



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"DISEÑO MECANICO EMPLEANDO HERRAMIENTAS
AVANZADAS DEL PROGRAMA MECHANICAL DESKTOP
VERSION 6.0"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

APOLINAR MARTINEZ HERNANDEZ

ASESOR: M.I. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

2005

UN: 351097



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
EXAMENES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO D.
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicarle a usted que revisamos la TESIS:

"Diseño mecánico empleando herramientas avanzadas del Programa Mechanical Desktop Versión 6.0"

que presenta el pasante: Apolinar Martínez Hernández
con número de cuenta: 9401984 - 3 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Méx. a 19 de Agosto de 2005

PRESIDENTE Ing. José Luis Ríos y Lorenzo

VOCAL Ing. Eduardo Salas Córdova

SECRETARIO Mel. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez

PRIMER SUPLENTE Ing. Eduardo Covarrubias Chávez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Antonio Rodríguez Martínez

DEDICADO A:

Mis padres Elena y Onésimo, por apoyarme en cada paso o tropiezo de mi vida, por tantos sacrificios que jamás podré compensar y cuyos ejemplos de sacrificio, comprensión y cariño han llevado mi vida.

Mis hermanos Edgar y Beatriz, por apoyarme siempre, por jalar y empujarme en momentos malos, difíciles y buenos.

Mis tíos y primos (que son muchos), por creer en mí.

Mis abuelos Apolinar Hernández y Carmen Gutiérrez, Lucio Martínez y Agustina Soto, que aunque ya no los tengo, son un ejemplo de trabajo y dedicación.

Mis amigos de la Banca y de la facultad, por enriquecer mi vida con su amistad y apoyo.

Mari, por ser una buena amiga y compañera, pero sobre todo por ese cariño incondicional que me brinda y le permite soportarme.

Halcón, por su cariño y apoyo en esa parte difícil y bella de mi vida (Dito).

Mi asesor M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez por su apoyo en la realización de este trabajo y por compartir granitos de conocimiento y experiencia en ésta carrera.

La FES Cuautitlán y la UNAM por la gente y los espacios para superarme.

Apolinar Martínez Hernández.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPITULO 1 ENTORNO DEL PROGRAMA MECHANICAL DESKTOP	
1.1 ENTORNO DE TRABAJO.....	4
1.1.1 INICIO DEL PROGRAMA.....	5
1.1.2 CUADRO DE DIALOGO DE INICIO.....	5
1.2 INTERFASE DE MECHANICAL DESKTOP.....	6
1.2.1 MENÚS DE PERSIANA.....	6
1.2.2 BARRAS DE HERRAMIENTAS.....	8
1.2.3 NAVEGADOR DE MECHANICAL DESKTOP (MECHANICAL BROWSER).....	12
1.2.4 PANTALLA DE ESCENAS Y DE PRESENTACIÓN.....	13
1.3 UTILIZACIÓN DE TECLAS RÁPIDAS.....	14
1.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	16
1.5 VISIBILIDAD Y OPCIONES.....	17
1.6 BOCETADO (SKETCHING), CREACIÓN DE DIBUJOS PARAMÉTRICOS.....	20
1.6.1 PROCEDIMIENTO DE BOCETADO.....	21
1.6.2 APLICACIÓN DE RESTRICCIONES NUMÉRICAS.....	24
1.6.2.1 ACOTADO LINEAL Y ANGULAR.....	24
1.6.2.2 ACOTANDO EL BOSQUEJO.....	25
1.7 EDICIÓN Y ELIMINACIÓN DE RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS Y NUMÉRICAS.....	28
1.8 GEOMETRÍA DE CONSTRUCCIÓN.....	30
1.9 CONCEPTOS SOBRE BOCETADO.....	33
1.9.1 CREACIÓN DE BOCETOS DE PERFIL ABIERTO.....	34
1.9.2 CREACIÓN DE BOCETOS DE PERFIL CERRADO.....	34
1.9.3 CREACIÓN DE BOCETOS DE CAMINO.....	35
1.9.4 CREACIÓN DE BOCETOS DE TEXTO.....	37
1.9.5 AÑADIR UN PLANO DE BOCETO.....	38
1.9.6 COPIAR UN BOCETO.....	38

CONTENIDO

1.9.7 AGREGAR ELEMENTOS DE DIBUJO A UN BOCETO.....	39
1.9.8 REDEFINIENDO UN BOCETO.....	39
1.9.9 PROYECTAR OBJETOS EN UN PLANO.....	39
1.10 RESTRICCIONES NUMÉRICAS Y GEOMÉTRICAS.....	40
1.10.1 APLICACIÓN O EDICIÓN DE RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS.....	40
1.10.2 VISUALIZACIÓN DE RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS.....	40
1.10.3 ELIMINACIÓN DE RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS.....	41
1.10.4 APLICACIÓN DE RESTRICCIONES NUMÉRICAS(COTAS).....	41
1.10.5 EDICIÓN DE RESTRICCIONES NUMÉRICAS.....	41
1.10.6 VISUALIZACIÓN DE RESTRICCIONES NUMÉRICAS.....	41
1.10.7 HERRAMIENTA DE ACOTACIÓN INTELIGENTE.....	41

CAPITULO 2

MODELADO TRIDIMENSIONAL

2.1 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL SÓLIDO.....	44
2.2 CONCEPTOS SOBRE MODELADO.....	53
2.2.1 OPERACIONES DE DIBUJO.....	54
2.2.1.1 EXTRUSIÓN.....	54
2.2.1.2 REVOLUCIÓN.....	55
2.2.1.3 BARRIDO.....	56
2.2.1.4 SOLEVADO.....	56
2.2.1.5 NERVIO.....	58
2.2.1.6 DOBLADO.....	58
2.2.2 OPERACIONES DE TRABAJO.....	59
2.2.2.1 PUNTOS DE TRABAJO.....	59
2.2.2.2 EJES DE TRABAJO.....	59
2.2.2.3 PLANO DE BOCETO.....	60
2.2.2.4 PLANOS DE TRABAJO.....	61
2.3 SEGUNDO EJEMPLO DE CONSTRUCCIÓN.....	62
2.4 MODELADO TRIDIMENSIONAL : OPERACIONES PREDEFINIDAS.....	66
2.4.1 CREACIÓN DE AGUJEROS.....	66
2.4.2 GENERACIÓN DE FILETES.....	67
2.4.3 GENERACIÓN DE CHAFLANES.....	68

2.4.4 GENERACIÓN DE ÁNGULOS DE CARA.....	68
2.4.5 GENERACIÓN DE VACIADOS.....	71
2.4.6 GENERACIÓN DE OPERACIONES PATRÓN.....	72
2.4.7 COPIA DE OPERACIONES.....	73
2.4.8 OPERACIÓN DE COMBINACIÓN.....	73
2.4.9 OPERACIÓN DE DIVISIÓN DE PIEZA.....	74
2.5 EDICIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE OPERACIONES.....	74
2.5.1 EDICIÓN DE OPERACIONES.....	74
2.5.2 ELIMINACIÓN DE OPERACIONES.....	74
2.5.3 REORGANIZACIÓN DE OPERACIONES.....	75
2.5.4 ACTUALIZACIÓN DE OPERACIONES.....	75
2.6 CONCEPTOS SOBRE GESTIÓN DE PIEZAS.....	75
2.6.1 CREACIÓN DE PIEZAS NUEVAS.....	75
2.6.2 CONVERSIÓN DE SÓLIDOS DE AUTOCAD.....	76
2.6.3 ACTIVAR Y DESACTIVAR PIEZAS.....	76
2.6.4 CREAR COPIAS DE DEFINICIÓN.....	76
2.6.5 ASIGNAR ATRIBUTOS.....	77

CAPITULO 3

CREACION Y EDICIÓN DE VISTAS EN PLANOS

3.1 PROCEDIMIENTO PARA CREACIÓN DE VISTAS.....	79
3.2 CONCEPTOS SOBRE DIBUJOS DE VISTAS.....	88
3.2.1 GENERACIÓN DE VISTAS.....	88
3.2.2 EDICIÓN DE VISTAS.....	88
3.2.3 SUPRIMIR UNA VISTA.....	89
3.2.4 DESPLAZAR UNA VISTA.....	89
3.2.5 COPIAR VISTAS.....	90
3.2.6 EXPORTAR VISTAS.....	90
3.2.7 VISUALIZACIÓN DE COTAS PARAMÉTRICAS.....	90
3.3 CREACIÓN Y EDICIÓN DE ANOTACIONES EN VISTAS.....	90
3.3.1 AÑADIR COTAS DE REFERENCIA.....	91
3.3.2 ACOTACIÓN AUTOMÁTICA.....	91
3.3.3 ALINEAR ACOTACIONES.....	92

CONTENIDO

3.3.4 UNIR ACOTACIONES.....	92
3.3.5 PARTICIÓN DE UNA COTA.....	93
3.3.6 COLOCACIÓN DE TEXTO.....	93
3.3.7 CREACIÓN DE ANOTACIONES.....	93
3.3.8 CREAR ANOTACIONES.....	94
3.3.9 DESPLAZAR ANOTACIONES.....	94
3.3.10 ELIMINAR ANOTACIÓN.....	94
3.3.11 AÑADIR ANOTACIÓN.....	94
3.3.12 DESENLAZAR ANOTACIÓN.....	95
3.3.13 SUPRIMIR ANOTACIÓN.....	95
3.4 NOTAS DE REFERENCIA A AGUJERO.....	95
3.5 CREACIÓN DE SÍMBOLOS DE ACABADO.....	96
3.6 CREACIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA SIMPLE.....	97

CAPITULO 4

SUPERFICIES

4.1 EJERCICIO DE MODELADO CON SUPERFICIES.....	100
4.2 CONCEPTOS SOBRE SUPERFICIES.....	105
4.2.1 REPRESENTACIÓN ALAMBRICA.....	105
4.2.2 REPRESENTACIÓN SUPERFICIAL O DE MALLA.....	106
4.3 DIFERENTES TIPOS DE SUPERFICIES.....	106
4.3.1 SUPERFICIES PRIMITIVAS.....	106
4.3.2 SUPERFICIES POR DESPLAZAMIENTO.....	107
4.3.2.1 SUPERFICIES DE EXTRUSIÓN.....	107
4.3.2.2 SUPERFICIES DE REVOLUCIÓN.....	107
4.3.2.3 SUPERFICIES DE BARRIDO.....	108
4.3.3 SUPERFICIES DE RECUBRIMIENTO.....	110
4.3.3.1 SUPERFICIES SOLEVADAS.....	110
4.3.3.2 SUPERFICIES REGLADAS.....	111
4.3.3.3 SUPERFICIES PLANAS.....	111
4.3.4 SUPERFICIES DE TRANSICIÓN.....	112
4.4 EDICIÓN DE SUPERFICIES.....	112
4.4.1 CONVERSIÓN DE OBJETOS A SUPERFICIES.....	112

CONTENIDO

4.4.2 COMBINAR O COSER SUPERFICIES.....	112
4.4.3 "ENGORDAR" UNA SUPERFICIE.....	112
4.4.4 EXTENDER SUPERFICIES.....	113
4.5 DESARROLLOS COMBINADOS.....	113
4.5.1 COMBINACIÓN DE SÓLIDOS PARAMÉTRICOS O DE MECHANICAL CON SUPERFICIES.....	114
4.5.1.1 REALIZACIÓN DEL CORTE.....	117
4.5.2 COMBINACIÓN DE SÓLIDOS DE AUTOCAD CON SUPERFICIES.....	120
4.5.3 COMBINACIÓN DE SÓLIDOS PARAMÉTRICOS.....	125

CAPÍTULO 5

VARIABLES DE DISEÑO Y VINCULACIÓN DE TABLAS

5.1 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE ESPIRAL.....	138
---	-----

CAPÍTULO 6

ENSAMBLAJES Y ESCENAS

6.1 EJERCICIO DE ENSAMBLE.....	150
6.2 CONCEPTOS SOBRE ENSAMBLAJES.....	157
6.3 RESTRICCIONES DE ENSAMBLAJE.....	158
6.3.1 COINCIDIR ("MATE").....	158
6.3.2 NIVELAR ("FLUSH").....	159
6.3.3 ORIENTAR ("ANGLE").....	160
6.3.4 INSERTAR ("INSERT").....	160
6.4 EDICIÓN Y COMANDOS ÚTILES DE ENSAMBLAJE.....	161
6.4.1 EDICIÓN DE RESTRICCIONES.....	161
6.4.2 MANIPULADOR 3D.....	161
6.4.3 COMPROBACIÓN DE INTERFERENCIAS.....	162
6.4.4 PROPIEDADES FÍSICAS.....	162
6.5 CREACIÓN DE ESCENAS.....	163
6.6 PROCEDIMIENTO EN LA CREACIÓN DE UNA ESCENA.....	164
6.7 CONCEPTOS SOBRE ESCENAS DE ENSAMBLAJES.....	169
6.7.1 CREAR UNA NUEVA ESCENA.....	169
6.7.2 COPIAR, RENOMBRAR O SUPRIMIR UNA ESCENA.....	169

6.7.3 CAMBIAR EL FACTOR DE EXPLOSION.....	170
6.7.4 AJUSTES DE POSICION.....	170
6.7.5 TRAYECTORIAS DE DESPIECE.....	171
6.7.6 EDITAR Y SUPRIMIR TRAYECTORIAS DE DESPIECE.....	172
6.7.7 BLOQUEAR ESCENAS.....	172

CAPITULO 7

PIEZAS NORMALIZADAS Y CÁLCULO POR ELEMENTO FINITO

7.1 PIEZAS NORMALIZADAS.....	173
7.1.1 AGUJEROS PASANTES CON AMTHOLE3D.....	173
7.1.2 AGUJEROS CIEGOS	178
7.1.3 AGUJEROS ROSCADOS PASANTES.....	178
7.1.4 AGUJEROS ROSCADOS CIEGOS.....	178
7.1.5 AGUJEROS ESCARIADOS.....	178
7.1.6 AGUJEROS AVELLANADOS.....	179
7.1.7 RANURAS PASANTES.....	180
7.1.8 RANURAS CIEGAS.....	180
7.1.9 CONEXIONES POR TORNILLO.....	181
7.1.10 TORNILLOS.....	184
7.1.11 ARANDELAS.....	184
7.1.12 TUERCAS.....	184
7.1.13 PASADORES CILINDRICOS.....	184
7.1.14 PASADORES CONICOS.....	185
7.1.15 ESPARRAGOS DE TRANSMISIÓN ACANALADOS.....	185
7.1.16 PASADORES DE CLAVIJA.....	185
7.1.17 REMACHES LISOS.....	185
7.1.18 REMACHES AVELLANADOS.....	185
7.1.19 TAPONES ROSCADOS.....	185
7.1.20 LUBRICADORES.....	186
7.1.21 ANILLOS DE JUNTA.....	186
7.1.22 CASQUILLOS.....	186
7.1.23 PERFILES DE ACERO.....	186
7.2 GENERADOR DE EJES.....	187

CONTENIDO

7.2.1 EJEMPLO DE CONSTRUCCIÓN.....	191
7.2.2 RODAMIENTOS.....	196
7.2.3 RODAMIENTOS PLANOS.....	196
7.2.4 CHAVETAS.....	196
7.2.5 JUNTAS Y RETENEDORES.....	196
7.3 CALCULO POR ELEMENTO FINITO.....	197
7.3.1 EJERCICIO DE APLICACIÓN DEL CEF.....	202
 CONCLUSIONES.....	 207
 BIBLIOGRAFIA.....	 208

INTRODUCCION

El diseño y el dibujo forman parte esencial dentro del área de Ingeniería Mecánica; como ingenieros, es necesario aprovechar todas aquellas herramientas que nos permitan agregar más ingeniería a un producto o serie de productos, muchos de los cuales, son el resultado del esfuerzo en esta rama, a fin de lograr el diseño mas optimo utilizando para ello, el poder de los sistemas de computo. El diseño y la fabricación asistidos por computadora (CAD/CAM) son ahora aplicaciones de gran importancia, que repercuten en todos aquellos que producen o adquieren productos de ingeniería.

El presente trabajo tiene por objetivo brindar el conocimiento de uno de los programas usados en el diseño de ingeniería, y que por su compatibilidad con otros paquetes de diseño es de gran utilidad en cualquier etapa del proceso de diseño. Cada uno de los capítulos o unidades, contiene generalmente una introducción, seguido del desarrollo de un procedimiento a modo de tutorial para comprender mejor los conceptos; terminando con una descripción de los comandos y su aplicación.

El capitulo primero contiene antecedentes del programa Mechanical Desktop Versión 6.0 y una introducción al entorno de trabajo (Navegador, barras de herramientas y teclas rápidas). Tras algunas definiciones, se comenzará con el Bocetado o "Sketching" que no es, sino un dibujo a mano alzada sin exigencias dimensionales o de forma, para establecer después restricciones numéricas y geométricas. En el siguiente capitulo, partiendo de un boceto restringido geoméricamente y parametrizado, se conocerán las órdenes y procedimientos para la construcción de sólidos tales como: extrusión, sollevado, revolución o barrido, la creación de puntos, planos y ejes de trabajo, para terminar con operaciones predefinidas como agujeros, chaflanes o vaciados e incorporar o eliminar operaciones de forma automática.

Construido un sólido restringido y parametrizado, se verán las órdenes para realizar un plano definitivo, con vistas diédricas, acotaciones, notas y símbolos de acabado, dentro de las especificaciones de dibujo, con la particularidad de que cuando se modifique alguna medida en la vista, se actualizará el modelo de forma automática. Este modulo ocupará el capitulo tercero. En el capitulo cuarto se tratarán procedimientos y conceptos para construir elementos superficiales de forma pura y su combinación con sólidos (normales de AutoCAD y Mechanical) mediante cortes, para la obtención de modelos con caras de forma compleja. Asimismo, se verá como crear piezas como copias de definición de las ya creadas, para su combinación mediante operaciones booleanas

y llegar a otras más complejas.

En el capítulo quinto, se desarrollará un resorte helicoidal, asignando variables a las diferentes dimensiones del modelo sólido; vinculando éstas variables a una hoja de cálculo (Excel) permitirá, con una única construcción, tener una tabla para piezas con diferentes medidas y denominaciones, de manera tal, que al seleccionar una de ellas, aparezca el sólido en pantalla. El capítulo sexto, describirá las órdenes y procedimientos para montar y gestionar ensamblajes y subensamblajes, siguiendo una estructura lógica hasta llegar a un modelo terminado.

El último apartado, tratará sobre el módulo de Power Pack, que dispone de las librerías de piezas normalizadas, el generador de ejes o flechas y el análisis mediante elemento finito; todas ellas con la opción de presentarse en los sistemas 2D y 3D.

CAPITULO 1

ENTORNO DEL PROGRAMA MECHANICAL DESKTOP.

Para comprender las condiciones y ventajas que ofrece el programa Mecánica Desktop (MD), es importante describir la metodología en el dibujo y/o modelado de sólidos paramétricos basado en entidades. El termino paramétrico se refiere a que los parámetros o propiedades de un determinado diseño son utilizados para definir al modelo en lugar de simples cotas. Estas propiedades o valores, en caso de ser necesario, pueden tomar un valor diferente cada vez que se ejecute una subrutina en la que se use tal propiedad.

En lo referente a que MD esta basado en entidades, indica que cada modelo realizado en el programa está compuesto de entidades más que de simples elementos relacionados entre si. Estas entidades sin objetos estándar utilizados en la industria tales como arandelas, nervios, agujeros o chaflanes. Un agujero escariado por ejemplo, es mas que la unión de dos cilindros de diámetro diferente; cambiando unos cuantos valores en un cuadro de dialogo puede cambiarse a un agujero avellanado, haciendo así, el programa las modificaciones necesarias al modelo.

La diferencia en el diseño de MD con respecto a otros sistemas CAD, es que se parte de un bosquejo a "mano alzada" sin ocuparse mucho por las medidas o la geometría exacta. El programa se encargara de refinar el bosquejo mediante restricciones geométricas y dimensionales asignadas al mismo, por lo que el usuario puede cambiar cualquier condición durante la etapa de diseño.

Es posible escribir ecuaciones o parámetros que definan la relación entre los diferentes elementos del dibujo. Por ejemplo, el diámetro de un agujero puede especificarse como función del diámetro de un eje que trabajara en dicho agujero, por consiguiente, el diámetro del agujero se actualizará automáticamente en respuesta a cualquier cambio en el diámetro del eje.

El programa MD automatiza muchas tareas de dibujo, particularmente las de la creación de planos a partir de un modelo 3D. Con unos cuantos clics del ratón es posible crear automáticamente vistas ortogonales, isométricas, de detalle y auxiliares de un modelo, además de notas de referencia, insertar símbolos de mecanización, cajetines, listas de despiece, de atributos y vinculación de tablas.

El carácter asociativo y paramétrico del programa permite una total vinculación entre las vistas en 2D y el modelo, por lo que cualquier cambio en este, se vera reflejado en las vistas.

1.1 ENTORNO DE TRABAJO.

El programa Mechanical Desktop estuvo basado en sus inicios, en el compendio de AutoCAD con otras aplicaciones ARX conocidas con los nombres de sus módulos originales. A saber: DESIGNER, AUTOSURF, MECHANICAL Y AUTOVISION, que en las primeras versiones de AutoCAD se tenían que adquirir como aplicaciones independientes. Actualmente todas forman Mechanical Desktop.

Modulo DESIGNER (en menú: PART, DRAWING Y ANNOTATE).

Este modulo es una aplicación ARX que permite, partiendo de un boceto (sketch) en 2D, introducir restricciones geométricas y parámetros que determinan con exactitud el dibujo base. A partir del boceto a mano alzada se podrá construir mediante operaciones como extrusión, revolución y solevado un sólido considerado como primitiva, que con otras primitivas realizadas del mismo modo, en planos de trabajo o de boceto diferentes y mediante el uso de operaciones booleanas, permitirá llegar a una pieza final compleja. Construida esta pieza en 3D se podrá realizar el clásico plano con vistas y anotaciones.

Modulo AUTOSURF (en menú: SURFACE)

Fue creado para cubrir el vacío existente en la industria de los moldes y matrices para la generación de superficies complejas basadas en curvas NURBS (Non Uniform Rational B-Splines). También es una aplicación ARX y con sus órdenes permite realizar operaciones como: unir, suavizar, generar superficies de transición, familias de curvas, además de las curvas clásicas.

Modulo MECHANICAL (en menú ASSEMBLY)

Da el nombre al programa global y permite realizar los montajes de las piezas que componen un conjunto, estableciendo grados de libertad y facilitando la gestión asociativa, actualizaciones automáticas de pieza a ensamble y viceversa.

Modulo AUTOVISION (en menú: VIEW)

Construido el modelo en tres dimensiones, y establecido un punto de vista adecuado, esta herramienta permite darle un efecto fotorrealístico mediante la inclusión de luces, adopción de materiales, estableciendo fondos, imágenes auxiliares y efectos como: transparencia sombras y nieblas.

Para el mejor aprovechamiento del programa, es importante conocer las aplicaciones que brinda y tener un mejor uso del mismo; por lo que se describirá brevemente los componentes que se verán al iniciar el programa.

1.1.1 INICIO DEL PROGRAMA

A continuación se hace mención de las formas posibles para ingresar al programa MD:

a) Siguiendo la trayectoria que se muestra en la figura 1.1 y haciendo clic en Mechanical Desktop V.6 Power Pack.-



Figura 1.1 Trayectoria a seguir para iniciar el programa MD desde el botón de inicio

b) Eligiendo la opción ejecutar Ejecutar... del menú de inicio  y escribiendo en el cuadro de diálogo: "C:\ Archivos de programa\MDT\acad.exe" /p "C:\Archivos de programa\MDT\desktop\desktop.arg" y haciendo clic en

c) Haciendo doble clic en el acceso rápido 

Sin importar la forma de inicio que se haya elegido para iniciar el programa, siempre se iniciará en primer lugar Auto CAD 2002 y posteriormente se cargarán los módulos de Mechanical Desktop.

1.1.2 CUADRO DE DIALOGO DE INICIO

Cada vez que inicia el programa aparece el cuadro de diálogo de inicio como el que se muestra en la figura 1.2:

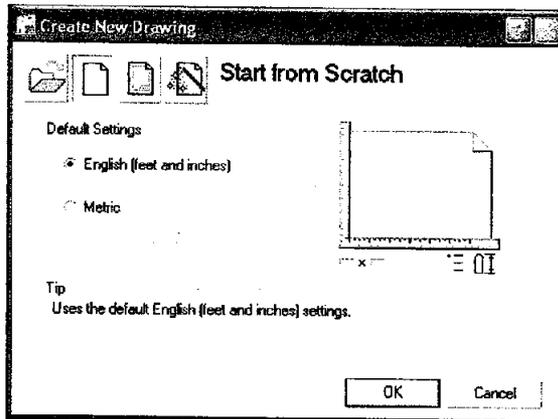


Figura 1.2 Cuadro de diálogo de inicio

Este cuadro de diálogo permite al usuario abrir un archivo existente (Opción Open File ) , iniciar un dibujo nuevo y definir el tipo de sistema a utilizar para la medición de unidades (Start From Scratch ), iniciar un dibujo utilizando una plantilla donde el sistema de unidades y todo lo que rige el dimensionamiento esta definido en base a la plantilla (Use a Template ), o utilizar el asistente, donde es posible definir unidades, precisión, dirección de medida angular y el espacio papel (Use a Wizard ).

1.2 INTERFASE DE MECHANICAL DESKTOP.

La interfase del programa MD es la forma en que el programa interactúa con el usuario para la creación de diversos diseños, esto es, la manera óptima en que el programa presenta sus herramientas, de tal forma, que el usuario pueda conocerlas y acceder a ellas de manera pronta.

El conocimiento de esta interfase ayudará a minimizar el tiempo en el desarrollo a la solución a un problema de diseño.

1.2.1 MENÚ DE PERSIANA

En todo programa en entorno Windows se dispone como herramienta que lo encabeza, del menú de persiana o menú desplegable en el que se incluyen la mayoría de las órdenes dispuestas en familias y que pueden desplegarse en otros submenús.

A continuación se proporciona una breve introducción de las operaciones realizables en cada uno de los menús de la barra (figura 1.3).

a) Archivo (File). Este permite al usuario iniciar archivos de conjunto o individuales, almacenar dibujo, exportarlo con otro formato, configurar impresión, enviar por correo electrónico el archivo y salir del programa.

b) Edición (Edit). Con este menú se puede copiar, cortar y pegar elementos de un dibujo en MD y viceversa. También es posible rehacer y deshacer órdenes para la creación de un dibujo, así como encontrar un texto determinado.

c) Vista (View). En este menú se encuentra todo lo referente a la visualización de un dibujo ya sea bidimensional o tridimensional (caso de modelos). También sirve para visualizar barras de herramientas o componentes de la pantalla de MD.

d) Insertar (Insert). Con este menú se puede importar casi cualquier tipo de archivo al dibujo, ya sea otro dibujo de otro sistema CAD o mapas de bits.

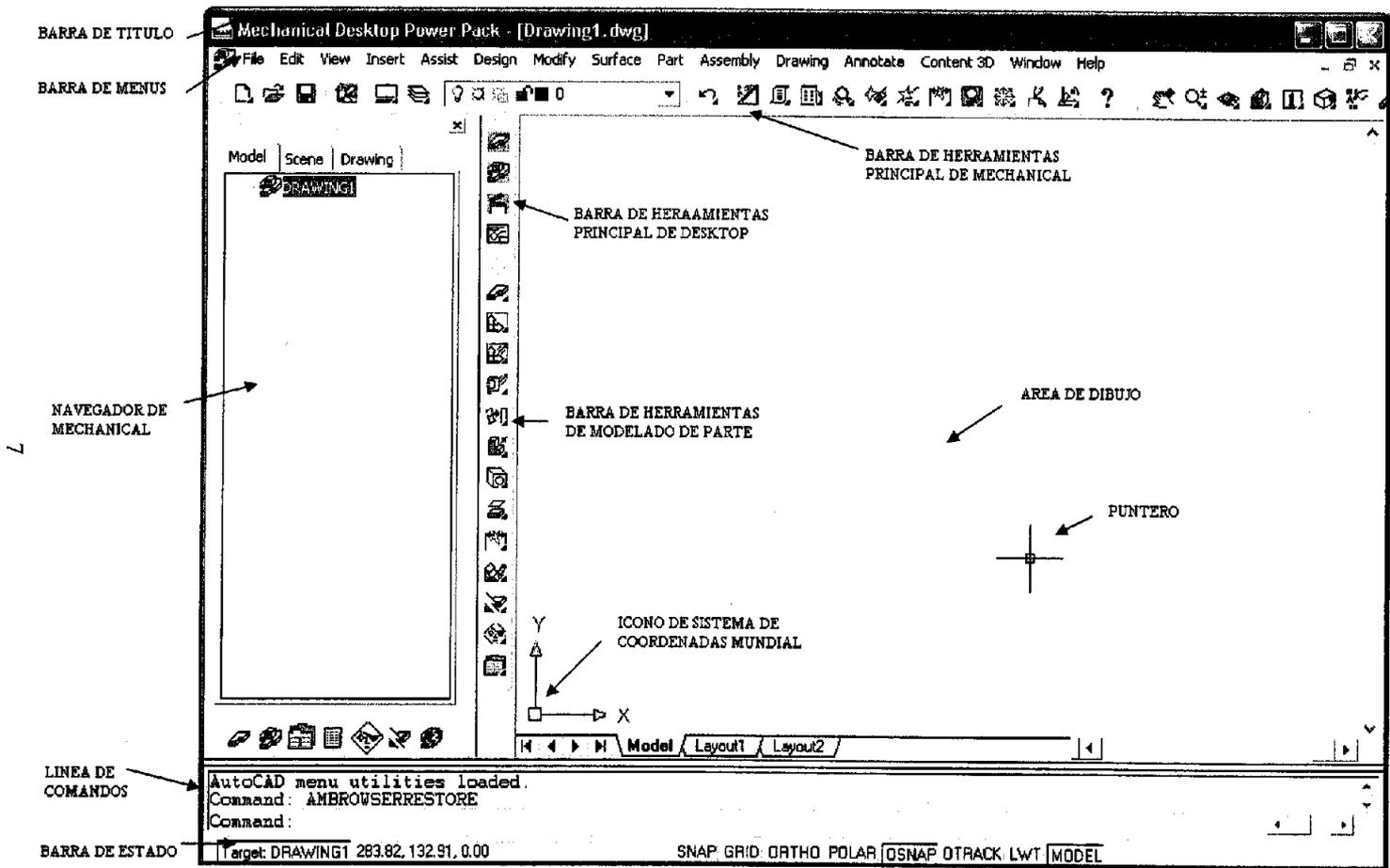


Figura 1.3 Ventana de Mechanical Desktop

e) Asistencia (Assist). Este menú permite controlar las opciones de presentación de AutoCAD, como de Mechanical Desktop, creación y carga de programas para la automatización de tareas, control sobre la mayoría de los componentes de AutoCAD, sistema de coordenadas, calculo de áreas, distancias, radios de giro, y momentos de inercia.

f) Diseño (Design). Con los comandos de este menú se pueden crear desde entidades bidimensionales (líneas, arcos, polilíneas, regiones, figuras geométricas, textos) hasta entidades tridimensionales de AutoCAD (sólidos y superficies).

g) Modificar (Modify). En este menú se encuentran todas las ordenes para modificar las propiedades de las entidades dibujadas en MD, modificar modelos de AutoCAD (operaciones booleanas) y la edición de objetos insertados en un dibujo hecho en este programa.

h) Superficies (Surfaces). En este menú se encuentran todos los comandos para la creación de superficies y otras entidades de estructura de alambre, así como también las órdenes de edición de superficies y la conversión de varias superficies en una sola o en un sólido de MD.

i) Parte (Part). En este menú se encuentran todos los comandos para la creación de una nueva parte o pieza, refinado de bosquejo, adición de restricciones (numéricas y geométricas) las operaciones para la creación de sólidos de MD, creación de objetos de trabajo, operaciones predefinidas y definición de variables.

j) Ensamble (Assembly). En lo referente a ensambles, en este menú se encuentran todos los comandos para crear, modificar y editar ensambles.

k) Dibujo (Drawing). Los comandos contenidos en este menú sirven para la creación de dibujos en 2d o vistas del modelo o ensamble que se creo.

l) Anotación (Annotate). Con los comandos contenidos en este menú se pueden crear todo tipo de cotas y símbolos adicionales para la mejor comprensión del dibujo.

m) Ventana (Window). En este menú se encuentran las órdenes para poder visualizar varios diseños a la vez.

n) Ayuda (Help). Con este menú se puede tener acceso a todos los tópicos de MD, desde su instalación y requerimientos, hasta los detalles de uso de cada comando.

1.2.2 BARRAS DE HERRAMIENTAS

Las barras de herramientas son accesos rápidos a los comandos con que cuenta el programa de MD. Además de las usuales de AutoCAD, que se pueden desplegar si se accede a la orden

TOOLBAR encontramos 16 barras de herramientas más, de las cuales damos a continuación una breve explicación de su contenido:

- a) Principal de Mechanical (Mechanical Main). Se utiliza para gestionar el dibujo con las funciones generales de abrir, guardar, imprimir, volver atrás, etc. Incluye una ventana para gestionar capas, colores y tipos de líneas que tiene como función activar o desactivar modos o conjuntos de herramientas en la creación de dibujos, ensambles o escenas. Figura 1.4.

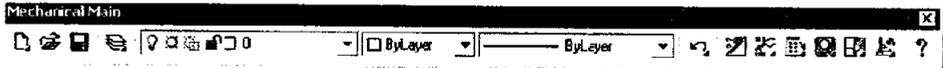


Figura 1.4 Barra de herramientas de Mechanical Main

- b) Vista de Mechanical (Mechanical View). Proporciona el control completo y a tiempo real del modo en que se visualizan los modelos. Incluye encuadre, zoom, rotación dinámica 3D y comando de modelado. Figura 1.5.



Figura 1.5 Barra de herramienta de Mechanical View

- c) Principal de Desktop (Desktop Main). Con esta barra se pueden controlar las propiedades de las diversas entidades que se construyan en el dibujo. Cambiar de modo Modelo a modo Escenas o modo Dibujo. Figura 1.6.



Figura 1.6 Barra de herramientas de Desktop Main

- d) Modelado de Parte (Part Modeling). Las herramientas de esta barra permiten crear y modificar un modelo completo. Crear el boceto, refinarlo, formar el modelo tridimensional, agregar elementos de trabajo y modificarlo. Figura 1.7.

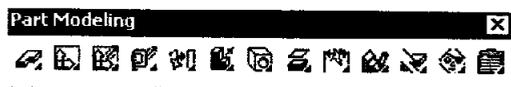


Figura 1.7 Barra de herramientas de Part Modeling

- e) Restricciones bidimensionales (2D Constraints). Aquí aparecen agrupadas todas las restricciones geométricas y numéricas con las que cuenta el programa, así como los comandos necesarios para su visualización, edición y eliminación. Figura 1.8.

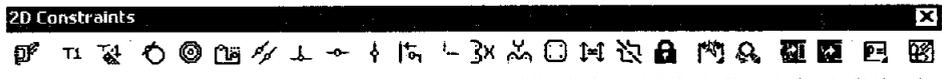


Figura 1.8 Barra de herramientas de 2D Constraints

- f) Bocetado bidimensional (2D Sketching). Contiene los comandos para la creación de elementos en bosquejos bidimensionales, tales como líneas, círculos, polígonos, líneas de construcción y elementos para editarlos. Una vez definidos, serán la base para la construcción tridimensional. Figura 1.9.



Figura 1.9 Barra de herramientas de 2D Sketching

- g) Restricciones tridimensionales (3D Constraints). Contiene elementos que permiten restringir los grados de libertad en la creación de ensamblajes y escenas. Figura 1.10.



Figura 1.10 Barra de herramientas de 3D Constraints

- h) Restricciones Tridimensionales de Cuerpo de Herramienta (3D Toolbody Constraints). Tiene las mismas características que la barra de restricciones tridimensionales con la diferencia de que esta aparece cuando se trabaja con un archivo de parte. Figura 1.11.



Figura 1.11 Barra de herramientas de 3D Toolbody Constraints

- i) Modelado de Ensamblajes (Assembly Modeling). Los comandos en esta barra permiten una construcción mas completa de ensamblajes, subensamblajes y copiado de partes con herencia, pudiendo asignar atributos y características especiales a cada parte. Figura 1.12.

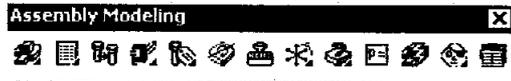


Figura 1.12 Barra de herramientas de Assembly Constraints

- j) Anotación de Desktop (Desktop Annotation). Con los comandos de esta barra se pueden crear todo tipo de anotaciones en un dibujo y editarlas, desde cotas de referencia hasta símbolos de acabado y soldadura. Figura 1.13.

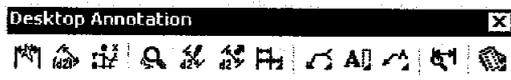


Figura 1.13 Barra de herramientas de Desktop Annotation

- k) Visualización de Acotación (Dimension Display). Estos comandos controlan la forma en que se visualizan las cotas. Las cotas pueden ser de tipo numérico (presentadas como número), tipo variable (se presenta como letra) o tipo ecuación (la variable de la acotación es un dato numérico o una función de alguna otra variable). Figura 1.14.

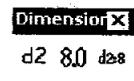


Figura 1.14 Barra de herramientas de Desktop Annotation

- l) Presentación de dibujo (Drawing Layout). Estas herramientas facilitan la creación de nuevas presentaciones, vistas bidimensionales y acotaciones referenciales. Figura 1.15.



Figura 1.15 Barra de herramientas de Drawing Layout

- m) Escenas (Scenes). Como el nombre lo indica, en esta barra podemos encontrar los comandos utilizados en la creación y edición de escenas. Algunas de estas herramientas son: factor de explosión, ajustes de posición, trayectorias de despiece y visualización de partes sea ensamble o subensamble. Figura 1.16.



Figura 1.16 Barra de herramientas de Scenes

- n) Modelado de Superficies (Surface Modeling). Esta barra permite la creación y edición de superficies, permitiendo extender, barrer, suavizar, doblar, analizar o añadir superficies para modelado tridimensional complejo. Figura 1.17.



Figura 1.17 Barra de herramientas de Surface Modeling

- o) Modelado del cuerpo de herramienta (Toolbody Modeling). Esta barra es un equivalente a la barra de herramientas de ensamble y se utiliza, por lo general, cuando se trabaja en un archivo de parte nueva. Permite asignar atributos, restricciones tridimensionales y copias de partes. Figura 1.18.



Figura 1.18 Barras de herramientas de Toolbody Modeling

1.2.3 NAVEGADOR DE MECHANICAL DESKTOP (MECHANICAL BROWSER).

El Navegador (Browser) esta situado a la izquierda de la pantalla y es la representación en estructura de árbol de todas las operaciones de la pieza que se están creando. De tal manera que se pueda en todo momento editar, visualizar, ocultar, copiar, renombrar, suprimir, etc.

En la parte superior de este navegador se encuentran tres pestañas, para archivos de parte, ensamble y dibujo o presentación. Dependiendo de la pestaña elegida será el contenido del navegador (figura 1.19).

Modelo (Model): El navegador presenta todas las operaciones hechas en la creación del modelo.

Escena (Scene): En lo referente a ensambles aparecen las escenas creadas por el usuario, sea ensamble o subensamble.

Dibujo (Drawing). Cada una de las vistas creadas a partir del modelo son mostradas en el Navegador.

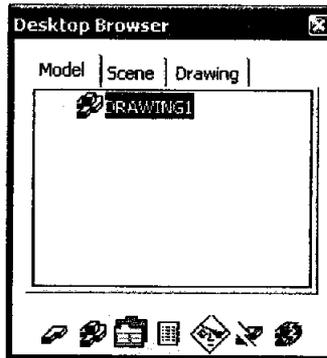


Figura 1.19 Navegador de Mechanical Desktop (Mechanical Browser).

En la parte inferior del navegador se encuentra una barra de herramientas que controla las opciones de actualización de parte o escena, visualización y asignación de atributos.

Con la orden **AMBROWSER** podemos desactivar o activar el navegador; también podemos acceder a ella mediante el menú de persiana **VIEW > DISPLAY > DESKTOP BROWSER**.

1.2.4 PANTALLA DE ESCENAS Y DE PRESENTACIÓN.

Pantalla de escenas (**Scene**). Aquí se encuentran las barras de herramientas necesarias para la creación de escenas y se puede acceder a ella de varias maneras; la mas usual, es haciendo clic en la pestaña de escenas en el Navegador de MD. También pulsando el botón de escena de la barra de herramientas Principal de Desktop. Al entrar en esta pantalla aparecerá la barra de herramientas de “Escena” en lugar de la barra de herramientas de “Parte o Ensamble”. El navegador mostrará cada una de las escenas creadas.

Pantalla de presentación (**Drawing**). Esta pantalla aparece en la creación de vistas (ortogonales, en corte, isométricas) de un modelo creado. Existen también formas distintas de ingresar a ella: a) haciendo clic en la pestaña de Dibujo en el navegador, b) haciendo clic en las pestañas Layout 1 o Layout 2 bajo el área de dibujo donde aparecerá por vez primera el cuadro de diálogo para configurar la pagina de impresión, c) utilizando en comando **AMMODE** y eligiendo la opción Dibujo.

En esta pantalla se tienen dos modos de visualización; el espacio papel y el espacio modelo, cambiando el símbolo del sistema de coordenadas de acuerdo al espacio usado.

1.3 UTILIZACIÓN DE TECLAS RÁPIDAS.

Una desventaja del programa es el espacio reducido para el área grafica; si además vamos añadiendo barras de tareas, el trabajo se puede convertir algo impracticable. Solventando un poco esta situación y por configuración inicial del programa, es posible acceder a los comandos mas utilizados mediante las “teclas rápidas” que no son, sino la utilización de iniciales, abreviaturas o alias de una o dos letras, sin necesidad de escribir todo el comando o buscar el icono correspondiente, ahorrando también tiempo a la hora de construcción o modelado de una pieza. La inicial se introduce en la línea de comandos y pulsamos “Enter” para ejecutar el comando. A continuación se proporciona una relación de las más importantes:

Tabla 1.1 · Tabla de teclas rápidas

Tecla	Función	Comando
A	Dibuja un arco	ARC
B	Divide un objeto	BREAK
C	Dibuja un círculo	CIRCLE
D	Despliega una vista perspectiva	DVIEW
E	Borra	ERASE
F	Ajusta objetos a la pantalla	ZOOM/ FIT
G	Extruye un perfil	AMEXTRUDE
H	Dibuja una línea de construcción horizontal	XLINE
I	Congela una capa	LAYER/ FREEZE
J	Dibuja una línea de construcción vertical	YLINE
K	Añade pequeños ajustes en ensamblajes (tweaks)	AMTWEAK
L	Dibuja una línea	LINE
M	Mueve una selección	MOVE
N	Añade una nueva instancia, parte escena o ensamblaje	AMNEW
O	Descongela una capa	LAYER / THAW
P	Traslada un modelo	PAN
Q	Añade una vista de dibujo	AMDWGVIEW
R	Redibuja la pantalla	REDRAW
S	Dibuja una spline	SPLINE
T	Crea un párrafo de texto	MTEXT
U	Deshace la última acción	UNDO
V	Reestablece una vista	DDVIEW
W	Alterna entre los modos de dibujo y de modelo	AMMODE
X	Aumenta la distancia de visualización	ZOOM
Y	Añade una trayectoria de ensamblaje	AMTRAIL
Z	Activa el comando ZOOM	ZOOM
AA	Actualiza un ensamblaje	AMASSEMBLE
BB	Activa un ensamblaje	AMACTIVATE
CC	Restringe un ensamblaje	AMCONSTRAIN
DD	Establece el UCS y los ejes	UCS

EE	Establece propiedades del objeto	DDEMODES
FF	Extensión de visualización	ZOOM/ EXTENTS
GG	Gira un perfil adicionando material	AMREVOLVE
HM	Adiciona un agujero a una parte	AMHOLE
II	Agrega dimensiones paramétricas a un perfil	AMPARDIM
JJ	Agrega restricciones geométricas a un perfil	AMADDCON
KK	Borra ajustes de un ensamble	AMDELWEAKS
LL	Edita un bloque elemento o entidad	AMEDITFEAT
MM	Mueve y copia una selección	MOVE Y COPY
NN	Manejo de ensamblés	AMCATALOG
OO	Actualiza una parte	AMUPDATE
PP	Define un perfil de parte	AMPROFILE
QQ	Edita una vista de dibujo	AMEDITVIEW
RR	Regenera todas las vistas	REGENALL
SS	Crea un plano de bosquejo de parte	AMSKPLN
TT	Corta un objeto	TRIM
UU	Establece UCS en la vista	UCS / VIEW
VV	Establece la visibilidad	AMVISIBLE
WW	Establece variables de diseño	AMVARS
XX	Disminuye la distancia de visualización	ZOOM
YY	Borra trayectorias de ensamble	AMDELTRAIL
ZZ	Visualización de tiempo real	ZOOM/REAL TIME
1	Muestra un puerto de vista	
2	Muestra dos puertos de vista	
3	Muestra tres puertos de vista	
4	Muestra cuatro puertos de vista	
5	Vista superior	
55	Vista inferior	
3D	Vista superior establece profundidad	
SU	Vista superior con plano de trabajo	
6	Vista frontal	
66	Vista trasera	
6D	Vista frontal establece profundidad	
6U	Vista frontal con plano de trabajo	
7	Vista lateral derecha	
77	Vista lateral izquierda	
7D	Vista derecha establece profundidad	
7U	Vista derecha con plano de construcción	
8	Vista isométrica	
88	Vista isométrica SW	
9	Vista del plano de bosquejo al centro de la pantalla	
O	Ocultar	
[Rota a la izquierda	
]	Rota a la derecha	
=	Gira hacia arriba	
-	Gira hacia abajo	

1.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Como se ha mencionado ya, el método paramétrico de este programa permite la definición de un modelo mediante la asignación o aplicación de parámetros insitos del diseño. Un parámetro es una propiedad de un sistema cuyo valor determina el comportamiento del mismo y que puede tomar un valor diferente, de ser necesario, si se ejecuta una subrutina donde se utilice tal propiedad. La geometría de un modelo de MD esta determinada pues, por estos parámetros, los cuales pueden ser tanto ecuaciones matemáticas, valores numéricos o restricciones geométricas.

Así los términos de las relaciones existentes entre diferentes elementos (arcos, líneas, polígonos) definen y crean un modelo en MD. Si se modifica el valor o propiedad de un elemento, el modelo cambia, pudiendo tener definiciones paramétricas de relación tales como "el lado A es dos veces el largo del lado B" o "A es perpendicular al lado B".

Mechanical Desktop utiliza dos tipos de restricciones para definir la geometría de un modelo: restricciones numéricas (cotas paramétricas) y restricciones geométricas. Las restricciones geométricas son parámetros que definen las relaciones entre los elementos del modelo como tangencialidad, perpendicularidad, paralelismo, etc. El programa tiene una configuración predefinida de variables geométricas con tolerancias angulares determinadas y hace un preformado previo basado en el bosquejo inicial (Tabla 1.2). Por ejemplo, las líneas tienden a ser verticales u horizontales de acuerdo a un valor angular predefinido en el programa (por defecto 4 grados).

Las restricciones numéricas definen el tamaño del objeto o entidad, es decir, definen la geometría del modelo, a diferencia de las cotas convencionales, que son solo una indicación del tamaño de la geometría. Por ejemplo, un agujero en MD se define por una acotación paramétrica que especifica su tamaño, si se cambia su valor, el agujero también cambiará. Una acotación de un sistema CAD convencional, solamente indicará el tamaño del diámetro del agujero aún con el cambio, sin la visualización exacta del agujero.

Un perfil es una vista en dos dimensiones del modelo, vista desde alguna dirección base en el espacio 3D. MD crea automáticamente un perfil del bosquejo construido por el usuario, compuesto por entidades en dos dimensiones de Autocad estándar tales como líneas, arcos o círculos, aplicando restricciones geométricas de acuerdo al bosquejo inicial. El programa automáticamente cierra puntos finales, alinea entidades paralelas, fija líneas a la posición vertical u horizontal y alinea centros de entidades circulares.

Tabla 1.2 Restricciones geométricas de Mechanical Desktop

Símbolo	Restricción
H	La entidad es horizontal.
V	La entidad es vertical.
L	Las entidades son perpendiculares entre sí.
P	Las entidades son paralelas entre sí.
X	Las entidades tienen la misma abscisa (X).
Y	Las entidades tienen la misma ordenada (Y).
C	Las entidades rectas son colineales.
N	Arcos o círculos tienen el mismo centro.
J	El punto de una entidad está proyectado en otra. Une los puntos finales de dos entidades diferentes (join).
R	Arcos y círculos tienen el mismo radio.
T	La entidad es tangente a un círculo o a un arco.
E	Las entidades tienen la misma longitud.

Estas restricciones geométricas se convierten en la base para las restricciones numéricas (cotas paramétricas) las cuales pueden asignarse al modelo. Cada restricción tanto geométrica como numérica tiene un símbolo que se asigna automáticamente por MD, por lo tanto estos símbolos pueden usarse automáticamente para definir relaciones adicionales, por ejemplo la ecuación $D2=D1/2$, establece que la dimensión identificada con el símbolo D2 es igual a la mitad de la dimensión representada por D1.

1.5 VISIBILIDAD Y OPCIONES.

Cuando se construye de forma paramétrica o se realizan ensamblajes, se han de utilizar de forma general muchas operaciones como: planos de trabajo, ejes de trabajo, líneas de corte, líneas de eje, puntos de trabajo, líneas de construcción, etc. Así mismo, en ocasiones se necesitará variar las condiciones de restricción de la geometría y las dimensiones de la misma, colores, modos de dibujo, etc., según valores propios. En ambos supuestos, podemos configurar los diferentes parámetros mediante dos cajas de diálogo y sin necesidad de usar demasiadas variables.

a) **Visibilidad.** Permite controlar la visibilidad de operaciones de trabajo, piezas y subensamblajes, geometría individual, referencias numéricas, listas de piezas y acotaciones de referencia y paramétricas.

La orden se presenta como: **PART > PART VISIBILITY**

Comando: **AMVISIBLE.**

Por barra de herramientas: 

Al acceder a la orden aparece la caja de diálogo de la figura 1.20, con las siguientes opciones:

Pestaña Pieza. (Part). Envía al control de visibilidad de operaciones de trabajo y líneas de corte. Podemos especificar todas las operaciones, designarlas individualmente o eliminar objetos de un conjunto de selección.

Pestaña Ensamblaje (Assambly). Envía al control de visibilidad de operaciones de trabajo, piezas y subensamblajes. Podemos especificar todas las operaciones, designarlas individualmente o eliminar objetos de un conjunto de selección.

Pestaña Objetos (Objects). Envía al control de visibilidad de los objetos por tipo, capa color o tipo de línea.

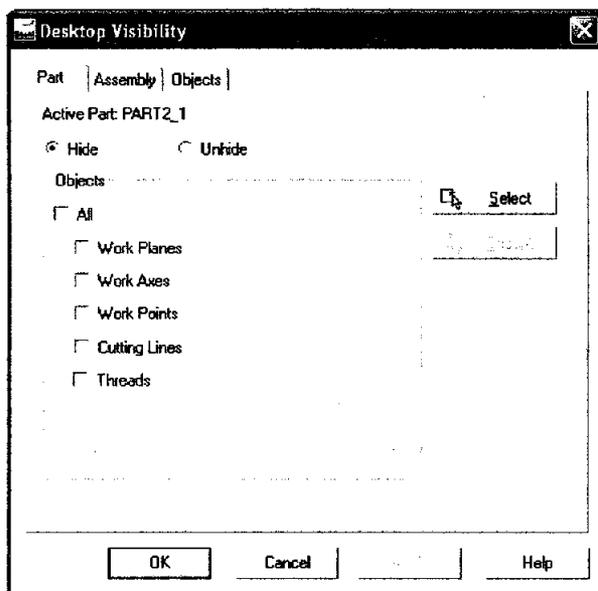


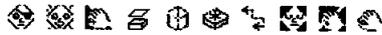
Figura 1.20 Cuadro de diálogo de Desktop Visibility

b) Opciones de Mechanical. Permite configurar las opciones de pieza, ensamblaje, superficie, escena, dibujo y desktop, a partir de la caja de diálogo sin necesidad de acudir o conocer el nombre de las correspondientes variables.

La orden se presenta como: **ASSIST > MECHANICAL OPTIONS**

Comando: **AMOPTIONS.**

Por barra de herramientas:



Al acceder a la orden aparece la caja de diálogo de la figura 1.21:

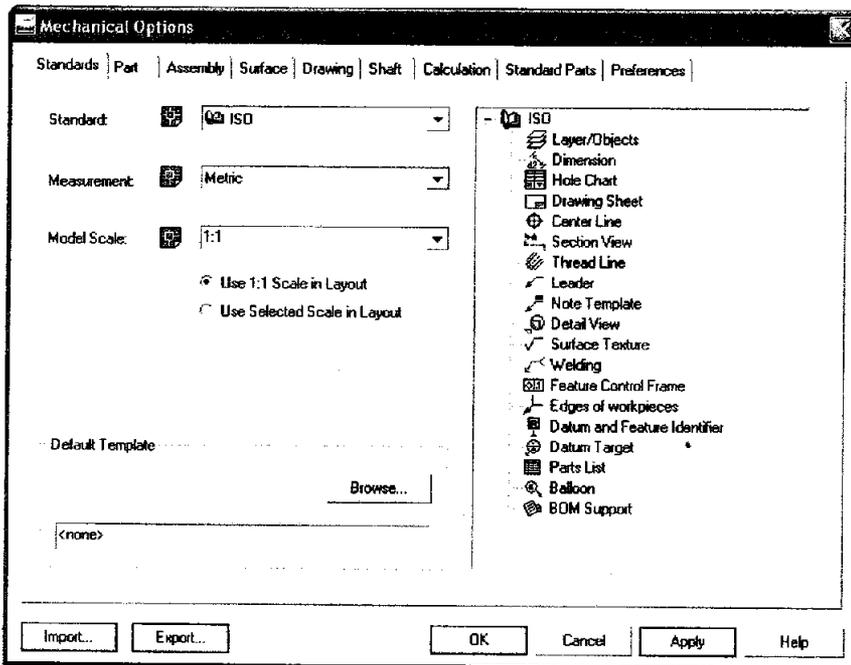


Figura 1.21 Cuadro de diálogo de Opciones de Mechanical.

- Pestaña Pieza. (**Part**). Sirve para configurar parámetros de restricción para bocetos, tolerancias, prefijos de denominación, etc, en general los elementos que controlan la construcción de sólidos paramétricos.
- Pestaña Ensamblaje (**Assmbly**). Permite configurar valores para la restauración y actualización de vistas de ensamblaje, enlace e inserción de piezas y prefijos de denominación.
- Pestaña Normas (**Standard**). Ayuda a configurar la norma que se establecerá por defecto.
- Pestaña Superficies (**Surfaces**). Permite establecer los parámetros para tolerancias de superficie, polilíneas, modos de visualización U y V, longitudes de vector, etc.
- Pestaña Dibujo (**Dreawing**). Permite establecer parámetros para acotaciones de dibujo, tipos de línea, tipos de proyección, normas de dibujo, líneas de centro, activación de vistas y de cálculo, etc.

- Pestaña de cálculo (**Calculation**). Permite configurar los elementos que controlan los cálculos paramétricos.
- Pestaña de Piezas Normalizadas. (**Standard Parts**). Permite la configuración de los elementos que controlan las piezas estandarizadas (generalmente las incluidas en la familia **Contenido 3D**).
- Pestaña de preferencias (**Preferences**). Permite configurar los elementos que controlan la gestión general de Mechanical Desktop.

1.6 BOCETADO (SKETCHING), CREACIÓN DE DIBUJOS PARAMÉTRICOS.

Cuando, con el programa AutoCAD, se desea construir una pieza sólida, se inicia en primer lugar, por establecer un dibujo preciso en 2D básico. Por el procedimiento clásico y partiendo de ese dibujo estrictamente acotado se realizan las operaciones necesarias (extrusión, barrido, operaciones booleanas, etc) hasta obtener la pieza en 3D.

Para solventar la construcción en Mechanical Dektop, se dispone de las herramientas de bocetado ("sketching") con las que partiendo de un dibujo a mano alzada, es decir, sin exigencias geométricas y dimensionales de ningún tipo, podemos establecer restricciones de perpendicularidad, horizontalidad, verticalidad, paralelismo y colinealidad a su geometría.

En este apartado se trabajará con un modelo simple, creando el bosquejo aproximado del perfil que se muestra en la figura 1.22 acotada en mm.

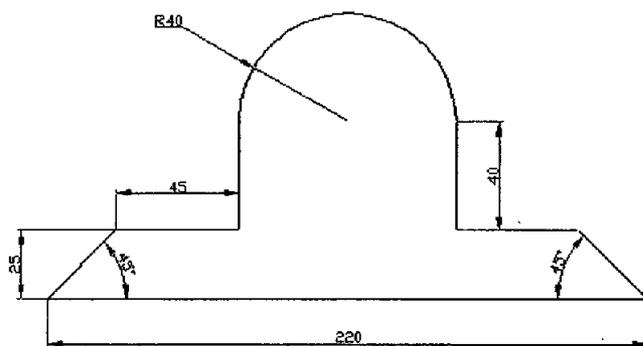


Figura 1.22 Modelo de bosquejo

1.6.1 PROCEDIMIENTO DE BOCETADO.

Una vez iniciado el programa por cualquiera de los métodos mostrados en el apartado 1.1.2, daremos clic dentro del cuadro de diálogo de inicio (Startup) en la opción “iniciar desde el principio (Start from Scratch), eligiendo ahí, la casilla que indica el sistema métrico para medición, y pulsando el botón **OK** para finalizar.

Mediante el comando OSNAP o eligiendo en la pestaña Osnap de la barra de estado con el botón derecho y pulsando sobre “**Settings**” nos aseguraremos que las casillas de punto final, punto medio, nodo y cuadrante estén indicadas.

Para empezar podríamos usar la orden “**LINE**” de AutoCAD, pero aconsejamos emplear ya la orden “**PLINE**” que facilitara el trabajo.

Sin tomar en cuenta ni tamaño ni ubicación, se realizará el procedimiento siguiente para la creación del bosquejo:

1.- En menú “**DESIGN**” y posteriormente con la opción **POLYLINE**, haremos clic en los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 como se muestra en la figura 1.23.

