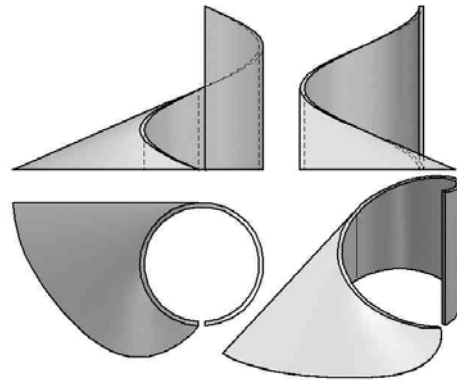
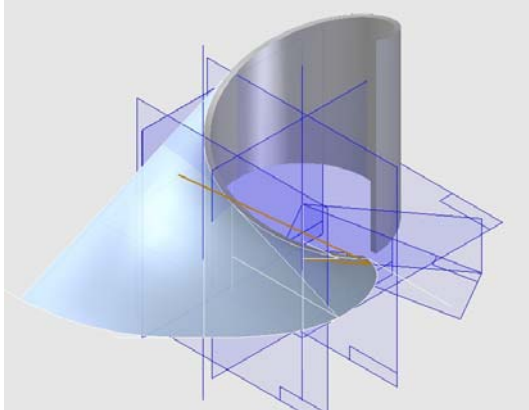
Prismas

Boceto: Directriz. Planos: 1 ó 2. Operación:
Protusión. Secciones



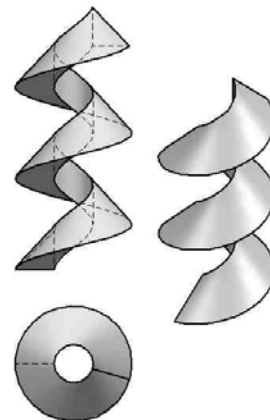
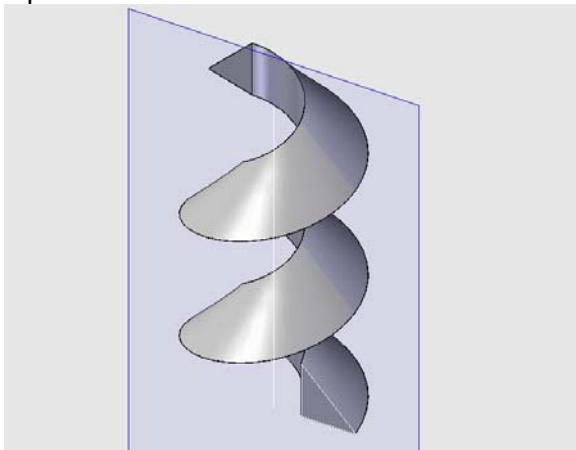
Helicoide desarrollable

Boceto: curva definición Planos: 3
Operación: Por secciones



Helicoide de cono director

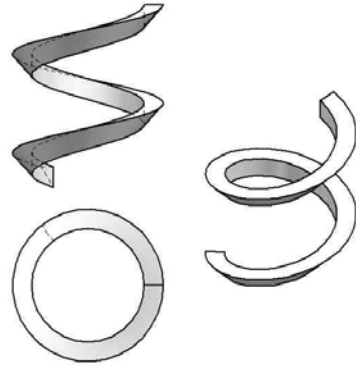
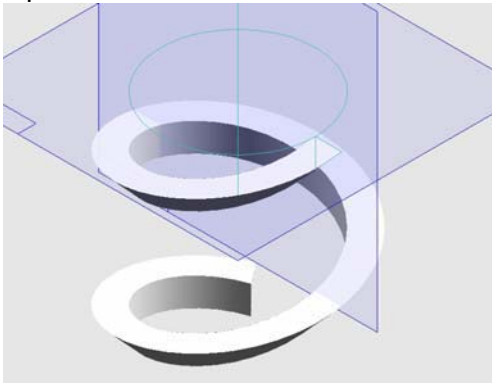
Boceto: Eje. Generatriz. Planos: 1.
Operación: Protusión helicoidal



Helicoide de plano director

Boceto: Eje. Generatriz. Planos: 1.

