



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"APLICACION DEL PROGRAMA MECHANICAL
DESKTOP VERSION 4.0 EN EL DISEÑO MECANICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :
ALONSO MADERA CORONEL

ASESOR: M. I. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.,

2001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



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

UNAM
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES CUAUTITLAN



UNIVERSIDAD NACIONAL
 AVENIDA DE
 AZCAPOTZALCO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE

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 comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Aplicación del programa Mechanical Desktop versión 4.0 en el diseño Mecánico"

que presenta el pasante: Alonso Madera Coronel
 con número de cuenta: 096569832 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
 Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 16 de enero de 2002

- PRESIDENTE Ing. Benjamín Contreras Sánchez
- VOCAL Ing. Blanca de la Peña Valencia
- SECRETARIO M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez
- PRIMER SUPLENTE Lic. Ramón Corona Paredes
- SEGUNDO SUPLENTE Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez

DEDICO ESTE TRABAJO A:

MIS PADRES:

Por haberme apoyado durante mis estudios.

MI HERMANA:

Descando con el corazón que su futuro sea brillante que siempre luche por un ideal y que a pesar de todo comprenda que es posible alcanzar un objetivo por imposible que parezca.

MIS PROFESORES:

Por su enseñanza y dedicación.

MI ASESOR:

Por ayudarme a seleccionar y desarrollar el tema de mi tesis.

ALONSO MADERA CORONEL

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
--------------------	---

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS DE MECHANICAL DESKTOP VERSIÓN 4.0

1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. CAD PARAMÉTRICO	3
1.2.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	4
1.3. EL PROCESO DE DISEÑO	6
1.3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3.2. TORMENTA DE IDEAS.....	7
1.3.3. REFINAMIENTO DEL BOSQUEJO	7
1.3.4. MODIFICACIÓN DEL DISEÑO	8
1.3.5. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	8

CAPÍTULO 2

CONOCIENDO A MECHANICAL DESKTOP

2.1. INICIO DEL PROGRAMA	10
2.1.1. CUADRO DE DIÁLOGO DE INICIO	11
2.2. INTERFASE DE MECHANICAL DESKTOP.....	11
2.2.1. BARRA DE MENÚS.....	12
2.2.2. BARRAS DE HERRAMIENTAS.....	15
2.2.3. VISUALIZADOR DE MECHANICAL DESKTOP (MECHANICAL BROWSER).....	18
2.3. PANTALLA DE ESCENAS	20
2.4. PANTALLA DE PRESENTACIÓN	20

CAPÍTULO 3

CREACIÓN DE UN BOSQUEJO BASE

3.1. CREACIÓN DEL BOSQUEJO BIDIMENSIONAL	23
--	----

3.2. REFINAMIENTO DEL BOSQUEJO.....	24
3.2.1. RESTRICCIONES Y COTAS	25
3.2.2. VISUALIZANDO RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS	26
3.2.3. APLICACIÓN DE COTAS PARAMÉTRICAS	27
3.2.4. COTAS RELATIVAS O ABSOLUTAS	28
3.2.5. COTAS LINEALES	28
3.2.6. COTAS ANGULARES.....	29
3.3. ACOTANDO EL BOSQUEJO.....	30

CAPÍTULO 4

ENTENDIENDO LAS RESTRICCIONES Y LA GEOMETRÍA DE CONSTRUCCIÓN

4.1. RELACIÓN ENTRE RESTRICCIONES Y COTAS.....	34
4.1.1. BOSQUEJO SUBRESTRINGIDO.....	35
4.1.2. BOSQUEJO SOBERRERSTRINGIDO.....	35
4.1.3. VISUALIZANDO, ELIMINANDO Y CAMBIANDO RESTRICCIONES	36
4.1.3.1. VISUALIZANDO RESTRICCIONES	37
4.1.3.2. AGREGANDO RESTRICCIONES	37
4.1.3.3. ELIMINANDO RESTRICCIONES.....	39
4.1.3.4. CAMBIANDO ACOTACIONES	41
4.1.4. UTILIZACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE COMBINACIÓN DE RESTRICCIONES Y COTAS PARA DEFINIR EL PERFIL	42
4.1.5. UTILIZANDO GEOMETRÍA DE CONSTRUCCIÓN	43
4.1.5.1. UTILIZACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA DEFINIR EL PERFIL DEL RASPADOR DE HIELO.....	44

CAPITULO 5

CREACIÓN DE UN MODELO TRIDIMENSIONAL A PARTIR DE UN PERFIL BIDIMENSIONAL

5.1. VISUALIZANDO LA PARTE	53
----------------------------------	----

5.2. EXTRUYENDO EL PERFIL PARA CREAR UN SÓLIDO TRIDIMENSIONAL ..	53
5.2.1. OPCIONES DE EXTRUSIÓN: BASE, CORTE, UNIÓN, INTERSECCIÓN ...	54
5.2.2. UTILIZANDO LA EXTRUSIÓN PARA CREAR UN MODELO SÓLIDO TRIDIMENSIONAL A PARTIR DE UN PERFIL.....	56
5.3. AGREGANDO ENTIDADES TRIDIMENSIONALES AL MODELO	57
5.3.1. AGREGANDO UN AGUJERO.....	58
5.3.2. REDONDEANDO EL MANGO.....	60
5.3.3. APLICANDO CHAFLANES A LA PALA.....	61
5.3.4. ELIMINANDO UNA ENTIDAD	64
5.3.5. EDITANDO ENTIDADES.....	64

CAPITULO 6

CREACIÓN DE VISTAS BIDIMENSIONALES A PARTIR DE UN MODELO TRIDIMENSIONAL

6.1. CREACIÓN Y EDICIÓN DE VISTAS.....	67
6.1.1. CREACIÓN DE LA VISTA PRINCIPAL (BASE).....	70
6.1.2. AGREGANDO OTRAS VISTAS.....	73
6.1.2.1. CREACIÓN DE LA VISTA LATERAL	73
6.1.2.2. CREACIÓN DE LA VISTA SUPERIOR	74
6.1.2.3. CREACIÓN DE LA VISTA ISOMÉTRICA	75
6.1.3. EDICIÓN DE VISTAS	76
6.1.3.1. MOVER UNA VISTA.....	77
6.1.3.2. ELIMINAR UNA VISTA.....	77
6.1.3.3. CAMBIO DE LOS ATRIBUTOS DE UNA VISTA.....	77
6.1.4. AGREGANDO DIMENSIONES AL DIBUJO	78
6.1.5. CAMBIANDO DIMENSIONES.....	79
6.1.6. MOVIENDO DIMENSIONES	83
6.2. DIMENSIONAMIENTO DE AGUJEROS	84
6.3. UTILIZACIÓN DE LAS ENTIDADES AUTOMÁTICAS PARA LA CREACIÓN DE VISTAS EN CORTE	87

CAPÍTULO 8

ENSAMBLES Y ECUACIONES PARÁMETRICAS.

8.1. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GLOBALES Y LOCALES	126
8.2. CREACIÓN DE SÓLIDOS POR BARRIDO (SWEEP).....	128
8.2.1. CREACIÓN DE UNA TRAYECTORIA DE BARRIDO.....	129
8.3. CAMBIANDO LA FORMA DE VISUALIZACIÓN DE LAS COTAS.....	132
8.4. AGREGANDO COTAS PARAMÉTRICAS A LA TRAYECTORIA DE BARRIDO.	133
8.5. EDICIÓN DE PARÁMETROS GLOBALES.....	141
8.6. CREACIÓN DE UNA NUEVA PARTE.....	143
8.7. CREACIÓN DE UN ENSAMBLE.....	160
8.7.1. ENSAMBLE POR ÁNGULO.....	161
8.7.2. ENSAMBLE POR PARALELISMO.....	161
8.7.3. ENSAMBLE POR INSERCIÓN.....	162
8.7.4. ENSAMBLE POR COINCIDENCIA.....	162
8.7.5. ENSAMBLE PERNO Y ABRAZADERA.....	163

CAPÍTULO 9

ESCENAS

9.1. CREACIÓN DE ESCENAS.....	165
9.2. CREACIÓN DE TRAYECTORIAS PARA ENSAMBLE.....	169
9.3. CREACIÓN DE VISTAS A PARTIR DE UNA ESCENA.....	172

CAPÍTULO 10

EJEMPLO DE APLICACIÓN. CREACIÓN DE LA BASE PARA UN SOPORTE REGULABLE PARA EJE

10.1. CREACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PERFIL INICIAL.....	178
10.2. EXTRUSIÓN DEL PERFIL INICIAL Y ADICIÓN DE NUEVAS ENTIDADES	182

10.3. MODELADO MEDIANTE DIVERSAS SECCIONES TRANSVERSALES	192
10.3.1. MODELADO LINEAL.....	192
10.3.2. MODELADO CÚBICO	193
10.3.3. MODELADO CÚBICO CERRADO	193
10.4. CREACIÓN DE ENTIDADES CÓNICAS DE LA BASE DEL SOPORTE REGULABLE PARA EJE	194
10.5. CREACIÓN DE AGUJEROS PASADO Y ROSCADO.....	209
10.6. CREACIÓN DE FILETES EN LA BASE.....	217

CAPITULO 11

MECHANICAL DESKTOP POWER PACK

11.1. CONTENIDO DE MECHANICAL DESKTOP POWER PACK	220
11.2. ELEMENTOS ESTÁNDAR	221
11.2.1. COMANDOS PARA LA INSERCIÓN DE ELEMENTOS ESTÁNDAR.....	222
11.2.2. CUADROS DE DIÁLOGO PARA LA INSERCIÓN DE ELEMENTOS	223
11.2.2.1. CUADRO DE DIÁLOGO ADMINISTRADOR DE BASE DE DATOS (VARIO DATABASE MANAGER DIALOG BOX)	223
11.2.2.2. CUADRO DE DIÁLOGO BASE DE DATOS DE ELEMENTOS (PARTS DATABASE DIALOG BOX)	223
11.3. GENERADOR DE FLECHAS TRIDIMENSIONALES	224
11.3.1. CUADRO DE DIÁLOGO DEL GENERADOR DE FLECHAS TRIDIMENSIONALES	224
11.3.2. CUADRO DE DIÁLOGO PARA LA CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR DE FLECHAS TRIDIMENSIONALES (3D SHAFT GENERATOR CONFIGURATION DIALOG BOX).....	226
11.4. CÁLCULO DEL ELEMENTO FINITO.....	226
11.4.1. CONSIDERACIONES ACERCA DE LA GEOMETRÍA DEL CUERPO EN RELACIÓN CON LOS RESULTADOS.....	229
11.4.2. CUADROS DE DIÁLOGO DEL COMANDO AMFEA3D.....	229
11.4.2.1. CUADRO DE DIÁLOGO TIPO DE ÁNGULO (ANGLE TYPE DIALOG	

BOX).....	229
11.4.2.2. CUADRO DE DIÁLOGO SISTEMA DE COORDENADAS (COORDINATION SYSTEM DIALOG BOX).....	229
11.4.2.3. CUADRO DE DIÁLOGO CORTE Y SUPERFICIES ISOLÍNEAS (ISOÁREAS)(CUT AND SURFACE ISOLINES (ISOAREAS) DIALOG BOX).....	230
11.4.2.4. CUADRO DE DIÁLOGO ISOLÍNEAS (ISOÁREAS) DE CORTE (CUT ISOLINES (ISOAREAS) DIALOG BOX)	230
11.4.2.5. CUADRO DE DIÁLOGO DEFINIR CARGA, SOPORTE EN EL LIMITE (DEFINE BORDER FOR LOAD, SUPPORT DIALOG BOX)	231
11.4.2.6. CUADRO DE DIÁLOGO MALLA DEFORMADA (DEFORMED MESH DIALOG BOX)	231
11.4.2.7. CUADRO DE DIÁLOGO CÁLCULO MEF EN 3D (FEA CALCULATION 3D DIALOG BOX).....	232
11.4.2.8. CUADRO DE DIÁLOGO CONFIGURAR FEA (FEA CONFIGURATION DIALOG BOX).....	233
11.4.2.9. CUADRO DE DIÁLOGO SUPERFICIE DE ISOLÍNEAS (ISOÁREAS) (SURFACE ISOLINES (ISOAREAS) DIALOG BOX).....	234
11.5. ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTO FINITO PARA PIEZAS BIDIMENSIONALES (AMFEA2D).....	234
11.5.1. ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTO FINITO APLICADO A UNA PIEZA BIDIMENSIONAL	235
CONCLUSIONES	247
BIBLIOGRAFÍA	248

APÉNDICE A

NORMAS PARA DIBUJO TÉCNICO

A.1. CLASIFICACIÓN DE LOS DISEÑOS SEGÚN NORMAS CORRESPONDIENTES	250
A.2. DIMENSIONES NORMALIZADAS PARA PAPELES	250

A.2.1. MÁRGENES Y CUADRO DE REFERENCIA	251
A.3. TIPOS DE LÍNEAS	259
A.4. REPRESENTACIÓN DE VISTAS	259
A.4.1. SELECCIÓN DE LAS VISTAS.....	260
A.5. ESCALAS	261
A.6. ACOTACIONES.....	261
A.6.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	261
A.6.2. COTAS (RECOMENDACIONES GENERALES)	262
A.6.3. ACOTACIÓN DE ÁNGULOS	262
A.6.4. ACOTACIÓN DE CÍRCULOS.....	263
A.6.5. ACOTACIÓN DE RADIOS DE ARCO.....	263
A.6.6. ACOTACIÓN DE UN BARRENO OVALADO.....	264
A.6.7. ACOTACIÓN DE AGUJEROS IGUALES Y SUS RESPECTIVAS PROFUNDIDADES.....	264
A.7. RAYADOS	265
A.7.1. INCLINACIÓN DE LOS RAYADOS.	265
A.7.2. PIEZAS Y CONJUNTOS	266
A.7.3. NATURALEZA DE LOS MATERIALES.....	266
A.7.3.1. RAYADOS PARTICULARES.....	267
A.8. TIPOS DE ROSCAS	267
A.8.1. REPRESENTACIÓN DE LAS ROSCAS.	267
A.8.2. ROSCA EXTERNA.....	267
A.8.3. ROSCAS INTERNAS.....	268
A.9. SÍMBOLOS DE ACABADO	269
A.10. SUPERFICIES FUNCIONALES Y SUPERFICIES NO FUNCIONALES	270
A.11. AJUSTES Y TOLERANCIAS	271
A.11.1. CONCEPTOS DE DIMENSIÓN NOMINAL, MÁXIMA Y MÍNIMA.....	272
A.11.2. SISTEMA ISO DE TOLERANCIAS Y AJUSTES	273
A.11.3. DESIGNACIÓN DE LA TOLERANCIA	274
A.11.4. AJUSTES.....	275

A.11.4.1. AJUSTE CON JUEGO	275
A.11.4.2. AJUSTE INCIERTO	275
A.11.4.3. AJUSTE CON APRIETE	276

APÉNDICE B

PROCESO DE MODELADO Y TECLAS DE ACCESO RÁPIDO

B.1. PROCESO DE MODELADO DE UN SÓLIDO PARÁMETRICO	277
B.2. TECLAS DE ACCESO RÁPIDO DISPONIBLES EN EL PROGRAMA MECHANICAL DESKTOP	277

APÉNDICE C

INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTO FINITO

C.1. INTRODUCCIÓN	280
C.2. FUNDAMENTOS DE LA ELASTICIDAD LINEAL Y EL ELEMENTO FINITO	280
C.2.1. DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES	280
C.2.2. ESFUERZOS	282
C.2.3. RELACIONES ESFUERZO DEFORMACIÓN	283
C.3. CONCEPTO FUNDAMENTAL DEL ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTO FINITO	285
C.4. PRINCIPIOS DE LOS ELEMENTOS FINITOS	289
C.4.1. DISCRETIZACIÓN DE UN CUERPO	289
C.4.2. TIPOS DE ELEMENTOS	290
C.4.3. DIVISIÓN DEL CUERPO EN ELEMENTOS	292
C.4.4. ETIQUETADO DE NODOS	293
C.4.5. EFECTOS DEL REFINAMIENTO DE MALLAS Y ELEMENTOS DE MAYOR ORDEN PARA UNA ADECUADA SOLUCIÓN	294

APÉNDICE D

COMANDOS DE MECHANICAL DESKTOP MÁS UTILIZADOS

INTRODUCCIÓN

En la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista es muy importante conocer el manejo de uno de los diversos paquetes existentes para diseño de dispositivos mecánicos, circuitos eléctricos, estructuras de soporte, etc.

El propósito principal de éste trabajo es proporcionar el conocimiento de uno de los paquetes más usados para el diseño de piezas mecánicas, que debido a su compatibilidad con otros paquetes de diseño, proporciona una gran versatilidad, lo cual redundará en un mejor aprovechamiento del tiempo y aumento en la productividad.

Se divide en 11 capítulos. El primer capítulo está conformado por los antecedentes del programa Mechanical Desktop versión 4.0 y sus principios de operación. En el capítulo 2 se proporciona una breve explicación de todos los componentes de este programa. Durante los capítulos 3, 4 y 5 se describirá el procedimiento para la creación de un raspador de hielo utilizando los comandos de construcción de modelos que proporciona este programa y contemplando los conceptos de bosquejo, bosquejo refinado, extrusión, creación de agujeros, creación de chaflanes y filetes. En el capítulo 6 se desarrollará la documentación del raspador de hielo utilizando las entidades automáticas del programa para la creación de vistas ortogonales, vistas auxiliares, vistas de detalle y vistas en corte. En el capítulo 7 se describe el procedimiento para la creación de un extractor de remaches para cadena utilizando los conceptos vistos en capítulos anteriores y empleando nuevas entidades para la construcción del mismo como son la revolución, plano de bosquejo, plano de trabajo, eje de trabajo, y punto de trabajo. En el capítulo 8 se crearán un perno en U y una abrazadera utilizando las entidades utilizadas en los capítulos anteriores y nuevos conceptos de modelado como son el barrido y los parámetros de diseño. En este mismo capítulo se contemplarán los diversos tipos de ensambles que el programa puede realizar y posteriormente se mostrará el procedimiento para armar las piezas creadas a lo largo del capítulo. En el capítulo 9 se verán los conceptos de escena, factor de explosión y trayectoria de ensamble, también se creará una escena del ensamble creado en el capítulo anterior, así como también sus vistas ortogonales. En el capítulo 10

se creará la base de un soporte regulable para eje en la cual se empleará una nueva entidad de modelado que se explica en el capítulo. En el último capítulo de este trabajo se muestran algunas de las características del programa Mechanical Desktop versión 4.0 Power Pack, entre las que se encuentran la librería de piezas estándar, el generador de flechas o árboles, el análisis mediante elemento finito para piezas en 2D y 3D, presentándose al final del capítulo un ejemplo de cómo utilizar este programa para realizar el análisis mediante elemento finito de una parte bidimensional.

En la parte final se proporcionan las conclusiones, la bibliografía consultada y 4 apéndices. El apéndice A contiene las normas de dibujo técnico y algunos procedimientos para auxiliar en la documentación de los dibujos. En el apéndice B está integrado por un resumen del procedimiento para crear modelos en el programa Mechanical Desktop versión 4.0 y por un listado de todas las teclas de acceso rápido con las que cuenta el programa para acceder con mayor facilidad a ciertos órdenes del mismo. En el apéndice C se proporciona una introducción al análisis mediante elemento finito. En el apéndice D contiene una lista de los comandos más utilizados en Mechanical Desktop versión 4.0.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS DE MECHANICAL DESKTOP VERSIÓN 4.0

1.1. ANTECEDENTES

El dibujo a mano y la geometría descriptiva habían sido los únicos medios para comunicar ideas de diseño en ingeniería desde hace 200 años. Con el desarrollo de la computadora durante los últimos 20 años, los instructores de gráficos en ingeniería han empezado a buscar formas alternativas de comunicación gráfica. Con la llegada de los sistemas de dibujo asistido por computadora (CAD en inglés) en los 1980s, los pizarrones de dibujo fueron reemplazados por herramientas electrónicas. Estos primeros sistemas CAD eran esencialmente "pizarrones de dibujo electrónicos". Los sistemas CAD aceleraron la producción y revisión de dibujos en ingeniería pero no hicieron ningún cambio a la naturaleza bidimensional de los gráficos en ingeniería. Durante los 1990s el campo de los gráficos en ingeniería se desarrolló para incorporar el modelado geométrico tridimensional. Una de las principales barreras para la implementación del nuevo paradigma del modelado tridimensional han sido las limitaciones del hardware y el software computacional. Hasta hace 10 años, los sistemas CAD capaces de crear y manipular modelos sólidos tridimensionales eran lentos, requerían hardware muy costoso, y eran difíciles de usar. Esta barrera se rompió cuando en 1994 Autodesk introdujo *Designer*, el primer sistema CAD paramétrico que operó en computadoras personales de bajo costo. Posteriormente este programa evolucionó para convertirse en el programa conocido actualmente como *Mechanical Desktop* (MD).

1.2. CAD PARAMÉTRICO

El programa MD es conocido como una herramienta de modelado de sólidos **paramétrica basada en entidades**. El término **paramétrico** se refiere a que los parámetros o propiedades del modelo son utilizados para definir al modelo en lugar de simples cotas. En lo referente a que MD se **basa en entidades** significa que todo modelo hecho en este programa está compuesto de entidades, más que de simples elementos. Las entidades de MD son objetos estándar utilizados en la industria tales como filetes,

agujeros, o chaflanes. Por ejemplo, un agujero con caja es una entidad en MD y es más que una colección de líneas, círculos, y cilindros. Cambiando unos cuantos valores en un cuadro de diálogo, el agujero con caja puede cambiarse a un agujero con avellanado y MD hará las modificaciones necesarias al modelo en el que se encuentra el agujero.

El CAD paramétrico ofrece varias ventajas sobre el CAD convencional. Primero, no es necesario preocuparse que los objetos dibujados tengan las medidas y la geometría exacta, lo único que se requiere es que el bosquejo tenga la forma básica. El programa se encargará de refinar el bosquejo y será posible agregar dimensiones exactas o relaciones geométricas en el objeto resultante. La geometría de un bosquejo en MD está regida por las cotas y definiciones geométricas que le son asignadas al mismo, tales relaciones son mantenidas entre los elementos del dibujo. El AutoCAD paramétrico adaptará la forma del bosquejo automáticamente cuando se le cambien los valores de las cotas. Es posible escribir ecuaciones que definan la relación entre diferentes elementos en un dibujo. Por ejemplo, el diámetro de un agujero puede especificarse como una función del diámetro de un eje en la que se encuentre el 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 aquellas relacionadas con la creación de múltiples vistas de un modelo en 3D. Con unos cuantos clics del ratón es posible crear automáticamente vistas ortogonales, auxiliares, de detalle, o isométricas de cualquier modelo en un dibujo en 2D. Debido a que el programa mantiene asociados las vistas en 2D con el modelo en 3D cualquier cambio realizado al modelo se verá reflejado en las vistas en 2D.

1.2.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

El primer paso para entender el AutoCAD paramétrico es entender la terminología. El nombre, AutoCAD paramétrico, se refiere al uso de parámetros para definir un modelo de una solución de diseño. Un parámetro es una propiedad de un sistema, cuyo valor determina el comportamiento del mismo. Los parámetros, o propiedades, definidos en un modelo de MD determinan su geometría. Los parámetros pueden ser tanto ecuaciones matemáticas, valores numéricos, o restricciones geométricas tales como líneas paralelas.

arcos concéntricos, tangencias, etc. Un modelo en MD se define y crea en términos de las relaciones existentes entre los diversos elementos que lo comprenden. Las cotas paramétricas de MD definen y rigen la geometría de un modelo paramétrico – si se modifica una acotación todo el modelo cambia. Las definiciones paramétricas pueden ser relaciones tales como, “el lado A es dos veces el largo del lado B,” o “el lado A es perpendicular al lado B.”

El programa MD utiliza dos tipos de restricciones para definir la geometría de un modelo; **cotas paramétricas (restricciones numéricas)** y **restricciones geométricas**. Las restricciones geométricas son parámetros que definen las relaciones geométricas entre los elementos en el modelo tales como, tangencias, ortogonalidad, perpendicularidad, etc. Cuando se crea un modelo en MD, las restricciones geométricas son asignadas automáticamente por el programa, basado en el bosquejo inicial. Las 13 restricciones geométricas básicas de MD se muestran en la tabla 1.1. Las restricciones numéricas son similares a las cotas. Cuando se especifica una restricción numérica a un modelo de MD, se está definiendo el tamaño de la objeto o entidad. Es importante entender la diferencia entre las cotas convencionales y las restricciones numéricas (o cotas paramétricas): las restricciones numéricas definen la geometría del modelo, mientras que las cotas convencionales simplemente miden el tamaño de la geometría. Por ejemplo, un agujero de MD se define por una acotación paramétrica la cual especifica el tamaño del diámetro del agujero. Si se cambia el valor de la acotación paramétrica, el agujero también cambiará. Una acotación del AutoCAD convencional, en contraste, solamente indicará el tamaño del diámetro de dicho agujero, y no define o especifica las propiedades del agujero. En otras palabras, las restricciones rigen al modelo, mientras que las cotas son una medida del tamaño del modelo.

Un perfil es una vista en dos dimensiones del modelo, vista desde alguna dirección base en el espacio 3D. El programa MD automáticamente crea un perfil del bosquejo que sea construido por el usuario del programa. El bosquejo está compuesto de entidades en dos dimensiones del AutoCAD estándar tales como líneas, arcos, o círculos. Después de la creación del bosquejo inicial, el programa analiza el bosquejo y aplica restricciones

geométricas basado en la forma en cómo fue dibujado el bosquejo. El programa MD automáticamente cierra puntos finales, alinea entidades paralelas, fija líneas a la posición vertical u horizontal, y alinea centros de entidades circulares. 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 algebraicamente 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**. Este es un ejemplo de una restricción numérica algebraica.

Tabla 1.1. 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 o círculos tienen el mismo radio.
T	La entidad es tangente a un círculo o a un arco.
E	Las entidades tienen la misma longitud.

1.3. EL PROCESO DE DISEÑO

La resolución de problemas de diseño es por lo general un proceso iterativo. Esto es, que la solución perfecta a un problema de diseño no existe. La solución siempre involucra constante modificación y refinación del diseño. En un CAD convencional, cualquier cambio hecho involucrará en la mayoría de los casos la reconstrucción completa del dibujo.

La resolución de un problema de diseño requiere de una metodología secuencial o

proceso. El **proceso de diseño en Ingeniería** es una serie de pasos para llegar a la solución de un problema de diseño. Un modelo en MD también se crea mediante una serie de pasos en la misma manera que un ingeniero resuelve un problema de diseño. A continuación, se discutirá la creación de un modelo en MD en términos del ampliamente aceptado proceso de diseño de la idealización, refinamiento e implementación de un modelo.

1.3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Este primer paso en la resolución de problema parece ser obvio, pero el problema debe ser claro e invariablemente definido. Una definición exacta del problema determinará la aproximación y forma de la solución.

1.3.2. TORMENTA DE IDEAS

La solución a un problema de ingeniería comienza con ideas creativas. Estas por lo general son el resultado de una tormenta de ideas que surgen en el cerebro. Un bosquejo a lápiz se utiliza para grabar estas ideas, las cuales serán capturadas posteriormente en dibujos de CAD. Un modelo en MD también comienza con un bosquejo bidimensional. Utilizando MD, el ingeniero creará rápidamente un bosquejo rápido, sin preocuparse de las dimensiones, ortogonalidad, conexiones entre segmentos de líneas, figuras paralelas, etc. El programa MD automáticamente analizará el bosquejo y lo “limpiará” cerrando puntos finales, alineando líneas paralelas, fijando líneas en posiciones horizontal o vertical, y aplicará cualquier otro tipo de restricción geométrica requerida.

1.3.3. REFINAMIENTO DEL BOSQUEJO

El siguiente paso en el proceso es “refinar” el bosquejo, agregando las dimensiones y definiendo las relaciones geométricas entre las entidades. El programa MD utiliza dos tipos de restricciones para definir el modelo: restricciones numéricas y restricciones geométricas. Las restricciones numéricas son análogas a las cotas: son valores numéricos definiendo la distancia o el tamaño de una entidad. Las restricciones numéricas determinan el tamaño del objeto o entidad. Las restricciones geométricas definen las características geométricas y relaciones de la geometría de las piezas. Por ejemplo, las

restricciones geométricas definen tanto que si una línea es horizontal, vertical, perpendicular, o paralela a otra línea, y la longitud. Las restricciones geométricas también se aplican a figuras circulares y determinan tangencias, localización del centro, y radio. El programa utiliza ambos tipos de restricciones para definir completamente el modelo. Las restricciones geométricas son asignadas automáticamente basadas en el análisis que hace el programa del bosquejo creado en el paso anterior. Posteriormente, el usuario del programa se encarga de agregar restricciones geométricas, pero también tendrá la capacidad de editar las restricciones geométricas preasignadas.

Una vez que el perfil (bosquejo refinado) ha sido completamente definido, se podrán utilizar las figuras especiales de MD para convertir el perfil en un sólido tridimensional. El programa MD puede crear un sólido por medio de la extrusión, barrido o revolución de un perfil. Esta tarea es simplificada por medio de cuadros de diálogo "inteligentes" los cuales indican gráficamente como cada operación afectará al objeto tridimensional resultante. Pueden crearse modelos complejos a partir de sólidos básicos por medio de la adición de "perfiles" adicionales y ejecución de operaciones booleanas (corte, intersección, o unión). Entidades como agujeros, agujeros avellanados, agujeros con caja, filetes, y chafanes pueden agregarse al modelo mediante el uso de cuadros de diálogo.

1.3.4. MODIFICACIÓN DEL DISEÑO

Por definición, el diseño es un proceso iterativo. El ingeniero se verá precisado a modificar el diseño del modelo en respuesta a esas iteraciones. Con un sistema CAD no paramétrico, el ingeniero por lo general tendrá que reconstruir completamente el modelo tridimensional para acomodar incluso los más pequeños cambios al diseño. Definiendo el modelo en tres dimensiones paramétricamente le permitirá al ingeniero hacer cambios y el programa actualizará automáticamente todas las figuras y la geometría.

1.3.5. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El paso final del proceso de diseño es la implementación, la cual se refiere a las pruebas, construcción, manufactura, y documentación de la solución del problema de diseño. El programa MD juega un importante rol en varias de estas actividades.

La documentación de la solución del diseño debe ser claramente comunicada con otros. El programa MD tiene la capacidad de automáticamente generar dibujos de varias vistas a partir de un modelo tridimensional. Pueden crearse rápidamente vistas ortográficas, auxiliares, isométricas, de detalle, y en corte con unos cuantos clics del ratón usando cuadros de diálogo. Debido a que se mantiene una asociatividad bidireccional entre el modelo en 3D y los dibujos en 2D, cualquier cambio hecho al modelo se refleja automáticamente en las vistas presentadas en el espacio de papel, y todo cambio hecho en las cotas paramétricas de las vistas se refleja automáticamente en las vistas presentadas en el espacio de papel y en el modelo.

Un modelo de MD representa un modelo tridimensional completo de la solución a un problema de diseño. Por consiguiente es relativamente simple utilizar este modelo como entrada para otras importantes aplicaciones en ingeniería tales como análisis de elemento finito, creación rápida de prototipos (utilizando aplicaciones CNC), y renderizado fotorealístico.

CAPÍTULO 2

CONOCIENDO A MECHANICAL DESKTOP

Es importante saber lo que hace un programa, pero también es de gran importancia conocer la forma en que se puede hacer uso del mismo, así como también de todas y cada una de las aplicaciones que tiene integradas para la realización de los documentos, presentaciones o en este caso diseños.

Este capítulo tiene como propósito principal dar a conocer la forma en que se puede hacer uso del programa MD, así como también los componentes que lo integran.

2.1. INICIO DEL PROGRAMA

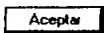
A continuación, se hará mención de algunas de las formas posibles de ingresar al programa MD:

- a) Siguiendo la trayectoria que se muestra en la figura 2.1 y haciendo clic en

 Mechanical Desktop 4



Figura 2.1. Trayectoria que hay seguir para iniciar el programa MD desde el botón inicio.

- b) Utilizando la opción  Ejecutar... del menú  Inicio, 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  Mechanical Desktop 4

Sin importar la forma que se haya elegido para iniciar el programa siempre se iniciará en primer lugar AutoCAD 2000 y posteriormente se cargarán todos los componentes de Mechanical Desktop.

2.1.1 CUADRO DE DIÁLOGO DE INICIO

Siempre que se inicie el programa aparecerá un cuadro de diálogo de inicio como el que se muestra en la figura 2.2.

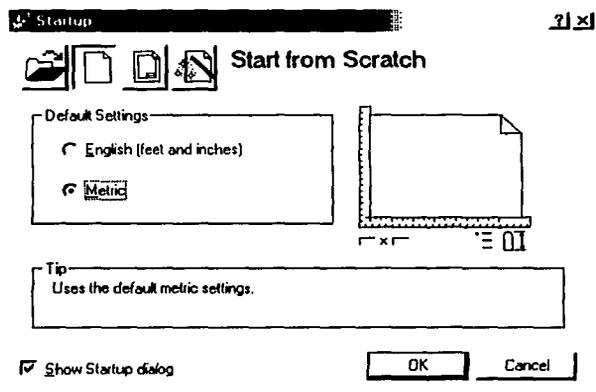


Figura 2.2. Cuadro de diálogo Inicio.

Este cuadro de diálogo permite al usuario abrir un archivo existente (opción Abrir Archivo ) , iniciar un dibujo desde el comienzo y definir el tipo de sistema a utilizar para la medición de las unidades (opción Iniciar desde el principio ), iniciar un dibujo utilizando una plantilla en donde el sistema de unidades está definido en base a la plantilla elegida (opción Utilizar plantilla ) , o utilizar el asistente para iniciar la sesión de creación de un dibujo (opción Utilizar asistente ).

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

En la figura 2.3 se presentan todos los componentes de la pantalla del programa MD.

2.2.1. BARRA DE MENÚS

La barra de menús es una de las herramientas más importantes de cualquier programa de diseño, desde ella se puede tener control de casi cualquier tipo de operación, desde la creación de bosquejo hasta la documentación y almacenamiento del diseño.

A continuación, se proporciona una breve introducción de las operaciones realizables por cada uno de los menús de esta barra:

- a) **Archivo (File):** Este permite al usuario iniciar archivos de conjuntos, partes individuales, almacenamiento de dibujos, almacenar el dibujo, exportar el dibujo con otro formato, 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 deshacer y rehacer órdenes para la creación de un dibujo, así como también 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). Así como también sirve para visualizar u ocultar barras de herramientas o componentes de la pantalla del programa MD.
- d) **Insertar (Insert):** Con este menú se puede importar casi cualquier tipo de archivo al dibujo ya sea otro dibujo de algún sistema CAD y hasta mapas de bits.
- e) **Asistencia (Assist):** En este menú se puede controlar las opciones de presentación de AutoCAD, como de Mechanical Desktop, creación y carga de programas para la automatización de tareas, control sobre el formato de la mayoría de los componentes de AutoCAD, cálculo de áreas, distancias, radios de giro y momentos de inercia.

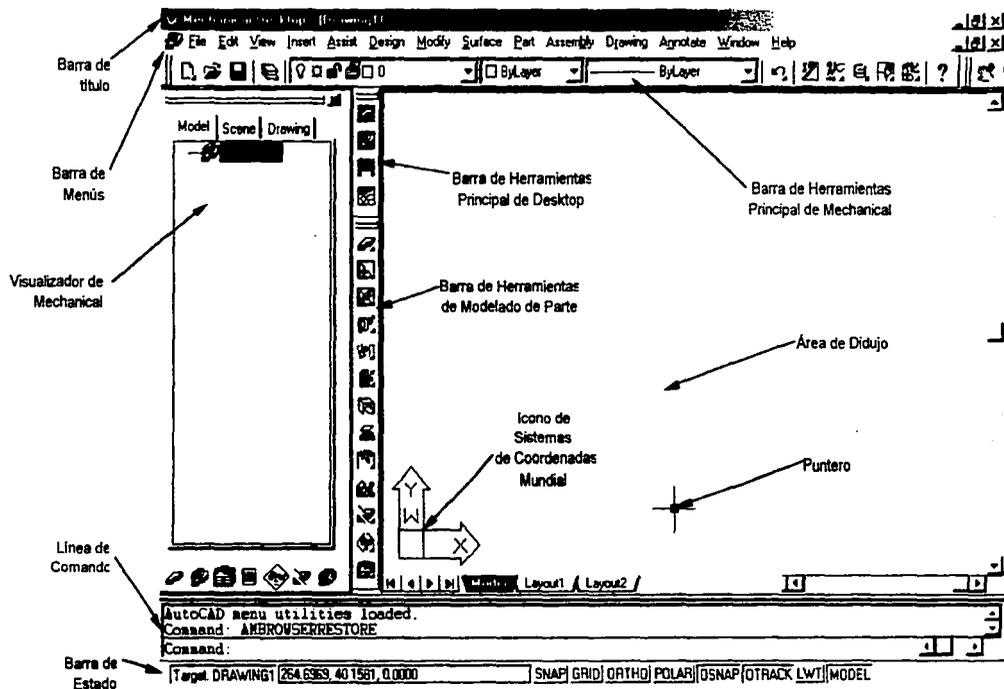


Figura 2.3. Ventana de Mechanical Desktop

- f) **Diseño (Design):** Con los comandos de este menú se pueden crear desde entidades bidimensionales (líneas, arcos, polilíneas, multilíneas, circunferencias, elipses, regiones, textos), hasta entidades tridimensionales (sólidos y superficies) de AutoCAD.
- g) **Modificar (Modify):** Dentro de este menú se encuentran todas las órdenes para modificar desde las propiedades de entidades dibujadas en MD hasta la edición de objetos insertados en un dibujo hecho en este programa.
- h) **Superficie (Surface):** 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 contenidos todos los comandos para la creación de una nueva parte, refinado del bosquejo, adición de restricciones (geométricas y numéricas), las operaciones para la creación de sólidos, creación de planos de trabajo, definición de variables
- j) **Ensamble (Assembly):** En lo referente a ensambles, en este menú se ubican todos las órdenes para crear, modificar y editar ensambles
- k) **Dibujo (Drawing):** Los comandos contenidos en este menú sirven para creación de dibujos en 2D de la parte o ensambles que se creó.
- l) **Anotación (Annotate):** Con los comandos contenidos en este menú se pueden crear todo tipo de cotas y símbolos adicionales para entender mejor el 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 la forma en cómo se puede utilizar este programa.

2.2.2. BARRAS DE HERRAMIENTAS

Las barras de herramientas son accesos rápidos a los comandos con que cuenta el programa MD. A continuación, se hace mención de todas las barras de herramientas utilizadas y se da una breve explicación de su función.

- a) Restricciones bidimensionales (2D constraints): En la barra que se muestra en la figura 2.4, aparecen enlistadas todas las restricciones geométricas y numéricas con las que cuenta el programa, así como también las opciones para la visualización y eliminación de restricciones geométricas y la edición de restricciones numéricas.

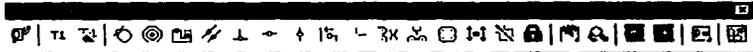


Figura 2.4. Barra de herramientas restricciones bidimensionales.

- b) Bosquejo bidimensional (2D Sketching): Con la barra que se muestra en la figura 2.5, se pueden crear todo tipo de bosquejos bidimensionales, los cuales una vez definidos serán la base para la construcción de modelos o partes en tercera dimensión.



Figura 2.5. Barra de herramientas bosquejo bidimensional.

- c) Restricciones tridimensionales (3D Constraints): Con las herramientas contenidas en la barra que se muestra en la figura 2.6, se pueden crear todo tipo de ensamblajes.

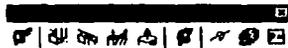


Figura 2.6. Barra de herramientas restricciones tridimensionales.

- d) Restricciones tridimensionales de cuerpo de herramienta (3D Toolbody Constraints): Hace las mismas funciones que la barra de restricciones tridimensionales. La barra que se muestra en la figura 2.7, aparece cuando se crea un archivo de parte.



d2 8.0 dda

Figura 2.11. Barra de herramientas visualización de acotación.

- i) **Presentación de dibujo (Drawing Layout):** Las herramientas contenidas en la barra que se muestra en la figura 2.12, permiten crear nuevas presentaciones, vistas bidimensionales, y acotación referencial.

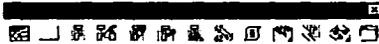


Figura 2.12. Barra de herramientas presentación de dibujo.

- j) **Principal de Mechanical (Mechanical Main):** Los botones contenidos en la barra que se muestra en la figura 2.13, tienen como función activar ciertos modos o conjunto de herramientas para la creación de partes, ensambles, escenas, y dibujos.



Figura 2.13. Barra de herramientas principal de Mechanical.

- k) **Vista de Mechanical (Mechanical View):** En la barra que se muestra en la figura 2.14, se encuentran las herramientas para poder visualizar el modelo, algunas de estas herramientas son: vista, desplazamiento, rotación dinámica, y el modo de sombreado.

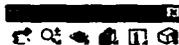


Figura 2.14. Barra de herramientas vista de Mechanical.

- l) **Modelado de parte (Part Modeling):** Las herramientas contenidas en la barra que se muestra en la figura 2.15, sirven para crear, y modificar partes. Con esta barra se puede crear el bosquejo, refinarlo, crear el modelo y hacerle modificaciones.
- m) **Escenas (Scenes):** En la barra que se muestra en la figura 2.16, se encuentran las herramientas necesarias para la creación de escenas. Algunas de las herramientas

utilizadas son: factor de explosión, trazo de rutas de ensamble, supresión de sección y el ocultamiento de piezas en el caso de ensambles.

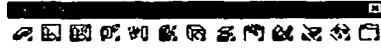


Figura 2.15. Barra de herramientas modelado de parte.

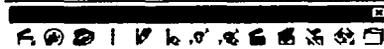


Figura 2.16. Barra de herramientas escenas.