2.- En el punto 5 se escribirá la letra **A** (**Arc**) en la línea de comando y se presionará la tecla “**Enter**”.

3.- Se hará clic en el punto 6 según la figura y escribiremos la letra **L** (**Line**) en línea de comandos presionando “**Enter**” al final.

4.- Terminamos con los puntos 7 y 8 hasta cerrar la figura.

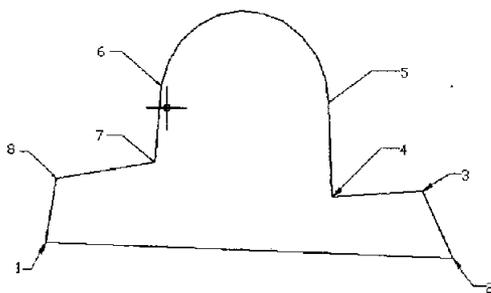


Figura 1.23 Bosquejo inicial

Para convertir este dibujo a “mano alzada” de la figura, en un dibujo correcto en geometría y dimensiones, se efectuarán los siguientes pasos accediendo al menú de persiana: **PART > SKETCH SOLVING > PROFILE** y se responderá a las peticiones de la línea de comandos:

Command: **_amprofile**

Select objects for sketch: *Se selecciona un punto de la polilínea*

Select objects for sketch: 1 found *Se presiona la tecla "Enter"*

Solved under constrained sketch requiring 10 dimensions or constraints.

Computing ...

Como se puede ver, al final del procedimiento, Mechanical Desktop crea una nueva parte llamada **PART 1** visible en el navegador e indica que el boceto aun requiere 10 dimensiones o restricciones.

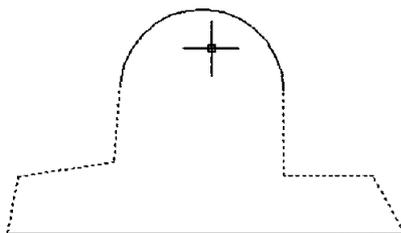


Figura 1.24 Bosquejo refinado

Un signo "+" que precede a ese ícono indica que hay una geometría adicional anidada bajo la pieza. Al pulsar sobre el signo, el árbol se expande mostrando el ícono que corresponde al perfil (**Profile 1**) quedando como se muestra en la figura 1.24:

El programa tiene una configuración predefinida con tolerancias angulares determinadas y hace un preformado previo. Se observa a simple vista, que de la geometría deseada aun faltan varios lados por corregir. Aun así, y para asegurarse, se accede al menú de persiana **PART > 2D CONSTRAINTS > SHOW CONSTRAINTS**.

Command: **amshowcon**

Select sketch for which to display constraints: *Se selecciona un punto del boceto.*

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>: *A, y se pulsa "Enter"*

Se tecllea "Enter" de nuevo y terminará el comando.

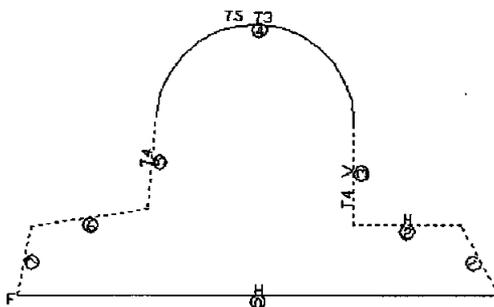


Figura 1.25 Visualización de restricciones geométricas.

Se observa en la figura 1.25 que las restricciones geométricas para cada entidad se muestran, y estas, aparecen numeradas del 0 al 7 encerradas en un círculo. Se tiene que los elementos 0 y 2 son horizontales (símbolo H), el 3 es vertical (símbolo V) y en 3 y 5 se indica que son tangentes al arco 4 (símbolo T4), este a su vez indica tangencialidad con las líneas 3 y 5.

Por otro lado, 1 y 7 deben tener el mismo ángulo de inclinación y 2 y 6 son elementos colineales. La entidad 5 debe ser completamente vertical. Es importante visualizar estas restricciones sobre todo en perfiles muy complicados.

Para corregir la geometría se accede al menú de persiana **PART > 2D CONSTRAINTS > VERTICAL** para la entidad 5 y **PART > 2D CONSTRAINTS > COLINEAR** para las entidades 2 y 6. Por último **PART > 2D CONSTRAINTS > EQUAL LENGTH** para las entidades 2 y 6, 3 y 5. El bosquejo restringido correctamente se visualiza en la figura 1.26

Como se puede ver, se requieren ambos tipos de restricciones para definir completamente el perfil (restricciones numéricas para los elementos 1 y 7); se pueden remover restricciones geométricas y definir la geometría agregando cotas, sin embargo, entre más restricciones geométricas se agreguen al perfil, se requerirán menos cotas para definirlo completamente.

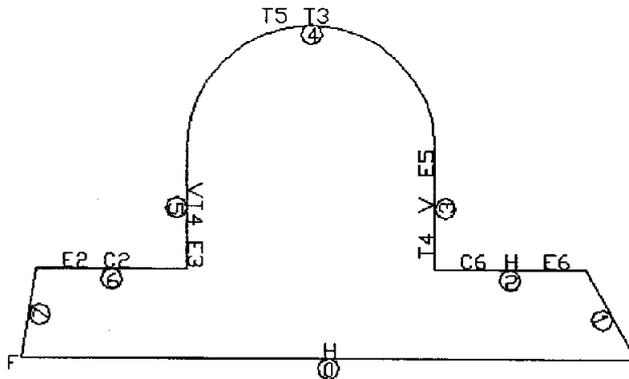


Figura 1.26 Bosquejo correctamente restringido

Algunas veces, el programa asigna restricciones que impedirán definir el perfil de modo conveniente; por ejemplo, si es necesario dimensionar un ángulo entre dos líneas a las cuales se les ha restringido perpendicularmente entre sí, la acotación será siempre 90°, por lo que es necesario eliminar la restricción y poder cambiar a un valor diferente.

1.6.2 APLICACIÓN DE RESTRICCIONES NUMÉRICAS.

Una vez decidida la conformidad respecto a la geometría, se opta por dimensionar el boceto, por lo que antes de proceder se hará hincapié en la forma correcta de ir añadiendo medidas, eligiendo aquellas que cumplen condiciones ecuacionales o paramétricas. Por experiencias vividas con compañeros y usuarios, se ha detectado en algunos casos, que les es muy difícil construir de esta forma, por las deformaciones que se producen en los dibujos si no se restringen correctamente. Para estos únicos casos y se recalca **únicos casos**, se puede utilizar, hasta llegar a la geometría del boceto, los medios normales de dibujo de AutoCAD, pero recordando siempre utilizar la orden de parametrización **AMPROFILE** para completar la herramienta Mechanical, que es la única asociativa como objetivo fundamental del programa.

1.6.2.1 ACOTADO LINEAL Y ANGULAR.

Cuando se asignan las restricciones numéricas (cotas) se puede seleccionar una entidad individual y especificar su tamaño; alternativamente se pueden seleccionar dos entidades separadas y especificar la distancia o ángulo entre ellas.

La acotación paramétrica es sensitiva al contexto por lo que el tipo de dimensión depende tanto de cómo la entidad es seleccionada y el punto de localización de la cota. Con MD se selecciona una entidad y tendrá la opción de señalar una segunda o seleccionar el punto de ubicación de la cota. Si se seleccionan dos entidades tales como 2 líneas, se puede especificar el ángulo entre ellas o una distancia aparte dependiendo de la localización del cursor. Si es una entidad circular seguida de una línea, MD esperará que se le indique la localización de la cota que indica la distancia entre el centro de la entidad circular y la línea; si solamente se selecciona la entidad circular y se ubica la cota por fuera de dicha entidad, MD le aplicará una cota de diámetro.

a) Cotas lineales. Una vez llamado el comando **AMPARDIM**, Mechanical Desktop presentará el siguiente prompt:

Command: **_ampardim**

Select first object: *Aquí se seleccionará el punto medio de la línea por acotar*

Select second object or place dimension: *Se indicará la localización de la cota.*

Hecho esto, MD indicará la longitud actual de la línea encerrado entre los símbolos $\langle \rangle$, y solicitará un valor nuevo; si se presiona \downarrow en respuesta, esta dimensión definirá el perfil.

Se encuentran también cuatro tipos diferentes de cotas lineales, a saber:

- 1) Horizontal (Hor). Crea una cota horizontal. Indica la longitud horizontal de una línea.
- 2) Vertical (Ver). Crea una cota vertical. Indica la longitud vertical de una línea.
- 3) Alineada (Align). La longitud de la línea es dada paralela a la dirección de la línea.
- 4) Paralela (Par). La distancia entre dos líneas paralelas es dada.

Es importante seleccionar los puntos apropiados para especificar una cota lineal, por ejemplo, seleccionando las líneas del Ángulo de la figura en la localización "x" (figuras 1.27 a y b) permitirá especificar una acotación lineal.

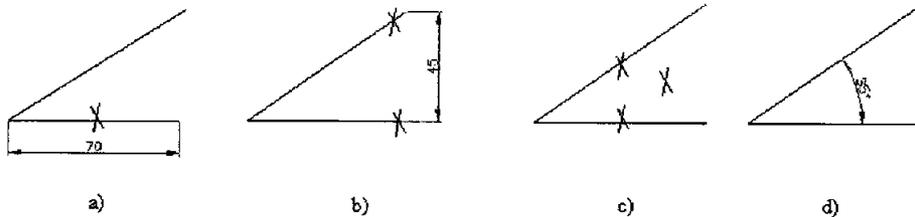


Figura 1.27 Designación correcta en el acotado lineal y angular

- b) Cotas angulares. Iniciado el comando, MD solicitará seleccionar el primer elemento, por lo que se indicará un punto medio de una de las líneas. Después pedirá indicar la localización de la cota o seleccionar un segundo elemento y se procede con un clic en el punto medio de la otra línea. A continuación, solicitará la ubicación de la cota por lo que se indica un punto medio entre ambas líneas. Para finalizar MD mostrará el valor del ángulo, pudiendo aceptar este valor o asignar uno nuevo (figuras 1.27 c y d).

1.6.2.2 ACOTANDO EL BOSQUEJO.

En la figura 1.26, la forma semicircular queda centrada sobre la base rectangular. Al ir añadiendo dimensiones, se tendrá precaución de empezar por la menor y por uno de los lados, por ejemplo, el izquierdo, a fin de que no se descompense.

Por ejemplo, se comenzará este procedimiento con la dimensión de la entidad 7, debido a que es la mas pequeña; de lo contrario la figura podría deformarse y perder la geometría (figura 1.28).

Nota: Se describirán los pasos a seguir, mostrando lo que presenta el programa en su línea de comandos, el símbolo “↵” indica que se presionó “Enter”; lo escrito en letra cursiva son explicaciones y comentarios, como se ha venido haciendo en apartados anteriores.

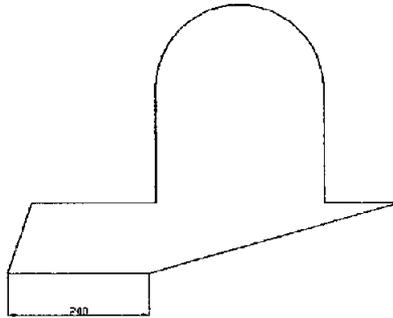


Figura 1.28 Deformación del boceto por una restricción incorrecta

Por menú de persiana: **PART> DIMENSIONING>NEW DIMENSION**

Command: **_ampardim**

Select first object: *Se hará clic en el punto medio de la línea 7*

Select second object or place dimension

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]

<33.76>: **25**↵

Solved under constrained sketch requiring 5 dimensions or constraints. *Mechanical Desktop actualizará este mensaje cada vez que se agregue una cota o restricción, indicando el número de restricciones o cotas necesarias para definir completamente el bosquejo.*

Select first object: *Se hará clic en el punto medio de la línea 5*

Select second object or place dimension: : *Se hará clic a la izquierda de la línea*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]

<46.07>: **40**↵

Solved under constrained sketch requiring 4 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en un punto del arco*

Select second object or place dimension: *Se localizará la acotación a un costado izquierdo del arco.*

Enter dimension value or [Undo/Diameter/Ordinate/Placement point] <46.35>: 40 ↵

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el punto medio de la línea 2*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto medio sobre la línea*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]

<58.07>: 45 ↵

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el punto medio de la línea 7*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto medio de la línea 0*

Specify dimension placement: *Se hará clic en un punto entre la línea 7 y la línea 0*

Enter dimension value or [Undo/Placement point] <78>: 45 ↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimension or constraint.

Select first object: *Se hará clic en el punto medio de la línea 1*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto medio de la línea 0*

Specify dimension placement: *Se hará clic en un punto entre la línea 1 y la línea 0*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <61>:

45 ↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

En la figura 1.29 se muestra el resultado final de este procedimiento.

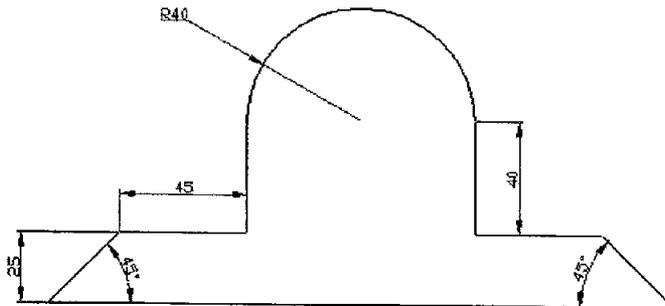


Figura 1.29 Boceto completamente restringido (acotado)

1.7 EDICIÓN Y ELIMINACIÓN DE RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS Y NUMÉRICAS.

Si el bosquejo no contiene suficiente información para definir su tamaño y forma Mechanical Desktop reportará que esta Subrestringido (**under constrained**), esto es, que aun no están definidas todas sus dimensiones. Conforme se agreguen cotas y/o restricciones, el programa estará reportando el número requerido de estas para definir completamente la geometría del bosquejo.

Por otro lado, si uno o mas elementos se dimensionan dos veces, o si el dimensionamiento es innecesario, Mechanical Desktop reportará que el bosquejo esta Sobrerestringido (**over constrained**) y se necesitará remover ya sea una cota o una restricción geométrica para resolver el problema.

Como se mencionó antes, el programa asigna restricciones que impedirán definir el perfil de modo conveniente, por lo que es posible agregar, eliminar o modificar cualquier restricción que defina al modelo. Para ilustrar la relación entre las restricciones numéricas y geométricas usaremos el perfil creado anteriormente. Imaginemos pues, que se requiere modificar al ancho de la base trapezoidal, acotar la entidad marcada con el numero 0, o simplemente agregar otra cota que se considere conveniente para el mejor entendimiento del boceto. A continuación se explicará de forma sencilla como editar o eliminar estas restricciones.

1) Para eliminar una restricción numérica (acotación) se puede usar el comando "ERASE" y seleccionar las entidades, o simplemente seleccionarlas directamente y suprimirlas del bosquejo. Si se desea establecer la cota en el mismo punto, solo modificando el valor, por menú de persiana se accede a:

PART> DIMENSIONING> EDIT DIMENSION y por línea de comandos

Command: **_ammoddim**

Select dimension to change: *Aquí se seleccionará la acotación de la entidad 7*

Enter dimension value <25>: **20** ↵

Solved fully constrained sketch.

2) Para eliminar o editar las restricciones geométricas se realizara un pequeño procedimiento para acotar la entidad 0 y modificar con una restricción de perpendicularidad los ángulos de la base.

Command: **erase**

Select objects: Se selecciona una cota angular

Select objects: 1 found : *Se selecciona la siguiente cota angular*

Select objects: 1 found, 2 total: *Se selecciona la cota de la entidad 2*

Select objects: 1 found, 3 total : ↵

· Por menu de persiana: **PART> DIMENSIONING>NEW DIMENSION**

Command: **_ampardim**

Select first object: *Se seleccionará en un punto medio la entidad 0*

Select second object or place dimension: *Indicaremos el punto de localización de la cota.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]

<220>; ↵

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Recordemos que las entidades 2 y 6 poseen la misma longitud, una de las cuales estaba acotada, permitiendo determinar la dimensión de la entidad 0; al eliminar esa restricción numérica el programa permite acotar esta ultima entidad.

Por menu de persiana: **PART> 2D CONSTRAINTS> SHOW CONSTRAINTS**

Command: **amshowcon**

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>: ↵ *Esto ayudará a visualizar las restricciones geométricas que se tendrán que remover en caso de ser necesario.*

Por menu de persiana: **PART> 2D CONSTRAINTS> DELETE CONSTRAINTS**

Command: **_amdelcon**

Select or [Size/All]: *Seleccionamos las restricción E2 o E6 que podrían hacer deformar la geometría del bosquejo (Ver tabla 1.2).*

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Select or [Size/All]: ↵

Por menu de persiana: **PART> 2D CONSTRAINTS> PERPENDICULAR**

Command: **amdt_addcon_perpendicular**

Valid selections: line, ellipse or spline segment

Select object to be reoriented: *Se seleccionará la entidad 7 o 2*

Valid selections: line, ellipse or spline segment

Select object to be made perpendicular to: *Se seleccionará la entidad 0 y automáticamente ambas tomarán una posición vertical respecto de esta entidad*

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Valid selections: line, ellipse or spline segment

Select object to be reoriented: ↵

Enter an option [Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PROj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit] <eXit>: ↵

Con la orden **AMPARDIM** se acotará de nuevo la entidad 3 y el bosquejo quedara de nuevo completamente restringido (figura 1.30)

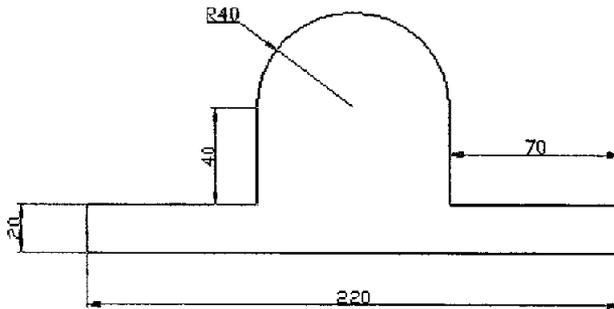


Figura 1.30 Restricción perpendicular aplicada

Por ultimo, la orden **AMDELCON** o por menú de persiana **PART > 2D CONSTRAINTS > DELETE CONSTRAINTS**, permitirá borrar las restricciones geométricas de perpendicularidad (o de cualquier otro tipo), en caso de que fuese necesario que las entidades 2 y 7 formaran un ángulo agudo nuevamente con la entidad 0.

1.8 GEOMETRÍA DE CONSTRUCCIÓN.

Hay ocasiones en que las formas de los bocetos son mucho mas complicadas y necesitan líneas o ejes de referencia auxiliares, que no tienen nada que ver con el contorno final. A la utilización de estas líneas se le llama Geometría Constructiva y consiste en añadir a los bocetos elementos auxiliares (líneas, arcos o círculos) con un tipo de línea diferente al continuo e incluso de color diferente a fin de que al generar los bocetos finales no imposibilite la definición.

La Geometría Constructiva ha de utilizarse para restringir el boceto al que esta asociada. Cuando se crea algún tipo de boceto, en el momento de utilización de la orden **AMPROFILE** se ha de seleccionar contorno y geometría constructiva al mismo tiempo. Una vez creado el perfil, la geometría deja de ser visible. Si la geometría se añade posteriormente a la creación de este ultimo, con **AMPROFILE** o por menú de persiana **PART > SKETCH SOLVING > APPEND**, se puede agregar al boceto perfil.

Para el dibujo con geometría constructiva, el programa cuenta con las herramientas llamadas

Línea de construcción  y Circulo de construcción .

Se dibujará el contorno de una escalera mediante restricciones de proyección de acuerdo al siguiente procedimiento

- 1) Se dibujará el contorno de la escalera con la orden de AutoCAD "Pline" sin fijar la precisión de la geometría del dibujo, ni sus dimensiones.
- 2) Se dibujará a continuación la Línea de construcción accediendo por el icono correspondiente (figura 1.31).

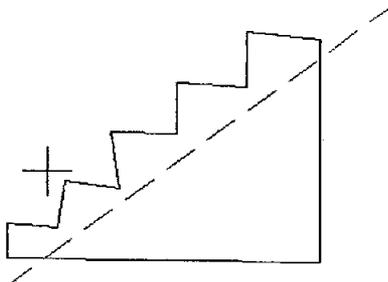


Figura 1.31 Uso de líneas de construcción en un boceto

- 3) Se define el boceto mediante **AMPROFILE** y a continuación se visualizan las restricciones para comprobar la geometría, con **PART>2D CONSTRAINTS>SHOW CONSTRAINTS**.
- 4) Se añaden las restricciones que correspondan mediante **PART > 2D CONSTRAINTS >HORIZONTAL** o **VERTICAL** y se tendrá geoméricamente correcta. Figura 1.32
- 5) A continuación, se añadirán la restricción de Proyección (**Project**) que situará todas las aristas inferiores sobre la línea inclinada mediante **PART > 2D CONSTRAINTS > PROJECT** y siguiendo las instrucciones por línea de comandos:

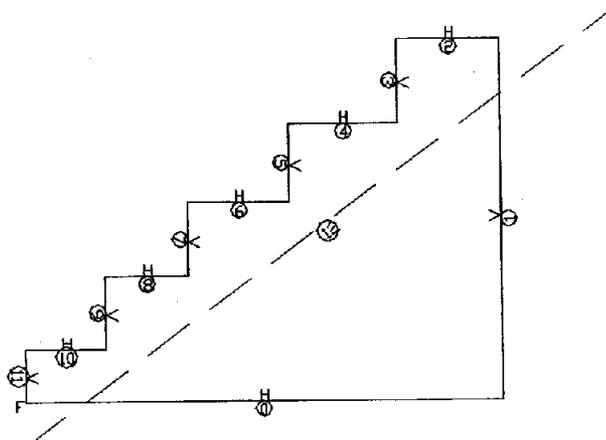


Figura 1.32 Bosquejo restringido

Command: **amdt_addcon_project**

Valid selections: line, circle, arc, ellipse, work point or spline segment

Specify a point to project: *Se escribirá "end" de modo de referencia a objeto*

of: *designamos la arista de la entidad 2*

Valid selections: line, circle, arc, ellipse or spline segment

Select object to be projected to: *Seleccionaremos la linea inclinada o entidad 12*

Solved under constrained sketch requiring 13 dimensions or constraints. *El programa indicará el número de restricciones o cotas restantes para resolver el perfil.*

Valid selections: line, circle, arc, ellipse, work point or spline segment

Specify a point to project: *repetimos "end" para referencia al siguiente objeto*

of *designamos la arista de la entidad 4*

Valid selections: line, circle, arc, ellipse or spline segment

Select object to be projected to: *Se seleccionará la linea inclinada o entidad 12*

Solved under constrained sketch requiring 12 dimensions or constraints.

A partir de aquí se hará lo mismo con las entidades horizontales, añadiendo además la restricción de Longitud (**Equal length**) (figura 1.33). Terminamos poniendo restricciones de cota para dejar el boceto completamente restringido.

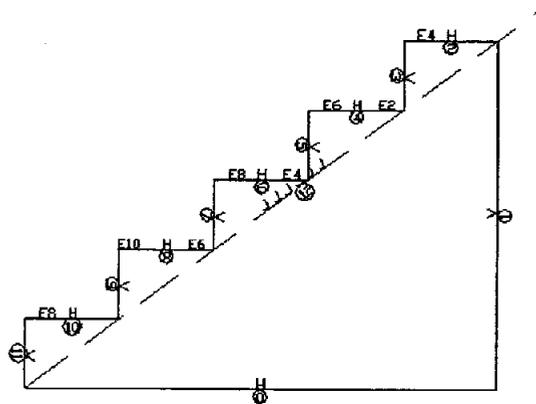


Figura 1.33 Adición de restricciones geométricas

Los círculos de construcción pueden usarse de manera similar como líneas o ejes de referencia. En la industria existen muchos objetos que deben restringirse de forma tangencial por lo que esta herramienta se torna muy útil. En la figura 1.34 se muestra el boceto de un cuadrante para torno usando líneas y círculos de construcción.

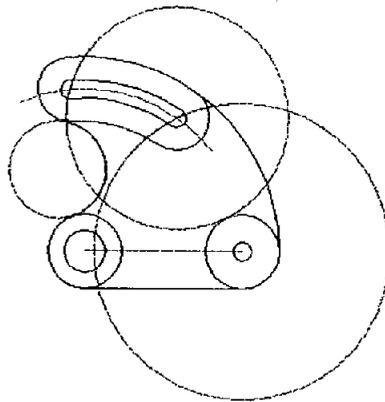


Figura 1.34 Uso de círculos y líneas de construcción en un boceto

1.9 CONCEPTOS SOBRE BOCETADO.

Independientemente de los procedimientos realizados anteriormente, en Mechanical Desktop existen tres tipos de boceto perfil:

- Bocetos de perfil abierto
- Bocetos de perfil cerrado
- Bocetos de perfil de texto

Para todos ellos el procedimiento en la construcción es el mismo, variando únicamente las ordenes concretas en cada una de ellas y que se verán en los apartados siguientes.

Se finalizará con una serie de comandos útiles en la construcción o modelado de bocetos sin adentrarse mucho en las respuestas del programa al acceder a ellos, pero mostrando de forma sencilla su localización y uso.

1.9.1 CREACIÓN DE BOCETOS DE PERFIL ABIERTO.

Son bocetos creados sobre la base de uno o varios segmentos de línea generados con las mismas órdenes que los cerrados, pero que se diferencian de estos por utilizarse en operaciones muy concretas como:

- 1) Operación de curva (**BEND**). Partiendo de una línea parametrizada con la orden **PROFILE** se puede realizar una operación de curvado (figura 1.35 a).
- 2) Operación de nervio (**RIB**). Igualmente partiendo de una línea parametrizada con la orden **PROFILE** se puede hacer una operación de nervio (figura 1.35 b).
- 3) Operación de reducción de anchura (**THIN**). En cajas y vaciados se pueden añadir paredes que se forman partiendo de una línea parametrizada con la orden **PROFILE** (figura 1.35c).

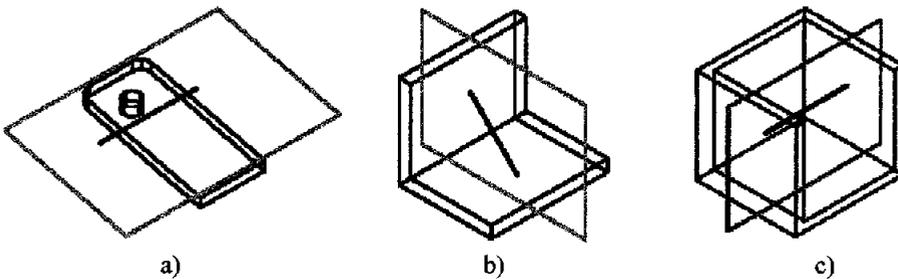


Figura 1.35 Empleo de bocetos de perfil abierto en diferentes operaciones

1.9.2 CREACIÓN DE BOCETOS DE PERFIL CERRADO.

El boceto de perfil cerrado es un contorno 2D continuo a partir de polilíneas, líneas o arcos, en el plano de boceto actual. Este contorno se utilizara como base al resto de operaciones mecánicas como extrusiones, barridos, revoluciones, solevados, agujeros, etc.

La orden se presenta como: **PART > SKETCH SOLVING > PROFILE**.

Comando: **AMPROFILE**.

Al acceder a la orden, en la línea de comandos aparece el mensaje:

Select objects for sketch: *Se designa el contorno a bocetar.*

Al designar el bosquejo se obtiene como resultado un contorno preciso, restringido geoméricamente y se muestra un mensaje que indica el número de restricciones pendientes para resolver el contorno.

1.9.3 CREACIÓN DE BOCETOS DE CAMINO.

Como su nombre lo indica, genera una trayectoria o camino partiendo del croquis dibujado sobre el plano de boceto actual. La trayectoria puede ser abierta o cerrada, 2D o 3D y se utilizan para crear sólidos primitivos por "Barrido" (SWEEP).

1) Caminos 2D.

Se utilizan exclusivamente para trayectorias que se desarrollan en un plano.

La orden se presenta como: **PART > SKETCH SOLVING > 2D PATH**

Comando: **AM2DPATH.**

Al acceder a la orden, en línea de comando aparece el mensaje:

Select objects: *Designar la polilínea creada y ↵*

Redefining existing sketch.

Select start point of the path: *Se selecciona el extremo donde iniciara el barrido*

Solved under constrained sketch requiring 7 dimensions or constraints.

Computing ...

Create a profile plane perpendicular to the path? [Yes/No] <Yes>: ↵ *Aquí el programa pregunta si crea un plano de perfil perpendicular al plano*

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Flip/Rotate/Origin] <Accept>: ↵ *Seleccionar una arista para alinear el eje X.*

2) Caminos 3D.

En las últimas versiones del programa se dispone de una herramienta que permite establecer caminos 3D, es decir, los determinados por Splines, hélices, aristas o ejes de tuberías en el espacio. Se usa sobre todo para definir caminos de barridos helicoidales 3D.

Comando: **AM3DPATH.**

Al acceder a la orden, en la línea de comandos aparece el mensaje:

Enter path type [Helical/Spline/Edge/Pipe] <Helical>: *Según la opción que se elija la orden se comportará de manera diferente.*

En menú de persiana es posible encontrar por separado las opciones que ofrece este comando:

2.1) Opción Helicoidal (Helical). Una vez establecido un plano de trabajo y un eje de trabajo, es posible construir un camino correspondiente a una hélice (figura 1.36)

Por menú de persiana: **PART > SKETCH SOLVING > 3D HELIX PATH.**

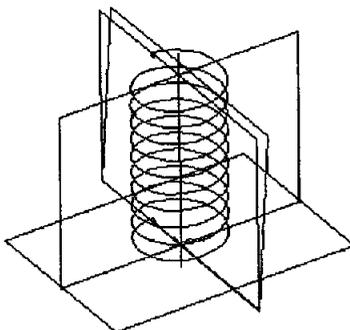


Figura 1.36 Boceto de camino helicoidal

2.2) Opción Spline (Spline). Cuando las líneas que han de formar el camino tridimensional son splines se emplea este comando (figura 1.37)

Por menú de persiana: **PART > SKETCH SOLVING > 3D SPLINE PATH.**



Figura 1.37 Boceto de camino por splines

2.3) Opción Arista (Edge). Sirve para establecer un camino 3D en una arista de un sólido paramétrico a fin de poder efectuar barridos que puedan añadir o cortar perfiles de la pieza actual de la cual se ha extraído el camino. Es de utilidad para hacer rebajes en aristas con perfiles que sean diferentes a los chaflanes y filetes (figura 1.38).

Por menú de persiana: **PART > SKETCH SOLVING > 3D EGDE PATH.**

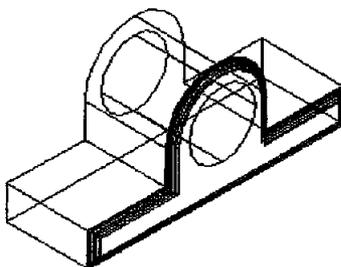


Figura 1.38 Boceto de camino sobre aristas

2.4) Opción por tubería (Pipe). Se utiliza para realizar tuberías en el espacio tridimensional de un camino que ha sido realizado con segmentos de líneas y arcos (figura 1.39)

Por menú de persiana: **PART > SKETCH SOLVING > 3D PIPE PATH.**

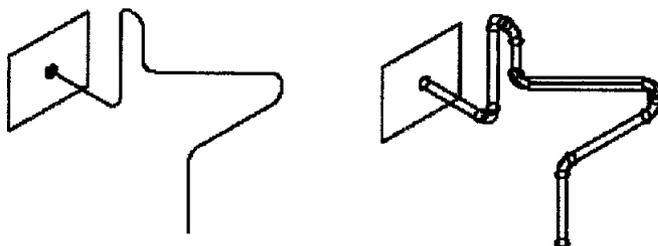


Figura 1.39 Boceto de camino de tubería

Más adelante en el apartado de Modelado Tridimensional se realizarán algunos ejercicios empleando estos comandos.

1.9.4 CREACIÓN DE BOCETOS DE TEXTO.

Este programa permite parametrizar texto, de manera que se puedan realizar grabados en los sólidos que se van a crear, que puede tener utilidad en la industria mecánica como la construcción de moldes de inyección y matrices de embutir.

La orden se presenta como: **PART > SKETCH SOLVING > TEXT SKETCH**

Comando: **AMTEXTSK.**

Al acceder a la orden aparece la caja de diálogo de boceto de texto en la que una vez elegido el estilo y el tamaño de letra, se procederá a escribir el texto del grabado (figura 1.40).

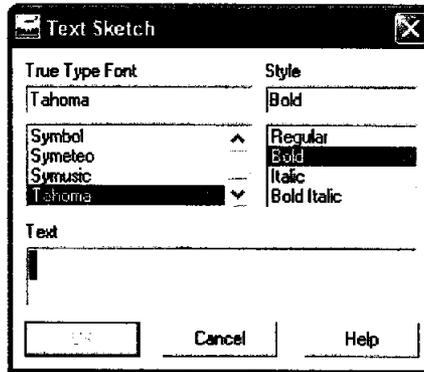


Figura 1.40 Caja de diálogo para bocetos de texto

1.9.5 AÑADIR UN PLANO DE BOCETO.

En ocasiones es necesario efectuar construcciones en 3D sobre caras de un sólido ya existente. En estos casos se ha de crear un plano de boceto sobre esa cara para poder definir el perfil de la construcción añadida.

La orden se presenta como: **PART > NEW SKETCH PLANE**

Comando: **AMSKPLN**

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Seleccionar plano de trabajo, cara plana o plano*

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: ↵

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Flip/Rotate/Origin] <Accept>: *Se seleccionará una arista para alinear el eje.*

1.9.6 COPIAR UN BOCETO.

El programa ofrece la oportunidad de hacer copias de un boceto ya existente. La orden se presenta como: **PART > SKETCH SOLVING > COPY SKETCH**

Comando: **AMCOPYSKETCH.**

Enter an option [Feature/Sketch] <Sketch>: *Designar el boceto a copiar*

Computing ...

Sketch center Computing... *Automáticamente sitúa el bosquejo en el punto elegido.*

1.9.7 AGREGAR ELEMENTOS DE DIBUJO A UN BOCETO.

En ocasiones, una vez acabado y definido el boceto, nos damos cuenta que se necesita añadir un elemento de dibujo nuevo que cambia la geometría; por ejemplo, filetes en las aristas de un dibujo rectangular (si no se hace esta operación el boceto queda invalidado, figura 1.41). Se procede entonces, a introducir los empalmes y se utiliza la siguiente orden para añadirlos en la estructura del boceto.

La orden se presenta como : **PART > SKETCH SOLVING > APPEND**

Comando: **AMDT_APPEND**

Select geometry to append to sketch: *Se seleccionará la geometría nueva*

El programa regenerará el boceto solicitándole restricciones adicionales para completar el boceto.

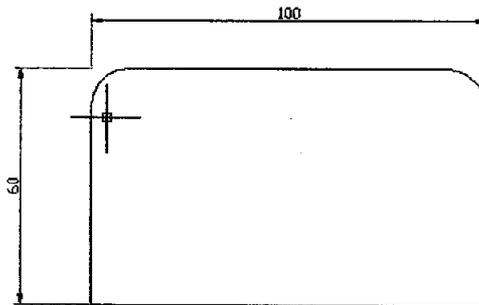


Figura 1.41 Uso del comando APPEND para agregar nuevos elementos de dibujo

1.9.8 REDEFINIENDO UN BOCETO.

Una vez realizados cambios en un boceto, puede volver a definirse antes de ser usado en una operación. Al redefinirse nos informa el número de restricciones que aun hacen falta para restringir totalmente el boceto.

La orden se presenta como: **PART > SKETCH SOLVING > RESOLVE**

Comando: **AMRSOLVESK.**

El funcionamiento de esta orden es exactamente igual al anterior.

1.9.9 PROYECTAR OBJETOS EN UN PLANO.

Con este comando se pueden proyectar objetos planos y aristas de una cara en una cara tridimensional o un plano de trabajo o de boceto designado.

La orden se presenta como : **PART > SKETCH SOLVING > PROJECT OBJECTS TO PLANE**

Comando: **AMPROJECT2PLN**

Al acceder a la orden aparece el cuadro de diálogo de la figura 1.42 que permite gestionar esta operación.



Figura 1.42 Cuadro de diálogo para proyección de objetos en un plano

En cada caso se elige lo que se va a proyectar (Proyección de:) y donde se va a proyectar (Proyección a:). Para cada caso los mensajes en líneas de comandos se presentan de diferente forma.

1.10 RESTRICCIONES NUMÉRICAS Y GEOMÉTRICAS.

Como se ha visto en los procedimientos, las restricciones geométricas y numéricas pueden crearse, editarse o eliminarse. A continuación solo mencionaremos el comando y su localización por menú de persiana.

1.10.1 APLICACIÓN O EDICIÓN DE RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS

La orden se presenta como: **PART > 2D CONSTRAINTS**

Comando: **AMADDCON**

1.10.2 VISUALIZACIÓN DE RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS.

La orden se presenta como: **PART > 2D CONSTRAINTS > SHOW CONTRAINTS**

Comando: **AMSHOWCON**

1.10.3 ELIMINACIÓN DE RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS.

La orden se presenta como: **PART > 2D CONSTRAINTS > DELETE CONSTRAINTS**

Comando: **AMDELCON.**

1.10.4 APLICACIÓN DE RESTRICCIONES NUMÉRICAS.

La orden se presenta como: **PART > DIMENSIONING > NEW DIMENSION**

Comando: **AMPARDIM.**

1.10.5 EDICIÓN DE RESTRICCIONES NUMÉRICAS (COTAS).

La orden se presenta como: **PART > DIMENSIONING > EDIT DIMENSION**

Comando: **AMMODDIM.**

1.10.6 VISUALIZACIÓN DE RESTRICCIONES NUMÉRICAS.

Esta operación permite cambiar la visualización de las cotas en tres formas: Numérica, Paramétrica y Ecuacional.

La orden se presenta como: **PART > DIMENSIONING > DIMENSION AS NUMBERS/
PARAMETERS/ EQUATIONS**

Comando: **AMDIMDSP.**

1.10.7 HERRAMIENTA DE ACOTACIÓN INTELIGENTE.

Con este comando se pueden poner cotas verticales, horizontales, alineadas o giradas, así como cotas angulares, radiales (radio o diámetro) para asignar **tolerancias y ajustes** a cualquiera de esas cotas de forma rápida y dinámica, ya que las cotas se crean por arrastre y con la implantación de cuadros de diálogo que permiten gestionar mejor la acotación.

La orden se presenta como: **PART > DIMENSIONING > POWER DIMENSION**

Comando: **AMPOWERDIM.**

Por línea de comandos pide:

(Single) Specify first extension line origin or [Angular/Options/Baseline/Chain/Update]
<Select>

Si se pulsa “Enter” a la primer pregunta aparece la mirilla de designación en la pantalla por lo que se puede seleccionar directamente la entidad acotar. Aquí ya no pide designar la posición de la línea o cota, si no que la situamos al lugar convenido por arrastre dinámico. Pulsamos en ese lugar con el ratón y aparece el cuadro de diálogo de la figura 1.43 en el que se podrá indicar el valor, las tolerancias, los ajustes y otros detalles que se aprecian en el cuadro de diálogo.

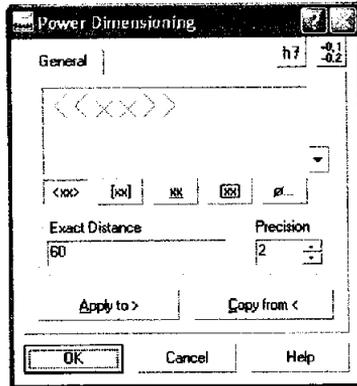


Figura 1.43 Cuadro de diálogo de Acotación Inteligente

CAPITULO 2

MODELADO TRIDIMENSIONAL.

Una vez asimilados los conceptos y procedimientos del apartado anterior y partiendo de un boceto geoméricamente restringido y parametrizado (dibujo en 2D), se empezará por conocer las ordenes y procedimientos para construcción de sólidos como: Extrusión, Revolución, Solevados, Ejes y Planos de trabajo.

El proceso se basa como si se tratara de diseño convencional, en el análisis global de la pieza con el fin de establecer los detalles y elementos que progresivamente irán completando la construcción.

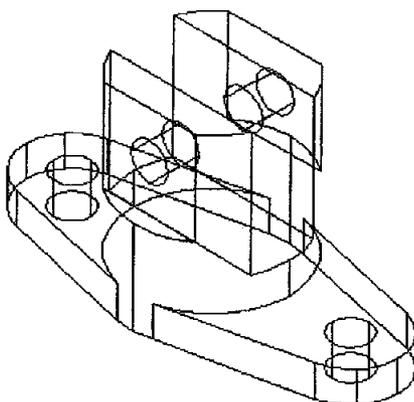


Figura 2.1 Modelo de construcción

Si se observa la figura 2.1, antes de hacer algo, se deben establecer criterios generales para el desarrollo de su diseño:

- Analizar la pieza a fin de decidir una forma de dividirla en partes elementales o primitivas.
- Analizar y elegir el elemento que nos servirá de base.
- Decidir el proceso de creación de las figuras adicionales.
- Aplicar operaciones y métodos para unir las figuras.
- Revisar, cuando se a preciso, las relaciones que han de existir entre ellas.

Aplicando estos criterios se denota que la pieza consta de varias partes elementales o primitivas distintas: la base, un cilindro central, los agujeros y los rebajes. Observamos también como relación entre ellas, la simetría y perpendicularidad entre el cilindro y la base, y la concetricidad de los agujeros en los extremos de esta.

2.1 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL SÓLIDO

Se empezará por la construcción de la base y se continuarán añadiendo los demás elementos. La forma y dimensiones de ésta se muestran en la figura 2.2, recordando siempre emplear la orden de parametrización **AMPROFILE** para completar la herramienta Mechanical, que es la única asociativa como objetivo fundamental del programa y que restringido geométricamente, la acotación del boceto se realizará con la orden correspondiente de Mechanical **AMPARDIM**

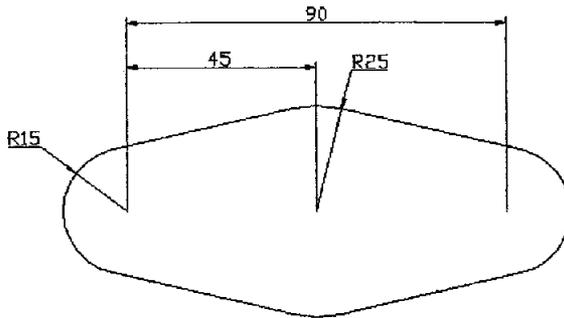


Figura 2.2 Boceto de la base del modelo

Una vez que el boceto esta completamente restringido, tanto geométrica como dimensionalmente, se procede a realizar una operación de extrusión. Antes y para poder trabajar mas cómodamente, se visualizará la figura con un punto de vista 3D isométrico.

Accediendo al menú de persiana: **VIEW > 3D VIEWS > FRONT RIGHT ISOMETRIC** (por teclas de acceso rápido teclee 8 y ↵).

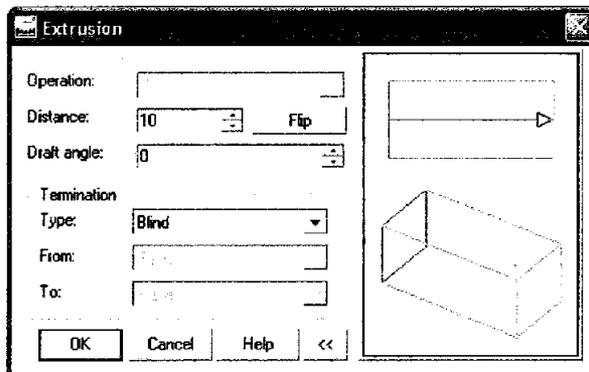


Figura 2.3 Cuadro de diálogo de Extrusión

Una vez cambiada la vista, se ingresa al menú de persiana en **PART > SKETCHED FEATURES > EXTRUDE** y aparecerá la caja de diálogo de la figura 2.3:

Se comprobará que estén activadas las casillas: Base (“**BASE**”) y Ciega (“**BLIND**”) y se indicará en el campo Distancia (“**DISTANCE**”) el valor de **10**. En la ventana de previsualización de la caja se verá una flecha de color azul que indica la dirección de la extrusión; si no fuera correcta, se emplearía la opción Cambiar (“**FLIP**”). Aceptados estos valores el resultado será el de la figura 2.4 a:

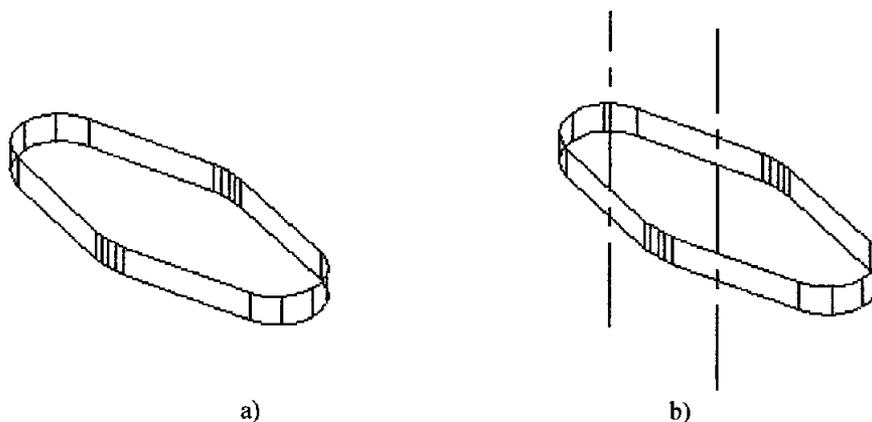


Figura 2.4 Resultado de extrusión y creación de ejes de trabajo.

A continuación y como resultado del análisis constructivo de la pieza, se definirán las operaciones de trabajo, en este caso, dos ejes que nos servirán para fijar un plano de trabajo. Se va al menú de persiana y se accede a: **PART > WORK FEATURES > WORK AXIS** donde aparece por línea de comandos:

Command: **amworkaxis**

Select cylinder, cone, torus or [Sketch]: *Se seleccionará la arista circular de radio 25*

Computing ...

Seguidamente se hace lo mismo para uno de los radios de 15 (figura 2.4 b).

Definidos estos ejes, se accede al menú de persiana **PART > WORK FEATURES > WORK PLANE** y aparece la caja de diálogo de la figura 2.5

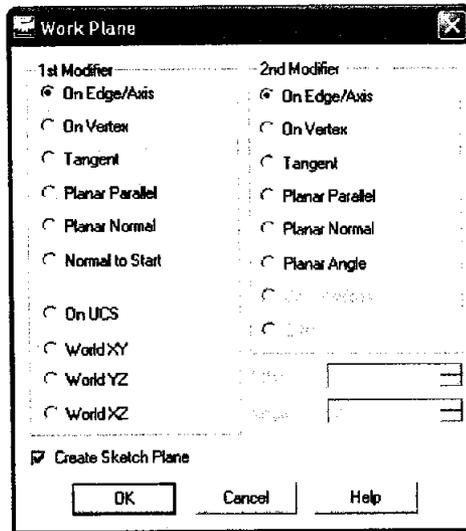


Figura 2.5 Cuadro de diálogo de Plano de Trabajo

Se acepta la opción por defecto En arista/eje (“On Edge/Axis”) y se designan los dos ejes. Aparece por línea de comandos:

Command: **_amworkpln**

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]: *Se selecciona un eje*

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]: *Se selecciona el eje restante*

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Flip/Rotate/Origin] <Accept>: *Aquí, la mirilla de designación se transforma en un ratón dinámico, permitiéndolo orientar la posición del UCS. Posicionado este último se oprime ↵.*

Una vez terminado con el comando, se crea el plano de trabajo (figura 2.6). Si se quisiera ocultar las operaciones de trabajo que se acaban de hacer se puede acceder por menú a **PART > VISIBILITY** y activando la casilla correspondiente.

A continuación se podrá dibujar en el plano de trabajo recientemente creado, el boceto que servirá para construir el cilindro de 50 mm de diámetro. Para poder trabajar mejor, se visualizarán dos ventanas, por menú: **VIEW > VIEWPORTS > 2VIEWPORTS** (2 ↵. Ver tabla 1.1).

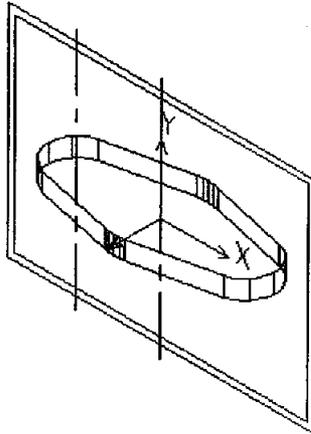


Figura 2.6 Creación de un plano de trabajo

Se activará la ventana izquierda y con la orden “**Pline**” se dibuja el contorno de la sección del cilindro; se restringe geométrica y dimensionalmente a 25 X 50 y se sitúa unido a la base superior y al eje. Figura 2.7.

A partir de aquí, se procede a realizar la operación de boceto correspondiente a **Revolución**. Desde menú de persiana se accede a **PART > SKETCHED FEATURES > REVOLVE** y pide por línea de comandos:

Command: **_amrevolve**

Select revolution axis: *Se designa el eje central*

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: ↵

Y aparece el cuadro de diálogo de la figura 2.8

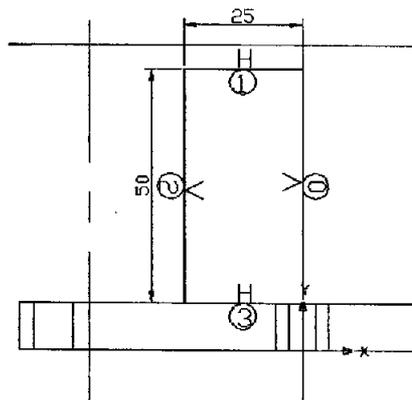


Figura 2.7 Boceto de sección para la creación del cilindro

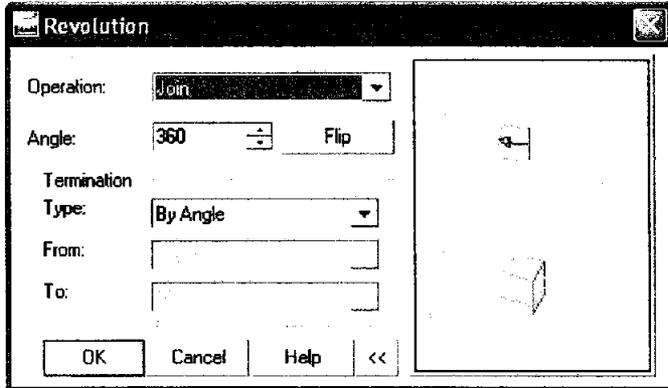


Figura 2.8 Cuadro de diálogo de Operación de Revolución

Se elegirán las opciones de la figura: en Operación (“**Operation**”) se indicará Unión (“**Join**”) y en la opción Angulo (“**Angle**”) se asegurará que indique 360°, si la dirección es correcta se acepta. El resultado se muestra en la figura 2.9:

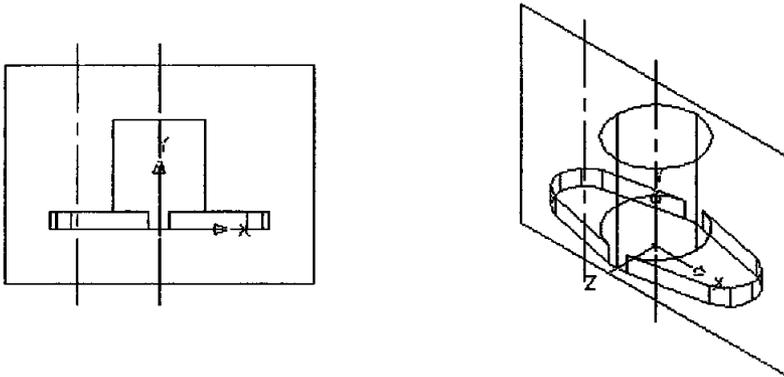


Figura 2.9 Creación del cilindro

Ya se tiene el cuerpo del soporte, pero aun restan más operaciones. Se procederá entonces con los agujeros y después el rebaje central. Para ello, desde menú de persianas se accede a **PART > PLACED FEATURES > HOLE** y aparece la caja de diálogo **Agujeros (“Holes”)**. Figura 2.10.

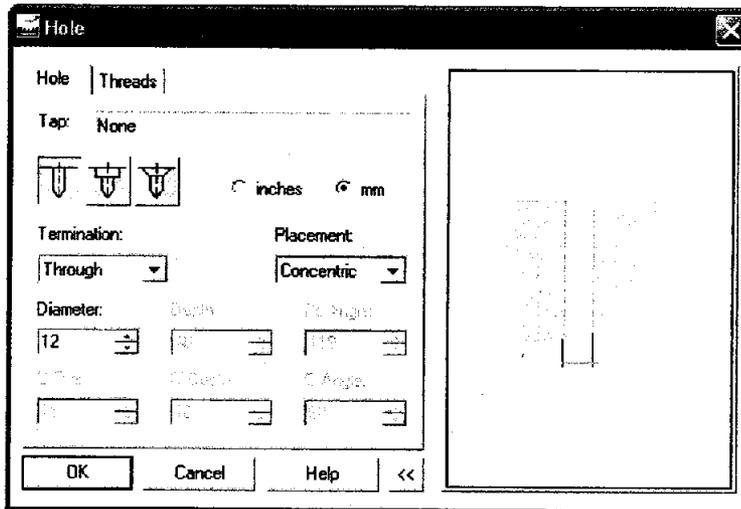


Figura 2.10 Cuadro de diálogo de Agujero

Una vez que aparece este cuadro de diálogo, se designan las siguientes opciones: en Terminación (“Terminación”) seleccionamos la opción “Atravesar” (“Through”); en Localización (“Placement”) designamos Concéntrico (“Concentric”) y en Diámetro (“Diameter”) indicamos un valor de 12. Para terminar, pulsamos en Aceptar (“OK”).

Inmediatamente después aparece la mirilla de designación en el área gráfica y por línea de comandos solicita:

Command: **_amhole**

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Se designará la cara superior de la base*

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: ↵

Computing ...

Select concentric edge: *Se seleccionará una de las aristas de radio 15*

Computing ...

Se observa que un agujero ha sido creado y como aún se está dentro de la orden, se designa la otra cara superior y la arista correspondiente para el otro agujero. Se termina con esto y se cancela la orden pulsando “Enter”. Figura 2.11.

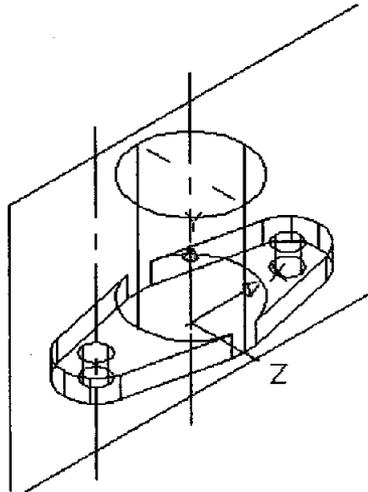


Figura 2.11 Creación de agujeros

A continuación se realizará el rebaje central de 20 X 40 mm y los laterales a una distancia de 30 mm desde la arista superior, dejando cada ceja de 10 mm de espesor. Para ello se creará un plano de trabajo perpendicular al ya existente, donde se dibujará el boceto que servirá para extruir cortando.

En este caso, al crear el plano de trabajo, se indicará en la caja de dialogo ya conocida la opción de Normal al Plano (“**Planar Normal**”) en el Modificador 1 (“**1st Modifier**”) y En Arista/Eje (“**On Edge/Axis**”) en el Modificador 2 (“**2nd Modifier**”). Se aceptarán estos valores y aparece la mirilla en pantalla, solicitando por línea de comandos:

Command: **_amworkpln**

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Seleccionamos el plano de trabajo existente*

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]: *Designamos el eje central*

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Flip/Rotate/Origin] <Accept>: *El cursor se convertirá en ratón dinámico y si la orientación de las coordenadas es correcta se completa la orden de creación del plano de trabajo.*

Se procede entonces a dibujar los bocetos base para la extrusión de corte en el nuevo plano de trabajo, los restringimos geométrica y dimensionalmente (figura 2.12) y se visualizan nuevamente en una ventana para tener más área grafica.

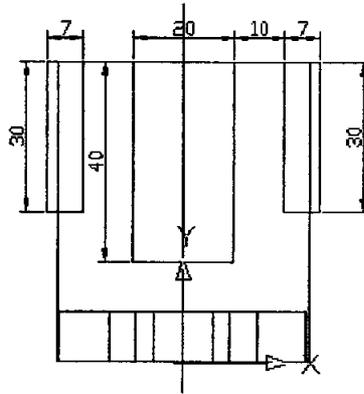


Figura 2.12 Bocetos de sección para la creación de rebajes

En este momento, es posible extrusionar accediendo a **PART > SKETCHED FEATURES > EXTRUDE**. Aparece la caja de diálogo ya conocida donde se establecerán las siguientes opciones: en Operación (“**Operation**”) se elegirá la opción Corte (“**Cut**”), en Terminación (“**Termination**”) se designará la opción Plano Medio (“**Mid Plane**”) y como distancia se indicará una mayor a **50**. Con estos datos se acepta y finaliza la operación pudiendo visualizar el resultado como el de la figura 2.13

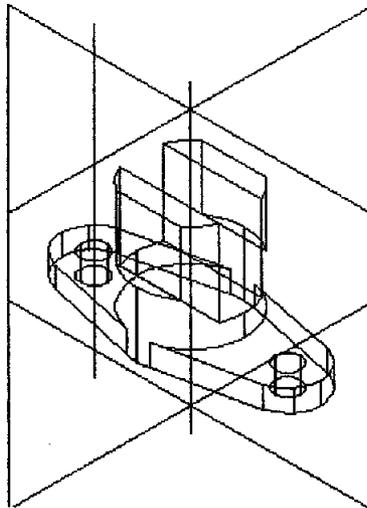


Figura 2.13 Resultado de la Extrusión por operación de Corte

El último paso será realizar un agujero de 12 mm de diámetro sobre la cara plana vertical. En este caso y debido a que la opción “2 Aristas” (“**2 Edges**”) de la caja de diálogo de Agujeros

("Hole") no funciona (una de las aristas procede de corte), es difícil situar el agujero centrado en la cara pues el ancho es desconocido, por lo que se realizará el agujero partiendo de un círculo boceto. Así, se podrá restringir la situación respecto a una arista y el eje de trabajo central.