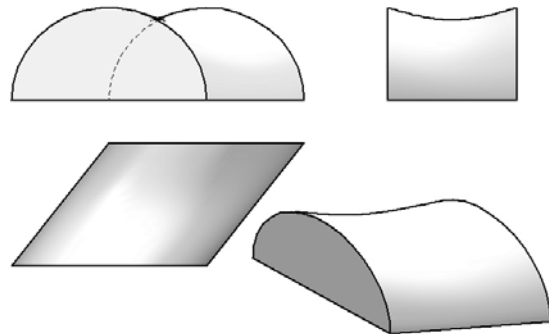
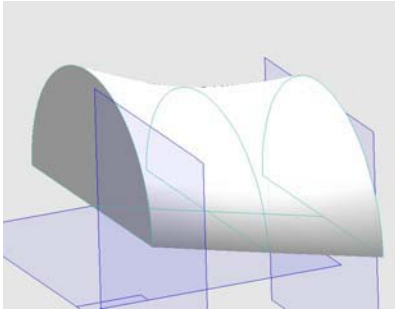
Operación: Protusión helicoidal



Cuerno de vaca

Boceto: 3 directrices: 3 circunferencias, (2 circunferencias 1 recta). Planos: 3

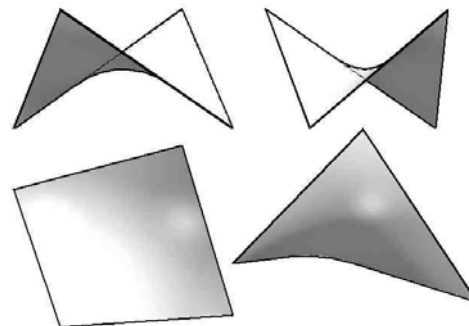
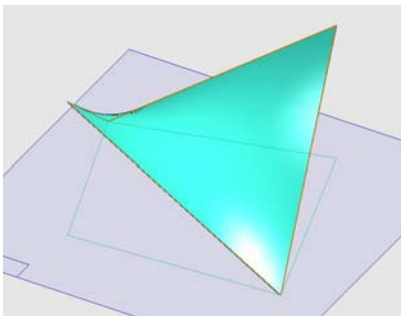
Operación: Protusión por secciones



Paraboloide Hiperbólico

Boceto: 1 cuadrilátero alabeado director.

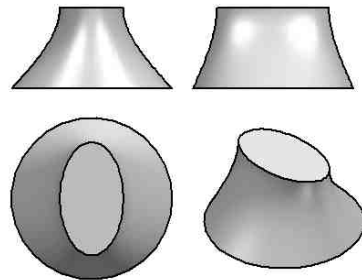
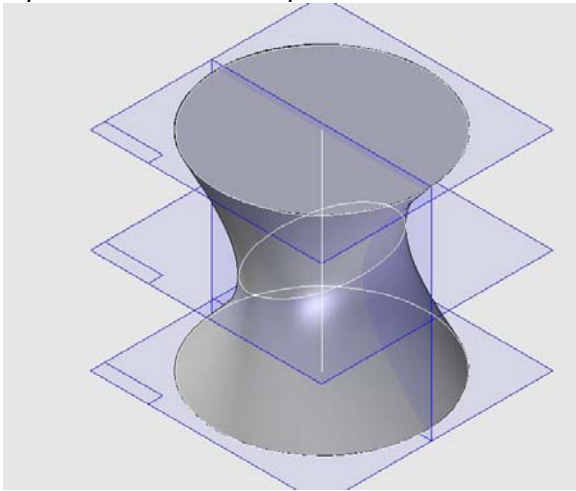
Planos: 5. Operación: Protusión. Superficie limitada. Sustituir cara.



Hiperboloide hiperbólico

Boceto: 3 directrices. Planos: 3.

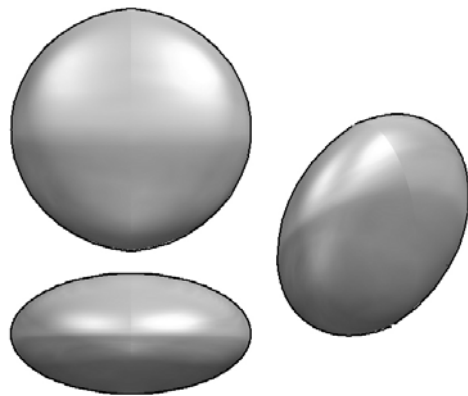
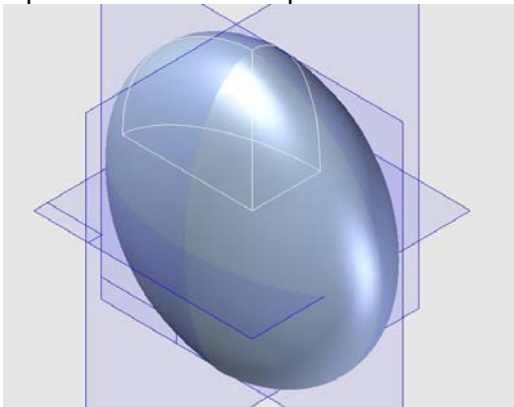
Operación: Protusión por secciones