- n) Modelado de superficie (Surface Modeling): Las herramientas de la barra que muestra en la figura 2.17, tienen como función principal la creación y edición de superficies.

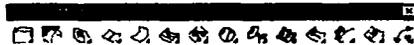


Figura 2.17. Barra de herramientas modelado de superficie.

- o) Modelado de cuerpo de la herramienta (Toolbody Modeling): La barra que se muestra en la figura 2.18, es un equivalente de la barra de herramientas de ensamble, por lo general se utiliza esta barra cuando se trabaja en un archivo de parte nueva.



Figura 2.18. Barra de herramientas modelado de cuerpo de la herramienta.

2.2.3. VISUALIZADOR DE MECHANICAL DESKTOP (MECHANICAL BROWSER)

Esta herramienta de MD permite ver las operaciones que se realizaron para la creación de la parte o el ensamble. En la figura 2.19 se muestra el visualizador de Mechanical Desktop.

En la parte superior de este visualizador se encuentran 3 pestañas para el caso de un

archivo de ensamble y dos pestañas para el archivo de parte, dependiendo de que pestaña se haya elegido será el contenido del visualizador. A continuación, se hace mención del contenido del visualizador en función de la pestaña que se elija:

- a) Pestaña de Modelo: El visualizador presenta todas las operaciones hechas referentes a la creación del modelo.
- b) Pestaña de Escena. En lo referente a ensambles aparecen todas y cada una de las escenas creadas por el usuario del programa ya sea de una pieza individual o de un conjunto de varias partes.
- c) Pestaña de dibujo: Todos y cada uno de los dibujos bidimensionales que aparecen en el diseño se muestran en el visualizador.

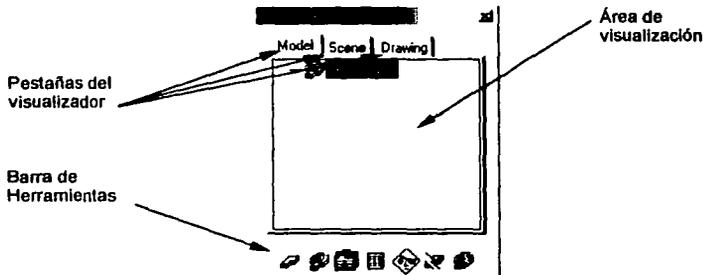


Figura 2.19. Visualizador Mechanical Desktop

En el caso de un archivo de parte la pestaña escena no aparece en el visualizador de Mechanical Desktop.

La forma en que se presentan enlistadas las operaciones en el visualizador es similar al árbol que aparece en el explorador de Windows y al igual que en este se puede tener acceso a cada uno de los componentes del árbol para poder modificarlos.

En la parte inferior del visualizador se encuentra una pequeña barra de herramientas

que controla algunas de las opciones de actualización y ocultamiento de partes (pestaña de modelo), escenas (pestaña de escena), o cotas (pestaña de dibujo).

Es posible ocultar y mostrar al visualizador esto se logra haciendo clic en el icono  (ocultar/mostrar visualizador) que se encuentra en la barra de herramientas principal de Mechanical, con el objeto de hacer más grande el área de dibujo.

2.3. PANTALLA DE ESCENAS

En esta pantalla se encuentran todas y cada una de las barras de herramientas necesarias para la creación de escenas. Se puede tener acceso a ella de varias maneras. La más usual es haciendo clic en la pestaña Escena del visualizador de MD. Al seleccionarse esta pestaña, aparecerá la barra de herramientas de escena en lugar de la barra de herramientas de parte o de ensamble, y el visualizador de MD mostrará todas y cada una de las escenas creadas. Otra forma de ingresar a esta pantalla es haciendo clic en el botón escena de la barra de herramientas principal de Desktop.

2.4. PANTALLA DE PRESENTACIÓN

Esta pantalla se utiliza para crear las vistas (ortogonales, en corte, isométricas) de un modelo que fue creado en el modo modelo de MD.

Existen varias manera para ingresar a esta pantalla, a continuación, se hará mención de algunas de ellas:

- a) Haciendo clic en alguna de las pestañas **Layout1** o **Layout2** que se encuentra abajo del área de dibujo. En esta opción siempre que se ingrese a cualquiera de estas pantallas por primera vez aparecerá el cuadro de diálogo para configurar la página de impresión.
- b) Haciendo clic en la pestaña Dibujo que se encuentra en el visualizador de MD.
- c) Utilizando el comando AMMODE y eligiendo la opción Dibujo.

Entre las principales diferencias que existe entre la pantalla de presentación y las

otras pantallas son:

- a) En esta pantalla el visualizador de MD presenta el contenido de todas las presentaciones que se hagan en el dibujo
- b) En esta pantalla se tienen dos modos de visualización: el espacio papel, y el espacio modelo.
- c) El simbolo de sistema de coordenadas cambia según el modo de visualización. En las figuras 2.20 y 2.21 se muestran los iconos para el espacio de papel y el espacio modelo respectivamente.



Figura 2.20. Icono de Espacio papel.

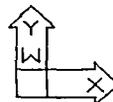


Figura 2.21. Icono de Espacio modelo.

CAPÍTULO 3

CREACIÓN DE UN BOSQUEJO BASE

En este capítulo se muestra como utilizar el programa MD para la creación de un bosquejo bidimensional. Se creará un perfil bidimensional de un raspador de hielo como el que se muestra en la figura 3.1. Este capítulo ilustra los conceptos importantes de restricciones geométricas y cotas paramétricas (restricciones numéricas). Las restricciones geométricas definen las relaciones geométricas entre los elementos del modelo. Por ejemplo, a la línea 0 en la figura 3.2 se le asignó una restricción geométrica horizontal, indicada por el símbolo **H**. Esto significa que conforme se edita el modelo, esta línea permanecerá horizontal. A la línea 4 le fue asignado una restricción vertical y una restricción de tangencia con el arco 3. Los símbolos **V** y **T** indican estos tipos de restricciones. Las otras restricciones son numéricas y definen el tamaño de las entidades. Ambos tipos de restricciones serán manejadas a lo largo de este capítulo. Existe una relación directa entre las restricciones numéricas. Se requieren ambos tipos de relaciones para que invariablemente definan o resuelvan la geometría del perfil. En otras palabras, un perfil puede ser definido por medio de la especificación o aplicación de la geometría tal como líneas ortogonales, líneas paralelas, arcos tangentes, y círculos concéntricos en combinación con cotas (tamaños) o ubicación de tales entidades.

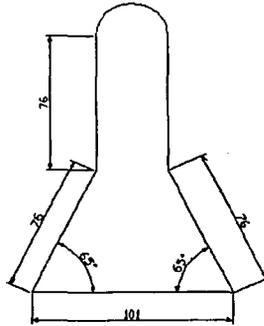


Figura 3.1 Perfil de un raspador de hielo.

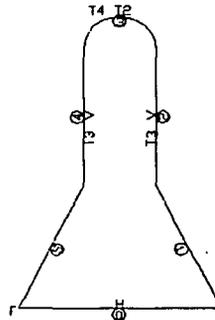


Figura 3.2 Perfil de raspador de hielo sin cotas

3.1. CREACIÓN DEL BOSQUEJO BIDIMENSIONAL

Se iniciará el proyecto creando un bosquejo aproximado del perfil que se muestra en la figura 3.1. Se utilizará el comando polilínea (pline) para la creación de este bosquejo. No se tomará en cuenta ni tamaños ni ubicaciones. Se realizará el procedimiento siguiente para la creación del bosquejo.

- 1) Se inicia Mechanical Desktop usando cualquiera de los métodos mostrados en el capítulo 2.
- 2) En el cuadro de diálogo inicio (Startup) de Mechanical Desktop se elegirá la opción iniciar desde el principio y se hará clic en la casilla de verificación que indica el sistema métrico para la medición, posteriormente se hará clic en el botón OK de este cuadro de diálogo.
- 3) Se escribirá **-OSNAP** en la línea de comando y posteriormente se presionará la tecla de **ENTER**, se escribirá **END** y se presionará la tecla **ENTER**.
- 4) Se hará clic en el menú Diseño (Design) y posteriormente en la opción polilínea (Polyline).
- 5) Se seguirán los siguientes pasos haciendo referencia a la figura 3.3.

- a) Se hará clic en los puntos 1, 2, 3, y 4 como se muestra en la figura 3.3.
- b) En el punto 4 se escribirá **ARC** en la línea de comando y se presionará la tecla de **ENTER**.

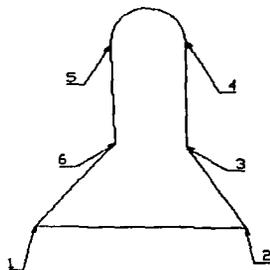


Figura 3.3 Bosquejo inicial.

- c) Se hará clic en el punto 5 de la figura 3.3.
- d) En el punto 5 se escribirá **LINE** en la línea de comando y se presionará la tecla de **ENTER**.

c) Se hará clic en el punto 6 y en el punto 1.

A continuación, se procederá a refinar el bosquejo.

3.2. REFINAMIENTO DEL BOSQUEJO

El comando **AMPROFILE** creará un perfil a partir de cualquier bosquejo que se haga o realice en MD. El programa analiza el bosquejo y aplica restricciones geométricas para poder definirlo. Las líneas se fijan horizontal o verticalmente, se unen los puntos finales, se alinean las entidades circulares para tener el mismo centro, y los arcos se fijan tangencialmente a las líneas. Si la restricción que MD aplica automáticamente al bosquejo es incorrecta, se tendrá la opción en este punto de modificar o eliminar cualquiera de las restricciones.

A continuación, se procederá a crear un perfil a partir del bosquejo de la figura 3.3:

- 1) Se hará clic en el menú **Part** (Parte), posteriormente se hará clic en el submenú **Sketch Solving** (resolución de bosquejo), finalmente se hará clic en **Profile** (perfil).
- 2) El programa pedirá que se seleccionen las entidades o elementos que forman el bosquejo, en este caso se hará un clic en cualquier parte de la polilínea.
- 3) Se presionará la tecla **ENTER**.
- 4) Mechanical Desktop creará una nueva parte llamada Part1 y creará el perfil a partir del bosquejo que se creó.

Al final de este procedimiento Mechanical Desktop proporcionará el siguiente mensaje en la línea de comando.

Solved under constrained sketch requiring 6 dimensions or constraints.

El bosquejo se verá como se muestra en la figura 3.4.

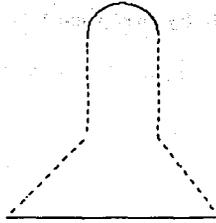


Figura 3.4. Bosquejo refinado.

Se guardará el dibujo con el nombre de Raspador de hielo. Para hacer esto se hará clic en el menú File (Archivo), posteriormente en la opción Save. Aparecerá el cuadro de diálogo Save as (*Guardar como*), luego se escribirá Raspador de hielo en el cuadro Nombre de Archivo y se hará clic en el botón Guardar.

3.2.1. RESTRICCIONES Y COTAS

El bosquejo es ahora un perfil con restricciones geométricas pero sin dimensiones. Después de la ejecución del comando AMPROFILE, Mechanical Desktop indica cuantas restricciones se necesitan para definir completamente el perfil. En este caso se necesitarán especificar otras seis restricciones o cotas antes de que el perfil quede completamente definido.

Mechanical Desktop automáticamente aplica restricciones cuando se ejecuta el comando AMPROFILE. El bosquejo se analiza y se aplican reglas para fijar líneas vertical u horizontalmente, unir puntos finales, y hacer a los arcos que se conecten con líneas tangentes a éstas. Las restricciones geométricas pueden modificarse antes de que se le apliquen cotas paramétricas (restricciones numéricas). Se requieren ambos tipos de restricciones (numéricas y geométricas) para definir completamente un perfil. Se pueden remover restricciones geométricas y definir la geometría agregando cotas. Entre más restricciones geométricas se agreguen al perfil se requerirán menos cotas para definir completamente el perfil.

Algunas veces las restricciones geométricas contradicen a las restricciones que se

están tratando de aplicar al modelo. Por ejemplo si se dimensiona un ángulo entre dos líneas a las cuales se les ha asignado una restricción de perpendicularidad de una con la otra, la acotación angular será de solamente 90°. Si se elimina la restricción de perpendicularidad, el ángulo entre las líneas puede tener un valor diferente al de 90°.

3.2.2. VISUALIZANDO RESTRICCIONES GEOMÉTRICAS

Antes de agregar cotas al perfil, es útil ver o examinar las restricciones geométricas que Mechanical Desktop aplicó al bosquejo. El comando **AMSHOWCON** puede usarse para visualizar dichas restricciones.

Así, para visualizar las restricciones que Mechanical Desktop aplicó al bosquejo del raspador de hielo se realizará el procedimiento siguiente:

- 1) Se hará clic en el menú **Part** (parte), posteriormente se hará clic en el submenú **2D constraints** (restricciones bidimensionales), y finalmente se hará clic en **Show Constraints** (visualizar restricciones).
- 2) En la línea de comando aparecerá el siguiente prompt.

Enter an option [All/Select/Next/cXit] <cXit>: *Se escribirá All para mostrar todas las restricciones que le fueron aplicadas automáticamente al bosquejo y se presionará la tecla de ENTER. El bosquejo lucirá como el de la figura 3.5.*

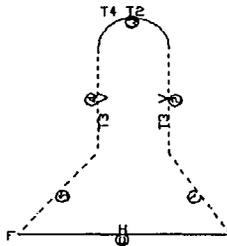
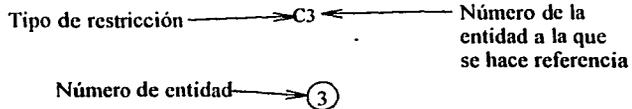


Figura 3.5. Restricciones geométricas visualizadas con el comando **AMSHOWCON**.

- 3) Se presionará **ENTER** para terminar el comando.

Los símbolos **T**, **H**, y **V** los usa MD para identificar las restricciones geométricas que fueron aplicadas al bosquejo. Los números asociados con los símbolos hacen referencia a la entidad, la cual se indica mediante números encerrados en círculos.



El arco de la figura 3.4 tiene dos restricciones geométricas, **T2** y **T4**. Esto significa que el arco es tangente a las líneas 2 y 4. Los símbolos **H** y **V** indican que las líneas, 4, 2, y 0 fueron restringidas en forma **H**orizontal y **V**ertical respectivamente. Las líneas faltantes, 1 y 5 no tienen ningún tipo de restricción asignado, por lo tanto deberán agregarse las restricciones geométricas para definir la geometría de estas líneas. El símbolo **F** que aparece en la figura 3.5. indica el punto fijo del perfil.

3.2.3. APLICACIÓN DE COTAS PARAMÉTRICAS

El comando **AMPARDIM** se usa para agregar cotas paramétricas (restricciones numéricas) al perfil. Hay una diferencia fundamental entre las cotas paramétricas y las cotas convencionales de AutoCAD. Las cotas de AutoCAD no definen o dirigen la geometría del modelo; éstas solamente indican el tamaño o localización de las entidades. Por otro lado, las acotaciones paramétricas realmente definen o dirigen la geometría del modelo. Conforme se define una cota paramétrica, la geometría del modelo será actualizada para reflejar el nuevo valor para esta dimensión. Las cotas paramétricas se agregan siempre después de que las restricciones se definen por Mechanical Desktop cuando se crea el perfil a partir del bosquejo. Para definir o agregar cotas paramétricas al modelo, se escribirá **ampardim** en la línea de comando o se usará el menú desplegable: **Part**, en el submenú **Dimensioning** (acotación), y en la opción **New dimension** (nueva cota).

Pueden agregarse varios tipos de cotas o restricciones al bosquejo. El tipo de cota se asigna de acuerdo con el contexto de la entidad. Por ejemplo, a una línea restringida

horizontal o verticalmente solamente se le puede asignar una cota horizontal o vertical. Las líneas con algún otro ángulo, como las líneas 1 y 5 de la figura 3.5, se les puede asignar tanto una cota vertical u horizontal, como también una cota alineada. Las figuras circulares son dimensionadas como diámetros o radios dependiendo del contexto de la entidad.

3.2.4. COTAS RELATIVAS O ABSOLUTAS

Cuando se asignan cotas se puede seleccionar una entidad individual y especificar el tamaño de la entidad. Alternativamente, se pueden seleccionar dos entidades separadas y especificar la distancia o el ángulo entre esas entidades. La acotación paramétrica es sensitiva al contexto, por lo que el tipo de dimensión depende tanto de cómo la entidad es seleccionada y la localización del punto de selección en la entidad. Mechanical Desktop pedirá seleccionar una entidad. Después de haber seleccionado la primera entidad, se tendrá la opción de seleccionar una segunda entidad, o seleccionar la localización de la ubicación de la cota. Si se seleccionan dos entidades, tales como 2 líneas, se puede especificar el ángulo entre estas líneas, o una distancia aparte para las líneas. La localización del cursor usada para seleccionar las líneas determinará tanto si se aplica una cota de distancia o una cota angular. Si se selecciona una entidad circular seguida por una línea, Mechanical Desktop esperará a que se le indique la localización de la cota que indicará la distancia del centro de la entidad circular a la línea. Si solamente se selecciona una entidad circular y se ubica la cota por afuera de dicha entidad, Mechanical Desktop aplicará una cota de diámetro a esa entidad.

3.2.5. COTAS LINEALES

Una vez que sea llamado el comando **ampardim** Mechanical Desktop presentará el siguiente prompt:

Select first object: *Se seleccionará el punto medio de una línea que se va a la que se le agregará una cota.*

Posteriormente Mechanical Desktop mostrará el valor actual de la longitud de la línea (el valor se encontrará encerrado entre los símbolos \diamond). Si se presiona \downarrow en

respuesta a este valor, la longitud con que se dibujó el elemento del bosquejo será utilizada para definir el perfil. Por lo general no es aceptable utilizar este valor ya que el bosquejo no fue trazado con exactitud.

Se pueden especificar 4 tipos diferentes de cotas lineales cuando se selecciona una línea. Las opciones son:

- a) Horizontal (Hor): Crea una cota horizontal. Indica la longitud horizontal de una línea.
- b) Vertical (Ver): Crea una cota vertical. Indica la longitud vertical de una línea.
- c) Alineada (Align): La longitud actual de la línea es dada, paralela a la dirección de la línea.
- d) Paralela (Par): La distancia entre dos líneas paralelas es indicada. Dos líneas o puntos deben especificarse.

Cuando se seleccionan dos líneas, es necesario procurar seleccionar los puntos finales apropiados para especificar la cota lineal. Si se seleccionan las líneas cerca del punto medio, Mechanical Desktop aplicará una cota angular entre las líneas. Por ejemplo, seleccionando el ángulo de la figura 3.6 en la localización "x" permitirá especificar una acotación lineal.

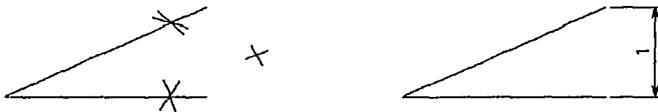


Figura 3.6. Acotando una distancia lineal.

3.2.6. COTAS ANGULARES

Para crear una cota angular se seguirá el procedimiento siguiente:

- 1) Se llamará al comando **ampardim**.

- 2) Cuando Mechanical Desktop pida que se seleccione el primer elemento, se hará clic cerca del punto medio de una de las líneas que formarán el ángulo.
- 3) Mechanical Desktop pedirá que se seleccione la localización de la cota o que se especifique un segundo elemento, en este caso se hará clic cerca del punto medio de otra línea que forme el ángulo.
- 4) Mechanical Desktop solicitará la ubicación de la cota. Se hará clic entre las dos líneas que forman el ángulo.
- 5) A continuación, Mechanical Desktop mostrará el valor del ángulo, en este punto se podrá aceptar este valor o se podrá escribir el valor que se necesite.

Como el tipo de cota depende de la forma en cómo se seleccionen las líneas, se procurará, en el caso de las cotas angulares, seleccionarlas cerca de sus puntos medios. Mechanical Desktop utilizará una medición angular para acotar. Por ejemplo se utilizará el mismo ángulo de la figura 3.6, se hará clic en las "x", esto permitirá que se pueda crear una cota angular (ver figura 3.7).



Figura 3.7. Acotando un ángulo.

3.3. ACOTANDO EL BOSQUEJO

Se procederá a acotar el bosquejo refinado de la figura 3.4, para hacerlo se seguirá la siguiente secuencia de pasos:

NOTA: El procedimiento está encerrado en un recuadro, lo escrito en letras negritas es lo que se escribe en la línea de comando, el símbolo \downarrow indica que se presionó ENTER, lo escrito con letra tipo cursiva son explicaciones y comentarios que no aparecen en la línea de comando, y lo que aparece en letra normal es lo que presenta Mechanical Desktop

como prompt.

Command:AMPARDIM.┘

Select first object: *Se hará clic cerca del punto medio de la línea 4.*

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] <90.25>:
76.┘

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

Select first object: *Se hará clic en la línea 5*

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

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<80.259>: align.┘

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<80.259>: 76.┘

Solved under constrained sketch requiring 4 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic cerca del punto medio de la línea 5.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic cerca del punto medio de la línea 0.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en un punto que se encuentre entre las dos líneas.*

Enter dimension value or [Undo/Placement point] <52>: 65.┘

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic cerca del punto medio de la línea 0.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto por debajo de esta línea.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <116.14>: 101.┘

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic cerca del punto medio de la línea 0*

Select second object or place dimension: *Se hará clic cerca del punto medio de la línea 1.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en un punto entre las dos líneas para ubicar la cota angular.*

Enter dimension value or [Undo/Placement point] <67>: 65.┘

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic cerca del punto medio de la línea 1.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic a la derecha de esta línea para ubicar la cota.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <50.2796>: align.┘

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <50.2796>: 76.┘

Solved fully constrained sketch.

Select first object:..

En la figura 3.8 se muestra el resultado final del procedimiento.

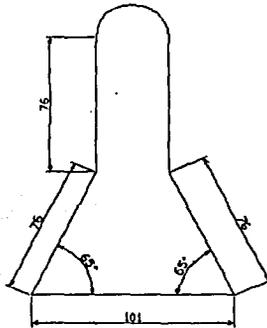


Figura 3.8. Perfil completamente acotado.

Se procederá a guardar el dibujo, para esto se hará clic en el icono que muestra un pequeño disquete que aparece en la barra de herramientas principal de Mechanical.

CAPÍTULO 4

ENTENDIENDO LAS RESTRICCIONES Y LA GEOMETRÍA DE CONSTRUCCIÓN

En el capítulo anterior se utilizó el programa Mechanical Desktop para la creación del perfil de un raspador de hielo. Se comenzó con un bosquejo burdo y el programa automáticamente lo refinó y le aplicó restricciones geométricas. Se terminó de definir el perfil agregando las cotas necesarias. En este capítulo se empezará a trabajar con el perfil que se creó en el capítulo anterior. Se explorará la relación que existe entre las restricciones geométricas y las cotas paramétricas editando las restricciones que fueron automáticamente aplicadas por el programa. Conforme las restricciones sean borradas o cambiadas, el número y tipo de cotas requeridas para definir la geometría cambia por la cantidad correspondiente. Como las restricciones y las cotas paramétricas son la base de Mechanical Desktop es importante tener un buen entendimiento de estos conceptos. El perfil del raspador de hielo será utilizado para ilustrar las relaciones entre estos conceptos importantes.

Este capítulo también ilustrará la forma de usar la geometría de construcción, la cual consiste en utilizar líneas adicionales, arcos, o círculos como marcos de referencia para restringir la geometría del bosquejo. La geometría de construcción no es parte del perfil y la ignora el programa cuando se crean modelos tridimensionales a partir de perfiles bidimensionales. Para ilustrar el concepto de la geometría de construcción, se recreará el perfil del raspador de hielo en este capítulo utilizando la geometría de construcción.

4.1. RELACIÓN ENTRE RESTRICCIONES Y COTAS

Como se discutió en el capítulo 3, el programa analizará el bosquejo y aplicará restricciones geométricas de acuerdo con la manera en que fue dibujado el bosquejo. Inicialmente, Mechanical Desktop no agrega las cotas paramétricas al bosquejo, éstas deben agregarse manualmente después de que se han aplicado las restricciones geométricas. Después de ejecutar el comando **amprofile**, Mechanical Desktop reportará el número de restricciones y/o dimensiones necesitadas para definir completamente la

geometría del perfil. Se tendrá la opción de agregar cualquier otra restricción o cota al bosquejo hasta que su geometría esté completamente definida. Conforme se agregan restricciones y cotas al perfil, el programa actualiza el estado de la geometría y reporta el número de restricciones o cotas requeridos para definir completamente la geometría del perfil.

No es necesario definir completamente la geometría del perfil antes de usarlo para otras operaciones de Mechanical Desktop. Sin embargo, es deseable tener el perfil completamente definido antes de extraerlo o utilizarlo en cualquier modelo tridimensional. Los bosquejos completamente definidos se comportan de una manera predecible cuando los valores de sus cotas son modificados y pueden utilizarse como base para la creación de una parte.

4.1.1. BOSQUEJO SUBRESTRINGIDO

Si el bosquejo no contiene suficiente información para definir completamente su tamaño o forma, Mechanical Desktop reportará que está subrestringido (under constrained) esto es, no están definidas todas sus dimensiones. Las dimensiones que Mechanical Desktop usa para definir la geometría son las dimensiones que inicialmente se usaron cuando se dibujó el bosquejo. Mientras no se definan o cambien esas dimensiones, Mechanical Desktop reportará que el bosquejo está subrestringido. Conforme se agregan cotas y/o restricciones el programa continua reportando el número requerido de éstas para definir completamente la geometría del bosquejo.

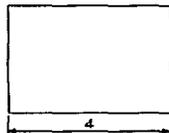


Figura 4.1. Bosquejo subrestringido

4.1.2. BOSQUEJO SOBRRERSTRINGIDO

Si uno o más elementos del bosquejo se dimensionan 2 veces, o si el dimensionamiento es inconsistente, Mechanical Desktop reportará que el bosquejo está sobrerrestringido. Se necesitará remover ya sea una cota o una restricción geométrica para resolver este problema. Por ejemplo, en la figura 4.2 muestra un bosquejo

sobrerrestringido. Debido a que el bosquejo es ortogonal no es necesario especificar tanto el radio del arco como la distancia horizontal. Las restricciones geométricas requieren que una de estas restricciones sea dada de modo que la otra resulta innecesaria. Si el bosquejo es complejo, no se podrá apreciar cuál es la razón aparente por la que está sobrerrestringido.

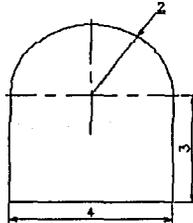


Figura 4.2. Bosquejo sobrerrestringido.

4.1.3. VISUALIZANDO, ELIMINANDO Y CAMBIANDO RESTRICCIONES

Ocasionalmente, Mechanical Desktop aplicará restricciones que no son las esperadas, o que son muy limitantes para el modelo que se está creando. Algunas veces, Mechanical Desktop reportará que el bosquejo está sobrerrestringido conforme se agregan cotas. Para estos casos, es útil ver las restricciones que se aplicaron por el programa para definir el perfil. Entonces se tiene la capacidad de eliminar, agregar o modificar cualquier restricción que define el modelo.

Para ilustrar la relación existente entre las restricciones geométricas y numéricas, se usará el perfil del raspador de hielo que se creó en el capítulo anterior. Se abrirá el archivo raspador de hielo, para hacer esto se hará lo siguiente:

- 1) En la línea de comando se escribirá el comando **open**.
- 2) Posteriormente aparecerá el cuadro de diálogo seleccionar archivo (Select File), se hará clic en el archivo con el nombre raspador de hielo y a continuación, se hará clic en abrir.

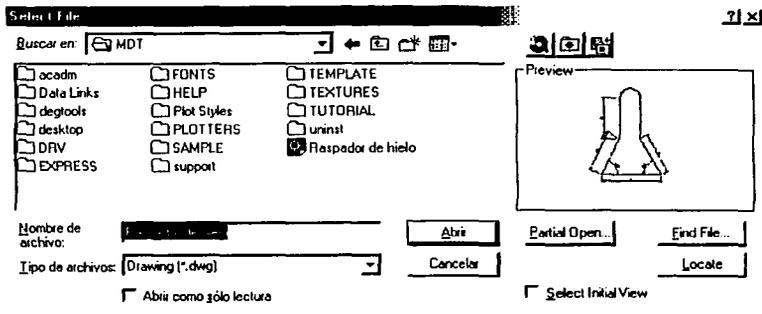


Figura 4.3. Cuadro de diálogo abrir archivo.

En el área de dibujo de Mechanical Desktop aparecerá el bosquejo que se muestra en la figura 4.4.

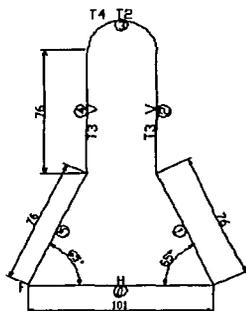


Figura 4.4. Bosquejo del raspador de hielo con restricciones visualizadas.

4.1.3.1. VISUALIZANDO RESTRICCIONES

Para visualizar las restricciones de este bosquejo se escribirá en la línea de comando el comando `amshowcon`, posteriormente se escribirá `A` y se presionará `↵` para visualizar todas las restricciones, se volverá a presionar `↵` para salir del comando.

4.1.3.2. AGREGANDO RESTRICCIONES

En el capítulo anterior, se vio como la geometría podía modificarse mediante la

agregación o modificación de las cotas paramétricas. También es posible modificar la geometría agregando o cambiando las restricciones geométricas que se aplicaron al bosquejo. Para ilustrar este concepto, se agregará una restricción de perpendicularidad entre las líneas 5 y 0 mostradas en la figura 4.4. En primer lugar se eliminará la cota angular que se encuentra entre las líneas 5 y 0, para hacer esto se hará clic en la cota angular que se encuentra entre estas líneas, posteriormente se presionará la tecla SUPR. Mechanical Desktop devolverá el siguiente mensaje en la línea de comando *_erase / found*. Ahora se agregará la restricción de perpendicularidad, de acuerdo al procedimiento siguiente:

Command: **amaddcon**↵

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PROj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>: **pe**↵

Valid selections: line, ellipse or spline segment

Select object to be reoriented: *Se hará clic en la línea 5.*

Valid selections: line, ellipse or spline segment

Select object to be made perpendicular to: *Se hará clic en la línea 0.*

Inmediatamente después de que se seleccione la línea 0, la línea 5 cambiará su orientación con respecto a la línea 0 de 65° a 90°.

Solved fully constrained sketch.

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>:

Command: amshowcon ↵

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>: all ↵

El bosquejo se verá como el que se muestra en la figura 4.5. Los símbolos **L0** y **L5** han sido agregados. El símbolo **L0** denota que la línea 5 es perpendicular a la línea 0, y el símbolo **L5** indica que la línea 0 es perpendicular a la línea 5.

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>: ↵

El resultado se muestra en la figura 4.5.

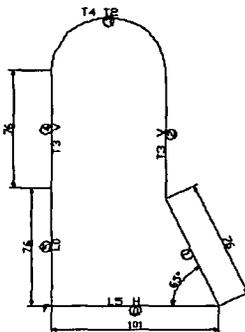


Figura 4.5. Restricción perpendicular aplicada.

4.1.3.3. ELIMINANDO RESTRICCIONES

Algunas veces el programa presentará el siguiente mensaje cuando agregue una nueva cota:

Adding this dimension would over constrain the sketch.

Este mensaje indica que se tiene una restricción geométrica y un valor de cota que se contradicen mutuamente, o que la entidad ha sido dimensionada más de una vez. La

solución a este problema es eliminar una restricción o una cota.

El comando **AMDELCON** es utilizado para eliminar restricciones geométricas. El programa pedirá que se seleccione la restricción que se va a remover inmediatamente después de que se llame a este comando. Se selecciona la restricción que se quiere eliminar y el programa la remueve para poder continuar agregando cotas o restricciones.

Se procederá a devolverle al perfil la forma que tenía antes de que se le agregara la restricción de perpendicularidad, para esto se utilizará el procedimiento siguiente:

Command: **amdelcon**.↵

Select or [Size/All]: *Se hará clic en cualquiera de los dos símbolos L0 o L5.*

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select or [Size/All]:↵

Se le agregará una cota paramétrica al perfil para terminar de definirlo.

Command: **ampardim**.↵

Select first object: *Se hará clic cerca del punto medio de la línea 5*

Select second object or place dimension: *Se hará clic cerca del punto medio de la línea 0.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en un punto que se encuentre entre la línea 0 y la línea 5.*

Enter dimension value or [Undo/Placement point] <90>: 65.↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object:↵

El bosquejo se verá como se muestra en la figura 4.4.

4.1.3.4. CAMBIANDO ACOTACIONES

Un sistema CAD paramétrico puede crear un modelo geométrico completo de un diseño. Por consecuencia, si se modifica una cota en el dibujo, toda la geometría del modelo será actualizada automáticamente para reflejar estos cambios. Por ejemplo, si se especifica el centro de un agujero a una cierta distancia de una arista de un modelo, el punto se moverá si se mueve la arista mientras se edita el dibujo.

Para ilustrar lo dicho anteriormente se incrementará la magnitud del mango del raspador de hielo de 76 mm a 101 mm. Las cotas pueden modificarse con el comando **ammoddim**, se utilizará el procedimiento siguiente:

Command: **ammoddim**↵

Select dimension to change: *Se hará clic en la cota vertical del mango.*

Enter dimension value <76>: **101**↵

Solved fully constrained sketch.

Select dimension to change:↵

El resultado de este procedimiento de edición se muestra en la figura 4.6.

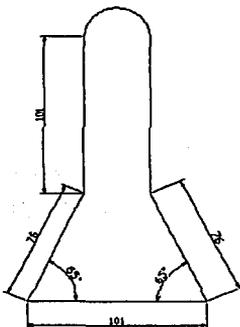


Figura 4.6. Perfil de raspador de hielo con una cota editada.

4.1.4. UTILIZACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE COMBINACIÓN DE RESTRICCIONES Y COTAS PARA DEFINIR EL PERFIL

El objetivo de agregar cotas al bosquejo es definir completamente el tamaño y localización de todos los elementos que lo integran. En este sencillo ejemplo del raspador de hielo, se definió el perfil acotándolo con dos ángulos de 65° y con otras longitudes que se muestran en la figura 4.6. Sin embargo, existen muchas otras combinaciones de cotas que definirían el mismo tamaño y la misma geometría. Por ejemplo, se pueden dimensionar otras entidades de este perfil utilizando solamente distancias horizontales y verticales sin la necesidad de utilizar cotas angulares.

Para ilustrar como se puede usar un método alternativo para acotar, se utilizará el procedimiento siguiente:

Command: **erase**.
↓

Select objects: *Se hará clic en una de las dos cotas angulares de 65° .*

1 found

Select objects: *Se hará clic en la otra cota angular de 65° .*

1 found, 2 total

Select objects: ↓

Command: **ampardim**.
↓

Select first object: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 4.7.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto 2.*

Enter dimension value or [Undo/Diameter/Ordinate/Placement point] <18.381>: **18**.
↓

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el punto 3.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto 4.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en el punto 5.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<32.119>: 32.┘

Solved fully constrained sketch.

Select first object:┘

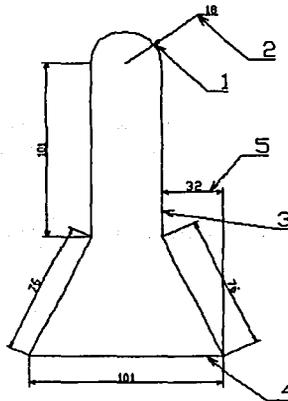


Figura 4.7. Modificando la geometría del perfil utilizando otras cotas.

4.1.5. UTILIZANDO GEOMETRÍA DE CONSTRUCCIÓN

El programa Mechanical Desktop permite usar **geometría de construcción** para asistir en el proceso de restringir un bosquejo y controlar su geometría. La geometría de construcción es toda aquella línea, círculo, arco que es incluido como parte del bosquejo y posee un tipo de línea diferente a la que posee el bosquejo. La figura 4.8 muestra un ejemplo de geometría de construcción.

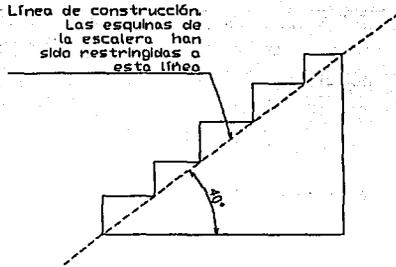


Figura 4.8. Utilización de una línea de construcción para definir la geometría del perfil.

4.1.5.1. UTILIZACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE CONSTRUCCIÓN PARA DEFINIR EL PERFIL DEL RASPADOR DE HIELO

Para ilustrar la aplicación de la geometría de construcción, se redibujará el bosquejo del raspador de hielo. Se restringirán tangencialmente los lados de la pala a un círculo de construcción en vez de utilizar 2 ángulos de 65° . Se utilizará una línea horizontal de construcción para orientar los puntos finales del mango y de la pala a la misma línea horizontal. Para hacer lo dicho anteriormente se utilizará el procedimiento siguiente:

- 1) Se repetirá el procedimiento que se utilizó en el capítulo 3 para crear el bosquejo inicial.
- 2) Se crearán las entidades de construcción de acuerdo con la secuencia siguiente:

Command: circle.↓

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 4.9.*

Specify radius of circle or [Diameter]: *Se hará clic en el punto 2.*

Command: line.↓

Specify first point: *Se hará clic en el punto 3.*

Specify next point or [Undo]: *Se hará clic en el punto 4.*

Specify next point or [Undo]: ↵

Command: **chprop**.↵

Select objects: *Se hará clic en el punto 5.*

1 found

Select objects: *Se hará clic en el punto 6 de la figura 4.9.*

1 found, 2 total

Select objects: ↵

Enter property to change [Color/LAyer/LType/ltScale/LWeight/Thickness]: **LT**.↵

Enter new linetype name <ByLayer>: **hidden**.↵

Enter property to change [Color/LAyer/LType/ltScale/LWeight/Thickness]: ↵

En la figura 4.9 se muestra el bosquejo inicial sin refinar con las dos nuevas entidades que serán las entidades de construcción.

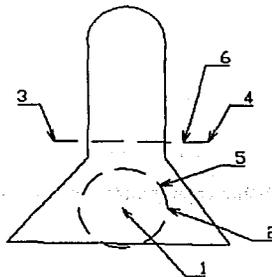


Figura 4.9. Bosquejo inicial.

Se procederá a refinar este bosquejo inicial.

Command: **amprofile**.]

Select objects for sketch: *Se seleccionarán la polilínea, la línea y el círculo.*

3 found

Select objects for sketch:.]

Computing ...

Computing ...

Solved under constrained sketch requiring 10 dimensions or constraints.

Computing ...

Command: **amshowcon**.]

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>: **all**.]

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>:

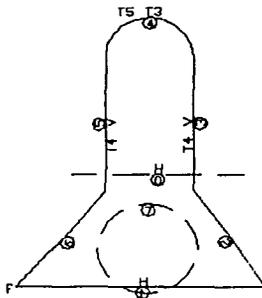


Figura 4.10. Bosquejo refinado con restricciones visualizadas.

Se procederá a agregar más restricciones geométricas.

Command: amaddcon.

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PProj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>: **proj.**

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

Specify a point to project: **int.**

of Se hará clic en la intersección de las líneas 2 y 3.

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

Select object to be projected to: *Se hará clic en la línea 0.*

Solved under constrained sketch requiring 9 dimensions or constraints.

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

Specify a point to project: **int.**

of Se hará clic en la intersección de las líneas 5 y 6.

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

Select object to be projected to: *Se hará clic en la línea 0.*

Solved under constrained sketch requiring 8 dimensions or constraints.

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

Specify a point to project:.

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PROj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>: tan ↵

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

Select object to be reoriented: *Se hará clic en el círculo 7.*

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

Select object to be made tangent to: *Se hará clic en la línea 1.*

Solved under constrained sketch requiring 7 dimensions or constraints.

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

Select object to be reoriented: *Se hará clic en el círculo 7.*

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

Select object to be made tangent to: *Se hará clic en la línea 2.*

Solved under constrained sketch requiring 6 dimensions or constraints.

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

Select object to be reoriented: *Se hará clic en el círculo 7.*

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

Select object to be made tangent to: *Se hará clic en la línea 6.*

Solved under constrained sketch requiring 5 dimensions or constraints.

Valid selections: line, circle, arc, 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>:┘

Command: amshowcon┘

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>: all┘

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>:┘

En la figura 4.11 se muestra el resultado de aplicar los comandos **amaddcon** y **amshowcon** al perfil que se muestra en la figura 4.10.

A continuación, se procederá a dimensionar el perfil raspador que se muestra en la figura 4.10. Utilizandose el procedimiento siguiente para terminar de definir la geometría del raspador de hielo con entidades de construcción.

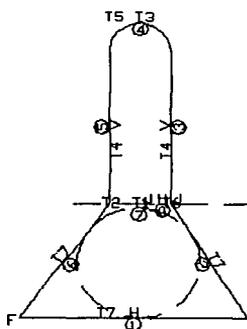


Figura 4.11. Bosquejo refinado restringido con respecto a las entidades de construcción.

Command: **ampardim**.**J**

Select first object: *Se hará clic en la línea 3.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto a la derecha de la línea 3.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<30.8216>: **101**.**J**

Solved under constrained sketch requiring 4 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará en la línea 1.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto por abajo de la línea 1.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<40.6629>: **101**.**J**

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en la línea 6.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto a la izquierda de la línea 6.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<77.6147>: **align**.**J**

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<80.5343>: **76**.**J**

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en la línea 2.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto a la izquierda de la línea 2.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <20.2781>: align ↵

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <23.4734>: 76 ↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el círculo 7.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto afuera del círculo 7.*

Enter dimension value or [Undo/Radius/Ordinate/Placement point] <58.0244>: 63 ↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

En la figura 4.12 se muestra el perfil de raspador de hielo completamente definido.