Desde menu de persiana accedemos a **PART > NEW SKETCH PLANE:**

Command: **_amskpln**

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Se designa la cara*

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: ↵

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Flip/Rotate/Origin] <Accept>: ↵.

En pantalla veremos la figura 2.14:

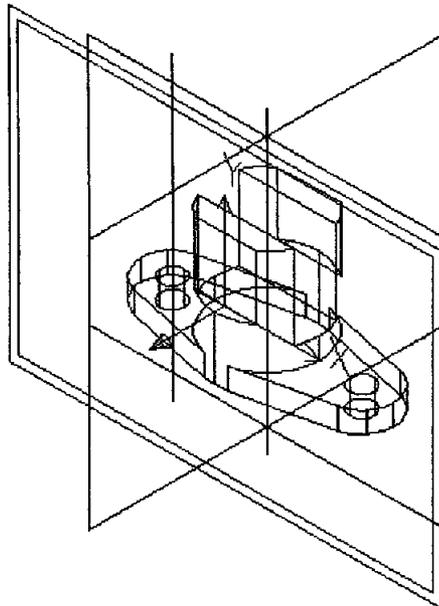


Figura 2.14 Creación de un plano de Boceto nuevo

Cambiando a una vista frontal y mediante la orden "**CIRCLE**" se dibujará un círculo de medida razonable y en cualquier posición que se transformará en boceto mediante **PART > SKETCH SOLVING > PROFILE** y se restringirá dimensionalmente añadiendo cotas de situación y diámetro, para finalmente extrusionarlo a una distancia superior a 50. Figura 2.15

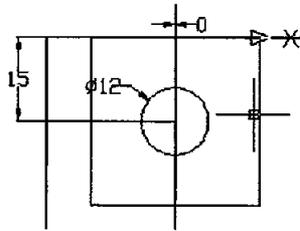


Figura 2.15 Boceto circular para la operación de corte

Una vez comprobado que el sólido esta completo, se da la construcción por terminada siendo el resultado el de la figura 2.16

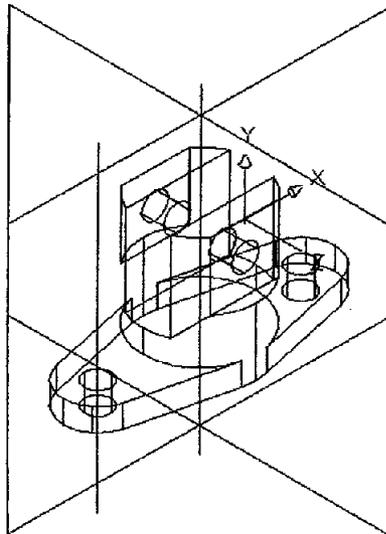


Figura 2.16 Modelo de construcción completo

2.2 CONCEPTOS SOBRE MODELADO.

En la construcción de sólidos paramétricos, se ha comprobado que para llegar a una pieza compleja, se debe construir antes, partes más simples (primitivas), las cuales serán unidas por diferentes operaciones. Las **Primitivas** son los elementos básicos en la construcción de piezas sólidas que se forman a través de la utilización de **Operaciones de dibujo**, como: Extrusión, Revolución, Solevado y Barrido, vinculadas entre si, mediante operaciones booleanas (unión, corte e intersección) y la utilización de **Operaciones de trabajo** (plano, punto y eje de trabajo) que permiten relacionar primitivas para crear otras mas complejas.

2.2.1 OPERACIONES DE DIBUJO

Son aquellas operaciones que permiten crear de forma paramétrica las primitivas elementales que irán construyendo el sólido final. Estas operaciones **no deben** confundirse con las órdenes de construcción de sólidos de AutoCAD.

Debido a la variedad de operaciones que ofrece el programa y la gama de posibilidades de cada una de ellas, solo se describirán brevemente la localización y uso del comando, recomendando.

2.2.1.1 EXTRUSIÓN.

Creará una primitiva sólida partiendo del boceto perfil en una dirección perpendicular al plano de boceto actual. Se da por sentado que la condición de extrusión sea la del contorno creado con la orden **AMPROFILE**, es decir, cerrado, único y sin islas interiores. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > SKETCH FEATURES < EXTRUDE**

Comando: **AMEXTRUDE**

Al acceder a la orden aparece en pantalla la caja de diálogo de la figura 2.17:

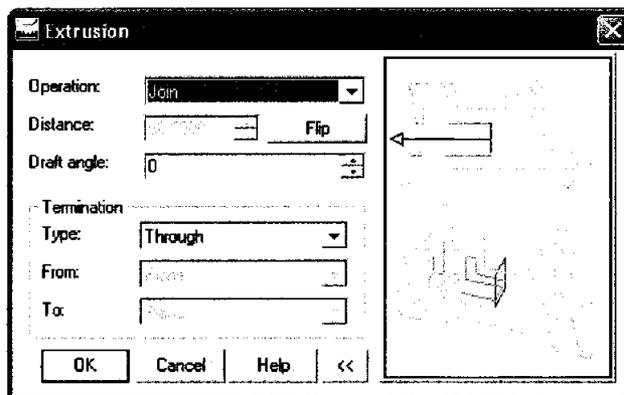


Figura 2.17 Cuadro de diálogo de Extrusión

En el cuadro de **Operación** (“**Operation**”), se indica el método booleano por el que se realiza la extrusión, ofreciendo las posibilidades de Corte, Unión, Intersección y División. En el cuadro de **Terminación** (“**Termination**”) se establece el método de acabado, para piezas nuevas o para extrusiones que produzcan agujeros, ya sea de profundidad limitada, hasta un plano o una cara.

2.2.1.2 REVOLUCIÓN.

Como el nombre lo indica, crea una primitiva por revolución del boceto perfil actual alrededor de un eje, que puede ser un eje de trabajo, una arista del dibujo o una línea de geometría constructiva incluida en el boceto perfil. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > SKETCH FEATURES < REVOLVE**

Comando: **AMREVOLVE**

Al acceder a la orden aparece en pantalla la caja de diálogo de la figura 2.18

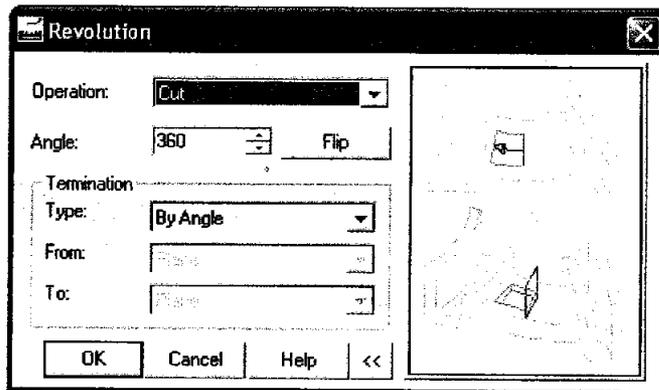


Figura 2.18 Cuadro de diálogo de Operación de Revolución

Se puede comprobar que las opciones de Operación (“**Operation**”) son las mismas que en extrusión, es decir, Unión, Corte, Intersección y División. En Terminación (“**Termination**”) es posible establecer un ángulo de revolución, seleccionar una cara o un plano (figura 2.19).

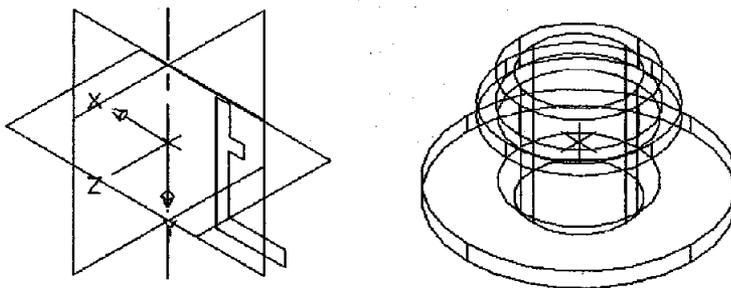


Figura 2.19 Ejemplo de modelado mediante Operación de Revolución

2.2.1.3 BARRIDO.

Esta herramienta realiza extrusión de contornos a lo largo de una trayectoria, es decir, genera un sólido por el desplazamiento de un contorno a lo largo de una trayectoria. Tanto el contorno como la trayectoria deben estar definidos como **Boceto perfil** y **Boceto camino** respectivamente. Primero se dibuja el boceto camino, que puede ser 2D o 3D; por línea de comandos nos posibilitara un plano de trabajo perpendicular al mismo y sobre este, realizar el contorno que se definirá como boceto perfil. Enseguida se accede a la orden de barrido; la orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > SKETCH FEATURES < SWEEP**

Comando: **AMSWEEP**

Al acceder a la orden aparece en pantalla el cuadro de diálogo de la figura 2.20:

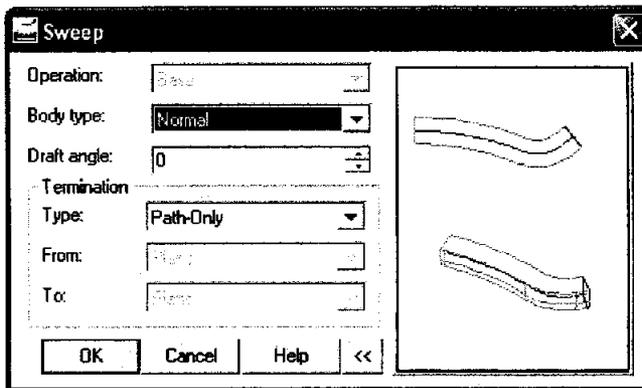


Figura 2.20 Cuadro de dialogo de Operación de Barrido

Al igual que las herramientas anteriores, se pueden realizar las mismas operaciones booleanas de Base, Corte, Unión e Intersección; en Tipo de Cuerpo ("**Body Type**") se puede elegir la opción de barrido normal a un camino o paralela a este y en Terminación ("**Termination**"), como se ha visto, es posible seleccionar la operación solo en un camino, hasta una cara o un plano.

2.2.1.4 SOLEVADO.

Creará una forma sólida compleja suavizada mediante un conjunto de caras de sólidos existentes, secciones o contornos cerrados mediante una transición lineal o cúbica. Lógicamente las caras planas o contornos cerrados están situados en planos de trabajos desfasados.

La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > SKETCH FEATURES < LOFT**

Comando: **AMLOFT**

Al acceder a la orden, pide por línea de comandos:

Command: **_amloft**

Select profiles or planar faces to loft: *Se selecciona uno de los perfiles*

Select profiles or planar faces to loft: *Se designa el siguiente perfil y aparece la flecha azul que indica la dirección de solevado*

Select profiles or planar faces to loft or [Redefine sections]: *Se introduce R para redefinir las secciones o pulse “↵”.*

Computing ...

En ese momento, aparece la en pantalla la caja de diálogo de la figura 2.21

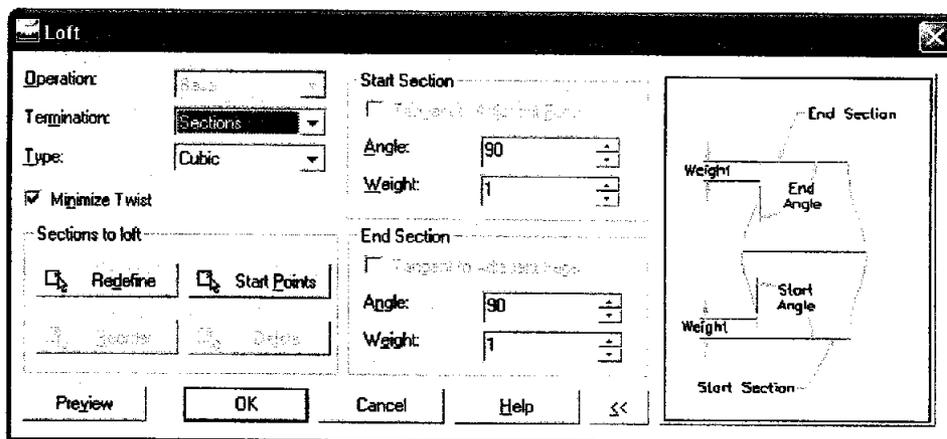


Figura 2.21 Cuadro de diálogo de Operación de Solevado

De igual forma, en la casilla de Operación (“**Operation**”) es posible designar la operación booleana que ha de utilizarse; en la casilla de Terminación se puede designar si el solevado será entre dos perfiles (figura 2.22), de un cara a un plano o de una cara a otra en sólidos diferentes.

La casilla Tipo (“**Type**”) controla el tipo de solevado, es decir, si será de transición lineal (**Linear**), de transición gradual (**Cubic**) o de forma de combinación gradual entre secciones (mas de dos) a lo largo de un camino cerrado (**Closed Cubic**).

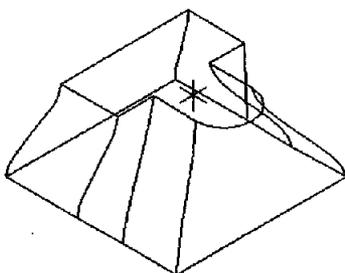


Figura 2.22 Ejemplo de modelado mediante Operación de Solevado

2.2.1.5 NERVIO.

Esta herramienta permite crear nervios de refuerzo en piezas que así lo requieran, partiendo de una línea o boceto abierto y parametrizado. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > SKETCH FEATURES < RIB**

Comando: **AMRIB**

Aparecerá una caja de dialogo en la que se podrá configurar el espesor y tipo de nervio requerido. Mas adelante realizaremos un ejemplo para visualizar esta operación.

2.2.1.6 DOBLADO.

Una de las características en el diseño de piezas son los doblados; con esta herramienta es posible dibujar una pieza plana y doblarla mediante una operación de curva, partiendo de igual forma, de una línea parametrizada como boceto abierto. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > SKETCH FEATURES < BEND**

Comando: **AMBEND**

Al acceder a la orden, aparece inmediatamente la caja de diálogo (figura 2.23) que nos permitirá completar la operación:

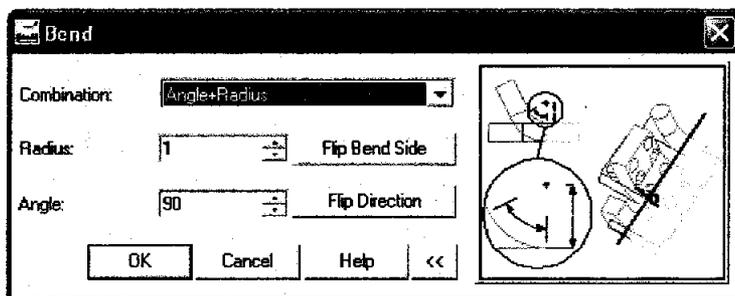


Figura 2.23 Cuadro de diálogo de Doblado

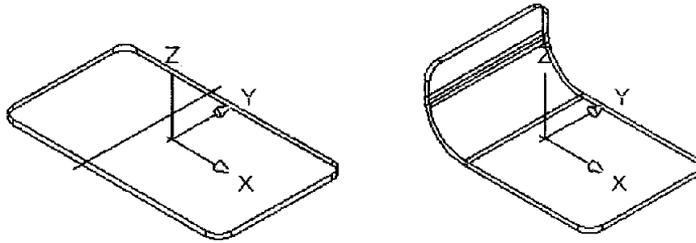


Figura 2.24 Ejemplo de modelado mediante Operación de doblado

2.2.2 OPERACIONES DE TRABAJO

Son aquellas que permiten crear planos, ejes y puntos mediante los cuales se puede situar la geometría de los bocetos y relacionar unas primitivas con otras.

2.2.2.1 PUNTOS DE TRABAJO.

Los puntos de trabajo son puntos paramétricos que pueden fijarse a una superficie. Estos asisten en la ubicación de agujeros, identidades circulares o como centro de una matriz polar. También se puede incluir un punto de trabajo en un esquema de cota, para colocar parametricamente, por ejemplo, una operación por corte de superficie. No aparecen en el dibujo del modelo pero son útiles cuando se necesita un “ancla” para ubicar una entidad. Debido a que los puntos de trabajo son paramétricos, pueden ubicarse mediante restricciones numéricas relativas a entidades, esto es, de manera similar a como se define un perfil. Para crear un punto de trabajo, primero hemos de crear un plano de boceto, situamos el punto y aplicamos restricciones. Se visualizan como tres pequeños ejes ortogonales en el modelo y no son visibles en la creación de vistas del modelo. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > WORK FEATURES < WORK POINT**

Comando: **AMWORKPT**

Por línea de comandos solicitará indicar la posición del punto de trabajo; hecho esto, se añaden cotas de situación que permanecerán visibles hasta que se sitúa la entidad o agujero en el punto de trabajo o se crea la matriz polar.

2.2.2.2 EJES DE TRABAJO.

Un eje de trabajo es una línea de construcción paramétrica usada como eje en una operación de revolución, barrido o matriz polar. También es empleado para situar planos de trabajo y geometría de boceto nuevos. Se pueden crear ejes de trabajo en las líneas de centro de una

superficie cilíndrica, cónica o toroidal, creadas a partir de círculos, arcos o líneas sometidas a operaciones de dibujo o dibujarlas sobre el plano de boceto activo indicando dos puntos extremos. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > WORK FEATURES < WORK AXIS**

Comando: **AMWORKAXIS**

Al acceder a la orden, aparece el siguiente mensaje por línea de comandos:

Select cylinder, cone, torus or [Sketch]: *Aquí se designará la arista circular que corresponda. La opción Boceto (Sketch) permite situar un eje, indicando sus puntos extremos, por ejemplo paralelo a una arista recta. En este caso solicitará:*

Draw a two point line on the current sketch plane.

Specify first point: *Se selecciona el primer punto*

Specify second point: *Se selecciona el segundo punto*

Computing ...

2.2.2.3 PLANO DE BOCETO.

Un plano de boceto es una superficie de dibujo temporal que corresponde a un plano real de una entidad, es un plano infinito con ejes X e Y sobre los cuales se puede bocetar o situar una entidad. Como una operación de trabajo, un plano de bosquejo es un objeto temporal y solo uno puede existir al mismo tiempo. Cuando se va a crear un boceto, se puede determinar la situación y orientación del plano de bosquejo sobre un plano 2D, que puede ser: una superficie plana, los ejes XY, YZ o ZX del sistema de coordenadas actual o un plano de trabajo previamente definido. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > NEW SKETCH PLANE**

Comando: **AMSKPLN**

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Solicita designar un plano de trabajo cara plana o alguno de los planos coordenados.*

Desde la versión anterior a esta, se ha añadido la orden **AMBASICSPLANE** que permite situar en un punto a voluntad el sistema de planos básicos: superior, frontal y lateral. La orden por menú de persiana: **PART > WORK FEATURES < BASIC 3D WORK PLANES.**

Una vez designado un punto, aparecerán en el área gráfica los tres planos, un punto de trabajo coincidente con el punto de designación y una nueva posibilidad de pieza (figura 2.25)

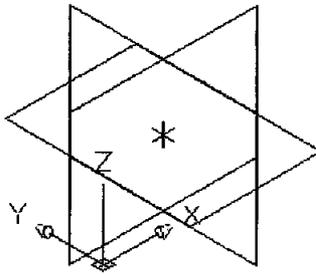


Figura 2.25 Sistema de planos básicos mediante el comando AMBASICSPLANE

2.2.2.4 PLANOS DE TRABAJO.

Los planos de trabajo son planos infinitos en el espacio modelo, asociados a la parte activa en el momento de su creación. Los planos de trabajo se utilizan como auxiliares de construcción y para definir la ubicación un plano de bosquejo cuando no es posible fijarlo a una superficie plana. A diferencia de los planos de bosquejo, no tienen ejes coordenados y es posible crear un número ilimitado de planos de trabajo asociados con la parte activa, teniendo un plano de bosquejo activo a la vez. Se pueden utilizar los planos de trabajo con los siguientes propósitos:

- Como plano de bosquejo para crear perfiles de nuevas entidades.
- Identificar planos de corte para la realización de vistas de corte en dibujos.
- Crear nuevas entidades con dimensiones ubicadas a partir de una arista del plano de trabajo.
- Como marco en un bosquejo para un nuevo perfil o trayectoria.
- Para crear una posición intermedia sobre la cual, se puedan crear nuevos planos de trabajo.

Los planos de trabajo pueden ser paramétricos o no paramétricos. Los primeros están asociados con alguna arista, vértice, eje, superficie u otra entidad y es posible definir si será paralelo perpendicular o tangente. El plano de trabajo se mueve o cambia con la entidad. Los segundos o planos no paramétricos pueden crearse en el sistema coordenado actual y permanecen constantes con una ubicación fija respecto a la parte debido a que no guardan ninguna relación geométrica con ella. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > WORK FEATURES > WORK PLANE**

Comando: **AMWORKPLN**

Cuando se accede a la orden aparece la caja de diálogo Plano de Trabajo (“**Work Plane**”) de la figura 2.26. Como se puede ver en la caja de diálogo, hay una serie de modificadores

repartidos en dos grupos: Modificador 1 (“1st Modifier”) y Modificador 2 (“2nd Modifier”). Cada modificador determina como estará orientado el plano y lo sitúa según su función.

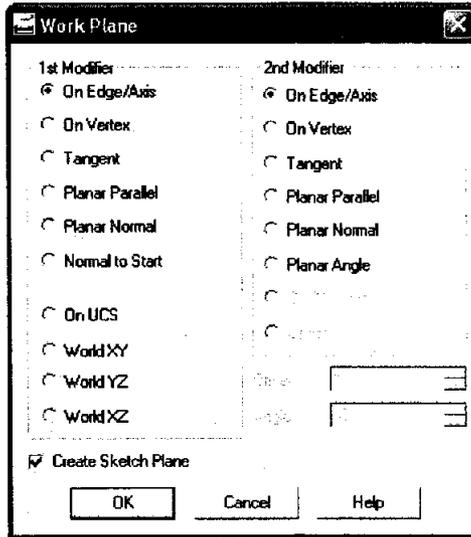


Figura 2.26 Cuadro de diálogo de Plano de Trabajo

Cuando se elige un Modificador del grupo 1 se activan en el grupo 2 únicamente los que son coherentes entre si. Por ejemplo, Plano Paralelo (“**Planar Parallel**”) sitúa un plano paralelo a una cara con una distancia o desfase que se podrá determinar en Desfase (“**Offset**”).

Se aprecia también que la casilla Crear planos de Boceto (“**Create Skketch Plane**”) viene activada por defecto, es decir, lleva incorporada la posibilidad de crear el boceto directamente sobre el plano de trabajo.

2.3 SEGUNDO EJEMPLO DE CONSTRUCCIÓN

Como ejemplo de construcción se realizará un pequeño procedimiento donde se verá una operación de barrido y la creación de nervios en una pieza, usando el perfil de la figura 1.30 vista en el apartado anterior. El perfil será extruido a 80 mm.

Se establece entonces, que es necesario un nervio central en el sólido de la figura, por lo que, el primer paso a realizar será un plano de trabajo paralelo y desfasado de la cara frontal a una distancia de 40 mm.

Por menú de persiana: **PART > WORK FEATURES < WORK PLANE**

Aparecerá el cuadro de diálogo conocido y se designará la opción Plano Paralelo (**Planar Paralel**) en el Modificador 1 (**Modifier 1**), en el Modificador 2 (**Modifier 2**) se seleccionará la opción Desfase (“**Offset**”) y se indicará una distancia de 40. El resultado será el de la figura 2.27 a. A continuación, se cambia a una vista frontal de la pieza y se dibuja una línea abierta bocetada y parametrizada, es decir, con medidas, como se muestra en la figura 2.27 b. No es necesario que la línea toque las paredes de la pieza, sin embargo, es importante que la posible extensión este dentro de el límite.

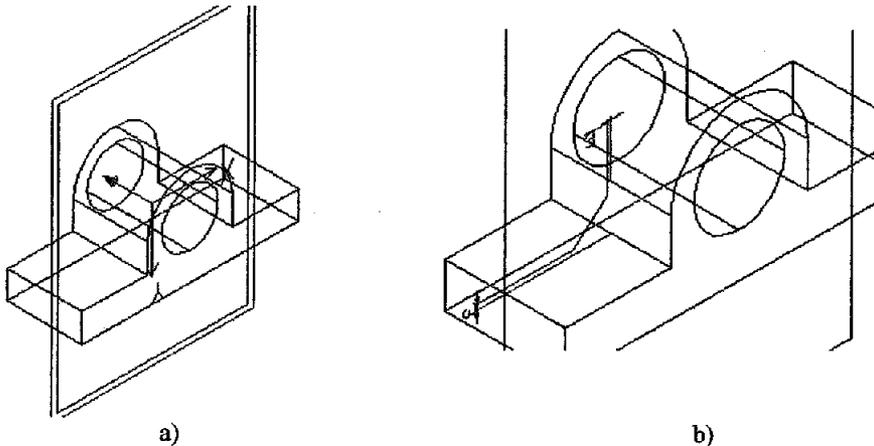


Figura 2.27 Elementos de dibujo para la Operación de Nervio

Ahora se puede realizar la operación de nervio mediante **PART > SKETCH FEATURES < RIB**. Aparece la caja de diálogo de la figura 2.28, en la cual se designa en Tipo (“**Type**”) la opción Plano medio (“**Mid Plane**”) y el Espesor del Nervio (“**Thickness**”) con un valor de 40. Se finaliza pulsando “**OK**” y se termina la operación.

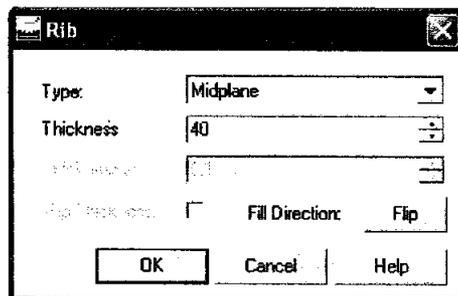


Figura 2.28 Cuadro de diálogo de Operación de Nervio

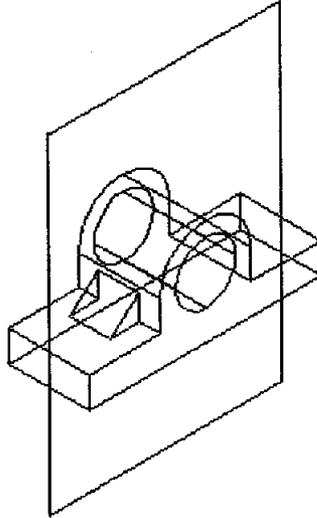


Figura 2.29 Creación de un Nervio

Una vez terminado el nervio de la figura 2.29, se realizará un barrido sobre la arista de la pieza, parecido a una operación de fileteado solo que con un perfil diferente.

Por menú de persiana se accede a **PART > SKETCH SOLVING > 3D EDGE PATH**
 Inmediatamente aparecerá en barra de comandos el siguiente mensaje:

Command:AMDT_3D_EDGE

Select model edges (to add): *Aquí se seleccionarán las aristas por donde se hará el barrido; este mensaje aparecerá cada vez que se seleccione una entidad (8 en total).*

Specify start point: *Se designa el punto donde iniciará el barrido, en este caso una cara lateral de la pieza (punto 1 de la figura 2.30)*

Create workplane? [Yes/No]<Yes>: *Se aceptará a la creación del plano de trabajo nuevo presionando ↵*

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Flip/Rotate/Origin] <Accept>:↵

En este momento se pueden visualizar el nuevo plano de trabajo y un punto de trabajo posicionado en el punto de designación donde iniciará el barrido.

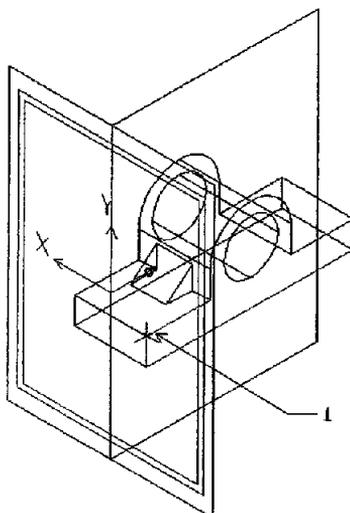


Figura 2.30 Punto de selección para Operación de Barrido

Se cambia entonces a una vista frontal de este plano y se dibuja un círculo, convirtiéndolo a boceto perfil mediante la orden **AMPROFILE**, se le da un diámetro de 15 mm y se sitúa el centro en el punto de trabajo creado.

Por menú de persiana se accede a **PART > SKETCHED FEATURES > SWEEP** y aparece el cuadro de diálogo de operación de **Barrido**. Se indica en Operación (“**Operation**”) la opción de Corte (“**Cut**”) y en el Tipo de Terminación (“**Type**”) la opción Solo Camino (“**Path Only**”). Se aceptan estos valores y se verá en pantalla la figura 2.31:

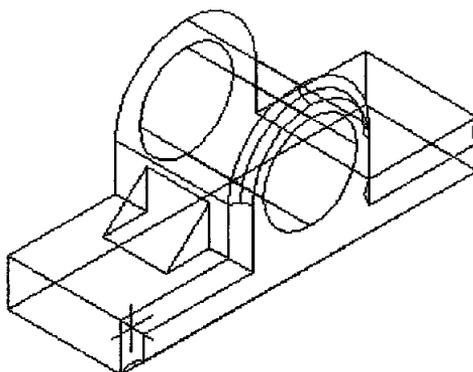


Figura 2.31 Operación de barrido sobre una cara

2.4 MODELADO TRIDIMENSIONAL : OPERACIONES PREDEFINIDAS.

Las órdenes que se engloban en este apartado, permiten realizar operaciones auxiliares como agujeros, filetes, chaflanes, ángulos de cara, cortes por superficies, etc., que son aquellos elementos casi siempre normalizados, que no son necesario dibujar por estar ya definidos por el programa.

2.4.1 CREACIÓN DE AGUJEROS.

El programa tiene una orden específica para crear agujeros de todo tipo: pasantes, ciegos, con avellanado, con rebajes cilíndricos e incluso roscados. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > PLACED FEATURES < HOLE**

Comando: **AMHOLE**

Al acceder a la orden aparece la caja de diálogo de la figura 2.32:

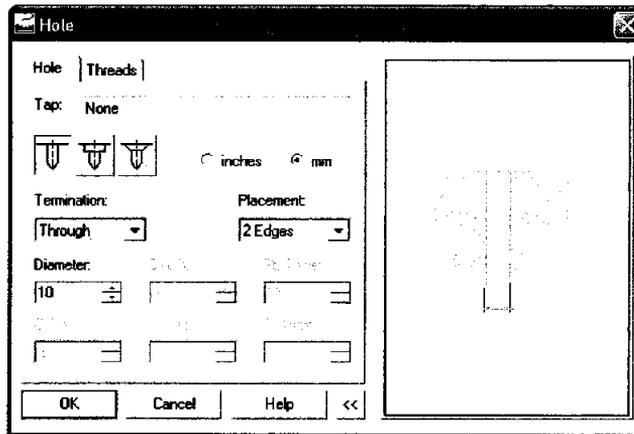


Figura 2.32 Cuadro de diálogo para la Creación de un Agujero

Este cuadro de diálogo (nuevo respecto de las versiones anteriores), contiene dos pestañas: Agujero Simple (“Hole”) y Agujero Roscado (“Threads”). Como se puede ver en la figura, existen tres iconos que podemos seleccionar dependiendo del tipo de agujero requerido, ya sea taladrado, avellanado o con caja. Una vez designado el tipo de agujero se iluminaran las casillas correspondientes para completar la información.

En la casilla Terminación (“Terminación”) se determina si el agujero es Pasante (**Through**), Ciego (“Blind”) o Hasta un Plano (“To Plane”). En Posición (“Placement”) es posible

determinar la colocación de los agujeros, esto es, Concéntricos (“**Concentric**”) por 2 Aristas (“**2 Edges**”), por Punto de Trabajo (“**On Point**”) y Respecto a agujero (“**From Hole**”).

Los valores designados en esta pestaña son validos para la pestaña de agujeros roscados.

2.4.2 GENERACIÓN DE FILETES.

Cuando se desea redondear las aristas o suavizar la geometría de una primitiva, se acudirá a esta herramienta que permite realizar varias modalidades de empalme, desde constantes a cúbicos de acuerdo a las opciones de la caja de diálogo.

Por menú de persiana: **PART > PLACED FEATURES < FILLET**

Comando: **AMFILLET**

Al acceder a la orden aparece la caja de diálogo de la figura 2.33:

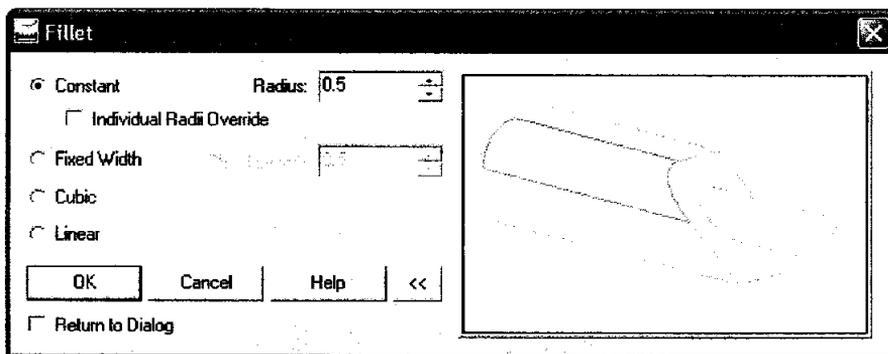


Figura 2.33 Cuadro de diálogo de Filete

Por defecto, crea el empalme constante, pero puede cambiarse a los especificados mostrándose un ejemplo de cada tipo de empalme en la ventana de previsualización.

- Constante (“**Constant**”) Aplica un radio constante en las aristas seleccionadas.
- Invalidar Radios Individuales (“**Individual Radii Override**”). Designa valores de radio individuales para cada arista designada.
- Anchura fija (“**Fixed Widht**”). Crea un empalme de espesor fijo con una longitud de cuerda especificada, en vez de un radio de empalme.

Al activar esta opción se ilumina Longitud de cuerda (“**Chord Length**”) para indicar un valor adecuado.

- Cúbica (“**Cubic**”). Crea un empalme de radio variable de forma cúbica con una transición entre los radios a lo largo de una arista continuamente tangente o lineal.

- Lineal (“**Linear**”). Crea un empalme de radio variable con una transición lineal entre los dos radios que se especifiquen.

2.4.3 GENERACIÓN DE CHAFLANES.

Esta herramienta produce chaflanes, por tanto se utiliza para biselar las aristas de la pieza sólida actual. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > PLACED FEATURES < CHAMFER**

Comando: **AMCHAMFER**

Al acceder a la orden aparece la caja de dialogo de la figura 2.34. En la casilla de Operación (“**Operation**”) se puede elegir:

- Equidistante (“**Equal Distance**”). Permite configurar un chaflán en el que ambos lados son iguales.
- 2 Distancias (“**Two Distances**”). Permite configurar un chaflán en el que los dos lados son diferentes.
- Distancia y ángulo (“**Distance and Angle**”). Permite configurar un chaflán mediante un lado y un ángulo.

En las demás casillas se indicaran las medidas, pudiendo visualizar en todo momento, el efecto producido por cada opción en la ventana de la derecha.

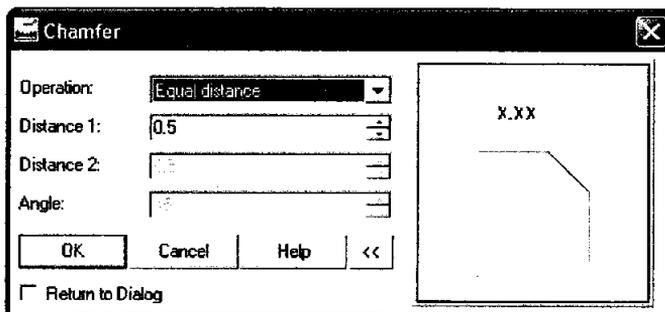


Figura 2.34 Cuadro de diálogo de Chaflán

2.4.4 GENERACIÓN DE ÁNGULOS DE CARA.

Cuando se dibujan piezas que se han de moldear, se precisa dar, lo que se llama ángulo de desmoldeo. En ocasiones este ángulo es en todas las caras, por lo que este ángulo se puede determinar en la operación de extrusión. Pero hay otras ocasiones que se ha de dar ángulo de

desmoldeo a caras independientes o a caras de sólidos ya creados. Esta operación permite generar ángulos de cara, partiendo de planos de trabajo, caras planas tangentes o una cara cilíndrica. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > PLACED FEATURES < FACE DRAFT**

Comando: **AMFACEDRAFT**

Al acceder a la orden aparece la caja de diálogo de la figura 2.35, donde se encontrarán una serie de opciones que nos permiten configurar sus valores:

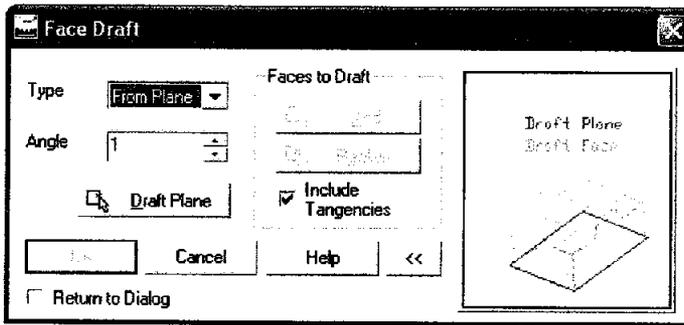


Figura 2.35 Cuadro de diálogo de Angulo de Cara

- Tipo (“**Type**”). Ofrece tres diferentes opciones para crear un ángulo de cara:
 - Desde Plano (“**From Plane**”). Aplica la inclinación midiendo el ángulo desde la altura del plano de ángulo.
 - Desde Arista (“**From Edge**”). Permite seleccionar una arista como eje para cambiar el ángulo de un plano en una cara.
 - Sombra (“**Shadow**”). Incluye caras adicionales o las elimina.
- Plano de Angulo (“**Draft plane**”). Define el plano desde el que se medirá el ángulo de inclinación, así como la altura desde la que se medirá este.
 - Añadir (“**Add**”). Si se pulsa este botón, aparece la mirilla de designación y nos pide por línea de comandos seleccionar la cara o plano que vamos a inclinar.
 - Recuperar (“**Reclaim**”). Si se pulsa en este botón aparece la mirilla de designación y se pueden añadir caras para inclinar o recuperar las que ya ha inclinado y eliminar el ángulo de inclinación.

Si en la figura 2.36 fuera necesario inclinar las caras superiores se accede por cualquiera de las formas antes descritas. Aparecerá el cuadro de diálogo donde se indicará la opción “**From Plane**” y en **Ángulo** se escribirá el valor **20**.

Pulsamos **Draft plane** y por línea de comandos:

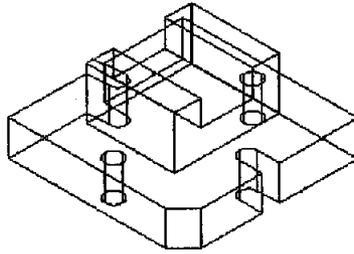


Figura 2.36 Ejemplo de uso del comando AMFACEDRAFT

Command: **_amfacedraft**

Select draft plane (planar face or work plane): Se *elegirá la cara superior de la base* (figura 2.37a)

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: ↵

Draft direction [Flip/Accept] <Accept>: *Aparecerá la flecha azul que indicara la dirección de inclinación y pulsamos ↵* (figura 2.37 b).

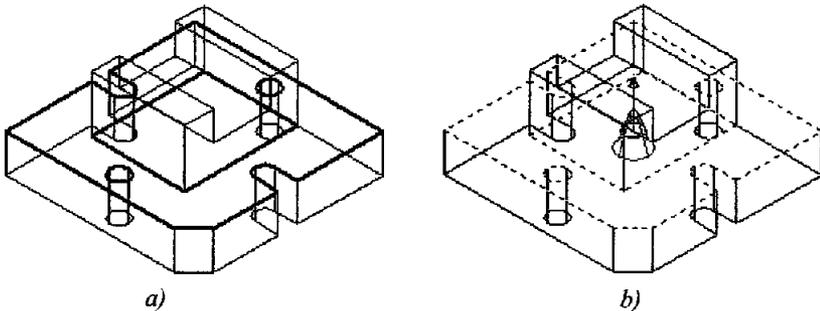


Figura 2.37 Superficie y dirección del vector para la operación de Angulo de cara

Aparecerá de nuevo el cuadro de diálogo donde se presionará la opción **“Add”** y de nuevo por línea de comandos:

Select faces to draft (ruled faces only): *Se selecciona la primer cara*

Select faces to draft (ruled faces only): *Se selecciona la cara restante*

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: ↵

Select faces to draft (ruled faces only): ↵

Computing ...

El resultado se muestra en la figura 2.38.

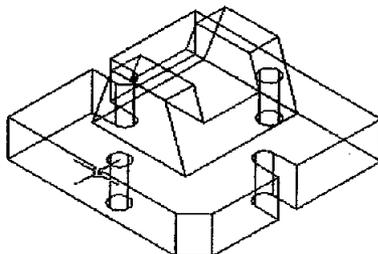


Figura 2.38 Resultado de la Operación de Ángulo de cara

2.4.5 GENERACIÓN DE VACIADOS.

Cuando se han de crear cajas, contenedores, botellas y en general objetos huecos, disponemos de esta herramienta que crea un vaciado en la pieza activa, con un grosor general asignado o con varios grosores. Si existen radios en la pieza antes de aplicar una operación de vaciado, cualquier grosor que haga que una forma cilíndrica, toroidal o esférica converja a cero o menos, dará lugar por defecto a bordes agudos.

La orden se presenta de la siguiente manera:

Por menú de persiana: **PART > PLACED FEATURES < SHELL**

Comando: **AMSHELL**.

Al acceder al comando, se presenta el cuadro de diálogo de la figura 2.39.

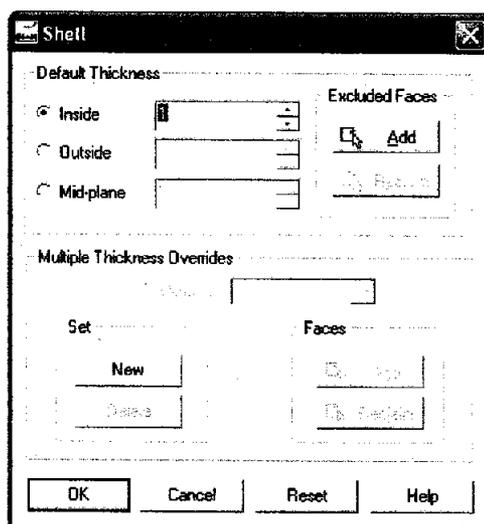


Figura 2.39 Cuadro de diálogo de Vaciado

La opción de Grosor General (“**Default Thickness**”), define el tipo de desfase y grosor interior, exterior o de plano medio para todo el vaciado, y define las caras de la pieza que se excluyen del vaciado o que se recuperan de la lista excluida mediante la opción Caras Excluidas (“**Excluded Faces**”). En esta última, si pulsamos Añadir (“**Add**”) sale momentáneamente de la caja de diálogo y aparece la mirilla de designación, con la cual se seleccionan las caras de exclusión.

La opción Múltiples grosores específicos (“**Múltiple Thickness Overrides**”) establece grosores múltiples en caras seleccionadas individualmente y no esta disponible si se utiliza la opción Plano medio (“**Mid Plane**”) como el grosor por defecto.

Una representación sencilla se visualiza en la figura 2.40 a. Ingresando a la orden y por línea de comandos se tiene:

Command: **_amshell** Aparece el cuadro de diálogo conocido donde se ingresa en la opción **Inside** un valor de 5 y se pulsa la opción **Exclude faces**.

Select faces to exclude: Se seleccionas la cara superior de la figura

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: ↵

Select faces to exclude: ↵

Computing ...

El resultado se ve en la figura 2.40 b

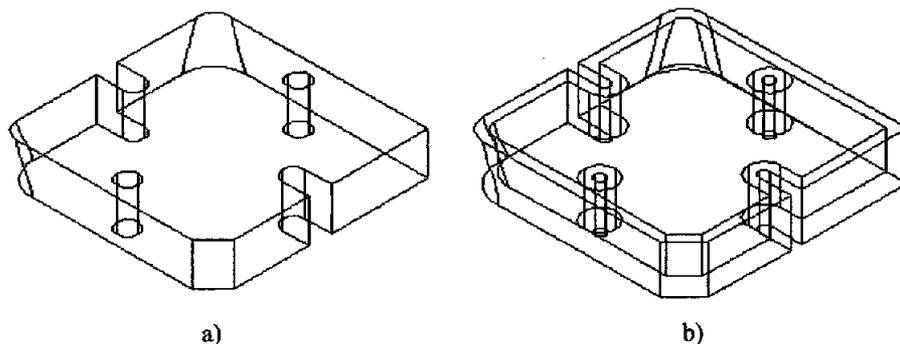


Figura 2.40 Ejemplo de Operación de vaciado

2.4.6 GENERACIÓN DE OPERACIONES PATRÓN.

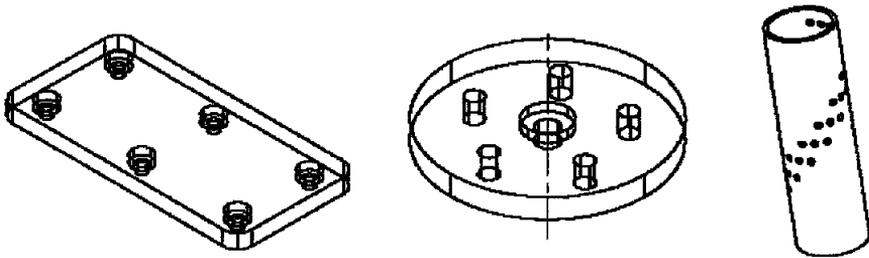
Con esta herramienta, cuyo funcionamiento es muy parecido al de AutoCAD, se pueden generar patrones o matrices rectangulares polares y axiales. En Mechanical, el funcionamiento es aún mas fácil, ya que la configuración de matrices se realiza a partir de cajas de diálogo que

varían de acuerdo el patrón elegido. En las matrices polares es imprescindible que el eje de giro sea un eje de trabajo o un punto de trabajo. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **PART > PLACED FEATURES < PATTERN RECTANGULAR/ POLAR / AXIAL**

Comando: **AMPATTERN.**

La figura 2.41 muestra las operaciones que se pueden realizar con este comando.



a) Patrón Rectangular

b) Patrón Polar

c) Patrón Axial

Figura 2.41 Ejemplos de operaciones mediante el comando AMPATTERN

2.4.7 COPIA DE OPERACIONES.

Mechanical tiene esta herramienta para efectuar copias de operaciones de dibujo y de agujero, conjuntos de agujero dentro de una misma pieza o de una pieza a otra. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **PART > PLACED FEATURES < COPY**

Comando: **AMCOPYFEAT.**

Cuando se hace una copia, la posición de destino será siempre en el plano de boceto activo de la pieza activa. Una vez ubicado, aparece una imagen temporal de la operación. Se puede elegir otra ubicación y la imagen temporal se mueve con ella.

2.4.8 OPERACIÓN DE COMBINACIÓN.

Aunque es una operación que se utiliza cuando se trabaja con ensamblajes, de los cuales se pueden obtener piezas auxiliares, esta función está englobada en operaciones predefinidas. Combina la pieza base activa con otra pieza auxiliar, dentro del ensamblaje activo para formar una pieza compleja. La pieza auxiliar se consume y se convierte en una operación de la pieza base.

Al combinar dos piezas hemos de identificar la que será la pieza básica y se activara con la orden correspondiente. Luego, se situara la pieza auxiliar en el lugar adecuado de la pieza activa mediante ordenes como Mover (**MOVE**), Rotar (**ROTATE**) o Alinear (**ALIGN**) y referencias a objetos (punto final, intersección, centro, etc.) o mediante restricciones de ensamblaje que veremos mas adelante. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **PART > PLACED FEATURES < COMBINE**

Comando: **AMCOMBINE**.

2.4.9 OPERACIÓN DE DIVISIÓN DE PIEZA.

Divide la pieza activa en dos partes mediante un plano de trabajo o una cara plana o una operación, especificando que parte de la operación será la pieza nueva y estableciendo un nombre para la misma que aparecerá en el navegador. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **PART > PLACED FEATURES < PART SPLIT**

Comando: **AMPARTSPLIT**.

Una vez que se crea una operación de división no se puede modificar y cada elemento nuevo puede desplazarse por los procedimientos conocidos.

2.5 EDICIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE OPERACIONES.

Son cuatro ordenes que permiten gestionar las diferentes operaciones relativas a primitivas sólidas durante el proceso de construcción. Es importante recordar que es posible gestionar todas las operaciones realizadas en una pieza desde el navegador.

2.5.1 EDICIÓN DE OPERACIONES.

Sirve para modificar las operaciones de todo tipo que se han realizado, mostrando y modificando a su vez, los valores en sus cotas. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > EDIT FEATURE**

Comando: **AMEDITFEAT**.

2.5.2 ELIMINACIÓN DE OPERACIONES.

Mediante esta herramienta se pueden suprimir operaciones creadas en la pieza seleccionada. Si es una operación base de la pieza, la definición de la pieza se elimina del dibujo; si la operación seleccionada posee operaciones dependientes, también se eliminarán.

La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > DELETE FEATURE**

Comando: **AMEDELFEAT.**

2.5.3 REORGANIZACIÓN DE OPERACIONES.

Hay ocasiones, en que es necesario cambiar el orden de las operaciones durante el proceso de construcción de piezas, para ello tenemos la siguiente orden:

Por menú de persiana: **PART > REORDER FEATURE**

Comando: **AMREORDFEAT.**

2.5.4 ACTUALIZACIÓN DE OPERACIONES.

Cuando se realiza cualquier tipo de modificación en una pieza sólida, es inmediatamente necesario actualizarla, regenerando todas las operaciones geoméricamente dependientes a los nuevos valores de cotas y restricciones mediante la orden siguiente:

Por menú de persiana: **PART > UPDATE PART**

Comando: **AMUPDATE.**

Una vez que se haya realizado cualquier modificación, la operación será iluminada en amarillo dentro del navegador por lo que los cambios no serán visibles hasta no haber actualizado el modelo mediante esta herramienta

2.6 CONCEPTOS SOBRE GESTIÓN DE PIEZAS.

Existen varias herramientas útiles en la gestión de piezas creadas o por crear. Estos conceptos funcionan para un amplio campo de aplicaciones, tanto en la creación de sólidos y ensamblajes, como en la creación de sólidos más complejos por operaciones de combinación.

2.6.1 CREACIÓN DE PIEZAS NUEVAS

Como se ha dicho, al abrir un archivo, solo se puede realizar un boceto que sirva de base para la construcción de un sólido paramétrico. En caso de querer construir otro sólido para formar un ensamblaje o para utilizarlo en una operación de combinación, se dispone de la función Pieza nueva ("New Part"). La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > PART > NEW PART>**

Comando: **AMNEW.**

2.6.2 CONVERSIÓN DE SÓLIDOS DE AUTOCAD.

Se pueden convertir sólidos de AutoCAD en sólidos paramétricos o de Mechanical, que será de mucha utilidad en el trabajo con combinación de piezas. La orden se presenta de la siguiente manera:

Por menú de persiana: **PART > PART > CONVERT SOLID**

Comando: **AMDT_NEW_PARTS**

2.6.3 ACTIVAR Y DESACTIVAR PIEZAS.

Cuando se trabaja con varias piezas en un mismo archivo de dibujo, solo es posible tener una activa, que acostumbra ser la pieza actual del trabajo. Cuando se quiere desactivar la actual para activar otra, se utiliza esta orden que permite seleccionar o activar una pieza, ensamblaje o escena específica en el entorno Pieza/Ensamblaje. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > PART > ACTIVATE PART**

Comando: **AMACTIVATE.**

Si se accede mediante el Navegador pulsando sobre la pieza, y eligiendo activar, el proceso se lleva a cabo instantáneamente, si es por otro medio solicitará por línea de comandos si es Pieza, Ensamble o Escena.

2.6.4 CREAR COPIAS DE DEFINICIÓN.

Una copia de definición es una pieza o modelo nuevo, creado a partir de una pieza base existente, que contiene los datos geométricos, especificaciones y parámetros de esta, con la posibilidad de poder modificar cualquier atributo o entidad en la copia de definición, sin alterar la pieza base. Cuando queremos insertar copias para crear ejemplares, esta herramienta nos permitirá hacer tantos insertos de la pieza de definición como sean necesarios. Estas copias se comportan como los bloques de AutoCAD 2D, si se modifica la pieza base, se modifican automáticamente todas sus copias. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **PART > PART > COPY DEFINITION**

Comando: **AMDT_COPY_DEFINITION**

2.6.5 ASIGNAR ATRIBUTOS.

Así como en AutoCAD se puede asignar atributos (información de texto asociada aun bloque), en Mechanical también es posible asignarlos a las piezas de definición creadas en un fichero de dibujo. Estos atributos se pueden usar para indicar datos de una pieza tales como: referencia, denominación, modelo, precio, proveedor, etc. Englobados dentro del valor del atributo.

A una pieza se le pueden asignar tantos atributos como se quiera, cada uno de ellos tendrá un nombre o un valor. El valor podrá expresarse de tres maneras diferentes: en forma de cadena de textos, como número entero o como número real.

Se puede acceder a la orden por:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > ASSEMBLY> ASSIGN ATRIBUTOS**

Comando: **AMMASSIGN.**

Al acceder a la orden, por línea de comandos aparece la caja de dialogo de creación de Atributos (figura 2.42). En esta primera caja visualizaremos el índice de piezas existentes con atributos y valor de los elementos resaltados. Para crear un atributo nuevo, se pulsará en Añadir ("Add") y aparecerá otra caja de diálogo; en ella se podrá apreciar con claridad las casillas de Nombre y Valor para el nuevo atributo así como elegir el tipo.

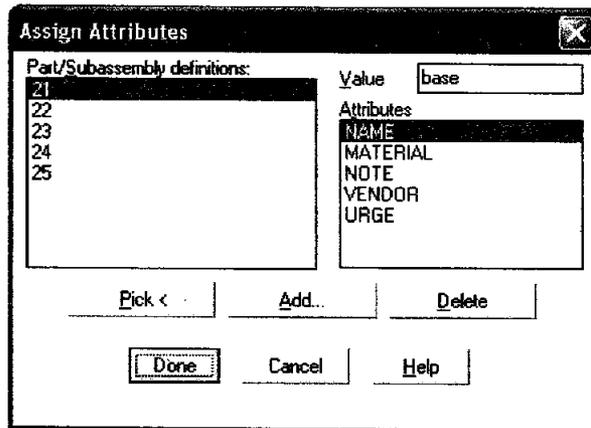


Figura 2.42 Cuadro de diálogo para Asignación de Atributos

CAPITULO 3

CREACION Y EDICIÓN DE VISTAS EN PLANOS.

Una vez dominadas las técnicas para construir un modelo sólido perfectamente restringido y parametrizado, se mostrará como realizar el plano definitivo con vistas diédricas, detalles, secciones, acotaciones normalizadas, notas, símbolos de mecanización, etc. Estos planos y su documentación son en realidad, el verdadero producto del diseño, ya que son la guía en la manufactura de un dispositivo mecánico y el programa agrega una importante dimensión en la creación de dibujo por simplificación del trabajo.

Debido a que el modelo sólido representa un modelo geométrico completamente definido del diseño, este contiene todos los datos relevantes tales como dimensiones, formas, localizaciones, ajustes, materiales y propiedades de masa. Información que puede ser insertada de forma fácil y automática en el dibujo bidimensional.

En este apartado, se presentan un conjunto de ordenes y procedimientos para conseguir un plano del modelo dentro de especificaciones de dibujo, con la particularidad que cuando modificamos alguna medida en una vista, se actualiza el modelo sólido de forma automática, esto es, el programa Mechanical Desktop mantiene una asociatividad bidireccional entre las vistas y el modelo tridimensional.

Además de las cotas que el programa crea automáticamente, se pueden añadir anotaciones u otras cotas a criterio del usuario. También es posible, establecer múltiples presentaciones para modelos complicados o ensambles que requieran más de una hoja de dibujo para documentación.

La pieza que se empleará para detallar el procedimiento de trabajo es el de la figura 3.1 que creamos en el apartado anterior (capitulo 2).

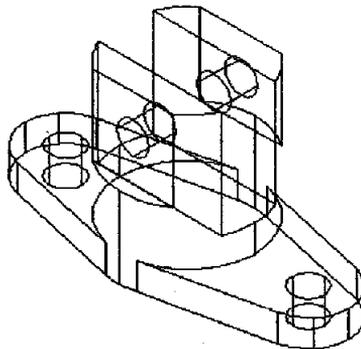


Figura 3.1 Modelo ejemplo para la creación de vistas

3.1 PROCEDIMIENTO PARA CREACIÓN DE VISTAS.

La teoría proyectiva, es decir, la formación de una imagen sobre un plano de proyección, es la base de la información de fondo para la representación de la forma. En el dibujo de ingeniería se emplean dos métodos de representación de forma: las proyecciones o vistas del sistema ortográfico y las vistas ilustrativas.

La proyección ortográfica es el método que sirve para representar la forma exacta de un objeto por medio de dos o mas vistas sobre planos que forman ángulos rectos entre si, obtenidas por la intersección de las perpendiculares trazadas desde el objeto sobre los planos.

Cuando se ha construido un sólido paramétrico y se quiere establecer las vistas ortográficas o diédricas, se ha de emplear un tiempo en determinar las que serán necesarias, los estilos de acotación y texto, así como la normalización adecuada.

De esto se desprende, que para establecer las vistas del plano, primero hemos de definir la vista principal o vista base. Esta es una vista ortográfica de referencia del modelo, la cual es la base para las demás vistas, por lo que debe proporcionar la mayor cantidad de información posible sobre el modelo. En este ejercicio, se definirá como vista base, la frontal, empleando el comando **AMDWGVIEW** para la creación de la vista.