Elipsoide

Boceto: 3 secciones elípticas. Planos:3

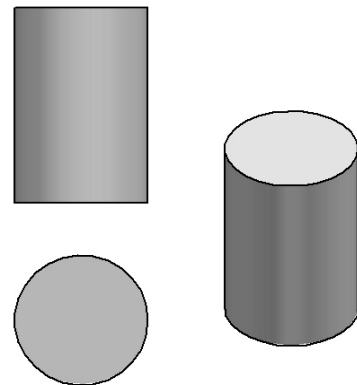
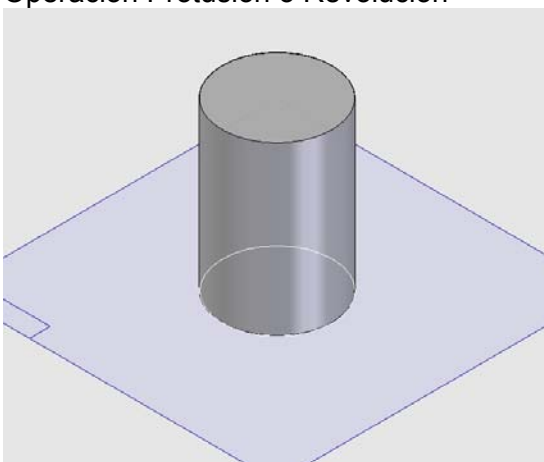
Operación: Protusión por secciones



Cilindro de revolución

Boceto: Círculo o rectángulo Planos: 1

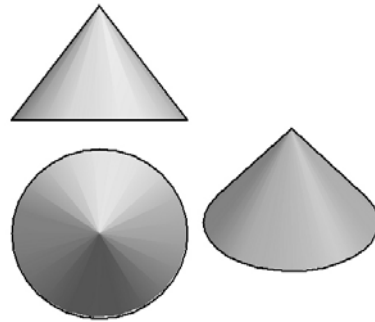
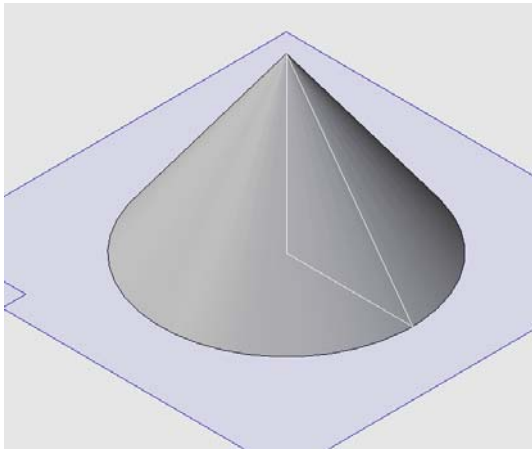
Operación Protusión o Revolución



Cono de revolución

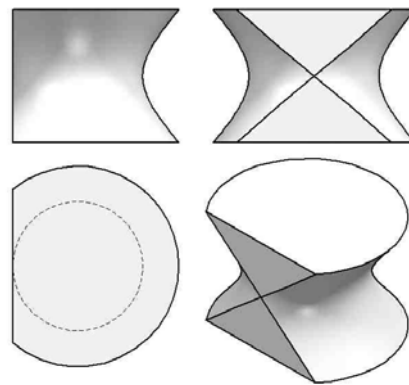
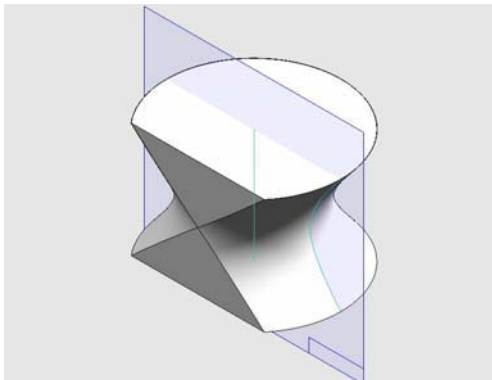
Boceto: Directriz, Punto. Planos: 1 ó 2.