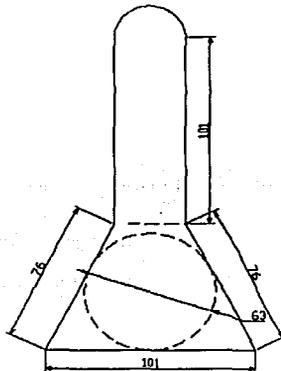


Figura 4.12. Perfil de raspador de hielo completamente definido.

CAPITULO 5

CREACIÓN DE UN MODELO TRIDIMENSIONAL A PARTIR DE UN PERFIL BIDIMENSIONAL

En este capítulo se utilizará el perfil bidimensional que se creó en el capítulo 3; se le aplicará el comando de extrusión de Mechanical Desktop para crear el modelo tridimensional que se muestra en la figura 5.1. El programa puede agregar entidades especiales al modelo sólido tales como agujeros, agujeros avellanados, agujeros con caja, filetes, y chaflanes. Estas entidades se le agregarán al modelo base para crear la pala achaflanada, el mango redondeado y el agujero del mango.

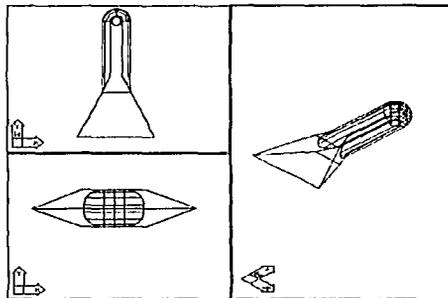


Figura 5.1. Modelo sólido tridimensional completo del raspador de hielo.

El modelo que se creará será una representación paramétrica de un objeto físico. Un parámetro es una propiedad física que determina el comportamiento del modelo. Esto significa que las entidades son una parte integral del modelo, si se modifica una entidad, todos los parámetros correspondientes se modifican. Por ejemplo, suponiendo que el diámetro del agujero del mango del raspador de hielo está definido en función del ancho del mango. Debido a que el agujero es una entidad paramétrica, si se cambia el ancho del mango, el diámetro del agujero cambiará por la cantidad correspondiente. Un sistema CAD paramétrico tal como Mechanical Desktop permite hacer fácilmente cambios al modelo.

Cuando se construye un modelo complejo, el orden de construcción es importante. Cuando se agregan entidades a un modelo tridimensional de Mechanical Desktop, se deberán agregar en orden del más complejo al más sencillo.

5.1. VISUALIZANDO LA PARTE

Los múltiples puertos de vista (vports) son una herramienta importante a la hora de crear el modelo, ya que permite su visualización desde diferentes perspectivas. Mechanical Desktop cuenta con una variedad de atajos que permiten la creación de puertos de visualización. En la tabla 5.1 se muestran las teclas de acceso rápido para la visualización de una parte.

Tabla 5.1. Teclas de acceso rápido para la visualización de la parte

Teclas	Número de puertos de vista	Tipos de vista
1	1	Vista actual
2	2	Vista superior Vista isométrica
3	3	Vista superior Vista frontal Vista isométrica
4	4	Vista superior Vista frontal Vista lateral derecha Vista isométrica
5	1	Vista superior
6	1	Vista frontal
7	1	Vista lateral derecha
8	1	Vista isométrica
9	1	Vista de plano de bosquejo
55	1	Vista inferior
66	1	Vista posterior
77	1	Vista lateral izquierda
88	1	Vista isométrica frontal izquierda

5.2. EXTRUYENDO EL PERFIL PARA CREAR UN SÓLIDO TRIDIMENSIONAL

Se abrirá el archivo del raspador de hielo utilizando el mismo procedimiento que utilizó en el capítulo 4. Una vez abierto el dibujo se tecleará 3-J, esto dividirá la pantalla en tres puertos de vista; en cada uno de ellos se visualizará una perspectiva diferente del

dibujo (en este caso vista superior, vista frontal, y vista en isométrico). Debido a que el perfil es una entidad bidimensional se verá como sólo una línea en el puerto de vista que contiene la vista frontal.

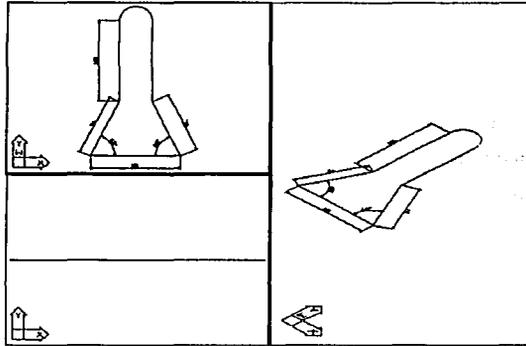


Figura 5.2.Resultado de usar la tecla de acceso rápido 3.

5.2.1. OPCIONES DE EXTRUSIÓN: BASE, CORTE, UNIÓN, INTERSECCIÓN

Después de que se crea el objeto tridimensional base, se pueden agregar perfiles adicionales que se usarán para modificar el objeto base. Estos perfiles actúan como “plantillas” para ejecutar operaciones booleanas tales como corte, unión, o intersección. Cuando se inicia un modelo tridimensional, la primera operación posible es la extrusión base (Extrude/Base). Todas las demás operaciones no pueden utilizarse hasta que ésta haya definido el modelo base. La operación **base** crea un sólido a partir de un perfil bidimensional agregándole material en la dirección Z para crear el modelo tridimensional. El sólido se extruye de acuerdo con algunos de los 4 métodos siguientes:

- 1) La terminación ciega (blind) extruye la entidad a una profundidad inicial específica a partir del plano de perfil.
- 2) La terminación plano medio (mid plane) extruye el perfil igualmente en ambas direcciones, terminando a la profundidad que se ha especificado. Esta opción no está disponible cuando se crea la parte base.

- 3) La opción pasado medio (mid-through) extruye el perfil en ambas direcciones hasta que se encuentra con dos extremos finales de la pieza.
- 4) Cuando se modifica la geometría de la parte base, se puede terminar la extrusión con la opción al plano (to plane), la cual extruye el perfil a través de una cierta profundidad hasta una cara especificada o un plano previamente definido.
- 5) La última opción de terminación, a través (through), se usa solamente cuando se corta o interseca el perfil con una entidad base existente. La terminación a través hará un corte desde el plano del bosquejo hasta una de las caras de la pieza base.

Una vez que la entidad base ha sido creada, pueden usarse las operaciones booleanas corte, unión e intersección para reconstruir y modificar la parte base.

- La operación corte (cut) remueve el material de la parte activa, usando los perfiles bidimensionales como cortadores.
- La operación unión (join) agrega material a la parte activa, mediante la extrusión del perfil a través de una distancia normal a una de las caras de la parte base.
- Finalmente, la operación intersección (intersect) crea una nueva entidad a partir del volumen compartido por la entidad base y la extrusión del nuevo perfil.

Las figuras de la 5.3 a la 5.5 muestran las diferencias entre estas operaciones en una parte cúbica simple. Se usa un perfil elíptico atravesado diagonalmente en la parte para modificar el bloque durante una de estas tres operaciones de extrusión. Antes de hacer cualquier operación de modelado avanzado, se deberá crear la base, o parte fundamental del modelo, en este caso el bloque. Las operaciones booleanas de corte, intersección, o unión no estarán disponibles hasta que se cree la parte base. Esta operación se realiza mediante la extrusión de un perfil bidimensional. Una alternativa a la extrusión para crear la parte base es crearla a partir de la revolución de un perfil o a través del barrido del perfil a lo largo de una trayectoria tridimensional. Las operaciones de revolución

(revolve) y barrido (sweep) se cubrirán en capítulos posteriores.

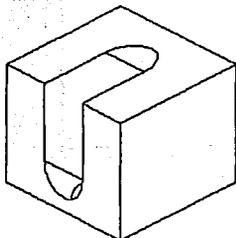


Figura 5.3. Operación de extrusión y corte (extrude/cut).

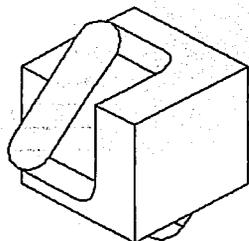


Figura 5.4. Operación de extrusión y unión (extrude/join).

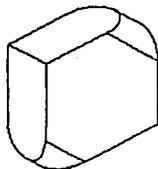


Figura 5.5. Operación de extrusión e intersección (extrude/intersect).

5.2.2. UTILIZANDO LA EXTRUSIÓN PARA CREAR UN MODELO SÓLIDO TRIDIMENSIONAL A PARTIR DE UN PERFIL

En el capítulo anterior se creó un perfil completamente dimensionado, el perfil bidimensional del raspador de hielo. Este perfil se extruirá (se le agregará masa) en la dirección z para crear el modelo sólido del raspador de hielo. Se usará el comando **amextrude** para crear la extrusión tridimensional a partir del perfil. Se utilizará el procedimiento siguiente:

Command: **amextrude**...

Aparecerá un cuadro de diálogo como el que se muestra en la figura 5.6, se utilizarán los valores mostrados. Una vez terminado se hará clic en OK para terminar.

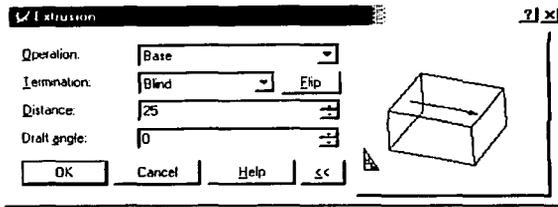


Figura 5.6. Cuadro de diálogo extrusión (amextrude).

El resultado de este procedimiento se muestra en la figura 5.7.

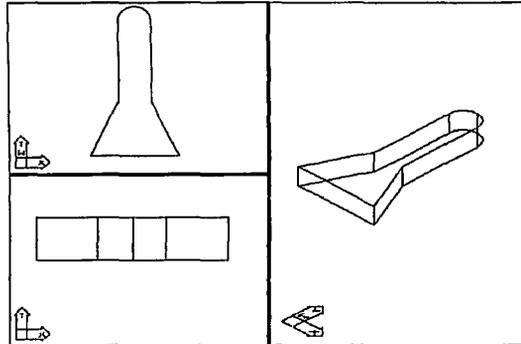


Figura 5.7. Resultado de extruir el perfil con el comando amextrude.

5.3. AGREGANDO ENTIDADES TRIDIMENSIONALES AL MODELO

Debido a que Mechanical Desktop es un modelador de sólidos basado en entidades, los chaflanes, filetes y agujeros no son simplemente elementos geométricos como las líneas y los círculos, sino que son una parte integral del modelo. Estas entidades pueden editarse mediante su selección y cambio de sus propiedades a través de cuadros de diálogo inteligentes, así el modelo puede editarse con solo unos pocos clics del ratón. A continuación se ilustrará el proceso para crear estas entidades, en este caso, se le agregará un agujero al mango del raspador de hielo.

5.3.1. AGREGANDO UN AGUJERO

El comando `amhole` se utiliza para agregar un agujero a cualquier modelo creado con este programa. Mechanical Desktop automáticamente creará un barreno, un agujero con caja, un agujero avellanado en cualquier cara de un modelo tridimensional. Los parámetros de definición del agujero se introducen por medio de un cuadro de diálogo. Se utilizará el procedimiento siguiente para crear un agujero.

Command: `amhole`.

Aparecerá el cuadro de diálogo como el que se muestra en la figura 5.8. Se completará este cuadro de diálogo utilizando los valores mostrados. Una vez terminado de llenar el cuadro de diálogo con los valores anteriores se hará clic en `OK`.

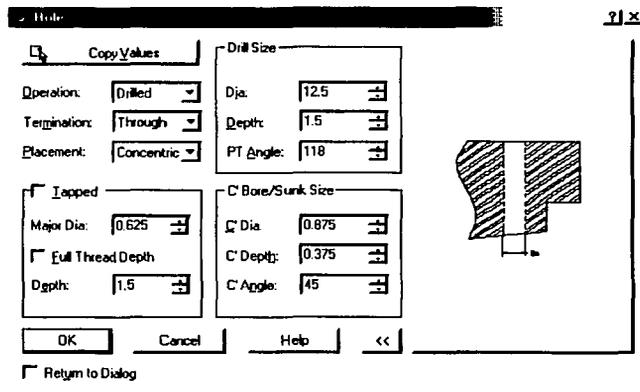


Figura 5.8. Cuadro de diálogo agujero (`amhole`).

Presentando el diálogo siguiente:

Select work plane or planar face [`worldXy/worldYz/worldZx/Ucs`]: Se hará clic en el punto 1 de la figura 5.9.

Select concentric edge: Se hará clic en el punto 2.

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Select work plane or planar face [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]:↵

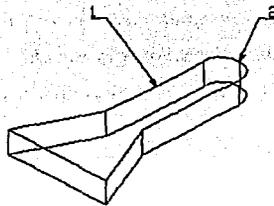


Figura 5.9. Puntos de selección para la creación de un agujero concéntrico.

El resultado de este procedimiento se muestra en la figura 5.10.

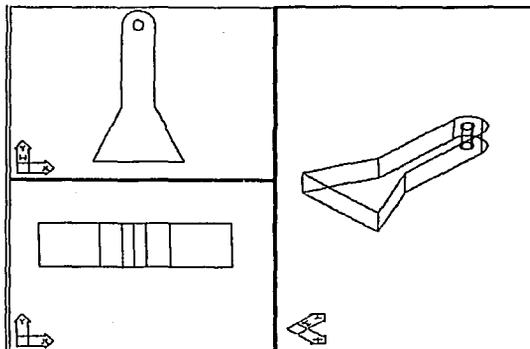


Figura 5.10. Modelo del raspador de hielo con un agujero en el mango.

5.3.2. REDONDEANDO EL MANGO

El comando **amfillet** aplicará un filete a cualquier lado del modelo tridimensional. A diferencia del comando **fillet** de AutoCAD, no se necesita seleccionar dos líneas para ubicar el filete. Simplemente se introduce el radio deseado y después se seleccionan los lados que se desean redondear. Generalmente es mejor trabajar con una vista isométrica a la hora de la selección de los lados que se van a redondear. Para ilustrar la forma de redondear las aristas del mango del raspador de hielo utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **amfillet**↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 5.11. Se llenará este cuadro de diálogo utilizando los valores mostrados y una vez terminado se hará clic en OK.

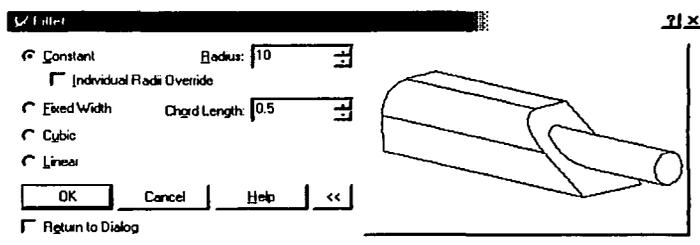


Figura 5.11. Cuadro de diálogo filete (amfillet).

Presentándose el diálogo siguiente:

Select edges: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 5.12. Se notará que resalta el arco y las dos líneas que están conectadas con el mismo (tiene una apariencia de línea de trazos cortos).*

Select edges: *Se hará clic en el punto 2.*

Select edges:↵

Computing ...

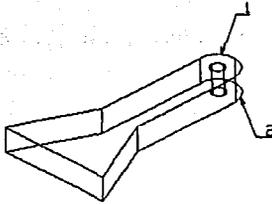


Figura 5.12. Puntos de selección para la creación de los filetes en el mango del raspador de hielo.

El resultado de aplicar este procedimiento se muestra en la figura 5.13.

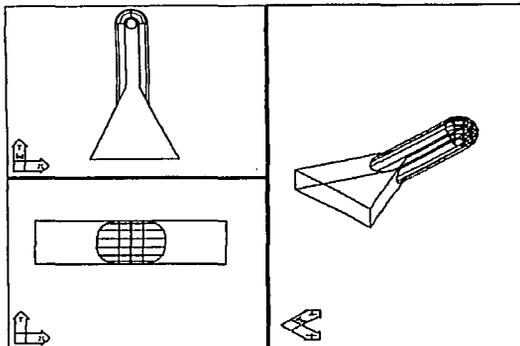


Figura 5.13. Raspador de hielo con mango redondeado.

5.3.3. APLICANDO CHAFLANES A LA PALA.

Para agregar chaflanes a cualquier modelo hecho en Mechanical Desktop se utiliza el comando **amchamfer**. Para agregar chaflanes a la pala del raspador de hielo se utilizará el procedimiento siguiente:

Command: **amchamfer** ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 5.14. Se llenarán los datos como se muestra en la figura 5.14, una vez terminado el llenado del cuadro de diálogo se

hará clic en OK.

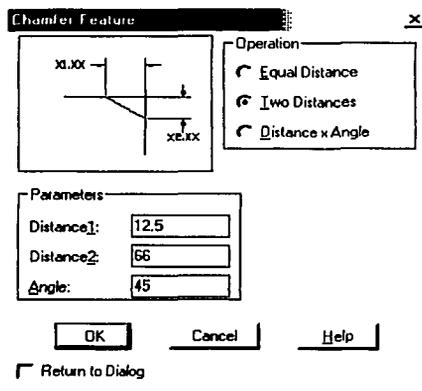


Figura 5.14. Cuadro de diálogo chaffán (amchamfer).

Mostrándose el diálogo siguiente:

Select edge to chamfer: *Se hará clic en la arista superior de la cara frontal del raspador de hielo, ésta se resaltará cambiando temporalmente su tipo de línea de continua a trazos cortos.*

Press <ENTER> to continue:↵

Apply distance 1 to highlighted face.

La cara frontal del raspador de hielo aparecerá resaltada (highlighted) mediante la aplicación temporal de un tipo de línea de trazos cortos.

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

Computing ...

Command:↵

AMCHAMFER

Select edge to chamfer: *Se hará clic en la arista inferior de la cara frontal del raspador de hielo, al ser seleccionada aparecerá resaltada mediante la aplicación temporal del tipo de línea de trazos cortos.*

Press <ENTER> to continue:↵

Apply distance 1 to highlighted face.

Aparecerá resaltada la cara inferior del raspador de hielo, para lograr seleccionar la cara correcta (en este caso la cara frontal) se escribirá n↵ en la línea de comando, en caso contrario solo se presionará ENTER.

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

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

Computing ...

El resultado de este procedimiento se ilustra en la figura 5.15.

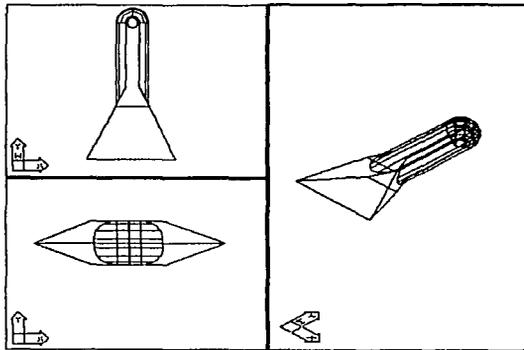


Figura 5.15. Raspador de hielo con pala afilada mediante la utilización de chaflanes.

5.3.4. ELIMINANDO UNA ENTIDAD

Se usará el comando **amdelfeat** para remover entidades que se le agregaron al modelo. Cualquiera de las entidades de MD tales como agujeros, chaflanes o filetes pueden eliminarse del modelo con este comando. Se usa el procedimiento siguiente para eliminar entidades del modelo.

Command: **amdelfeat**.J

Select feature to delete:

NOTA: Si se aplica una entidad dada más de una vez al modelo, este comando eliminará todas las entidades que fueron aplicadas en ese paso.

5.3.5. EDITANDO ENTIDADES

El comando **ameditfeat** puede usarse para editar entidades de MD. Se puede utilizar este comando para cambiar una dimensión en una entidad o cambiar el tamaño y el tipo de un agujero. Este comando es sensible al contexto, y se presentará en pantalla la opción apropiada para editar la entidad. Si se selecciona una dimensión en respuesta a este comando, la dimensión podrá cambiarse. Si se selecciona un agujero en respuesta a **ameditfeat**, entonces el cuadro de diálogo de agujero aparecerá para que se cambien los parámetros del agujero en el cuadro.

Command: **ameditfeat**.J

Enter an option [Independent array instance/Sketch/surfCut/Toolbody/select Feature]
<select Feature>:

Una vez activada una entidad, MD resaltará todas las cotas paramétricas usadas para definir la entidad. Para cambiar una dimensión, se usará el ratón para seleccionar una de las cotas resaltadas.

Es posible continuar modificando cotas en la entidad seleccionada. Se presionará **J** cuando se termine de completar esta operación. Debido a que el modelo ahora tiene ediciones pendientes, se necesitará ejecutar el comando **amupdate** para aplicar los

cambios al modelo completo. Debido a que se está editando un modelo completo más bien que entidades geométricas individuales, cualquier cambio hecho a cualquiera de estas entidades afecta al resto del modelo.

Command: **amupdate** ↵

Enter an option [active Part/Assembly/aLI parts/linKs] <active Part>:

Después de ejecutar el comando **amupdate** el programa evaluará todas las restricciones geométricas y actualizará el modelo. Cualquier vista asociada con este modelo también se actualizará automáticamente.

CAPITULO 6

CREACIÓN DE VISTAS BIDIMENSIONALES A PARTIR DE UN MODELO TRIDIMENSIONAL

El raspador de hielo que se creó en los capítulos anteriores no es un *dibujo*, es más bien una representación sólida de un raspador de hielo. En algún punto del proceso de diseño, los ingenieros necesitarán documentar la geometría del modelo que se creó utilizando dibujos bidimensionales hechos en papel. MD soporta diversas entidades automáticas de trazado, las cuales permiten la creación rápida de vistas bidimensionales a partir de un modelo tridimensional. El programa es capaz de generar automáticamente vistas ortográficas, vistas en isométrico, dibujos de detalle, vistas auxiliares, y vistas en corte.

Debido a que un modelo sólido representa un modelo geométrico completamente definido del diseño, éste contiene todos los datos relevantes tales como dimensiones, tamaños, localizaciones, y propiedades de masa. Esta información puede insertarse fácil y automáticamente en los dibujos bidimensionales para la documentación rápida del diseño. En este capítulo se crearán las vistas del raspador de hielo a partir del modelo tridimensional que se creó en capítulos anteriores. Se usarán las entidades de trazado de MD para la creación de anotaciones y la edición de dibujos.

El programa MD mantiene una **asociatividad bidireccional** entre las vistas bidimensionales y el modelo. Esto significa que todas las vistas están directamente ligadas con el modelo tridimensional. Se puede cambiar una dimensión en una vista y la dimensión correspondiente en el modelo cambiará. Si se modifica el modelo, todas las vistas relacionadas se actualizarán automáticamente para reflejar estos cambios. Estas características permiten la rápida documentación de una solución de diseño.

Cuando se crea un dibujo, MD opera en dos estados diferentes: el modo **modelo** (Model) y el modo **dibujo** (Drawing). El modo dibujo representa una hoja de papel, se pueden ver las vistas en 2D tal y como se verán cuando se impriman o ploteen. Varios de

los comandos de MD automatizan la creación de vistas a partir un modelo tridimensional. El modo modelo es utilizado para creación y edición de modelos sólidos. Existen diversas maneras para hacer el cambio entre estos modos, a continuación se enumeran tres de ellos:

- 1) Escribiendo el comando **ammode** en la línea de comando.
- 2) Haciendo clic en las pestañas que se encuentran en la parte superior del visualizador de Mechanical Desktop (clic en **Model** para el modo modelo y clic en **Drawing** para el modo dibujo).
- 3) Haciendo clic en alguna de las pestañas que se encuentran abajo del área de dibujo (clic en **model** para tener acceso al modo modelo y clic en cualquiera de las pestañas **Layout1** o **Layout2**).

Un aspecto de gran relevancia para la documentación es el seguimiento de normas de dibujo, en este capítulo se utilizarán las normas de dibujo que se encuentran en el apéndice A para la elaboración de las vistas bidimensionales.

6.1. CREACIÓN Y EDICIÓN DE VISTAS

El primer paso es abrir el dibujo que contiene el modelo del raspador de hielo, se usará el mismo procedimiento que se utilizó en el capítulo 4. Posteriormente se configurará la hoja para que tenga un tamaño apropiado, utilizándose el procedimiento siguiente:

Command: **ammode**↵

Restore mode [Drawing/Model] <Drawing>:↵

Regenerating layout.

Command: **pagesetup**↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.1. Se llenará utilizando los

valores mostrados en el cuadro de diálogo y se hará clic en OK.

NOTA: Cabe hacer notar que el tamaño de papel que se eligió es más grande que el tamaño A4 (legal u oficio), esto se debe a que el área de impresión que maneja el dispositivo de impresión en el tamaño A4 es mucho menor al área que ocupan los márgenes y esto traería como consecuencia que no se imprimieran los mismos. Es de gran importancia tomar en cuenta el tamaño del área de impresión que muestra cada impresora o plotter para poder elegir el correcto y así poder evitar errores de impresión.

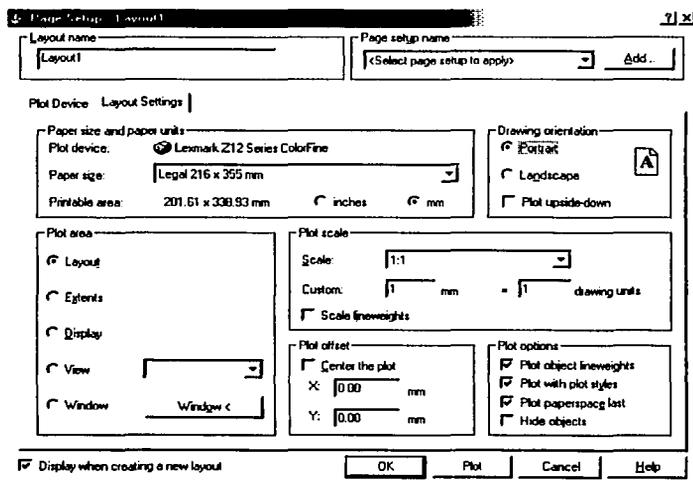


Figura 6.1. Cuadro de diálogo configurar página.

Una vez configurada la hoja se procederá a insertar el marco y el cuadro de referencia tomando como base las normas que aparecen en el apéndice A y utilizando el procedimiento siguiente:

Command: -insert_1

Se procederá a insertar un dibujo que fue creado previamente en el Apéndice A.

Enter block name or [?]: *c:\hoja a4.dwg ↵

MD solicitará que se le introduzca el punto de inserción del bloque, para este caso se seleccionará un punto cuyas coordenadas son -4.5,-3.

Specify insertion point for block: -4.5,-3 ↵

Specify scale factor for XYZ axes: ↵

Specify rotation angle <0>: ↵

El resultado de este procedimiento se muestra en la figura 6.2.

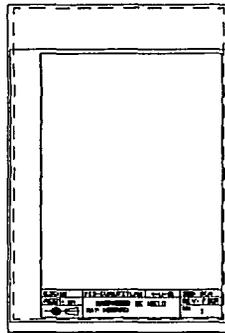


Figura 6.2. Márgenes y cuadro de referencia para tamaño de papel A4.

El programa MD crea las vistas en base al tipo de proyección utilizado, en este programa se cuentan con dos tipos de proyecciones: la de primer cuadrante (First angle) y la de tercer cuadrante (third angle). La proyección en primer cuadrante hace que MD cree las vistas invertidas, es decir, crea la vista inferior en la posición de la vista superior. Para la creación de las vistas del raspador de hielo se utilizará la proyección en tercer cuadrante, a continuación se seguirá el procedimiento siguiente para poner activa la proyección en tercer cuadrante:

- 1) Se seleccionará la opción Desktop options que se encuentra dentro del menú asistencia (Assist).
- 2) Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.3, a continuación se hará clic en la pestaña dibujo (Drawing).

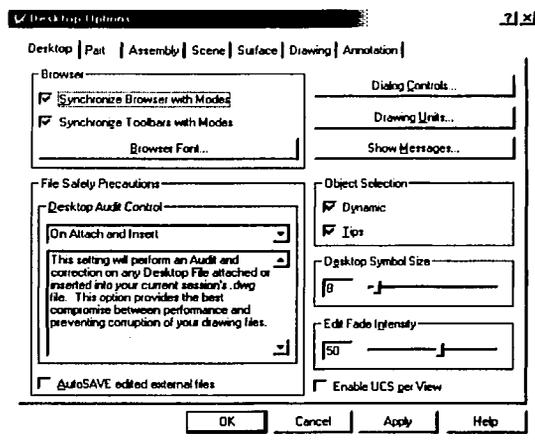


Figura 6.3. Cuadro de diálogo opciones de Desktop.

- 3) En esta pestaña aparecerá un cuadro llamado tipo de proyección (Proyección Type), se hará clic en casilla de verificación de tercer cuadrante (Third angle).
- 4) Se hará clic en OK.

Terminado lo anterior se procederá a crear la vista base.

6.1.1. CREACIÓN DE LA VISTA PRINCIPAL (BASE)

El programa MD creará automáticamente todo tipo de dibujos de ingeniería a partir de modelos tridimensionales, incluyendo todas las vistas ortogonales, vistas en isométrico, vistas de detalle, y en corte. Cuando se inicia un dibujo, la primera vista que se debe crear es la vista principal (base view). La vista principal es una vista ortográfica de referencia

del modelo, la cual es la base para las demás vistas. Se puede definir la vista principal a partir de cualquier dirección o punto de visualización en el espacio tridimensional. Generalmente, se seleccionará una cara del modelo para la representación de la vista principal.

Para crear la vista principal a partir del modelo, se utilizará el comando `amdwgview`. A continuación se presenta el procedimiento necesario para la creación de la vista principal:

Command: `amdwgview` ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.4. Se llenará el cuadro de diálogo con los valores que se muestran y se hará clic en **OK**.

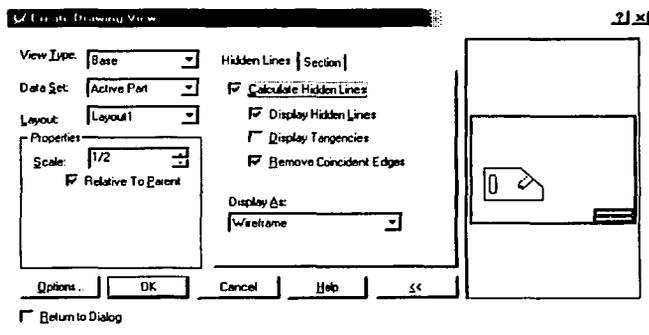


Figura 6.4. Cuadro de diálogo crear vista.

A continuación, MD presentará el diálogo siguiente:

MD cambiará automáticamente del modo dibujo al modo modelo para solicitar cierta información para la creación de la vista principal.

Regenerating model.

Select planar face, work plane or [Ucs/View/worldXy/worldYz/worldZx]: *Se hará clic en*

el punto 1 de la figura 6.5. Al hacer clic en el punto 1 la cara en la que se encuentre ese punto se resaltará cambiando temporalmente su tipo de línea de continua a trazos cortos.

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

Define X axis direction

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]: *Se hará clic en el punto 2. Al hacer clic en el punto 2 se resaltará la arista en la que se encuentre ese punto cambiando temporalmente su tipo de línea de continua a trazos cortos.*

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

A continuación aparecerá un vector el cual indicará la dirección en que MD ubicará el punto de visualización. En este punto es posible cambiar la orientación de todos los ejes para así tener una perspectiva del modelo diferente que con la que fue creada. En este caso se aceptaran las direcciones predeterminadas.

Adjust orientation [Z-flip/Rotate] <Accept>:↵

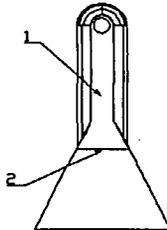


Figura 6.5. Puntos de selección para la creación de la vista principal.

MD volverá a cambiar del modo modelo al modo dibujo para solicitar la ubicación de la vista principal.

Regenerating layout.

valores que se muestran y se hará clic en OK

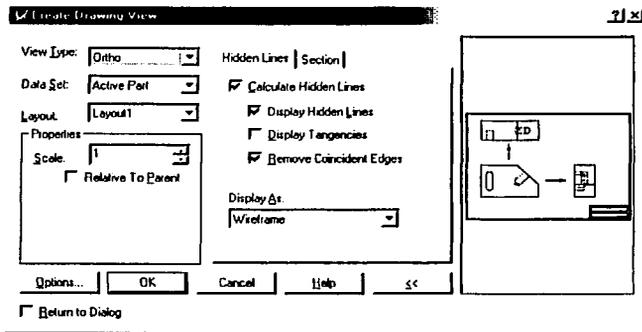


Figura 6.7. Cuadro de diálogo crear vista configurado para la creación de la vista lateral derecha.

A continuación MD presentará el diálogo siguiente:

Select parent view: Se hará clic en el punto 1 de la figura 6.8.

Specify location for orthogonal view: Se hará clic en el punto 2.

Specify location for orthogonal view: ↵

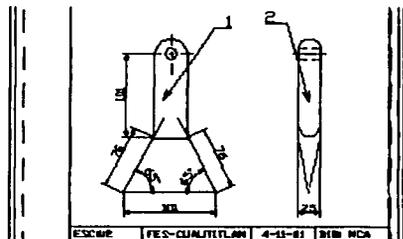


Figura 6.8. Puntos de selección para la creación de la vista lateral derecha.

6.1.2.2. CREACIÓN DE LA VISTA SUPERIOR

El proceso para la creación de la vista superior es el mismo que el se utilizó para la creación de la vista lateral, la única diferencia es que el punto de ubicación de la vista (el

punto 2) será un punto por arriba de la vista frontal. En la figura 6.9 se muestra la vista superior ya creada.

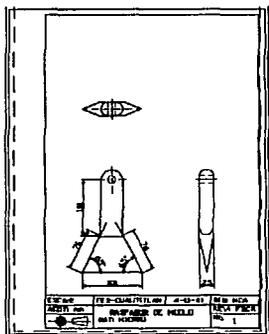


Figura 6.9. Vista superior creada.

6.1.2.3. CREACIÓN DE LA VISTA ISOMÉTRICA

Se utilizará el procedimiento siguiente para crear la vista isométrica:

Command: `amdwgview_1`

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.10. Se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

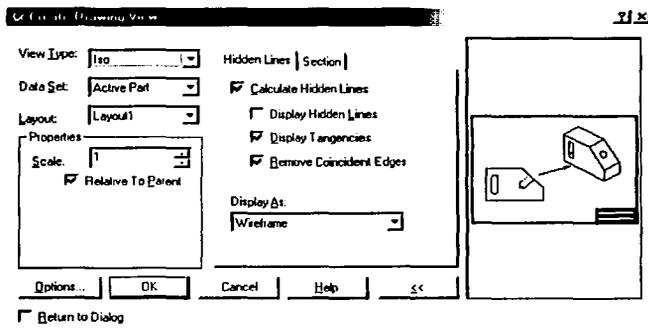


Figura 6.10. Cuadro de diálogo crear vista configurado para crear vista isométrica.

Aparecerá el diálogo siguiente:

Select parent view: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 6.11.*

Specify location for isometric view: *Se hará clic en el punto 2.*

Specify location for isometric view: ↵

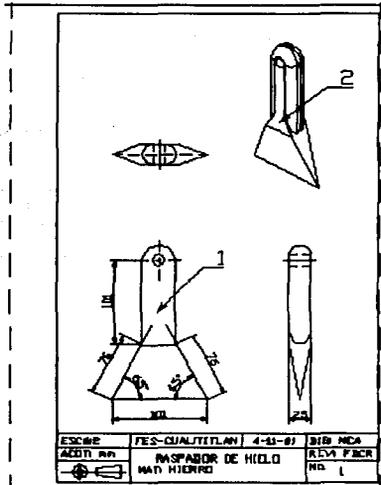


Figura 6.11. Puntos de selección para la creación de la vista isométrica.

6.1.3. EDICIÓN DE VISTAS

Si se necesita modificar o editar alguna de las vistas, se utilizarán los comandos de edición de vista que proporciona el programa MD en vez de utilizar los comandos de edición de AutoCAD tales como *erase*, *move*, *rotate*, *copy*, etc. Estos comandos aparentarán trabajar en un dibujo de MD, pero producirán resultados erráticos e impredecibles, particularmente si se modifica el modelo. MD cuenta con comandos especiales que pueden utilizarse para mover, borrar, hacer anotaciones o dimensionar una vista.

6.1.3.1. MOVER UNA VISTA

El comando **ammoveview** puede utilizarse para mover una vista en un dibujo. A continuación se muestra el uso de este comando.

Command: **ammoveview**↵

Select view to move: *Se hará clic en un punto de la vista que se desea mover.*

Specify new view location or [Layout]: *Se hará clic en el nuevo punto de ubicación de la vista, también es posible cambiar la vista a otra hoja (Layout).*

Specify new view location: *Se hará clic en otro punto o se presionará ENTER para salir del comando y fijar la vista en su nueva posición.*

Si la vista que se va a mover es la base (parent view) de otras vistas (children views), el programa moverá la vista y todas las vistas que fueron creadas a partir de la misma.

6.1.3.2. ELIMINAR UNA VISTA

Para eliminar una vista se utilizará el comando **amdelview**. No se utilizará el comando **erase** de AutoCAD para borrar una vista. El comando **erase** no elimina completamente todos los datos representados por la vista y esto provocará resultados impredecibles si se hacen cambios en el dibujo. A continuación, se muestra el procedimiento utilizado para eliminar una vista:

Command: **amdelview**↵

Select view to delete: *Se hará clic en cualquier punto de la vista que se desea eliminar.*

Si la vista que se va a eliminar es la base para otras vistas (parent view), el programa preguntará si se desea eliminar las vistas relacionadas con esa vista (children views).

6.1.3.3. CAMBIO DE LOS ATRIBUTOS DE UNA VISTA

El comando **ameditview** permite cambiar los atributos de una vista tales como la escala, atributos de las líneas, propiedades de la sección (cuando se edite una vista en

corte), visualización de tangencias, alineación (caso de vistas que no sean la vista principal), propiedades de las líneas. A continuación, se muestra el procedimiento a realizar para la edición de una vista:

Command: **ameditview** ↵

Select view to edit: *Se hará clic en la vista que se desea editar, en este caso se hará clic en la vista principal, aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.12. Este cuadro de diálogo muestra las propiedades de la vista y permite la edición de las mismas, se procederá ahora a mostrar las tangencias de esta vista activando la casilla mostrar tangencias (Display Tangencies) y haciendo clic en OK. El dibujo se verá como el que se muestra en la figura 6.13.*

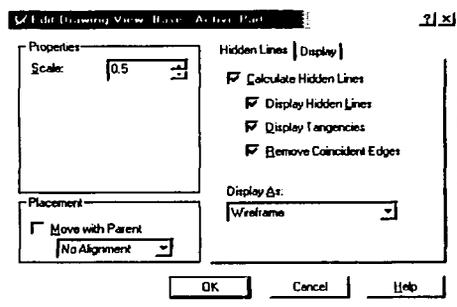


Figura 6.12. Cuadro de diálogo editar vista.

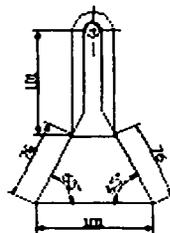


Figura 6.13. Vista principal con líneas de tangencia visualizadas.

Se procederá a deshacer la edición de la vista utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **u** ↵

AMEDITVIEW

6.1.4. AGREGANDO DIMENSIONES AL DIBUJO

Cuando se crean vistas ortográficas a partir de un modelo, MD ubicará

automáticamente las dimensiones en las vistas correspondientes a las cotas paramétricas utilizadas para crear el modelo. Ocasionalmente, se encontrará que es necesario mostrar más dimensiones en el dibujo. El comando **amrefdim** puede usarse para agregar cotas de referencia en alguna de las vistas ortográficas. Las cotas de referencia muestran el tamaño o localización de una entidad, son como las cotas convencionales de AutoCAD. Éstas no son **cotas paramétricas**, esto significa que no pueden cambiar la geometría del modelo mediante la modificación de las cotas de referencia. A continuación se muestra el procedimiento a realizar para insertar una cota de referencia:

Command: **amrefdim** ↵

Select first object: *Se hará clic en una entidad del dibujo.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en otra entidad o se hará clic en un punto por afuera de la primera entidad seleccionada para ubicar la cota de referencia.*

Specify dimension placement: *En el caso de que se haya seleccionado una segunda entidad en lugar de haber ubicado la cota MD preguntara la ubicación de la cota.*

Specify placement point or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/reF/Basic]: *El programa pedirá especificar el tipo de cota. Se presionará ENTER para salir del comando.*

6.1.5. CAMBIANDO DIMENSIONES

Debido a que MD mantiene una asociatividad bidireccional, se puede editar cualquier cota paramétrica en una vista del dibujo, y la geometría del modelo se actualizará automáticamente para reflejar los cambios de esos nuevos valores. Se utilizará el comando **ammoddim** para cambiar las cotas. Las únicas cotas que pueden editarse son las paramétricas, las cuales definen el modelo y sus entidades. Éstas son las cotas que se utilizaron para definir el perfil inicial. Debido a que el modelo geométrico es paramétrico, si una dimensión se modifica, todas las otras dimensiones y entidades son correspondientemente actualizadas. A continuación, se procederá a editar la longitud del mango del raspador de hielo, para esto se seguirán dos procedimientos, el primero tendrá

como objetivo hacer más corto el mango y el segundo lo volverá a su tamaño original:

1) Procedimiento para acortar el mango del raspador de hielo a partir del modo dibujo (Drawing):

Command: **ammoddim**↵

Select dimension to change: *Se hará clic en la cota que indica la longitud del mango.*

Enter dimension value <101>: **76**↵

Select dimension to change: ↵

Command: **amupdate**↵

Enter an option [active Part/View/all parts] <active Part>:↵

Regenerating model.

Computing ...

Active part has been updated.

Regenerating layout.

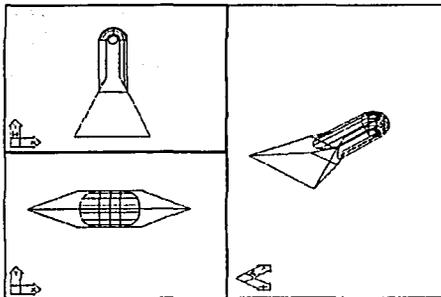
Regenerating model.