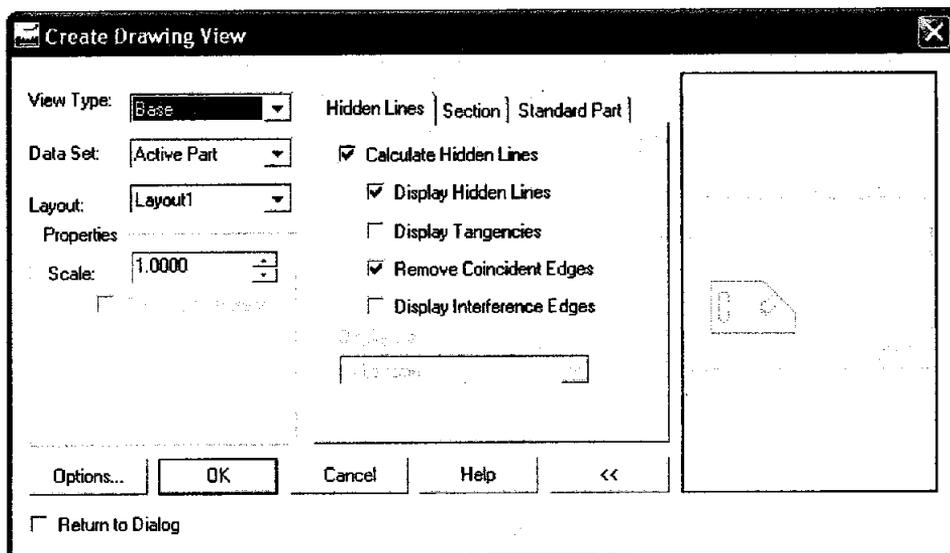


Figura 3.2 Cuadro de diálogo Crear Vista de dibujo

Para ello, se accede al menú de persiana **DRAWING > NEW VIEW** y aparece el cuadro de diálogo de la figura 3.2, una vez que se haya activado Base (“**Base**”) y Pieza Activa (“**Active Part**”) en las casillas Tipo de vista (“**View Type**”) y Conjunto de datos (“**Data Set**”) respectivamente se pulsa el botón de aceptar (“**OK**”).

Se responderá por línea de comandos según se indica:

Command: `_amdwgview`

Select planar face, work plane or [Ucs/View/worldXy/worldYz/worldZx]: *Se designa el plano de trabajo 1 de la figura 3.3*

Define X axis direction:

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]: *Se designa el eje marcado con el número 2, aparecerá el vector que indica la posición del punto de visualización.*

Adjust orientation [Flip/Rotate] <Accept>: *Se situará el eje X en una posición adecuada para el usuario y presionamos ↵*

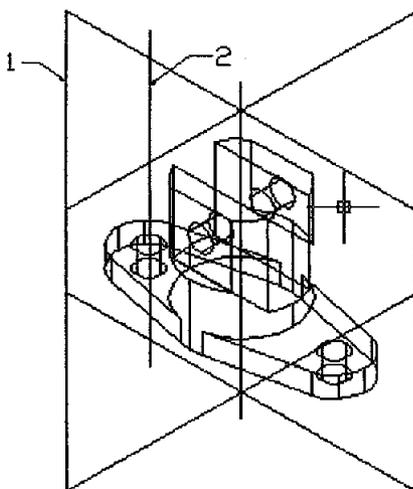


Figura 3.3 Designación de plano y eje para la creación de vistas.

Después de realizadas estas operaciones, el área gráfica se transforma en espacio papel, al mismo tiempo, por línea de comandos solicita indicar el punto donde se quiere situar la vista base:

Regenerating layout.

Specify location of base view: *Se indica un punto con el ratón o sus coordenadas y se pulsa ↵, dando como resultado la figura 3.4*

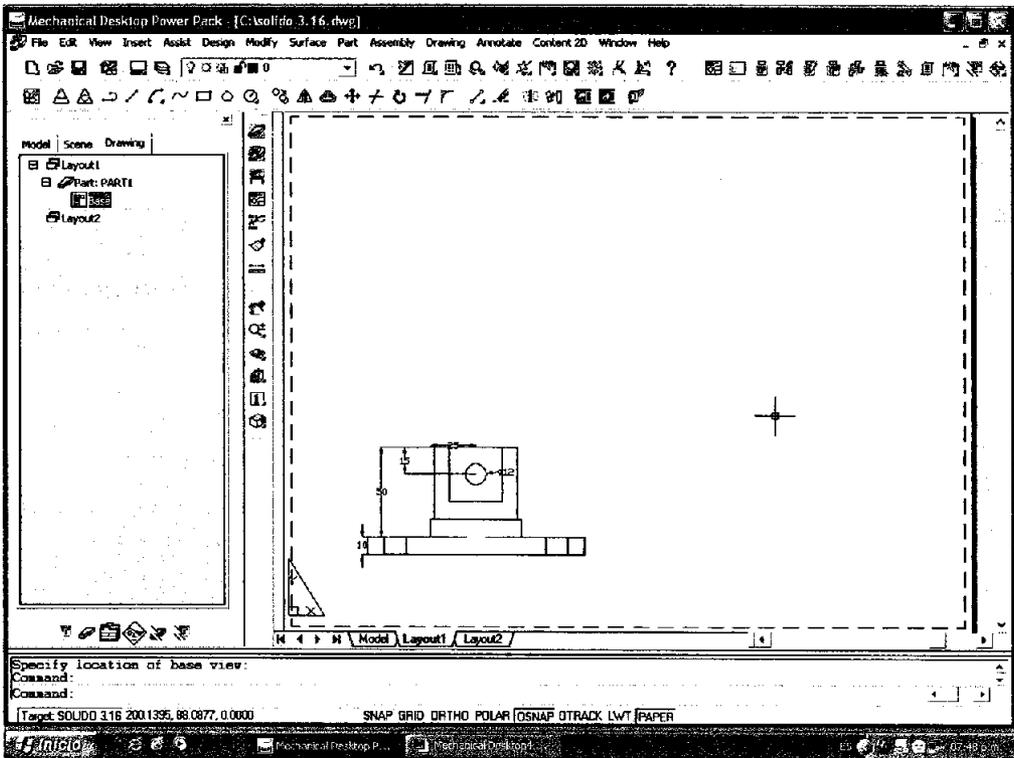


Figura 3.4 Vista principal creada.

Teniendo la vista principal es posible crear las demás vistas que servirán para documentar el modelo. Se procederá entonces a crear la vista de planta y la vista lateral convertida a sección por el eje.

Se regresa a **DRAWING > NEW VIEW**, pero en esta ocasión activando la opción Orto (“**Ortho**”) en la casilla de Tipo de Vista (“**View Type**”); se aceptan estos valores y por línea de comandos se tiene:

Command: **_amdwgview**

Select parent view: *Se designa la vista base o frontal*

Specify location for orthogonal view: *Se indica el punto o coordenadas donde se colocará la vista, en este caso un punto sobre la vista base.*

Specify location for orthogonal view: ↵. (figura 3.5)

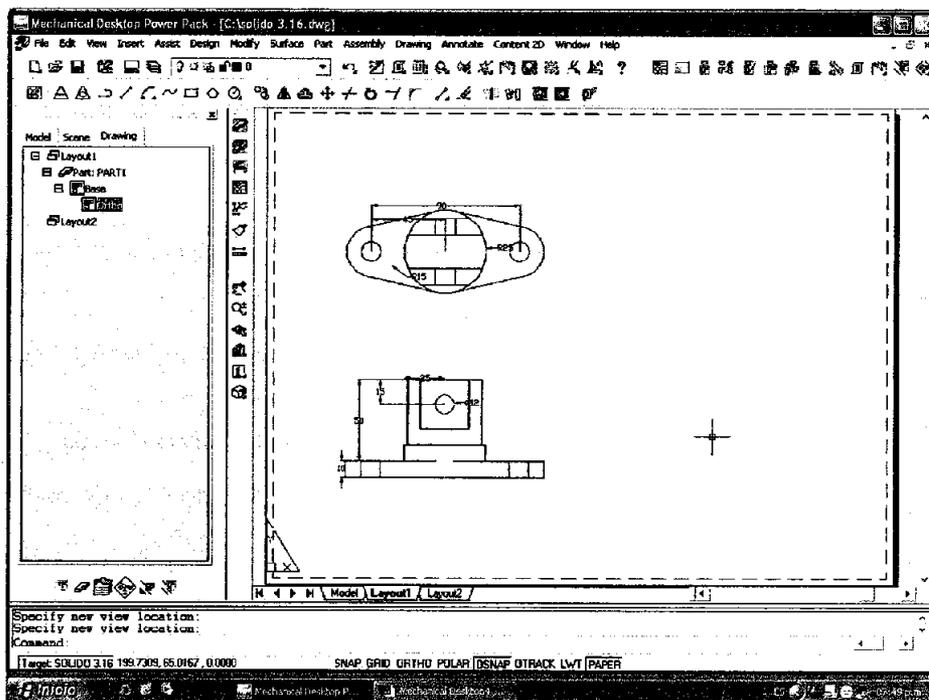


Figura 3.5 Vista superior creada.

A continuación se colocará la vista de perfil con sección por el eje, siguiendo los mismos pasos, a saber, accedemos a **DRAWING > NEW VIEW**. De la caja ya conocida, con la opción Orto (“**Ortho**”) activada se pulsará sobre la ficha Sección (“**Section**”). En Tipo (“**Type**”) se elegirá Completa (“**Full**”) y se resaltarán las demás casillas adoptando el aspecto de la figura 3.6

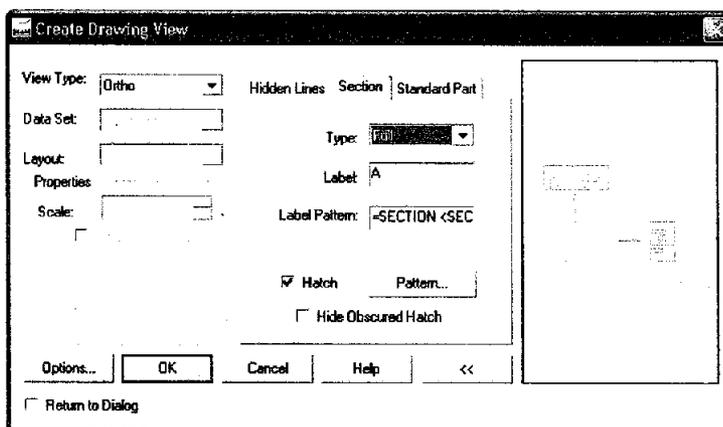


Figura 3.6 Cuadro de diálogo para crear Vista de Sección

Se pulsará el botón Patrón (“Pattern”) y se designará el tipo de rayado; por ejemplo, Definido por Usuario (“User-defined”) e ingresando los valores de 45° y espaciamiento de 7 mm. En el campo etiqueta (“Label”) se escribirá “A” y finalmente se pulsará Aceptar.

En línea de comandos solicita:

Select parent view: *Se designará la vista base*

Specify location for orthogonal view: *Se indicará el punto donde se desea la vista de sección y se pulsará ↵*

Enter section through type [Point/Workplane] <Workplane>: *Se aceptará la opción por defecto (plano de trabajo).*

Select work plane in parent view for the section: *Se designará el plano de trabajo que define la sección (sobresale en los extremos de la pieza base indicado como A-A') y se pulsará ↵*

Viewport is view-locked. Switching to Paper space.

Switching back to Model space.

El resultado se muestra en la imagen de la figura 3.7:

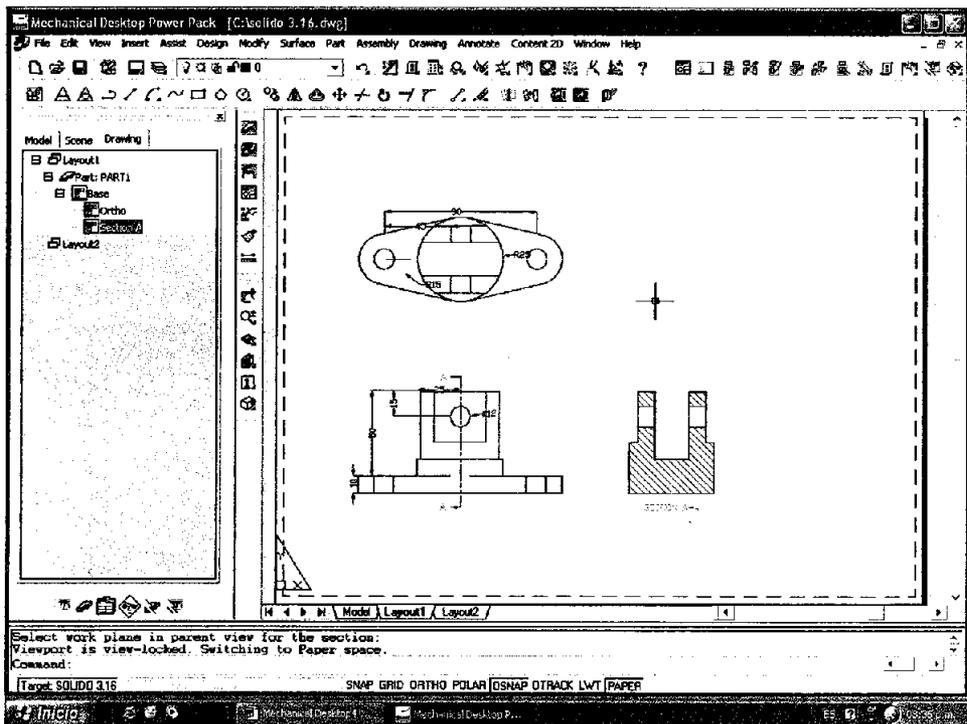


Figura 3.7 Creación de la vista frontal con sección por el eje.

También es posible obtener una vista de detalle, aunque no sea muy necesario en este caso, de una de las orejas de la base. Para ello, y como con las otras vistas, accedemos a **DRAWING > NEW VIEW** y se activará la opción Detalle (“Detail”) en la casilla Tipo de Vista (“View Type”). Se indicará como escala un valor de 2 y se pondrá una letra, por ejemplo C, en el campo de Símbolo de detalle (“Detail Symbol”). Se aceptarán estos valores y por línea de comandos:

Command: **_amdwgview**

Select vertex in parent view to attach detail: *Se designará un vértice o arista de la vista base al que quiera enlazar el detalle*

Specify center point for circular area or [Ellipse/Polygon/Rect/Select]: *Se selecciona un punto que sea el centro del círculo que ocupara el detalle y se pulsará ↵*

Specify radius of circle or [Diameter]: *Se determinará un valor para el radio o se pulsará en un Segundo punto.*

Specify location for detail view: *Se designará la posición donde se requiera la vista, se rectificará si es necesario y se pulsará ↵*

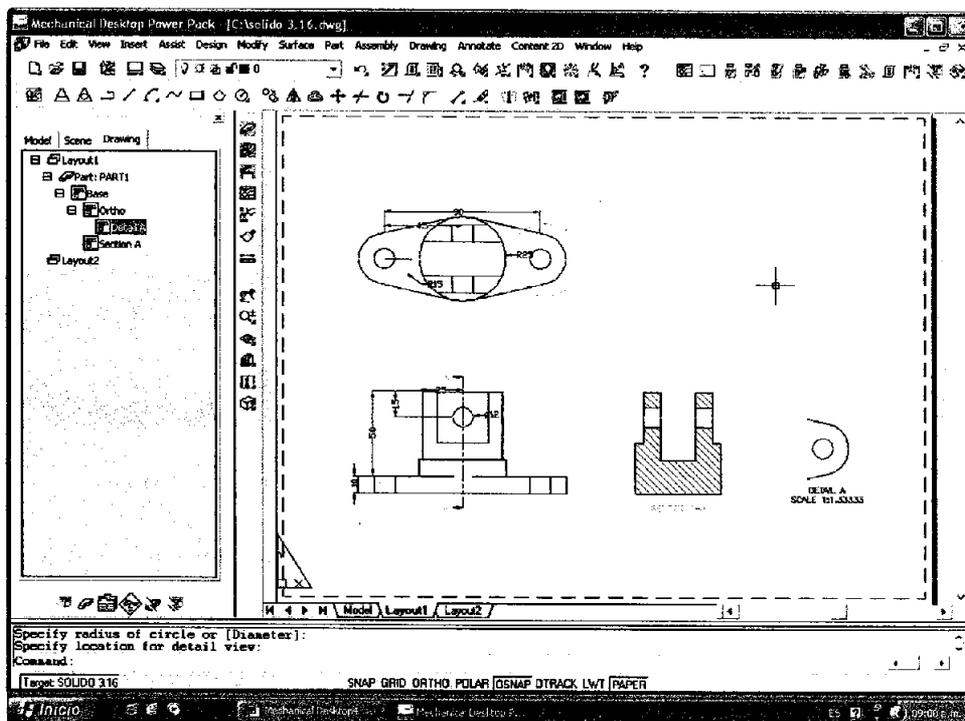


Figura 3.8 Creación de la Vista de Detalle.

Como se observa, también es posible crear un rectángulo, polígono rectángulo o elipse para indicar el área para la vista de detalle. Por la sencillez de la pieza no haría falta ningún detalle, pero la hemos hecho partiendo de la pieza existente, como ejercicio en este procedimiento. El resultado se visualiza en la figura 3.8

Solo resta hacer una vista isométrica para completar el trabajo. Se accederá a Visibilidad de Piezas y se ocultarán todos los elementos de trabajo. Seguidamente se accederá a **DRAWING > NEW VIEW** y se activará la opción Iso (“Iso”) en Tipo de vista (“View Type”) de la caja de diálogo y se acepta.

Command: **_amdwgview**

Select parent view: *Se seleccionará la vista base*

Specify location for isometric view: *Se designará el punto donde se localizará esta vista y se pulsará ↵*

El resultado se muestra en la figura 3.9:

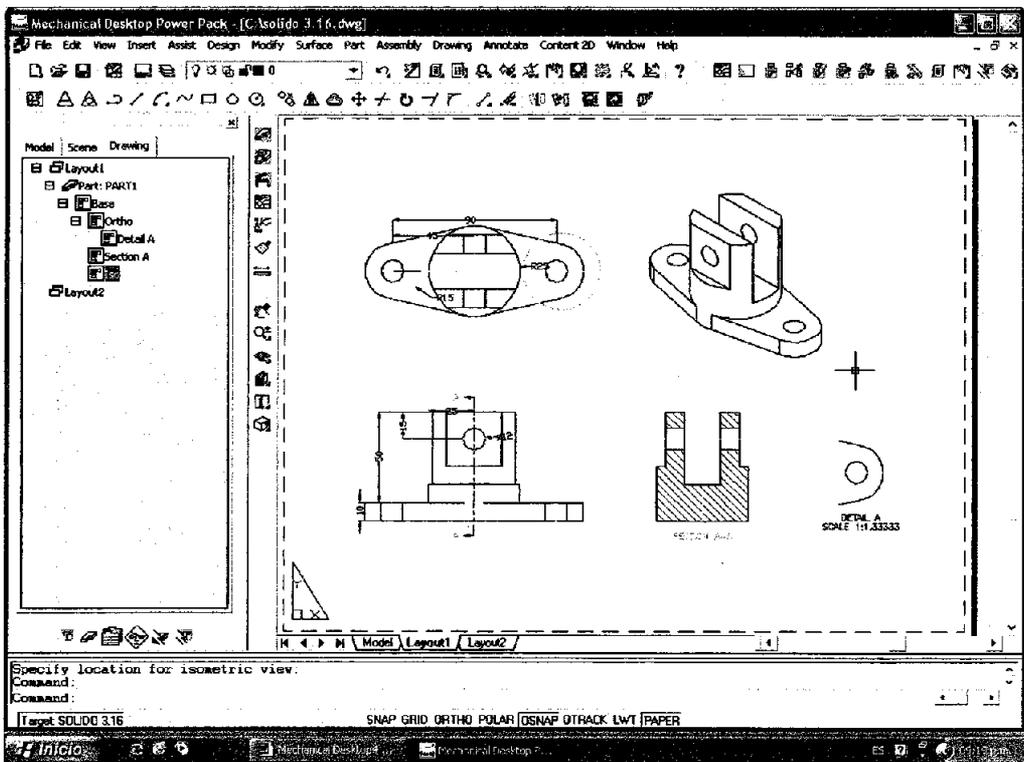


Figura 3.9 Creación de la Vista Isométrica.

Como se puede ver, las acotaciones resultan algo deficientes, ya que conserva las proporcionadas durante la construcción del sólido. Por tanto, para evitar que el proceso de depuración sea muy largo, es conveniente tener este aspecto en cuenta durante la realización del boceto. Por otra parte y debido a la construcción del modelo por primitivas que se van incorporando al sólido final, pero que se definen individualmente, pueden resultar cotas redundantes en algunas vistas y en otras pueden hacer falta. Sobresalen los siguientes defectos en la figura:

-Vista superior. El radio de 25 mm es redundante, se repite en esta y en la vista frontal. La forma correcta de acotarlo sería mediante su diámetro y en otra posición.

-Detalle A. Falta representar el diámetro del agujero.

-Vista frontal. Falta alinear dimensiones de altura, acotar el diámetro del cuerpo principal (cilindro) eliminando antes la acotación de 25 mm y desplazar el diámetro del agujero a otra posición mas visible

-Vista de sección. Falta acotar los rebajes tanto en anchura como en profundidad.

-En general una mejor disposición de las cotas en las vistas, y muy probablemente símbolos de mecanizado, tolerancias, notas, etc.

Aunque no todas las cotas que aparecen, estética y normativamente son incorrectas, no se pueden eliminar, ya que forman parte del modelo asociativo y paramétrico del sólido; la única solución es ocultarlas mediante la orden **DRAWING > DRAWING VISIBILITY**. Aparecerá la caja de diálogo y se seleccionará la pestaña de Dibujo ("**Drawing**"), observando que la opción Ocultar ("**Hide**") este activada, se pulsará Seleccionar ("**Select**") y con la mirilla de designación se ocultarán las cotas, en este caso el valor de 25 en la vista superior. Las acotaciones restantes pueden ser desplazadas o pueden agregarse otras que hagan falta.

Para mover una acotación, por ejemplo el valor de 90 mm en la misma vista superior, se accede a menú de persiana en **ANNOTATE > EDIT DIMENSIONS > MOVE DIMENSION** y por línea de comandos se tiene:

Command: **_ammovedim**

Enter an option [Flip/Move/move mUltiple/Reattach] <Move>: *Se aceptará la opción por defecto y ↵*

Select dimension to move: *Se seleccionará la acotación y ↵*

Select destination view: *Se seleccionará la misma vista superior y ↵*

Select location: *Se indicará el Nuevo punto de posición de la cota y ↵*

Para añadir cotas, por ejemplo el ancho del rebaje central, se accederá a **ANNOTATE > REFERENCE DIMENSION** y por línea de comandos pide:

Command: **_amrefdim**

Select first object: *Se seleccionará la arista interior de una oreja*

Select second object or place dimension: *Se seleccionará la arista interior de la oreja contraria*

Specify dimension placement: *Se designará un punto*

Specify placement point or [Undo/Hor/Ver/Align/Pl1/aNgle/Ord/reF/Basic]: ↵

Se realizarán estas operaciones en cada acotación de las vistas que se considere necesario hasta llegar al resultado de la figura 3.10:

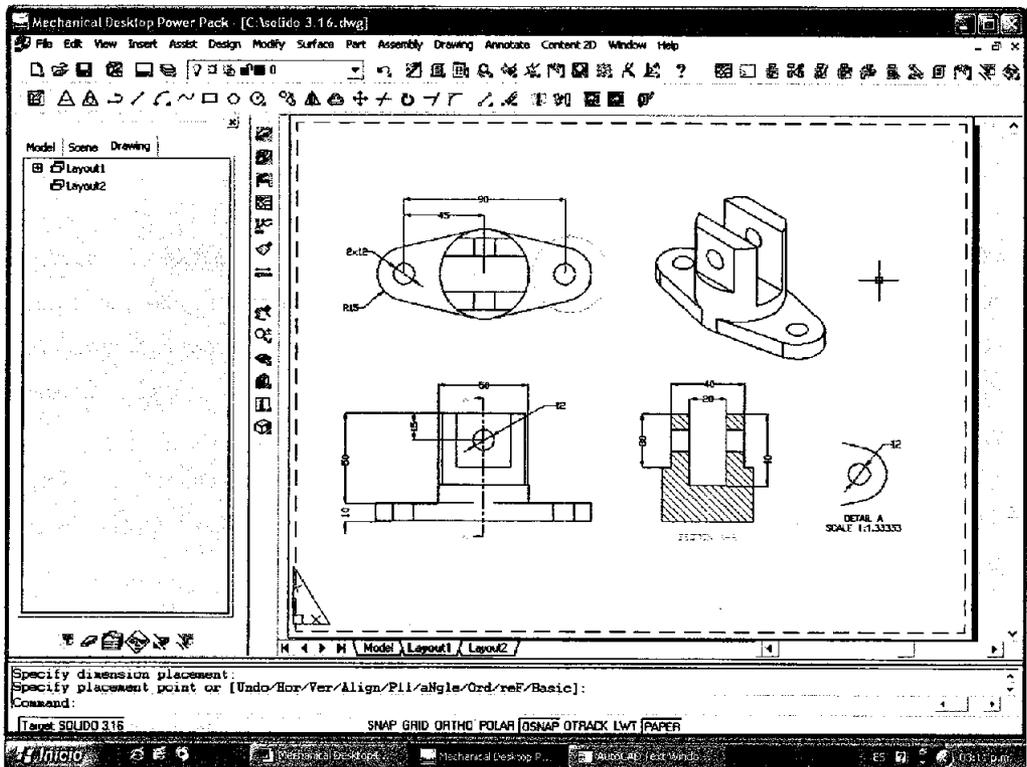


Figura 3.10 Corrección y adición de cotas.

3.2 CONCEPTOS SOBRE DIBUJOS DE VISTAS.

La modalidad llamada Dibujo (“**Drafting**”) de Mechanical Desktop utilizada para generar vistas en un plano, se produce siempre en Espacio Papel en lo que se denomina Presentaciones (“**Layouts**”) y se dispone de dos por defecto, aunque es posible crear mas, accediendo por menú de persiana a **DRAWING > NEW LAYOUT**.

Asimismo, esta modalidad permite depurar la acotación, añadir cotas de referencia, añadir notas, tolerancias, normas, mover vistas y cotas, variar estilos, etc. Se debe tener muy en cuenta que para hacer efectivos todos los cambios, se requiere actualizarlos siempre con la orden **AMUPDATE**.

3.2.1 GENERACIÓN DE VISTAS.

Como se vio en el desarrollo del procedimiento, la generación de las vistas es la primera acción que se debe desarrollar en el proceso de Drafting, la orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **DRAWING > NEW VIEW**

Comando: **AMDWGVIEW**

Al acceder a la orden, aparecerá la caja de dialogo de la figura 3.2 que se ha utilizado. Como vimos en “**View Type**” o Tipo de vista se encuentran las opciones de Base, Orto, Auxiliar e Iso; pero se dispone además de la opción Múltiple, que permite crear múltiples vistas proyectadas de la vista base sin volver al cuadro de dialogo (se puede acceder a ella por menú de persiana directamente mediante **DRAWING > MULTIPLE VIEW**). La opción Partido (“**Broken**”) permite crear una vista seccionada basada en una vista existente de una pieza larga como son ejes o flechas.

3.2.2 EDICIÓN DE VISTAS.

Esta opción permite configurar la visualización de escala, texto, asociatividad y líneas ocultas de una vista de dibujo. La orden se presenta como sigue:

Por menu de persiana: **DRAWING > EDIT VIEW**

Comando: **AMEDITVIEW**

Ingresado el comando, aparece la caja de diálogo de la figura 3.11. Según la vista que se haya designado, sea base, ortográfica, isométrica, de detalle, etc., aparecen las opciones de Propiedades (“**Properties**”), Líneas ocultas (“**Hidden Lines Tab**”), Sección (“**Section**”) y Piezas estándar (“**Estándar Parts**”), que podemos encontrar en esta caja de diálogo.

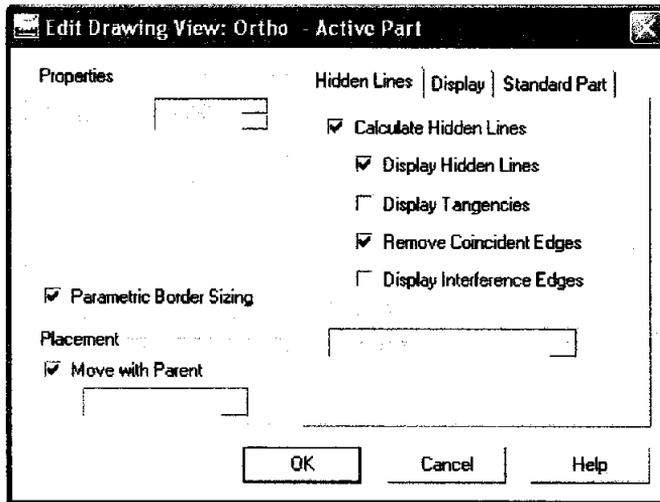


Figura 3.11 Cuadro de diálogo para la Edición de Vistas

En la ficha de Visualizar (“**Display**”) podemos controlar la visualización de las anotaciones y propiedades de las aristas en la vista seleccionada.

3.2.3 SUPRIMIR UNA VISTA.

Se emplea para suprimir una vista seleccionada y aquellas que dependan de esta. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **DRAWING > DELETE VIEW**

Comando: **AMDELVIEW**.

Una vez en la orden, solicitará seleccionar la vista que se desea suprimir, si esta tiene vistas dependientes, el programa pregunta si se desea borrar solo la vista base o también las dependientes.

3.2.4 DESPLAZAR UNA VISTA.

Si se requiere desplazar una vista a otro lugar del plano, se utilizará la orden que sigue:

Por menú de persiana: **DRAWING > MOVE VIEW**

Comando: **AMMOVEVIEW**

En este caso, si se selecciona la vista base, las vistas dependientes se moverán también junto con detalles y notas.

3.2.5 COPIAR VISTAS.

Si se quiere copiar vistas en la misma presentación o en otra distinta, se dispone de la siguiente orden:

Por menú de persiana: **DRAWING > COPY VIEW**

Comando: **AMCOPYVIEW**

Una vez en la orden por línea de comando indicará si es una vista dependiente o posee vistas dependientes y si se desea copiarlas también. Ofrece la opción de otra presentación y si es así, solicitará el nombre para esta y la ubicación.

3.2.6 EXPORTAR VISTAS.

Con el comando **AMVIEWOUT** se puede convertir vistas creadas en modo Dibujo, en datos bidimensionales para AutoCAD en un nuevo archivo de dibujo. Después de la conversión todos los elementos pasan a ser elementos en 2D y pueden manipularse con comandos propios de AutoCAD.

Aparecerá una caja de directorio, en la que una vez elegido el destino, se indicará el nombre del dibujo a exportar. Pulsamos "Save" y aparecerá la mirilla de designación solicitando indicar las vistas.

3.2.7 VISUALIZACIÓN DE COTAS PARAMÉTRICAS.

En el modo Dibujo, el comando **AMDWGDIMDSP** permite conmutar a visualización numérica, ecuacional o paramétrica. También es posible acceder a cada una de ellas por comandos especiales o menú de persiana.

Por menú de persiana: **DRAWING > PARAMETRIC DIM DISPLAY > DIMENSIONS AS PARAMETERS / DIMENSIONS AS NUMBERS / DIMENSIONS AS EQUATIONS.**

3.3 CREACIÓN Y EDICIÓN DE ANOTACIONES EN VISTAS.

En el menú de persiana Anotar ("Annotate"), se encuentran las herramientas y ordenes que permiten gestionar la posibilidad de mejorar la técnica y aspecto estético de un plano, en lo que se refiere a acotado, como a todo tipo de elementos auxiliares como: tolerancias, símbolos, notas, etc.

3.3.1 AÑADIR COTAS DE REFERENCIA.

Como se ha visto en el procedimiento, en ocasiones es necesario ocultar cotas redundantes o mal aplicadas, por lo que es necesario añadir otras con referencias adecuadas, que las sustituyan. Para ello se dispone de la siguiente orden:

Por menú de persiana: **ANNOTATE > REFERENCE DIMENSION.**

Comando: **AMREFDIM.**

3.3.2 ACOTACIÓN AUTOMÁTICA.

Esta herramienta permite colocar, de forma automática, cotas del tipo paralelo continuo o por coordenadas y simétricas, gestionándose la elección mediante una caja de diálogo.

El acceso a la orden se puede efectuar

Por menú de persiana: **ANNOTATE > AUTOMATIC DIMENSIONING.**

Comando: **AMAUTODIM.**

Como ejemplo, se borrarán las acotaciones superiores de los rebajes en la vista de corte hecha en el procedimiento (figura 3.13 a) y se usará esta opción. Una vez en el comando, aparece el cuadro de diálogo de la figura 3.12, se llenará con los valores mostrados y por menú de comandos tendremos:

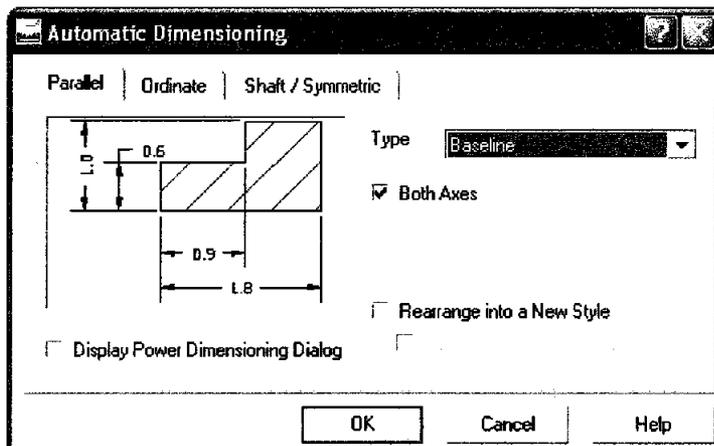


Figura 3.12 Cuadro de diálogo de Acotación Automática

Command: **_amautodim**

Select objects [Block]: *Se seleccionará la entidad marcada con el número 1 de la figura 3.13b*

1 found, 1 total.

Select objects [Block]: *Se designará la entidad marcada con el número 2*

1 found, 2 total.

Select objects [Block]: ↵

First extension line origin: *Se seleccionará el punto izquierdo de la entidad indicada con 1*

Second extension line origin (RETURN for previous point): *Se seleccionará el punto derecho de la entidad marcada con 2.*

Specify dimension line location or [Options/Pickobj]: *Se indicará el punto donde se localizarán las acotaciones y el resultado será el de la figura 3.13c*

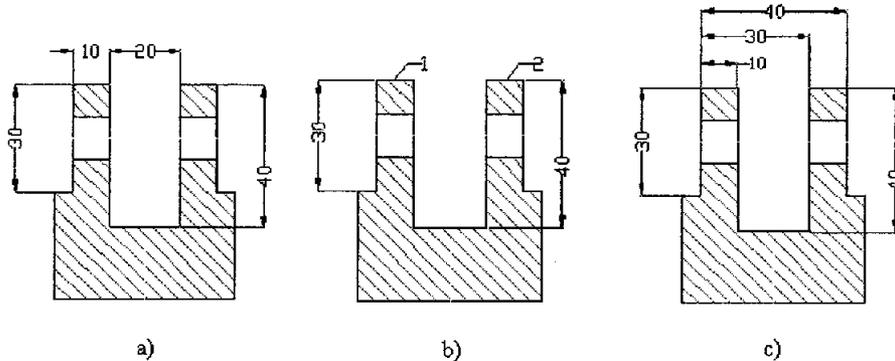


Figura 3.13 Ejemplo de acotación mediante la orden AMAUTODIM

3.3.3 ALINEAR ACOTACIONES.

Al incorporar las vistas en el dibujo, cotas que deberían estar de modo continuo y han quedado desalineadas, se pueden reorganizar mediante este comando. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **ANNOTATE > EDIT DIMENSIONS > ALIGN DIMENSION**

Comando: **AMDIMALIGN.**

3.3.4 UNIR ACOTACIONES.

Muchas veces, se tiene alguna dimensión en dos cotas que fueron necesarias en la construcción paramétrica, pero que al desarrollar el dibujo de definición queremos fundir en una, sin tener que suprimir y volver a crear una nueva. Con la siguiente herramienta se obtiene ese resultado. La orden se presenta así:

Por menú de persiana: **ANNOTATE > EDIT DIMENSIONS > JOIN DIMENSION**

Comando: **AMDIMJOIN.**

3.3.5 PARTICIÓN DE UNA COTA.

Como ocurre en AutoCAD, se puede necesitar partir una línea de cota por dos puntos, esta herramienta permite hacerlo, sin perder el atributo de asociatividad. La orden se presenta:

Por menú de persiana: **ANNOTATE > EDIT DIMENSIONS > BREAK DIMENSION**

Comando: **AMDIMALIGN**.

3.3.6 COLOCACIÓN DE TEXTO.

Se dispone de las siguientes herramientas para introducir y editar textos en vistas de plano, de las cuales las más comunes son:

- Texto en línea. Como el nombre lo indica corresponde a texto en una línea, funciona del mismo modo que en AutoCAD y se muestra el texto en pantalla conforme se va introduciendo.

Por menú de persiana: **ANNOTATE > TEXT > LINE TEXT**

Comando: **DTEXT**.

- Párrafo. Igual que la orden anterior, sirve para colocar textos mediante una caja a manera de pequeño procesador de texto.

Por menú de persiana: **ANNOTATE > TEXT > PARAGRAPH TEXT**

Comando: **MTEXT**.

- Editar texto. Sirve para cambiar frases o palabras de una nota.

Por menú de persiana: **ANNOTATE > TEXT > EDIT TEXT**

Comando: **DDEDIT**.

3.3.7 CREACIÓN DE ANOTACIONES.

Aparte de las notas y símbolos vistos hasta ahora, en ocasiones existe la necesidad de añadir otros elementos no incluidos en el apartado de Anotar, y que para crearlos se necesita dibujar círculos, rectángulos, polígonos, letras, etc. Los comandos que a continuación se describen, permitirán, una vez creados, integrarlos asociativamente a la vista deseada, desplazarlos, añadirlos, eliminarlos o desenlazarlos.

Se llama Anotación a cualquier entidad de dibujo (línea, arco, círculo, texto) extraña al dibujo realmente paramétrico (figura 3.14) La orden **AMANNOTE** permite, una vez dibujados los elementos, asociarlos a la vista elegida. Si se accede por línea de comandos se visualiza el mensaje:

Command: **amannote**

Enter an option [Add/Create/Delete/deTach/Move/Remove] <Create>: Crear por defecto y ↵

Select objects to associate with view: *Se seleccionarán los elementos de anotación*

Select point in view to attach annotation: *Se señalará un punto donde se quiere localizar la anotación*

Annotation containing 3 objects attached to view. *Indica el número de elementos que conforman la anotación*

Como se puede apreciar se pueden crear, suprimir, mover, etc., todo tipo de anotaciones ingresando por comando, sin embargo se puede emplear cada función de forma independiente por menú de persiana.

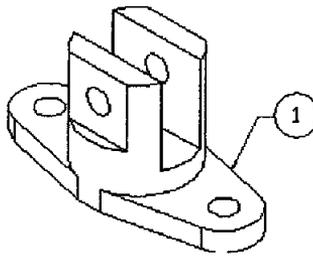


Figura 3.14 Anotaciones en vistas.

3.3.8 CREAR ANOTACIONES.

Por menú de persiana: **ANNOTATE > ANNOTATION > CREATE ANNOTATION**

Comando: **AMDT_CREATE_ANNOTATION.**

3.3.9 DESPLAZAR ANOTACIONES.

Por menú de persiana: **ANNOTATE > ANNOTATION > MOVE ANNOTATION**

Comando: **AMDT_MOVE_ANNOTATION.**

3.3.10 ELIMINAR ANOTACIÓN

Por menú de persiana: **ANNOTATE > ANNOTATION > DELETE ANNOTATION**

Comando: **AMDT_DELETE_ANNOTATION**

3.3.11 AÑADIR ANOTACIÓN.

Por menú de persiana: **ANNOTATE > ANNOTATION > ADD ANNOTATION**

Comando: **AMDT_ADD_ANNOTATION**

3.3.12 DESENLAZAR ANOTACIÓN.

Por menú de persiana: ANNOTATE > ANNOTATION > DETACH ANNOTATION

Comando: AMDT_DETACH_ANNOTATION

3.3.13 SUPRIMIR ANOTACIÓN

Por menú de persiana: ANNOTATE > ANNOTATION > DELETE ANNOTATION

Comando: AMDT_DELETE_ANNOTATION

3.4 NOTAS DE REFERENCIA A AGUJERO.

Con esta orden se pueden crear notas de agujeros con indicaciones de diámetro, profundidad y ángulo. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: ANNOTATE > ANNOTATION > HOLE NOTE

Comando: AMHOLENOTE.

Al acceder a la orden, pide por línea de comandos:

Select object to attach [rEorganize]: *Designar el agujero*

Next Point <Symbol>: *Se indicará el punto final de la directriz y ↵*

A continuación se presenta la caja de diálogo de la figura 3.15

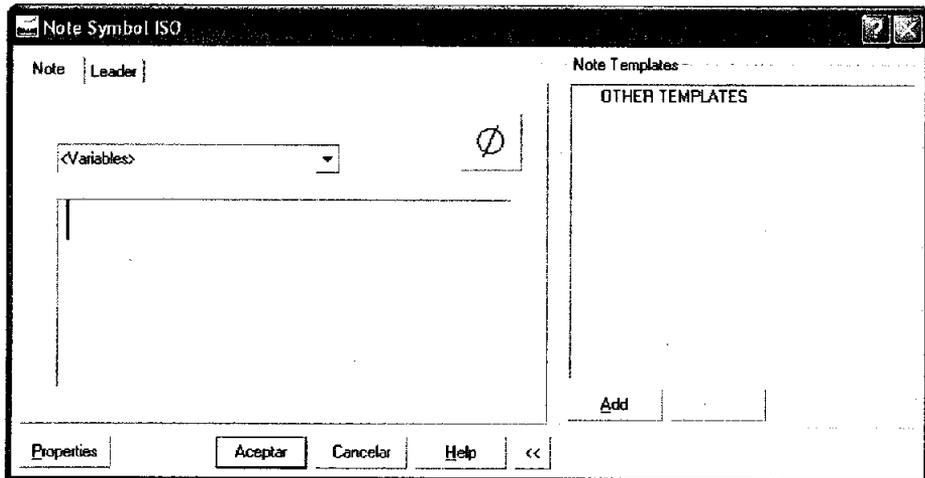


Figura 3.15 Cuadro de diálogo Nota de agujero

En esta caja, se proporcionan las indicaciones del agujero, tolerancias y tipo de cota, la posición de la directriz o flecha de enlace y símbolos por agregar.

3.5 CREACIÓN DE SÍMBOLOS DE ACABADO.

Un plano correctamente complementado, es aquel que posee toda la información descriptiva de la pieza. La inclusión de signos superficiales o rugosidades nos informa de las calidades de acabado de las superficies de una pieza. El programa dispone de una herramienta para este fin. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **ANNOTATE > SYMBOLS > SURFACE TEXTURE**

Comando: **AMSURFSYM**.

Select object to attach: *Se designará un punto o arista donde situar el símbolo*

Start Point: *Se seleccionará el punto de inicio de la directriz o el punto en el que se situará el símbolo de acabado sin la directriz*

Next Point <Symbol>: *Se designará el siguiente punto de la directriz o ↵ para colocar el símbolo.*

En este momento aparece la caja de diálogo de acabado superficial (“**Surface Texture**”) (figura 3.16), en la que se podrá seleccionar el símbolo que corresponde a la superficie designada.

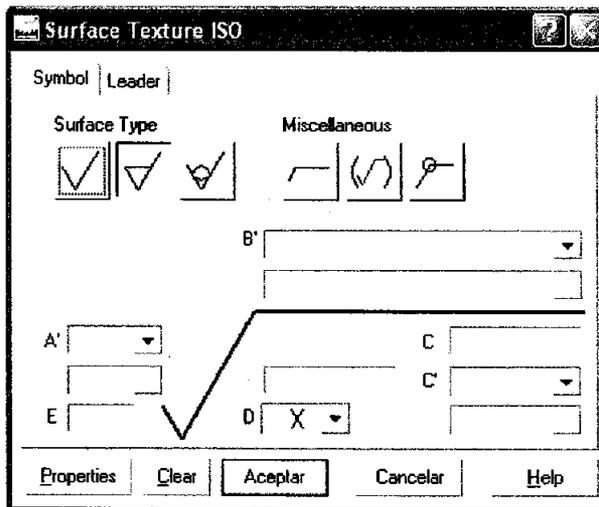


Figura 3.16 Cuadro de diálogo para la Inserción de símbolos de acabado.

En la ficha Símbolo (“Symbol”) se puede configurar el tipo y valores del símbolo de acabado, disponiendo de tres opciones: el primero es el símbolo básico de textura de superficies, el segundo es el símbolo de retiro de material requerido y el tercero el símbolo de retiro de material prohibido. Los símbolos de la opción Varios (“Miscellaneous”), nos permiten ampliar la información del símbolo, alargando la punta superior, indicando mayoría o añadiendo el símbolo de “sobre todo el contorno”. Los campos A, A’, B, B’ permiten elegir o editar los valores de información del símbolo, según las normas ISO.

La pestaña Directriz (“Leader”) permite configurar las flechas o directrices de asociatividad con el símbolo.

3.6 CREACIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA SIMPLE.

Con esta orden, se pueden agregar símbolos normalizados de soldadura, tanto en vistas frontales como laterales, que de hecho son las se acostumbra usar con más asiduidad, por su sencillez. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: ANNOTATE > SYMBOLS > SIMPLE WELD

Comando: AMSIMPLEWELD.

Al acceder a la orden aparece la caja de diálogo de la figura 3.17

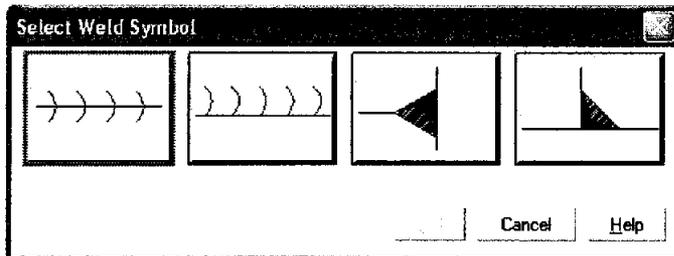


Figura 3.17 Cuadro de diálogo para la Selección del Símbolo de Acabado

Se designa un símbolo adecuado y según sea la vista frontal o lateral nos pide por línea de comandos:

Command: **amsimpleweld**

Leg width <4.494>: Se introducirá un valor para el ancho de la junta o mediante dos puntos con el ratón.

Insertion point for weld seam : Se indicará el punto de inserción de la soldadura en **Ángulo**

Angle: Se designará un valor del ángulo de la soldadura o definimos la dirección pulsando con el ratón.

Si la soldadura fuera en vista frontal, solicitará el ancho de la junta y luego la pieza que deseamos soldar. Finalmente se indicarán los puntos inicial y final de la junta.

Con la orden **AMWELDSYM** se pueden crear y añadir símbolos de soldadura aun con más detalle. La forma de añadir estos símbolos siempre será según la norma elegida mediante la ficha **Standars > Welding de Mechanical Options** (Menú Assist). Esta orden permitirá configurar la geometría del símbolo y su orientación, así como añadir datos de operaciones de soldadura.

Por menú de persiana: **ANNOTATE > SYMBOLS > WELD SYMBOL.**

CAPITULO 4

SUPERFICIES.

En la especialidad de diseño mecánico, no todo se basa en la creación de objetos sólidos regulares o geométricos. Además de piezas, montajes y combinaciones de piezas, hay elementos superficiales en forma pura, como cavidades de moldes, elementos huecos, piezas de fundición, etc. El modelado de superficies permite que se describan con precisión las caras complejas de un objeto. En un modelo completo, cada una de las caras del objeto o componente quedará representada por una o más superficies, que se juntan en bordes coincidentes.

El modelado de superficies se inicio a mediados de los años sesenta, a fin de satisfacer los requerimientos de formas mas precisas de superficies complejas en las industrias aerospacial, automotriz y de construcción de barcos.

Los primeros sistemas estaban basados en la "Corrección Coons" desarrollada por este, a principios de los años 60 y algunos de sus derivados aun se usan. Hoy en día se han elaborado algoritmos diferentes para el modelado matemático de superficies. Los más modernos, para adaptación de curvas y superficies, se basan en el algoritmo de adaptación de curvas B-spline, que es un subproducto del trabajo hecho por Bezier, matemáticamente mas robusto que las curvas basadas en polinomios anteriormente utilizadas. Los sistemas utilizan NURBs (Non Uniform Rational B- splines, es decir, B splines racionales no uniformes) mismas que pueden modelar con precisión una amplia gama de funciones de curvas y dar representaciones exactas de arcos y secciones cónicas. El modelado de superficies proporciona más información sobre el objeto que la geometría de estructura de alambre y resulta de valor para describir las formas complejas de carrocerías, cascos de barcos, moldes de inyección y en el diseño de una amplia gama de productos.

Como se sabe, en AutoCAD, hay una serie de superficies de fácil resolución, como las de revolución, extrusión, regladas y tabuladas, que son generadas de forma simple, pero con algunas limitaciones. En este apartado, se verán otros conceptos que permitirán resolver superficies un poco mas complejas, a partir del procedimiento de construcción de un gancho para grúa.

Es importante dominar el dibujo en 2D, así como la manipulación del UCS (User Cordenate System) o Sistema de Coordenadas Personal y la creación de elementos de trabajo como puntos y planos, ya que la construcción mediante superficies se basa sobre todo en el dominio de estas técnicas.

Se debe aclarar que para empezar con el modelado, se tenga solo el contorno del gancho (sin ninguna línea interior) y, que las polilíneas 2 y 3 se formen a partir de los segmentos de recta con valor de 5 en el extremo superior del gancho, hasta el arco que forma la punta, sin incluirlo, ya que la operación de barrido no puede resultar como deseamos.

A continuación, se trazará una línea entre los puntos A y B en el extremo del gancho, y luego otra perpendicular a esta (C) como se muestra en la figura 4.3 a. Después se situará el UCS sobre la última línea girado 90°, donde se trazará un arco con centro en el punto medio hasta los extremos.

Esto se logra por menú de persiana mediante: **ASSIST > NEW UCS > PERPENDICULAR TO LINE END** y por línea de comandos:

Command: **_amucsperp**

Select entity: *Se designará la línea perpendicular indicada con la letra C y ↵*

Create Sketch plane to current UCS? [Yes/No] <Yes>: *Se acepta la creación del plano de Boceto y ↵*

Se visualizará la operación con un punto de vista Isométrico Derecho mediante la orden **VIEW > 3D VIEWS > FRONT RIGHT ISOMETRIC** y se verá la figura 4.3 b.

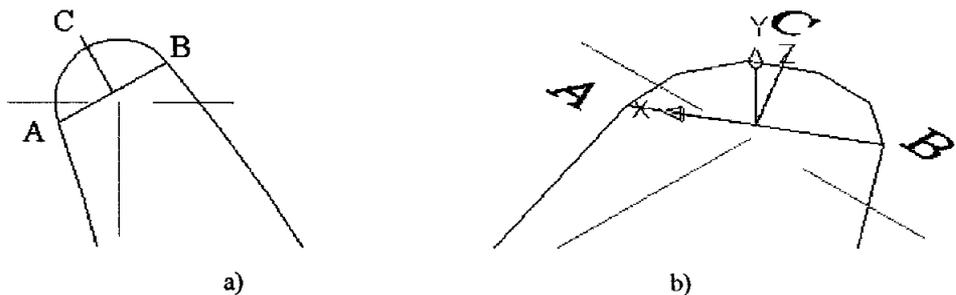


Figura 4.3 Líneas auxiliares para la creación del arco

Se observa que el UCS ha cambiado su posición por lo que se procederá a crear un arco de radio 3. Es necesario que los extremos del arco sean también los de las polilíneas 2 y 3, no los del segmento recto (figura 4.4).

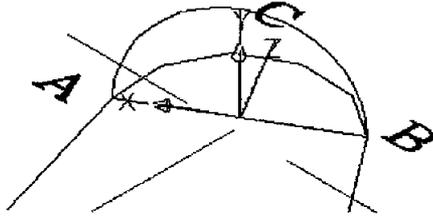


Figura 4.4 Primer arco de sección

Se repetirá esta operación en el extremo superior del gancho, hasta conseguir otro arco en un plano perpendicular al Universal. Esto se hará mediante **VIEW > 3D VIEWS > TOP**; una vez que se vea el perfil completo del gancho desde la vista superior, se cambiará el UCS mediante **ASSIST > NEW UCS > VIEW** para regresarlo a su posición original.

De nuevo, se trazará una línea entre los puntos D y E, y otra perpendicular indicada con la letra F, con la finalidad de situar el UCS al final y perpendicular respecto de esta última. El resultado final, con un arco de radio 10 se verá como el de la figura 4.5

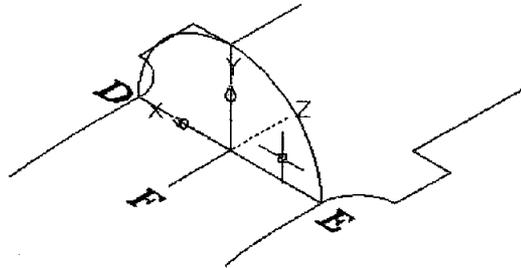


Figura 4.5 Segundo arco de sección

Una vez terminada esta operación y vuelto a situar el UCS en su posición original, ya se podrá crear la superficie, utilizando la orden para hacer un Barrido de Superficie ("Sweep") **AMSWEEPSF**, según los pasos siguientes:

Por menú de persiana se accede a **SURFACE > CREATE SURFACE > SWEEP** y por línea de comandos se tiene:

Command: **_amsweepsf**

Select cross sections: *Se seleccionará cualquiera de los arcos creados*

1 found

Select cross sections: *Se seleccionará el arco restante*

1 found, 2 total

Select cross sections: ↵

Select rails: *Se designará la polilínea indicada con el número 1*

Select rails: *Se designará la polilínea indicada con el número 2*

Aparece el cuadro de dialogo de la figura 4.6, donde se aceptarán los valores por defecto

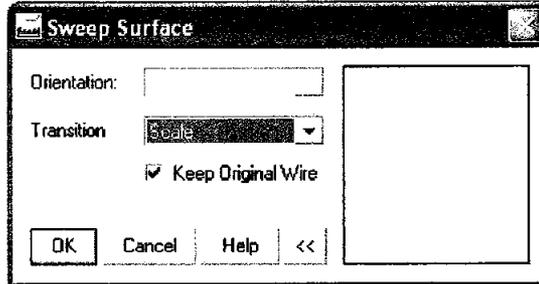


Figura 4.6 Cuadro de diálogo de Superficie por Barrido

El resultado será el de la figura 4.7

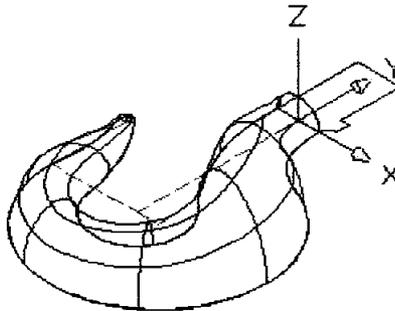


Figura 4.7 Superficie generada entre dos líneas de sección y dos rieles

Mediante el comando Simetría 3D (“**Mirror 3D**”) se dará volumen completo al modelo del gancho. Por menú de persiana se tiene: **MODIFY > 3D OPERATON > MIRROR 3D**

Command: **_mirror3d**

Initializing...

Select objects: *Se elegirá un punto de la malla creada*

1 found

Select objects: ↵

Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points]

<3points>: **xy**

Specify point on XY plane <0,0,0>: Se indicará un punto sobre el eje Y, en este caso el centro del arco superior

Delete source objects? [Yes/No] <N>: ↵

El resultado será el mostrado en la figura 4.8. Para facilitar el siguiente paso se creará una nueva capa o Layer con color rojo y se agregarán las mallas formadas que dan volumen al modelo, para después apagarlas.

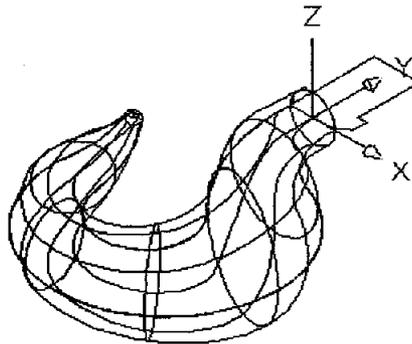


Figura 4.8 Volumen completo del cuerpo del gancho

Como penúltimo paso, se dará volumen a la parte superior del modelo (polilínea 4, figura 4.9 a), accediendo a la orden **AMREVOLVESF** o por menú de persiana a **SURFACE > CREATE SURFACE > REVOLVE**. Por línea de comandos pedirá:

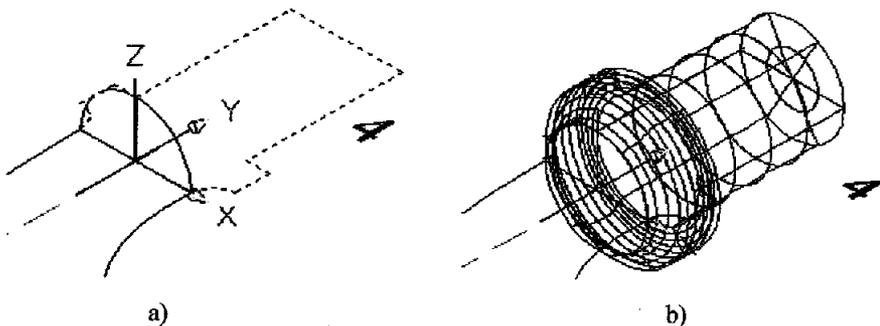


Figura 4.9 Superficie del gancho obtenida por revolución

Command: **_amrevolvesf**

Select path curves to revolve: Se seleccionará la polilínea indicada con el número 4

1 found

Select path curves to revolve: ↵

Specify axis start point or [Wire]: Se designará el primer punto sobre el eje Y

Specify axis end point: Se designará un segundo punto

Enter start angle <0>: ↵

Enter included angle (+=ccw, -=cw) <Full circle>: ↵

Y el resultado será el de la figura 4.9 b. Solo resta terminar con la punta del gancho, por lo que se visualizará ampliando el extremo de la punta. Si se recuerda, se ha trazado ya una línea perpendicular que servirá ahora como eje de giro al utilizar la orden **AMREVOLVE**, pudiendo finalizar así la construcción, repitiendo los pasos anteriores. Una vez efectuada la revolución se encienden e igualan las capas, obteniendo así el resultado de la figura 4.10.

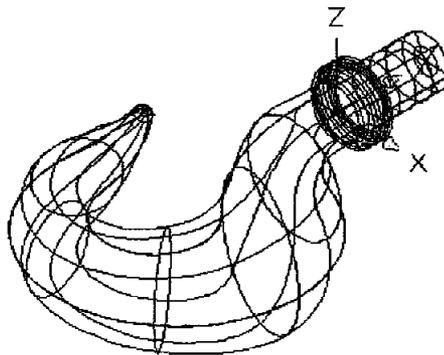


Figura 4.10 Modelo tridimensional de un gancho para grúa

4.2 CONCEPTOS SOBRE SUPERFICIES.

En los sistemas CAD, tanto un objeto sólido como una superficie, puede ser representada de dos formas diferentes, una estructura alámbrica y una estructura superficial o de malla.