Operación: Protusión. Revolución



Hiperboloide hiperbólico de revolución

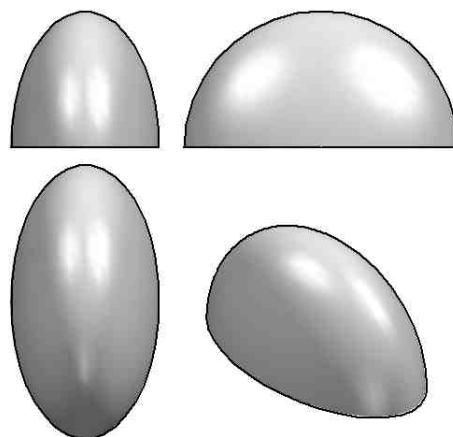
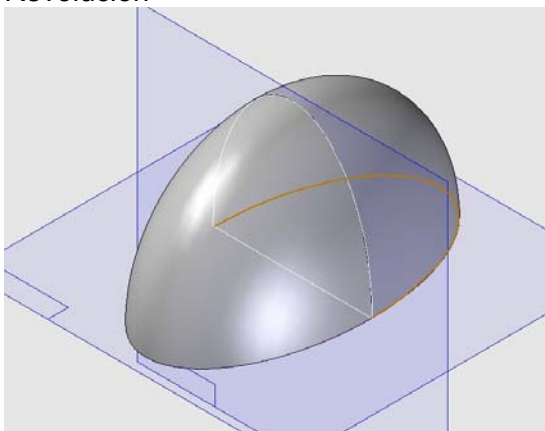
Boceto: 1 hipérbola. Planos: 1. Operación: revolución



Elipsoide de revolución

Boceto: 1/2 elipse Planos: 1 Operación:

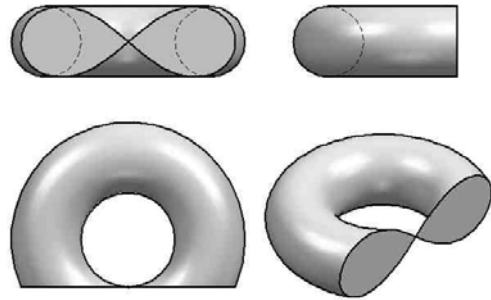
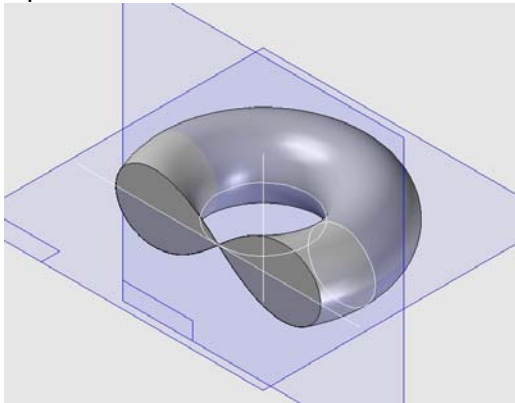
Revolución



Toro

Boceto: 1 circunferencia 1 recta. Planos: 1.

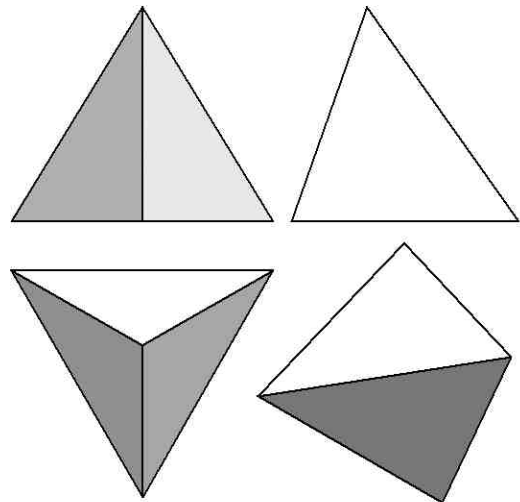
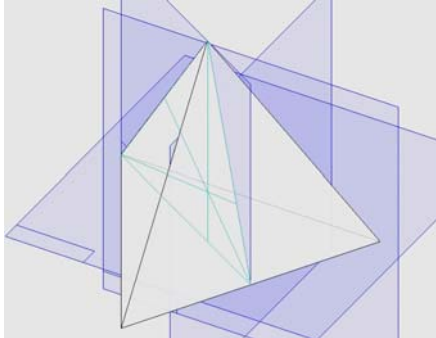
Operación: Revolución



Tetraedro

Boceto: 1 triángulo 1 punto. Planos: 2.