4 drawing views being updated.

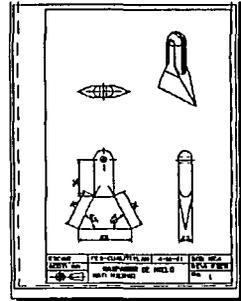
Regenerating layout.

Regenerating model.

El resultado se muestra en la figura 6.14. Cabe hacer notar que los cambios hechos en el modo dibujo también se reflejan en el modo modelo.



Modo modelo



Modo dibujo

Figura 6.14. Cambios que se presentan en los modos de dibujo y modelo al editar la pieza desde el modo dibujo.

2) Procedimiento para devolverle su tamaño original al mango a partir del modo parte (Part):

Command: **ammode** ↵

Restore mode [Drawing/Model] <Model>: ↵

Regenerating model.

Command: **ameditfeat** ↵

Enter an option [Independent array instance/Sketch/surfCut/Toolbody/select Feature]

<select Feature>: **s** ↵

Select sketched feature: *Se hará clic en cualquier punto del raspador de hielo.*

Command: **ammoddim** ↵

Select dimension to change: *Se hará clic en la cota que indica la longitud del mango del raspador de hielo.*

Enter dimension value <76>: **101** ↵

Solved fully constrained sketch.

Select dimension to change: ↵

Command: **amupdate**↵

Enter an option [active Part/aLI parts] <active Part>:↵

Computing ...

Active part has been updated.

Command: **ammode**↵

Restore mode [Drawing/Model] <Drawing>:↵

Regenerating layout.

Regenerating model.

4 drawing views being updated.

Regenerating layout.

El resultado de este procedimiento se muestra en la figura 6.15.

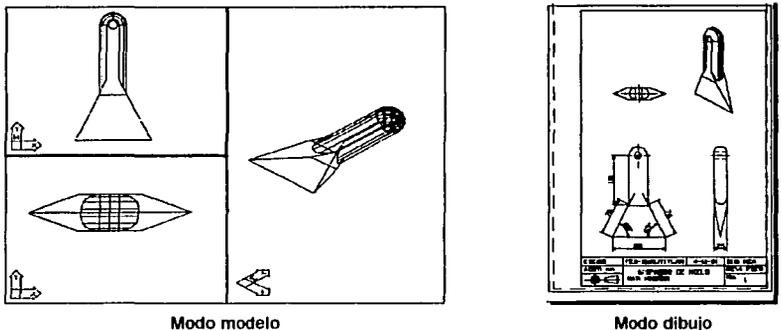


Figura 6.15. Cambios que se presentan en los modos dibujo y modelo al editar la pieza desde el modo modelo.

6.1.6. MOVIENDO DIMENSIONES

Las cotas paramétricas que se usaron para definir el modelo se ubican automáticamente en la vista apropiada cuando se crea un dibujo a partir del modelo. MD ubica estas dimensiones en el dibujo exactamente donde se ubicaron cuando se definió el perfil. Cuando se crean vistas múltiples de una parte, será necesario en algunos casos mover o cambiar de vista a estas dimensiones para prevenir un dibujo confuso. El comando de MD **ammovedim** puede usarse para mover o reubicar dimensiones en alguna otra vista. El comando **move** de AutoCAD no puede utilizarse para mover dimensiones. Para ilustrar el funcionamiento de éste comando se usará el procedimiento siguiente para mover de la vista frontal a la lateral derecha la cota que indica la longitud del mango del raspador de hielo:

Command: **ammovedim** ↵

Enter an option [Flip/Reattach/Move] <Move>: ↵

Select dimension: *Se hará clic en cualquier punto de la cota que indica la longitud del mango del raspador de hielo.*

Select view to place dimension: *Se hará clic en cualquier punto de la vista lateral derecha para posicionar la cota en esta vista.*

Location for dimension: *Se hará clic en un punto a la derecha de la vista lateral para terminar de ubicar la cota.*

Location for dimension: ↵

Select dimension: ↵

El resultado de este procedimiento se muestra en la figura 6.16.

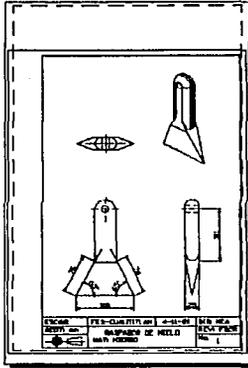


Figura 6.16. Cota movida utilizando el comando ammovedim.

Se procederá ahora a deshacer el cambio hecho al dibujo por medio del procedimiento siguiente:

Command: u↵

AMMOVEDIM

La cota volverá a su posición original en la vista frontal.

6.2. DIMENSIONAMIENTO DE AGUJEROS

Se utiliza el comando **amholenote** para hacer dimensionamientos de los agujeros para así especificar sus características. Las notas de agujero pueden ubicarse en cualquier vista. Cuando se selecciona un agujero para su anotación, MD listará toda la información relevante acerca del agujero, debido a que los agujeros se tratan como entidades más que simples entidades geométricas no relacionadas. Se usará el procedimiento siguiente para dimensionar el agujero del manto del raspador de hielo:

Command: **amholenote.**↵

Enter an option [Edit/New] <New>: ↵

Select hole feature: *Se hará clic en un punto del agujero que está ubicado en el extremo final del mango del raspador de hielo. A continuación aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.17. Se llenará el cuadro con los valores que se muestran y se hará clic en OK.*

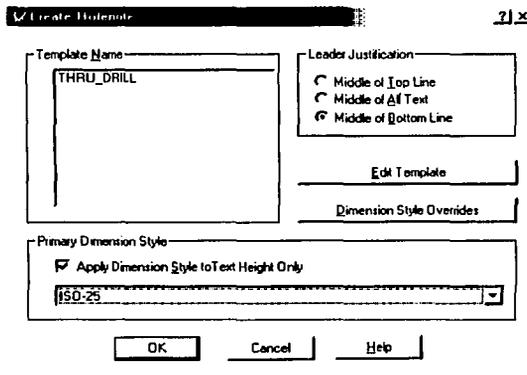


Figura 6.17. Cuadro de diálogo nota de agujero (armhole note).

Presentandose el diálogo siguiente:

Specify location for hole note: *Se hará clic en un punto arriba a la derecha del raspador de hielo.*

Specify location for hole note: ↵

Select hole feature: ↵

En la figura 6.18 se muestra el resultado de este procedimiento.

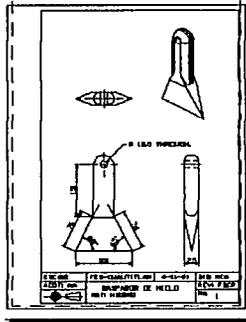


Figura 6.18. Nota de agujero insertada.

Debido a que este tipo de anotación no está permitido dentro de las normas de dibujo que aparecen en el apéndice A se eliminará esta nota y se procederá a acotar el agujero con una cota de referencia usándose el procedimiento siguiente:

Command: **u** ↵

AMHOLENOTE

El comando siguiente se encargará de eliminar el símbolo de radio y diámetro que MD coloca por defecto en las cotas de radio y diámetro respectivamente.

Command: **dimpost** ↵

El valor que se escribirá a continuación será un espacio en blanco y los símbolos <>.

Enter new value for DIMPOST, or . for none <" ">: **<>** ↵

Command: **amrefdim** ↵

Select first object: *Se hará clic en un punto en el agujero que se encuentra en el mango del raspador de hielo.*

Select second object or place dimension: ↵

Specify placement point or [Undo/Radius/Ord/reF/Basic]: *Se hará un clic en un punto arriba a la derecha del raspador de hielo.*

Select first object: ↵

El resultado se muestra en la figura 6.19.

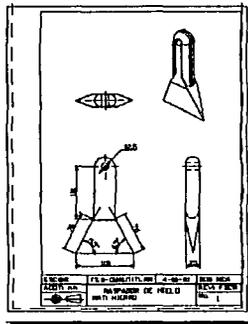


Figura 6.19. Acotación del agujero siguiendo normas establecidas.

6.3. UTILIZACIÓN DE LAS ENTIDADES AUTOMÁTICAS PARA LA CREACIÓN DE VISTAS EN CORTE

El programa MD creará automáticamente vistas en corte utilizando ya sea un plano de trabajo o un punto en una parte para definir el plano de corte. Los puntos son restringidos tanto a centros de círculos o arcos, o puntos finales de aristas. Debido a que los planos de trabajo no serán estudiados hasta el capítulo siguiente, se utilizará el centro del agujero que se hizo en el mango del raspador de hielo para definir el plano de corte.

Antes de proceder con la creación de la vista en corte es necesario configurar MD para que utilice una norma que se ajuste a las normas establecidas en el Apéndice A. Se utilizará el procedimiento siguiente para hacer la configuración:

- 1) Se elegirá la opción opciones de anotación (Annotation options) que se

encuentra dentro del menú anotación (Annotate)

- 2) En cuadro de diálogo que aparece se hará clic en el botón estándares de trazado (Drafting Standards). A continuación aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.20. Se llenará el cuadro con los valores mostrados y se hará clic en aplicar y cerrar (Apply & Close).

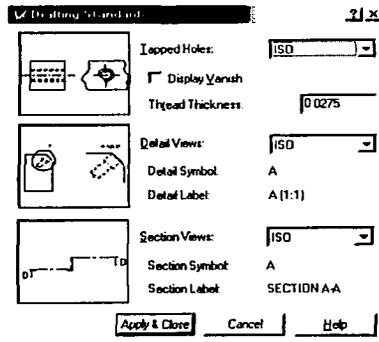


Figura 6.20. Cuadro de diálogo estándares de trazado(Drafting Standards).

- 3) Se hará clic en OK.

Una vez configurado MD se procederá a crear la vista en corte utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **amdelview**↵

Select view to delete: *Se hará clic en la vista lateral derecha.*

Command: **amdwgview**↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que aparece en la figura 6.21. Se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en el botón patrón de rayado (Pattern). Esto hará aparecer el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.22. Una vez terminado de

llenar se hará clic en OK. Esto hará que se cierre este cuadro de diálogo y que vuelva a aparecer el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.21. Se hará clic en el botón OK de este cuadro de diálogo.

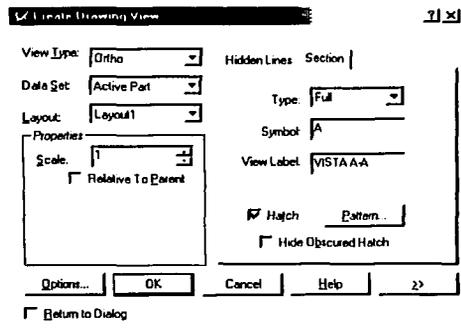


Figura 6.21. Cuadro de diálogo crear vista configurado para crear una vista en corte.

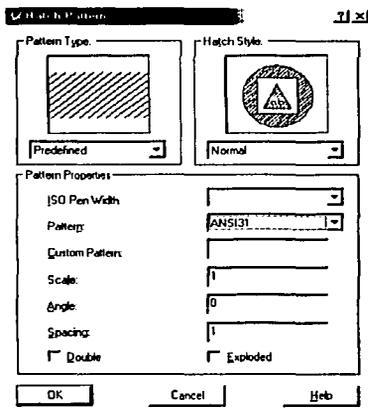


Figura 6.22. Cuadro de diálogo patrón de Rayado.

MD presentará el diálogo siguiente:

Select parent view: *Se hará clic en la vista principal (la vista frontal)*

Specify location for orthogonal view: *Se hará clic en un punto a la derecha de la vista principal.*

Specify location for orthogonal view: ↵

Enter section through type [Point/Work plane] <Work plane>: p↵

Specify point in parent view for depth of section: *Se hará clic en un punto del contorno del agujero del raspador.*

El resultado se muestra en la figura 6.23.

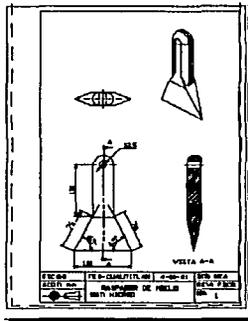


Figura 6.23. Vista en corte creada.

6.4. CREACIÓN DE VISTAS AUXILIARES

Las vistas auxiliares se requieren cuando la parte que se está creando tiene planos o superficies que no son paralelos o normales a las principales vistas ortográficas. Por consiguiente, el tamaño verdadero de estas superficies será distorsionado en alguna de las vistas ortográficas. Es posible mostrar el tamaño verdadero de una cara dada haciendo clic en una arista del contorno de la cara en la vista origen (parent view). MD creará una vista auxiliar perpendicular a tal lado. Los atributos y la escala de la vista auxiliar estarán determinados por los de la vista origen.

Para ilustrar la creación de una vista auxiliar se utilizará el procedimiento siguiente:

Command: u..j

AMDWGVIEW Regenerating layout.

Regenerating model.

La vista en corte desaparece.

Command: `amdwgview..J`

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.24. Se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

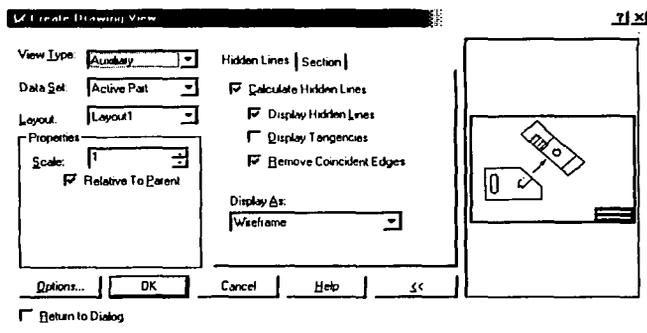


Figura 6.24. Cuadro de diálogo crear vista configurado para crear la vista auxiliar.

MD presentará el diálogo siguiente:

Select first point for projection direction or [Workplane]: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 6.25.*

Select second point or <ENTER> to use the selected edge: *Se hará clic en el punto 2.*

Specify location for view: *Se hará clic en el punto 3.*

Specify location for view: J

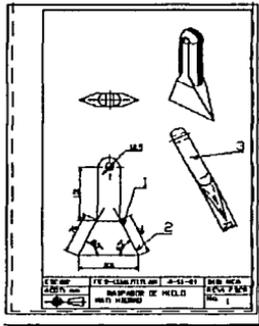


Figura 6.25. Puntos de selección para la creación de la vista auxiliar.

6.5. CREACIÓN DE VISTAS DE DETALLE

Si se necesitara mostrar los detalles de una parte, MD creará una vista de detalle. Estas vistas pueden ser escaladas de diferente manera a la vista origen y pueden utilizarse para mostrar detalles y dimensiones de ciertas entidades en la parte. La orientación de la vista de detalle es la misma que en la vista origen. A modo de ilustración se creará una vista de detalle del agujero del raspador de hielo mediante el procedimiento siguiente:

Command: **u** ↵

AMDWGVIEW Regenerating layout.

Regenerating model.

La vista auxiliar desaparece.

Command: **amdwview** ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 6.26, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

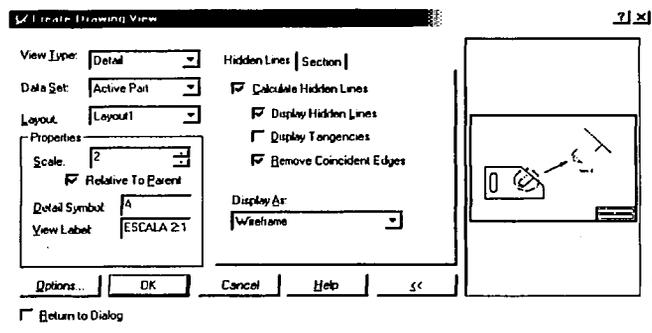


Figura 6.26. Cuadro de diálogo crear vista configurado para detalle.

Presentándose el diálogo siguiente:

Select vertex in parent view for detail center: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 6.27.*

Drag rectangle around detail: *Se hará clic en el punto 2.*

Specify other corner: *Se hará clic en el punto 3.*

Specify location for detail view: *Se hará clic en el punto 4.*

Specify location for detail view: ↵

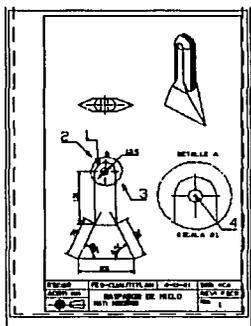


Figura 6.27. Puntos de selección para la creación de detalle.

El círculo que encierra al detalle amplificado fue creado con el comando círculo (**circle**) y cambiándole el tipo línea de continua a línea de centros. El texto "DETALLE A" fue creado con el comando texto dinámico (**dtext**) ya que MD crea la vista de detalle sin las entidades que se acaban de mencionar y que se requieren según normas establecidas.

CAPITULO 7

CONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL AVANZADA

Este capítulo ilustra como utilizar MD para el modelado de una pieza compleja. Se creará el modelo tridimensional de un extractor de remaches para cadena mostrado en la figura 7.1. Se utilizarán y manipularán planos de trabajo (work planes), ejes de trabajo (work axes), y planos de bosquejo (sketch planes). Así mismo, se utilizará la revolución de un perfil sobre un eje para redondear las esquinas del extractor, también se utilizarán las operaciones booleanas de extrusión, y se añadirán perfiles extras para la creación de piezas complejas.

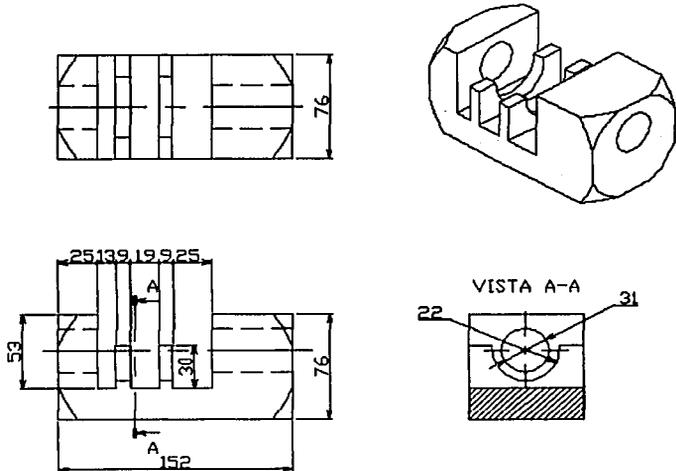


Figura 7.1. Extractor de remaches para cadena.

Como el raspador de hielo que se hizo en capítulos anteriores, este modelo partirá de un perfil bidimensional. Se agregarán cotas paramétricas y se extruirá el perfil base del extractor. Se definirán planos de trabajo para asistir en la creación de la geometría de la pieza.

7.1. CREACIÓN DEL BOSQUEJO BASE Y EL PERFIL DEL EXTRACTOR DE REMACHES PARA CADENA.

Se creará el bosquejo y el perfil del extractor utilizando el procedimiento siguiente:

- 1) Se creará un dibujo nuevo seleccionando la opción nuevo (New) del menú archivo (File).
- 2) Se repetirán los pasos 2 y 3 del procedimiento del capítulo 2 para la creación de un archivo nuevo.
- 3) Se escribirá el comando **pline** y se presionará ENTER
- 4) Se hará clic en los puntos del 1 al 16 que se muestran en la figura 7.2, una vez que se dio el clic en el punto 16 se escribirá **el** en la línea de comando y se presionará ENTER.

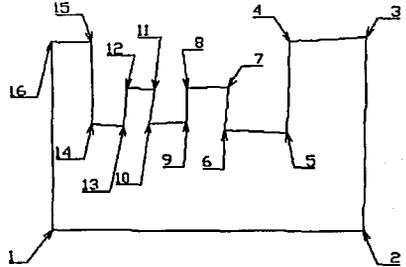


Figura 7.2 Bosquejo del extractor de remache de cadena.

Una vez terminado el bosquejo se procederá a convertirlo en un perfil, utilizándose el procedimiento siguiente:

Command: **amprofile**↵

Select objects for sketch: **L**↵

1 found

Select objects for sketch: ↵

Computing ...

Computing ...

Solved under constrained sketch requiring 13 dimensions or constraints.

Computing ...

Command: **amshowcon**..

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>: **all**..

El perfil se verá como se muestra en la figura 7.3.

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>:..

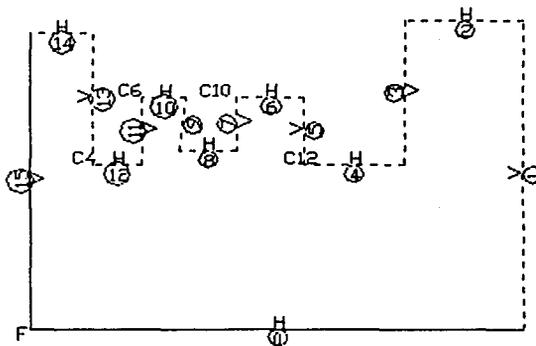


Figura 7.3. Perfil refinado con restricciones visualizadas.

A continuación, se agregarán más restricciones al bosquejo utilizándose el procedimiento siguiente:

Command: **amaddcon**..

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PROj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>: CL.↵

Valid selections: line or spline segment

Select object to be reoriented: *Se hará clic en la línea 8 de la figura 7.3.*

Valid selections: line or spline segment

Select object to be made colinear to: *Se hará clic en la línea 4.*

Solved under constrained sketch requiring 12 dimensions or constraints.

Valid selections: line or spline segment

Select object to be reoriented: *Se hará clic en la línea 14.*

Valid selections: line or spline segment

Select object to be made colinear to: *Se hará clic en la línea 2.*

Solved under constrained sketch requiring 11 dimensions or constraints.

Valid selections: line 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>: VER.↵

Valid selections: line, ellipse or spline segment

Select object to be reoriented: *Se hará clic en la línea 9.*

Solved under constrained sketch requiring 10 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>:↵

Command: **amshowcon**↵

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>: **all**↵

El perfil se verá como se muestra en la figura 7.4.

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>:↵

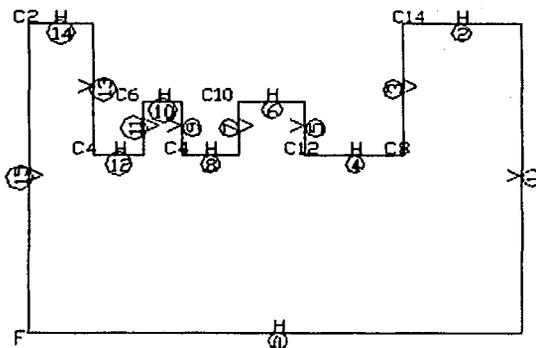


Figura 7.4. Perfil con restricciones agregadas.

A continuación, se dimensionará el perfil creado, como se muestra en la figura 7.5, utilizando el comando **ampardim**.

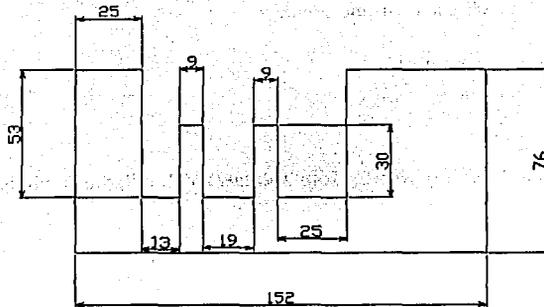


Figura 7.5. Perfil del extractor completamente definido.

7.2. EXTRUSIÓN DEL PERFIL DEL EXTRACTOR

Se procederá a extruir el perfil del extractor utilizando el procedimiento siguiente:

- 1) Se escribirá en la línea de comando **amextrude** y se presionará ENTER.
- 2) Cuando aparezca el cuadro de diálogo de extrusión se especificará que la terminación sea ciega (blind) y la altura de extrusión sea de 76 unidades.
- 3) Se escribirá **2** en la línea de comando y se presionará ENTER.

En la figura 7.6 se muestra el resultado de este procedimiento.

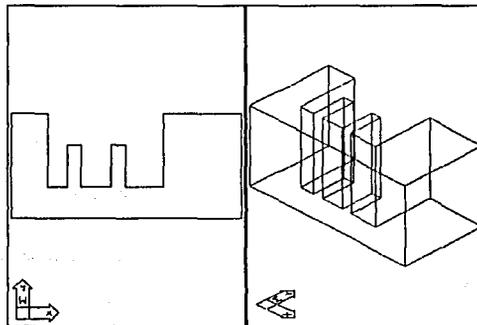


Figura 7.6. Perfil de extractor extruido.

7.3. CREACIÓN DE UN PLANO DE BOSQUEJO

Un plano de bosquejo (sketch plane) es un plano que se utilizará para la creación de bosquejos y trayectorias. Se puede ubicar un plano de bosquejo en una cara plana o en un plano de trabajo. El plano de bosquejo actual es el plano en la cara frontal de la parte (donde se creó el bosquejo original). El comando de MD **amskpln** se utiliza para mover el plano de bosquejo o definir sus coordenadas X y Y. Antes de crear el barreno que atravesará la pieza se procederá a ubicar el plano de bosquejo en la cara en la cual se hará el barreno. En este caso se ubicará el plano de bosquejo en la vista lateral derecha.

A continuación se muestra el procedimiento que se utilizará para crear un nuevo plano de bosquejo en la parte:

Command: amskpln↵

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 7.7.*

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

Computing ...

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:*Se hará clic en el punto 2.*

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:↵

Command: **9**↵

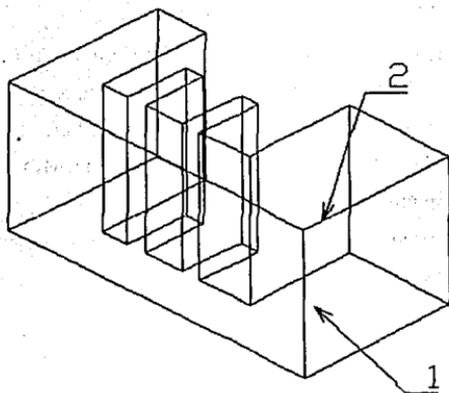


Figura 7.7. Puntos de selección para la creación del plano de bosquejo.

En la figura 7.8 se muestra el resultado de este procedimiento.

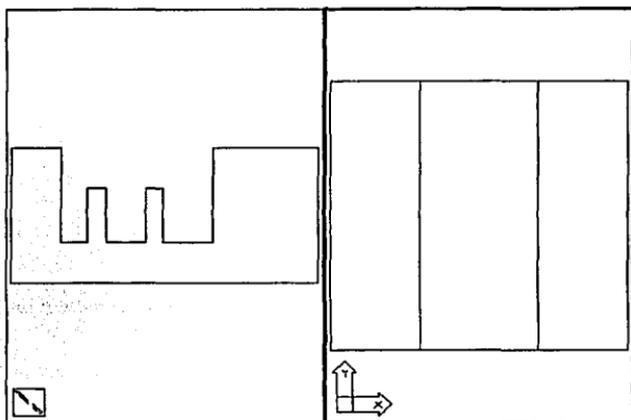


Figura 7.8. Extractor visualizado desde la vista frontal y la vista del plano de bosquejo (Vista lateral derecha).

A continuación se procederá a crear el agujero que atraviesa al extractor, empleando el procedimiento siguiente:

Command: amhole.┘

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 7.9, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

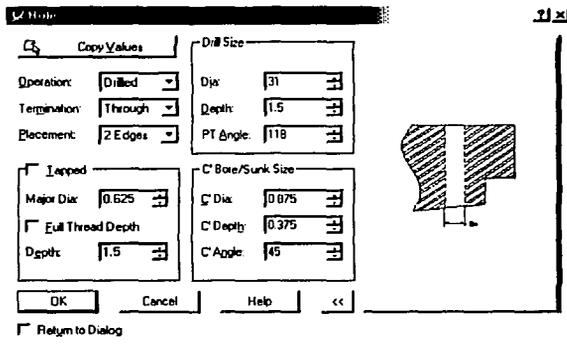


Figura 7.9. Cuadro de diálogo hacer agujero (amhole).

Se presentará el diálogo siguiente:

Select first edge: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 7.10.*

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

Select second edge: *Se hará clic en el punto 2.*

Computing ...

Specify hole location: *Se hará clic en el punto 3.*

Enter distance from first edge (highlighted) <40.8665>: 50┘

Enter distance from second edge (highlighted) <41.008>: 38┘

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Select first edge: ↵

El resultado de este procedimiento se muestra en la figura 7.11.

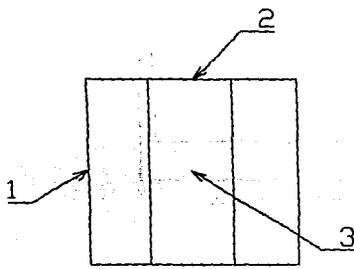


Figura 7.10. Puntos de selección para la creación del agujero.

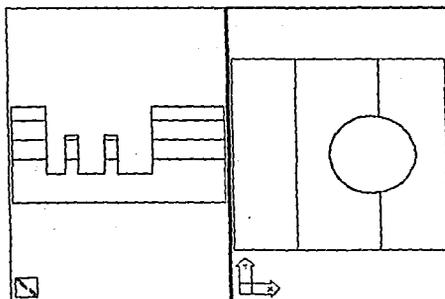


Figura 7.11. Resultado de crear un agujero con amhole.

Se requiere que los agujeros de las paletas centrales del extractor tengan un diámetro mayor que el del agujero que lo atraviesa (31 mm). Mostrándose a continuación el procedimiento para la creación de estos agujeros:

Command: 8 ↵

*** Switching to the WCS ***

*** Returning to the UCS ***

Command: amhole ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 7.12, se llenará con los valores que se

muestran y se hará clic en OK.

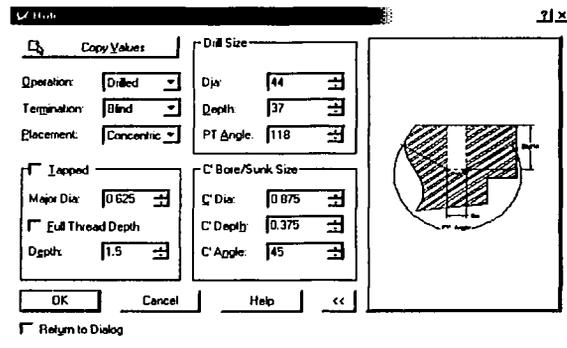


Figura 7.12. Cuadro de diálogo hacer agujero.

Presentándose el diálogo siguiente:

Select work plane or planar face [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: Se hará clic en el punto 1 de la figura 7.13.

Select concentric edge: Se volverá a hacer clic en punto 1.

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Select work plane or planar face [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: ↵

El resultado se muestra en la figura 7.14.

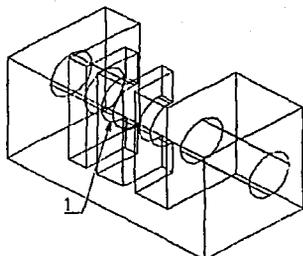


Figura 7.13. Ubicación del agujero concéntrico.

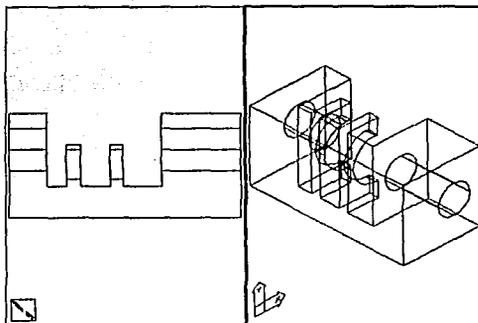


Figura 7.14. Resultado del comando amhole.

7.4. ENTIDADES DE TRABAJO: PLANOS, PUNTOS Y EJES

Mientras existan superficies planas en una parte es posible colocar planos de bosquejo para la creación de anexos tridimensionales. Sin embargo, en muchas ocasiones será necesario crear partes con entidades curvas o se necesitará fijar el plano de trabajo en algún lugar dentro de la parte. Para estos casos, se necesitarán usar las entidades de trabajo de MD: planos de trabajo (work planes), ejes de trabajo (work axes), o puntos de trabajo (work points). Así, las entidades de trabajo son puntos, ejes, planos que pueden ubicarse y fijarse paramétricamente al modelo; por lo tanto son entidades de construcción que auxilian en el desarrollo del modelo paramétrico. Debido a que las entidades de trabajo no son una entidad sólida en la parte, éstas no aparecen en las vistas, y no interfieren con las propiedades de masa de la parte y se tiene la posibilidad de visualizar u ocultar estas entidades.

Los puntos de trabajo son puntos paramétricos que pueden fijarse a una superficie. Estos asisten en la ubicación de agujeros o entidades circulares. Los puntos de trabajo no aparecen en el dibujo del modelo, pero son útiles cuando se necesita un "ancla" para ubicar el agujero. Debido a que los puntos de trabajo son paramétricos, pueden ubicarse mediante cotas paramétricas relativas a entidades de la parte de manera similar a como se definen los perfiles. Los puntos de trabajo se visualizan como tres pequeños ejes

ortogonales en el modelo, los cuales no aparecen a la hora de crear las vistas de la parte.

Los ejes de trabajo son líneas de centro paramétricas las cuales pueden ubicarse a lo largo de las líneas de centro de superficies curvas en el modelo. Se pueden utilizar para ubicar planos de trabajo y ubicar nuevas entidades de bosquejo. Los ejes de trabajo se visualizan como líneas con el tipo de línea de centros (center). Es posible ocultarlos utilizando la opción visibilidad de parte (part visibility) que se encuentra en el menú parte (Part). Los ejes de trabajo son útiles cuando se construyen entidades que necesitan ubicarse a alguna distancia o ángulo a partir de una superficie curva. Debido a que los planos de trabajo son paramétricos, estos se mueven cuando la superficie curva es editada o movida.

Los planos de trabajo se definen como “planos infinitos ubicados en el espacio modelo de AutoCAD y asociados con la parte que estaba activa al momento de su creación. Los planos de trabajo son similares a los planos de bosquejo pero sirven a un rol diferente en el proceso de modelado. Los planos de trabajo se utilizan como auxiliares de construcción y para definir la ubicación para un plano de bosquejo. También se utilizan cuando no es posible fijar un plano de bosquejo a una superficie plana. A diferencia de los planos de bosquejo, los planos de trabajo no tienen ejes coordenados. Es posible crear un número ilimitado de planos de trabajo asociados con la parte activa, pero solo es posible tener un plano de bosquejo activo a la vez. Se pueden utilizar las aristas, los planos, y los vértices de una parte activa para definir los planos de trabajo. Los planos de trabajo se visualizan como rectángulos planos que se ubican en la cara o plano en el que se va a trabajar.

Se pueden utilizar los planos de trabajo para los siguientes propósitos:

- Como un plano de bosquejo para hacer los bosquejos de nuevas entidades.
- Para identificar planos de corte para la creación de vistas en corte en los dibujos.
- Para crear una posición intermedia sobre la cual se pueden crear nuevos planos de trabajo.

- Para bosquejar nuevas entidades con dimensiones ubicadas a partir de alguna arista del plano de trabajo.
- Como un marco en un bosquejo para un nuevo perfil o trayectoria.

Existen dos tipos de planos de trabajo: **paramétricos** y **no paramétricos**. Los planos de trabajo paramétricos están asociados con alguna arista, superficie u otra entidad. El plano de trabajo se mueve y cambia con la parte. Los planos de trabajo no paramétricos permanecen constantes con una ubicación fija con respecto a la parte, debido a que no tiene ningún tipo de relación geométrica con la parte. MD permite ubicar los planos de trabajo utilizando 12 combinaciones diferentes de restricciones.

7.4.1. CREACIÓN DE PLANOS DE TRABAJO

Para crear un plano de trabajo se deben considerar distintas restricciones como se muestra en la figura 7.15.

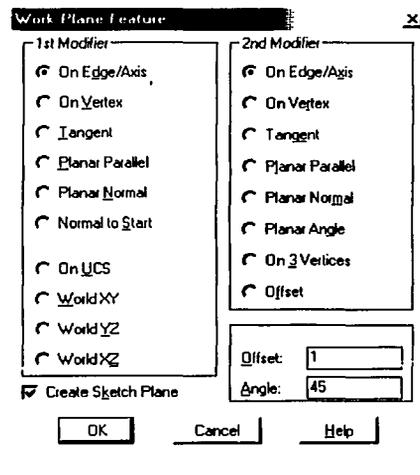


Figura 7.15. Cuadro de diálogo crear plano de trabajo mostrando todas las opciones de restricción.

A continuación se explica cada una de ellas:

7.4.1.1. RESTRICCIÓN EN ARISTA O EJE Y EN ARISTA O EJE

En este tipo de restricción se requiere cualquiera de las combinaciones siguientes:

- 1) 2 ejes de trabajo previamente creados (ver figura 7.16).
- 2) 2 aristas de la parte activa.
- 3) 1 arista y un eje de trabajo previamente creado.

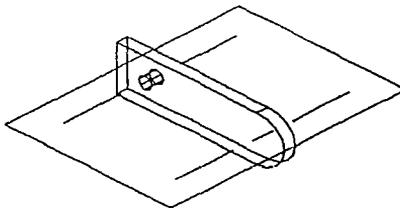


Figura 7.16. Plano de trabajo restringido a 2 ejes de trabajo (On Edge/Axis & On Edge/Axis).

7.4.1.2. RESTRICCIÓN EN ARISTA O EJE Y EN VÉRTICE

En este tipo de restricción se debe seleccionar una arista o eje y un vértice de la parte activa (ver figura 7.17).

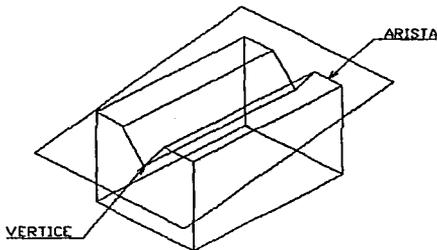


Figura 7.17. Plano de trabajo restringido por una arista y un vértice (On Edge/Axis & Vertex).

7.4.1.3. RESTRICCIÓN EN EJE O ARISTA Y TANGENTE

En este caso se debe seleccionar un eje de trabajo (previamente creado) o arista y una superficie curva (ver figura 7.18). Cabe hacer notar que MD considera a las superficies curvas como si fueran circunferencias cerradas y ubica el plano de tangencia a

la distancia más corta que haya entre el punto de tangencia y la arista o eje de trabajo, por lo que se debe tener cuidado en este aspecto al definir el plano de trabajo con este tipo de restricción.

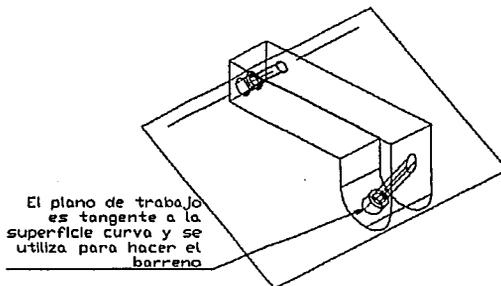


Figura 7.18. Plano de trabajo fijo a un eje y tangente a una superficie curva (On Edge/Axis & Tangent).

7.4.1.4. RESTRICCIÓN ARISTA O EJE Y PARALELO A PLANO

En este tipo de restricción se requiere un eje de trabajo o una arista y la selección de plano al cual se quiere que el plano de trabajo sea paralelo (ver figura 7.19).

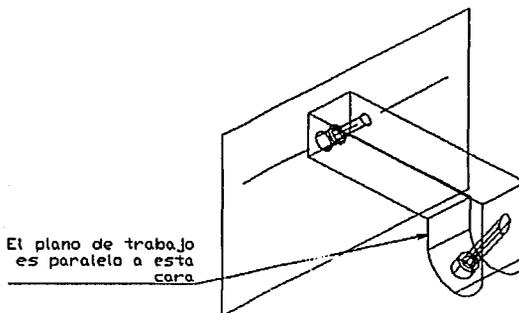


Figura 7.19. Plano de trabajo restringido por un eje y paralelo a un plano (On Edge/Axis & Planar Parallel).

7.4.1.5. RESTRICCIÓN EN ARISTA O EJE Y NORMAL A PLANO

Al igual que en el caso anterior es necesario seleccionar una arista o eje de trabajo,

pero en este caso se seleccionará una cara a la cual se desea que el plano de trabajo sea normal (ver figura 7.20).

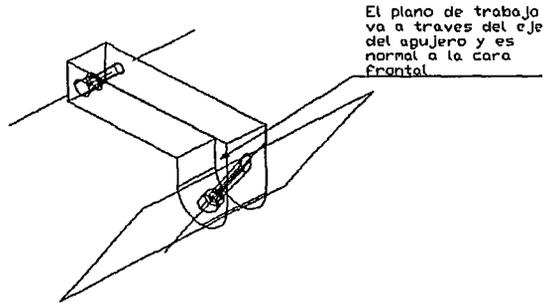


Figura 7.20. Plano restringido a un eje y normal a un plano (On Edge/Axis & Planar Normal).

7.4.1.6. RESTRICCIÓN EN ARISTA O EJE Y CON ÁNGULO DE INCLINACIÓN

En este caso se especifica el ángulo de inclinación, seleccionándose una arista o un eje de trabajo y la cara con respecto a la cual se va a medir el ángulo (ver figura 7.21).

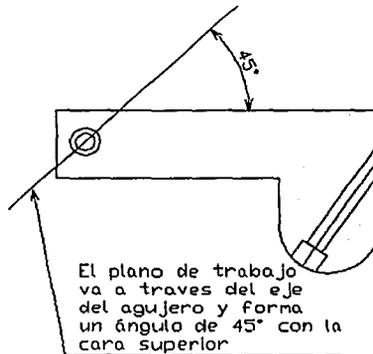


Figura 7.21. Plano restringido a un eje y con una inclinación respecto a un plano (On Edge/Axis & Planar Angle).

7.4.1.7. RESTRICCIÓN EN VÉRTICE Y PARALELO A PLANO

Las entidades a seleccionar en este tipo de restricción son un vértice y una cara plana de la parte activa (ver figura 7.22).

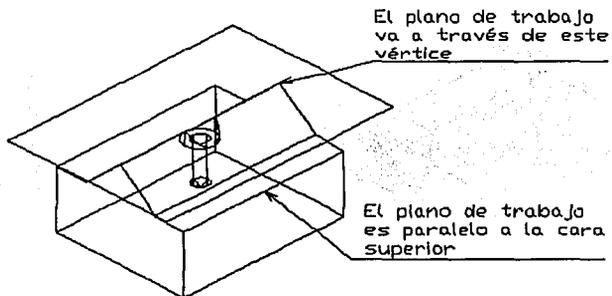


Figura 7.22. Plano de trabajo restringido a un eje y paralelo a un plano (On Vertex & Planar Parallel).