4.2.1 REPRESENTACIÓN ALÁMBRICA.

Es aquella constituida únicamente por los alambres que conforman su geometría, es decir, las líneas curvas que describen la superficie. Este tipo de representación no permite la ocultación de líneas, pero en cambio hace que el modelo constructivo sea mucho más simple de líneas por lo que ocupe menos memoria y tiempo de procesado. Otra ventaja es que los alambres son considerados como entidades en las que se puede detectar referencias a objetos, como puntos finales, medios, intersecciones, etc., no siendo posible en la representación de malla.

4.2.2 REPRESENTACIÓN SUPERFICIAL O DE MALLA.

Para poder ocultar líneas en un modelo superficial, ha de estar recubierto por una malla poligonal de caras elementales o facetas de forma cuadrangular o triangular, cuya precisión es posible controlar mediante las variables adecuadas.

La malla poligonal permite también efectuar renderizados fotorrealísticos, exportar los datos a otros programas de cálculo de elemento finito y mecanizado CNC.

4.3 DIFERENTES TIPOS DE SUPERFICIES.

Así como las superficies se distinguen por su representación, también pueden definirse por el procedimiento de su generación; pudiendo clasificarse en Primitivas, de Desplazamiento, de Recubrimiento, y Derivadas.

4.3.1 SUPERFICIES PRIMITIVAS.

Son las generadas de forma regular a partir de datos como: centro, radio y altura. Son el Cono ("Cone"), la Esfera ("Sphere"), el Cilindro ("Cylinder") y el Toroide ("Torus"). Figura 4.11

Mediante el comando, se pueden crear cualquiera de las cuatro superficies básicas que se pueden utilizar como partida para la construcción de modelos más complejos. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **SURFACE > CREATE PRIMITIVES > CONE/SPHERE/CYLINDER/TORUS.**

Comando: **AMPRIMSF.**

Los pasos que se han de realizar para crear estas superficies son muy sencillos, ya que siguiendo las instrucciones de la línea de comandos, se ingresarán los valores de sus dimensiones, igual que con los sólidos de AutoCAD.

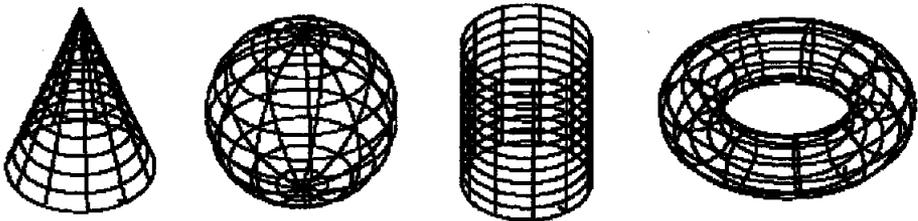


Figura 4.11 Superficies primitivas

4.3.2 SUPERFICIES POR DESPLAZAMIENTO.

Son las generadas por el desplazamiento de un alambre en el espacio modelo alrededor de ejes o a través de rieles. Las superficies que engloban esta familia son: Revolución (“**Revolved**”), Extrusión (“**Extrude**”) y Barrido (“**Sweep**”), según se la forma de desplazarse los alambres.

4.3.2.1 SUPERFICIES DE EXTRUSIÓN.

Mediante un alambre, que puede ser una línea, un círculo, un arco, una elipse, spline o polilínea, se puede crear una superficie por extrusión en una dirección especificada (figura 4.12).

El punto inicial establece la dirección de la extrusión. La orden se presenta de la siguiente forma:

Por menú de persiana: **SURFACE > CREATE SURFACE > EXTRUDE**

Comando: **AMEXTRUDESF.**

Como en la creación de sólidos paramétricos, se seleccionará el perfil (en este caso el alambre) y se indicará una dirección y una longitud. El comando dispone de cuatro opciones: a) **Según vista**, donde la dirección de extrusión será perpendicular a la pantalla; b) **Alambre**, donde la dirección estará determinada por un alambre; c) **X/Y/Z**, donde la dirección será la del eje seleccionado y d) la opción por defecto **Punto inicial**, donde se indicará la dirección por la posición de dos puntos.

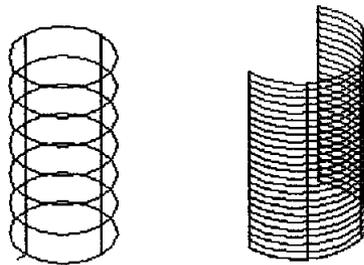


Figura 4.12 Superficies obtenidas por extrusión

4.3.2.2 SUPERFICIES DE REVOLUCIÓN.

Mediante el giro de una estructura alámbrica, formada por un número cualquiera de curvas de camino, bucles cerrados, o polilíneas, alrededor de un eje designado, se obtiene una superficie de revolución. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **SURFACE > CREATE SURFACE > REVOLVE**

Comando: **AMREVOLVESF.**

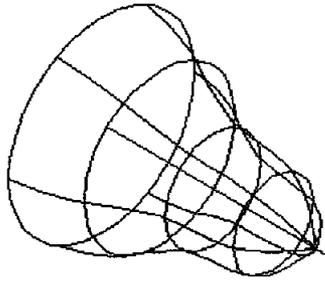


Figura 4.13 Superficie obtenida por Revolución

4.3.2.3 SUPERFICIES DE BARRIDO.

Mediante el desplazamiento de una o varias curvas de sección transversales a través de uno o mas rieles, se pueden crear superficies de barrido. Si se utiliza solo un riel, la superficie puede ser cerrada, si en cambio, se emplean dos rieles, las curvas de sección han de ser necesariamente abiertas. Para crear alambres para esta orden se pueden utilizar líneas, arcos, splines, polilíneas, círculos y alambres extraídos de una superficie. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **SURFACE > CREATE SURFACE > SWEEP**

Comando: **AMSWEEPSF.**

Al acceder a la orden, se seleccionarán los perfiles o secciones por orden correlativo y en posición homóloga, si se quiere que el barrido se efectúe correctamente y sin cruces. Luego se designarán el o los rieles por donde se hará el barrido.

Aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 4.14 en la que se elegirán los modos de construcción de la superficie y donde se verá el posible aspecto en la ventana de previsualización.

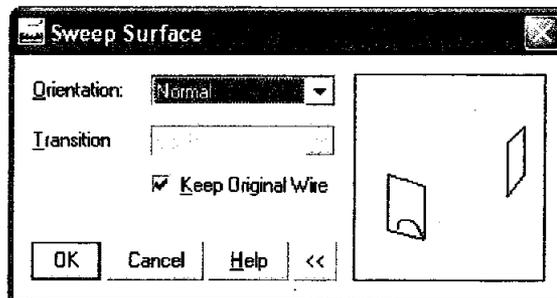
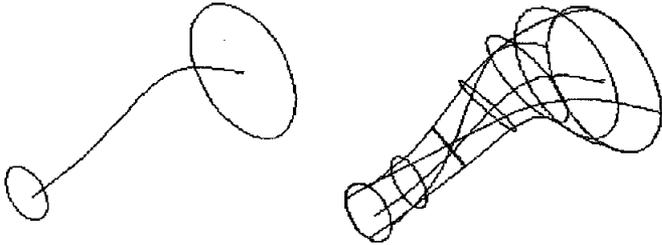


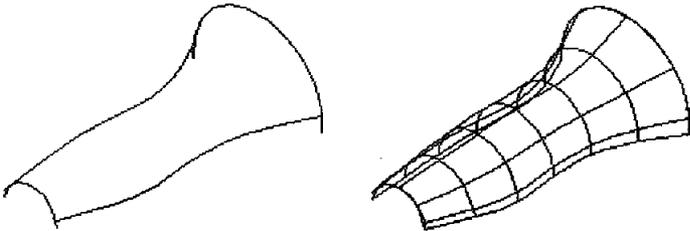
Figura 4.14 Cuadro de diálogo de Superficie por Barrido

En el apartado de Orientación (“**Orientation**”), se definirá la relación de una o mas secciones transversales respecto al riel como Normal, Paralelo o Dirección en caso de que se designe un único riel. En el apartado de Transición (“**Transition**”) se puede ajustar la sección transversal uniformemente entre dos rieles estirando o poniendo a escala la superficie cuando la distancia entre los rieles fluctúa.

Dos secciones y un riel



Dos secciones y dos rieles.



Una curva y un riel

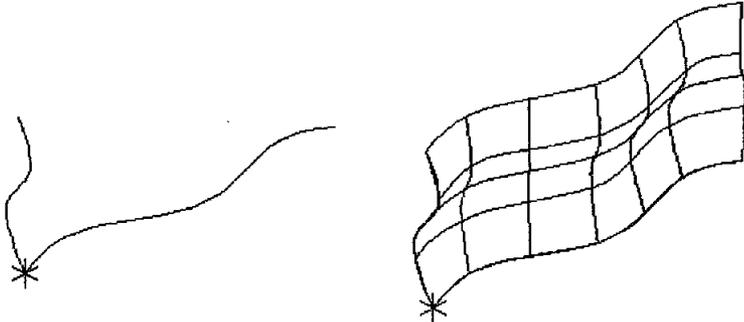


Figura 4.15 Diferentes tipos de superficies

4.3.3 SUPERFICIES DE RECUBRIMIENTO.

Son las superficies generadas por recubrimiento de los alambres, es decir, si se eliminan los alambres, la superficie permanece. Esta familia engloba las superficie Reglada (“Rule”), la Plana (“Planar”) la Ajustada o Solevada en sentido U (“Loft u”) y la Ajustada o Solevada en sentido V (“Loft V”).

4.3.3.1 SUPERFICIES SOLEVADAS.

Crea una superficie mediante la designación correlativa y agrupada en un conjunto de estructuras alámbricas o curvas que posean una orientación similar, es decir, en la misma dirección (figura 4.16).

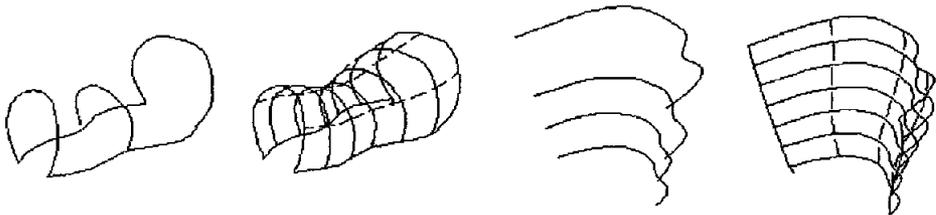


Figura 4.16 Superficies suavizadas en dirección U y V

La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **SURFACE > CREATE SURFACE > LOFT U/ LOFT V**

Comando: **AMSWEEPSF**.

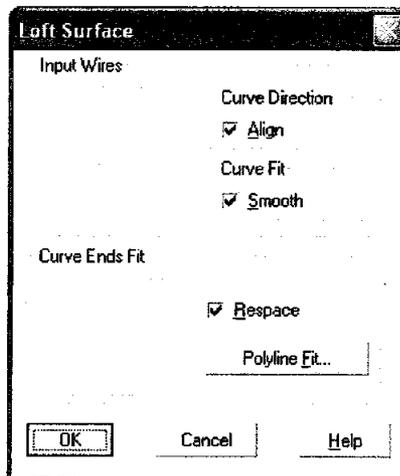


Figura 4.17 Cuadro de diálogo de Superficie por Barrido

Una vez que se accede a la orden, por línea de comandos solicita designar los alambres para la superficie; hecho esto, aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 4.17, donde deben aceptarse normalmente los valores por defecto, para que la superficie sea lo mas uniforme posible.

4.3.3.2 SUPERFICIES REGLADAS.

Son aquellas que se crean entre dos alambres o curvas. Ambos pueden ser abiertos o cerrados. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **SURFACE > CREATE SURFACE > RULE**

Comando: **AMRULE.**

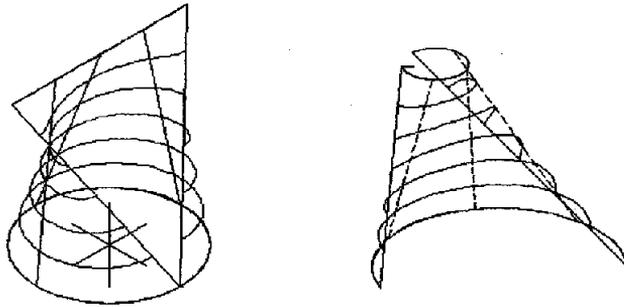


Figura 4.18 Superficies regladas

4.3.3.3 SUPERFICIES PLANAS.

Se pueden crear superficies a partir de dos puntos que representan el vértice inferior izquierdo y el vértice opuesto de una superficie evidentemente rectangular o a partir de contornos cerrados que se designen si están situados en un mismo plano. Por menú de persiana se presenta en dos formas directas, una permite crear rectángulos planos y la otra superficies planas recortadas por designación de los contornos (figura 4.19). La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **SURFACE > CREATE SURFACE > PLANAR/PLANAR TRIM**

Comando: **AMPLANE.**

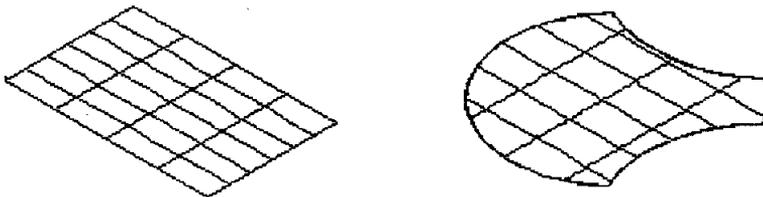


Figura 4.19 Superficies planas

4.3.4 SUPERFICIES DE TRANSICIÓN.

Son aquellas que se pueden crear de forma suavizada a partir de una superficie entre dos, tres o cuatro estructuras alámbricas o superficies. La nueva superficie será tangente y estará perfectamente unida en todos sus elementos. El resultado es muy parecido a la orden **AMFILLET** entre dos caras de un modelo. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **SURFACE > CREATE SURFACE > BLEND**

Comando: **AMBLEND**.

4.4 EDICIÓN DE SUPERFICIES.

4.4.1 CONVERSIÓN DE OBJETOS A SUPERFICIES.

Sólidos y cuerpos de AutoCAD, así como piezas sólidas de Mechanical Desktop pueden convertirse en superficies mediante la siguiente orden. Al proceder con la operación, los objetos originales no son conservados por lo que se debe tener cuidado antes de trabajar con ella. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **SURFACE > CREATE SURFACE > FROM ACAD**

Comando: **AM2SF**.

4.4.2 COMBINAR O COSER SUPERFICIES.

Cuando es necesario unir dos o mas superficies, se dispone de esta orden, que procede mediante una caja de diálogo a realizar cosidos óptimos o personalizados. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **SURFACE > SURFACE > STITCHING**

Comando: **AMSTITCH**.

4.4.3 “ENGORDAR” UNA SUPERFICIE.

Con esta orden, se puede dar grosor a una superficie NURBs de Mechanical, convirtiéndola en pieza sólida (figura 4.20). Es importante también efectuar un duplicado antes de efectuar la operación si se quiere conservar la superficie original. La orden se presenta:

Por menú de persiana: **SURFACE > SURFACE THICKEN**

Comando: **AMTHICKEN**.

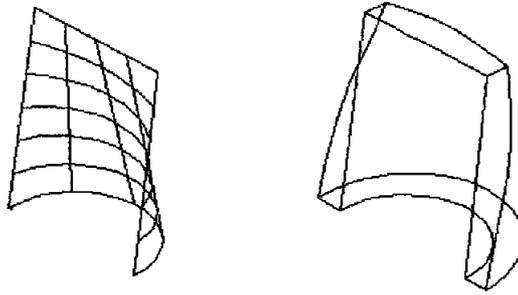


Figura 4.20 Superficie "Engordada"

4.4.4 EXTENDER SUPERFICIES.

En ocasiones, como en combinaciones con sólidos para su corte, se precisa extender o acortar las superficies por sus extremos a fin de que la superficie cubra por todos sus lados el recorte. La orden se presenta:

Por menú de persiana: **SURFACE > EDIT WIREFRAME > SPLINE LENGTHEN**

Comando: **AMLENGTHEN.**

4.5 DESARROLLOS COMBINADOS

En el campo del diseño mecánico es necesario poder combinar objetos regulares geométricos con superficies puras, mediante cortes, para poder efectuar modelados de caras complejas, que sería imposible realizarlas con las órdenes típicas de construcción de sólidos. En este apartado se desarrollarán la combinación de Sólidos paramétricos o Sólidos de Mechanical con superficies, la combinación de Sólidos de AutoCAD con superficies y la combinación de Sólidos de MD entre sí.

Como se sabe, es posible crear sólidos paramétricos de diversas formas, pero algunas veces, se encuentran limitaciones cuando se han de diseñar caras de formas irregulares. Para solventar esto, se tienen las ordenes **AMSOLCUT** para cortar sólidos de AutoCAD y **AMSURFCUT** para sólidos de Mechanical.

Para que el corte con superficies pueda efectuarse en condiciones normales, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las superficies base para el corte deben ser de cuatro contornos lógicos.
- Si para obtener la superficie necesaria, se precisa más de una superficie, estas deberán unirse para formar una única.

- La superficie debe sobresalir totalmente por los cuatro lados del objeto sólido.
- La superficie nunca contendrá líneas que forman ángulos agudos.
- La superficie debe ser lo mas sencilla posible, otras complejas retardan el proceso de diseño.
- La superficie no debe ser recortada, ni tener bordes interiores de recorte.

4.5.1 COMBINACIÓN DE SÓLIDOS PARAMÉTRICOS O DE MECHANICAL CON SUPERFICIES.

Para tratar este tema se desarrollará la construcción de la forma exterior de un dispositivo seleccionador o “ratón”, cuyo contorno acotado se muestra en la figura 4.21. Este sólido tiene una altura de extrusión de 45 mm, con un ángulo hacia adentro de 6°. De ese sólido paramétrico, se extraerá una de las caras superiores para sustituirla por una cara esculpida por una superficie de diseño elegido.

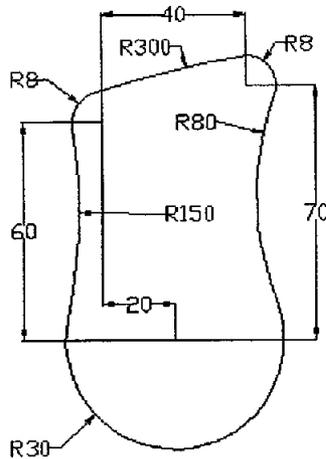


Figura 4.21 Boceto dimensionado del Dispositivo Seleccionador

Por los métodos ya conocidos, se creará el sólido extrusionado según los datos descritos (figura 4.22 a). El valor de la altura es mayor para ajustarlo con el recorte de la superficie.

Para la creación de la superficie, se deben dibujar primero los alambres de apoyo, por lo que se dibujará una línea corta perpendicular a la arista inferior en la cara frontal, lo que impedirá mas adelante, que el alambre de sección sea dibujado lejos del objeto.

Mediante la orden **ASSIST > NEW UCS > PERPENDICULAR TO LINE END**, se seleccionará el extremo de esa línea y el UCS girará 90° sobre el eje X (figura 4.22 b).

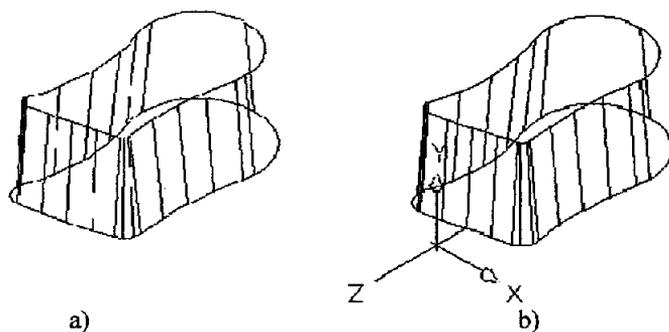


Figura 4.22 Cuerpo base del dispositivo

Una vez posicionado en nuevo sistema coordenado se dibujará la spline y se visualizará el modelo completo en dos ventanas por **VIEW > VIEWPORTS > 2 VIEWPORTS**; en la izquierda se situará la vista frontal y en la derecha la isométrica, resultando la figura 4.23

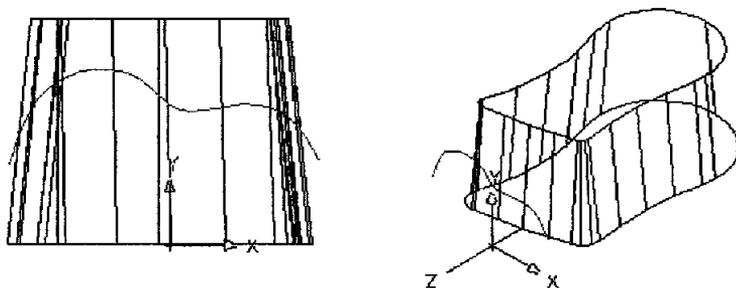


Figura 4.23 Dibujo de la spline de sección para la superficie

Se gira ahora el UCS 90° por el eje Y mediante **ASSIST > NEW UCS > Y**, por línea de comandos se acepta el valor por defecto (90°) y se dibuja la spline transversal a la anterior. Esta quedará al centro del modelo, pero para mejor visualización se girará de nuevo el sistema coordenado por el eje X y se moverá la spline a un costado. El resultado será el de la figura 4.24.

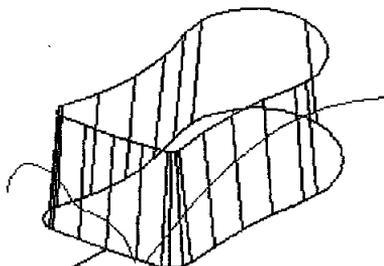


Figura 4.24 Dibujo de la spline de riel para la superficie

Con este nuevo alambre, se puede crear ya la superficie mediante barrido, con la orden **AMSWEEPSF** o por menú de persiana **SURFACE >CREATE SURFACE >SWEEP**.

Al ingresar a la orden, aparece por línea de comandos:

Command: **_amsweepsf**

Select cross sections: *Se designará el primer alambre*

1 found

Select cross sections: ↵

Select rails: *Se designará el segundo alambre*

Select rails: ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 4.25, en donde, en la casilla Orientación (“**Orientation**”), se seleccionará la opción Dirección (“**Direction**”) y se aceptará. De nuevo por línea de comandos se tiene:

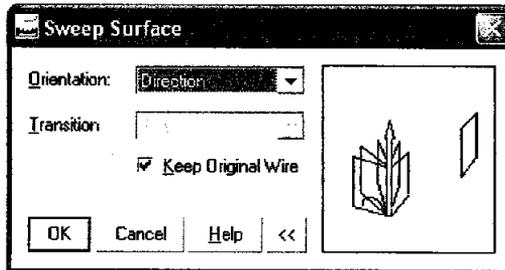


Figura 4.25 Operación de barrido

Define direction:

Specify start point or [Viewdir/Wire/X/Y/Z]: *Se elegirá X y ↵*

El resultado será el de la figura 4.26:

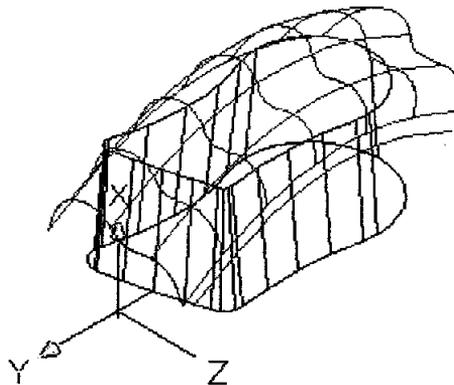


Figura 4.26 Superficie de barrido resultante

Se activará la ventana lateral derecha y con la orden **MOVE** se bajará la superficie para que corte totalmente al sólido. Así mismo, se activará una vista superior y se extenderá con la orden **AMLENGTHEN** ambos lados de la superficie, ya que si se aprecia, queda reducida. Se recuerda que la superficie debe recortar completamente el sólido por sus cuatro lados. El resultado se verá como la figura 4.27:

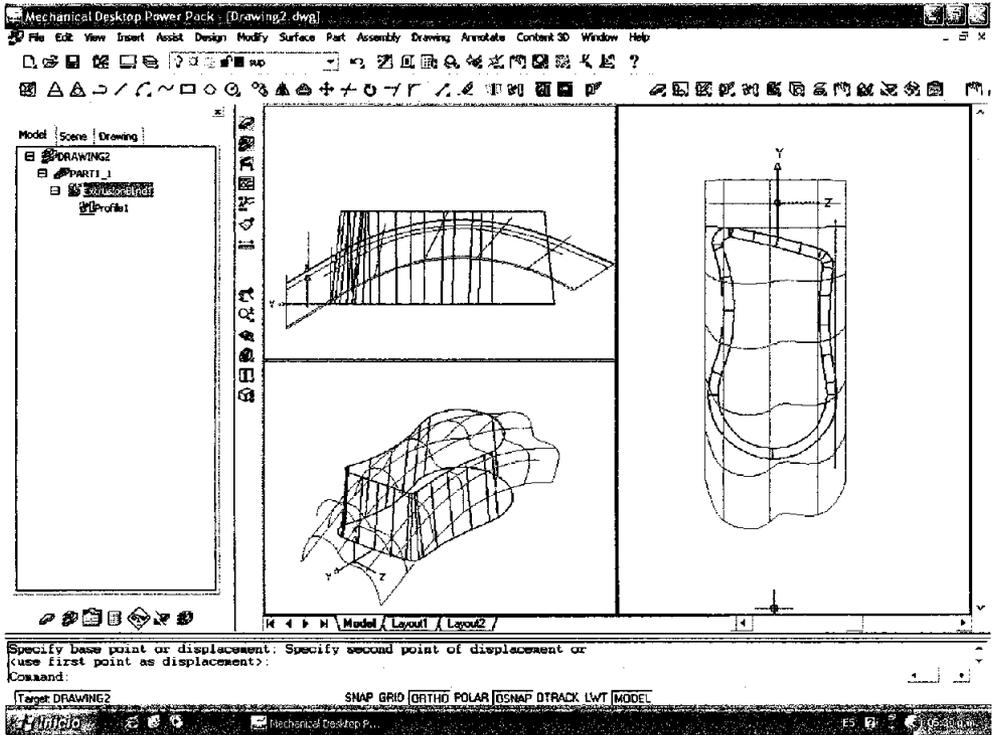


Figura 4.27 La superficie debe sobresalir completamente del sólido al realizar el corte

4.5.1.1 REALIZACIÓN DEL CORTE.

Como la superficie se ha creado de forma única, no hará falta unirla. Se procederá entonces a parametrizar la operación de recorte del sólido, añadiendo un **Plano de Trabajo paralelo** a la superficie y un **Punto de Trabajo restringido** respecto a las aristas de la primitiva sólida. El punto controlará la posición de la superficie, mientras que el plano, asociado al punto, controlará la orientación. Si por alguna causa se modificará la situación del punto de trabajo, la posición de la superficie se verá afectada.

Se creará el plano de trabajo colocando el UCS en posición universal y visualizando el isométrico de la pieza por los medios ya descritos. Se accede a la orden **AMWORKPLN** o por menú de persiana **PART >WORK FEATURES >WORK PLANE** y aparecerá el cuadro de diálogo conocido. En el Modificador 1 se elegirá la opción Plano Paralelo (“**Planar Parallel**”) y en el Modificador 2 la opción Desfase (“**Offset**”) con un valor de 1. Se aceptarán estos valores y por línea de comandos:

Command: **_amworkpln**

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Se designará la cara superior del modelo y ↵*

Computing ...

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: *Se comprobará que el vector apunta hacia afuera del modelo y ↵*

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Flip/Rotate/Origin] <Accept>: *Se asegurará que la posición del UCS sea la correcta y ↵.*

Por el mismo procedimiento, se accederá a la orden **AMWORKPT** y por línea de comandos aparece:

Command: **_amworkpt**

Workpoint will be placed on the current sketch plane.

Specify the location of the workpoint: *Se marcará un punto en el interior de la cara superior.*

Se procede a aplicar restricciones numéricas por **PART > DIMENSIONING > NEW DIMENSION** y por línea de comandos se tiene:

Command: **ampardim**

Select first object: *Se seleccionará el punto de trabajo*

Select second object or place dimension: *Se designará el perfil circular de radio 30*

Specify dimension placement: *Se situará la cota de forma horizontal*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <25.43>:
Indicamos un valor de 10.

Se volverá a seleccionar el punto y se indicará una cota vertical con valor de **10** respecto de la misma arista y en pantalla se tendrá la figura 4.28:

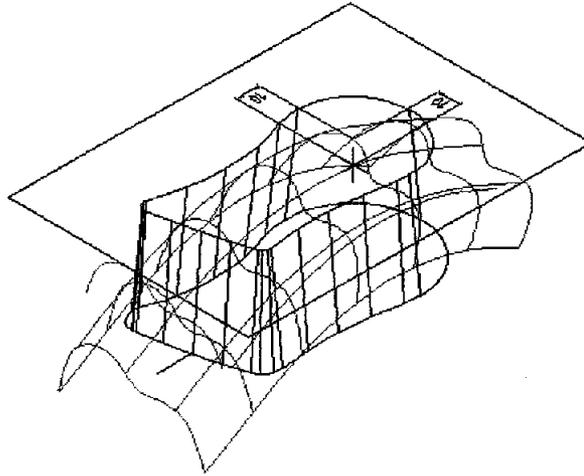


Figura 4.28 La localización del punto de trabajo controlara la posición de la superficie

Finalmente, mediante la orden **AMSURFCUT** o desde menú de persiana **PART > PLACED FEATURES > SURFACE CUT**, se responderá por línea de comandos según se indica:

Command: **_amsurfcut**

Type=Cut

Select surface or [Type]: Se designará la superficie

Select work point: Se seleccionará el punto de trabajo

Specify portion to remove [Flip/Accept] <Accept>: Se observará que el vector apunte fuera del cuerpo y ↵.

El resultado final se visualizará como se muestra en la figura 4.29:

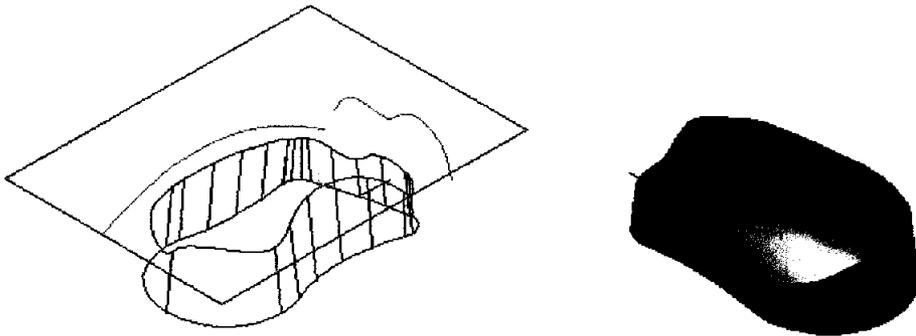


Figura 4.29 Corte del sólido mediante una superficie

4.5.2 COMBINACIÓN DE SÓLIDOS DE AUTOCAD CON SUPERFICIES.

El programa Mechanical Desktop permite realizar cortes de sólidos de AutoCAD mediante superficies. No requiere tantos pasos como en el uso de sólidos paramétricos y si en cambio, goza de ventajas en la asociatividad y edición.

Como ejemplo, se desarrollará el modelo del cuerpo de una biela, según la figura 4.30.

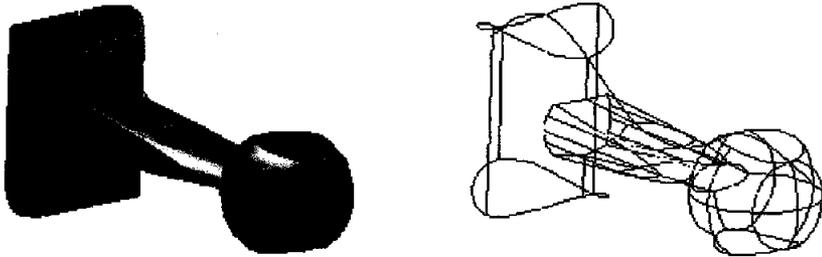


Figura 4.30 Modelo del cuerpo de biela

Para ello, se partirá de las primitivas de AutoCAD, de la familia del menú de persiana **DESIGN > SOLIDS > CYLINDER / SPHERE/ CONE** y se dibujarán los siguientes elementos (figura 4.31):

- Un cilindro de diámetro 40 y una altura de 80 mm
- Un cilindro de diámetro 35 y una altura de 120 mm, cuyo centro de base estará en el punto medio del eje vertical del primer cilindro.
- Un cono de base elíptica con un eje focal o eje principal de 50 mm, un eje normal con valor de 30 y a una altura de 150 mm.
- Por último, una esfera con diámetro de 40 mm.

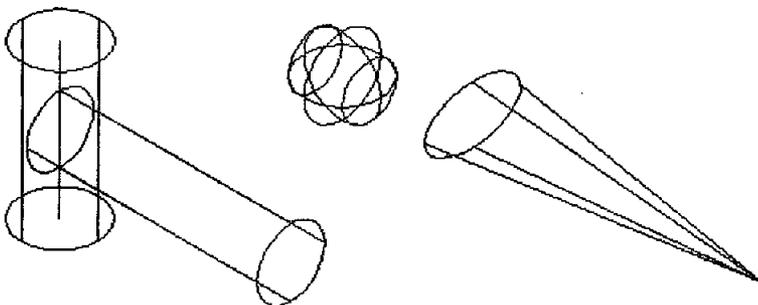


Figura 4.31 Primitivas base para la creación del modelo

Si los elementos han sido creados sobre el mismo plano de trabajo, es necesario cambiar su posición mediante la orden "ROTATE 3D". Una vez que el cilindro de diámetro 25 esta en su lugar, con el comando **ALIGN** o desde menú de persiana **MODIFY > 3D OPERATION > ALIGN**, se alinearán el cono con el cilindro horizontal por su eje, de manera que el eje principal de la elipse base del cono, quede horizontal (figura 4.32), por línea de comandos se tiene:

Command: **_align**

Select objects: *Se seleccionará el cono*

1 found

Select objects: ↵

Specify first source point: *Se designará el punto central de la base del cono*

Specify first destination point: *Se designará el punto central de la base del cilindro horizontal*

Specify second source point: ↵

A continuación se desplazará la esfera por su centro, al centro del extremo del cilindro horizontal moviendo el UCS de tal forma que lo permita. El resultado se verá como la figura 4.32:

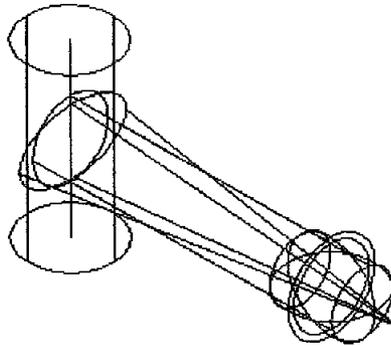


Figura 4.32 Elementos posicionados

Acto seguido, se efectuará la operación booleana Intersectar ("Intersect") o desde menú de persiana **MODIFY > SOLIDS EDITING > INTERSECT** entre el cilindro horizontal y el cono (figura 4.33 a). Mediante la operación booleana Unión ("Union") o desde menú de persiana **MODIFY > SOLIDS EDITING > UNION**, se unirán la nueva primitiva con el cilindro vertical y la esfera, obteniendo la figura 4.33 b.

Hasta este momento, se han utilizado medios de dibujo de sólidos convencionales de AutoCAD. A partir de aquí, se han preparado los elementos para realizar una operación combinada de corte de superficie.

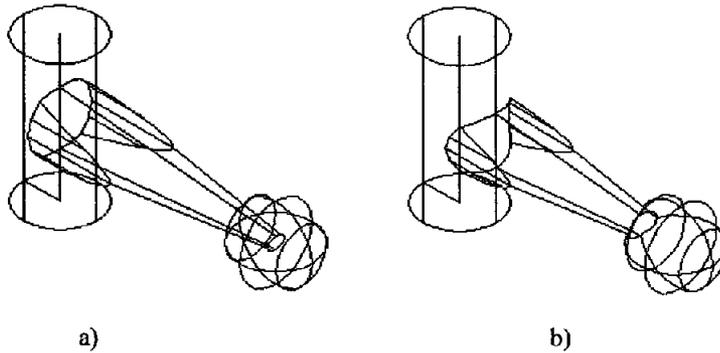


Figura 4.33 Operaciones de Intersección y Unión

Para ello, se dibujará en una capa diferente las splines base de la creación de la superficie de corte. Se girará el UCS mediante **ASSIST > NEW UCS > X/ Y/ Z** hasta lograr dibujar el riel de la superficie como se muestra en la figura 4.34 a.

Dibujado el riel base para la superficie, se girará de nuevo el UCS sobre el eje Y 90°, y se dibujará la spline de **sección de corte** base, se tendrá entonces la figura 4.34 b:

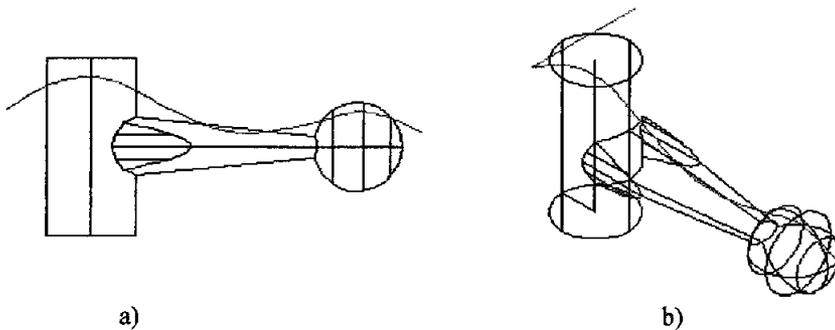


Figura 4.34 Dibujo de las splines de sección de corte y riel para la superficie

Se efectuará la operación de barrido mediante **SURFACE > CREATE SURFACE > SWEEP** y se formará la superficie de corte. Se cambiará luego, a una vista superior con la finalidad de comprobar que la superficie abarque y sobrepase el sólido. Si no es así, por menú de persiana **SURFACE > EDIT SURFACE > LENGTHEN** se seleccionarán las aristas de la superficie hasta lograrlo (figura 4.35).

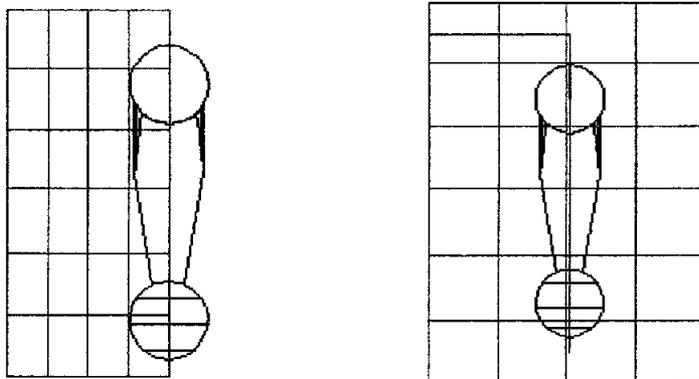


Figura 4.35 La superficie debe sobresalir completamente del sólido al realizar el corte

Se volverá a visualizar de forma isométrica y de nuevo por menú de persiana se accederá a **MODIFY >3D OPERATION > MIRROR 3D**, se duplicará la superficie recién creada como un espejo, a través de un eje horizontal, por lo que será necesario crear una línea auxiliar desde el punto medio del eje del cilindro vertical hasta el centro de la esfera. Luego, por línea de comandos se tiene:

Command: **_mirror3d**

Initializing...

Select objects: Se *designará la superficie de corte*

1 found

Select objects: ↵

Specify first point of mirror plane (3 points) or

[Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: Se *indicará el eje sobre el cual haya quedado nuestra línea auxiliar, en este caso Z axis.*

Specify point on mirror plane: Se *seleccionará el punto medio del eje del cilindro*

Specify point on Z-axis (normal) of mirror plane: Se *seleccionará el centro de la base del cilindro.*

Delete source objects? [Yes/No] <N>: ↵

El resultado se visualizará como la figura 4.36:

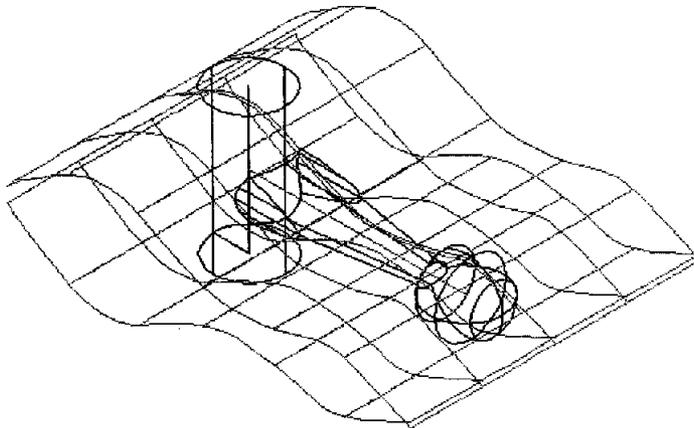


Figura 4.36 Duplicado de la superficie mediante la opción MIRROR 3D

Ya es posible cortar con ambas superficies mediante la orden **AMSOLCUT** o por menú de persiana **SURFACE > EDIT SOLID** y por línea de comandos:

Command: **_amsolcut**

Select solid to cut: *Se seleccionará el sólido*

Select surface: *Se seleccionará la superficie superior*

Portion to remove [Flip/Accept] <Accept>: F, *Se cambiará la dirección del vector, en caso de que este dirigido hacia abajo.*

Portion to remove [Flip/Accept] <Accept>: ↵

Se repetirán las mismas operaciones para la superficie inferior, dando como resultado, el cuerpo de la biela recortado (figura 4.37).

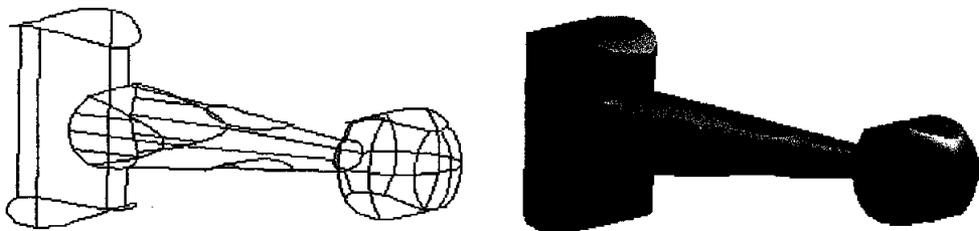


Figura 4.37 Modelo tridimensional terminado

4.5.3 COMBINACIÓN DE SÓLIDOS PARAMÉTRICOS.

Hasta ahora, se han creado piezas sólidas de forma unitaria, partiendo de bocetos parametrizados y después transformándolos en piezas tridimensionales. De igual forma, ha sido posible la combinación de estos sólidos con superficies para obtener piezas de forma aun más compleja, que mediante operaciones normales, sería muy difícil obtener.

En este apartado, se creará una pieza mediante la combinación por operaciones booleanas, de diferentes piezas, para obtener una más compleja. Debido a que un archivo solo puede contener una pieza paramétrica, se ha de usar el modo ensamblaje si se requirieran más de una, por lo que es necesario identificar la que se empleará como **Base** y las que servirán para efectuar las operaciones, consideradas como **Auxiliares**. Estas, pueden ser colocadas para la operación de combinación por medios conocidos de dibujo como: mover, rotar, alinear, etc.

Como práctica, se realizará la construcción de una Cruceta de Empalme como la que se observa en la figura 4.38 a:

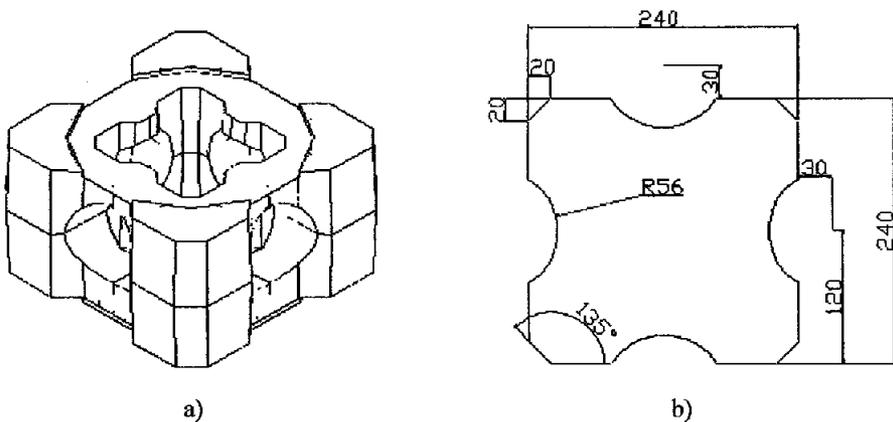


Figura 4.38 Cruceta de Empalme: Modelo y boceto del cuerpo base

Partiendo del boceto de la figura 4.38 b se realizarán operaciones por combinación de sus partes, y aunque podríamos construir la pieza por métodos paramétricos, es decir, mediante planos de trabajo y nuevos bocetos con sus respectivas operaciones, se verá la practicidad de este método y sus posibles aplicaciones.

Se comenzará por ver el perfil desde una Vista Isométrica y extrusionarlo a 130 mm de altura con un ángulo de -2° y con la opción Plano Medio ("Mid Plane"). La figura 4.39 muestra el resultado:

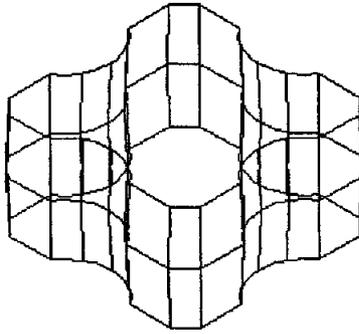


Figura 4.39 Perfil extrusionado.

La pieza original contiene un rebaje superior y un resalte inferior de forma cilíndrica, que se adapta al perfil; por tanto, se crearán piezas auxiliares para combinar con la pieza base como Copias de definición (“Definición Copy”).

Accediendo a **AMCATALOG** mediante comando; por **ASSEMBLY > CATALOG** en menú de persiana o pulsando con el botón derecho del ratón sobre la pieza en el Navegador y seleccionando **SHOW DEFINITION** aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 4.40:

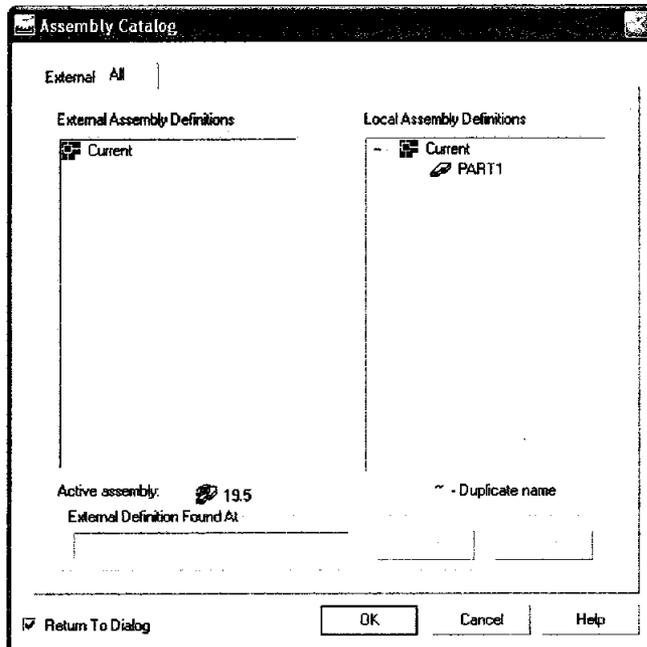


Figura 4.40 Cuadro de diálogo de Catalogo de Ensamblaje

Primero, se comprobará que la casilla Volver al cuadro de diálogo (“Return to dialog”) este activada. Como se muestra en la figura 4.40, se elegirá la pestaña Todos (“All”) y se resaltará la Pieza 1 (“Part 1”); pulsando con el botón derecho del ratón y seleccionando la opción Copia de definición (“Definición Copy”, figura 4.41), aparecerá entonces una nueva caja de diálogo mostrada en la figura 4.42.

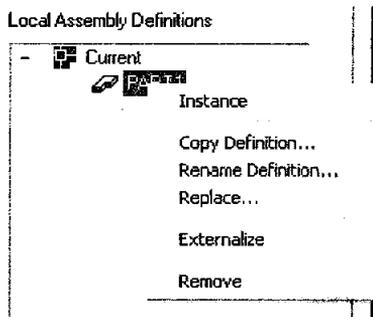


Figura 4.41 Copia de definición por menú contextual

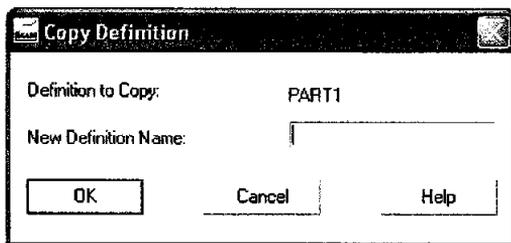


Figura 4.42 Cuadro de diálogo de Copia de definición

En esta caja, se indicará como nombre “Rebaje” y se pulsará Aceptar (“OK”), comprobando que en el cursor se fije la pieza base para finalmente insertarla a la izquierda de la pantalla.

Como se trabajará con la pieza **Rebaje**, se activará esta y se ocultará la pieza base. Se accede entonces a **PART > PART > ACTIVATE PART** y a petición:

Command: **amdt_actv_part**

Select part to activate or [?] <PART1_1>: Se designará la pieza nueva y ↵

Se ocultará la pieza base, pulsando con el botón derecho del ratón sobre esta y desactivando la opción Visible (“Visible”) según la figura 4.43. Cabe mencionar que ambas operaciones pueden realizarse desde el Navegador, ya que en este, aparecen las piezas y se pueden editar de forma diferente:

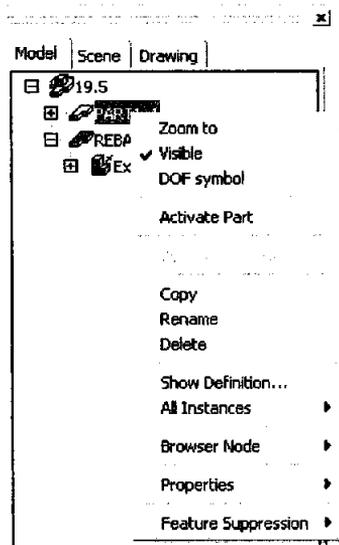


Figura 4.43 Se ocultará la pieza base mediante el menú contextual del navegador

Como se ha dicho antes, existe un rebaje cilíndrico con un diámetro de 104 mm y una altura de 5 mm, por lo que se creará este cilindro para combinarlo con la pieza **Rebaje**. Se accede entonces a **PART > PART > NEW PART** y por línea de comandos:

Command: **amdt_new_part**

Select an object or enter new part name <PART2>: *Se escribirá Cilindro y ↵*

Computing ...

New part created.

Se comprobará que en el Navegador se haya añadido esta pieza y ya se podrá dibujar el círculo, parametrizarlo y extrusionarlo, dándolo como resultado la figura 4.44:

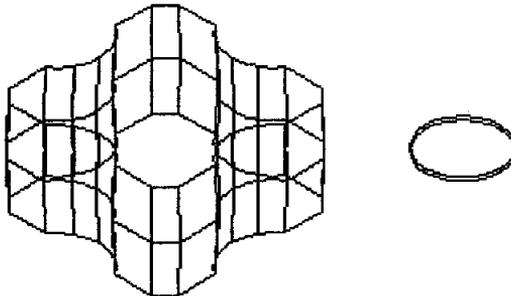


Figura 4.44 Pieza nueva de nombre "Cilindro".

Para alinear el cilindro con la pieza base de la izquierda, se emplearán las restricciones de coincidencia del menú de ensamblajes, accediendo a **ASSEMBLY > 3D CONSTRAINTS > MATE** y se continuará con los siguientes pasos por línea de comandos:

Command: **_ammate**

Select first set of geometry: Se designará la arista superior del cilindro

First set = Axis, (arc)

Select first set or [Clear/fAce/Point/cYcle] <accEpt>: Se elegirá la opción P y ↵

First set = Point, (arc)

Select first set or [Clear/aXis/fAce/cYcle] <accEpt>: ↵

Select second set of geometry: Se designará el arco superior derecho de la pieza base

Second set = Axis, (arc)

Select second set or [Clear/fAce/Point/cYcle] <accEpt>: Se elegirá la opción P de nuevo y ↵

Second set = Point, (arc)

Select second set or [Clear/aXis/fAce/cYcle] <accEpt>: Se designará el arco opuesto

Second set = Plane, (arc)

Enter an option [Clear/aXis/Flip/cYcle] <accEpt>: Se elegirá la opción Y

Second set = Axis, (arc)

Select second set or [Clear/fAce/Midpoint/cYcle] <accEpt>: Se elegirá aquí la opción Punto medio "M" y se verá la figura 4.45

Second set = Point, (arc)

Select second set or [Clear/aXis/fAce/cYcle] <accEpt>: ↵

Enter offset <0>: ↵.

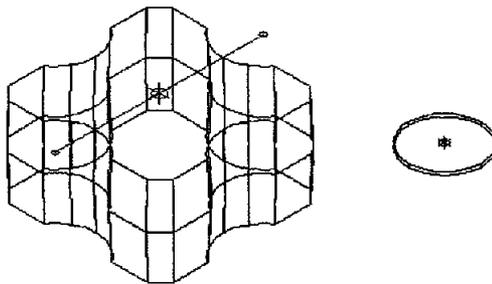


Figura 4.45 Vectores y puntos de coincidencia

Después de esto, el cilindro adopta la primera restricción, colocándose en el punto medio de la línea entre ambos centros.

Se hará la misma restricción en el otro eje a 90° desplazándola si es necesario hasta tener la figura 4.46 a.

Una vez restringidas ambas piezas, se modificará el diámetro del disco a 208 mm. Mediante el **Navegador** y pulsando con el botón derecho del ratón sobre **Cilindro_1** en el icono de extrusión, se seleccionará la opción **Editar boceto** (“**Edit sketch**”) y se cambiará la acotación de 104 a 208. El resultado se verá como la figura 4.46 b.

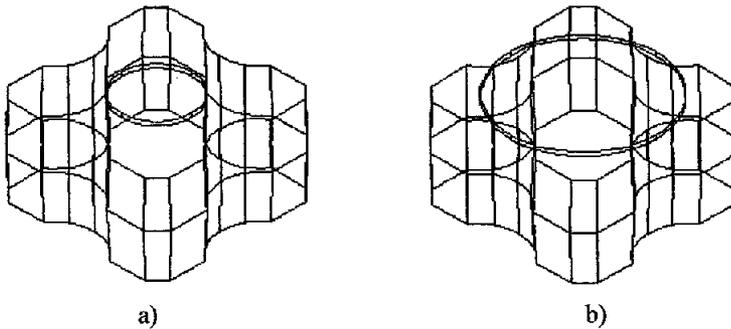


Figura 4.46 Restricción del disco y modificación de su diámetro

Se debe recordar que los cambios no serán visibles hasta no haber salido completamente del comando y haber actualizado la pieza mediante el comando **AMUPDATE**.

Para hacer la combinación, se irá de nuevo al **Navegador** y se pulsará con botón derecho sobre la pieza **Rebaje**, donde se elegirá **Activar pieza** (“**Activate Part**”). Se accederá por menú de persiana a **PART > PLACED FEATURES > COMBINE** y por línea de comandos se retomarán los siguientes pasos:

Command: **_amcombine**

Enter parametric boolean operation [Cut/Intersect/Join] <Cut>: *Se elegirá la opción I y ↵*

Select part (toolbody) to use for intersecting: *Se seleccionará el cilindro y ↵*

Computing ...

El resultado será el de la figura 4.47

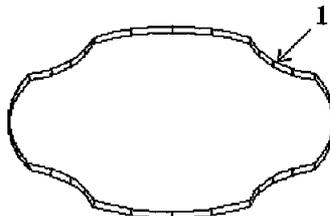


Figura 4.47 Pieza nueva para la realización del resalte y rebaje.

Se hará una copia de definición de esta pieza con el nombre de **Resalte** como se hizo con la Pieza 1. Se procederá entonces a visualizar esta última (“**Part1_1**”) mediante el Navegador, resaltándola y pulsando con botón derecho para elegir la opción **Visible** y después **Activate Part**.

Se restringirán las posiciones de las nuevas piezas mediante la orden **AMMATE** vista anteriormente, a fin de situar correctamente las piezas y combinarlas con la orden **AMCOMBINE** con la opción Corte (“**Cut**”) para el Rebaje y la opción Unir (“**Union**”) para el Resalte. Por línea de comandos se tiene:

Command: **_ammate**

Select first set of geometry: *Se designará la arista superior circular derecha (indicada con el número 1 en la figura 4.47)*

First set = Axis, (arc)

Select first set or [Clear/fAce/Point/cYcle] <accEpt>: *Se elegirá la opción P y ↵*

First set = Point, (arc)

Select first set or [Clear/aXis/fAce/cYcle] <accEpt>: *Se designará la arista circular opuesta*

First set = Plane, (arc)

Enter an option [Clear/aXis/Flip/cYcle] <accEpt>: *Se elegirá la opción Y y ↵*

First set = Axis, (arc)

Select first set or [Clear/fAce/Midpoint/cYcle] <accEpt>: ↵

Select second set of geometry: *Se designará la arista circular superior derecha en la Pieza 1_1*

Second set = Axis, (arc)

Select second set or [Clear/fAce/Point/cYcle] <accEpt>: *Se elegirá la opción P y ↵*

Second set = Point, (arc)

Select second set or [Clear/aXis/fAce/cYcle] <accEpt>: *Se designará la arista circular opuesta*

Second set = Plane, (arc)

Enter an option [Clear/aXis/Flip/cYcle] <accEpt>: *Se elegirá la opción Y y ↵*

Second set = Axis, (arc)

Select second set or [Clear/fAce/Midpoint/cYcle] <accEpt>: *Se elegirá la opción M y ↵*

Second set = Point, (arc)

Select second set or [Clear/aXis/fAce/cYcle] <accEpt>:Enter offset <0>: ↵

Luego para combinarlas se accede a **AMCOMBINE** y por línea de comandos se tiene:

Command: **_amcombine**

Enter parametric boolean operation [Cut/Intersect/Join] <Intersect>: C

Select part (toolbody) to use for cutting: Se *designará la pieza nombrada Rebaje*

Computing ..