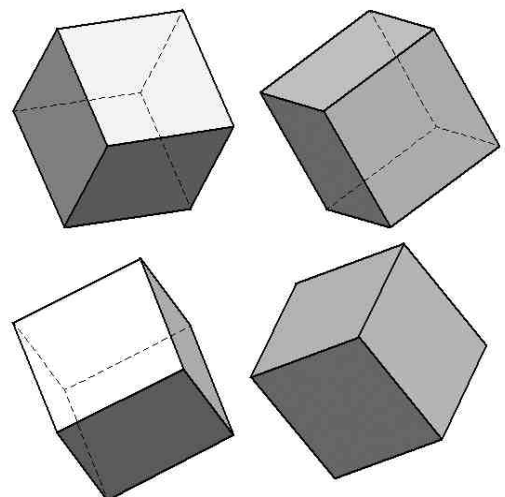
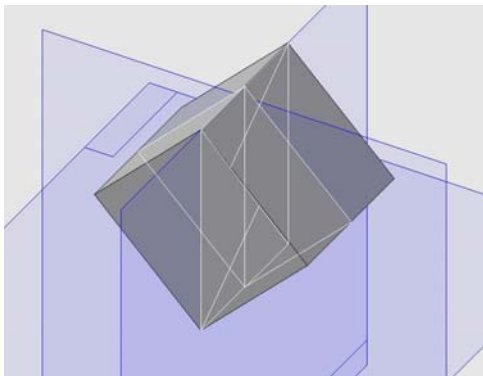
Operación: Protusión por secciones



Hexaedro

Boceto: 1 cuadrado. Planos: 1. Operación:

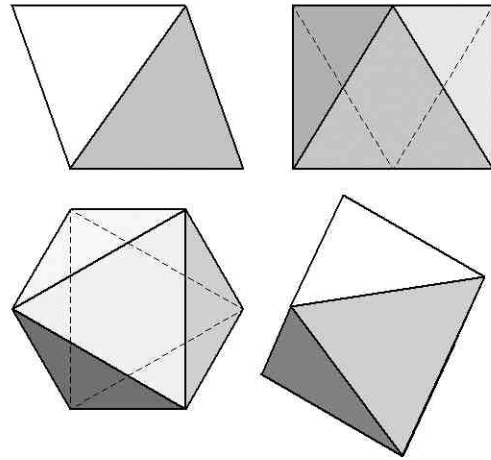
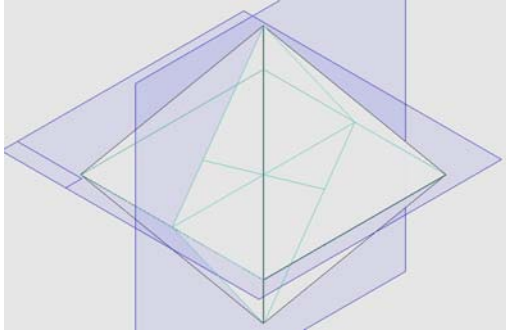
Protusión



Octaedro

Boceto: 1 cuadrado 1 punto. Planos: 2

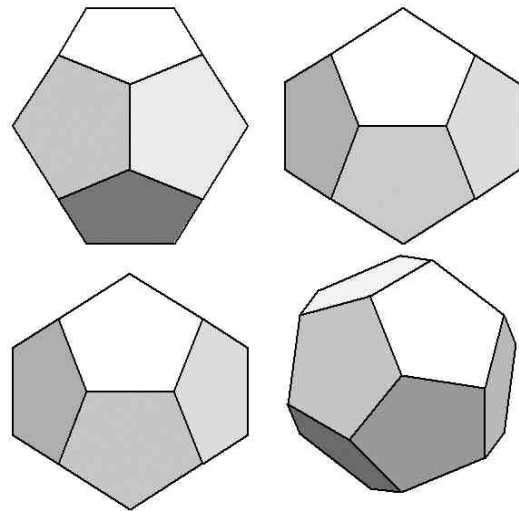
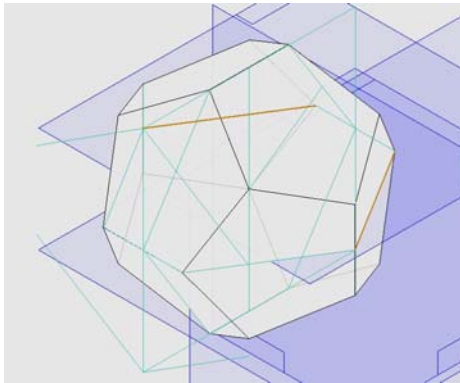
Operación: Protusión por secciones, simetría



Dodecaedro

Boceto: 1 cuadrado, 3 hexágonos. Planos: 4.

Operación: Protusión. Vaciado por secciones



Icosaedro

Boceto: 1 cuadrado, 3 hexágonos. Planos: 4.

Operación: Protusión. Vaciado por secciones