7.4.1.8. RESTRICCIÓN EN VÉRTICE Y EN 3 VÉRTICES

Para la aplicación de este tipo de restricción es necesario seleccionar 3 vértices de la parte activa para fijar el plano de trabajo (ver figura 7.23).

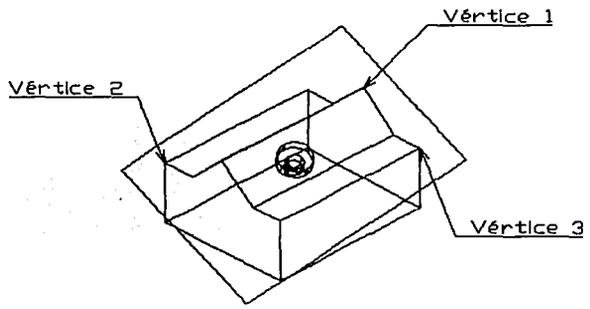


Figura 7.23. Plano de trabajo restringido con respecto a 3 vértices (On Vertex & 3 Vertices).

7.4.1.9. RESTRICCIÓN TANGENTE Y PARALELO A PLANO

Este tipo de restricción del plano de trabajo es útil para la ubicación de entidades

tales como un agujero en una superficie curva. Debido al método que MD utiliza para definir las entidades curvas, no es posible ubicar una entidad en una superficie curva a menos que se especifique primero un plano de trabajo (ver figura 7.24).

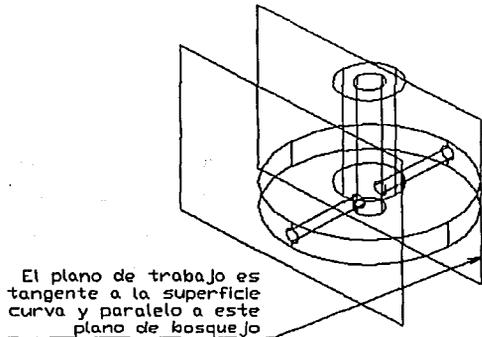


Figura 7.24. Plano de trabajo tangente a una superficie curva y paralelo a un plano (Tangent & Planar Parallel).

7.4.1.10. RESTRICCIÓN TANGENTE Y NORMAL A PLANO

Al igual que en el caso anterior es necesario seleccionar una superficie curva, pero en este caso se seleccionará el plano con respecto al cual el plano de trabajo será normal (ver figura 7.25).

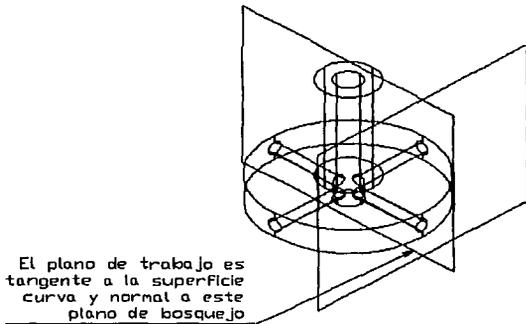


Figura 7.25. Plano de trabajo tangente a superficie curva y normal a plano (Tangent & Planar Normal).

7.4.2. CREACIÓN DE UN PLANO DE TRABAJO EN EL CENTRO DE LA PARTE

El paso siguiente en la construcción del extractor de remaches para cadena es la operación de redondeo de las esquinas en cada extremo de la parte. La manera más sencilla de hacer esta operación es construir un arco que pase a través del centro de la parte. Este arco formará la plantilla que hará la operación de corte con revolución eliminando las esquinas.

Debido a que un plano de trabajo solo puede fijarse a una superficie plana, no es posible ubicar directamente el plano de bosquejo a través del centro del extractor. Primero se debe definir un plano de trabajo paramétrico a través del centro de la parte, y posteriormente se fijará un plano de bosquejo a este plano de trabajo. La manera más simple de construir este nuevo plano de bosquejo es ubicarlo a lo largo de la línea de centro del agujero de 31 mm del extractor. Para hacer esto se definirá primero un eje de trabajo que pase por el centro del agujero. Se utilizará el procedimiento siguiente para la construcción de un eje de trabajo y posteriormente el plano de trabajo.

Command: **amworkaxis**.

Select cylinder, cone, torus or [Sketch]: *Se hará clic en el agujero del extractor.*

Computing ...

Command: **amworkpln**.

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 7.26, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

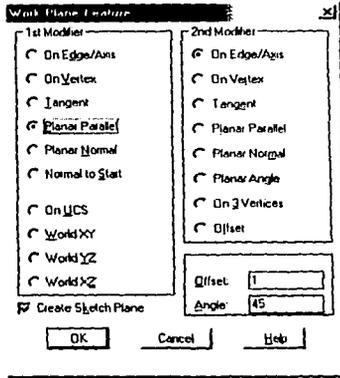


Figura 7.26. Cuadro de diálogo crear plano de trabajo.

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 7.27.*

Enter an option [Next/Accept] <Accept>:..J

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]: *Se hará clic en el eje de trabajo del extractor.*

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>: *Se hará clic en el punto 2.*

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:↵

En la figura 7.28 se muestra el resultado de este procedimiento.

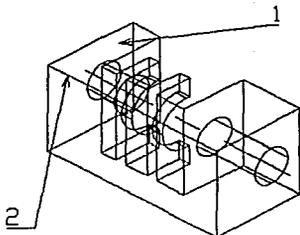


Figura 7.27. Puntos de selección para crear plano de trabajo.

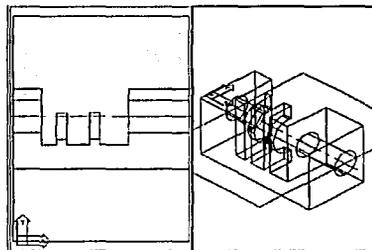


Figura 7.28. Plano de trabajo creado en medio del extractor.

7.4.3. CREACIÓN DE UN PLANO DE BOSQUEJO EN UN PLANO DE TRABAJO

A continuación se procederá a crear el plano de bosquejo a partir del plano de trabajo creado anteriormente. Se utilizará el procedimiento siguiente:

Command: 1↵

Command: amskpln↵

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 7.29.*

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>: *Se hará clic en el punto 2.*

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:↵

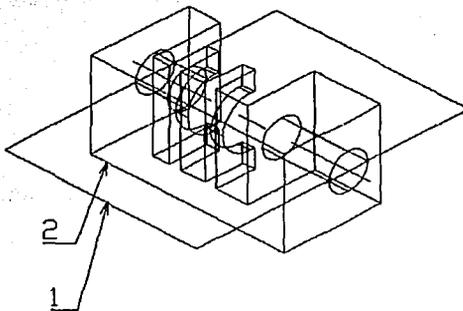


Figura 7.29. Puntos de selección para la creación de un plano de bosquejo.

7.5. CREACIÓN DE UN PERFIL CURVO EN EL PLANO DE TRABAJO

Una vez definido el plano de bosquejo se procederá a la creación del bosquejo que servirá para redondear las esquinas del extractor. Se utilizará el procedimiento siguiente:

Command: 9↵

Command: pline↵

Specify start point: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 7.30.*

Current line-width is 0.0000

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: *Se hará clic en el punto 2.*

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: a↵

Specify endpoint of arc or

[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: s↵

Specify second point on arc: *Se hará clic en el punto 3.*

Specify end point of arc: *Se prestará F3 para activar el modo Osnap y se hará clic en el punto 1.*

<Osnap on>

Specify endpoint of arc or

[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: ↵

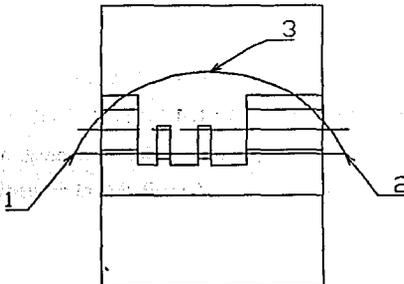


Figura 7.30. Bosquejo del redondeador de esquinas.

A continuación se procederá a refinar el bosquejo y posteriormente se acotará para poderlo definir completamente:

Command: **amprofile**.↵

Select objects for sketch: L.↵

1 found

Select objects for sketch: ↵

Solved under constrained sketch requiring 4 dimensions or constraints.

Computing ...

Command: **ampardim**↵

Select first object: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 7.31.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto 2.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en el punto 3.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<43.7486>: **44**↵

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el punto 4*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto 5.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<185.2389>: **190**↵

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el punto 6.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto 7.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en el punto 8.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<44.6496>: **38**↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el punto 9*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto 10.*

Enter dimension value or [Undo/Diameter/Ordinate/Placement point] <99.6854>: 97.┘

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ┘

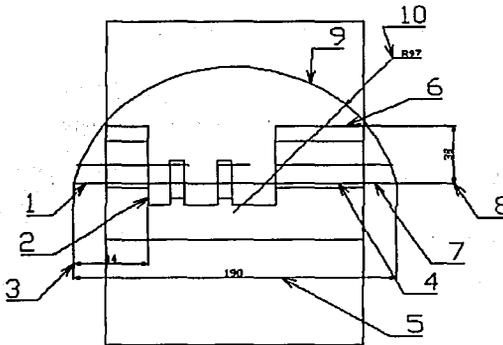


Figura 7.31. Puntos de selección para acotar el perfil refinado.

7.6. REVOLUCIÓN DEL PERFIL PARA LA CREACIÓN DE LAS ESQUINAS REDONDEADAS DEL EXTRACTOR

El comando **amrevolve** se utiliza para crear un sólido a partir de la revolución de un perfil y al igual que el comando **amextrude** consta de varias opciones; las cuales se explican a continuación:

- Por ángulo (By angle): Gira el perfil un ángulo específico agregando material.
- Plano medio (Mid Plane): Gira el perfil igualmente en ambas direcciones, teniendo un ángulo determinado.
- A plano (To Plane/Face): Define una cara plana o un plano de trabajo como plano final para el giro.

- Desde-hasta (From-To): Define dos planos para definir el inicio y el fin del giro.

El comando **amrevolve** presenta las opciones siguientes:

- Base (Base): Agrega material, creando la primera entidad de una parte.
- Corte (Cut): Selecciona el tipo de corte para remover material de la parte activa.
- Union (Join): Adiciona material a la parte activa
- Intersección (Intersect): Crea una nueva entidad a partir del volumen compartido de la parte existente con la revolución de un perfil.
- Dividir (Split): Crea una nueva entidad (una parte nueva) a partir del volumen compartido de la parte existente con la revolución de un perfil. Esta opción *no elimina el resto de la parte.*

Ángulo (Angle): Este es el ángulo de revolución que se especifica cuando la opción terminación es por ángulo(By Angle).

El perfil semicircular que se creó con el procedimiento anterior utilizándose como un cortador para redondear el extractor de remaches para cadena. El eje de revolución de este perfil será la línea horizontal de este perfil semicircular el cual se ubica en el centro de la parte. Se utilizará el procedimiento siguiente crear la revolución del perfil:

Command: **amrevolve.**↓

Select revolution axis: *Se hará clic en el punto 4 de la figura 7.31.*

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 7.32 y se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

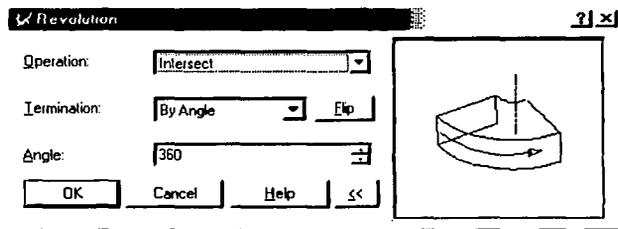
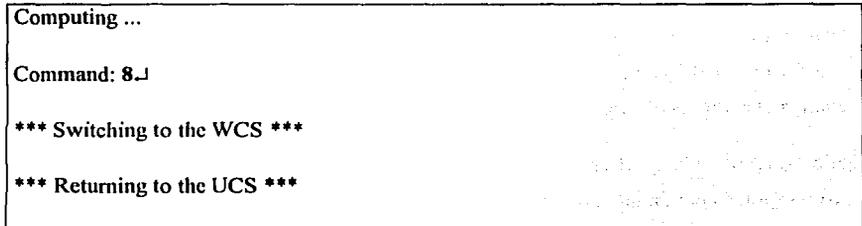


Figura 7.32. Cuadro de diálogo de revolución (amrevolve).

MD presentará el diálogo siguiente:



El resultado se muestra en la figura 7.33.

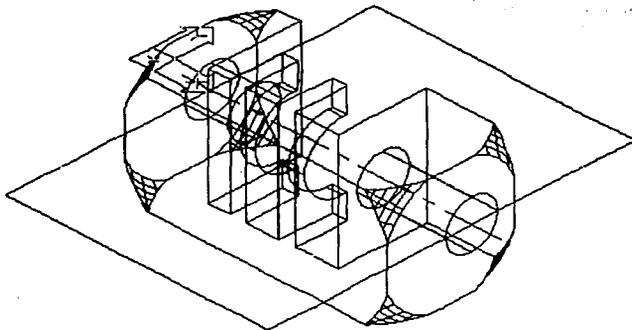


Figura 7.33. Extractor con esquinas redondeadas.

Se procederá a ocultar el plano y el eje de trabajo utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **amvisible.**

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 7.34, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

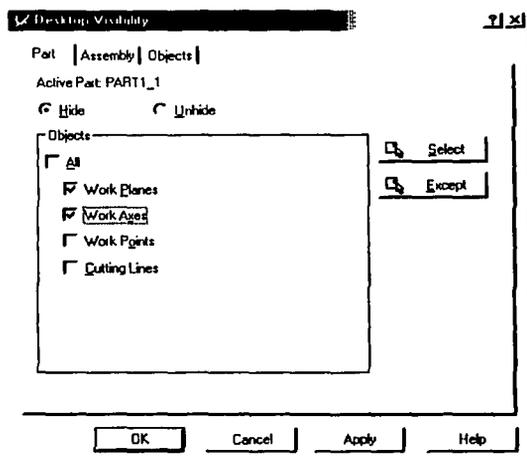


Figura 7.34. Cuadro de diálogo de visibilidad.

Se utilizará el procedimiento siguiente para rotar el extractor para que quede en la posición que se muestra en la figura 7.1:

Command: **rotate3d.**

Initializing...

Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0

Select objects: L↵

1 found

Select objects: ↵

Specify first point on axis or define axis by

[Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: x↵

Specify a point on the X axis <0,0,0>:↵

Specify rotation angle or [Reference]: 90↵

El resultado de este procedimiento se muestra en la figura 7.35.

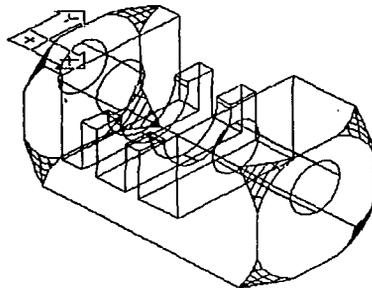


Figura 7.35. Extractor de remaches para cadena terminado.

CAPÍTULO 8

ENSAMBLES Y ECUACIONES PARÁMETRICAS

En este capítulo se ilustrará como usar las entidades de MD para el barrido tridimensional para crear el perno en U que se muestra en la figura 8.1. Un modelo de barrido se crea cuando se extruye un perfil bidimensional a lo largo de una trayectoria tridimensional.

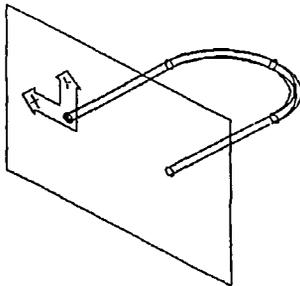


Figura 8.1. Perno en U.

En este capítulo también se ilustrará el concepto de parámetros globales (global parameters) y parámetros locales, las cuales son variables que pueden usarse en ecuaciones matemáticas para definir la geometría y crear relaciones geométricas entre diversos elementos. Hasta ahora se ha definido la geometría de los modelos de MD con simples valores numéricos que representan tamaños, formas, etc. En un problema de diseño en ingeniería se requerirán relaciones matemáticas entre varios elementos geométricos del modelo. Por ejemplo si se diseña un ensamble de cojinete y árbol, el diámetro del eje deberá ser menor que el diámetro del agujero en el cojinete en una cantidad específica. El programa MD tiene la capacidad de definir la geometría en términos de relaciones matemáticas, tales como $\text{shaftdiam} = \text{holediam} - \text{holgura}$, donde **holgura** es la distancia o claro que existe entre el agujero y el árbol. Los parámetros globales son de gran importancia cuando se crean modelos de ensambles. Utilizando

parámetros globales, la geometría de una parte puede definirse en términos de otras partes. Los parámetros globales también pueden utilizarse para relacionar varias partes en un ensamble, produciendo así un modelo invariablemente definido. En este capítulo se utilizarán parámetros globales para definir la geometría del perno en U. Estas mismas variables se utilizarán más adelante en este capítulo para crear el ensamble del perno con una abrazadera (ver figura 8.2).

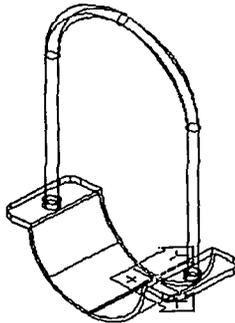


Figura 8.2. Ensamble de perno en U y abrazadera.

8.1. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GLOBALES Y LOCALES

MD maneja dos tipos de parámetros los globales y los locales, ambos tipos definen propiedades que se utilizan para definir al modelo, la diferencia entre ellos es que los parámetros globales pueden utilizarse en cualquier parte de un ensamble, mientras que los locales solamente pueden usarse en una sola parte.

Antes de crear el sólido por barrido, se definirán dos parámetros globales, *cerlong* y *arcrad*. Estos parámetros se utilizarán para definir la geometría y tamaño del perno en U. Mediante la utilización de parámetros globales en vez de valores numéricos para definir las dimensiones, se puede crear un modelo que puede modificarse posteriormente con mayor facilidad. Los parámetros globales pueden utilizarse para ligar esta parte con otras, formando un ensamble. También se pueden utilizar los parámetros globales como

variables en una ecuación, de ese modo, se podrá definir la geometría del modelo matemáticamente. Por ejemplo, las ecuaciones de esfuerzo y deformación pueden utilizarse en ecuaciones paramétricas para definir el tamaño de una parte en términos de las propiedades del material. Estas ecuaciones paramétricas pueden editarse y modificarse fácilmente, el modelo se actualizará en base a los cambios hechos en dichas ecuaciones.

El comando **amvars** puede utilizarse para crear, eliminar, listar, importar, o exportar parámetros globales. Se utilizará el procedimiento siguiente para la creación de un dibujo nuevo y de los parámetros globales **cerrlong** y **arcrad**:

```
Command: -amvars ↵
```

```
Enter an option
```

```
[coMment/Copy/Delete/disPlay/Edit/eXport/Import/Link/New/pUrge/Rename] <New>: ↵
```

```
Enter new global variable name: cerrlong ↵
```

```
Enter new global variable value: 152 ↵
```

```
Enter new global variable comment: ↵
```

```
Command: ↵
```

```
-AMVARS
```

```
Enter an option
```

```
[coMment/Copy/Delete/disPlay/Edit/eXport/Import/Link/New/pUrge/Rename] <New>: ↵
```

```
Enter new global variable name: arcrad ↵
```

```
Enter new global variable value: 50 ↵
```

```
Enter new global variable comment: ↵
```

Cuando se definen parámetros globales, se puede asignar un valor numérico al parámetro, tal como cerrlong, o se puede usar una ecuación matemática para definir el parámetro. Mediante la utilización de ecuaciones o relaciones matemáticas, será más fácil la *modificación del modelo* y se conservará la *consistencia geométrica* entre los diversos elementos en el modelo. La geometría del modelo puede cambiarse modificando las ecuaciones globales, o mediante la asignación de nuevos valores de los parámetros globales. Por consiguiente, las ecuaciones paramétricas le permiten a un ingeniero de diseño mantener las relaciones geométricas fundamentales en el modelo basado en los principios de la ingeniería y las matemáticas, incluso durante la edición del modelo.

8.2. CREACIÓN DE SÓLIDOS POR BARRIDO (SWEEP)

La creación de una pieza por medio de barrido es análoga a la creación de una parte utilizando las técnicas de extrusión. El proceso va paralelamente con el proceso de resolución de un problema en ingeniería. La resolución de un problema en ingeniería requiere de una metodología secuencial. Para crear una entidad de barrido, se seguirán los cinco pasos siguientes, a saber:

1. **Crear el bosquejo de la trayectoria.** Es similar a la creación del bosquejo de un perfil en dos dimensiones para crear una parte por medio de extrusión. La trayectoria inicial no se dibuja de acuerdo a medidas exactas o restricciones geométricas. Se agregarán las cotas paramétricas a la trayectoria de la misma manera que se le agregan a un perfil bidimensional para un modelo por extrusión.
2. **Crear un plano de trabajo.** Una vez definida la trayectoria de barrido, se ubicará un plano de trabajo normal a uno de los extremos de la trayectoria.
3. **Crear un plano de bosquejo.** Se fijará un plano de bosquejo al plano de trabajo del barrido. Este plano se utilizará para definir la sección transversal del barrido.
4. **Crear un perfil.** Se creará un bosquejo burdo en el nuevo plano de bosquejo. Se utilizarán cotas paramétricas y restricciones geométricas para convertir este bosquejo en un perfil de la misma manera que se hizo en capítulos anteriores para un modelo

por extrusión.

5. **Crear el barrido.** El paso final es hacer el barrido de la sección transversal a lo largo de la trayectoria que se creó en el primer paso.

8.2.1. CREACIÓN DE UNA TRAYECTORIA DE BARRIDO

Se procederá primero a dibujar un bosquejo tosco de la trayectoria. Se utilizará el procedimiento siguiente:

- 1) Se creará un dibujo nuevo utilizando la opción nuevo (New) del menú archivo (File). Cuando aparezca el cuadro de diálogo inicial de Mechanical se especificará el sistema métrico para la medición de unidades y se hará clic en OK.
- 2) Se escribirá en la línea de comando la orden **pline** y se presionará ENTER. Se hará clic en los puntos 1 y 2 de la figura 8.3, se escribirá **a** y se presionará ENTER para entrar en la opción arco (arc) del comando polilínea y se hará clic en el punto 3, posteriormente se escribirá **L** y se presionará ENTER para activar la opción línea (line) del comando polilínea, se hará clic en el punto 4 y se presionará ENTER.

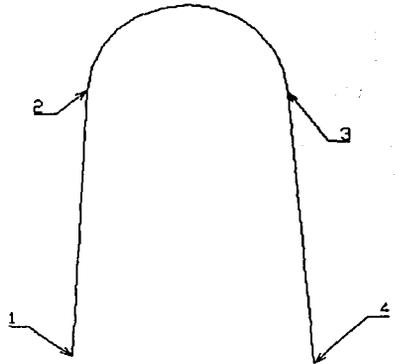


Figura 8.3 Bosquejo de trayectoria.

A continuación, se convertirá el bosquejo en un perfil refinado:

Command: **am2dpath** ↵

Select objects: L↵

1 found

Select objects: ↵

Computing ...

Computing ...

Select start point of the path: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 8.3.*

Solved under constrained sketch requiring 4 dimensions or constraints.

Computing ...

Computing ...

Create a profile plane perpendicular to the path? [Yes/No] <Yes>: N↵

El resultado se muestra en la figura 8.4.

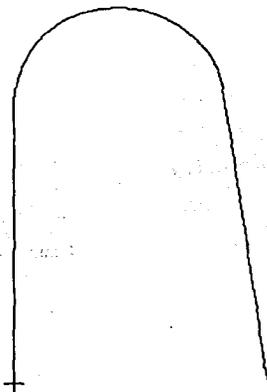


Figura 8.4. Bosquejo refinado.

Se procederá ahora a agregarle restricciones al perfil de la figura 8.4 para terminar de definir a trayectoria de barrido:

Command: **amaddcon**↵

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PROj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>: **VER**↵

Valid selections: line, ellipse or spline segment

Select object to be reoriented: *Se hará clic en la línea 2.*

Solved under constrained sketch requiring 3 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>:↵

Command: **amshowcon**↵

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>: **ALL**↵

El perfil se verá como el que se muestra en la figura 8.5.

Enter an option [All/Select/Next/eXit] <eXit>:↵

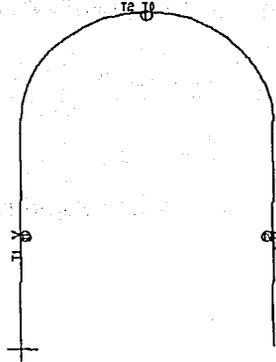


Figura 8.5. Perfil de trayectoria de barrido con restricciones visualizadas.

El comando **am2dpath** trabaja de la misma manera que **amprofile** excepto que este permite utilizar bosquejos abiertos. **Am2dpath** trabaja exclusivamente en trayectorias de barrido. El comando **amprofile** no puede utilizarse para crear trayectorias de barrido.

8.3. CAMBIANDO LA FORMA DE VISUALIZACIÓN DE LAS COTAS

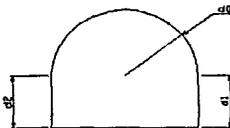
Antes de utilizar las relaciones paramétricas que definen la geometría, se necesitará cambiar la forma en que se visualizan las cotas. Cuando se dimensiona un bosquejo, MD muestra por defecto los valores numéricos de todas las dimensiones. Cuando se utilizan ecuaciones paramétricas para definir la geometría, se necesitarán los nombres de los parámetros que MD asocia con la geometría. Están disponibles tres opciones de visualización, mostrándose en la figura 8.6 las diferencias entre dichas opciones.

- **Parámetros** Esta opción muestra solamente el nombre del parámetro de la dimensión. Cuando MD resuelve el bosquejo, asigna automáticamente nombre a todas las dimensiones, comenzando con *d0* e incrementando el entero en cada entidad geométrica.
- **Ecuaciones** Esta opción muestra la ecuación para las dimensiones que han sido definidas con una ecuación paramétrica.

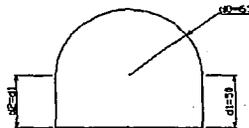
- **Númerica** Esta opción muestra solamente el valor numérico actual. Esta es la opción por defecto cuando se crea un modelo.



Numérico



Parámetro



Ecuación

8.6. Diferencias de visualización de acotaciones

El modo de visualización por defecto puede cambiarse mediante el comando **amdmdsp**. Para cambiar el modo de visualización a ecuaciones se utilizará el procedimiento siguiente:

Command: **amdmdsp** ↵

Enter an option [Parameters/Equations/Numeric] <Numeric>: **E** ↵

MD mostrará ahora los nombres de los parámetros y cualquier ecuación usada para definir la geometría.

8.4. AGREGANDO COTAS PARAMÉTRICAS A LA TRAYECTORIA DE BARRIDO.

El comando **ampardim** se puede utilizar para agregar cotas paramétricas a la trayectoria. Este comando se emplea de la misma manera que en capítulos anteriores, excepto que no se utilizarán valores numéricos para definir las dimensiones. En vez de eso, se utilizarán los dos parámetros globales (**cerrlong** y **arcrad**) para definir la longitud y el radio de la trayectoria del perno en U. A continuación se muestra el procedimiento utilizado para dimensionar la trayectoria de barrido:

Command: **ampardim** ↵

Select first object: *Se hará clic en la línea 0*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto a la izquierda de la línea 0*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <139.3191>: =cerrlong↵

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el arco 1*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto arriba a la derecha del arco 1*

Enter dimension value or [Undo/Diameter/Ordinate/Placement point] <47.0909>: =arcrad↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en la línea 2*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto a la derecha de la línea 2*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <145.2121>: =cerrlong↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

El resultado se muestra en la figura 8.7.

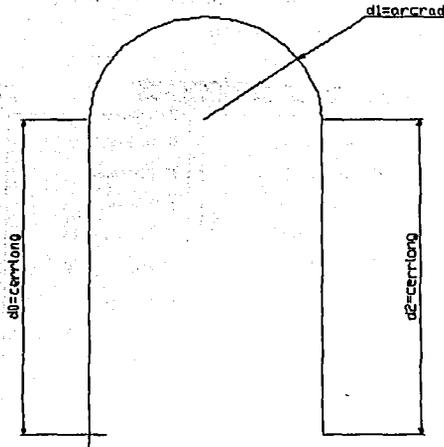


Figura 8.7. Perfil completamente definido.

MD asignará los nombres de variables de $d0$ a $d2$ para las diversas entidades que definen la trayectoria. Los nombres de las variables se incrementan en el orden en que inicialmente se contruyó el bosquejo. Por ejemplo, el bosquejo de la figura 8.7 se realizó comenzando con la línea vertical izquierda y dibujando las líneas restantes en el sentido de las manecillas del reloj. Si se vuelve a cambiar el modo de visualización de dimensiones a numérico, MD mostrará solamente los valores numéricos de las cotas.

Una vez definida la trayectoria se procederá a crear el plano de trabajo en uno de sus extremos finales, este plano de trabajo será normal a la trayectoria y será la base para la construcción del plano de bosquejo y por ende de la sección transversal que será extruida a lo largo de la trayectoria. MD cuenta con una opción especial que permite la creación de un plano de trabajo normal a una trayectoria. Se utilizará el procedimiento siguiente para crear un plano de trabajo normal a la trayectoria de barrido.

Command: amworkpln ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 8.8, llenándose con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

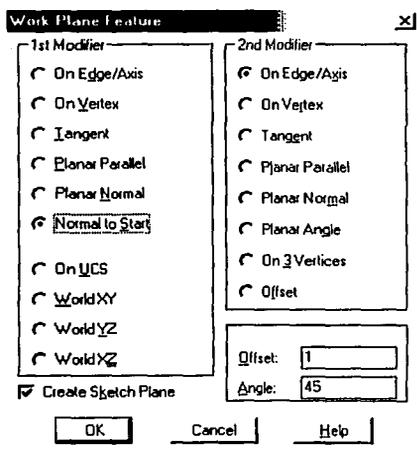


Figura 8.8. Cuadro de diálogo crear plano de trabajo.

Computing ...

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:J

Command: 9.J

El resultado de este procedimiento se muestra en la figura 8.9. Debido a que la casilla crear plano de bosquejo estaba activada en el cuadro de diálogo crear plano de trabajo MD creará el plano de bosquejo en el mismo lugar en donde se cree el plano de trabajo.

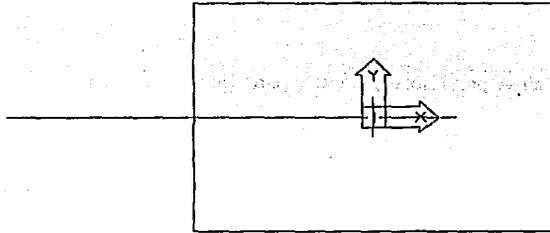


Figura 8.9. Plano de trabajo y de bosquejo creados al principio de la trayectoria.

MD siempre creará automáticamente un plano de bosquejo cuando se crea un plano de trabajo si la opción crear plano de bosquejo está activa en el cuadro de diálogo crear plano de trabajo.

Una vez terminado el plano de bosquejo se procederá a crear la sección transversal del perno en U, para esto se utilizará el procedimiento siguiente para crear un parámetro global que controle el diámetro de la sección transversal del perno y poder visualizar todos los parámetros globales creados, así como también para crear la sección transversal del perno en U.

```
Command: -amvars ↵
```

```
Enter an option [Active part/Global] <Active part>: g ↵
```

```
Enter an option
```

```
[coMment/Copy/Delete/disPlay/Edit/eXport/Import/Link/New/pUrge/Rename] <New>: ↵
```

```
Enter new global variable name: cerrdia ↵
```

```
Enter new global variable value: 12 ↵
```

```
Enter new global variable comment: ↵
```

Command: ↵

-AMVARS

Enter an option [Active part/Global] <Active part>: g↵

Enter an option

[coMment/Copy/Delete/disPlay/Edit/eXport/Import/Link/New/pUrge/Rename] <New>:

p↵

Design Variables:

1) cerrlong

Equation : 152

Value : 152.000000

Comment :

2) arcrad

Equation : 50

Value : 50.000000

Comment :

3) cerrdia

Equation : 12

Value : 12.000000

Comment :

En esta parte del procedimiento se creará la sección transversal del perno en U.

Command: circle.┘

Specify center point for circle or [3P/2P/Tr (tan tan radius)]: 0,0.┘

Specify radius of circle or [Diameter]: *Se hará clic en un punto arriba a la derecha del punto 0,0.*

En la figura 8.10 se muestra el resultado de este procedimiento.

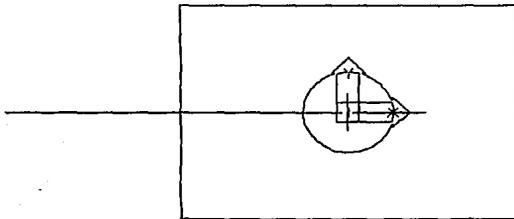


Figura 8.10. Sección transversal creada en el plano de trabajo.

A continuación se creará un perfil a partir de este círculo y se refinará:

Command: amprofile.┘

Select objects for sketch: L.┘

1 found

Select objects for sketch: .┘

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Computing ...

Command: **ampardim**↵

Select first object: *Se hará clic en cualquier punto del círculo que acaba de ser creado con el comando amprofile.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto arriba a la derecha del círculo.*

Enter dimension value or [Undo/Radius/Ordinate/Placement point] <40.4749>:
=**cerrdia**↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

Command: **l**↵

El resultado se muestra en la figura 8.11.

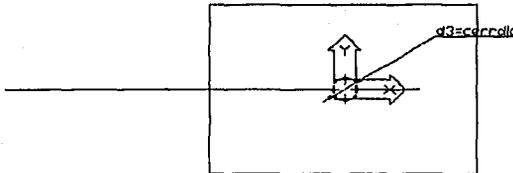


Figura 8.11. Perfil de sección transversal completamente definido.

Se creará la parte utilizando el comando de barrido de MD, utilizándose el procedimiento siguiente:

Command: **amsweep**↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 8.12, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

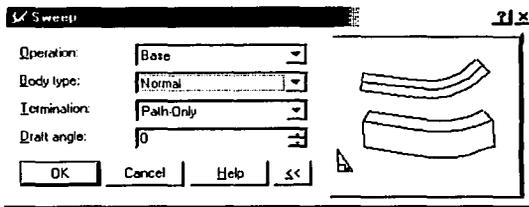


Figura 8.12. Cuadro de diálogo crear barrido.

MD presentará el diálogo siguiente:

Computing ...

Command: 8.1

El resultado se muestra en la figura 8.13.

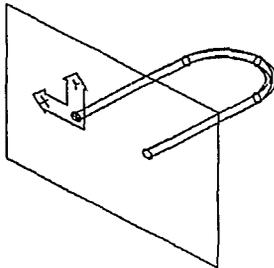


Figura 8.13. Perno en U terminado.

8.5. EDICIÓN DE PARÁMETROS GLOBALES

El poder de los parámetros globales en MD comienza cuando se editan los mismos para modificar la geometría del modelo. Debido a que los parámetros globales determinan las relaciones geométricas entre diferentes elementos en un modelo e incluso entre un conjunto de dibujos de AutoCAD, proporcionan una manera muy conveniente de modificar simultáneamente los elementos relacionados en un modelo. En vez de editar y modificar cotas paramétricas, simplemente se editarán las ecuaciones paramétricas o parámetros globales, y toda la geometría relacionada se modificará automáticamente para

reflejar esos cambios.

La manera más simple de editar los parámetros globales es utilizar el comando `amvars` y reingresar el valor del parámetro global o ecuación paramétrica utilizando la opción `edit`. Para ilustrar lo anterior, se utilizará el procedimiento siguiente cambiando el radio del arco del perno en `U` de 50 a 76 unidades.

```
Command: -amvars.␣  
Enter an option [Active part/Global] <Active part>: g.␣  
Enter an option  
[coMment/Copy/Delete/disPlay/Edit/eXport/Import/Link/New/pUrge/Rename] <New>:  
E.␣  
Global design variable name (or ?): arcrad.␣  
Enter new value for global variable <50>: 76.␣  
Computing ...  
Command: 1.␣
```

El resultado se muestra en la figura 8.14.

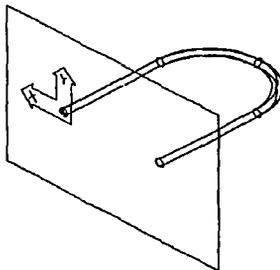


Figura 8.14. Perno en U con parámetro `arcrad` = 76 unidades.

A diferencia que cuando se editan cotas paramétricas no es necesario actualizar el modelo utilizando el comando **amupdate** ya que cada vez que se edite un parámetro global, MD actualizará el modelo automáticamente.

8.6. CREACIÓN DE UNA NUEVA PARTE

Un ensamble se define como la unión, acoplamiento o empalme de dos o más piezas. Para la creación un ensamble se necesitan por lo menos dos piezas; a continuación se creará la abrazadera que aparece en el ensamble de la figura 8.2, utilizándose el procedimiento siguiente:

Command: **5**↵

Command: **rotate3d**↵

Current positive angle: **ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0**

Select objects: **L**↵

1 found

Select objects: ↵

Specify first point on axis or define axis by

[Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: **X**↵

Specify a point on the X axis <0,0,0>:↵

Specify rotation angle or [Reference]: **90**↵

Command: **1**↵

Command: **-amvisible**↵

Enter an option [Part/Assembly/Objects] <eXit>: **P**↵

Method = Hide, Active Part = PART1_1

Enter an option [Method/All/eXcept/Objects/Select] <Continue>: O↵

Enter an option [workAxis/workPlanes/workpOints/cUtting lines] <Continue>: P↵

Enter an option [workAxis/workPlanes/workpOints/cUtting lines] <Continue>:↵

Method = Hide, Active Part = PART1_1

Enter an option [Method/All/eXcept/Objects/Select] <Continue>:↵

Enter an option [Part/Assembly/Objects] <eXit>:↵

En la figura 8.15 se muestra el resultado de este procedimiento.

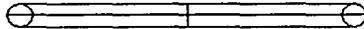


Figura 8.15. Perno girado sobre el eje X y representado en una vista superior.

A continuación se procederá a crear la abrazadera (la parte 2 del ensamble):

Command: amnew↵

Enter an option [Instance/Part/Scene/subAssembly] <Instance>: P↵

Select an object or enter new part name <PART2>:↵

Computing ...

New part created.

Command: 6↵

Se incrementará la visualización al doble utilizando el comando zoom.

Command: **zoom**.

Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or

[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window] <real time>: **0.5**.

Se creará un plano de bosquejo perpendicular al plano de bosquejo creado anteriormente utilizando el comando amskpln.

Command: **amskpln**.

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: **Zx**.

Computing ...

Plane=World ZX

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:

Command: **PLINE**.

Specify start point: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 8.16.*

Current line-width is 0.0000

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: *Se hará clic en el punto 2.*

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: *Se hará clic en el punto 3.*

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **A**.

Specify endpoint of arc or

[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: S↵

Specify second point on arc: *Se hará clic en el punto 4.*

Specify end point of arc: *Se hará clic en el punto 5.*

Specify endpoint of arc or

[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: L↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: *Se hará clic en el punto 6.*

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: *Se hará clic en el punto 7.*

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: CL↵

El resultado se muestra en la figura 8.16.

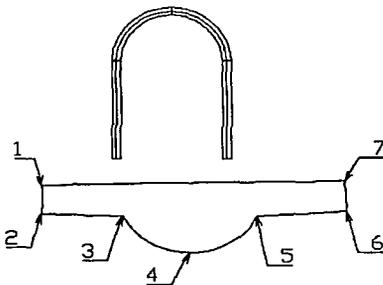


Figura 8.16. Bosquejo de abrazadera.

A continuación se refinará el bosquejo utilizando el procedimiento siguiente:

Command: amprofile↵

Select objects for sketch: L..J

1 found

Select objects for sketch: J

Solved under constrained sketch requiring 6 dimensions or constraints.

Computing ...

En la figura 8.17 se muestra el resultado de este procedimiento.

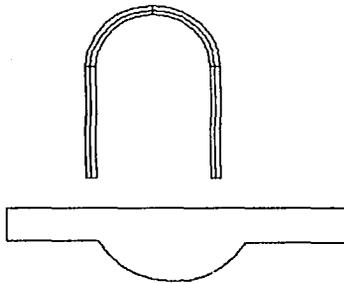


Figura 8.17. Bosquejo de abrazadera refinado.

Se le agregarán restricciones y dimensiones al bosquejo refinado para terminar su definición:

Command: amaddcon.J

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PROj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>: CL.J

Valid selections: line or spline segment

Select object to be reoriented: *Se hará clic en la línea 1.*

Valid selections: line or spline segment

Select object to be made colinear to: *Se hará clic en la línea 3.*

Solved under constrained sketch requiring 5 dimensions or constraints.

Valid selections: line 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>:↵

Command: **ampardim**↵

Select first object: *Se hará clic en la línea 4.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto a la derecha de la línea 4.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<44.3441>: 6↵

Solved under constrained sketch requiring 4 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el arco 2.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto abajo a la derecha del arco 2.*

Enter dimension value or [Undo/Diameter/Ordinate/Placement point] <103.6204>:
arcrad-2*d0↵

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el arco 2.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en la línea 5.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en un punto a la derecha de la línea 5.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<27.6096>: 0.┘

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en la línea 5.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en un punto por arriba de la línea 5.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<416.2198>: 2*(arcrad+cerrdia+6) ┘

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el arco 2.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en la línea 0.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en un punto entre la línea 5 y la cota d3.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<171.6629>: d3/2.┘

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ┘

En la figura 8.18 se muestra el resultado de este procedimiento.