Una vez hecho el corte y la unión de piezas el resultado será el de la figura 4.48:

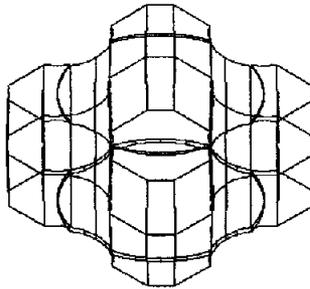


Figura 4.48 Resultado de la intersección y unión de las piezas

Aunque las operaciones que quedan se pueden hacer creando nuevos planos de trabajo, bocetando y realizando operaciones de corte, se seguirá trabajando con piezas nuevas, ubicándolas con **AMMATE** y combinándolas entre si.

Los agujeros transversales pueden hacerse directamente, pero se construirá la pieza **Agujeros** accediendo a **PART> NEW PART** y por línea de comandos se le asignará el nombre.

Se situará un conjunto de planos de trabajo básicos accediendo a **PART > WORK FEATURES > BASIC 3D WORK PLANES**, donde se dibujará un círculo de 80 mm de diámetro, se parametrizará y extruirá a una distancia de 240 mm (figura 4.49 a). A continuación se creará un plano de boceto perpendicular mediante **PART > NEW SKETCH PLANE** y por línea de comandos:

Command: **_amskpln**

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: Se *designará uno de los planos verticales* y ↵

Computing ...

Se dibujará un círculo de las mismas medidas parametrizandolo y situándolo en el punto medio del eje vertical del cilindro inicial; se extruirá a 240 mm de altura, con la opción Unir

("Join") y por Plano medio ("Mid Plane"). Se ocultarán los planos de trabajo, se creará el eje del último cilindro y el resultado será el de la figura 4.49 b:

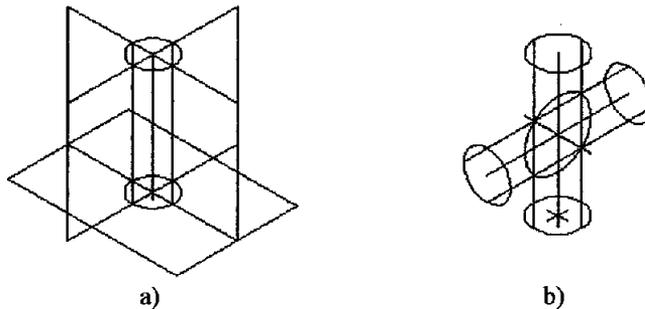


Figura 4.49 Pieza nueva "Agujeros" construida mediante Planos de Trabajo Básicos 3D

Mediante la orden **AMMATE** se restringirán las posiciones, alineando los ejes de los cilindros con líneas que recorran los puntos centrales de los arcos de la cruzeta. Por línea de comandos:

Command: **_ammate**

Select first set of geometry: *Se designará la cara superior del cilindro vertical*

First set = Axis, (arc)

Select first set or [Clear/fAce/Point/cYcle] <accEpt>: *Se elegirá la opción P*

First set = Point, (arc)

Select first set or [Clear/aXis/fAce/cYcle] <accEpt>: *Se designará la cara inferior del cilindro vertical*

First set = Axis, (arc)

Select first set or [Clear/Midpoint] <accEpt>: ↵

Select second set of geometry:

Second set = Axis, (arc) *Se designará el arco de la parte central de la cruzeta.*

Select second set or [Clear/Point/cYcle] <accEpt>: *Se elegirá la opción P*

Second set = Point, (arc)

Select second set or [Clear/aXis/cYcle] <accEpt>: *Se designará el arco opuesto de la parte central (se visualizará en pantalla la figura 4.50).*

Second set = Plane, (arc)

Enter an option [Clear/aXis/Flip/cYcle] <accEpt>: *Se elegirá la opción Y*

Second set = Axis, (arc)

Select second set or [Clear/fAce/Midpoint/cYcle] <accEpt>: ↵
Enter offset <0>: ↵

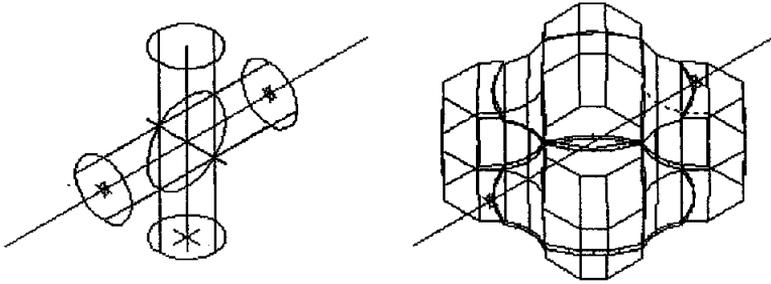


Figura 4.50 Vectores y puntos de posición en la restricción de "Coincidir"

Alineado el primer eje, se alineará el eje vertical con el mismo procedimiento y una vez que la pieza "Agujeros" haya sido posicionada por ambos ejes correctamente dentro de la pieza base, se situará en el Navegador y se activará esta última. Luego por menú de persiana **PART > PLACED FEATURES > COMBINE** y eligiendo la opción Corte ("Cut") se harán los huecos transversales. El resultado se muestra en la figura 4.51:

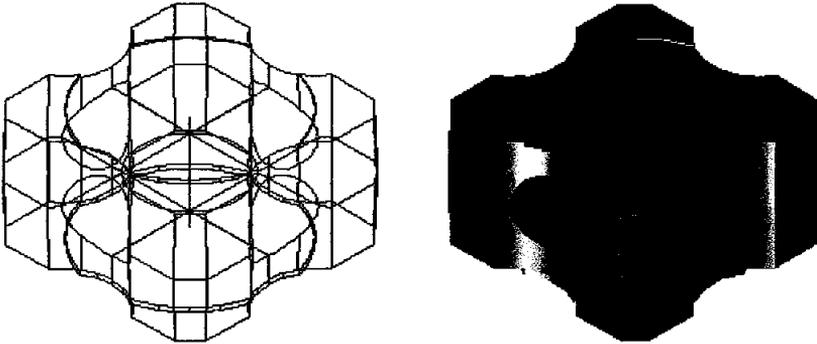


Figura 4.51 Operación de Corte para la creación de agujeros.

El vaciado central, tendrá el mismo perfil que la pieza base Pieza1_1 (Part1_1) pero con un tamaño del 50 % más reducido, por lo que se creará una copia de definición, accediendo de igual forma, a la orden **AMCATALOG** como se ha hecho en el principio de este ejercicio y se le asignará en nombre "Central" para insertarla en la pantalla. Se activará esta nueva pieza y se eliminarán las operaciones de **combinación** en ella, para después editar la operación de **extrusión** en el Navegador.

Una vez que se este en el cuadro de diálogo, el valor de la extrusión será también de **130 mm**, pero el ángulo de inclinación será de **2°**, por lo que se tiene la figura 4.52.

Luego, se reducirá el valor de la figura un 50 por ciento (factor 0.5), empleando la orden de AutoCAD Escala (“Scale”). Como al reducir la pieza, la altura de extrusión también se ha reducido, se volverá al Navegador y pulsando con el botón derecho del ratón sobre Extrusión de Plano Medio (“Extrusion Midplane 1”) se editará la distancia de **65** a una altura de **130 mm** en el cuadro de diálogo.

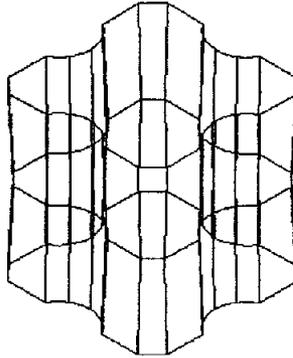


Figura 4.52 Nueva pieza “Central”

Completada la pieza “Central”, se restringirá la alineación de los ejes centrales entre ambas piezas, siguiendo los pasos vistos atrás, con la orden **AMMATE**. Se hará la coincidencia en ambos ejes antes de poder efectuar el vaciado (figura 4.53). Una vez alineadas las piezas, se pulsará con botón derecho del ratón sobre Pieza 1_1 (“Part 1_1”) y se designará la opción Activar pieza (“Activate Part”).

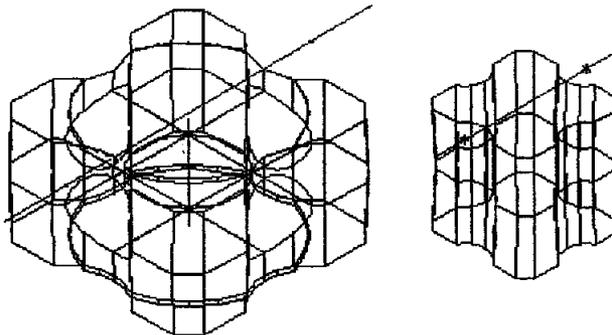


Figura 4.53 Restricción de coincidencia entre piezas

Finalmente, mediante la orden **AMCOMBINE** opción Corte (“**Cut**”) se designará la pieza auxiliar llamada “**Central**” para poder efectuar el vaciado. El resultado final se verá como la figura 4.54:

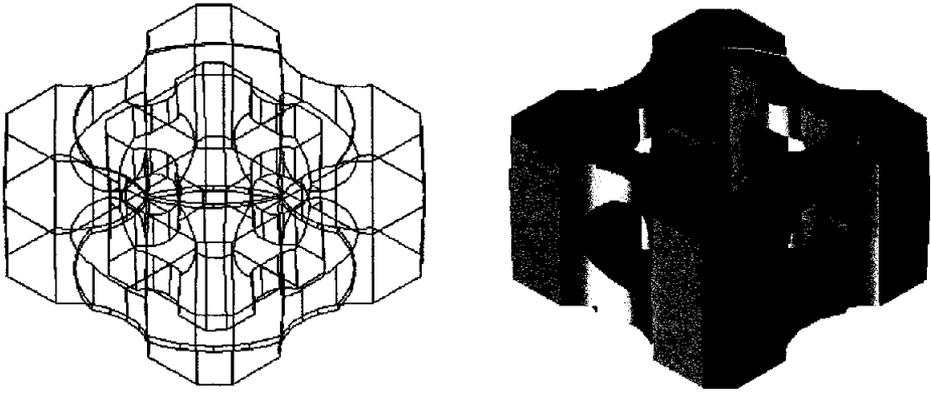


Figura 4.54 Modelo sólido completo

CAPITULO 5

VARIABLES DE DISEÑO Y VINCULACIÓN DE TABLAS.

Una norma o estándar es un conjunto de especificaciones para piezas, materiales o procesos establecidos, con el fin de lograr uniformidad, eficiencia y calidad especificadas. Uno de los objetivos importantes de una norma es fijar un límite al número de artículos en las especificaciones, así como permitir que se tenga un inventario de herramientas, tamaños y formas y variedades.

Un código es un conjunto de especificaciones para efectuar el análisis, el diseño, la fabricación y la construcción de un objeto o sistema. El propósito del código es alcanzar un grado especificado de seguridad, eficiencia y buen funcionamiento.

La estandarización en el diseño puede aplicarse con la idea de la Modularización, es decir, se puede diseñar o rediseñar una serie de productos de un tipo o tamaño relacionado de modo que puedan armarse ensambles complejos a partir de unos cuantos elementos o módulos mas simples. Este enfoque es idóneo sobre todo para la fabricación de bajos volúmenes de piezas complejas, donde cada cliente quiere su propia especificación. Los costos de diseñar individualmente serían prohibitivos, pero el diseño de unos cuantos módulos bien seleccionados podría cubrir las necesidades.

Una idea relacionada con el concepto de diseño Modular es la de tamaños preferidos. En cualquier gama de productos suele haber alguna característica distintiva como tamaño, calidad, velocidad o potencia.

Es el caso de una pieza normalizada como un tornillo, del que se sabe la geometría no varía, pero si sus medidas. Un tornillo de cabeza hexagonal, por ejemplo, puede ser de diferente diámetro de rosca y diferentes longitudes, por lo que se requeriría una construcción diferente para cada unidad, con la perdida de tiempo que ello representa.

Ahora, se verán conceptos que permitirán, una vez construido un modelo, asignar variables a las diferentes medidas susceptibles de cambios, vincularlas a una hoja de cálculo Excel, que a su vez permitirá, con esa única construcción, tener una tabla con todas las medidas y denominaciones de manera que al elegir una de ellas, se modifique el dibujo automáticamente.

5.1 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN MUELLE ESPIRAL.

Para ejemplificar las herramientas de este apartado, se construirá un muelle helicoidal de 10 vueltas, paso de 10 mm, diámetro de hélice de 50 mm, y un diámetro de alambre de 3 mm (figura 5.1).

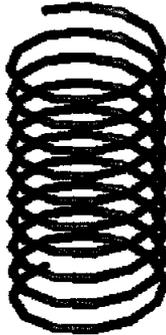


Figura 5. 1 Muelle helicoidal

Se comenzará por visualizar la pantalla con una Vista Isométrica mediante **VIEW > 3D VIEWS > FRONT RIGHT ISOMETRIC**. Luego, se crearán planos de trabajo 3D Básicos accediendo a **PART > WORK FEATURES > BASIC 3D WORK PLANES** y se situarán en un punto de la pantalla (figura 5.2 a).

Se localizará un plano de boceto sobre el plano de trabajo vertical recién creado, mediante **PART > NEW SKETCH PLANE** y sobre este, un eje de trabajo accediendo a **PART > WORK FEATURES > AXIS WORK**, por línea de comandos se tiene:

Command: **_amworkaxis**

Select cylinder, cone, torus or [Sketch]: Se *elegirá la opción S*

Draw a two point line on the current sketch plane.

Specify first point: *En modo ortogonal, se situarán los puntos extremos del eje, en este caso el punto de trabajo en el centro*

Specify second point: *Se designará un punto sobre el eje Y*

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Computing ...

El resultado se verá como la figura 5.2 b :

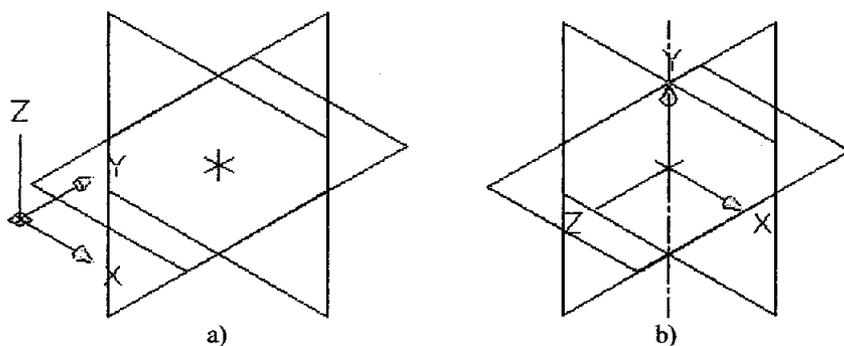


Figura 5.2 Planos básicos y eje de trabajo

Se construirá entonces, el boceto de trayectoria que corresponda a la hélice. Es importante y antes que nada, por el mismo procedimiento, crear un plano de bosquejo sobre el plano de trabajo horizontal, ya que esta orden precisa que el eje de trabajo sea perpendicular a un plano de boceto. Se accede a **PART > SKETCH SOLVING > 3D HELIX PATH** y por línea de comandos pide:

Command: **AMDT_3D_HELIX**

Select work axis, circular edge, or circular face for helical center: *Se designará el eje de trabajo y aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 5.3.*

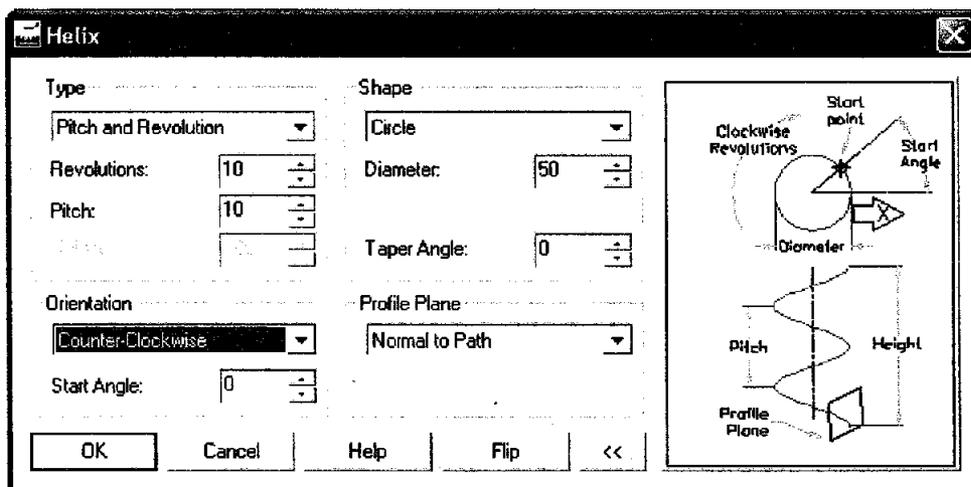


Figura 5.3 Cuadro de diálogo de Camino de Hélice 3D

En el apartado Tipo (“**Type**”) se indicará la opción Paso y Revolución (“**Pitch and Revolution**”) y el valor de cada uno, en este caso 10 para ambos. En la casilla Plano de Perfil (“**Profile Plane**”) se elegirá la opción Normal a camino (“**Normal Path**”) y por ultimo en la casilla Forma (“**Shape**”) se indicará el diámetro de 50 unidades. Se aceptarán estos valores y por línea de comandos:

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Flip/Rotate/Origin] <Accept>: ↵

El resultado será el de la figura 5.4:

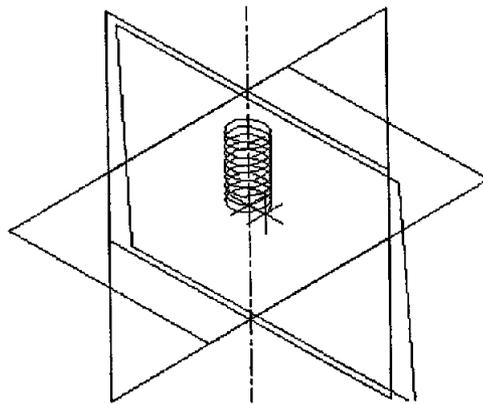


Figura 5.4 Boceto Camino de hélice 3D

Se ampliará el muelle y se bocetará la sección de hilo, dibujando un círculo con diámetro de 3 mm. El resultado se verá como la figura 5.5

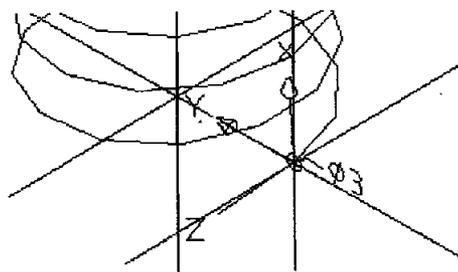


Figura 5.5 Boceto del círculo de sección de hilo

Se ingresará por menú de persiana a **PART > SKETCHED FEATURES > SWEEP**, se designará el perfil circular de la sección de muelle y aparecerá el cuadro de diálogo de barrido, en el que se aceptarán los valores por defecto (figura 5.6).

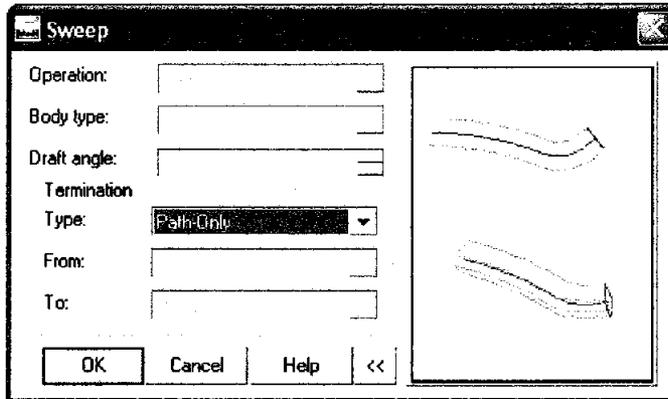


Figura 5.6 Cuadro de diálogo de Operación de Barrido

Como se puede observar, ya se ha construido el muelle helicoidal (figura 5.7), por lo que el siguiente paso será la asignación de variables a cada una de sus dimensiones.

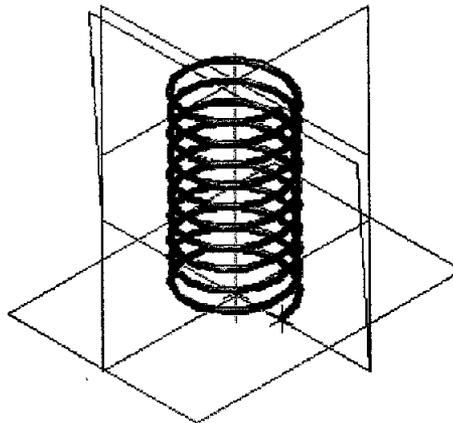


Figura 5.7 Muelle helicoidal generado.

Se accederá a **PART > DESIGN VARIABLES** y aparecerá en pantalla el cuadro de diálogo de Variables de Diseño (“**Design Variables**”) mostrada en la figura 5.8:

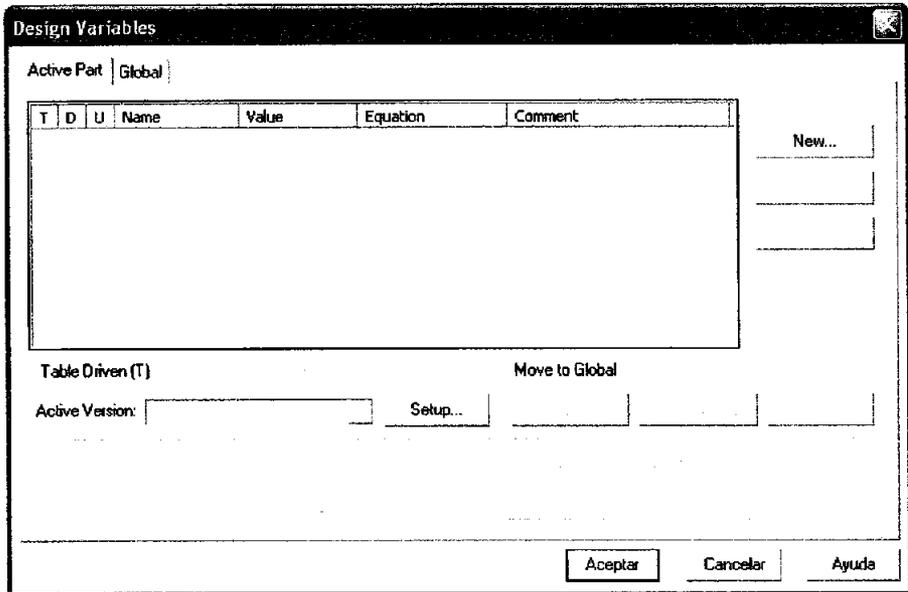


Figura 5.8 Cuadro de diálogo de Variables de diseño

Se pulsará en el campo Nuevo (“New”) y aparecerá una nueva caja de diálogo (figura 5.9), donde se introducirá el nombre de la nueva variable; en este caso se escribirá “REV” en Nombre (“Name”) y el valor de 10 en Ecuación (“Equation”). También es posible introducir, si así lo deseamos, un comentario o anotación en el campo Comentario (“Coment”).

Se hará lo mismo para los otros valores, esto es:

PASO = 10

DIAG = 50

DIAP = 3

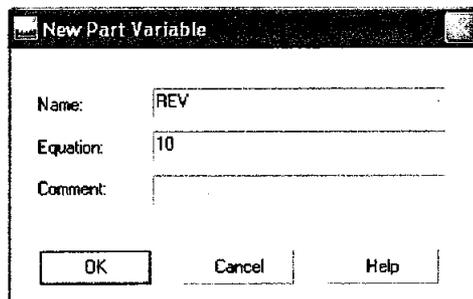


Figura 5.9 Cuadro de diálogo Variable de Pieza Nueva

Todos los valores introducidos pasarán al cuadro de diálogo principal de Variables de diseño y al finalizar se pulsará Aceptar (“OK”). El siguiente paso será editar el barrido del muelle, sustituyendo los valores de sus campos por el nombre de las variables que se han creado.

Se accederá por menú de persiana a **PART > DIMENSIONING > DIMENSION AS EQUATIONS** o por comando **AMDIMDSP** para cambiar el sistema de dimensionado. Hecho esto, se editará la operación de barrido pulsando con botón derecho del ratón sobre **Sweep Path Only1** en el Navegador y pulsando sobre la opción **Edit** o mediante **PART > EDIT FEATURE**. Volverá a aparecer el cuadro de diálogo de la operación de barrido, en el que se cambiarán los valores numéricos, por los nombres de las variables como se muestra en la figura 5.10.

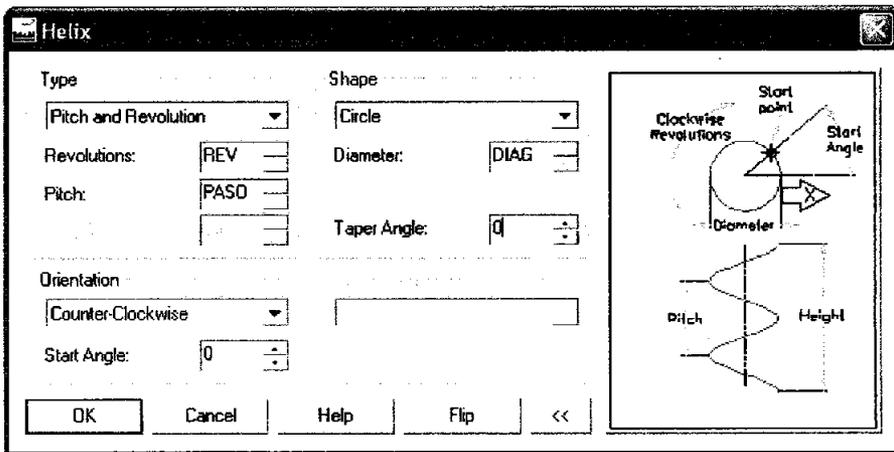


Figura 5.10 Sustitución de Valores por Variables en el cuadro de diálogo de Camino Hélice

Resta editar el diámetro del hilo del muelle; esto se hará pulsando con el botón derecho del ratón sobre **Profile_1** y eligiendo Editar Boceto (“**Edit Sketch**”), como se muestra en la figura 5.11. En el navegador, se iluminará en amarillo la operación de barrido.



Figura 5.11 Edición del Boceto sección de hilo mediante menú contextual

Se accede entonces a **PART > DIMENSIONING > EDIT DIMENSION** y aparece por línea de comandos:

Command: **_ammoddim**

Select dimension to change: *Se designará la acotación de diámetro*

Enter dimension value <3>: *Se indicará DIAP y ↵*

Solved fully constrained sketch.

Select dimension to change: ↵

Como se ha dicho, siempre que se efectúen modificaciones, se han de actualizar con el comando **AMUPDATE** o pulsando sobre el icono correspondiente (con forma de rayo) en la parte inferior del Navegador.

Con esto, se completan los datos en el muelle para poder crear una tabla con diferentes medidas del mismo. Se comenzará por abrir de nuevo el cuadro de dialogo de Variables de diseño accediendo a **PART > DESIGN VARIABLES**, apareciendo la caja ya conocida (figura 5.12) ya con las variables visibles.

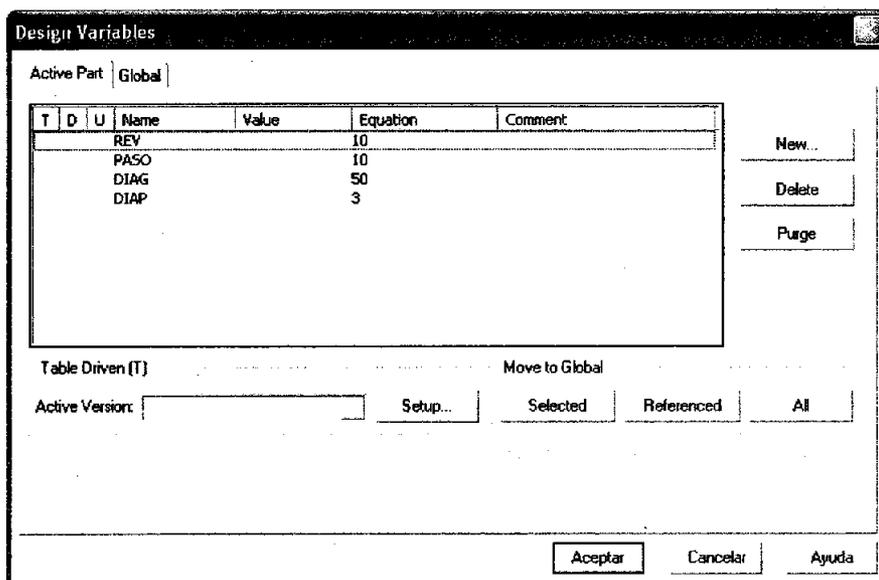


Figura 5.12 Variables creadas

En la sección Vinculación a Tabla (“**Table Driven**”) se seleccionará la casilla de Configuración (“**Setup**”) y aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 5.13, en el que, una vez

comprobado que la pestaña Pieza Activa (“Active Part”) esta resaltada, se pulsará en el campo Crear (“Create”).

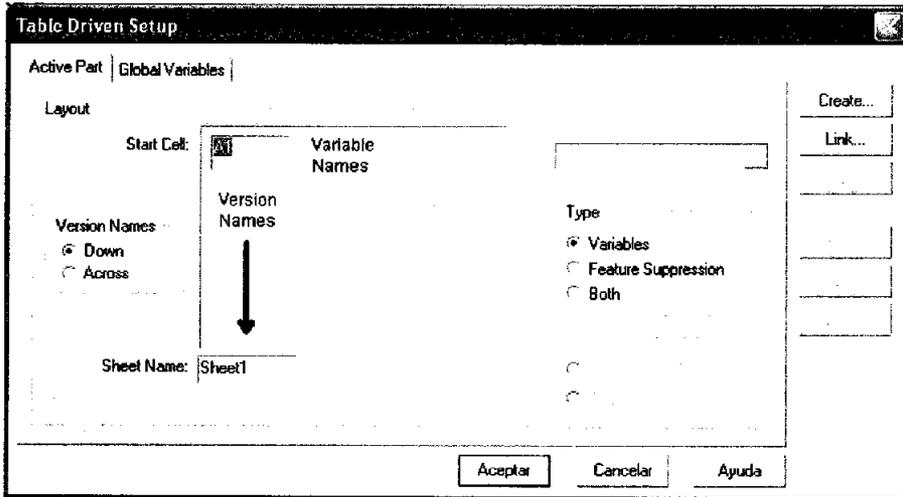


Figura 5.13 Cuadro de diálogo de Vinculación de Tablas

Aparecerá entonces el cuadro de diálogo Crear tabla (“Create Table”) en el que se asignará un nombre al archivo correspondiente de la nueva tabla; se ha sugerido el nombre de “Muelle 1” y por defecto, el archivo se creará con la extensión “xls”, que corresponde a la hoja de cálculo de Excel.

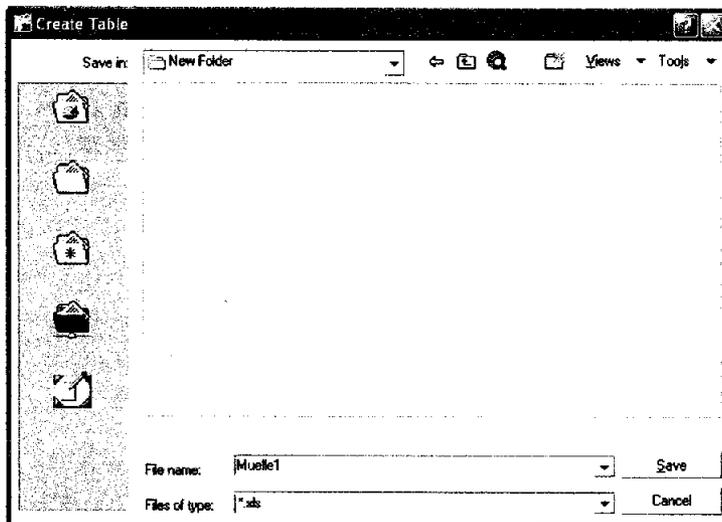


Figura 5.14 Cuadro de diálogo de Crear Tabla

En pantalla aparecerá precisamente la presentación de una hoja de cálculo como la figura 5.15

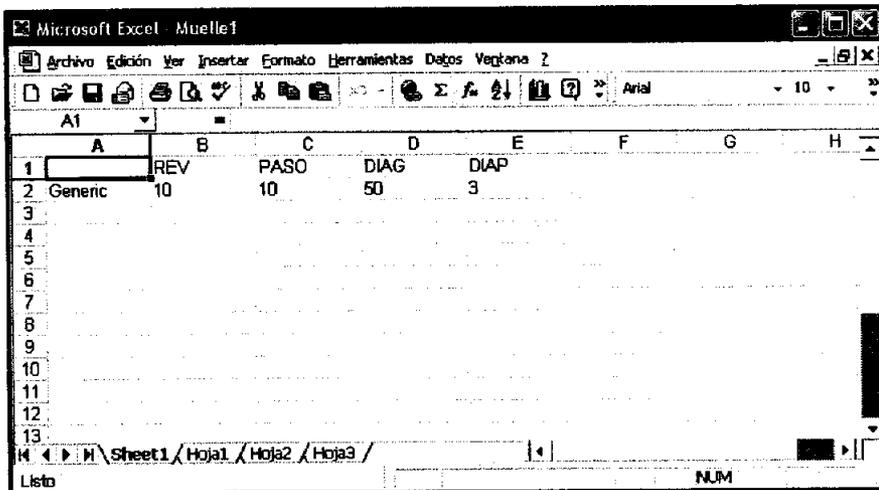


Figura 5.15 Hoja de cálculo de Microsoft Excel

En la columna A, se sustituirán el nombre “Genérico” (“Generic”) por “Muelle 1” y a continuación se rellenarán las casillas con los valores de otros muelles, debiendo quedar como el de la figura 5.16. Una vez completada la tabla, se guardarán los cambios y se cerrará la hoja de Excel. En el cuadro de diálogo de Configuración de Tabla (“Table Driven Setup”, figura 5.13), se pulsará la casilla de Actualizar (“Update Link”) y Aceptar (“OK”). A continuación se pulsará Aceptar (“OK”) en el cuadro de diálogo Variables de diseño (figura 5.12).

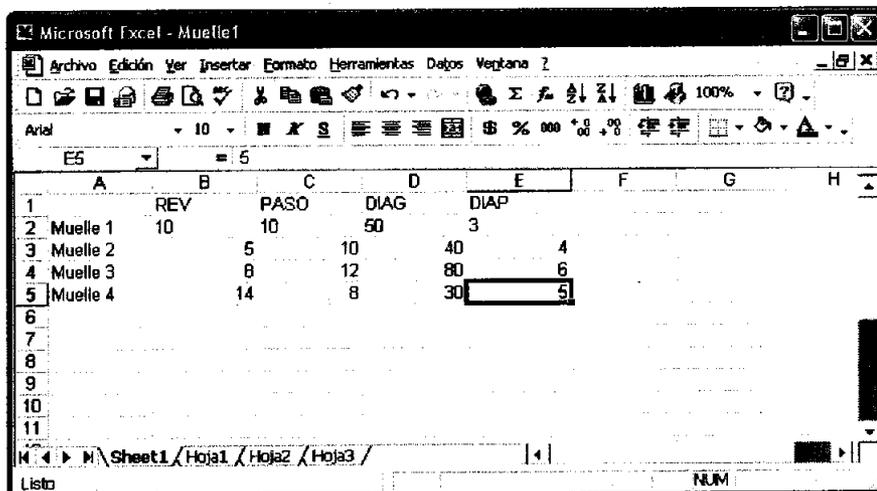


Figura 5.16 Hoja de cálculo completa

Ya se ha creado una lista de muelles diferentes vinculados a una tabla, que se podrá ver representada en el Navegador, añadida al desglose de Pieza 1, por medio de un icono con forma de tabla, que corresponde a “**Muelle 1.xls**” y que si se abre, se verán los muelles que la componen (figura 5.17).

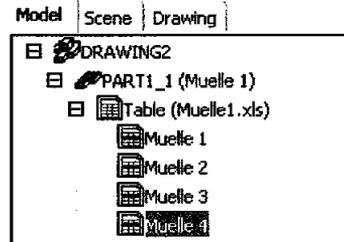


Figura 5.17 Visualización de la tabla vinculada en el Navegador

Si se quiere visualizar los muelles por separado, se pulsará dos veces sobre el que corresponda e irán apareciendo en pantalla según la figura 5.18:



Figura 5.18 Muelles de características diferentes

Si fuera necesario introducir algún cambio, como por ejemplo, añadir la variable del ángulo (ANG) a fin de poder ampliar la posibilidad de construcción de formas cónicas de muelle, se tiene la opción de modificar y editar la tabla de la siguiente forma:

En el Navegador se pulsará sobre Tabla (“**Table (Muelle1.xls)**”) con el botón derecho del ratón y se seleccionará la opción Editar (“**Edit**”), apareciendo la hoja conocida de Excel, en la cual se completarán las casillas con los nuevos datos según la figura 5.19.

The screenshot shows a Microsoft Excel window titled "Microsoft Excel - Muelle1". The menu bar includes Archivo, Edición, Ver, Insertar, Formato, Herramientas, Datos, and Ventana 2. The toolbar contains various icons for file operations, editing, and formatting. The status bar at the bottom shows "Listo" and "MAY NUM".

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		REV	PASO	DIAG	DIAP	ANG		
2	Muelle 1	10	10	50	3	0		
3	Muelle 2		5	10	40	4	-10	
4	Muelle 3		8	12	80	6	18	
5	Muelle 4		14	8	30	5	2	
6								
7								
8								
9								
10								
11								

Figura 5.19 Edición de tabla con nuevos valores

Se guardarán los nuevos valores sin salir de la lista y se accederá a **PART > DESIGN VARIABLES** donde por el procedimiento expuesto anteriormente, se añadirá la nueva variable "ANG" con valor 0 y se aceptará en ambos cuadros.

Se introducirá esta variable en la operación de barrido. Para ello se irá a **PART > EDIT FEATURE**, se designará el muelle y en la caja de diálogo ya conocida, se pondrá el nombre de la variable "ANG" en la casilla de Ángulo de Inclinación ("Taper Angle") y se aceptará. Se actualizará este cambio en la operación de barrido con **AMUPDATE** y se guardará la lista de Excel.

Para terminar, se entrará nuevamente a **PART > DESIGN VARIABLES**, se elegirá Configuración ("Setup") de Vinculación a Tablas ("Table Driven Setup") y se actualizará pulsando Actualizar ("Update Link"). Es importante no olvidar realizar las dos actualizaciones: la de la modificación de la operación de barrido y al añadir la nueva variable.

Si se ha establecido un plano diédrico con las herramientas de Dibujo ("Drafting"), también es posible insertar la tabla con los diferentes valores de los muelles. Para ello, se accede a la lista de Excel pulsando con el botón derecho del ratón sobre Tabla ("Table (Muelle1.xls)") en el Navegador y eligiendo la opción Editar ("Edit"). Entonces, se abarca con una ventana de selección los valores de la lista y se va a Copiar ("Copy") del menú de persiana, se vuelve a Mechanical en Modo Dibujo y se elige Pegado Especial ("Paste special") en Edición ("Edit") del

menú de persiana. Aparece la caja de diálogo de Pegado Especial (figura 5.20) y se activa “Pegar Vínculo”:

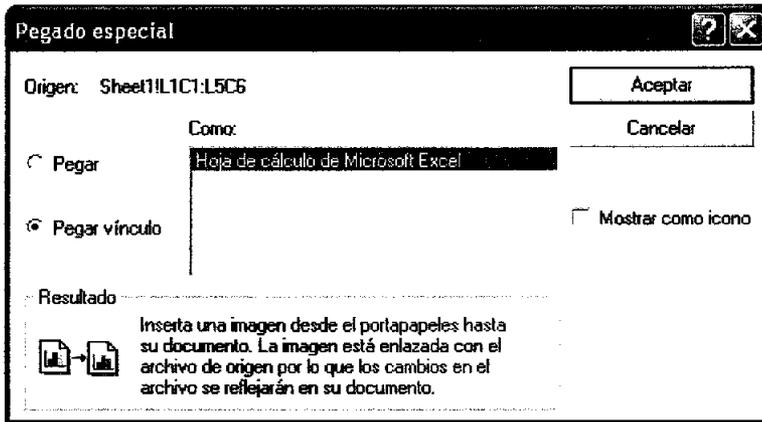
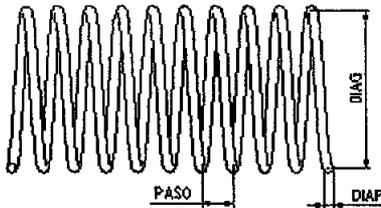


Figura 5.20 Cuadro de diálogo de pegado especial

Una vez se haya aceptado, la tabla se insertará en el plano según la figura 8.21



Numero de vueltas = REV
 Angulo de inclinación = ANG

	REV	PASO	DIAG	DIAP	ANG
Muelle 1	10	10	50	3	0
Muelle 2	6	10	40	4	10
Muelle 3	8	12	90	5	18
Muelle 4	14	8	30	5	2

Figura 5.21 Inserción de tabla en el Modo dibujo de Mechanical

CAPITULO 6

ENSAMBLAJES Y ESCENAS.

En cualquier grupo de piezas que ha de cumplir una función específica y determinada, es indispensable, como parte del proceso final, montarlas entre sí para formar un ensamblaje, que no es otra cosa que un conjunto armónico en el que todas las partes están perfectamente situadas y relacionadas entre sí por las restricciones de sus grados de libertad de movimientos, lo que le permitirá realizar la función para el cual ha sido desarrollado.

El programa Mechanical Desktop posee un módulo de ordenes y herramientas que permite, partiendo de piezas internas o externas, y por medio de restricción en los grados de libertad de movimiento, crear subensamblajes que con otras piezas formen ensamblajes y que siguiendo con un orden jerárquico constructivo (reflejado en el Navegador) se llegue al resultado final de un montaje. Una vez realizado el ensamblaje es posible analizar distancias, interferencias, ver propiedades físicas, crear escenas y vistas explosionadas del ensamblaje sin perder los atributos de restricción como documento final de consulta.

Finalmente, tal y como se ha trabajado con sólidos parametrizados, el ensamblaje será totalmente asociativo, es decir, cuando se realicen cambios en una pieza, se actualizará la misma en el ensamblaje.

6.1 EJERCICIO DE ENSAMBLE.

Para hacer esta práctica se construirá un ensamblaje sencillo de una Guía Posicionadora (figura 6.1) formada por una serie de piezas que se habrán construido por separado y unitariamente, por los métodos ya conocidos de sólidos paramétricos.

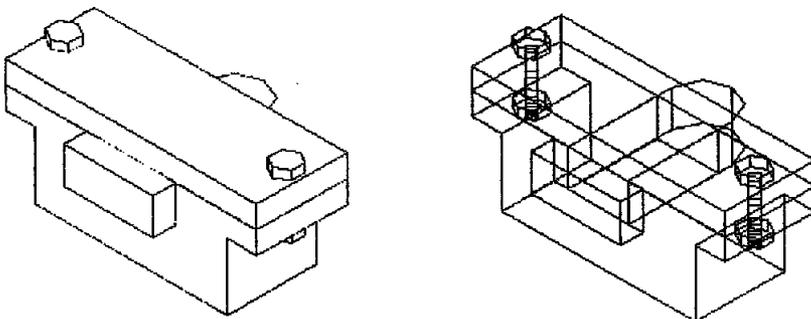


Figura 6.1 Guía Posicionadora

Estas piezas son:

- Cuerpo principal de la guía. En el ejemplo se le ha dado como nombre de archivo “principal.dwg”. Figura 6.2:

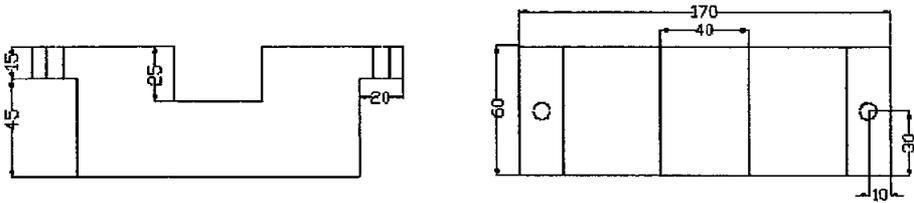


Figura 6.2 Cuerpo principal de la Guía

- Pivote de Posición. El nombre de archivo es “posicion.dwg”. Figura 6.3:

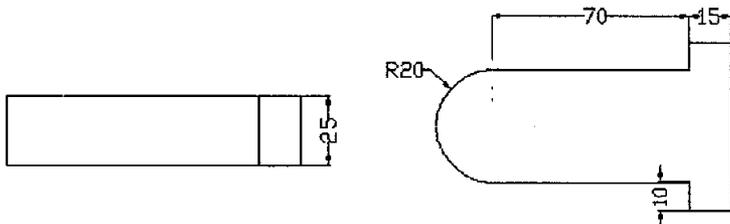


Figura 6.3 Pivote de Posición

- Tapa de Cierre. Su nombre de archivo es en este caso “tapa.dwg”. Figura 6.4:

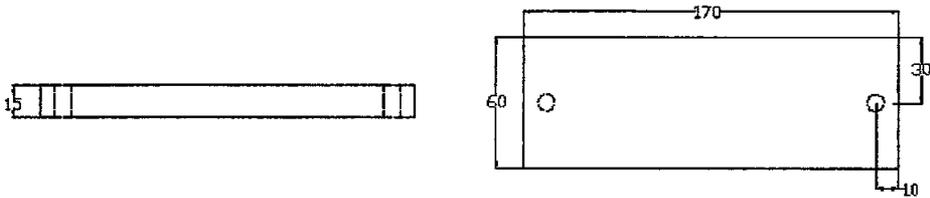


Figura 6.4 Tapa de Cierre

- Tornillo Cabeza Hexagonal M8X40. Su nombre de archivo es “teM8.dwg”. Figura 6.5:

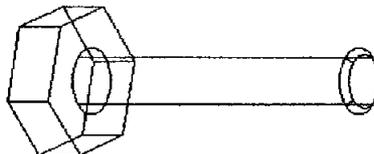


Figura 6.5 Tornillo Cabeza Hexagonal M8X40

- Tuerca hexagonal M8. Su nombre de archivo es “**tuhM8.dwg**”. Figura 6.6:

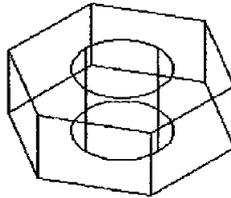


Figura 6.6 Tuerca hexagonal M8

Una vez construidas todas las piezas, se procederá a efectuar el ensamblaje considerando como dibujo base el cuerpo principal de la guía por lo que se abrirá primero el archivo “**principal.dwg**”. Ya en pantalla, se procederá a enlazar todos los demás elementos sin fijar una posición determinada. Para ello se procederá de la siguiente manera:

Se accederá a **ASSEMBLY > CATALOG** y aparecerá la caja de diálogo Catalogo de Ensamblajes (“**Assembly Catalog**”), donde se asegurará que la pestaña activa sea la de Componentes Externos (“**External**”). Se pulsará con el botón derecho del ratón sobre la ventana de Directorios (“**Directories**”) y se desplegará un menú de persiana donde se elegirá la opción Añadir Directorio (“**Add Directory**”) como se ve en la figura 6.7:

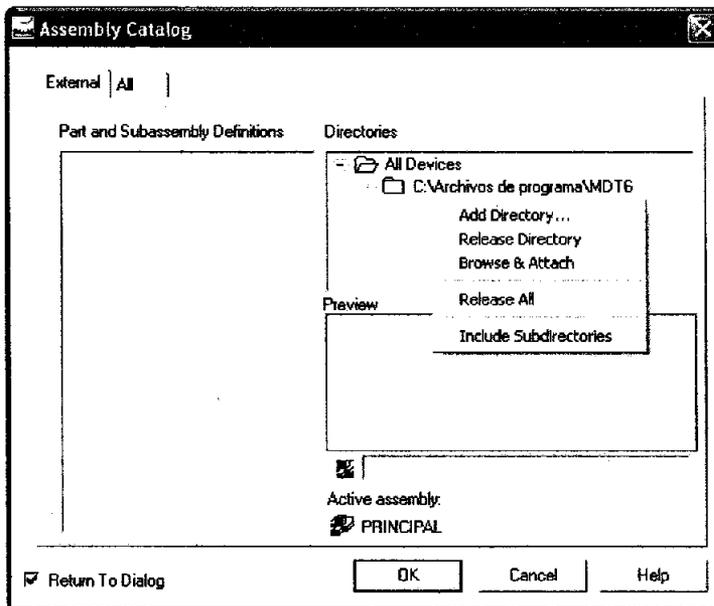


Figura 6.7 Cuadro de diálogo Catalogo de Ensamblajes

Se localizará en el cuadro nuevo, el Directorio en el que se tienen los elementos que se han de enlazar y se aceptan. Las piezas se añadirán en el cuadro de la izquierda “Definiciones de Piezas/Subensamblajes” (“**Part and Subassembly Definitions**”). Para efectuar el enlace, únicamente se ha de pulsar dos veces sobre la pieza elegida en el cuadro de diálogo (figura 6.8) y este desaparecerá momentáneamente. La pieza quedará fija al cursor, pudiendo insertarla el número de veces que sea necesario en cualquier parte del área gráfica.

Esta operación se repetirá todas las veces precisas para cada una de las diferentes piezas y en la cantidad adecuada hasta tener las piezas enlazadas en el dibujo de la guía. Antes de enlazar, es importante situar el UCS en posición universal para no variar mucho en la posición de la pieza.

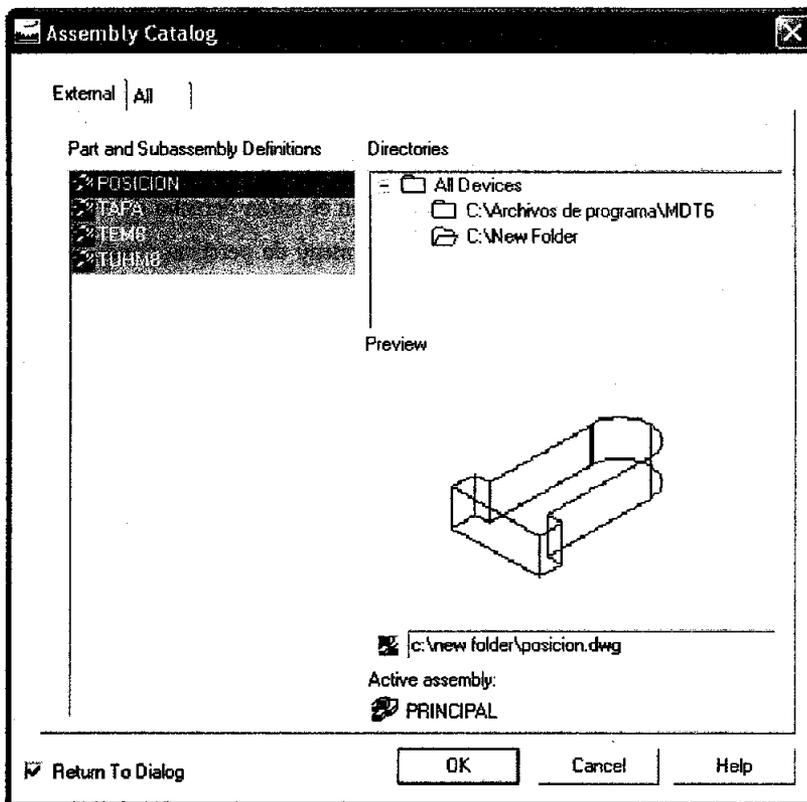


Figura 6.8 Pulsaremos dos veces sobre la pieza a enlazar

El resultado se verá como se muestra en la figura 6.9

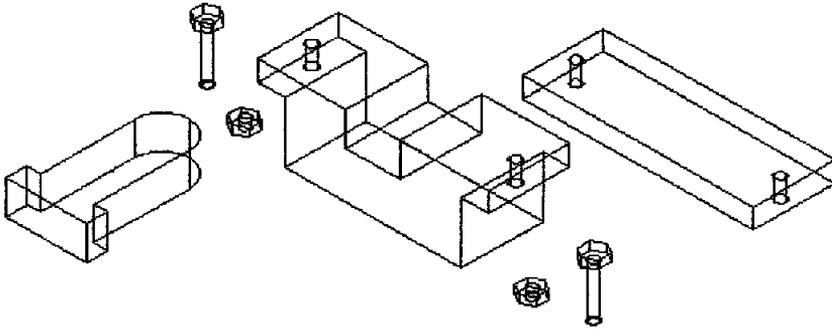


Figura 6.9 Total de piezas para ensamble

Asimismo, se verán los elementos o definiciones que han sido enlazados en la estructura del árbol del Navegador.

Ya que se han enlazado componentes y duplicados será momento de restringir los grados de libertad de movimientos en todas las piezas excepto en la llamado Pivote de Posición que conservará el de deslizamiento. Para ello, se utilizará la herramienta de **ASSEMBLY > 3D CONSTRAINTS > MATE** o por línea de comandos **AMMATE**, que por lo general es la restricción de ensamble mas utilizada. Por procedimiento se montará primero la tapa, por lo que debe coincidir en ambos agujeros para restringirla completamente; por línea de comandos se tiene:

Command: **_ammate**

Select first set of geometry: *Se designará el círculo inferior del agujero de la tapa*

First set = Axis, (arc)

Select first set or [Clear/fAce/Point/cYcle] <accEpt>: ↵

Select second set of geometry: *Se designará el círculo superior coincidente en posición de la pieza base (se visualizaran vectores a través de los ejes. Figura 6.10).*

Second set = Axis, (arc)

Select second set or [Clear/fAce/Point/cYcle] <accEpt>:

Enter offset <.0>: ↵

Aunque aparentemente la tapa ha sido situada, aun falta restringir el otro agujero, ya que en el montaje solo se ha coincidido un grado de libertad. Por tanto, se desplazará la tapa con la orden **"MOVE"** y se repetirá la misma operación que con el primer agujero.

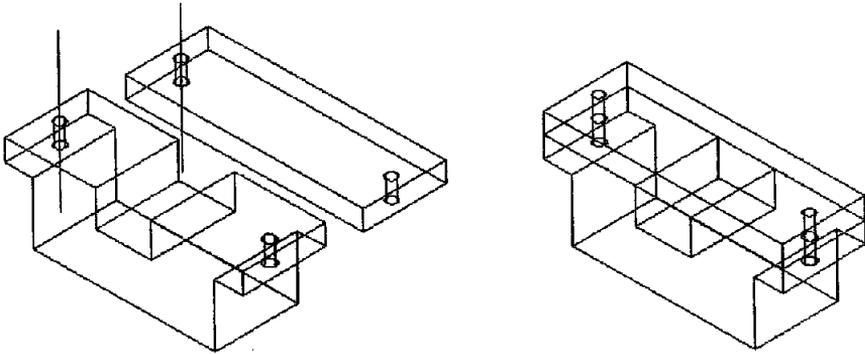


Figura 6.10 Ensamble por Coincidencia

A continuación, se montarán los tornillos y tuercas utilizando para ello, la herramienta de **ASSEMBLY > 3D CONSTRAINTS > INSERT** o por línea de comandos **AMINSERT**, teniendo en cuenta al momento de designar, hacerlo en las aristas de contacto. Ingresando a la orden, se tendrá por línea de comandos:

Command: **_aminsert**

Select first circular edge: *Se designará el círculo superior del agujero de la tapa*

First set = Plane/Axis

Enter an option [Clear/Flip] <accEpt>: ↵

Select second circular edge: *Se designará el círculo superior coincidente en posición, del tornillo (se visualizaran vectores a través de los ejes. Figura 6.11)*

Second set = Plane/Axis

Enter an option [Clear/Flip] <accEpt>:

Enter offset <0>: ↵

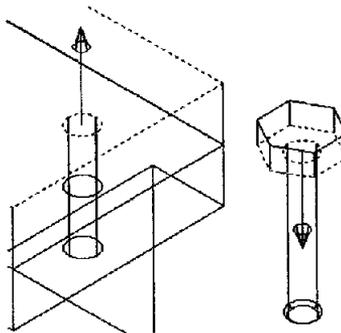


Figura 6.11 Ensamble por Inserción

El resultado en tuercas y tornillos se presentará como en la figura 6.12:

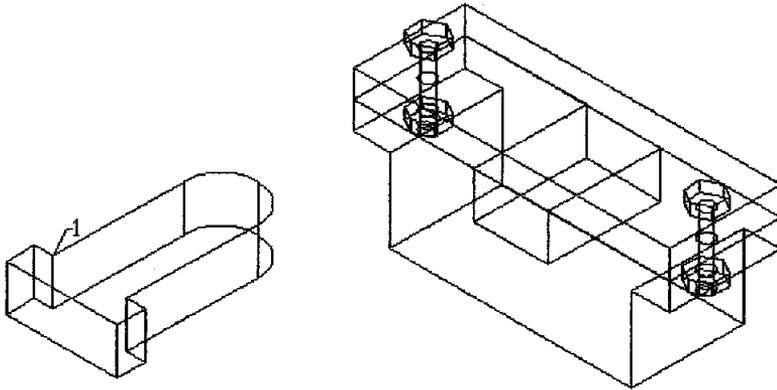


Figura 6.12 Ensamble por Inserción de tornillos y tuercas

Solo resta montar el Pivote de posición, aunque también para ello se empleará la orden de restricción **AMMATE**, se designará ahora una de las aristas de la pieza (Indicada con el número 1 en la figura 6.12). Por línea de comandos se tiene:

Select first set of geometry: *Se designará la arista indicada con el numero 1*

First set = Axis, (line)

Select first set or [Clear/fAce/Point/cYcle] <accEpt>: *Se seleccionará la opción P y ↵.*

(Aparecerá un punto a mitad de la arista)

First set = Point, (line)

Select first set or [Clear/aXis/fAce/Next/cYcle] <accEpt>: ↵

Select second set of geometry: *Se designará la arista coincidente en la pieza base*

Second set = Axis, (line)

Select second set or [Clear/fAce/Point/cYcle] <accEpt>: *Se pulsará P nuevamente y ↵*

Second set = Point, (line)

Select second set or [Clear/aXis/fAce/Next/cYcle] <accEpt>: ↵

Enter offset <0>: ↵

Con estas operaciones se finalizará el ensamblaje y el resultado se muestra en la figura 6.13:

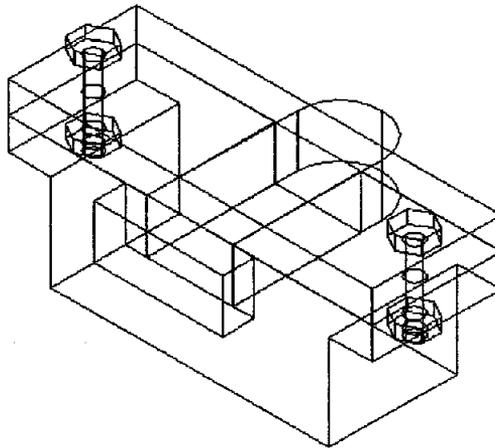


Figura 6.13 Ensamble completo

6.2 CONCEPTOS SOBRE ENSAMBLAJES.

Definición de pieza o componente. Es el elemento clave en la construcción de ensamblajes, ya que al enlazar las piezas conviene que toda la información asociada a las mismas (dimensiones paramétricas, restricciones geométricas, materiales, atributos) no se pierda. De esta manera, la definición se establece como un bloque que puede ser insertado en el dibujo actual o en otro cualquiera externo.

La forma de establecer una Definición de Pieza o Componente (“**Definición Part**”) es, una vez creada la pieza, acceder a la orden **AMNEW**, como creación de piezas nuevas y asignarle un nombre. La información se almacena en la base de datos interna del dibujo y dicho nombre aparece, a partir de ese momento, en el navegador y en el catálogo de Ensamblajes.

Cuando se realiza una copia o duplicado de una definición de pieza o componente toma el nombre de Ejemplar (“**Instance**”) y si es insertado, aparece como un sólido en la pantalla con la ventaja de que, cuando se hace alguna modificación en una Definición de Pieza (“**Definición Part**”), se modifican también, de forma automática, los ejemplares de la misma existentes en el ensamblaje.

Cuando se efectúa un ensamblaje, se debe tener la idea clara de su montaje físico, a fin de establecer claramente el componente base o raíz, los subensamblajes, piezas de definición y ejemplares que intervienen, así como su orden de montaje para poder determinar con claridad la estructura jerárquica.

6.3 RESTRICCIONES DE ENSAMBLAJE.

Cuando se ha de realizar un montaje de piezas en un ensamblaje, es necesario definir su situación y funcionamiento. Para ello, se debe conocer el concepto de grados de Libertad de movimiento en el espacio tridimensional, lo que permitirá establecer las restricciones correspondientes.

El Grado de Libertad de un sistema, es el número de parámetros independientes (medidas) que se necesitan para definir unívocamente su posición en el espacio en cualquier instante. Esto es, los tipos de movimiento dinámico que un elemento puede ejercer en el espacio. Generalmente hay seis grados de Libertad, tres en la dirección de los ejes de coordenadas X, Y, Z y otros tres giratorios sobre dichos ejes.

Así como en el modelado de sólidos restringimos geometría y dimensiones, en el apartado de ensamblajes se restringen grados de libertad. Existen cuatro clases de restricciones que describiremos a continuación.

6.3.1 COINCIDIR (“MATE”).

Es la más empleada y posibilita establecer la coincidencia entre puntos, líneas o planos de una pieza. Este comando puede tomar como base las siguientes entidades para crear el ensamble:

- Plano/Plano (“**PLANE/PLANE**”). Se realiza con la opción “**Face**” y cuando se designa la cara, se resalta para poder elegir la correcta, apareciendo una flecha de dirección de las caras de coincidencia.
- Plano/Punto (“**PLANE/POINT**”). Establece la coincidencia entre un plano resaltado y un punto de otro componente. Aplicada esta restricción se elimina un grado de libertad trasnacional.
- Línea o eje/Línea o eje (“**LINE OR AXIS/LINE OR AXIS**”). se utiliza para establecer coincidencia entre las aristas o ejes de componentes. esta restricción elimina cuatro grados de libertad (dos de giro y dos de desplazamiento). Figura 6.14
- Línea o eje/Punto (“**LINE OR AXIS/POINT**”). Establece una restricción entre una arista o eje y un punto, funciona igual que con cara y punto. Con esta restricción se eliminan dos grados de libertad de desplazamiento.
- Punto/Punto (“**POINT/POINT**”). Crea coincidencia entre dos puntos de dos componentes. Con esta restricción se eliminan los grados de libertad de desplazamiento y solo permanecen los de giro.

Conocidos los elementos que intervienen en la coincidencia, se puede acceder a la orden de la siguiente manera:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > 3D CONSTRAINTS > MATE.**

Comando: **AMMATE.**

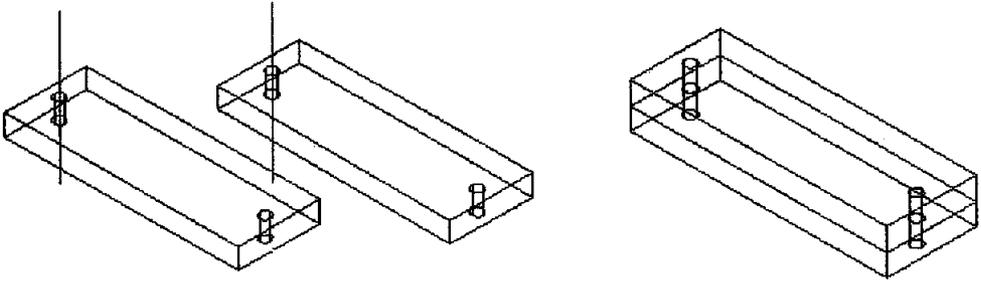


Figura 6.14 Ensamble por Coincidencia entre ejes "MATE"

6.3.2 NIVELAR ("FLUSH").

Sirve para establecer restricciones de paralelismo, es decir, situar planos al mismo nivel o desfasados a una determinada distancia (figura 6.15). En este caso de restricción, las líneas de dirección de la restricción van siempre en el mismo sentido y produce la eliminación de un grado de libertad de movimiento y dos de giro. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > 3D CONSTRAINTS > FLUSH.**

Comando: **AMFLUSH.**

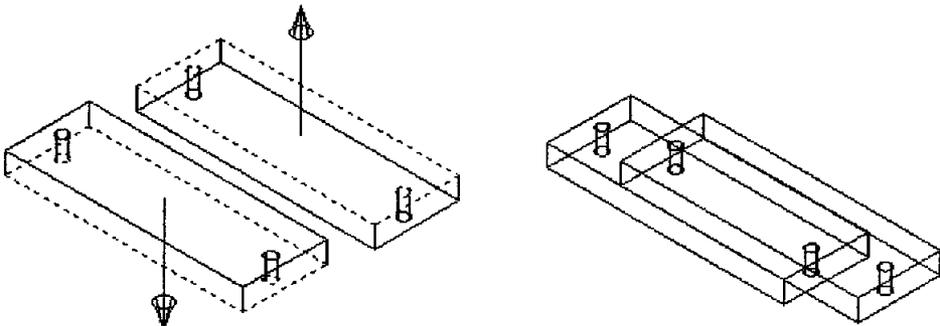


Figura 6.15 Ensamble por Nivelación entre caras "FLUSH"

6.3.3 ORIENTAR (“ANGLE”).

Crea restricciones con un ángulo determinado entre caras y vectores de dos piezas o grupos de piezas (figura 6.16). Ello produce que se eliminen dos grados de libertad de giro y uno de desplazamiento. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > 3D CONSTRAINTS > ANGLE.**

Comando: **AMANGLE.**

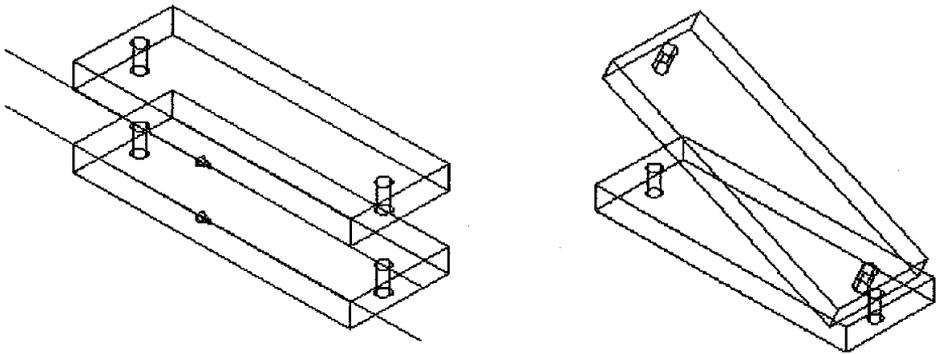


Figura 6.16 Ensamble por Orientación entre vectores “ANGLE”

6.3.4 INSERTAR (“INSERT”).

Crea una restricción para hacer que dos aristas circulares compartan el mismo punto central y que sus planos sean coplanares. Solo permite designar aristas circulares y elimina cinco grados de libertad, dejando únicamente el desplazamiento en el eje que pasa por el punto central (figura 6.17). La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > 3D CONSTRAINTS > INSERT.**

Comando: **AMINSERT.**

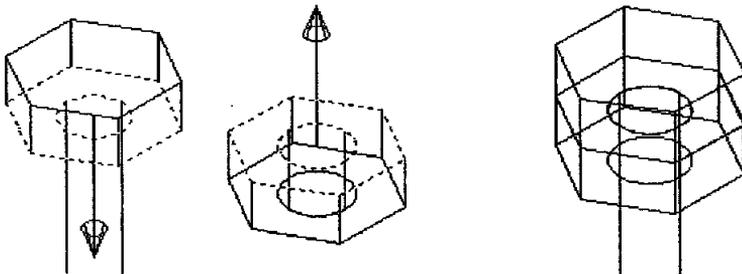


Figura 6.17 Ensamble por Inserción entre aristas circulares “INSERT”

6.4 EDICIÓN Y COMANDOS ÚTILES DE ENSAMBLAJE.

6.4.1 EDICIÓN DE RESTRICCIONES.

Una vez creadas las restricciones de un ensamblaje, la siguiente orden permitirá modificar los desfases de distancia y ángulo de las restricciones, así como suprimir la restricción seleccionada.

La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > 3D CONSTRAINTS > EDIT.**

Comando: **AMEDITCONST.**

Al acceder a la orden aparece la caja de diálogo de la figura 6.18, en la que, además de la ventana de Piezas restringidas (“**Constrained Parts**”), donde están relacionadas las piezas con restricciones, se puede operar con los valores o propiedades asignadas a cada una de ellas.

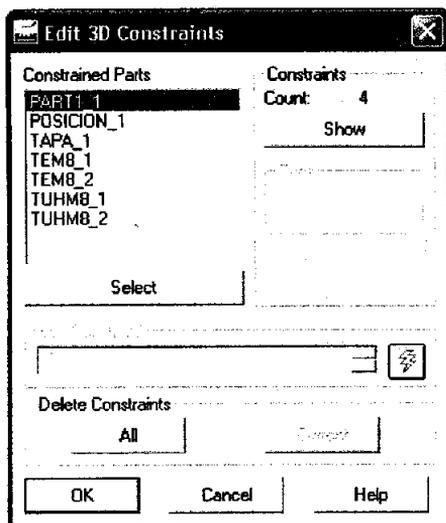


Figura 6.18 Cuadro de diálogo de Edición de Restricciones

6.4.2 MANIPULADOR 3D.

Esta herramienta permite copiar, girar y desplazar de forma dinámica las piezas a lo largo de los ejes designados en un espacio 3D (figura 6.19). Se puede acceder mediante:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > POWER MANIPULATOR.**

Comando: **AMMANIPULATOR.**

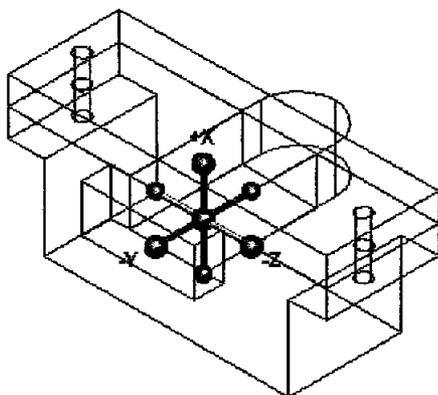


Figura 6.19 Manipulador 3D

6.4.3 COMPROBACIÓN DE INTERFERENCIAS.

Cuando es necesario comprobar que no existe interferencia entre las piezas de un ensamblaje, se dispone de la siguiente orden, que por línea de comandos indica el número de interferencias y las piezas que intervienen, resaltando con líneas de color rojo el lugar donde se producen. La orden se puede presentar de los siguientes modos:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > ANALYSIS > CHECK INTERFERENCE.**

Comando: **AMINTERFERE.**

6.4.4 PROPIEDADES FÍSICAS.

Como en el módulo de Piezas, también se dispone de la siguiente orden que permite trabajar con las propiedades físicas de una serie de materiales y asignarlas sobre la pieza elegida. La orden se puede presentar de los siguientes modos:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > ANALYSIS > MASS PROPERTIES.**

Comando: **AMASSPROP.**

Al acceder a la orden solicitará seleccionar una pieza o asignar el nombre, entregando el cuadro de diálogo Propiedades Físicas de Ensamblaje (“**Assembly Mass Properties**”) mostrado en la figura 6.20.

Como se puede observar, informa de las unidades de distancia, masa de entrada y salida y el Sistema de Coordenadas (“**Coordinate System**”), donde se puede elegir que los cálculos de las propiedades se realicen respecto a su Centro de Gravedad, el UCS o el WCS.

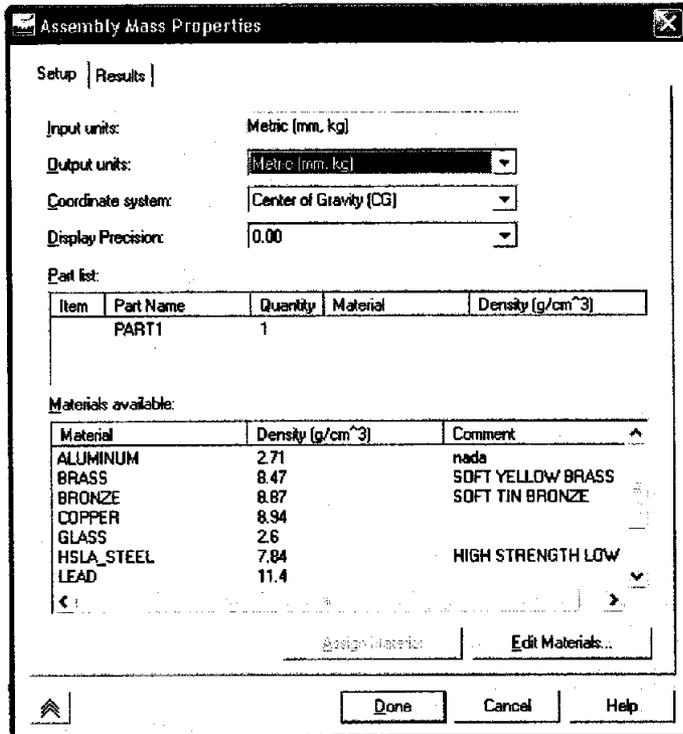


Figura 6.20 Cuadro de diálogo de Propiedades Físicas de Ensamblaje

En la lista de Materiales Disponibles ("Materials Available") se encuentran una serie de materiales predefinidos y habituales en la industria que se pueden asignar a una pieza seleccionada. Si se pulsa sobre "Editar materiales" ("Edit Materials") se encuentran las propiedades mecánicas del material elegido.

En la pestaña de resultados se podrá hacer el cálculo, obteniendo valores tales como: Centros de gravedad, Radios de giro, Momentos principales, Momentos de inercia y Ejes principales.

6.5 CREACIÓN DE ESCENAS.

Normalmente cuando se realiza un proyecto, el dibujo de ensamblaje es un elemento fundamental para:

- El establecimiento de relación entre piezas
- La determinación de posiciones correctas de montaje
- La fijación de grados de libertad de movimiento

- El análisis de interferencias entre sus ajustes
- El establecimiento de propiedades

Estos puntos determinan la funcionalidad del proyecto; pero hay una parte importante que se refiere a la documentación auxiliar, tanto en los departamentos de ingeniería de fábrica como en los departamentos comerciales como cambio de piezas. Nos referimos a la representación del ensamblaje en forma abierta (desmontada) lo que se conoce en el medio como “explosivo”, que no es otra cosa que el mismo ensamblaje visto con todos sus ejemplares separados, a una distancia determinada, sobre su línea de trayectoria. Se observa en el ejemplo de la figura 6.21 un ensamblaje restringido y a la derecha en una escena de forma explosionada.

El programa Mechanical Desktop dentro del módulo de ensamblajes, permite crear tantas escenas como sea necesario, nombrándolas y dando a cada una de ellas puntos de vista y factores de explosión diferentes. También se pueden crear trayectorias de despiece que establecen el camino de explosión para todos los ejemplares excepto la pieza base. Las trayectorias se forman en capas propias de forma automática. Es importante que se haya restringido correctamente el ensamblaje en todos sus grados de libertad de movimiento, ya que si no es así, el explosionado no se producirá adecuadamente.

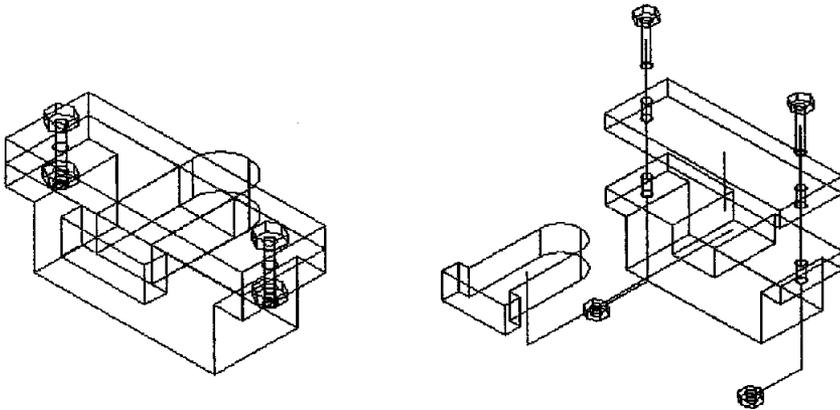


Figura 6.21 Ensamblaje y escena explosionada

6.6 PROCEDIMIENTO EN LA CREACIÓN DE UNA ESCENA.

Se tiene el ensamblaje simple de la figura 6.21; si se está en modo Modelo (“Model”) se puede utilizar la orden para crear una escena AMNEW o accediendo directamente por menú de persiana **ASSEMBLY > SCENE > NEW SCENE** y por línea de comandos se tiene:

Command: **amdt_new_scene**

Specify target assembly name or [?] <ENSAMBLE>: ↵

Select part/subassembly to suppress [Pan/Zoom/3D Orbit]:

Aparecerá entonces el cuadro de diálogo de la figura 6.22 y se llenará con los valores mostrados:

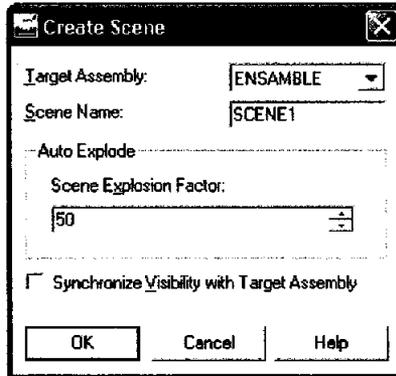


Figura 6.22 Cuadro de diálogo de Creación de Escena

En este momento, se ha realizado la explosión y la escena ha sido creada, ya que si se observa, en el navegador se verá escrito el nombre de la escena y debajo, el desglose de piezas que forman esa escena. Como se puede ver en el cuadro de diálogo, aparecen el Nombre de Archivo (“**Target Assembly**”), el Nombre de la Escena (“**Scene Name**”) y el Factor de Explosión de Escena (“**Scene Explosion Factor**”) al que hemos dado un valor de 50.

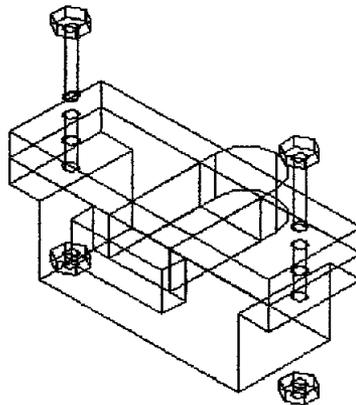


Figura 6.23 Creación de Escena con factor de explosión de 50

Aunque se ha definido ya un valor de explosión, debido al tipo de restricciones elegido (**Mate e Insert**), tornillos y tuercas se separan 50 unidades en dirección opuesta, pero la pieza base y la tapa permanecen juntas (figura 6.23); se debe pues, antes de finalizar la escena, establecer un Ajuste de Desfase posterior con la orden **AMTWEAK**, que permitirá reajustar la situación de las piezas individualmente dentro de la misma escena, tanto en lo que se refiere a posición como a orientación, girándolas si fuera preciso para mejorar su visualización y aspecto.

Al acceder a la orden mediante menú de persiana **ASSEMBLY >EXPLODED VIEWS > NEW TWEAK**, por línea de comandos se tiene:

Command: **amtweak**

Select part/subassembly to tweak: *Se designará uno de los tornillos*

Select part/subassembly to tweak <Accept>: *Se designará el tornillo restante*

Select part/subassembly to tweak <Accept>: ↵

Type=Component space. CreatTrails=Yes

Select handle or Geometry

[Undo/UCS/WCS/Select/Options/Pancenter/Type/tRails/X/Y/Z] <Accept>: *En este momento aparecerá un sistema de ejes tridimensional o Manipulador 3D; mediante la mirilla de designación se seleccionará la esfera en el extremo superior del eje Z, y se desplazará hacia arriba (figura 6.24 a)*

ROTATE/MOVE handle selected; move cursor to define rotation/move axis: Command

Cancelled

MOVE mode, moving along Z-axis [Rotate]: *Se escribirá el valor de 40*

Type=Component space. CreatTrails=Yes

Select handle or Geometry

[Undo/UCS/WCS/Select/Options/Pancenter/Type/tRails/X/Y/Z] <Accept>: ↵

El resultado se verá como la figura 6.24 b, donde se añadirán líneas indicando la trayectoria de despiece. Se repetirá este mismo procedimiento para los demás elementos, variando la dirección o ejes de desplazamiento y la distancia a voluntad, de forma tal que puedan distinguirse, hasta que se llegue a la figura 6.25

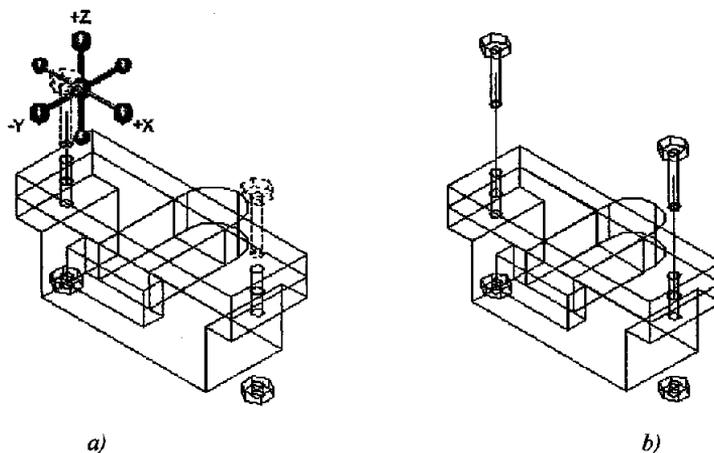


Figura 6.24 Ajuste de Desfase en tornillos mediante AMTWEAK

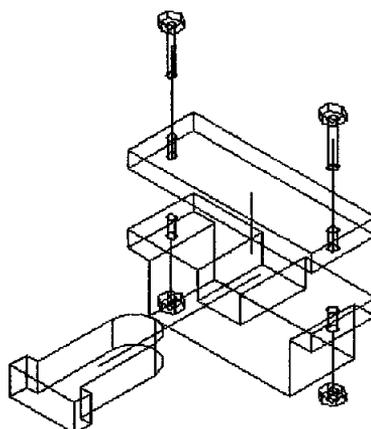


Figura 6.25 Ajuste de Tapa y Tuercas mediante AMTWEAK

Si fuera necesario editar las distancias del Ajuste de Desfase, como la distancia de los tornillos, es posible hacerlo por menú de persiana mediante **ASSEMBLY >EXPLODED VIEWS > EDIT TWEAK** o mediante el comando **AMEDITTWEAK** y por línea de comandos se tiene:

Command: **_amedittweak**

Select part/subassembly to edit tweaks: *Se seleccionará cualquier tornillo*

Select tweak to edit: *Aparecerá un vector indicando la distancia y dirección de separación y el cual deberá ser seleccionado para su edición (figura 6.26).*

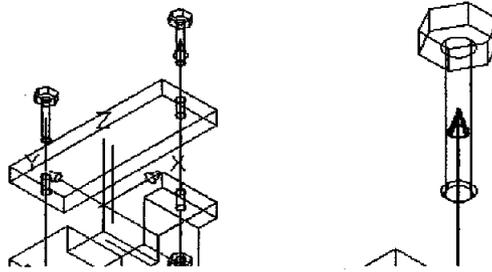


Figura 6.26 Vector indicando dirección y magnitud del Ajuste de Desfase

Aparecerá la caja de la figura 6.27, donde se ingresará un valor nuevo y se pulsará la opción Aceptar (“OK”):

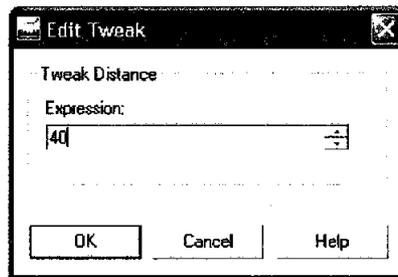


Figura 6.27 Cuadro de diálogo de Ajuste de Desfase

Como se puede ver, también es posible cambiar la trayectoria o dirección del Ajuste de Desfase creando una nueva (AMTWEAK) y auxiliándose en el Manipulador 3D, variando o cambiando la dirección sobre los ejes y el valor de los Ajustes (figura 6.28)

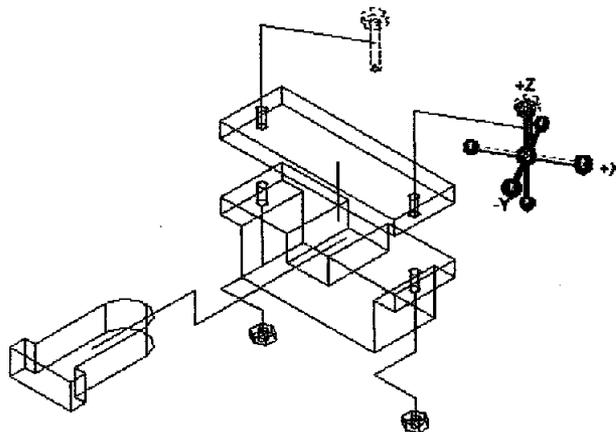


Figura 6.28 Trayectorias de ensamble

6.7 CONCEPTOS SOBRE ESCENAS DE ENSAMBLAJES.

Las escenas de ensamblaje y las vistas de dibujo son esenciales en la revisión del montaje del modelo. En este apartado, primero se crearon una escena de ensamble explosionada, luego se ajustaron las distancias de desfase y se agregaron las trayectorias de ensamblaje.

Después de que las restricciones de ensamblaje han sido aplicadas a cada pieza o elemento, se puede crear una escena, que no es, sino una vista explosionada del montaje completo. Múltiples escenas pueden ser creadas y nombradas, establecer un factor de explosión para cada una o asignarle el valor de 0 si no es necesario. El **factor de explosión** es la distancia de separación que existe entre las piezas, su valor esta basado en las unidades del modelo y se ve afectado por las restricciones asignadas a cada elemento.

Como su nombre lo indica, el **Ajuste de desfase (Tweak)** permite reasignar a una nueva posición, las piezas o partes en una escena de ensamblaje, para evitar el traslape en algunas vistas o hacer las partes mas visibles. La Trayectoria de ensamble (**Trail**), es solo un conjunto de líneas que indican la forma en la que las piezas serán ensambladas. Así, la distancia total de separación entre las partes será igual al Factor de explosión más el Ajuste de Desfase asignado.

6.7.1 CREAR UNA NUEVA ESCENA.

Cuando se quiere crear una vista explosionada de un ensamblaje, se debe necesariamente crear una escena y darle un nombre mediante la orden **AMNEW**, que se presenta como:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > SCENE > NEW SCENE**

Comando: **AMNEW**

Navegador: En modo Escena, pulsando con el botón derecho del ratón sobre el navegador y seleccionando Nueva escena.

6.7.2 COPIAR, RENOMBRAR O SUPRIMIR UNA ESCENA.

Cada escena creada puede ser copiada, renombrada o borrada mediante los comandos mencionados a continuación. Esto, con el fin de reducir tiempo en crear otras escenas en las que se requieran valores diferentes en el factor de explosión o ajuste.

Copiar una escena:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > SCENE > COPY SCENE**

Comando: **AMCOPYSCENE.**

Renombrar una escena:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > SCENE > RENAME SCENE**

Comando: **AMRENAME**.

Suprimir una escena:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > SCENE > DELETE SCENE**

Comando: **AMDELETE**

6.7.3 CAMBIAR EL FACTOR DE EXPLOSION.

Como se ha visto, la orden de creación de escenas, implica la determinación de su correspondiente Factor de explosión. La siguiente orden permite cambiar dicho factor y se puede acceder a ella mediante:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > EXPLODED VIEWS > SCENE EXPLOSION FACTOR**

Comando: **AMXFACTOR**

Al ingresar a la orden se tiene por línea de comandos:

Command: **_amxfactor**

Select part or subassembly or [sCene]: *Se designará cualquier pieza y aparecerá la caja de diálogo de la figura 6.29 en donde se desactivará la casilla **Usar Factor de explosión de escena** ("Use scene Explosión Factor") para asignar un valor nuevo.*

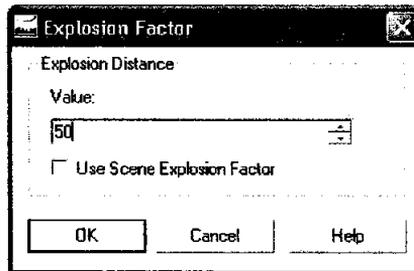


Figura 6.29 Cuadro de diálogo de Factor de explosión

6.7.4 AJUSTES DE POSICION.

Como se ha indicado, al montar una escena explosionada, se debían hacer ajustes de posición de las piezas intervinientes de forma independiente. Esta orden permite hacer esos cambios de posición de una pieza o subensamblaje en una escena explosionada, mediante incrementos o prolongaciones de movimiento respecto a la última posición de la pieza o subensamblaje.

La orden se presenta:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > EXPLODED VIEWS > NEW TWEAK**

Comando: **AMTWEAK**

El Manipulador 3D permitirá hacer ajustes mas completos de forma tridimensional a la pieza o ensamblaje por medio de distancias y ángulos (movimiento trasnacional y rotacional) con lo que se puede trabajar con mas precisión.

Mediante las órdenes **AMEDITTEWEAK** y **AMDELTWEAKS** es posible editar y eliminar los Ajustes de desfase de una pieza, cambiando o devolviéndola a su posición original.

6.7.5 TRAYECTORIAS DE DESPIECE.

Como se vio en el procedimiento, es importante definir en el dibujo del ensamblaje explosionado, la trayectoria de procedencia de la pieza antes de separar. La siguiente orden permite hacer esta función de forma paramétrica, por lo que la trayectoria se actualiza automáticamente si se produce alguna modificación. La orden se presenta:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > EXPLODED VIEWS > NEW TRAIL**

Comando: **AMTRAIL**

Al acceder a la orden se solicita por línea de comandos:

Command: **_amtrail**

Select reference point on part or subassembly: *Se selecciona un punto de referencia en la pieza donde se quiere la trayectoria y pulsamos ↵. Aparecerá la caja de la figura 6.30*

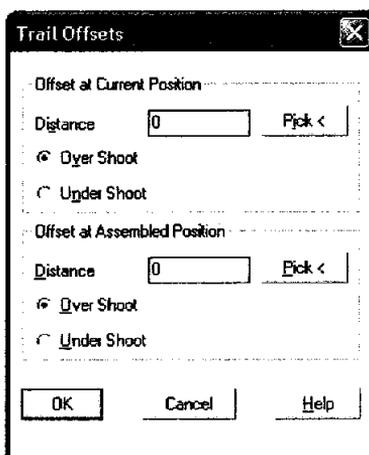


Figura 6.30 Cuadro de diálogo de Desfases de trayectoria

En Desfase en la posición Actual ("**Offset at Current Position**") (con la pieza explosionada), se especifica en prolongación o reducción, según activemos las casillas, el incremento de la trayectoria de despiece respecto a la posición actual de la pieza, después de haber sido explosionada y ajustada.

En Desfase Respecto de la Posición de Ensamblaje ("**Offset of Assembled Position**") (con el ensamblaje sin explosionar), se especifica, de la misma forma, el incremento de la trayectoria de despiece respecto a la posición ensamblada de la pieza, antes de haber sido explosionada y ajustada. Para ambos casos se pueden especificar las distancias en pantalla pulsando en botón Designar ("**Pick**").

6.7.6 EDITAR Y SUPRIMIR TRAYECTORIAS DE DESPIECE.

Con las órdenes **AMEDITTRAIL** y **AMDELTRAIL** se pueden editar y suprimir respectivamente los valores o las trayectorias no deseadas o inutilizables. La orden se presenta:

Por menú de persiana: **ASSEMBLY > EXPLODED VIEWS > EDIT TRAIL/ DELETE TRAIL**

Comando: **AMEDITTRAIL/ AMDELTRAIL**.

6.7.7 BLOQUEAR ESCENAS.

Como indica el nombre, cuando se requiere bloquear o desbloquear la posición de los ejemplares de piezas en una escena con el fin de fijar sus posiciones, se puede utilizar la siguiente orden, solo disponible en el modo Escena. En situación de bloqueo no es posible cambiar factores de explosión o ajustes de desfase. Se puede acceder a la orden mediante:

Navegador: En la pestaña Escena pulse con el botón derecho del ratón sobre el nombre de la escena y seleccione Bloquear Posición ("**Lock Position**")

Comando: **AMLOCKSCENE**

CAPITULO 7

PIEZAS NORMALIZADAS Y CÁLCULO POR ELEMENTO FINITO

7.1 PIEZAS NORMALIZADAS.

Desde la versión anterior de Mechanical Desktop, se han implementado una serie de herramientas agrupadas en la familia del menú de persiana Contenido 2D/3D (“**Content 2D/3D**”), que formaba parte del paquete Power Pack suministrado en otro CD con instalación propia. Ahora, al estar incluidos en el programa, facilitan la labor del dibujante, ya que contiene casi medio millón de piezas normalizadas predibujadas en 2D o 3D, según se requiera, que pueden ser utilizadas como piezas auxiliares en la creación de conjuntos. Consideramos en esta parte, las inserciones en 3D, que son únicas en el dibujo de sólidos paramétricos.

Entre los elementos con que cuenta el programa podemos encontrar:

- Agujeros normalizados pasantes, ciegos, escariados y avellanados.
- Agujeros roscados normalizados, pasantes y ciegos.
- Ranuras.
- Elementos de conexión como tornillos, arandelas, tuercas, etc.
- Conjuntos de conexión. Grupo de tornillo, agujero, arandela y tuerca en un solo paso.
- Piezas normalizadas como: pasadores, clavijas, espárragos, remaches, lubricadores, etc.
- Casquillos, rodamientos, anillos de retención, chavetas, retenedores, etc.
- Perfiles.
- Herramientas para la creación y edición de ejes y cálculo de esfuerzos por Elemento Finito (FEA).
- Una completa Biblioteca de elementos normalizados, agrupados por tipo de Norma como ISO, ANSI, DIN, AENOR, JIS, AS, BS, CNS, CSN, GOST, NF, NS, KS, STN, UNI, etc.

7.1.1 AGUJEROS PASANTES CON AMTHOLE3D.

En la unidad de creación de sólidos paramétricos se vio la orden para realizar agujeros **AMHOLE**, la cual a pesar de ser potente no llega a cubrir otras necesidades. Para situar el agujero, se disponía de las opciones: concéntrico, 2 aristas, en punto y respecto a agujero; Con la siguiente orden se dispone de mas opciones de situación como: desde punto, cilíndrico radial, cilíndrico transversal y concéntrico a referencia de plano.

La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > HOLES > THROUGH HOLES**

Comando: **AMTHOLE3D**

Como ejemplo, se añadirá en una pieza como la de la figura 7.1 de 50 mm de radio exterior 25 mm de radio interior y 10 mm de espesor un agujero de 12 mm situado a un radio de 37.5 y a 30° de la arista.

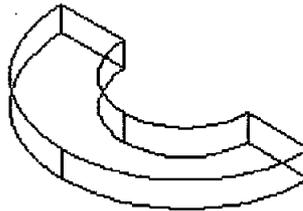


Figura 7.1

Al acceder a la orden, aparecerá una primera caja de diálogo llamada “Designar un Agujero Pasante” (“Select a Through Hole”) en la que se podrá elegir en primer lugar el tipo de norma adecuada, en este caso ISO 273 normal (segundo botón).

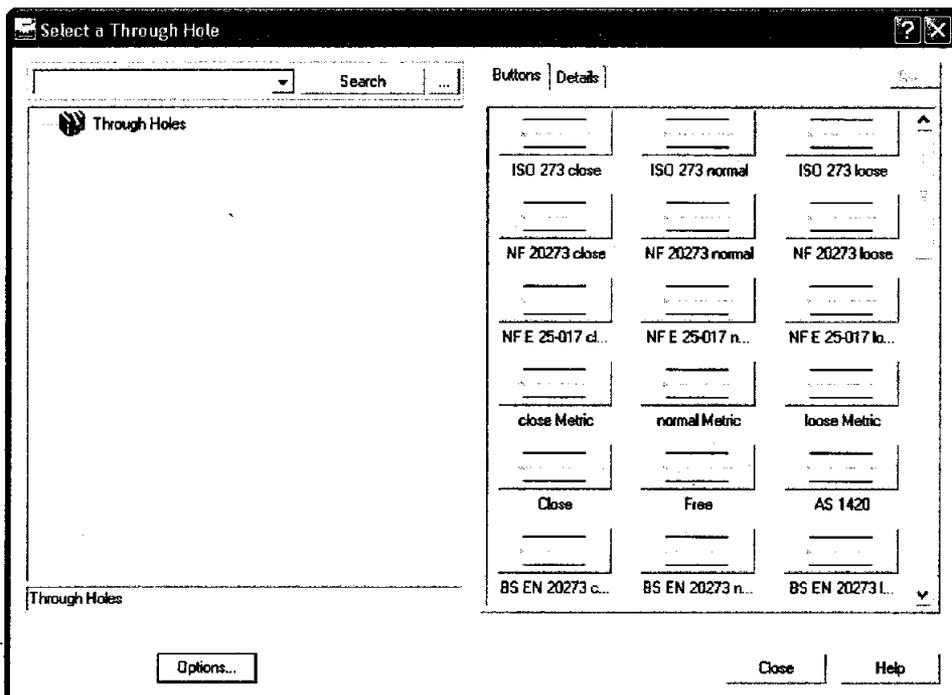


Figura 7.2 Cuadro de diálogo “Designar un Agujero Pasante”

Si se pulsa el botón mencionado, aparecerá el cuadro de diálogo “Método de colocación de agujero-Primer agujero” (“Hole Position Method- First Hole”) del cual se elegirá lo opción Cilíndrico Transversal (“Cylinder Axial”) y se aceptará (figura 7.3).

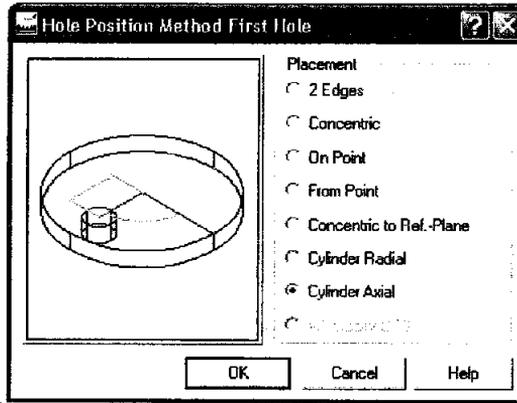


Figura 7.3 Cuadro de diálogo “Método de colocación de agujero-Primer agujero”

En ese momento se tiene por línea de comandos:

Command: `_amthole3d`

Select circular edge: *Se designará cualquier arista superior*

Select radius: *Se indicará el valor de 37.5*

Select insertion method

[Angle to plane or edge/parallel to Line/plane Normal/plane Parallel] <plane Parallel>: *Se elegirá la primer opción: A*

Select straight edge, work plane or planar face to add angular constraint to: *Se designará una arista recta (la derecha en la pantalla)*

Select angle: *Se indicara nuevamente el ángulo de 30° (figura 7.4 a)*

Enter angle [Associate to/Equation assistant] <150>: ↵

Radius [Associate to/Equation assistant] <41.37>: *Se indicará de nuevo el radio de 37.5*

Hole termination [toPlane/Thru] <Thru>: ↵.

Aparecerá la caja de diálogo ISO 273 normal – Diámetro Nominal (figura 7.5) en la que se elegirá la opción M-12 de manera que quede resaltado y se pulsará Terminar (“Finish”), dando el resultado de la figura 7.4 b:

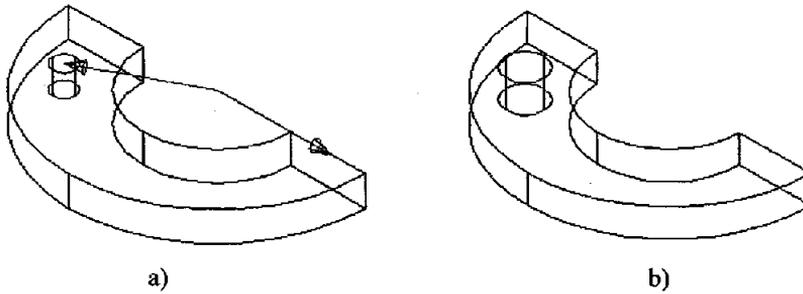
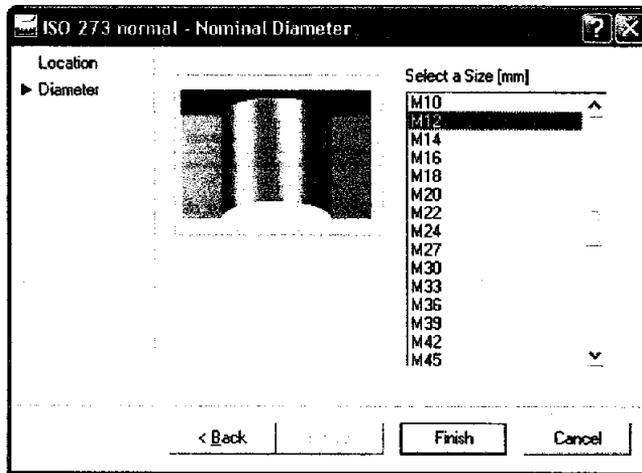


Figura 7.4 Vectores de situación y agujero creado



7.5 Cuadro de diálogo ISO 273 normal – diámetro nominal

El primer cuadro de dialogo “Designar un Agujero Pasante” (“**Select a Through Hole**”) presenta una ventana del lado izquierdo (Navegador) donde se presenta la estructura de la base de datos del elemento normalizado. A la derecha se encontrarán dos fichas: Botones y Detalles con una serie de cuadros para elegir la norma y tipo del elemento a insertar. La diferencia entre ambas estriba básicamente en que en Detalles se presenta en forma de texto. Otra forma de seleccionar, sería escribiendo el elemento con una o mas palabras clave, por ejemplo “hole 273 ISO” en el campo Buscar (“**Search**”); al pulsar el botón aparecerá otra caja con una lista de las entradas referidas a ese elemento.

Al pulsar sobre el botón de Norma designado, se accede a la caja de diálogo “Método de Colocación de Agujero-Primer agujero” (“**Hole Position Method- First Hole**”) donde es posible elegir entre otras opciones para la inserción de agujeros, además de los vistas con **AMHOLE**.

Para situar un agujero radial en la misma figura, de igual forma se accederá al cuadro de diálogo de la figura 7.2 y una vez que se haya designado el tipo de norma, se tiene el cuadro de diálogo de la figura 7.6 y por línea de comandos:

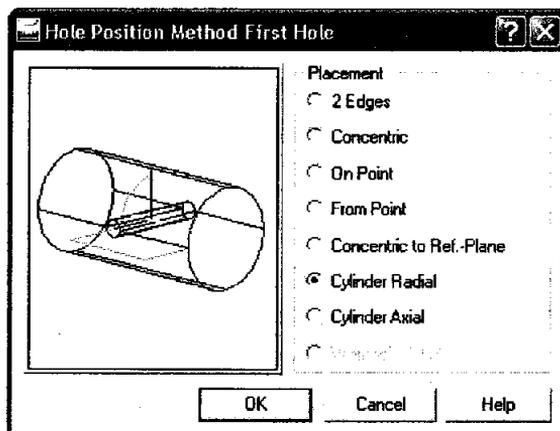


Figura 7.6 Cuadro de diálogo para la inserción de un agujero radial.

Command: **_amthole3d**

Select cylindrical face: *Se designará la cara cilíndrica exterior (figura 7.7 a)*

Specify hole location [Line/Plane]: *Se indicará un punto medio en cualquier arista vertical y ↵.*

Enter distance from base plane [Associate to/Equation assistant] <5>: ↵

Select drill direction

[Angle to plane or edge/parallel to Line/plane Normal/plane Parallel] <Plane Parallel>: *Se indicará la primera opción, en este caso A*

Select straight edge, work plane or planar face to add angular constraint to: *Se designará la arista plana derecha en pantalla, visualizándose un vector (figura 7.7 b)*

Select angle: *Se introducirá el valor de 45*

Enter angle [Associate to/Equation assistant] <314>: *Se introducirá el valor de 315*

Hole termination [toPlane/Thru] <Thru>: ↵

En este momento aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 7.5 “ISO 273 normal – Diámetro Nominal”; se resaltará la opción M5 y pulsando “Enter”, se tendrá el resultado mostrado en la figura 7.7 c:

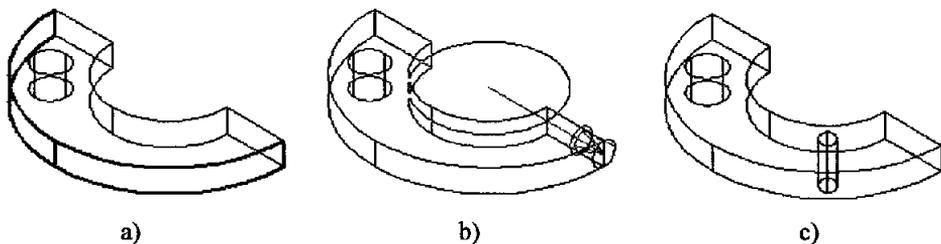


Figura 7.7 Inserción de un agujero radial

7.1.2 AGUJEROS CIEGOS

Con esta orden es posible insertar todo tipo de agujeros ciegos en el modelo. Funciona de la misma forma que **AMTHOLE3D**, cambiando únicamente la norma y terminación del agujero. La orden se presenta:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D> HOLES < BLIND HOLES**

Comando: **AMBHOLE3D**.

7.1.3 AGUJEROS ROSCADOS PASANTES

Con esta orden se pueden insertar en el dibujo agujeros roscados pasantes con las mismas opciones que el comando anterior. La orden se presenta de la siguiente manera:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D> HOLES < TAPPED THROUGH HOLES**

Comando: **AMTAPHOLE3D**.

7.1.4 AGUJEROS ROSCADOS CIEGOS.

Con esta orden se insertan en el dibujo agujeros roscados ciegos con las mismas opciones que el comando anterior (figura 7.8). La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D> HOLES < TAPPED BLIND HOLES**

Comando: **AMTAPBHOLE3D**.

7.1.5 AGUJEROS ESCARIADOS.

Con esta orden se insertan en el dibujo agujeros escariados de la misma forma que con los comandos anteriores. La orden se presenta de la siguiente manera:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D> HOLES < COUNTERBORES**

Comando: **AMCOUNTB3D**.

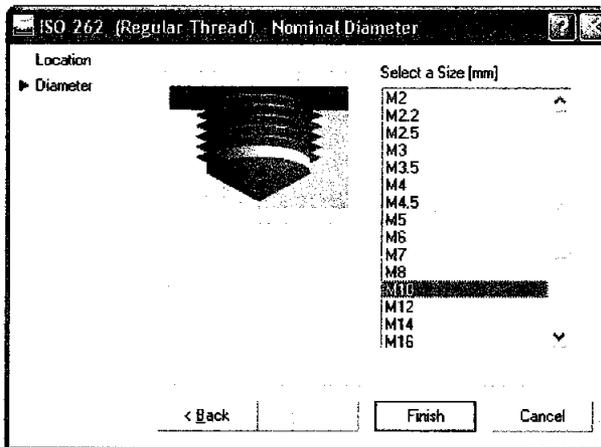


Figura 7.8 Cuadro de diálogo de Norma para la inserción Agujeros Roscados Ciegos.

7.1.6 AGUJEROS AVELLANADOS.

Con esta orden se insertan en el dibujo agujeros avellanados con el mismo procedimiento que con los comandos anteriores. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D> HOLES < COUNTERBORES**

Comando: **AMCOUNTB3D.**

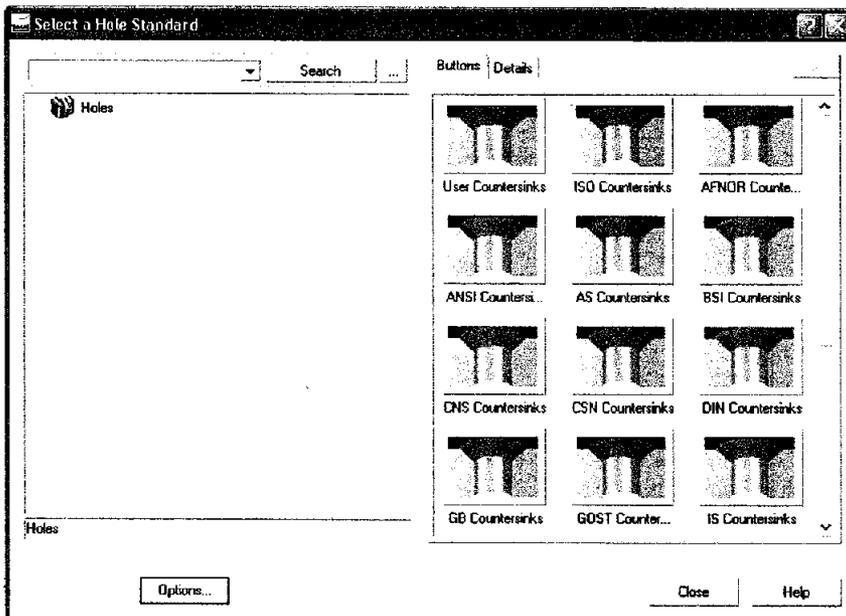


Figura 7.9 Cuadro de diálogo para la inserción Agujeros Avellanados

7.1.7 RANURAS PASANTES.

Con esta orden se pueden insertar ranuras con el mismo procedimiento que con los comandos anteriores, con la opción de indicar la distancia entre centros de la ranura (figura 7.10). La orden se presenta de la siguiente forma:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D> HOLES < THROUGH SLOTS**

Comando: **AMTSLOT3D.**

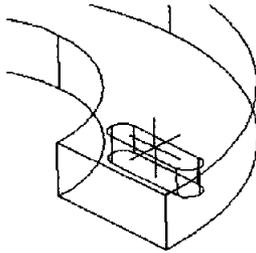


Figura 7.10 Inserción de ranuras.

7.1.8 RANURAS CIEGAS.

Con esta orden se pueden insertar ranuras con el mismo procedimiento que con los comandos anteriores, con la opción de indicar la distancia entre centros de la ranura (figura 7.10). La orden se presenta de la siguiente forma:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D> HOLES < THROUGH SLOTS**

Comando: **AMTSLOT3D.**

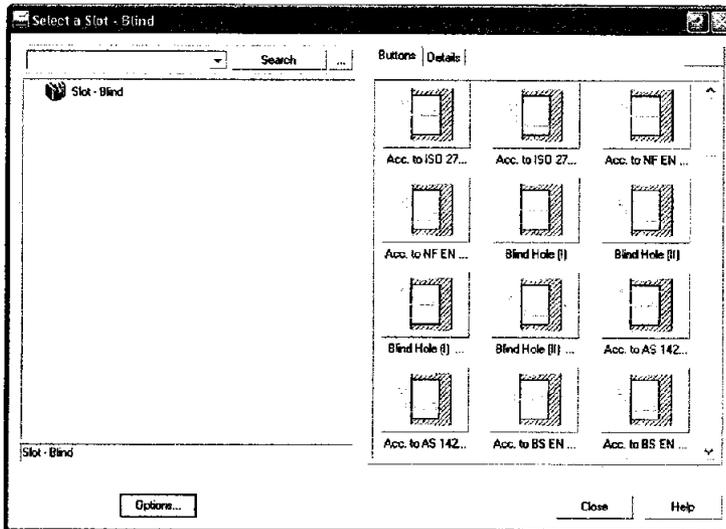


Figura 7.11 Cuadro de diálogo para la inserción Ranuras Ciegas

7.1.9 CONEXIONES POR TORNILLO

Si se tienen dos placas que deben fijarse mediante un conjunto tornillo-arandela-tuerca normalizada, lo que se conoce en este apartado como “conexión por tornillo”, se pueden unir con la siguiente orden. Con este comando, tampoco será preciso realizar los agujeros previamente, ya que son creados en el momento de la inserción. La orden se presenta:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > SCREW CONNECTION**

Comando: **AMSCREWCON3D.**

Para detallar esta orden se realizará una fijación simple entre dos piezas (figura 7.12a) mediante un Tornillo Allen M16, Arandela, Arandela hendida y tuerca hexagonal M16; para ello se crearán dos puntos de trabajo en el centro de las superficies planas de la pieza superior para facilitar la inserción (figura 7.12b).

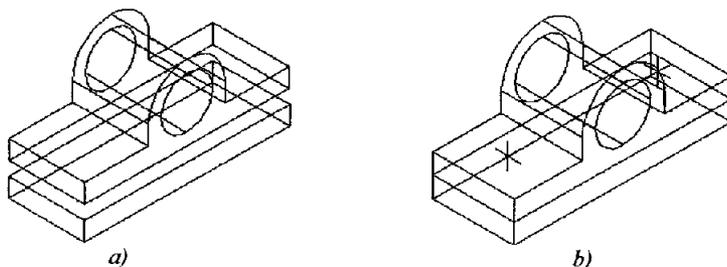


Figura 7.12 Ensamble sencillo para conexión por tornillo.

Al acceder a la orden aparecerá el cuadro de diálogo Conexión por tornillo (“Screw Connection”) mostrado en la figura 7.13:

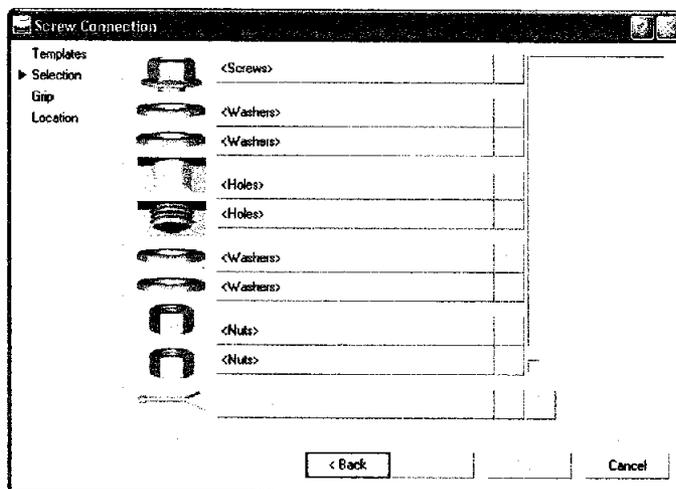


Figura 7.13 Cuadro de diálogo de Conexión por tornillo.

En la caja, se pulsará sobre el botón de Tornillos (“Screws”) y aparecerá el cuadro de diálogo Designar tornillo (“Select a Screw”) del formato conocido de agujero pasante.

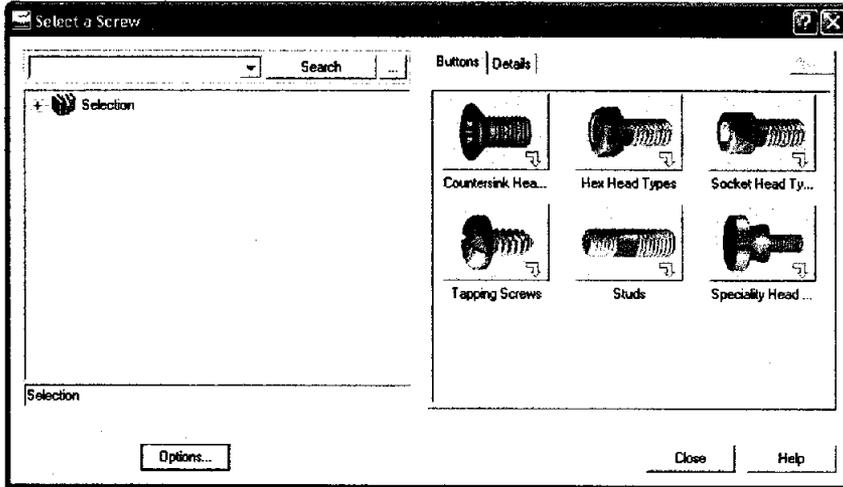


Figura 7.14 Cuadro de diálogo de Selección de tornillo.

Se pulsará sobre los botones correspondientes del tipo de tornillo, hasta tener el adecuado, en este caso el tornillo Allen (“Socket head”) ISO 4762 Regular Screw:

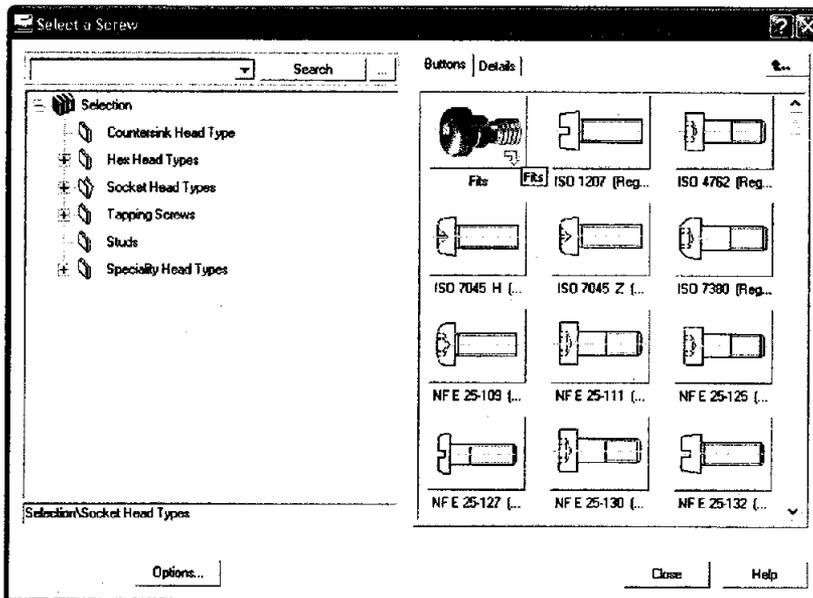


Figura 7.15 Cuadro de diálogo de Selección de tornillo.