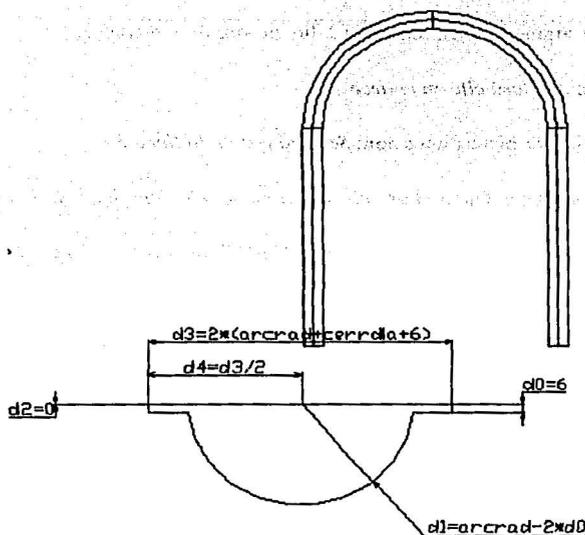


Figura 8.18. Perfil de abrazadera completamente definido.

Se extruirá el perfil de la figura 8.18 utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **amextrude...**

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 8.19, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

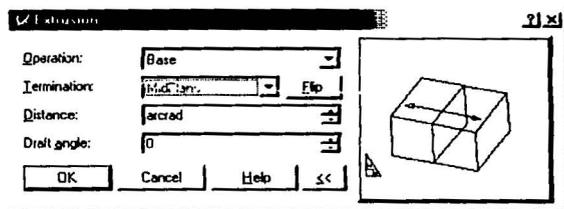


Figura 8.19. Cuadro de diálogo extrusión.

Aparecerá el diálogo siguiente:

Computing ...

Command: 8.1

*** Switching to the WCS ***

*** Returning to the UCS ***

En la figura 8.20 se muestra el resultado de este procedimiento.

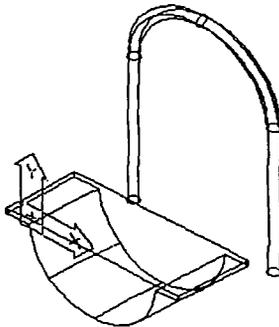


Figura 8.20. Perfil de abrazadera extruido.

Se utilizará el procedimiento siguiente para agregarle un agujero a la abrazadera.

Command: amhole.1

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 8.21, se llenará con los valores que se muestran y en la casilla que corresponde al diámetro del agujero se escribirá la fórmula paramétrica $2(arcrad-2*d0)-d0$, una vez terminado de llenar el cuadro de diálogo se hará clic en OK.*

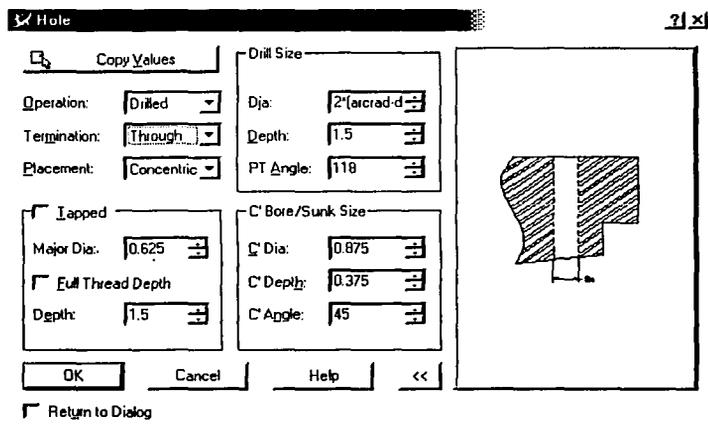


Figura 8.21. Cuadro de diálogo crear agujero.

Presentándose el diálogo siguiente:

Select work plane or planar face [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Se hará clic en el arco de la abrazadera.*

Select concentric edge: *Se volverá a hacer clic en el arco de la abrazadera.*

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Select work plane or planar face [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: ↵

El resultado se muestra en la figura 8.22.

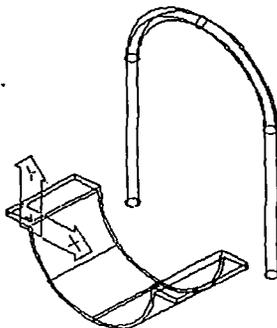


Figura 8.22. Abrazadera con agujero.

Command: **amskpln**..J

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 8.23, se resaltará la cara superior de la abrazadera cambiando temporalmente su tipo de línea de continua a trazos cortos.*

Enter an option [Next/Accept] <Accept>:..J

Computing ...

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:*Se hará clic en el punto 2.*

Enter an option [Next/Accept] <Accept>:..J

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:..J

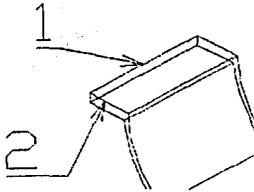


Figura 8.23. Puntos para la creación del plano de bosquejo.

A continuación se creará un punto de trabajo que será la base para realizar un barreno pasado en la oreja de la abrazadera, se utilizándose el procedimiento siguiente:

Command: **amworkpt.**↵

Workpoint will be placed on the current sketch plane.

Specify the location of the workpoint: *Se presionará la tecla F3 para desactivar el modo osnap, se hará clic en la posición que se muestra en la figura 8.24.*

<Osnap off>

Command: **zoom.**↵

Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or

[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window] <real time>: **ce.**↵

Specify center point: *Se hará clic cerca del punto de trabajo.*

Enter magnification or height <423.7809>: **200.**↵

Command: **ampardim.**↵

Select first object: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 8.25.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto de trabajo.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en el punto 2.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<79.4963>: **arcrad** ↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el punto 3.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto de trabajo.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en el punto 4.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace]
<39.1481>: **arcrad/2** ↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

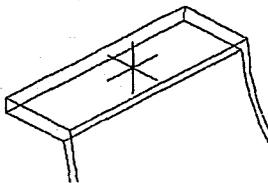


Figura 8.24. Ubicación del punto de trabajo.

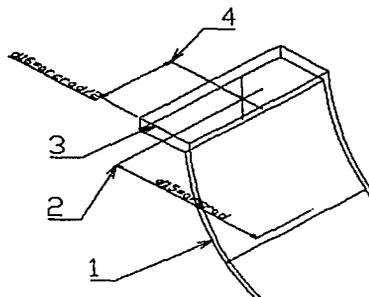


Figura 8.25. Puntos para la ubicación exacta del punto de trabajo.

Debido que el agujero que atravesará la oreja de la abrazadera debe ser un poco más grande, se procederá a crear un parámetro global llamado holgura. Se utilizará el procedimiento siguiente para la creación de este parámetro, y realizar el redondeo de las

esquinas de la abrazadera.

Command: **-amvars**.↵

Enter an option [Active part/Global] <Active part>: **g**.↵

Enter an option

[coMment/Copy/Delete/disPlay/Edit/eXport/Import/Link/New/pUrge/Rename] <New>:↵

Enter new global variable name: **holgura**.↵

Enter new global variable value: **2**.↵

Enter new global variable comment: ↵

Command: **zoom**.↵

Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or

[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window] <real time>: **ce**.↵

Specify center point: **cen**.↵

of Se hará clic en el punto 1 de la figura 8.25.

Enter magnification or height <200.0000>:↵

Command: **amfillet**.↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 8.26, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

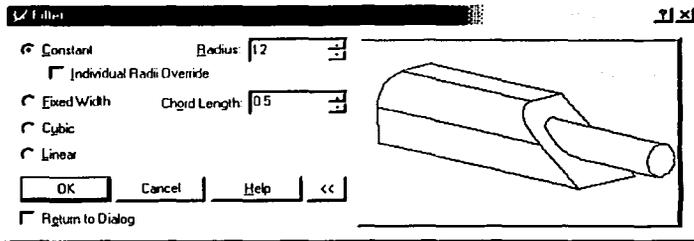


Figura 8.26. Cuadro de diálogo para la creación de redondeos y filetes.

Presentándose el diálogo siguiente:

Select edges: *Se hará clic en una de las cuatro aristas que se encuentran en las esquinas de la abrazadera.*

Select edges: *Se hará clic en otra de las aristas de las esquinas.*

Select edges: *Se hará clic en una tercera arista.*

Select edges: *Se hará clic en la arista faltante.*

Select edges: ↵

El resultado se muestra en la figura 8.27.

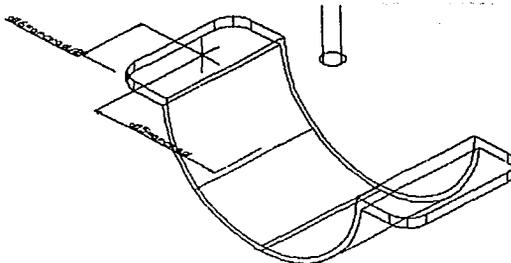


Figura 8.27. Abrazadera con esquinas redondeadas.

Se procederá a crear un barreno utilizando como base el punto de trabajo creado

anteriormente, mediante el procedimiento siguiente:

Command: amhole.↓

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 8.28, se llenará con los valores que se muestran y en la casilla que corresponde al diámetro del agujero se escribirá la fórmula paramétrica cerrdia+holgura, una vez terminado de llenar el cuadro de diálogo se hará clic en OK.

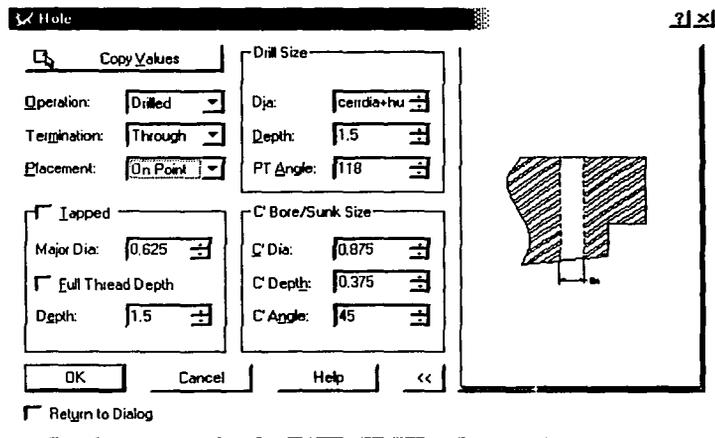


Figura 8.28. Cuadro de diálogo crear agujero.

Aparecerá el diálogo siguiente:

Select work point for the hole location: *Se hará clic en punto de trabajo.*

Computing ...

Select work point for the hole location:↓

En la figura 8.29 se muestra el resultado de este procedimiento.

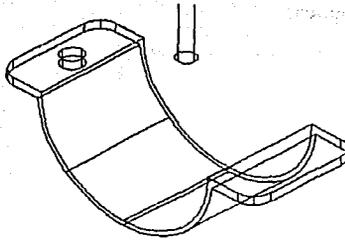


Figura 8.29. Agujero pasante en abrazadera.

Se creará otro agujero pasante en la otra oreja de la abrazadera:

Command: amarray.J

Select feature to be arrayed: *Se hará clic en el agujero que se acaba de crear.*

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 8.30, se llenará con los valores que se muestran, en la casilla correspondiente al espaciado entre columnas se escribirá la fórmula 2arcrad, una vez terminado de llenar el cuadro de diálogo se hará clic en OK.*

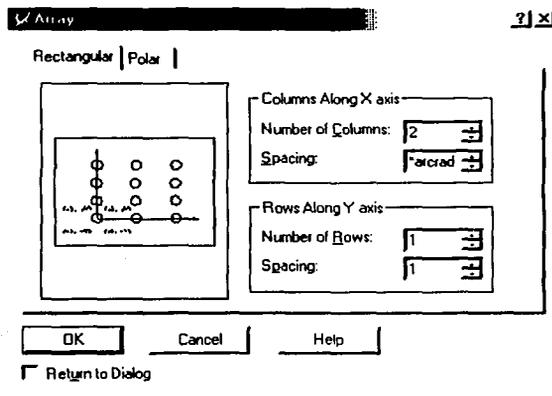


Figura 8.30. Cuadro de diálogo arreglo de MD.

Aparecerá el diálogo siguiente:

Computing ...

Command: 1..J

El resultado se muestra en la figura 8.31.

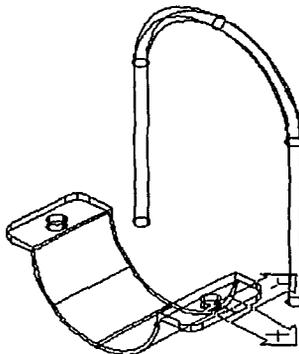


Figura 8.31. Abrazadera terminada.

8.7. CREACIÓN DE UN ENSAMBLE

MD proporciona varios comandos para la creación de ensambles en la tabla 8.1 se muestran los diversos comandos que se pueden utilizar para la creación de ensambles.

Tabla 8.1. Comandos para la creación de ensambles

Comando	Descripción
AMANGLE	Crea una restricción angular
AMFLUSH	Crea una restricción paralela entre dos planos a una distancia determinada entre ellos.
AMINSERT	Crea una restricción para hacer que dos aristas circulares compartan el mismo eje y haga sus planos coplanares
AMMATE	Crea una restricción de coincidencia entre dos partes.

NOTA: MD toma en cuenta el orden de creación de las piezas a la hora de crear ensambles, siempre se ensamblarán las piezas creadas más recientemente en las piezas creadas anteriormente, en el caso del ensamble perno y abrazadera, la abrazadera se moverá para ensamblarse con el perno debido a que esta pieza fue creada posteriormente.

8.7.1. ENSAMBLE POR ÁNGULO

En este tipo de ensamble dos piezas se restringen una con respecto a la otra mediante un ángulo. MD crea ensambles de este tipo utilizando el comando **amangle** el cual requiera como datos dos vectores y el ángulo de inclinación entre ellos, este tipo de ensamble es muy útil para la representación de partes que tienen conexiones tipo bisagra o de articulación (ver figura 8.32).

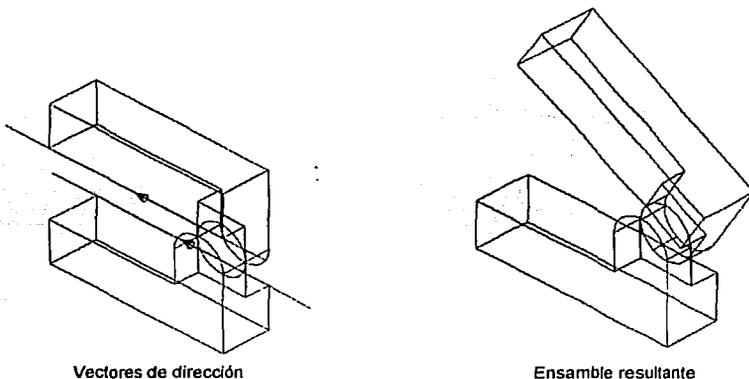
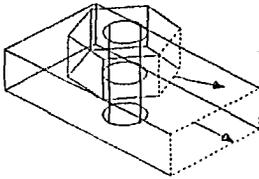


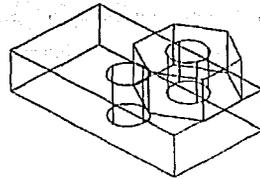
Figura 8.32. Ejemplo de ensamble por ángulo.

8.7.2. ENSAMBLE POR PARALELISMO

El comando **amflush** hace que dos planos sean paralelos y que permanezcan separados una distancia determinada (Ver figura 8.33, en éste caso la distancia de separación entre los planos es igual a 0). Este comando requiere como datos dos caras planas y una distancia de separación.



Planos seleccionados



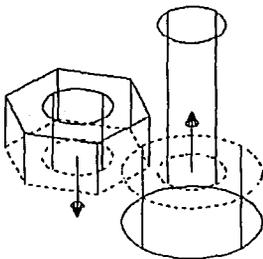
Ensamble resultante

Figura 8.33. Ejemplo de ensamble por paralelismo.

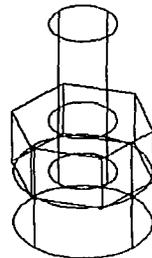
8.7.3. ENSAMBLE POR INSERCIÓN

El comando `aminsert` se utiliza para ensamblar piezas de tipo cilíndrico como sería el caso de un árbol y un agujero, en la figura 8.34 se muestra un ejemplo de un ensamble por inserción de una tuerca en un tornillo. Este comando requiere que se introduzcan dos superficies cilíndricas.

NOTA: Debe hacerse notar que aunque el diámetro del tornillo sea mayor que el diámetro de la tuerca, será posible realizar el ensamble.



Planos seleccionados



Ensamble resultante

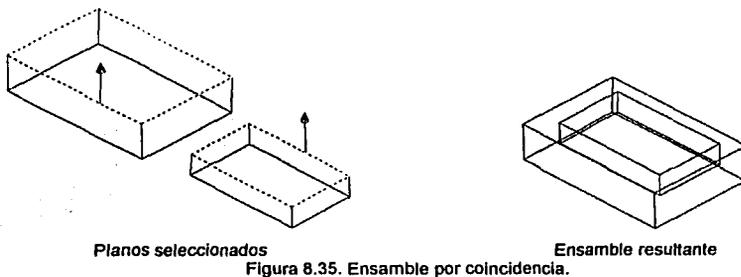
Figura 8.34. Ensamble por inserción.

8.7.4. ENSAMBLE POR COINCIDENCIA

Para crear ensambles que no se puedan crear con los comandos antes mencionados se utiliza el comando `ammate`. Este comando puede tomar como base las siguientes entidades para crear el ensamble:

- 1) Un plano
- 2) Un eje
- 3) Un punto
- 4) Caras no planas (esferas, conos, cilindros o toroides)

En la figura 8.35 se muestra un ejemplo de ensamble por coincidencia utilizando como base dos caras planas.



8.7.5. ENSAMBLE PERNO Y ABRAZADERA

Se efectuará el ensamble del perno con la abrazadera, en este caso se utilizará el comando **aminsert** aprovechando que ambas parte cuentan con superficies circulares. Se usará el procedimiento siguiente:

Command: **aminsert**↵

Select first circular edge: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 8.36.*

First set = Plane/Axis

Enter an option [Clear/Flip] <accEpt>:↵

Select second circular edge: *Se hará clic en el punto 2.*

Second set = Plane/Axis

Enter an option [Clear/Flip] <accEpt>:↵

Enter offset <0>↵:

El resultado se muestra en la figura 8.37.

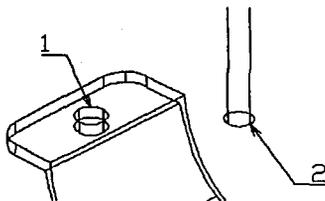


Figura 8.36. Puntos para la creación de ensamble por inserción.

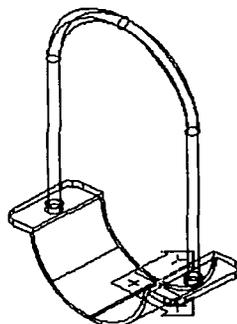


Figura 8.37. Ensamble abrazadera y perno en U.

CAPÍTULO 9

ESCENAS

En este capítulo se utilizará MD para la creación de escenas de un modelo compuesto de varias piezas. Se creará una escena del modelo tridimensional del ensamble de perno y abrazadera que se muestra en la figura 9.1; asimismo se definirán los conceptos de **factor de explosión** y **trayectoria de ensamble**.

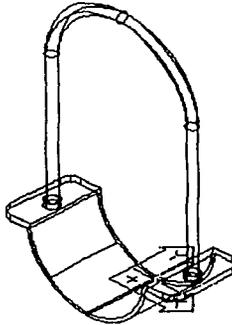


Figura 9.1. Ensamble perno y abrazadera.

9.1. CREACIÓN DE ESCENAS

A continuación se proporcionan algunos conceptos que son de gran importancia para la creación de escenas.

ESCENA: Una escena es la visualización de un ensamble con un cierto factor de explosión.

FACTOR DE EXPLOSIÓN: El factor de explosión es la distancia de separación que existe entre las piezas. Este factor se ve afectado por la forma que se hizo el ensamble de las piezas.

TRAYECTORIA DE ENSAMBLE: Son un conjunto de líneas que indican la forma

en que las piezas serán ensambladas.

A continuación, se creará una escena del ensamble de perno y abrazadera utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **amnew**↵

Enter an option [Instance/Part/Scene/subAssembly] <Instance>: **Scene**↵

Enter new scene name of the active assembly (PERNO EN U) <SCENE1>:↵

Enter overall explosion factor <0>:↵

Activate new scene? [Yes/No] <Yes>:↵

MD cambiará automáticamente a la pantalla de escenas, en el visualizador de MD aparecerá el nombre de la escena que se acaba de crear (SCENE1), y en el área de dibujo aparecerá el ensamble del perno en U y la abrazadera. El ensamble se verá como se muestra en la figura 9.1.

Ahora se cambiará el factor de explosión para visualizar el ensamble con las piezas separadas una distancia de 40 unidades, utilizándose el procedimiento siguiente:

Command: **amxfactor**↵

Select part or subassembly or [sCene]: **c**↵

Enter scene name to change or [?] <SCENE1>:↵

Enter new explosion factor for "SCENE1" or [Reset] <0>: **40**↵ *Factor de explosión.*

El resultado se muestra en la figura 9.2.

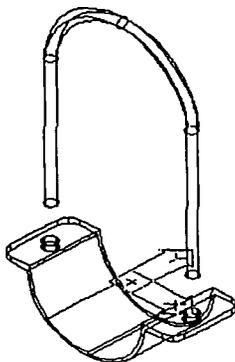


Figura 9.2. Ensamble con factor de explosión = 40.

Como ya se menciona, el factor de explosión de la escena se ve afectado por la forma en que se haga el ensamblaje de las piezas y por la distancia que las separa en el momento en que fueron ensambladas, esto es, **distancia de separación = distancia de ensamblaje + factor de explosión**. En el caso del ensamblaje perno y abrazadera, la distancia de separación es igual al factor de explosión ya que la distancia de ensamblaje es igual a cero. A continuación, se modificará la distancia del ensamblaje en el modelo, utilizando el procedimiento siguiente:

Se hará clic en la pestaña modelo (Model) que aparece en el visualizador de MD. El programa MD cambiará de la pantalla escenas a la pantalla modelo.

Command: ameditconst_

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 9.3. Se seleccionará el nombre de la primera parte (Part1), se hará clic en el botón seleccionar (Select) y en el botón mostrar (Show), posteriormente se llenará el cuadro de diálogo con los valores que se muestran en la figura 9.3 y se hará clic en OK.

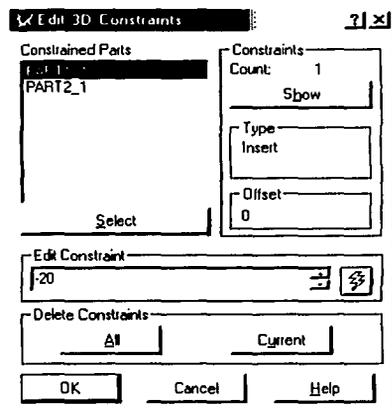


Figura 9.3. Cuadro de diálogo editar restricciones tridimensionales.

En la figura 9.4 se muestra el resultado en el espacio Modelo, posteriormente se hará clic en la pestaña escenas del visualizador de MD, el modelo se verá como se muestra en la figura 9.5.

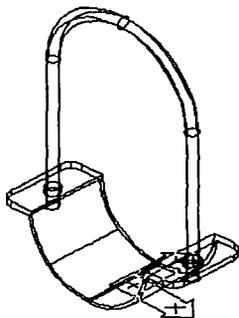


Figura 9.4. Ensamble perno en U y abrazadera con distancia de ensamble = -20.

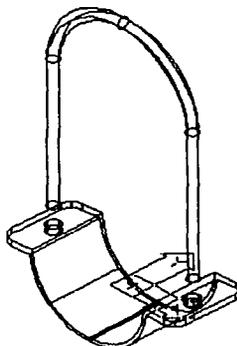


Figura 9.5. Escena 1 con factor de explosión = 40, y distancia de separación = 20.

9.2. CREACIÓN DE TRAYECTORIAS PARA ENSAMBLE

A continuación, se creará la trayectoria de ensamble entre el perno en U y la abrazadera utilizando el procedimiento siguiente:

Command: amnew.↓

Enter new scene name of the active assembly (PERNO EN U) <SCENE2>:↓

Enter overall explosion factor <0>:↓

Activate new scene? [Yes/No] <Yes>:↓

Command: amtweak.↓

Select part or subassembly to tweak: *Se hará clic en la abrazadera.*

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 9.6, llenándose con los valores mostrados y haciendo clic en OK.

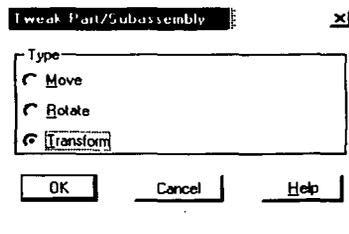


Figura 9.6. Cuadro de diálogo creación de ajustes.

Presentándose el diálogo siguiente:

Enter an option [eXit/Move/Rotate] <Move>:↓

Define direction and length:

Specify start point or [Viewdir/Wire/X/Y/Z]: z.↓

Enter length <l>: 80.↓

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: f.↓

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: ↓

Enter an option [eXit/Move/Rotate] <Move>: ↓

Define direction and length:

Direction [Start point/Viewdir/Wire/X/Y/Z] <Z>: x.↓

Enter length <80>: 100.↓

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: f.↓

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: ↓

Enter an option [eXit/Move/Rotate] <Move>: ↓

Define direction and length:

Direction [Start point/Viewdir/Wire/X/Y/Z] <X>: y.↓

Enter length <100>: 40.↓

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: f.↓

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: ↓

Enter an option [eXit/Move/Rotate] <Move>: x.↓

El resultado se muestra en la figura 9.7.

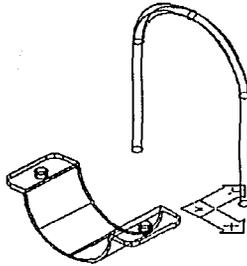


Figura 9.7. Resultado del comando amrtweak.

A continuación se creará la trayectoria de ensamble:

Command: **amtrail** ↓

Select reference point on part or subassembly: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 9.8.*

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 9.9, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

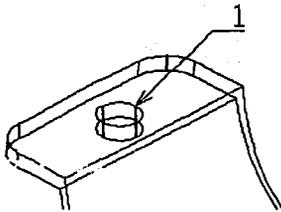


Figura 9.8. Punto de selección para la creación de trayectoria de ensamble.

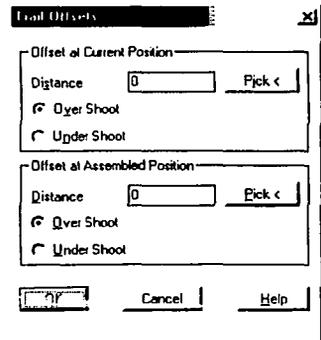


Figura 9.9. Cuadro de diálogo trayectoria de Ensamble.

El resultado se muestra en la figura 9.10.

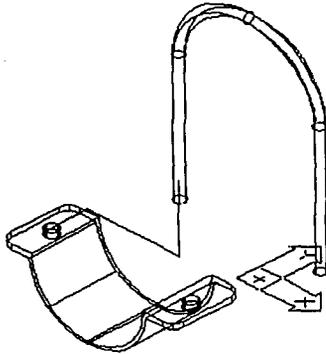


Figura 9.10. Trayectoria de ensamblaje creada entre el perno en U y la abrazadera.

9.3. CREACIÓN DE VISTAS A PARTIR DE UNA ESCENA

A continuación se creará la vista principal del ensamblaje del perno en U y la abrazadera que se desarrolló en el capítulo anterior por medio del procedimiento siguiente:

Command: **ammode**↵

Restore mode [Drawing/Model] <Drawing>:↵

Regenerating layout.

Regenerating model.

Command: **pagesetup**↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 9.12, se hará clic en la pestaña dispositivo de impresión (Plot Device) y se llenará el cuadro de diálogo con los valores que se muestran en la figura 9.11, posteriormente se hará clic en la pestaña propiedades de página (Layout Settings), el cuadro de diálogo resultante se llenará con los valores que se muestran en figura 9.12, finalmente se hará clic en OK.

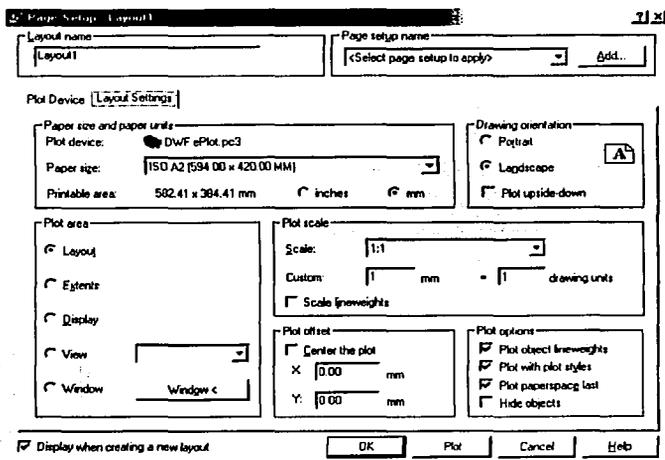


Figura 9.11. Cuadro de diálogo configurar página mostrando el contenido de la pestaña características de página.

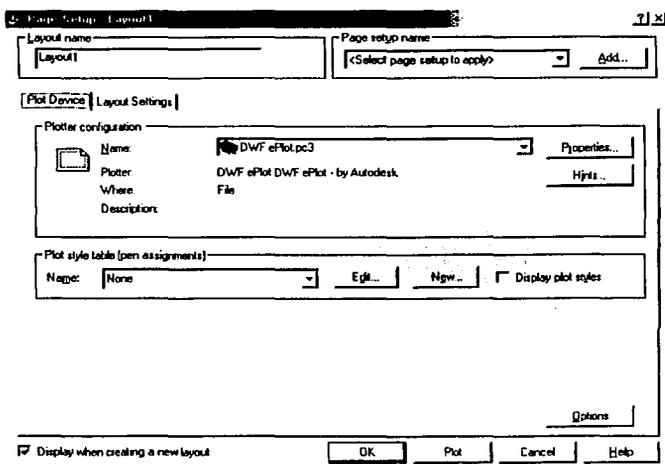


Figura 9.12. Cuadro de diálogo configurar página mostrando el contenido de la pestaña dispositivo de impresión.

A continuación se creará la vista principal utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **amdwgview** ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 9.13, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

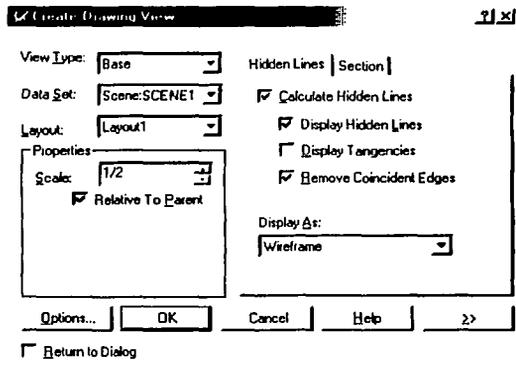


Figura 9.13. Cuadro de diálogo crear vista configurado para crear la vista principal del ensamble perno en U y abrazadera.

Presentándose el diálogo siguiente:

Regenerating model.

Select planar face, work plane or [Ucs/View/worldXy/worldYz/worldZx]: **Zx** ↵

Define X axis direction:

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]: **x** ↵

Adjust orientation [Z-flip/Rotate] <Accept>: ↵

Regenerating layout.

Specify location of base view: 190,145 ↵

Specify location of base view: ↵

El resultado se muestra en la figura 9.14.

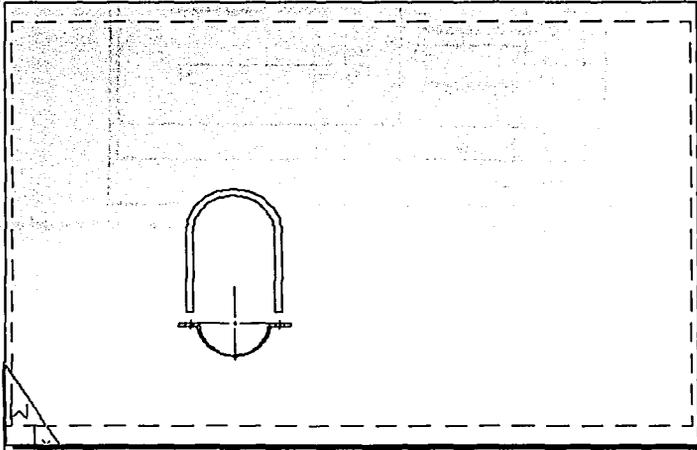


Figura 9.14. Vista principal creada en el espacio de papel.

El procedimiento siguiente tiene como fin la creación de las vistas superior, frontal e isométrica del ensamble perno en U y abrazadera.

Command: **amdwgview** ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 9.15, llenándose con los valores mostrados y finalmente se hará clic en OK.

Cabe aclarar que este procedimiento tiene la misma función que los tres procedimientos que se utilizaron para crear las vistas ortogonales e isométrica del raspador de hielo en el capítulo 6.

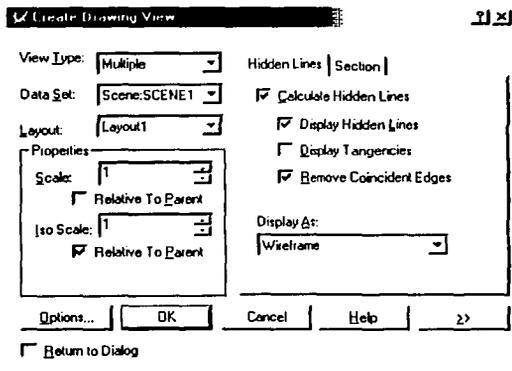


Figura 9.15. Cuadro de diálogo para crear las vistas superior, lateral derecha, e isométrica del ensamble perno en U y abrazadera.

Presentándose el diálogo siguiente:

Select parent view or [Create base]: *Se hará clic en la vista frontal.*

Specify location of projected view: 192,299 ↵

Specify location of projected view or [Done] <next view>: ↵

Specify location of projected view: 369,148 ↵

Specify location of projected view or [Done] <next view>: ↵

Specify location of projected view: 480,288 ↵

Specify location of projected view or [Done] <next view>: ↵

Specify location of projected view: ↵

En la figura 9.16 se muestra el resultado de este procedimiento.

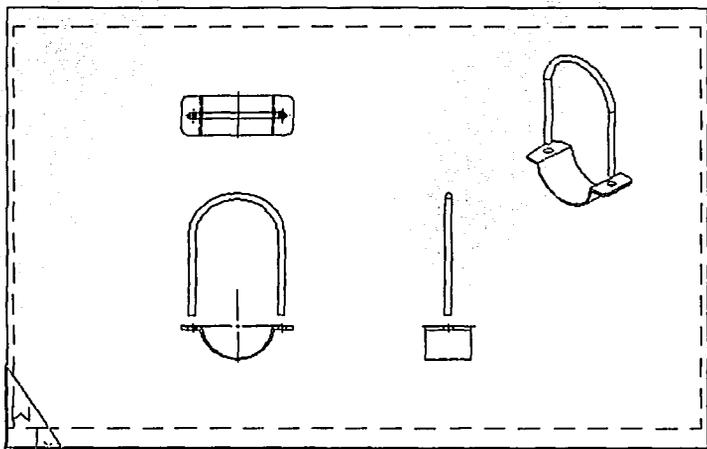


Figura 9.16. Vistas del ensamble perno en U y abrazadera.

CAPÍTULO 10

EJEMPLO DE APLICACIÓN. CREACIÓN DE LA BASE PARA UN SOPORTE REGULABLE PARA EJE

En el presente capítulo se desarrollará la base para un soporte regulable para eje utilizando los conceptos y entidades que se usaron en capítulos anteriores e introduciendo el concepto del modelado mediante la unión de varios perfiles. En la figura 10.1 se proporcionan las medidas de la pieza a desarrollar en este capítulo.

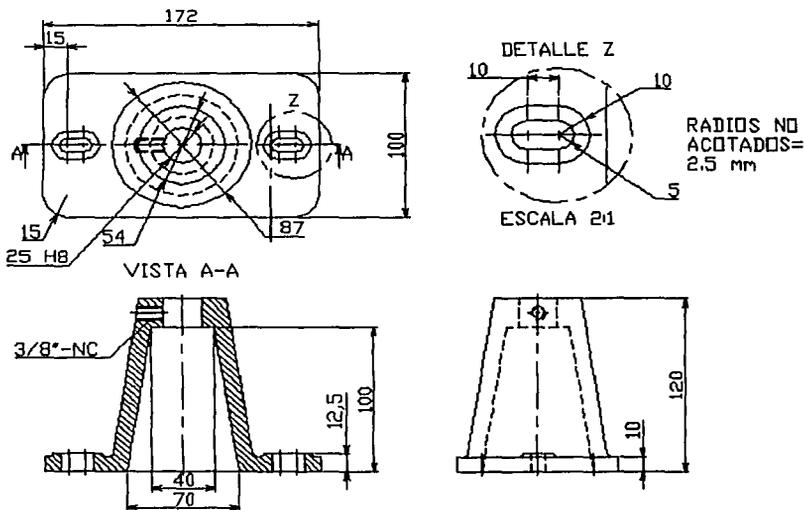


Figura 10.1. Características de la base del soporte regulable para eje.

10.1. CREACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PERFIL INICIAL

A continuación, se creará el bosquejo de la parte inferior de la base:

Command: `rectang` ↵

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: f.┘

Specify fillet radius for rectangles <0.0000>: 15.┘

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: 20,20.┘

Specify other corner point: 150,150.┘

En la figura 10.2. se muestra el resultado.

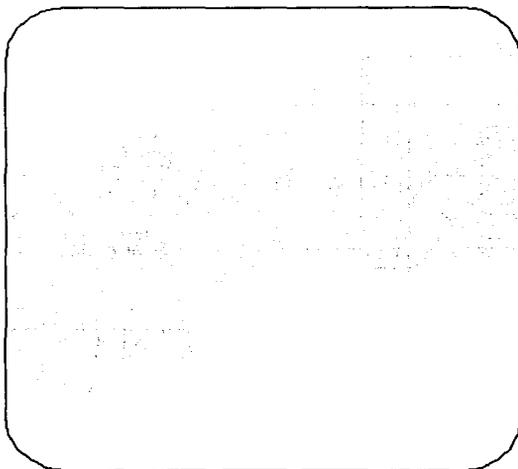


Figura 10.2. Bosquejo inicial de la base.

A continuación se procederá a crear una nueva parte que utilizará el bosquejo que se creó anteriormente para crear el perfil de la parte inferior de la base:

Command:AMNEW.┘

Enter an option [Instance/Part/Scene/subAssembly] <Instance>: p.┘

Select an object or enter new part name <PARTI>:↵

Computing ...

New part created.

Command: **AMPROFILE**↵

Select objects for sketch: L↵

Se seleccionará la última entidad creada.

1 found

Select objects for sketch: ↵

Computing ...

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Computing ...

En la figura 10.3 se muestra el resultado.

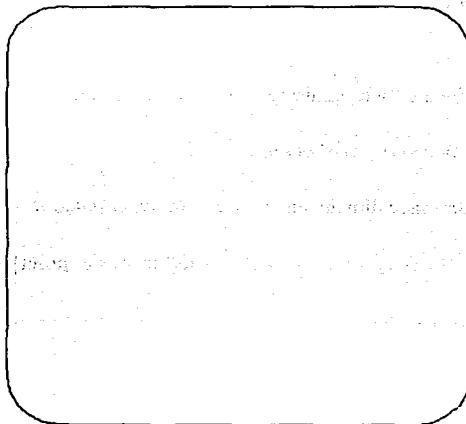


Figura 10.3. Bosquejo refinado.

A continuación, se acotará el perfil para terminarlo de definir:

Command: **ampardim**↵

Select first object: *Se hará clic en el punto 1 de la figura 10.4.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto 2.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en el punto 3.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <130>:
100↵

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el punto 4.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto 5.*

Specify dimension placement: *Se hará clic en el punto 6.*

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <130>:
172↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select first object: *Se hará clic en el punto 7.*

Select second object or place dimension: *Se hará clic en el punto 8.*

Enter dimension value or [Undo/Diameter/Ordinate/Placement point] <15>:↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

Command: **1**↵

Se muestra el resultado en la figura 10.5.

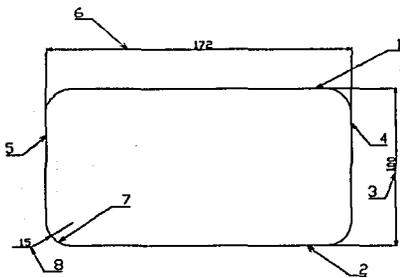


Figura 10.4. Puntos para acotación.

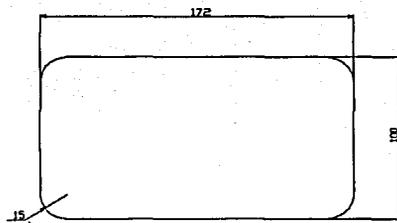


Figura 10.5. Perfil inicial completamente definido.

10.2. EXTRUSIÓN DEL PERFIL INICIAL Y ADICIÓN DE NUEVAS ENTIDADES

A continuación se extruirá el perfil que se creó en la sección anterior y se le agregarán nuevas entidades las cuales formarán las salientes y los agujeros ovalados que se muestran en la figura 10.1. mediante el procedimiento siguiente:

Command: AMEXTRUDE

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.6, se llenará con los valores mostrados y finalmente se hará clic en OK.

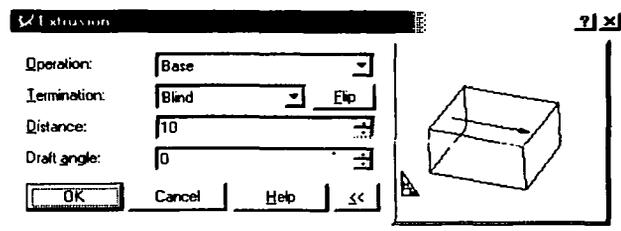


Figura 10.6. Cuadro de diálogo para la extrusión del perfil inicial.

Mostrándose el diálogo siguiente:

Computing ...