Se repetirá la misma operación con la Arandela Plana, Agujero Pasante, Arandela Hendida (Grower) y Tuerca hexagonal, quedando la caja de diálogo de Conexión por tornillo (“Screw Connection”) con cada elemento marcado con una cruz a su derecha como se muestra en la figura 7.16:

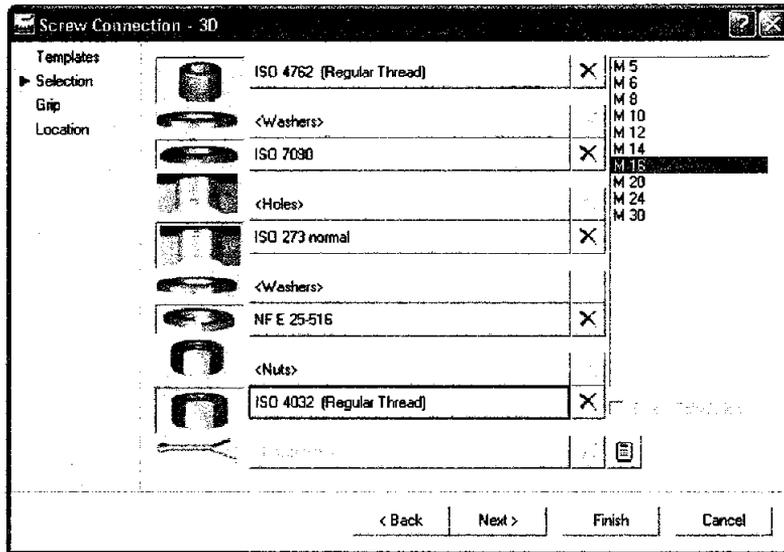


Figura 7.16 Cuadro de diálogo de Conexión por tornillo completo

Una vez que se pulsa el botón Terminar (“Finish”), aparecerá el cuadro de diálogo de Método de colocación de agujero -Primer Agujero (“Hole Position Method- First Hole”) donde se seleccionara la opción en Punto y aceptamos

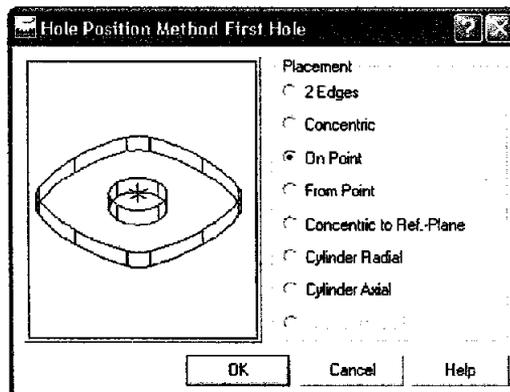


Figura 7.17 Cuadro de diálogo de Método de colocación de agujero -Primer Agujero

El resultado se verá como se muestra en la figura 7.18:

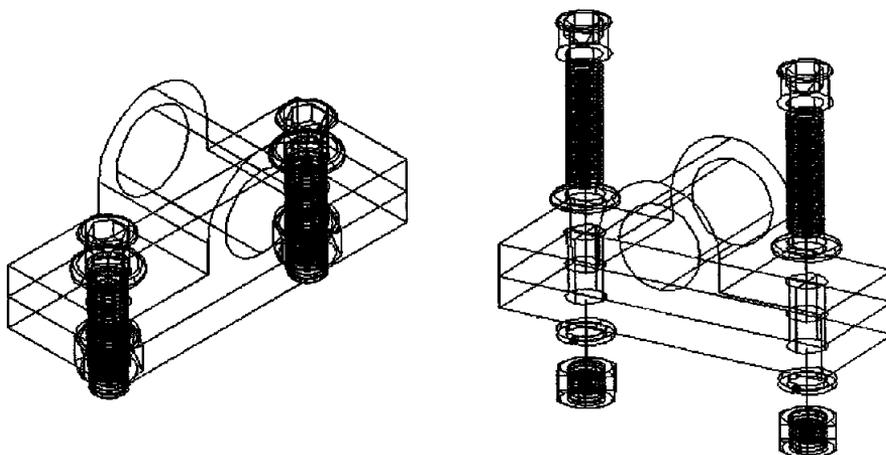


Figura 7.18 Conexión por tornillo y su vista explosionada

7.1.10 TORNILLOS.

Con la siguiente orden se insertan en el dibujo tornillos de forma independiente. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < SCREWS**

Comando: **AMSCREW3D.**

7.1.11 ARANDELAS.

Esta orden permite insertar arandelas de forma independiente. El comando es el siguiente:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < WASHERS**

Comando: **AMWASHER3D.**

7.1.12 TUERCAS.

Este comando permite insertar Tuercas de forma independiente. La orden se presenta como:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < NUTS**

Comando: **AMNUT3D.**

7.1.13 PASADORES CILINDRICOS.

Esta orden permite insertar pasadores cilíndricos. El comando es de la forma siguiente:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < CYLINDRICAL PINS**

Comando: **AMCYLPIN3D.**

7.1.14 PASADORES CONICOS.

Esta orden permite insertar pasadores cónicos. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < TAPER PINS**

Comando: **AMTAPERPIN3D.**

7.1.15 ESPARRAGOS DE TRANSMISIÓN ACANALADOS.

Esta orden permite insertar espárragos de transmisión acanalados. El comando es el siguiente:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < GROOVED DRIVE STUDS**

Comando: **AMGROOVESTUD3D.**

7.1.16 PASADORES DE CLAVIJA.

Esta orden permite insertar pasadores de clavija. La orden es:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < COTTER PINS**

Comando: **AMCOTTERPIN3D.**

7.1.17 REMACHES LISOS.

Esta orden permite insertar remaches lisos. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < PLAIN RIVETS**

Comando: **AMPLRIVET3D.**

7.1.18 REMACHES AVELLANADOS.

Esta orden permite insertar pasadores de clavija. El comando se presenta de la siguiente forma:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < COUNTERSUNK RIVETS**

Comando: **AMCRIVET3D.**

7.1.19 TAPONES ROSCADOS.

Esta orden permite insertar tapones roscados. La orden es la siguiente:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < PLUG**

Comando: **AMPLUG3D.**

7.1.20 LUBRICADORES.

Esta orden permite insertar lubricadores. Se accede al comando mediante:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < LUBRICATORS**

Comando: **AMLUBRI3D.**

7.1.21 ANILLOS DE JUNTA.

Esta orden permite insertar pasadores de clavija. Se puede ingresar al comando:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > FASTENERS < SEALING RINGS**

Comando: **AMSEALRING3D.**

7.1.22 CASQUILLOS.

Esta orden permite insertar casquillos de taladro simples o con valona. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > DRILL BUSHINGS < DRILL BUSHINGS**

Comando: **AMDRBUSH3D.**

7.1.23 PERFILES DE ACERO.

Esta orden permite insertar perfiles laminados de acero. La orden es como sigue:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > STEEL SHAPES**

Comando: **AMSTLSHAP3D.**

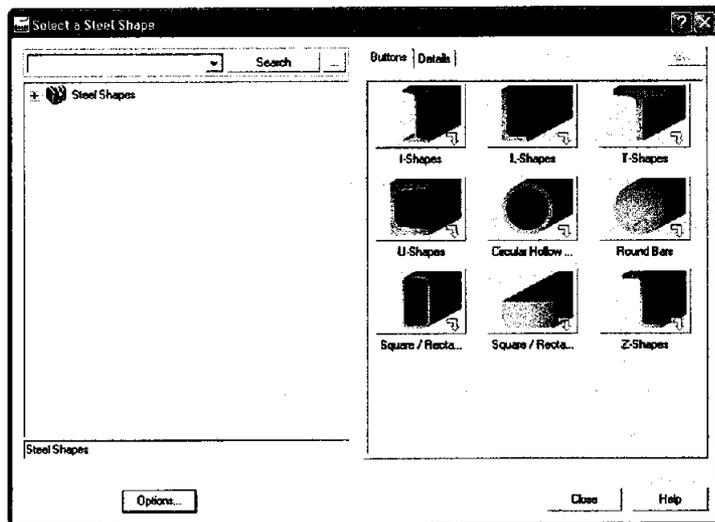


Figura 7.18 Cuadro de diálogo de Perfiles de acero

7.2 GENERADOR DE FLECHAS.

En versiones anteriores, cuando se requería generar una flecha paramétrica, se debían bocetar y extrusionar segmentos de la flecha, añadiendo planos de boceto o planos de trabajo, tantas veces como la complejidad del eje lo precisará. Con la orden **AMSHAFT3D** se dispone de una herramienta para diseñar un eje con formas diferentes, esto es, cilíndricas, cónicas, con rosca o acanaladas y con la misma orden, poder editarlo y añadirle elementos auxiliares como rodamientos, juntas, anillos, etc.

Se detallará esta orden siguiendo un ejemplo de construcción, debiendo utilizarse un procedimiento sistemático, es decir, por partes o segmentos individuales que se irán agregando a la caja de diálogo de generador de flechas ("**3D Shaft Generator**"), generalmente de izquierda a derecha de manera que cada elemento del eje se genere a partir del elemento anterior.

Se podrá observar que en el Navegador ("**Browser**") se irá añadiendo la estructura que conforma la flecha, mediante los iconos de las operaciones y contornos del eje. La orden se presenta como sigue:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > SHAFT GENERATOR**

Comando: **AMSHAFT3D**.

Al acceder a la orden se tiene por línea de comandos:

Command: **amshaft3d**

Specify start point or [Existing shaft]: *Sobre el área gráfica se indicará un punto inicial para la nueva flecha o el de una flecha ya existente*

Specify centerline endpoint: *Se indicará el punto final de la línea de centro de la flecha.*

Specify point for new plane <parallel to UCS>: ↵

Computing ...

New part created.

Una vez cumplidos estos pasos, aparecerá la caja de diálogo Generador de Flechas 3D ("**3D Shaft Generator**") mostrado en la figura 7.19, en donde se puede apreciar que la parte fundamental de esta caja, corresponde precisamente a los diferentes tipos de terminación de los elementos que se van añadiendo al eje.

La Ficha de Contorno Exterior ("**Outer Contour**") es la que permanece activa cuando se genera una flecha nueva y por ser el núcleo básico no dispone de las opciones: Chaflán, Ranurado y Fileteado, aunque si de las siguientes:

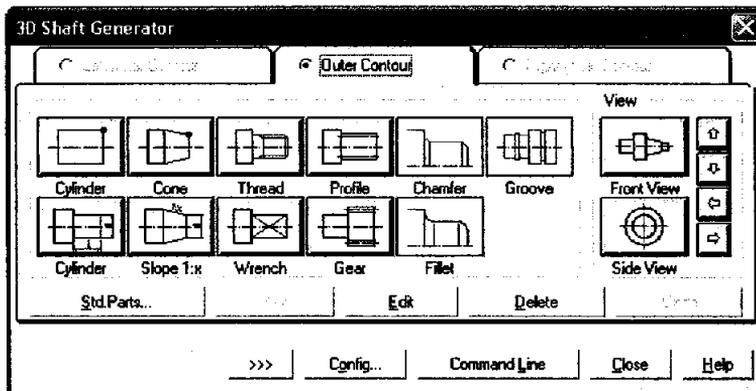


Figura 7.19 Cuadro de diálogo Generador de Flechas 3D

- Cilindro. (“Cylinder”). Permite crear la forma cilíndrica por arrastre dinámico (ratón) del contorno.
- Cono (“Cone”). Permite crear una forma cónica por arrastre dinámico del contorno.
- Rosca (“Thread”). Permite insertar en el eje elementos roscados. Al pulsar el botón, aparece la caja de diálogo de Rosca, cuyo formato es ya conocido y donde se elegirá el tipo correspondiente.
- Perfil (“Profile”). Permite crear un eje con una sección de perfil de forma especial o estriado, pudiendo ser elegido de la caja de diálogo Perfil (“Profile”) que aparecerá a continuación de pulsar el botón. Designado el tipo de sección de perfil adecuado, aparecerá la caja de diálogo Eje Ranurado (“Splined Shaft”, figura 7.20) donde se podrán indicar las medidas correspondientes.

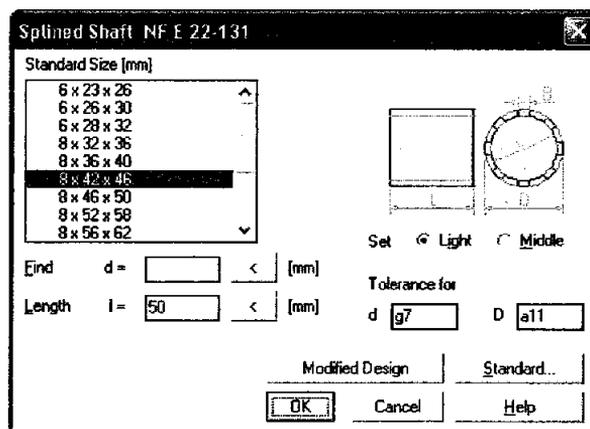


Figura 7.20 Cuadro de diálogo de Flecha Ranurada

- Cilindro (“Cylinder”). Permite introducir una forma cilíndrica introduciendo datos de longitud y diámetro por línea de comandos.
- Inclinación 1:x (“Slope 1:x”). Con esta forma es posible introducir datos de una forma mas precisa por teclado o mediante caja de diálogo que en la opción de Cono.
- Llave (“Wrench”). Permite crear el eje con una sección adecuada a la utilización de llaves normalizadas según la caja de diálogo de Abertura de Llave (“Wrench Openning”). Designado el tipo de sección de llave adecuado, se mostrará la caja de dialogo mostrado en la figura 7.21, Tamaño de llave (“Wrench Size”).

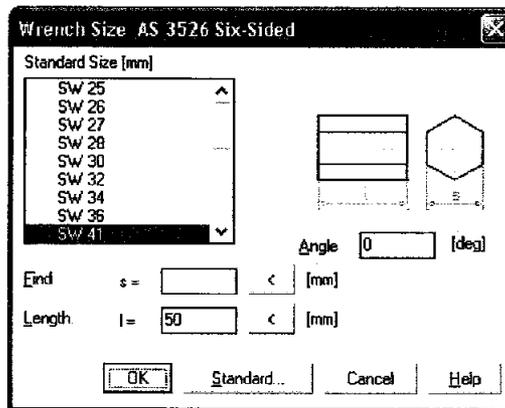


Figura 7.21 Cuadro de diálogo Tamaño de llave

- Engrane (“Gear”). Permite generar secciones de engranaje con dientes de tipo envolvente. Al pulsar el botón nos conduce a la caja de dialogo Engrane (“Gear”) en la que es posible indicar los datos del engranaje adecuado.

Además de estas opciones, en el cuadro de diálogo principal de Generador de flechas, encontramos las siguientes opciones:

- Vista Frontal (“Front View”) . Este botón permite cambiar la representación de una vista frontal a una vista lateral.
- Vista lateral (“Lateral View”) . Este botón permite cambiar la representación de una vista lateral a una vista frontal.
- Flechas.  Con estos botones se producen giros en el eje en incrementos de 15°.

- Piezas normalizadas (“Std. Parts”) Este botón introduce en el cuadro de diálogo Seleccionar pieza (“Select a Part”) (figura 7.22) donde se encuentran agrupados los elementos que se pueden insertar en el segmento de eje, tales como rodamientos, anillos, chavetas, etc.

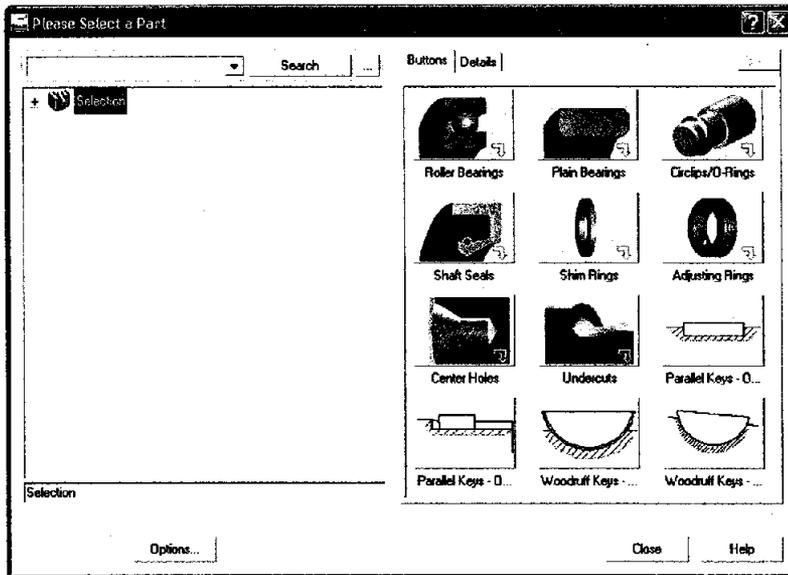


Figura 7.22 Cuadro de diálogo Seleccionar Pieza.

- Lado (“Side”). Este botón permite cambiar la dirección de inserción del último segmento al primero y viceversa.
- Configuración (“Config.”) Al pulsar este botón aparecerá el cuadro de diálogo Generador de Flechas-Configuración (“Shaft Generator- Configuration”) que permite adaptar la rutina del generador a las necesidades del usuario.

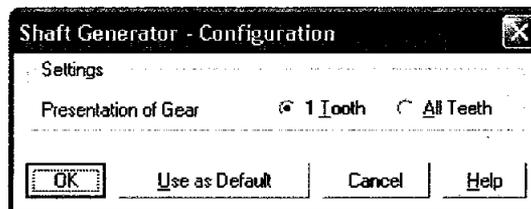


Figura 7.23 Cuadro de diálogo Shaft Generator- Configuration.

Como es posible apreciar, las opciones restantes son de uso general, por lo que ya no es necesario describir sus funciones.

7.2.1 EJEMPLO DE CONSTRUCCIÓN.

Una vez vistas las opciones del cuadro de diálogo, se desarrollará un ejemplo práctico construyendo una flecha corta, a partir del bosquejo acotado mostrado en la figura 7.24. Para el dentado del engrane central se tienen los siguientes datos:

Módulo Normal: =4

Ángulo de presión = 20°

Número de dientes = 29

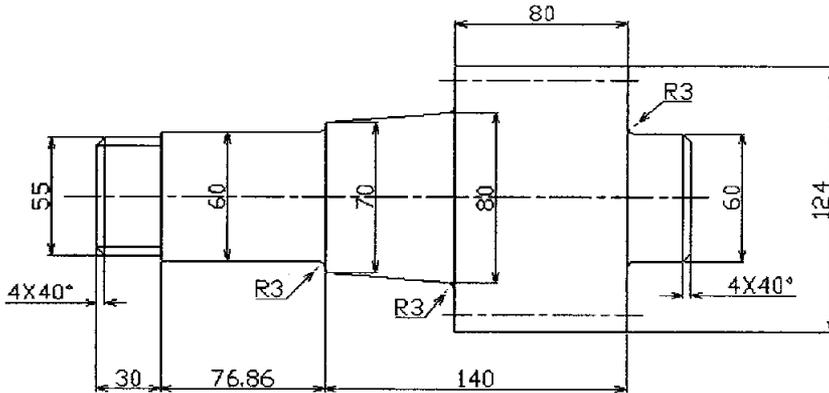


Figura 7.24 Boceto acotado de flecha

Comenzado un dibujo nuevo, se colocara la visualización en Isométrico a través de **VIEW > 3D VIEWS > FRONT RIGHT ISOMETRIC** y se comenzará a construir el eje por su lado izquierdo para seguir un orden. Para ello, se accede a la orden por menú de persiana mediante **CONTENT 3D > 3D SHAFT GENERATOR** y por línea de comandos:

Command: **amshaft3d**

Specify start point or [Existing shaft]: *Sobre el área gráfica se indicará un punto inicial*

Specify centerline endpoint: *Se indicará el valor de 30, asegurándose que la función Ortho este activada*

Specify point for new plane <parallel to UCS>: ↵

Computing ...

New part created.

Aparecerá entonces, la caja de diálogo de Generador de Flachas 3D, donde se pulsará el botón de Rosca (“**Thread**”), llevando a la siguiente caja de Selección de Rosca (figura 7.25) donde se pulsará el primer botón, correspondiente a la rosca ISO 261.

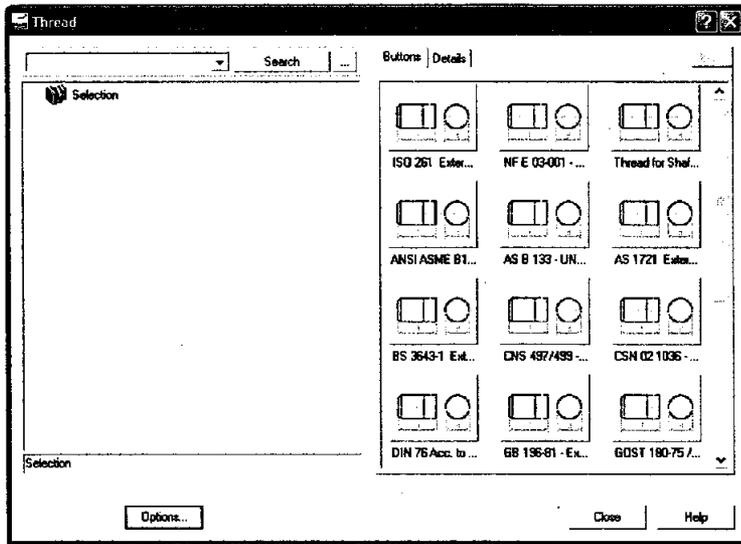


Figura 7.25 Cuadro de diálogo de Roscas

Aparecerá un nuevo cuadro de diálogo de Rosca ISO 261 Roscas externas (“ISO 261 External”, Regular thread) en el que se resaltará el valor de M55X2 y el resto de las casillas se dejarán con sus valores por defecto.

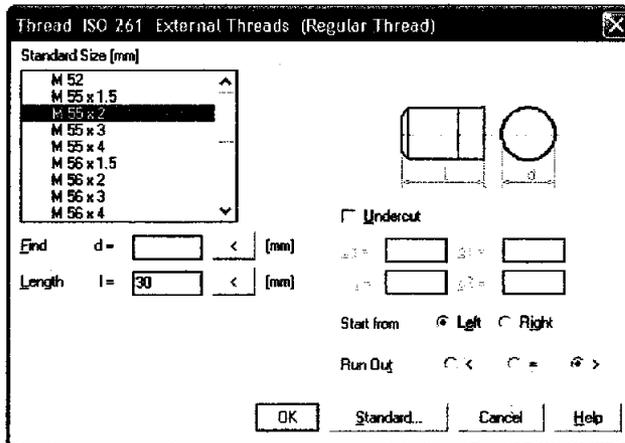


Figura 7.26 Cuadro de diálogo Rosca ISO 261 Roscas externas

Al pulsar **OK**, el programa procesará los datos indicados y generará el primer segmento roscado de la flecha; al mismo tiempo, aparecerá nuevamente el cuadro de diálogo de Generador de Flechas. Al desplazar el cuadro, se podrá observar el segmento de flecha como se muestra en la figura 7.27 a:

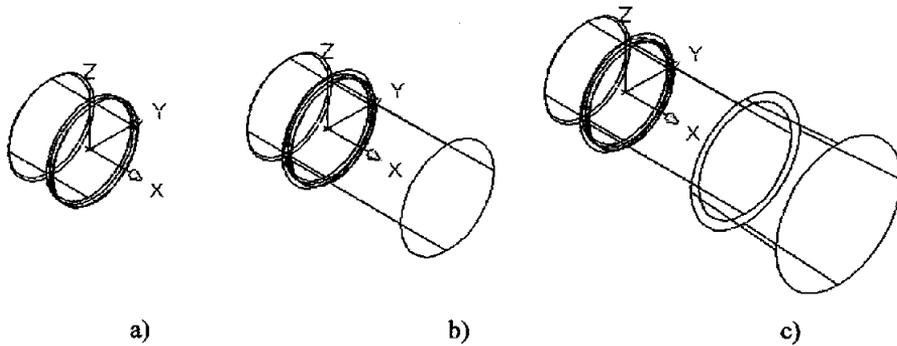


Figura 7.27 Segmentos consecutivos de flecha

Se continuará con el siguiente segmento correspondiente a la parte cilíndrica de 60 X 76.86; para ello, se pulsará sobre el botón Cilindro (inferior) (“**Cylinder**”) y por línea de comandos solicitará:

Specify length or [Associate to/Equation assistant] <60>: *Se indicará el valor de 76.86 y ↵*

Specify diameter or [Associate to/Equation assistant] <80>: *Se indicará el diámetro de 60 y ↵*

El segundo segmento se habrá generado tomando el aspecto de la figura 7.27 b y aparecerá en pantalla nuevamente el cuadro de diálogo. Para el siguiente segmento, correspondiente al cono, se pulsará sobre el botón Inclinación 1:x (“**Slope 1:x**”) y a la petición por línea de comandos se seleccionará la opción Diálogo (“**Dialog**”):

Specify length or [Dialog/Associate to/Equation assistant] <76.86>: *Se designará la opción D Computing ...*

Aparecerá entonces el cuadro de diálogo Generador de Flechas–Cono (“**Shaft Generator-Cone**”) de la figura 7.28, en el que se indicarán los valores de los diámetros y la longitud. Procesados los valores, el segmento cónico tendrá el aspecto de la figura 7.27 c

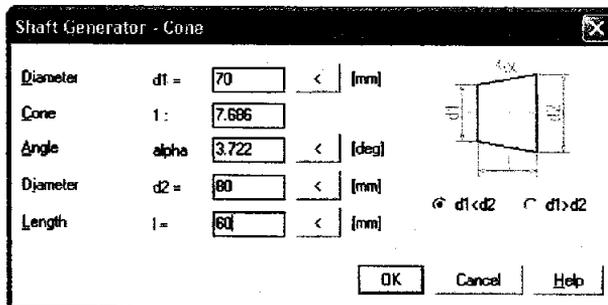


Figura 7.28 Cuadro de diálogo Generador de Ejes –Cono

A continuación, se realizará el filete de radio 3 mm, pulsando para ello en el botón de Fillete (“Fillet”) y se designará la arista, teniendo por línea de comandos:

Select edge for radius: *Se designará la arista*

Specify radius (max. 5) or [Associate to/Equation assistant] <2.5>: *Se indicará el valor de 3*

Enter an option [Revolve/Fillet] <Revolve>: ↵

El resultado se muestra en la figura 7.29:

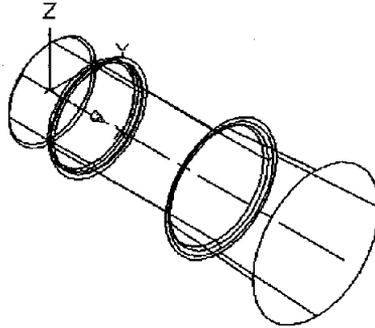


Figura 7.29 Fileteado entre segmentos de flecha.

El siguiente tramo corresponde a la parte dentada o engrane, por lo que se pulsará sobre el botón de Engranaje (“Gear”) y se llenará el cuadro correspondiente con los valores antes descritos como puede verse en la figura 7.30

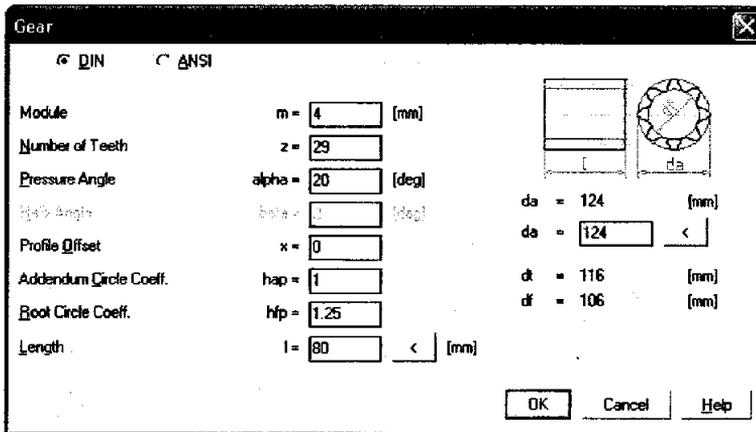


Figura 7.30 Cuadro de diálogo de Engranaje

Aceptados los valores se tendrá en pantalla la figura 7.31 a. En este punto, es posible realizar el filete entre el cono y el engrane de la misma forma que se hizo en el tramo anterior y terminar con el último segmento de la flecha.

Pulsando de nuevo el botón de Cilindro y siguiendo los mismos pasos que con el segundo segmento, pero con medidas de 60 para el diámetro y 30 para la longitud se tendrá como resultado la figura 7.31 b):

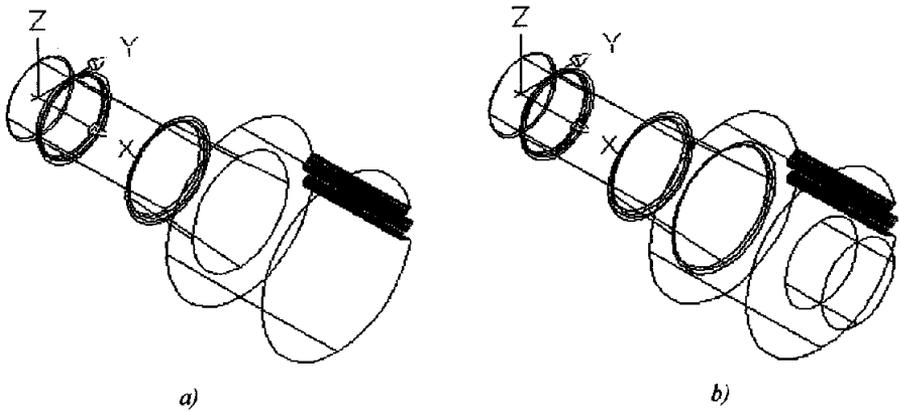


Figura 7.31 Generación de engrane y último segmento de flecha

Ya que se tenga el cuerpo principal, se realizaran el filete y el chaflán en la última sección. Para el chaflán (“**Chamfer**”) se tendrá por línea de comandos:

Select edge for chamfer: *Se designara la arista para chaflán*

Specify length (max. 29.999) or [Associate to/Equation assistant] <2.5>: *Se escribirá el valor de lado de chaflán 4*

Specify angle (min 0.0001, max 82.4051)

[Distance/Associate to/Equation assistant] <45>: ↵

Enter an option [Revolve/Chamfer] <Revolve>: ↵

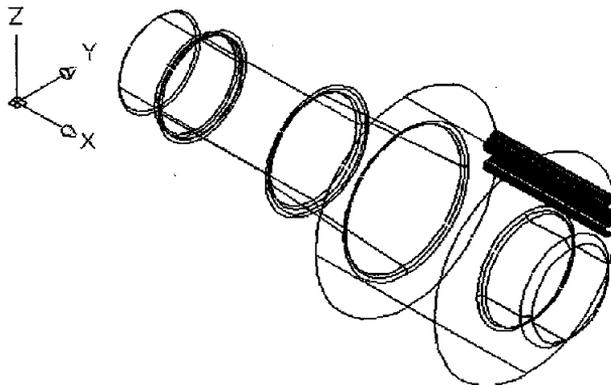


Figura 7.32 Generación de flecha completo

Generados el filete y el chaflán se podrá concluir la orden con el botón Cerrar (“Close”) y el resultado se verá como la figura 7.32. Una vez que se tenga la flecha completa, es posible insertar elementos accesorios como rodamientos, anillos de retención, juntas, chavetas, puntos de torno, entalladuras, etc., con el mismo procedimiento visto con otros elementos estándar, por lo que solo describiremos el acceso por menú de persiana y comando. Es posible realizar estas inserciones durante la generación del propio eje, si en la caja de Generación de Ejes 3D se pulsa sobre el botón de Piezas Normalizadas.

7.2.2 RODAMIENTOS.

El siguiente comando permite insertar rodamientos de bola, aguja o rodillo. La orden se presenta de la siguiente forma:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D>SHAFTS/COMPONENT< ROLLER BEARINGS**
Comando: **AMROLBEAR3D.**

7.2.3 RODAMIENTOS PLANOS.

Esta orden permite insertar rodamientos normales de tipo casquillo de fricción. La orden se presenta de la siguiente forma:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D>SHAFTS/COMPONENT< PLAIN BEARINGS**
Comando: **AMPLBEAR3D.**

7.2.4 CHAVETAS.

Este comando permite insertar todo tipo de chavetas. La orden se presenta de la siguiente forma:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > SHAFTS/COMPONENT < PARALLEL /
WOODDRUFF KEYS**
Comando: **AMSHAFTKEY3D.**

7.2.5 JUNTAS Y RETENEDORES.

Esta orden permite insertar juntas y retenedores. La orden se presenta de la siguiente forma:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > SHAFTS/COMPONENT < PARALLEL /
WOODDRUFF KEYS**
Comando: **AMSHAFTKEY3D.**

7.3 CÁLCULO POR ELEMENTO FINITO.

El análisis mediante elemento finito (FEA por sus siglas en inglés) es una poderosa herramienta en la solución numérica de un amplio rango de problemas de ingeniería. Las aplicaciones van desde el análisis por deformación y esfuerzo en automóviles, aeronaves y estructuras, hasta el análisis de campos de flujo de calor, de fluidos, magnético, filtraciones y otros problemas de flujo. En este método de análisis, una región compleja que define un medio continuo, se discretiza en formas geométricas simples llamadas elementos finitos. Las propiedades del material y las relaciones gobernantes son consideradas sobre esos elementos y expresadas en términos de valores desconocidos en los bordes del elemento. Un proceso de ensamble, cuando se consideran debidamente las cargas y restricciones, da lugar a un conjunto de ecuaciones, y la solución de ellas, da el comportamiento aproximado del continuo.

Se considera que el material con el que esta hecha la pieza es isotrópico (mismas propiedades en todas direcciones) y lineal. El análisis mediante elemento finito no considera el contorno bajo esfuerzo como una masa completa sino, más bien, como un conjunto de elementos discretos de forma precisa. El proceso FEA utiliza un elemento de tipo tetra con 4 nodos angulares y 6 nodos adicionales en cada lado. Este elemento permite una discretización rápida y automática de las geometrías más complejas dividiéndolas en formas más simples, de modo que sea posible estimar la respuesta del sólido a las cargas aplicadas.

El FEA trabaja de la siguiente manera: se calcula el desplazamiento de los nodos y después el esfuerzo inducido resultante de este desplazamiento. Se toma en consideración el elemento tetra cuadrada cuando se modela el desplazamiento. Si se emplea el método apropiado de discretización, se notará que la solución analítica coincide con los valores reales de desplazamiento. Debido a que se calculan los esfuerzos empleando los resultados de desplazamiento, el proceso de cálculo es lineal.

Como parte del módulo de Power Pack, se encuentra la herramienta CEF (Calculo por Elemento Finito), la cual permitirá determinar los esfuerzos producidos sobre las piezas diseñadas sometidas a carga estática.

Para trabajar con esta herramienta se accede mediante:

Por menú de persiana: **CONTENT 3D > CALCULATIONS < FEA**

Comando: **AMFEA3D** (Objetos en 3D) y **AMFEA2D** (Objetos En 2D).

Inmediatamente aparecerá el cuadro de diálogo CEF -3D (“FEA – Calculation 3D”) mostrado en la figura 7.33 en el que se podrá determinar el material del objeto así como los tipos de carga y soporte para poder efectuar los cálculos correspondientes

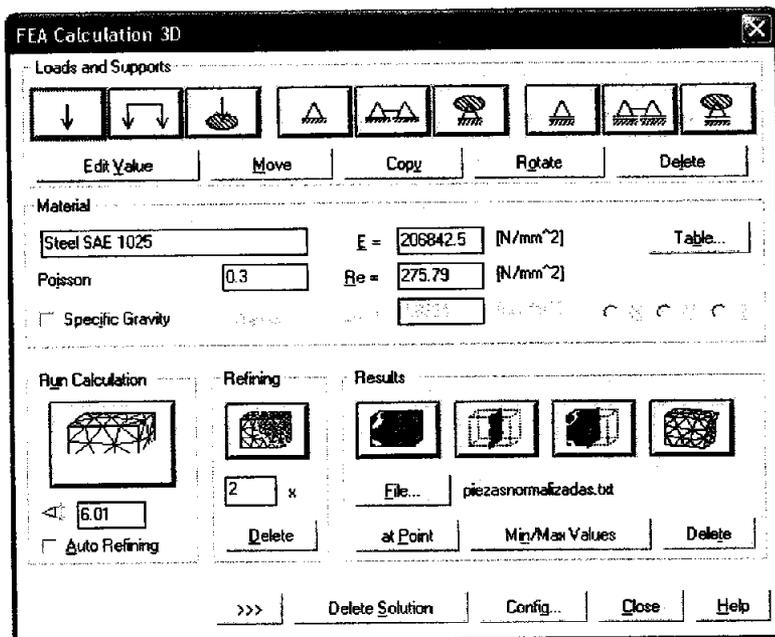


Figura 7.33 Cuadro de diálogo CEF -3D

Cargas y Fuerzas (“Loads ans Suports”).

En este apartado de la caja se encuentran los botones que permiten especificar los tipos de cargas y puntos de apoyo (soportes) para las condiciones existentes. Para todas las opciones y dependiendo de la geometría del objeto, se irá solicitando por línea de comandos los pasos hasta situar el punto o puntos de solicitud de las cargas y su ángulo de ataque. De la misma forma se comportará el programa en lo que se refiere a los puntos de apoyo. Se tienen pues, las siguientes opciones:

-  El esfuerzo es una carga única puntual.
-  El esfuerzo solicitado es de carga uniforme
-  El esfuerzo solicitado se reparte superficialmente (Carga de área).
-  Cuando el punto de apoyo es fijo único.



Cuando el punto de apoyo es fijo uniforme



Cuando el punto de apoyo es fijo de área



Cuando el punto de apoyo es móvil único



Cuando el punto de apoyo es móvil uniforme.



Cuando el punto de apoyo es móvil de área

Editar Valor (“**Edit value**”) Permite modificar valores asignados.

Desplazar (“**Move**”). Permite desplazar cargas y puntos de apoyo

Copiar (“**Copy**”). Permite copiar condiciones da carga y puntos de poyo existentes.

Girar (“**Rotate**”). Permite girar el elemento

Suprimir (“**Delete**”) Permite eliminar el elemento seleccionado.

Material (“**Material**”).

En este apartado de la caja se puede determinar el material que se va a utilizar para el cálculo y sus valores del Módulo de Elasticidad (**E**), Límites de elasticidad (**Re/Ro**), Constantes de Poisson o Peso Específico. El material del cuerpo, como se ha dicho es de carácter isotrópico y lineal (se aplica la ley de Hooke) y las deformaciones causadas por las cargas son muy pequeñas comparadas con las dimensiones del cuerpo (el programa aplica la teoría del primer orden).

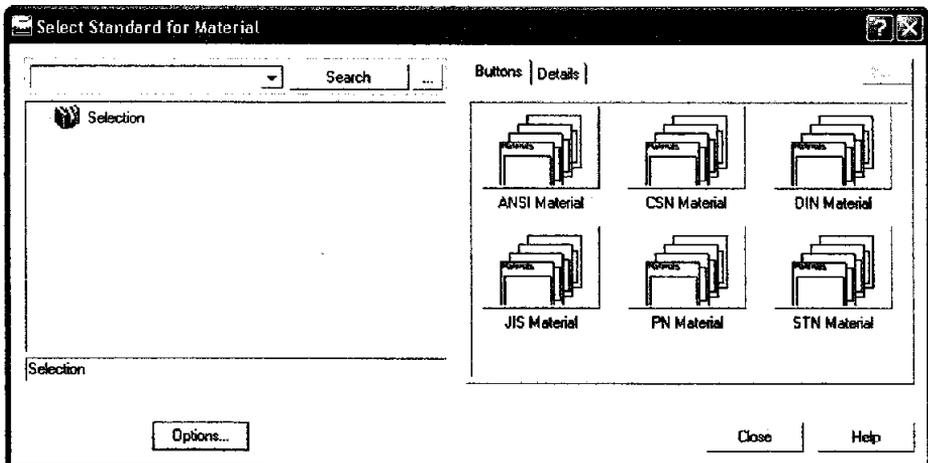


Figura 7.34 Cuadro de diálogo de Selección de Norma para Material

El botón Tabla (“Table”) introduce en la caja de diálogo de Selección de Norma para Material (“Select Standard for Material”), mostrado en la figura 7.34, que llevará al cuadro de Selección de Tipo de Material (“Select Material Type”) en la que se designará el material de la pieza (figura 7.35):

Description	E-Modulus [N/mm ²]	Stretch Limits [N/mm ²]	Poisson	Density [kg/dm ³]
Steel SAE 950	206842.5	310.26	0.3	7.72
Steel SAE 1025	206842.5	275.79	0.3	7.83
Steel SAE 1045	206842.5	344.74	0.3	7.83
Steel SAE 1095	206842.5	137.9	0.29	7.83
Steel SAE 1112	206842.5	206.84	0.3	7.83
Steel SAE 1212	206842.5	172.37	0.3	7.83
Steel SAE 1330	206842.5	186.16	0.3	7.83
Steel SAE 2517	206842.5	413.69	0.3	7.83
Steel SAE 3140	206842.5	427.47	0.3	7.83
Steel SAE 3310	206842.5	386.11	0.3	7.83
Steel SAE 4023	206842.5	413.69	0.3	7.83
Steel SAE 4130	206842.5	317.16	0.3	7.83

Figura 7.35 Cuadro de diálogo de Selección de Tipo de Material.

Calcular (“Run calculation”).Aquí se establece el proceso de cálculo y generación de una malla resistente para el contorno cerrado de la pieza, que podemos desplazar. La malla estará formada por tetraedros, cuatro nodos angulares y seis puntos de nodo adicionales en cada borde del elemento. Una malla de estructura grande solo se creará en objetos de geometría simple, si se trabaja con áreas pequeñas o radios pequeños, se genera una malla con mas elementos cuadrados. Como se podrá encontrar este tipo de mallas requerirá un tiempo de cálculo considerable.

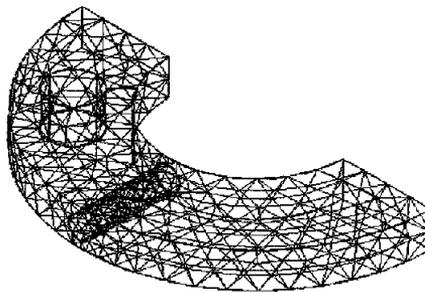
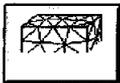


Figura 7.36 Malla generada en una pieza simple.



Al pulsar este botón se produce el cálculo y generación de la malla, informando con la caja de avance mostrada en la figura 7.37, Calculando (“Working”).

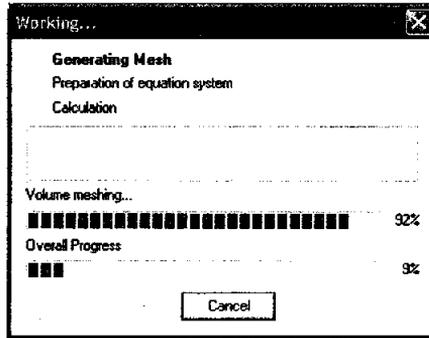


Figura 7.37 Cuadro de avance de Generación de Malla.

5.65 Anchura media de malla. En este campo se puede configurar el tamaño de afinamiento de la malla. Si la pieza donde se calculará la malla contiene superficies planas, se empleará el valor por defecto. El Afinamiento Automático (“**Auto Refining**”) permite realizar el cálculo en la zona de los valores de Von Mises de esfuerzo más alto. El afinado de la malla se produce una vez realizado el cálculo que se repetirá una vez terminado el proceso de afinamiento.

Refinamiento (“**Refining**”). Con este apartado, es posible personalizar el tipo de afinamiento en el área de un punto seleccionado que se quiere tomar en consideración al generar una malla. En este caso los lados del elemento de la malla varían según el Factor de Afinamiento (siendo su valor por defecto 2).



Este botón accede temporalmente a la línea de comandos donde solicitará indicar el punto de afinamiento. El botón de Suprimir (“**Delete**”) elimina los puntos de afinamiento innecesarios.

Resultado (“**Results**”). En esta sección se puede gestionar la generación de la representación gráfica de los esfuerzos y deformaciones del objeto 3D. Asimismo es posible crear isolíneas e isoáreas para las mallas de superficie, corte, corte y superficie y deformadas. En este apartado de resultados hay una serie de iconos que al pulsar, muestran una representación gráfica de los esfuerzos y deformaciones calculados sobre la misma pieza o desplazándola. Estas cajas de diálogo son:

- Isolíneas de superficie (“Isoáreas”) (“**Surface Isolines**”).
- Isolíneas de Corte (“Isoáreas”) (“**Cut Isolines**”).
- Isolíneas de Corte y Superficie (“**Cut and Surface Isolines**”).
- Desplazamientos (“**Displacements**”).

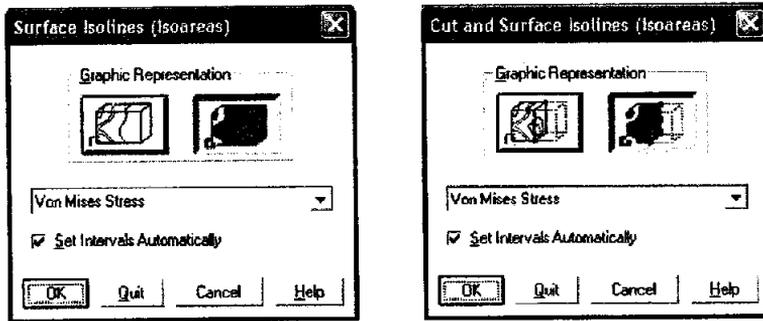


Figura 7.38 Diferentes cuadros de diálogo del apartado de Resultados.

En todas las cajas de diálogo, excepto la de Desplazamientos, se encontrarán las opciones de Representación Gráfica (“**Graphic Representation**”) y Campo de resultados (figura 7.39). En el primero, es posible optar entre la representación en isolíneas o en isoáreas. En el segundo, es posible elegir de una ventana desplegable el tipo de resultado (esfuerzo) que se va a visualizar como el Máximo Esfuerzo Cortante (“**Max. Shear Stress**”), el Esfuerzo Principal Máximo, Medio o Mínimo (“**Main Stress Maximun/Middle/Minimum**”), etc.

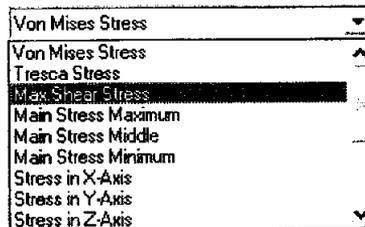


Figura 7.39 Ventana desplegable de Campo de Resultados

7.3.1 EJERCICIO DE APLICACIÓN DEL CEF.

Expuestos los conceptos generales de la orden para CEF, se pasará a realizar un supuesto práctico sobre un punzón de troquelar cilíndrico con cabeza de diámetro 10 y 40 de longitud como se ve en la figura 7.40



Figura 7.40 Punzón de troquelar cilíndrico

Al acceder a la orden por cualquiera de los medios conocidos, se tendrá por línea de comandos:

Select 3D Body: *Se designará el punzón*

Inmediatamente después aparecerá el cuadro de diálogo CEF 3D – Calculo (“FEA-**Calculation 3D**”) (figura 7.33). Primero, se determinarán los puntos de apoyo y a continuación

las cargas. En este caso se elegirá el Soporte Fijo de Área  y por línea de comandos se tiene:

Position of support on the body:

Select a surface: *Se designará la superficie superior de la valona (figura 7.41)*

Specify face [Next/Accept] <Accept>: ↵

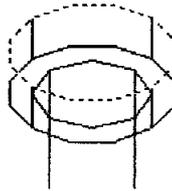


Figura 7.40 Superficie de selección para soporte

Se abrirá la caja de diálogo Definir Borde para Carga y Soporte (“**Define Border of Load and Support**”) y se pulsará sobre el botón Toda la Cara (“**Whole Face**”)

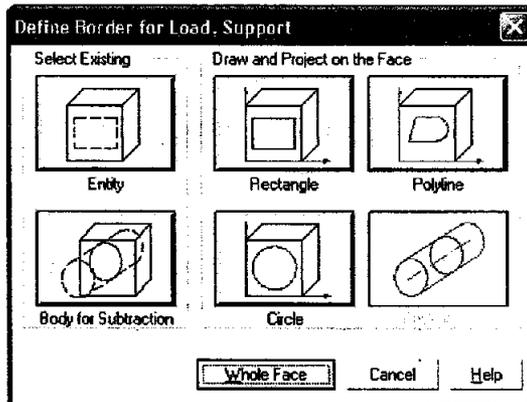


Figura 7.41 Cuadro de diálogo Definir Borde para Carga y Soporte.

Se cerrará temporalmente la caja de diálogo y por línea de comandos:

Define insertion point for main symbol: *Se designará un punto cercano al centro*

Specify distance or [Next base/Offset]: *Se designará el valor de 3*

Radius : 3.000000

Specify angle or [Change x-axis]: *Se escribirá el valor de 360*

Angle : 0.000000

Se abrirá de nuevo la caja CEF 3D – Cálculo y por línea de comandos solicitará definir la carga, por lo que se indicará la Carga de Área  y por línea de comandos nuevamente:

Position of load in the body:

Select a surface: *Se designará la superficie inferior del punzón*

Specify face [Next/Accept] <Accept>: ↵

En ese momento se abrirá nuevamente la caja de diálogo Definir Borde para Carga y Soporte ya conocida y se pulsará nuevamente el botón Toda la Cara (“Whole Face”) y por línea de comandos pide:

Define insertion point for main symbol:

Specify radius or [Dialog]: 2

Radius : 2.000000

Specify angle or [Change x-axis]: 360

Angle : 0.000000

Indicado el ángulo, abrirá la caja de diálogo Tipo de Ángulo (“Angle Type”) mostrada en la figura 7.42, en la que se podrá elegir el tipo de distribución de la carga; en este caso se pulsará sobre el botón Normal (“Normal”) y por línea de comandos:

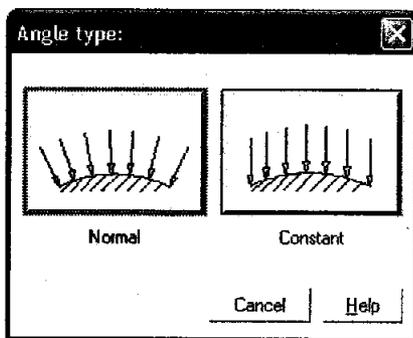


Figura 7.42 Cuadro de diálogo de Tipo de Angulo.

Definition of load:

Specify value of load <10 (N/mm²)>: *Se escribirá un valor de carga, por ejemplo 30N y ↵*

Con estas operaciones quedan definidas las condiciones de trabajo para el apoyo y la fuerza, abriendo de nuevo la caja CEF 3D. Para terminar, se debe generar la malla, por lo que en esta caja y en el apartado de Calcular (“**Run Calculation**”) se activará la opción Afinamiento Automático (“**Auto Refining**”). Luego se pulsará el botón de Calcular y el programa comenzará el análisis informando el proceso mediante el cuadro de diálogo de Calculando (“**Working**”)(figura 7.37).

Al finalizar se verá en pantalla y sobre la pieza la malla resultante y por línea de comandos se tiene:

Specify base point or displacement <in boundary>: *Se designará un punto de la malla*

Specify second point of displacement: *Se indicará otro punto a un costado*

Se produce la separación de la malla y la pieza como se aprecia en la figura 7.43.

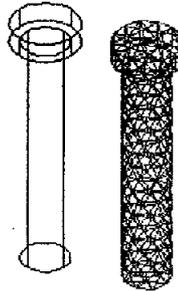


Figura 7.43 Separación de malla generada

Para finalizar, en la caja de dialogo CEF 3D, se calcularán las isoáreas de superficie y de deformación. Para ello, del apartado de Resultado (“**Results**”) se pulsará sobre el icono de isolíneas (isoáreas)  abriéndose la caja de diálogo de Isolíneas de Superficie (“**Surface Isolines**”) (“**Isoareas**”), y se presionará el botón de la derecha que representa las isoáreas. Se creará entonces un modelo de isoáreas, por línea de comandos se pedirán los puntos para su desplazamiento y se designará el punto de inserción de la tabla.

En la tabla, aparecerán los datos de cálculo para todos los elementos de la malla, pudiéndose por tanto cerrar la caja de diálogo de CEF 3D. El resultado se visualizará como en la figura 7.44.

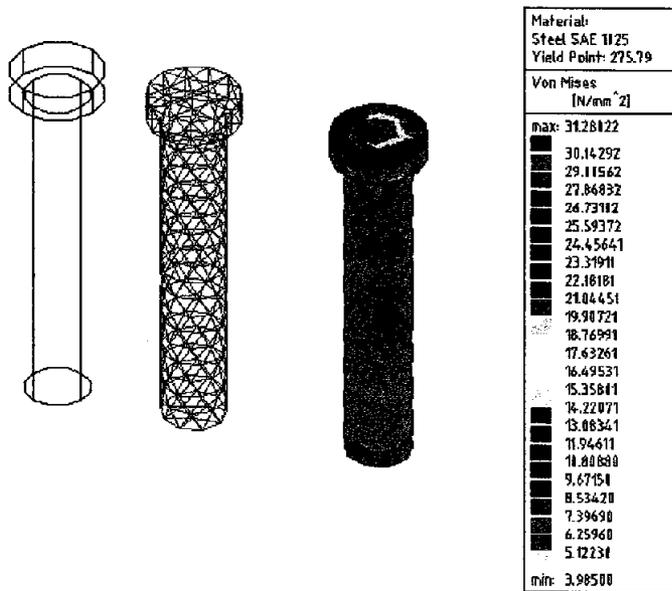


Figura 7.44 Modelo de isoáreas y tabla de esfuerzos resultantes.

CONCLUSIONES.

Al final de esta tesis se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El diseño paramétrico le permite al proyectista tener un mayor control en la creación de un modelo, pieza o serie de piezas durante el proceso de diseño, es decir, desde la magnitud, la geometría exacta o el material, hasta la relación de las piezas en conjunto y la respuesta a los esfuerzos a los que estarán sometidas.
2. La versatilidad que ofrece el programa en la construcción de piezas o modelos sólidos, así como la sencillez para la generación de sus planos definitivos con todos los detalles que implica, permitirá detectar errores y hacer las correcciones pertinentes, antes de fabricar un modelo real, traduciéndose esto, en un menor costo y ahorro de tiempo.
3. El uso de elementos superficiales en la construcción de caras complejas es de gran ayuda en la especialidad de diseño mecánico, ya que permite al diseñador crear modelos que con herramientas de generación de superficies comunes sería muy difícil generar, como en el modelaje ergonómico o aerodinámico.
4. La posibilidad de generar varios modelos a partir de una única construcción por asignación de variables a las diferentes medidas del modelo y la vinculación de estas con una hoja de cálculo, permitirá ofrecer más opciones para un mejor diseño y un ahorro considerable de tiempo.
5. Las bibliotecas de elementos estándar permiten al proyectista no solo conocer las piezas ya fabricadas en el mercado, sino también reducir tiempo y costo durante el proceso de diseño. Asimismo, el análisis mediante elemento finito que el programa Mechanical Desktop ofrece, permitirá al diseñador observar de forma mas precisa la concentración de esfuerzos y deformación que se presentan en una pieza.

El programa MD tiene muchas aplicaciones en el diseño de ingeniería y en la fabricación, ya que posee aplicaciones específicas en un sistema integrado, que van desde el diseño de un producto, generar automáticamente la información y llegar a la manufactura, empleando para ello otras herramientas de cómputo que permiten el procesamiento de la información como es el caso de la programación de Control Numérico y la planeación de procesos.

Estos productos van desde tornillos, resortes, moldes para botellas, moldes para piezas de fundición o carrocerías de automóviles hasta cascos de buques o fuselajes de aeronaves, permitiendo desde un inicio, definir la geometría, asignar materiales, generar planos, y visualizar su respuesta durante la operación.

BIBLIOGRAFIA

1. M. F. Spotts
Proyecto de elementos de máquinas
Editorial Reverté S.A.
Cuarta edición, España 1982.
2. Cohn David S.
Complete AutoCAD
Editorial Addison -Wesley Publising Company Inc.
3. Guillermo Aguirre Esponda
Diseño de elementos de máquinas
Editorial Trillas
Primera edición, México 1990.
4. Gesner Rusty
AutoCad for beginners
Editorial new riders Publising
5. Steven K. Howell
Introduction to AutoCAD designer 1.1
Editorial PWS Publising Company
6. Cohn David S.
The AutoCAD Release 12 Encyclopedia
Editorial PWS Publising Company
7. Smith Joseph; Gesner Rusty
Maximizing AutoCAD Release 12
Editorial New Riders Publising.
8. Joseph Edward Shigley; Larry D. Mitchel
Diseño de Ingeniería Mecánica
Editorial Mc Graw-Hill
Tercera edición, México 1985
9. Robert L. Mott
Diseño de elementos de máquinas
Editorial Prentice Hall
Segunda edición, México 1992.

10. Vic Wright

AutoCad Release 12 for beginners

Editorial New Riders Publishing.

11. Aarón D. Deutshman; Walter J. Michels

Diseño de máquinas, teoría y práctica.

Compañía Editorial continental S.A. de C.V.

Primera edición, México 1985.

12. William C. Orthwein

Diseño de componentes de máquinas

Editorial Prentice Hall

Segunda edición, México 1985.

13. Madera Coronel Alonso

Aplicación del programa Mechanical Desktop V. 4.0 en el diseño mecánico

FES- Cuautitlán, UNAM.

36/2002

14. Moreno Sergio.

Diseño de elementos mecánicos con ayuda del Programa Mechanical Desktop V. 6.0.

FES- Cuautitlán, UNAM.

24/2004