En la figura 10.7 se muestra el resultado.



Figura 10.7. Resultado de extruir el perfil de la parte inferior de la base.

A continuación se crearán los perfiles de las salientes y de los agujeros ovalados:

Se creará el bosquejo de la saliente.

Command: **pline**↵

Specify start point: **144,54**↵

Current line-width is 0.0000

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@10<0**↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **a**↵

Specify endpoint of arc or [Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: **@20<90**↵

Specify endpoint of arc or [Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: **L**↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **@10<180**↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: a↵

Specify endpoint of arc or[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: CL↵

A continuación se creará el bosquejo del agujero ovalado mediante la utilización del comando OFFSET.

Command: **OFFSET**↵

Specify offset distance or [Through] <1.0000>: 5↵

Select object to offset or <exit>: 144,54↵

Se seleccionará un punto adentro de la entidad ovalada, en este caso, un punto denotado por las coordenadas relativas 5,5.

Specify point on side to offset: @5,5↵

Select object to offset or <exit>: ↵

Se procederá a refinar el bosquejo de la saliente.

Command: **AMPROFILE**↵

Se seleccionará la polilínea que define el perfil de la saliente.

Select objects for sketch: 146,74↵

1 found

Select objects for sketch: ↵

Solved under constrained sketch requiring 4 dimensions or constraints.

Computing ...

Se le agregarán restricciones numéricas al perfil refinado.

Command: AMPARDIM.┘

Se seleccionará el semicírculo de la derecha del perfil de la saliente.

Select first object: 161,70.┘

Se seleccionará la línea vertical derecha del perfil extruido de la parte inferior de la base.

Select second object or place dimension: 192,100.┘

Se seleccionará un punto por encima del perfil extruido de la parte inferior de la base.

Specify dimension placement: 190,149.┘

**Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <38>:
d2.┘**

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Se seleccionará la línea horizontal superior del perfil extruido de la parte inferior de la base.

Select first object: 162,120.┘

Se seleccionará el semicírculo de la derecha del perfil de la saliente.

Select second object or place dimension: 185,69.┘

Se seleccionará un punto a la derecha del perfil extruido de la parte inferior de la base.

Specify dimension placement: 206,84.┘

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <56>:

d0/2.┘

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Se seleccionará el semicírculo de la derecha del perfil refinado de la saliente.

Select first object: 184,76.┘

Se seleccionará un punto arriba a la derecha del semicírculo.

Select second object or place dimension: @20,20.┘

Enter dimension value or [Undo/Diameter/Ordinate/Placement point] <10>: 10.┘

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Se seleccionará la línea horizontal superior del perfil refinado de la saliente.

Select first object: 169,80.┘

Se seleccionará un punto por encima de la línea seleccionada.

Select second object or place dimension: 170,90.┘

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <10>:

10.┘

El perfil de la saliente quedará completamente definido.

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ┘

A continuación se procederá a definir una de las variables globales de la base, en este caso el radio de redondeo FILRAD.

Command: **-AMVARS** ↵

Enter an option [Active part/Global] <Active part>: **G** ↵

Enter an option

[coMment/Copy/Delete/disPlay/Edit/cXport/Import/Link/New/pUrge/Rename] <New>: ↵

Enter new global variable name: **FILRAD** ↵

Enter new global variable value: **2.5** ↵

Enter new global variable comment: ↵

Command: **AMEXTRUDE** ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.8, se llenará con los valores mostrados y se hará clic en OK.

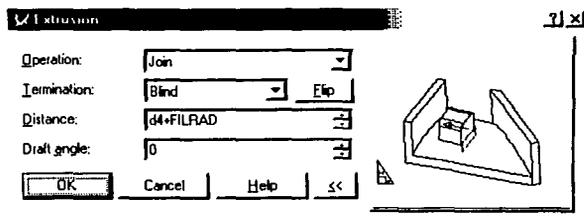


Figura 10.8. Cuadro de diálogo para la extrusión de la saliente.

Presentándose el diálogo siguiente:

Computing ...

Las cotas paramétricas dejarán de visualizarse.

A continuación se procederá a refinar el bosquejo del agujero ovalado.

Command: **AMPROFILE**↵

Select objects for sketch: *Se seleccionará la polilínea que define el perfil del agujero ovalado.*

1 found

Select objects for sketch: ↵

Solved under constrained sketch requiring 4 dimensions or constraints.

Computing ...

Se le agregarán restricciones geométricas al perfil del agujero ovalado.

Command: **AMADDCON**↵

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PRoj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]
<eXit>: **CN**↵

Valid selections: arc, circle, or ellipse

Se seleccionará el semicírculo de la izquierda del perfil del agujero ovalado.

Select object to be reoriented: **139,67**↵

Valid selections: arc, circle, ellipse, or work point

Se seleccionará el semicírculo de la izquierda del perfil extruido de la saliente.

Select object to be made concentric to: **159,77**↵

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Valid selections: arc, circle, or ellipse

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>: XV ↵

Valid selections: line, arc, circle or spline segment

Se seleccionará el semicírculo de la derecha del perfil del agujero ovalado.

Select object to be reoriented: 180,67 ↵

Valid selections: line, arc, circle or spline segment

Se seleccionará el semicírculo de la derecha del perfil extruido de la saliente.

Select object x value is based on: 182,63 ↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Valid selections: line, arc, circle 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>: ↵

Se agregarán las restricciones numéricas.

Command: AMPARDIM ↵

Se seleccionará el semicírculo de la izquierda del perfil del agujero ovalado.

Select first object: 180,67 ↵

Se seleccionará un punto abajo a la derecha del semicírculo.

Select second object or place dimension: 198,51 ↵

Enter dimension value or [Undo/Diameter/Ordinate/Placement point] <5>: 5 ↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

Se procederá a extruir el perfil del agujero ovalado.

Command: AMEXTRUDE ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.9, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

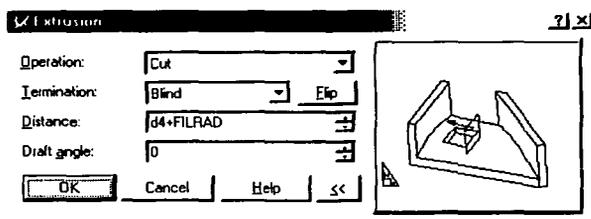


Figura 10.9. Cuadro de diálogo para la extrusión del agujero ovalado.

Mostrándose el diálogo siguiente:

Computing ...

Command: AMARRAY ↵

Se hará un clic en un punto situado en la entidad a copiar (la saliente con el agujero ovalado), en este caso se seleccionará el punto cuyas coordenadas son 156,67.

Select feature to be arrayed: 156,67.1

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.10, se llenará con los valores mostrados, finalmente se hará clic en OK.

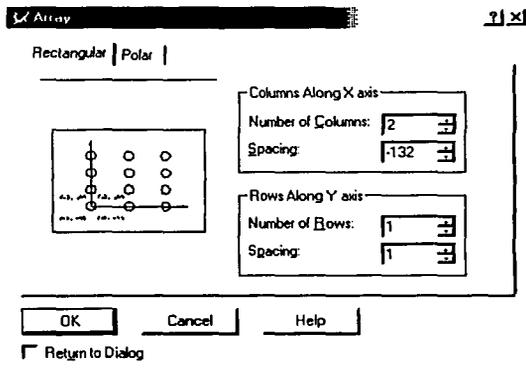


Figura 10.10. Cuadro de diálogo para crear segunda saliente y segundo agujero ovalado.

Presentándose el diálogo siguiente:

Computing ...

Command: 2.1

MD dividirá el área de dibujo en dos puertos de vista mostrando cada uno una vista diferente de la base, en este caso son mostradas la vista superior y la vista isométrica.

En la figura 10.11 se muestra el resultado de la extrusión del perfil inicial y la adición de salientes y agujeros.

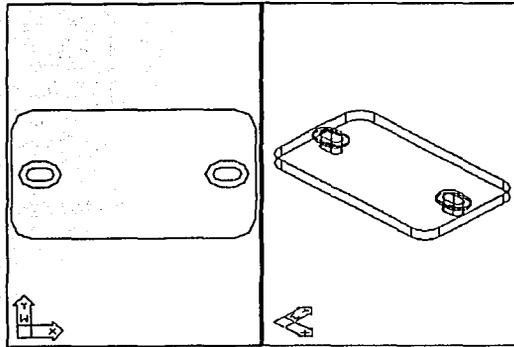


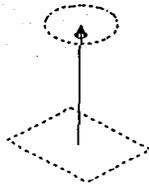
Figura 10.11. Perfil inicial extruido con salientes y agujeros ovalados.

10.3. MODELADO MEDIANTE DIVERSAS SECCIONES TRANSVERSALES

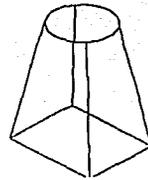
En ocasiones el modelo está constituido por diversas secciones transversales y es muy difícil crearlo utilizando las operaciones de extrusión, revolución y barrido. MD cuenta con la orden **amloft** la cual permite crear modelos que estén conformados de diversas secciones transversales. Este comando requiere para su operación la introducción de diversos perfiles o caras, los cuales constituirán las secciones transversales del modelo. Cabe aclarar que el programa adaptará el modelo final a la geometría de los perfiles o caras que constituyen sus secciones transversales, esto permitirá cambiar la forma del modelo en base a la modificación de uno o varios de sus perfiles. A continuación se proporcionan los diversos tipos de modelados que se pueden hacer con el comando **amloft**.

10.3.1. MODELADO LINEAL

Este tipo de modelado requiere de dos perfiles o caras para su construcción, el modelo resultante presenta una configuración lineal. En la figura 10.12 se muestra un ejemplo de modelado lineal.



Perfiles iniciales

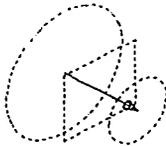


Modelo final

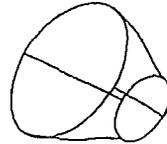
Figura 10.12. Modelado lineal del comando **amloft**.

10.3.2. MODELADO CÚBICO

La configuración en este tipo de modelo es más alisado que en modelado lineal, la selección de perfiles o caras para el modelado cúbico puede ser de 2 o más entidades. Se muestra un ejemplo de modelado cúbico en la figura 10.13.



Perfiles iniciales

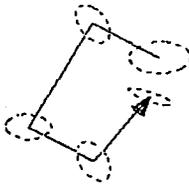


Modelo final

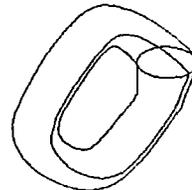
Figura 10.13. Modelado cúbico del comando **amloft**.

10.3.3. MODELADO CÚBICO CERRADO

En este tipo de modelado la entidad inicial y la entidad final son la misma dando como resultado una entidad compleja cerrada (ver figura 10.14).



Perfiles iniciales



Modelo final

Figura 10.14. Modelado cúbico cerrado del comando **amloft**.

10.4. CREACIÓN DE ENTIDADES CÓNICAS DE LA BASE DEL SOPORTE REGULABLE PARA EJE

En esta sección se crearán las entidades cónicas de la base utilizando el procedimiento que se proporciona a continuación:

Command: **AMWORKPLN** ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo se muestra en la figura 10.15, se llenará con los valores mostrados y finalmente se hará clic en OK.

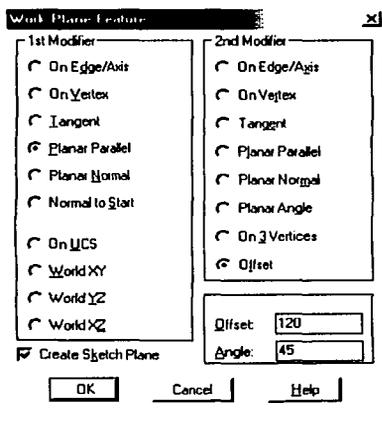


Figura 10.15. Cuadro de diálogo crear plano de trabajo.

Mostrándose el diálogo siguiente:

Se seleccionará un punto entre las dos salientes dentro del rectángulo de esquinas redondeadas.

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: **115,63** ↵

Debido a que MD selecciona la cara más proxima al punto de visualización (la cara

superior) y se requiere la cara inferior de la base se escribirá N.␣ en la línea de comando para conseguir la selección apropiada.

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: N.␣

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: .␣

Computing ...

MD posicionará el plano de trabajo a una distancia de 120 unidades por debajo de la pieza, para cambiar la ubicación del plano de trabajo de por debajo a por encima se escribirá F.␣ en la línea de comando.

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: F.␣

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: .␣

Computing ...

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-Flip/Rotate] <Accept>: .␣

Se creará un bosquejo circular en el plano de trabajo.

Command: **CIRCLE**.␣

Specify center point for circle or [3P/2P/Tr (tan tan radius)]: 0,0.␣

Specify radius of circle or [Diameter]: 50.␣

Se refinará el bosquejo creado.

Command: **AMPROFILE**.␣

Select objects for sketch: L↵

Se seleccionará el círculo recién creado.

I found

Select objects for sketch: ↵

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Computing ...

Se le añadirán restricciones geométricas al bosquejo refinado.

Command: **AMADDCON**↵

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PRoj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>: **FIX**↵

Se seleccionará el origen del plano de bosquejo para fijar el perfil

Select endpoint or sketch segment to lock its position: **0,0**↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Select endpoint or sketch segment to lock its position: ↵

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PRoj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>:↵

Se le agregarán restricciones numéricas.

Command: **AMPARDIM**↵

Se seleccionará el perfil circular.

Select first object: **36,32**↵

Se seleccionará un punto arriba a la derecha del círculo.

Select second object or place dimension: **32,66**↵

Enter dimension value or [Undo/Radius/Ordinate/Placement point] <100>: **54**↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

Se creará el bosquejo de un círculo.

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **0,0**↵

Specify radius of circle or [Diameter] <50.0000>:↵

Se creará a continuación un plano de bosquejo.

Command: **AMSKPLN**↵

Se seleccionará un punto adentro del rectángulo de esquinas redondeadas.

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: **15,0**↵

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

Computing ...

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:↵

Se refinará el bosquejo del círculo.

Command: **AMPROFILE**↵

Select objects for sketch: **L**↵

1 found

Select objects for sketch:

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Computing ...

Se le agregarán cotas paramétricas.

Command: **AMPARDIM**↵

Se seleccionará el perfil que se acaba de crear.

Select first object: **119,1**↵

Se seleccionará un punto abajo a la derecha del círculo.

Select second object or place dimension: **127,-103**

Enter dimension value or [Undo/Radius/Ordinate/Placement point] <100>: **87**↵

Solved under constrained sketch requiring 2 dimensions or constraints.

Select first object: ↵

Se le agregarán restricciones geométricas al perfil.

Command: **AMADDCON** ↵

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PRoj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]
<eXit>: **FIX**↵

Se fijará el perfil con respecto a su centro.

Se seleccionará el centro del perfil del círculo que se acaba de crear.

Select endpoint or sketch segment to lock its position: **CEN**↵

of **121,-11**↵

Solved fully constrained sketch.

Select endpoint or sketch segment to lock its position: ↵

Enter an option

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

El resultado se muestra en la figura 10.16.

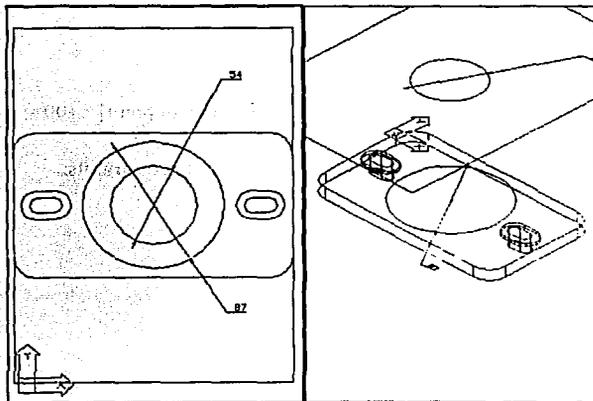


Figura 10.16. Perfiles agregados al modelo.

Mediante el procedimiento siguiente se creará un modelado lineal utilizando los perfiles creados previamente:

Command: **AMLOFT** ↵

Select profiles or planar faces to loft: *Se hará clic en el perfil cuyo diámetro es 54.*

Select profiles or planar faces to loft: *Se hará clic en el perfil cuyo diámetro es 87.*

Select profiles or planar faces to loft or [Redefine sections]: ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.17, se llenará con los valores mostrados, finalmente se hará clic en OK.

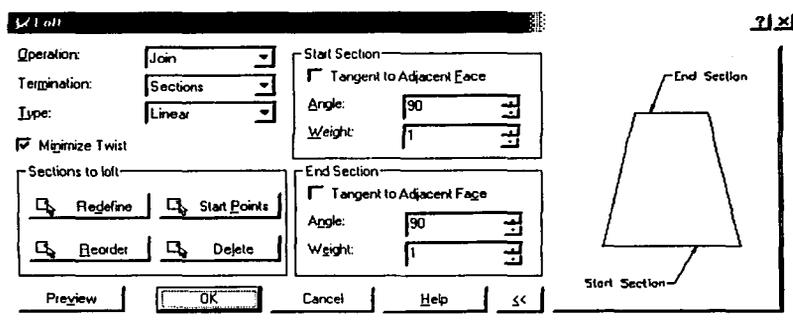


Figura 10.17. Cuadro de diálogo **amloft**.

Mostrándose el diálogo siguiente:

Computing ...

NOTA: El tiempo de construcción de los modelos creados utilizando el comando **amloft** variará de acuerdo con las características del procesador con que cuente el ordenador en el cual se encuentre instalado el programa MD.

Se muestra el resultado en la figura 10.18.

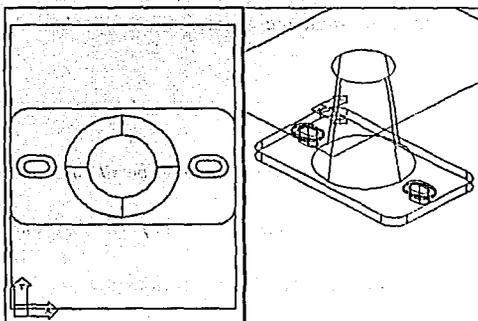


Figura 10.18. Modelo lineal creado en la base.

Se creará la otra entidad cónica del modelo mediante el procedimiento siguiente:

Command: **AMWORKPLN.**

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.19, se llenará con los valores mostrados, finalmente se hará clic en OK.

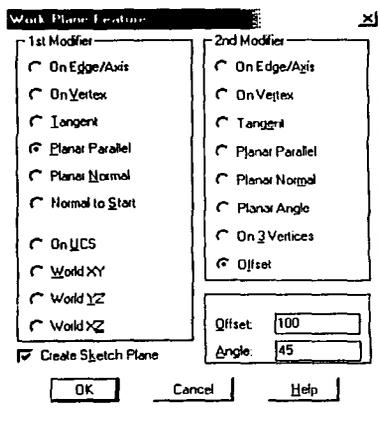


Figura 10.19. Cuadro de diálogo crear plano de trabajo.

Mostrándose el diálogo siguiente:

Se seleccionará el plano inferior de la base.

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: 145,-65.↓

Debido a que con este punto se selecciona el plano superior de la base, para seleccionar el plano inferior de la base se escribirá N.↓ en la línea de comando.

Enter an option [Next/Accept] <Accept>: N.↓

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

Computing ...

MD ubica el plano de trabajo paralelo a un distancia por debajo del plano seleccionado, para invertir esto se escribirá F.↓

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>: F.↓

Enter an option [Flip/Accept] <Accept>:↓

Computing ...

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-Flip/Rotate] <Accept>:↓

Aparecerá un nuevo plano de trabajo. A continuación se creará uno de los perfiles que servirán de base para crear la entidad cónica de vaciado.

Command: CIRCLE.↓

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: cen.↓

of

Se hará clic en cualquiera de los dos círculos que forman parte de la entidad cónica que fue creada con anterioridad.

Specify radius of circle or [Diameter] <50.0000>:↵

Se refinará el bosquejo.

Command: **AMPROFILE**↵

Select objects for sketch: **L**↵

1 found

Select objects for sketch: ↵

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Computing ...

Se agregarán restricciones geométricas al perfil.

Command: **AMADDCON**↵

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PRoj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>: **CN**↵

Valid selections: arc, circle, or ellipse

Select object to be reoriented: *Se seleccionará el perfil creado.*

Valid selections: arc, circle, ellipse, or work point

Se seleccionará un punto en la entidad cónica, este caso el punto cuyas coordenadas son

15,21.

Select object to be made concentric to: 15,21 ↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Valid selections: arc, circle, or ellipse

Select object to be reoriented: ↵

Enter an option

[Hor/Vcr/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PROj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<cXit>: ↵

Se dimensionará el perfil.

Command: **AMPARDIM** ↵

Se seleccionará el perfil circular en este caso se eligió un punto cuyas coordenadas son -40,-28.

Select first object: -40,-28 ↵

Se seleccionará un punto abajo a la izquierda del perfil circular.

Select second object or place dimension: -34,-60 ↵

Enter dimension value or [Undo/Radius/Ordinate/Placement point] <100>: 40 ↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

Se creará un plano de bosquejo en la cara superior de la parte inferior de la base.

Command: **AMSKPLN**↵

Se seleccionará un punto cuyas coordenadas son 57,30 para seleccionar el plano inferior de la base.

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: **57,30**↵

Debido a que con es punto se selecciona la cara superior se tecleará N↵ para seleccionar el plano inferior de la base.

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

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

Computing ...

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>: **Z**↵

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:↵

Se creará el segundo bosquejo para crear la entidad cónica de la base.

Command: **CIRCLE**↵

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **@**↵

Specify radius of circle or [Diameter] <50.0000>:↵

Se refinará el bosquejo.

Command: **AMPROFILE**↵

Select objects for sketch: **L**↵

I found

Select objects for sketch: ↵

Solved under constrained sketch requiring 3 dimensions or constraints.

Computing ...

Se agregarán restricciones geométricas.

Command: **AMADDCON**↵

Enter an option

[Hor/Ver/PErp/PAr/Tan/CL/CN/PRoj/Join/XValue/YValue/Radius/Length/Mir/Fix/eXit]

<eXit>: **CN**↵

Valid selections: arc, circle, or ellipse

Select object to be reoriented:**66,79**↵

Valid selections: arc, circle, ellipse, or work point

Select object to be made concentric to:**-10,40**↵

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Valid selections: arc, circle, or ellipse

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>:↵

Se dimensionara el bosquejo refinado.

Command: **AMPARDIM**↵

Se seleccionará el perfil perfil circular utilizando un punto cuyas coordenadas son -40,-30.

Select first object: **-40,-30**↵

Se seleccionará un punto abajo a la izquierda del círculo.

Select second object or place dimension: **-55,-63**↵

Enter dimension value or [Undo/Radius/Ordinate/Placement point] <100>: **70**↵

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ↵

En la figura 10.20 se muestran las entidades creadas.

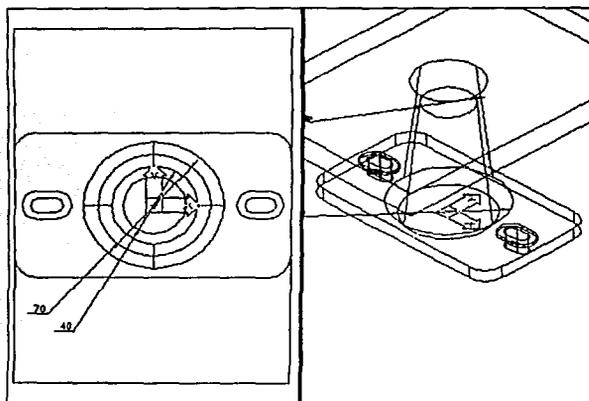


Figura 10.20. Perfiles para la creación de entidad cónica de vaciado.

A continuación se creará la entidad cónica por medio del procedimiento siguiente:

Command: **AMLOFT** ↵

Se seleccionará la entidad cuyo diámetro es de 70 unidades.

Select profiles or planar faces to loft: **-32,-14** ↵

Se seleccionará la entidad cuyo diámetro es de 40 unidades.

Select profiles or planar faces to loft: **-16,-8** ↵

Select profiles or planar faces to loft or [Redefine sections]: ↵

Aparecerá el cuadro que se muestra en la figura 10.21, se llenará con los valores mostrados, finalmente se hará clic en OK.

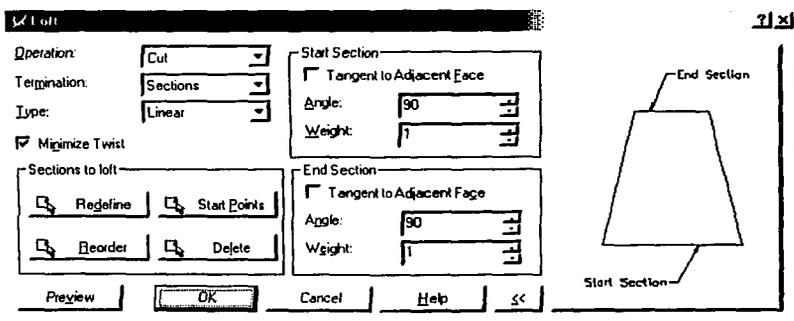


Figura 10.21. Cuadro de diálogo del comando **amloft**.

Mostrándose el diálogo siguiente:

Computing ...

NOTA: El orden de selección de los perfiles o caras en el modelado lineal no tienen relevancia ya que este requiere de solo dos de las entidades mencionadas, para el caso de

más de dos entidades (perfiles o caras); el orden de selección de las mismas determinará la forma del modelo resultante.

En la figura 10.22 se muestra el resultado.

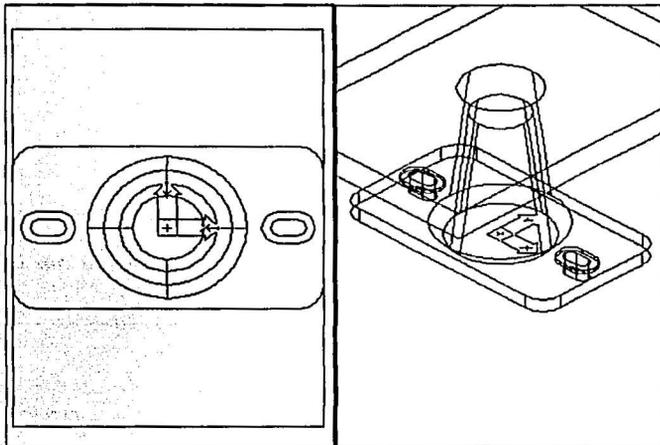


Figura 10.22. Base parcialmente terminada.

10.5. CREACIÓN DE AGUJEROS PASADO Y ROSCADO

A continuación se crearán los agujeros pasante y roscado de la base mediante el procedimiento que se muestra a continuación:

En esta parte del procedimiento se creará el agujero pasante que se muestra en la figura 10.1, el procedimiento es el mismo que se utilizó para crear el agujero en el mango del raspador de hielo que se creó en capítulos anteriores.

Command: **AMHOLE** ↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.23, se llenará con los valores mostrados, finalmente se hará clic en OK.

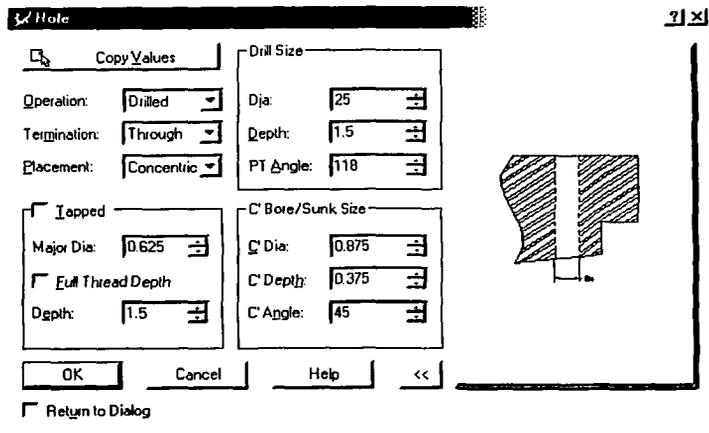


Figura 10.23. Cuadro de diálogo crear agujero.

Mostrandose el diálogo siguiente:

Se seleccionará un punto en la entidad cónica cuyas coordenadas son 10,16.

Select work plane or planar face [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: 10,16 ↵

Debido a que el punto se encuentra en una entidad circular es elegible para poderlo usar como entidad concéntrica, para volver a seleccionar el punto sin necesidad de escribir de nuevo sus coordenadas, se escribirá @. ↵ en la línea de comando.

Select concentric edge: @ ↵

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Select work plane or planar face [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: ↵

A continuación se creará un eje de trabajo.

Command: AMWORKAXIS↵

Se seleccionará un punto cuyas coordenadas son 8,9 y que se encuentra en el agujero.

Select cylinder, cone, torus or [Sketch]: 8,9↵

Computing ...

Command: AMWORKPLN↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.24, se llenará con los valores mostrados y se hará clic en OK.

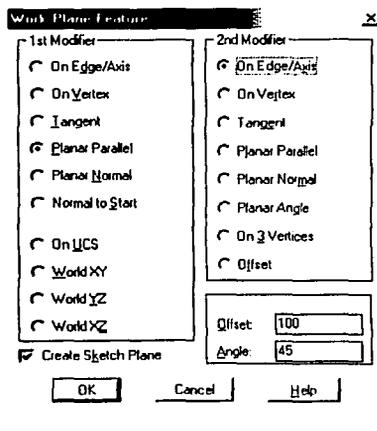


Figura 10.24. Cuadro de diálogo crear plano de trabajo.

Mostrándose el diálogo siguiente:

Se seleccionará la cara lateral derecha de la parte inferior de la base mediante la

selección de un punto cuyas coordenadas son 85,10.

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]: **85,10**↵

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

Se seleccionará el eje de trabajo que se creó anteriormente mediante la selección del punto cuyas coordenadas son 0,0.

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]: **0,0**↵

Computing ...

Computing ...

Computing ...

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>: **R**↵

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>: **R**↵

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>: **R**↵

Plane=Parametric

Select edge to align X axis or [Z-flip/Rotate] <Accept>:↵

Command: **1**↵

Command: **9**↵

En la figura 10.25 se muestra el plano de trabajo visto desde la vista lateral derecha.

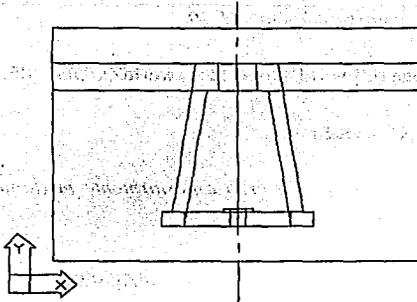


Figura 10.25. Plano de trabajo creado a la mitad de la parte visto desde la vista lateral derecha.

Mediante el procedimiento siguiente se ubicará y creará el agujero roscado que se muestra en la figura 10.1:

Command: **AMWORKPT**↵

Workpoint will be placed on the current sketch plane.

Specify the location of the workpoint: *Se presionará la tecla F3 para desactivar el modo OSNAP.*

<Osnap off>

0,-220↵

Computing ...

Se procederá a ubicar el punto de trabajo con respecto a la pieza mediante el uso de cotas paramétricas.

Command: **ampardim**↵

Se seleccionará el punto de trabajo.

Select first object: 8,-220.┘

Se seleccionará una de las entidades circulares de la parte superior de la base.

Select second object or place dimension: 23,-211

Se seleccionará un punto a la derecha de la base.

Specify dimension placement: 52,-216

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <7.6554>: 10.┘

Solved under constrained sketch requiring 1 dimensions or constraints.

Se seleccionará el punto de trabajo.

Select first object: 5,-222.┘

Se seleccionará una de las entidades circulares la parte superior de la base.

Select second object or place dimension: 6,-211.┘

Se seleccionará un punto por encima de la base.

Specify dimension placement: 4,-190.┘

Enter dimension value or [Undo/Hor/Ver/Align/Par/aNgle/Ord/Diameter/pLace] <0>: 0.┘

Solved fully constrained sketch.

Select first object: ┘

En la figura 10.26 se muestra el punto de trabajo que se utilizará para ubicar el agujero roscado.

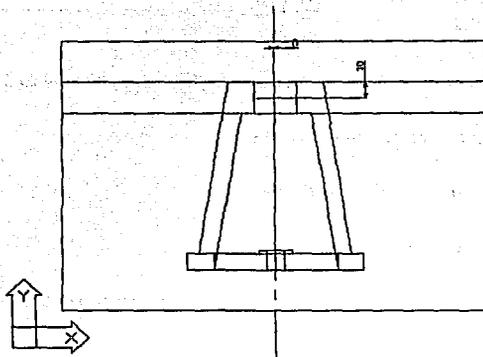


Figura 10.26. Punto de trabajo creado en el plano de trabajo.

A continuación se continuará con el procedimiento para crear el agujero roscado:

Command: **AMHOLE** .

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.27, se llenará con los valores mostrados y finalmente se hará clic en OK.

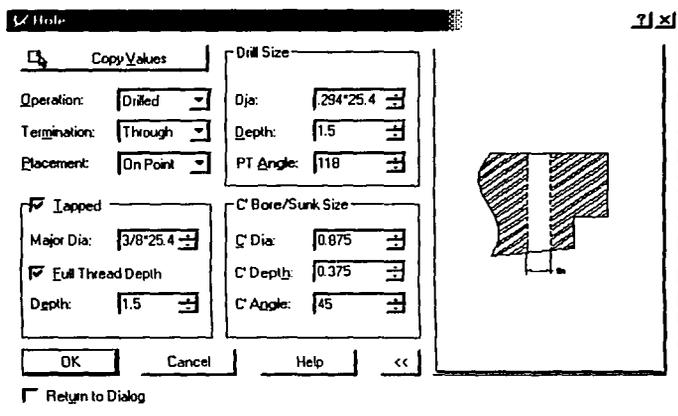


Figura 10.27. Cuadro de diálogo para crear el agujero roscado.

Select work point for the hole location: *Se seleccionará el punto de trabajo, que se creó con anterioridad.*

Specify direction or [Flip/Accept] <Accept>:↵

Computing ...

Select work point for the hole location: ↵

Command: 8↵

*** Switching to the WCS ***

*** Returning to the UCS ***

Command: **AMVISIBLE**↵

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.28, se llenará con los valores mostrados y se hará clic en OK.

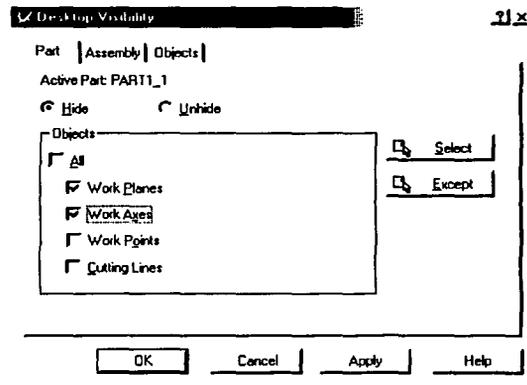


Figura 10.28. Cuadro de visibilidad de entidades.

En la figura 10.29 se muestra la base con el agujero pasante y el agujero roscado, cabe hacer notar que aunque el agujero se ve sin rosca, MD lo representará de manera diferente a la hora de crear las vistas ortogonales del modelo. En la figura 10.1 se puede apreciar la forma en que MD representa el agujero roscado que se le añadió al final a esta base.

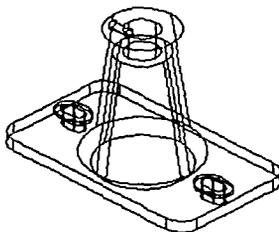


Figura 10.29. Base con dos nuevos agujeros.

NOTA: La representación de la rosca dependerá del tipo de norma elegido para su representación

10.6. CREACIÓN DE FILETES EN LA BASE

Se le agregarán filetes a la base mediante el procedimiento siguiente:

Command: AMFILLET

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 10.30, se llenará con los valores mostrados, finalmente se hará clic en OK.

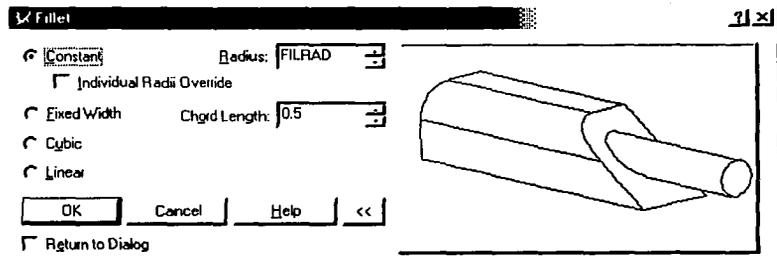


Figura 10.30. Cuadro de diálogo crear filetes.

Mostrándose el diálogo siguiente:

Se seleccionará el contorno de la base de una de las salientes.

Select edges: **-47,-270** ↵

Se seleccionará el contorno circular de base de la entidad cónica que se creó en primer lugar.

Select edges: **54,-363** ↵

Se seleccionará el contorno de la base de la otra saliente.

Select edges: **81,-404** ↵

Select edges: ↵

Computing ...

En la figura 10.31 se muestra la base del soporte regulable para eje terminada.

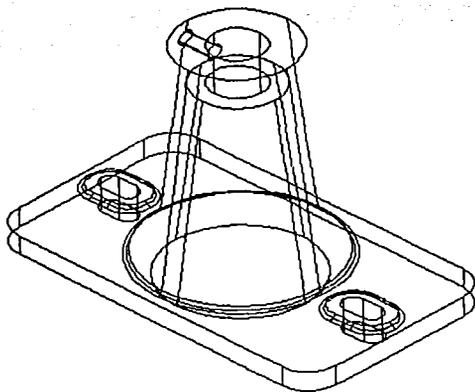


Figura 10.31. Base terminada.

VOO SIBET
FABRICA DE
MACHINOS DE ALUMINIO

CAPITULO 11

MECHANICAL DESKTOP POWER PACK

En el presente capítulo se mostrarán algunas de las características del programa Mechanical Desktop Power Pack (MDPP). Entre las características que se estudiarán se encuentran: la librería de elementos estándar, comandos para la inserción de los mismos, generador de ejes tridimensionales, y análisis mediante elemento finito para piezas en 2D y 3D. Presentándose al final del capítulo un ejemplo de cómo utilizar MDPP para realizar el análisis mediante elemento finito de una parte bidimensional para la obtención tanto de resultados gráficos como numéricos.

11.1. CONTENIDO DE MECHANICAL DESKTOP POWER PACK

El programa MDPP incluye todos los comandos y entidades disponibles en:

- Mechanical Desktop 4
- AutoCAD Mechanical 2000
- AutoCAD Mechanical 2000 Power Pack

También incluye elementos tridimensionales estándar, comandos y entidades para hacer cálculos:

- Catálogo de Mechanical en 3D y herramientas
- Elementos estándar
- Generadores de flechas y árboles
- Cálculos de ingeniería

En la tabla 11.1 se muestran los comandos de inserción de piezas y análisis de elementos:

Tabla 11.1. Comandos para la inserción de piezas y análisis de elementos

COMANDO	DESCRIPCIÓN
AMADJRING	Inserta anillos de ajuste de tamaño estándar.
AMCENTERHOLE	Inserta agujeros estándar (con o sin rosca) en el modelo.
AMCOTTERPIN	Inserta una chaveta estándar.
AMCYLPIN	Inserta una chaveta cilíndrica estándar
AMDRBUSHHOLE	Inserta un agujero estándar para un casquillo guía para el barrenado.
AMDRBUSH	Inserta un casquillo guía estándar para barrenado.
AMGROOVE	Inserta anillos de retención estándar.
AMNAILPIN	Inserta un remache estándar.
AMPBLEAR	Inserta un rodamiento plano estándar.
AMPLUG	Inserta un estándar.
AMSCREW	Inserta un tornillo estándar.
AMSCREWMACRO	Inserta un ensamble de rondanas, tuercas y tornillos estándar en el modelo.
AMSEALRING	Inserta un sello de anillo.
AMSHAFTKEY	Inserta una cuña Woodruff, o cuña paralela estándar en el modelo.
AMWASHER	Inserta una rondana en el modelo.
AMBOLT	Inserta un perno estándar.
AMCONICPIN	Inserta un perno cónico estándar.
AMCRIVET	Inserta un remache de terminación cónica estándar.
AMFEA3D	Se utiliza para determinar la capacidad de resistencia de un objeto sometido a una carga estática.
AMLUBRICATOR	Inserta graseras estándar.
AMNUT	Inserta tuercas estándar.
AMPLRIVET	Inserta remaches planos estándar.
AMROLLBEAR	Inserta rodamientos estándar.
AMSCREWCON	Inserta una conexión de tornillo, tuercas y rondanas estándar en el modelo.
AMSEAL	Inserta sellos, O-rings, O-rings en ejes, O-rings en superficies planas y O-rings internos estándar.
AMSHAFT3D	Se utiliza para crear elementos con forma de ejes y crear contornos externos o internos de ejes.
AMSHIMRING	Inserta rondanas estándar.

11.2. ELEMENTOS ESTÁNDAR

MDPP ofrece elementos mecánicos comunes en base a los siguientes conjuntos de normas: DIN, ISO, ANSI, JIS, AS, BS, CNS, CSN, GB, GOST, NF, NS, KS, SS, SFS, STN, PN, y UNI. La información del elemento estándar se inserta en el dibujo, como una referencia de parte. Esta información del elemento es utilizada en AutoCAD Mechanical

para la creación de una lista de elementos.

MDPP contiene alrededor de medio millón de elementos estándar predibujados que pueden insertarse rápidamente en cualquier diseño. Estos incluyen tornillos, tuercas, rodamientos, pernos, remaches, anillos, sellos, juntas, cuñas y otros. También se incluyen entidades estándar, agujeros estándar, y perfiles de acero estructural.

Es posible utilizar la herramienta de conexión mediante tornillo para seleccionar un ensamble sujetador, los ensambles sujetadores se pueden cargar y guardar como plantillas, y aplicar un cálculo de perno para auxiliar en la búsqueda del sujetador correcto.

El proceso de inserción es similar para cada estándar. Simplemente se selecciona la pieza estándar que se desea insertar, se determina su diámetro nominal y longitud. Para insertar entidades y conexiones mediante tornillo, el cuadro de diálogo de posicionamiento (Hole Position Method First Hole) muestra diversas ubicaciones. Para los otros estándares se tiene que seleccionar una superficie plana, una superficie cilíndrica, o una superficie cónica.

Todos los estándares están guardados en la base global de datos (GDB en inglés). Esta base de datos contiene la descripción de cada parte, las rutas donde los archivos paramétricos (GPL files) pueden encontrarse, y la ruta de las imágenes mostradas en el diálogo seleccionar parte. Los archivos de la librería global de elementos son archivos paramétricos en un formato compacto.

11.2.1. COMANDOS PARA LA INSERCIÓN DE ELEMENTOS ESTÁNDAR

En la tabla 11.2 se muestran los comandos principales para la inserción de elementos estándar:

Tabla 11.2. Comandos para la inserción de elementos

COMANDO	DESCRIPCIÓN
AMSTDPLIB	Muestra el cuadro de diálogo elementos estándar. Este cuadro de diálogo muestra todas los elementos instalados.

Tabla 11.2. Comandos para la inserción de elementos (continuación)

COMANDO	DESCRIPCIÓN
AMVARIODB	Muestra otros catálogos, bases de datos que tienen la extensión *.gdb (e incluso elementos vía Internet).

11.2.2. CUADROS DE DIÁLOGO PARA LA INSERCIÓN DE ELEMENTOS

A continuación se proporciona una breve descripción de los cuadros de diálogo relacionados con la inserción de elementos

11.2.2.1. CUADRO DE DIÁLOGO ADMINISTRADOR DE BASE DE DATOS (VARIO DATABASE MANAGER DIALOG BOX)

Este cuadro de diálogo muestra las rutas y nombres de las bases de datos utilizadas. En la tabla 11.3 se muestra una descripción de cada una de las opciones que integran este cuadro de diálogo

Tabla 11.3. Opciones del cuadro de diálogo administrador de base de datos

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Lista (List)	Muestra una lista de las bases de datos insertadas. Los símbolos están disponibles para editar bases de datos.
Utilizar por selección (Use For Selection)	Inserta un bloque de la base de datos seleccionada.
Opciones de Internet (Internet Options)	Esta opción está disponible si se cuenta con una conexión a Internet.
Ruta de obtención (Download Path)	Muestra la ruta en Internet donde se encuentran almacenados localmente las bases de datos y los archivos de los elementos.
... Botón (... Button)	Abre un cuadro de diálogo para la selección de un registro.
Días antes de actualización (Days Before Refresh)	Muestra el número de días hasta que la base de datos es de nuevo cargada desde Internet.

11.2.2.2. CUADRO DE DIÁLOGO BASE DE DATOS DE ELEMENTOS (PARTS DATABASE DIALOG BOX)

En la tabla 11.4 se muestran las opciones y descripciones del cuadro de diálogo base de datos:

Tabla 11.4. Opciones del cuadro de diálogo base de datos

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Estructura de la base de datos (Database Structure)	Muestra la estructura de la base de datos.
Campo de búsqueda (Search Field)	Muestra la cadena a buscar.
Buscar (Search)	Inicia la rutina de búsqueda en la base de datos.
... (Search option)	Muestra las opciones de búsqueda del cuadro de diálogo buscar.
Opciones... (Options...)	Abre el cuadro de diálogo para crear una representación en la sección derecha del cuadro de diálogo.
Botones (Buttons)	Muestra la representación de las entradas de la base de datos.
Detalles (Details)	Muestra los detalles de las entradas de la base de datos.
Mostrar trayectoria (Path Display)	Muestra de trayectoria de la posición actual de la base de datos.

11.3. GENERADOR DE FLECHAS TRIDIMENSIONALES

El generador de árboles o flechas es una herramienta para el diseño de elementos simétricos por rotación, y para la edición, copia o eliminación de secciones del árbol. Es posible utilizar el generador de flechas tridimensionales para crear contornos interiores y exteriores del eje. El comando **AMSHAFT3D** llama al generador de flechas tridimensionales.

El eje por lo general se genera de derecha a izquierda, utilizando diferentes secciones, estas secciones serán posicionadas automáticamente una tras otra. En adición a las secciones cilíndricas y cónicas, se pueden dibujar roscas, chaflanes, filetes, perfiles, etc.

Puede eliminarse o editarse una sección del eje para cambiar sus dimensiones geométricas.

11.3.1. CUADRO DE DIÁLOGO DEL GENERADOR DE FLECHAS TRIDIMENSIONALES

En la tabla 11.5 se proporciona una breve descripción de cada una de las opciones del

cuadro de diálogo del generador de flechas tridimensionales

Tabla 11.5. Opciones del cuadro de diálogo del generador de flechas tridimensionales

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Cilindro (superior) (Cylinder (top))	Inserta un cilindro utilizando el método de ingresar punto.
Cilindro (fondo) (Cylinder (bottom))	Inserta un cilindro utilizando el teclado para ingresar la longitud y el diámetro.
Cono/pendiente 1:x (Cone/Slope 1:x)	Existen dos opciones en el cuadro de diálogo en el generador de flechas para crear geometría cónica en el eje: pendiente y cono . Ambos métodos permiten la introducción de datos mediante el teclado o gráficamente, pero la opción pendiente proporciona un mayor control de la precisión.
Rosca (Thread)	Inserta un segmento roscado en el eje. Esta opción abre el cuadro de diálogo rosca.
Perfil (Profile)	Inserta una sección de perfil como una sección del eje.
Sección plana (Wrench)	Inserta una sección plana.
Engrane (Gear)	Genera engranes en una sección del eje.
Ranura (Groove)	Inserta una ranura en una sección del eje.
Chaflán (Chamfer)	Crea un chaflán en el eje.
Filete (Fillet)	Crea un filete en el eje.
Flechas (Arrows)	Giran el eje mediante incrementos de 15°.
Vista lateral (Side View)	Crea una representación de la vista lateral del eje.
Elementos estándar (Std. Parts)	Muestra el cuadro de diálogo de selección de grupo. Los elementos seleccionados contienen información que le permite al generador de flechas dibujar elementos en un segmento de eje.
Insertar (Insert)	Determina el punto inicial de un nuevo segmento en una sección de un eje existente. Dependiendo de la configuración del eje, el nuevo segmento puede reemplazar un segmento existente o insertarse entre dos segmentos.
Editar (Edit)	Modifica secciones del eje o árbol.
Borrar (Delete)	Elimina un segmento. Los segmentos adyacentes son movidos una distancia específica del segmento eliminado en la dirección que está especificada en la configuración del eje.
Deshacer (Undo)	Deshace el paso más reciente de la generación del eje.

Tabla 11.5. Opciones del cuadro de diálogo del generador de flechas tridimensionales (continuación)

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
>>>	Cierra temporalmente el cuadro de diálogo del generador de flechas para poder ver el eje o árbol generado.
Configurar (Config...)	Adapta la rutina del generador a requerimientos específicos.
Línea de comando (Command Line)	Muestra todas las opciones del cuadro de diálogo en la línea de comando.

11.3.2. CUADRO DE DIÁLOGO PARA LA CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR DE FLECHAS TRIDIMENSIONALES (3D SHAFT GENERATOR CONFIGURATION DIALOG BOX)

El cuadro de diálogo para la configuración del generador de flechas contiene las opciones que se muestran en la tabla 11.6.

Tabla 11.6. Opciones del cuadro de diálogo para la configuración del generador de flechas 3D

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Estado inicial (Initial State)	Controla el estado inicial de la rutina ya sea mediante un cuadro de diálogo o la línea de comando.
Representación del engrane. (Representation of Gear)	Muestra uno o todos los dientes del engrane.

11.4. CÁLCULO DEL ELEMENTO FINITO

El comando `amfea3d` inicia FEA 3D (análisis mediante elemento finito tridimensional, FEA en inglés), esta es una herramienta para determinar la capacidad de resistencia de un objeto tridimensional sometido a carga estática.

Se considera que el material con que el objeto está hecho es isotrópico y lineal y las deformaciones que son el resultado del esfuerzo al cual es sometido el objeto son consideradas mínimas en comparación con la medición total.

El esfuerzo puede proporcionarse en términos de puntos, líneas y áreas. Además, el esfuerzo resultante a partir del objeto mismo puede tomarse en consideración. La fijación del objeto puede llevarse a cabo mediante soportes móviles o fijos en cualquier dirección.

Cualquier situación que puede ocurrir en la realidad puede modelarse utilizando el cálculo MEF. El tamaño de las tareas que pueden lograrse con FEA está limitado por el tamaño del disco duro de la computadora.

El procedimiento del análisis mediante elemento finito se utiliza para obtener soluciones numéricas a problemas de estabilidad en todo tipo de secciones.

La rutina MEF ayuda a los diseñadores a analizar el estado físico de un objeto que está sometido a una carga. Esto no es un método perfecto y los resultados deberán ser siempre comparados con las mediciones reales del objeto físico.

Los resultados reflejan la aproximación del método en sí. MEF no considera el contorno bajo esfuerzo como una masa completa sino más bien como un conjunto de muchos elementos discretos de forma precisas. La rutina MEF utiliza un elemento de tipo tetra con 4 nodos angulares y 6 nodos adicionales en cada lado.

Este tipo de elemento permite una discretización rápida y automática de un objeto 3D. Además la superficie exterior se divide utilizando triángulos planos.

El programa 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 un elemento tetra de forma cuadrada cuando se modela el desplazamiento. Si se utiliza el proceso apropiado de discretización, se notará que la solución analítica coincide con los valores reales de desplazamiento. Debido a que se calculan los esfuerzos utilizando los resultados del desplazamiento, el proceso de cálculo es lineal.

Los factores que pueden influir en el método MEF son la malla generada y la discretización de la carga.

La mejor manera de que el generador de malla pueda entregar resultados precisos es mediante la presencia de elementos geométricos simples (equiláteros) y elementos tetra uniformes, lo cual es solamente posible bajo ciertas condiciones. El tamaño de los elementos geométricos (refinamiento de malla) es un problema que será tratado solo por

el usuario y no por el generador de malla. Como una regla, una malla deberá representarse por elementos geométricos de forma sencilla (por ejemplo un cuadrado) y carga constante. Para cuerpos complejos, los tipos de carga y límites requieren una malla refinada, por lo tanto el valor por defecto que proporciona el generador se tomará solo como una sugerencia.

Una malla voluminosa y refinada requiere considerable tiempo de cálculo. En el caso de una simetría completa (geometría, carga y condiciones de simetría de la frontera), la mejor opción es utilizar las condiciones de simetría cuando se ejecuta el cálculo lo cual conducirá a una reducción del tiempo en el proceso. Algunas veces, sin embargo, incluso cuando es aparente la simetría en la malla, los resultados son diferentes de los resultados esperados. Esto es debido a las irregularidades en la generación de la malla que no pueden prevenirse.

Desde el punto de vista del modelo, todos los tipos de carga (líneas de acción de carga, superficies de acción de carga y reacciones en las posiciones de fijación) actúan en el cuerpo 3D discreto como un “nodo-punto” cargado con fuerzas concentradas individuales. En la realidad, sin embargo, este tipo de actuación de fuerzas individual no existe debido a: por un lado, la distribución de carga siempre toma lugar en una base plana; por otro lado, la intensidad extrema del esfuerzo local en los puntos de acción de las fuerzas individuales sería desarmado por la distribución natural de fuerzas individuales.

Incluso, si se desarrollara el modelado preciso, y se utilizaran mallas refinadas, pueden existir discrepancias entre los valores de referencia y los resultados de MEF. En este caso, los valores de referencia deberán verificarse. Estas discrepancias pueden deberse a errores hechos en las mediciones reales realizadas en el cuerpo 3D.

Además, una solución confiable de MEF requiere de un sistema estáticamente “definido” ó “indefinido”: esto significa una supresión absoluta de los tres desplazamientos y las tres rotaciones del cuerpo en 3D de acuerdo con las reglas de la estática. La omisión de estas reglas conducirá a un cuerpo con falta de restricciones en los

grados de libertad y consecuentemente con un colapso durante la resolución del sistema de ecuaciones.

11.4.1. CONSIDERACIONES ACERCA DE LA GEOMETRÍA DEL CUERPO EN RELACIÓN CON LOS RESULTADOS

Si se desea ejecutar el proceso en el cuerpo de un objeto que contiene solamente caras planas, se utilizará el valor por defecto para el ancho de malla promedio.

Para cuerpos con superficies redondeadas en las cuales se aplican cargas y soportes, en otras palabras, la posición en la superficie del cuerpo donde el esfuerzo es máximo se utilizará la opción de refinamiento automático (Automatic Refining) en el cuadro de diálogo del cálculo MEF en 3D (FEA Calculation 3D).

Las superficies pequeñas, redondeadas y las superficies que no son utilizadas en el proceso de cálculo deberán eliminarse. De otra manera, serán generados muchos elementos innecesarios en el proceso de cálculo.

11.4.2. CUADROS DE DIÁLOGO DEL COMANDO AMFEA3D

A continuación se explicará brevemente el contenido de cada uno de los cuadros de diálogo correspondientes al comando `amfea3d`.

11.4.2.1. CUADRO DE DIÁLOGO TIPO DE ÁNGULO (ANGLE TYPE DIALOG BOX)

La función de este cuadro es especificar la fuerza en un soporte móvil en una línea.

La fuerza y el soporte móvil en línea pueden afectarse de dos maneras:

- Todo vector en la condición límite actúa perpendicularmente al lado seleccionado.
- Todo vector actúa en la dirección seleccionada.

11.4.2.2. CUADRO DE DIÁLOGO SISTEMA DE COORDENADAS (COORDINATION SYSTEM DIALOG BOX)

Se utiliza para especificar la ubicación de las condiciones frontera de un punto. En la tabla 11.7 se proporciona una breve descripción de cada una de las opciones de este

cuadro de diálogo.

Tabla 11.7. Opciones del cuadro de diálogo sistema de coordenadas

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Ortogonal (Orthogonal)	Especifica el eje X de un nuevo sistema de coordenadas definido por el usuario (UCS), basado en la selección de 2 puntos.
Polar (Polar)	Especifica un punto polar de aplicación, basado en el punto base, el diámetro, y el ángulo.
2 Aristas (2 Edges)	Ubica el punto de aplicación de una fuerza como la intersección de dos líneas normales a dos aristas seleccionadas.

La función de este cuadro de diálogo es especificar la fuerza en un soporte móvil en una línea.

11.4.2.3. CUADRO DE DIÁLOGO CORTE Y SUPERFICIES ISOLÍNEAS (ISOÁREAS) (CUT AND SURFACE ISOLINES (ISOAREAS) DIALOG BOX)

Se utiliza en conjunto con las opciones del cuadro de diálogo plano de corte y área de superficie.

Primero, se selecciona un plano de corte. Se obtienen las isoáreas o isolíneas en el área de la superficie de corte del objeto, mostrándose en la tabla 11.8 una breve descripción de las opciones de este cuadro de diálogo.

Tabla 11.8. Opciones del cuadro de diálogo corte y superficies isolíneas (isoáreas)

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Representación gráfica (Graphic Representation)	Selecciona la representación de isolíneas o isoáreas.
Resultados (Results)	Configura el tipo de resultados a mostrarse.
Configuración Automática de Intervalo (Set Interval Automatically)	Configura los intervalos de las isolíneas o isoáreas.

11.4.2.4. CUADRO DE DIÁLOGO ISOLÍNEAS (ISOÁREAS) DE CORTE (CUT ISOLINES (ISOAREAS) DIALOG BOX)

Este cuadro de diálogo muestra los resultados de un plano de corte arbitrario como una representación gráfica de isolíneas o isoáreas. En la tabla 11.9 se propone una breve descripción de las opciones de este cuadro de diálogo.

Tabla 11.9. Opciones del cuadro de diálogo isolíneas (isoáreas) de corte

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Representación gráfica (Graphic Representation)	Selecciona la representación de isolíneas o isoáreas.
Resultados (Results)	Configura el tipo de resultados a mostrarse.
Configuración Automática de Intervalo (Set Interval Automatically)	Configura los intervalos de las isolíneas o isoáreas.

Una vez que se configuraron todos los parámetros, MD pedirá que se le especifique el plano de corte, esto es, ubicar el plano de corte en la posición deseada en el dibujo.

11.4.2.5. CUADRO DE DIÁLOGO DEFINIR CARGA, SOPORTE EN EL LIMITE (DEFINE BORDER FOR LOAD, SUPPORT DIALOG BOX)

Este cuadro de diálogo se utiliza para especificar el área para la carga o el soporte. Se proporciona una breve explicación de las opciones de este cuadro de diálogo en la tabla 11.10.

Tabla 11.10. Opciones del cuadro de diálogo definir carga, soporte en el límite

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Cara completa (Whole Face)	Selecciona un área completa para calcular.
Seleccionar una entidad existente (Select Existing Entity)	Selecciona una entidad que se dibujó en el área que se desea calcular.
Selecciona un cuerpo existente para sustracción (Select Existing Body for Subtraction)	Selecciona una entidad que tiene en común una sección plana con el área seleccionada.
Dibujar y proyectar en la cara (Draw and project on the Face)	Dibuja el contorno de un rectángulo, una polilínea, o una selección de un círculo axial para especificar una parte de un cilindro mediante la ubicación de un círculo en cualquier posición.

11.4.2.6. CUADRO DE DIÁLOGO MALLA DEFORMADA (DEFORMED MESH DIALOG BOX)

Se utiliza para la selección automática o manual de los cálculos para incrementar el coeficiente. Este coeficiente es un refinamiento del espacio internodal utilizado en la representación gráfica.

Cuando se crea una malla deformada, la rutina MEF copia la malla base a la capa

AMFEM-2. No obstante, esta copia tiene sus nodos individuales desplazados en dirección de la fuerza. Por lo general estas deformaciones tienen valores muy pequeños. Para poder apreciar el efecto de las fuerzas y los soportes, la rutina MEF multiplica estos valores de deformación mediante el incremento del coeficiente. Este incremento puede ajustarse manualmente. Si se selecciona la opción automática, MEF toma la máxima deformación como el ancho promedio de la malla.

11.4.2.7. CUADRO DE DIÁLOGO CÁLCULO MEF EN 3D (FEA CALCULATION 3D DIALOG BOX)

Este cuadro de diálogo se utiliza para definir las cargas y soportes, elegir el material, calcular y generar la malla, refinar la malla y generar los resultados y su representación gráfica. En la tabla 11.11 se proporciona una breve descripción de las opciones de este cuadro de diálogo.

Tabla 11.11. Opciones del cuadro de diálogo cálculo MEF en 3D

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Cargas y soportes (Loads and Supports)	Especifica las cargas y soportes en las condiciones frontera; pueden editarse las condiciones existentes en la frontera.
Material	Especifica el material para los cálculos y los valores del modulo de elasticidad, limite de fractura, Constantes de Poisson o densidad. Activa la gravedad específica para tomar en consideración el peso del objeto que está sometido a carga.
Iniciar cálculo (Run Calculation)	Crear una malla para el contorno cerrado.
Refinamiento Automático (Autom. Refining)	Refina la malla después de que es ejecutado el cálculo en la región con los mayores valores de esfuerzo de Von-Mises. Después del refinamiento se efectua un nuevo cálculo.
Refinamiento (Refining)	Habilita un refinamiento de la malla en el área de un punto seleccionado.
Factor de refinamiento (Refining Factor)	Especifica el factor de refinamiento (el valor por defecto es 2), el cual controla el tamaño del elemento tetra de la malla.
Eliminar (Delete)	Elimina puntos de refinamiento innecesarios.
Resultados (Results)	Genera una representación gráfica de los esfuerzos y deformaciones en el objeto tridimensional.
Iconos (Icons)	Proporciona la representación gráfica de los esfuerzos y deformaciones calculados.

Tabla 11.11. Opciones del cuadro de diálogo cálculo MEF en 3D (continuación)

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Archivo (File)	Especifica el nombre del archivo y carpeta.
En el punto (At Point)	Obtiene el resultado en un punto seleccionado.
Valores máximo/mínimo (Min/Max Values)	Habilita todos los valores máximos y mínimos de esfuerzo y deformación a ser representados.
Borrar (Delete)	Borra la representación de resultados.
>>>	Cierra el cuadro de diálogo temporalmente. El cuadro de diálogo se abrirá cuando se presione ENTER.
Borrar solución (Delete Solution)	Borra los resultados, la malla y la copia del contorno y termina la rutina.
Configuración (Configuration)	Muestra el cuadro de diálogo configurar FEA de tal modo que es posible cambiar o seleccionar los grupos de capas predefinidos, los colores, y el tamaño de los símbolos para la rutina de cálculo FEA.

11.4.2.8. CUADRO DE DIÁLOGO CONFIGURAR FEA (FEA CONFIGURATION DIALOG BOX)

Se utiliza para configurar las capas, los colores y el tamaño de los símbolos para la rutina de cálculo FEA. En la tabla 11.12 se proporciona una breve descripción de cada una de las opciones de este cuadro de diálogo.

Tabla 11.12. Opciones del cuadro de diálogo configurar FEA

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Grupo de capas para la rutina FEA. (Layer Group for FEA Task)	Especifica el grupo de capas. El valor por defecto es AM_FEA, el cual puede cambiarse.
Factor de escala de los símbolos. (Scale Factor for Symbols)	Cambia el tamaño de los símbolos (pero no los valores de carga). El tamaño de los valores y símbolos depende en la escala del dibujo. El valor por defecto es de 3.5 unidades en escala 1:1; consiguientemente, los valores de las cargas son mostrados con un tamaño de 7 unidades en una escala de 1:2.
Crear un archivo de salida automáticamente. (Make Output File Automatically)	Creará un archivo de salida con extensión TXT el cual guarda los resultados del cálculo.

Tabla 11.12. Opciones del cuadro de diálogo configurar FEA (continuación)

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Colores (Colors)	Configura los colores para la representación de isolíneas e isoáreas. Se pueden seleccionar desde 12 (controlador gráfico VGA) o 24 (controlador gráfico SuperVGA) colores. Para cambiar colores, se hará clic en el campo del color correspondiente y se seleccionará un color nuevo desde la paleta de colores.

11.4.2.9. CUADRO DE DIÁLOGO SUPERFICIE DE ISOLÍNEAS (ISOÁREAS) (SURFACE ISOLINES (ISOAREAS) DIALOG BOX)

Este cuadro de diálogo muestra los resultado como una representación gráfica de isolíneas o isoáreas. En la tabla 11.13 se muestran las opciones de este cuadro de diálogo.

Tabla 11.13. Opciones del cuadro de diálogo superficie de isolíneas (isoáreas)

OPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Representación gráfica (Graphic Representation)	Selecciona la representación de isolíneas o isoáreas.
Resultados (Results)	Configura el tipo de resultados a mostrarse.
Configuración Automática de Intervalo (Set Interval Automatically)	Configura los intervalos de las isolíneas o isoáreas.

11.5. ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTO FINITO PARA PIEZAS BIDIMENSIONALES (AMFEA2D)

El comando **AMFEA2D** se utiliza para calcular el esfuerzo y la deformación en un plano para placas con un espesor dado o en una sección transversal con fuerzas individuales y cargas deformantes, teniendo soportes fijos o móviles.

El análisis mediante elemento finito (MEF) es un procedimiento para obtener soluciones numéricas a problemas de estabilidad en todo tipo de áreas. El procedimiento divide el área en rectángulos y encuentra la solución aproximada mediante una interpolación polinomial. El análisis mediante elemento finito proporciona soluciones aproximadas. Este método es útil para determinar la distribución de los esfuerzos y la deformación de un elemento.

Para determinar la estabilidad y durabilidad de una estructura dada sometida a

diversas situaciones de carga, se necesitará determinar el esfuerzo y la deformación en los componentes mientras están siendo cargados. Una estructura se considera resistente si el esfuerzo máximo producido es menor que el esfuerzo admisible en el material.

NOTA: El propósito del análisis mediante elemento finito es proveer al ingeniero de una idea de la distribución de los esfuerzos y deformaciones.

11.5.1. ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTO FINITO APLICADO A UNA PIEZA BIDIMENSIONAL

En la presente sección se utilizará el comando **amfea2d** para hacer el análisis mediante elemento finito de la pieza que se muestra en la figura 11.1.

Acotó mm

Espesor=10 mm
 $E=200 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
 $\nu=0,3$

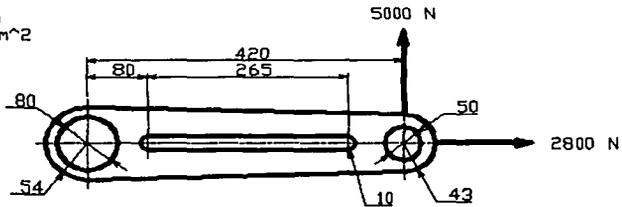


Figura 11.1. Datos de la pieza a la que se le va a aplicar análisis mediante elemento finito.

A continuación se muestra la secuencia para realizar el análisis mediante elemento finito de la pieza que se muestra en la figura 11.1.

1. Se iniciará el programa MDPP siguiendo la trayectoria que se muestra en la figura 11.2 y haciendo clic en Mechanical Desktop 4 Power Pack.



Figura 11.2. Trayectoria que hay que seguir para iniciar el programa MDPP desde el botón inicio.

2. En el cuadro de diálogo inicio (Startup) de MDPP se elegirá la opción iniciar desde el principio y se seleccionará la casilla de verificación que indica el sistema

métrico para la medición, posteriormente se hará clic en el botón OK de este cuadro de diálogo.

3. Se procederá a dibujar la pieza:

Command: **C**↵

CIRCLE Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **0,0**↵

Specify radius of circle or [Diameter]: **54**↵

Command: ↵

CIRCLE Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **@**↵

Specify radius of circle or [Diameter] <54.0000>: **40**↵

Command: ↵

CIRCLE Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: **@**↵

Specify radius of circle or [Diameter] <25.0000>: **43**↵

Command: **LINE**↵

Specify first point: tan ↵

to **420,43**↵

Specify next point or [Undo]: tan ↵

to **0,54**↵

Specify next point or [Undo]: ↵

Command: **MIRROR**↵

Select objects: **L**↵

1 found

Select objects: ↵

Specify first point of mirror line: **0,0**↵

Specify second point of mirror line: **420,0**↵

Delete source objects? [Yes/No] <N>:↵

Command: **TRIM**↵

Current settings: Projection=UCS Edge=None

Select cutting edges ...

Select objects: **ALL**↵

6 found

Select objects: ↵

Select object to trim or [Project/Edge/Undo]: **54,0**↵

Select object to trim or [Project/Edge/Undo]:**377,0**↵

Select object to trim or [Project/Edge/Undo]: ↵

Command: **PLINE**↵

Specify start point: **80,-10**↵

Current line-width is 0.0000

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: **345,-10**↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: A↵

Specify endpoint of arc or[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: @20<90↵

Specify endpoint of arc or[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: L↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]:80,10↵

Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: A↵

Specify endpoint of arc or[Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]: CL↵

Command: ZOOM↵

Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or

[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window] <real time>: .5↵

En la figura 11.3 se muestra la pieza ya terminada.

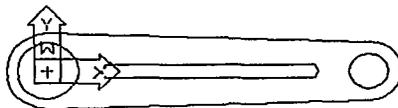


Figura 11.3. Brazo para análisis con el comando amfea2d.

4. A continuación, se hará el análisis mediante elemento finito de la pieza:

NOTA: Debido a que la pieza es bidimensional se utilizará el comando AMFEA2D.

Command: AMFEA2D↵

Loading FEA

Specify interior point: 60,25.1

Aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 11.4, y se llenará con los valores que se muestran.

NOTA: Algunos de los valores mostrados en este cuadro de diálogo aparecerán posteriormente como consecuencia del seguimiento de este procedimiento.

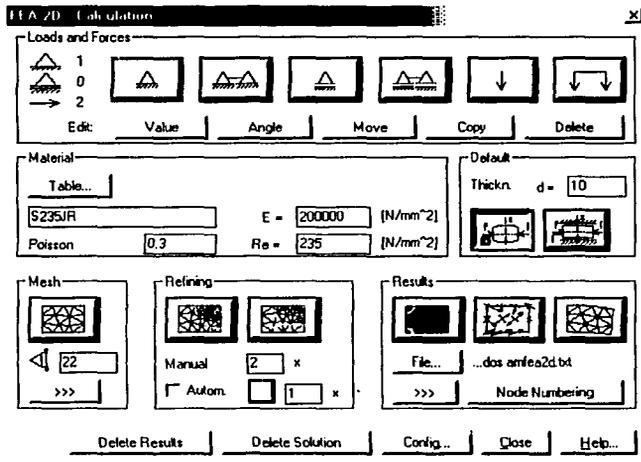


Figura 11.4. Cuadro de diálogo del comando AMFEA2D.

Mostrándose el diálogo siguiente:

Se hará clic en el botón insertar soporte fijo 

MDPP cerrará temporalmente el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 11.4.

New solution

Loading Definition of Forces and Supports

MDDP pedirá la ubicación del soporte fijo.

Specify insertion point <Enter=Dialogbox> : quad.↓

of 0,40.↓

Specify endpoint: quad.↓

of 0,-40.↓

Specify side from endpoint: -40,0.↓

MDPP mostrará de nuevo el cuadro de diálogo de la figura 11.4, a continuación se

insertará una carga en el dibujo, se presionará el botón



MDPP cerrará temporalmente el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 11.4 y solicitará que se le introduzca el punto de inserción, la magnitud y dirección de la carga.

Specify insertion point <Enter=Dialogbox> : end.↓

of 421,43.↓

Enter a new value <1000 N>: 5000.↓

Se utilizará un ángulo de 270 grados para conservar la dirección de la fuerza como se muestra en la figura 11.1.

Specify an rotation angle: 270.↓

MDPP mostrará de nuevo el cuadro de diálogo de la figura 11.4 a continuación se

insertará otra carga en el dibujo, se presionará el botón



MDPP cerrará temporalmente el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 11.4 y solicitará que se le introduzca el punto de inserción, la magnitud y dirección de la carga.

Specify insertion point <Enter=Dialogbox> : quad ↵

of 463,0↵

Enter a new value <1000 N>: 2800↵

Se utilizará un ángulo de 180 grados para conservar la dirección de la fuerza como se muestra en la figura 11.1.

Specify an rotation angle: 180↵

El resultado se muestra en la figura 11.5.

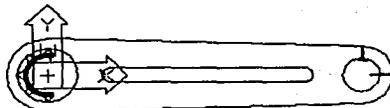


Figura 11.5. Brazo con soporte y cargas aplicados.

Mostrándose el diálogo siguiente:

MDPP mostrará el cuadro de diálogo de la figura 11.4, a continuación se procederá a crear la malla para el análisis de la pieza, para esto se presionará el botón crear malla



Delete - Working...

Generating Mesh - Working...

En la figura 11.6 se muestra la malla generada por el comando **AMFEA2D**.

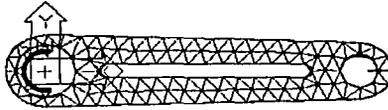


Figura 11.6. Malla generada.

Mostrándose el diálogo siguiente:

<Return>:J

MDPP volverá a abrir el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 11.4, se procederá a continuación a generar los resultados, se presionará el botón  que aparece en la sección del cuadro de diálogo llamada resultados (Results).

MDPP mostrará el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 11.7, se llenará con los valores que se muestran y se hará clic en OK.

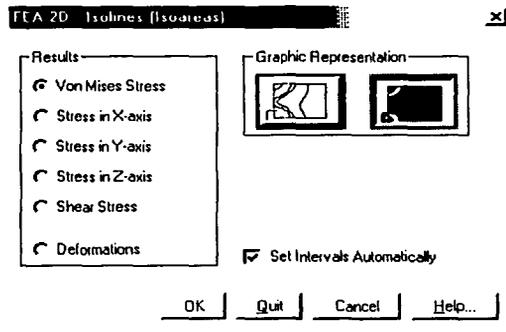


Figura 11.7. Cuadro de diálogo isolíneas (isoáreas).

Mostrándose el diálogo siguiente:

Delete - Working...

Load Mesh

Calculating:

Generate Nodes in middle of edges of triangles

Search loads and supports

Number of elements 174, Nodes 446

Renumbering of Nodes

Allocation of memory for Equation System 417 kB

Preparation of Equation System

Calculation of Equation System

Calculation of Stresses

Calculation of Inner Loads

Write Support Loads

Write calc.values in Mesh

Delete - Working...

Von Mises Isoareas - Working...

MDPP solicitará que se especifique el punto de inserción de las isoáreas, en este caso se le indicará que incluya las isoáreas dentro del brazo (in boundary).

Specify base point <Return = in boundary>:↵

A continuación MDPP solicitará que se especifique la ubicación de la tabla de valores de

los esfuerzos.

Insertion point: *Se hará clic en un punto a la derecha del brazo.*

El brazo lucirá como el que se muestra en la figura 11.8.

<Return>:~J

MDPP mostrará el cuadro de diálogo de la figura 11.4, a continuación se procederá a guardar los resultados en un archivo de texto, se presionará el botón archivo (File...) de la sección de resultados (results) aparecerá el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 11.9, se escribirá el nombre del archivo en este caso se le denominó RESULTADOS AMFEA2D y se hará clic en Guardar.

Output file for results - Working...

Working...

MDPP abrirá nuevamente el cuadro de diálogo que se muestra en la figura 11.4, para acabar con el análisis se hará clic en Close.

El resultado se muestra en la figura 11.8.

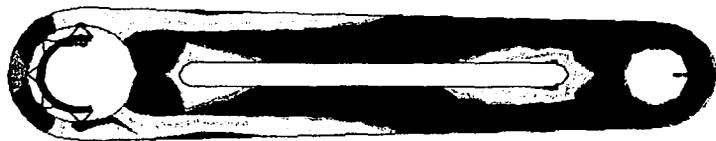


Figura 11.8. Isoáreas creadas.

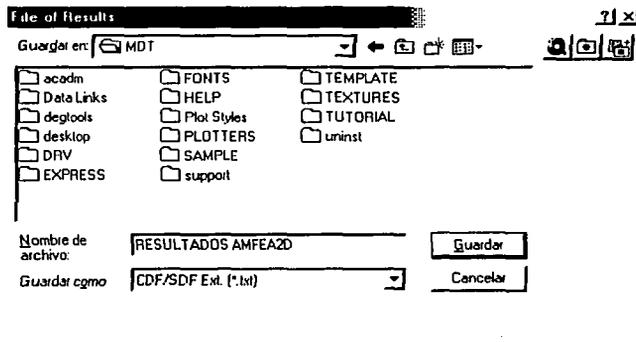


Figura 11.9. Cuadro de diálogo archivo de resultados.

A continuación se proporciona parte del contenido del archivo RESULTADOS AMFEA2D.TXT que se creó como resultado de la utilización del procedimiento anterior:

Solution: FEA-2D Elastic deformation in Z-axis enabled
Material: S235JR
Elastic modulus 200000.00 [N/mm²]
Poisson constant 0.30
Thickness 10.00

	max./min. Values		Nodes	XY-coord.
Deformation	max dx [mm]:	0.1501	83	266.50,-47.04
	min dx [mm]:	-0.1375	86	266.50,47.04
Deformation	max dy [mm]:	1.4459	135	463.00,-0.00
	min dy [mm]:	-0.0013	10	-19.68,-50.29
Deformation	max d [mm]:	1.4460	135	463.00,-0.00
Von Mises	max svM [N/mm ²]:	165.5836	13	0.00,-40.00
Stress in X-Axis	max sX [N/mm ²]:	163.0292	35	89.77,-51.67
	min sX [N/mm ²]:	-154.2776	38	89.77,51.67

Stress in Y-Axis	max sY [N/mm ²]:	57.5517	15	0.00,40.00
	min sY [N/mm ²]:	-64.2754	13	0.00,-40.00
Stress in Z-Axis	max sZ [N/mm ²]:	0.0000	1	-54.00,0.00
	min sZ [N/mm ²]:	0.0000	1	-54.00,0.00
Shear Stress	max Txy [N/mm ²]:	56.2371	112	355.00,0.00
	min txy [N/mm ²]:	-54.6315	13	0.00,-40.00
Main Stress	max s1 [N/mm ²]:	170.9412	106	345.00,-10.00
	min s1 [N/mm ²]:	-27.8822	109	345.00,10.00
Main Stress	max s2 [N/mm ²]:	31.7656	127	421.13,42.99
	min s2 [N/mm ²]:	-160.0899	109	345.00,10.00

CONCLUSIONES

Después del desarrollo de este trabajo se pueden establecer las conclusiones siguientes:

1. El diseño paramétrico le permite al Ingeniero Mecánico Electricista tener un mayor control del diseño en desarrollo, ya que le es posible determinar la geometría del mismo en base a parámetros establecidos como son las características físicas del material con que se va a construir el dispositivo, y las cargas a las cuales será sometido el dispositivo diseñado.
2. La posibilidad de crear modelos virtuales le permitirá al Ingeniero Mecánico Electricista visualizar errores, y hacer correcciones antes de construir su prototipo, lo cual se deducirá en un menor costo y en ahorro de tiempo.
3. El análisis mediante elemento finito del programa MDPP le permitirá a los estudiantes de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista darse una idea de las concentraciones de esfuerzos y deformaciones que se presentan en una pieza ya sea bidimensionalmente o en tres dimensiones.
4. Los estándares contenidos en el programa MDPP le permitirán al estudiante de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista conocer los diversos tipos de piezas comerciales, lo cual lo conducirá a la elección de elementos ya fabricados lo que se traducirá en un ahorro de tiempo y en la reducción de costo de los diseños que el estudiante desarrolle.

El programa Mechanical Desktop versión 4.0 y su versión Power Pack son herramientas que le permitirán a los estudiantes de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista tener una mejor comprensión del diseño mecánico y les proporcionarán los conocimientos necesarios para enfrentarse a los diversos retos de diseño a los que encontrarán en la Industria al terminar la carrera.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maximazing AutoCAD Release 12
Smith Joseph and Gesner Rusty
Ed. New Riders Publishing
2. Killer AutoCAD Utilities
Hampe Kurl
Ed. New Riders Publishing
3. Inside AutoCAD-Metric Edition
Gesner Rusty
Ed. New Riders Publishing
4. AutoCAD for beginners
Gesner Rusty
Ed. New Riders Publishing
5. AutoCAD Student Workbook
Conner Frank
Ed. New Riders Publishing
6. Complete AutoCAD
Cohn David S.
Ed. Addison-Wesley Publishing Company Inc
7. AutoCAD Release 12 for beginners
Vic Wright
Ed. New Riders Publishing
8. Maximazing Autolisp
Gesner Rusty
Ed. New Riders Publishing

9. Design Methods

Jones John Chirs

Ed. Van Nostrand Reinhold

10. The AutoCAD Release 12 Encyclopedia

Cohn David S

Ed. New Riders Publishing.

11. Introduction to AutoCAD Designer 1.1

Steven K.Howell

Ed. PWS Publishing Company

12. Apuntes de Diseño de Herramental

Felipe Díaz del Castillo Rodríguez

Semestre 2001-1

13. An introduction to the finite element method

Reddy, J. N.

Ed. McGraw Hill

14. Introducción al estudio del elemento finito en ingeniería

Turypathi R. Chandrupatla

Ed. Prentice Hall

APÉNDICE A

NORMAS PARA DIBUJO TÉCNICO

A.1. CLASIFICACIÓN DE LOS DISEÑOS SEGÚN NORMAS CORRESPONDIENTES (NOM-Z-24-1985)

Entre otros existen los siguientes tipos de dibujos técnicos

- 1) El esbozo (croquis): Es un dibujo que se traza normalmente a mano libre, a lápiz y que se utiliza en anteproyectos y en el taller. No se ajusta totalmente a normas o formatos.
- 2) Dibujo de Conjunto: Muestra reunidos los diversos componentes que se asocian para formar un todo (No acotado, con excepción de las dimensiones generales).
- 3) Dibujo de Detalle: Es la representación de una pieza en un todo completo (dimensiones, acabados, detalles).
- 4) Dibujo de fabricación o taller: Se realiza especialmente para uso de oficina o taller. Contiene todas las indicaciones para la fabricación de piezas.

A.2. DIMENSIONES NORMALIZADAS PARA PAPELES (NOM-Z-68-1986)

El sistema adoptado para obtener los diferentes tamaños de papel está basado en el sistema métrico decimal y parte de los principios siguientes: cada serie normal de medidas consiste de una sucesión formada de tal manera que cada nueva medida se obtiene dividiendo la inmediata anterior en 2 parte iguales donde la división debe ser paralela al lado más corto en consecuencia las áreas de 2 medidas sucesivas están en relación 2:1 y existen 3 series básicas para papeles de dibujo que son A, B y C.

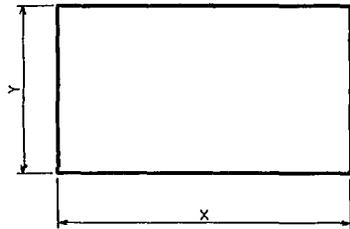


Figura A.1 Medidas del papel

Para obtener los diferentes tamaños de la serie A (qué es la más usada) se usan las

siguientes relaciones y se obtiene la tabla A.1.

$$xy = 1 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$x = \sqrt{2}y \dots\dots\dots(2)$$

Sustituyendo (2) en (1)

$$\sqrt{2}yy = 1$$

$$\sqrt{2}y^2 = 1$$

$$y = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2^{\frac{1}{4}}} = 0.841 \text{ m} = 841 \text{ mm}$$

$$x = 1.189 \text{ m} = 1189 \text{ mm}$$

Tabla A.1. Tamaños de Papel

Tamaño	X	Y
A0	1189	841
A1	841	594.6
A2	594.6	420
A3	420	297
A4	297	210
A5	210	148.65

A.2.1. MÁRGENES Y CUADRO DE REFERENCIA (NOM-Z-66-1986, NOM-Z-68-1986, NOM-Z-71-1986)

Los dibujos de conjunto se realizan por lo general en hojas tamaño A2 o A3, en el caso de dibujos de detalle los tamaños de hoja a utilizar serán A4 o A3.

A continuación, se muestran las dimensiones del margen para tamaños de papel A4 y superiores.

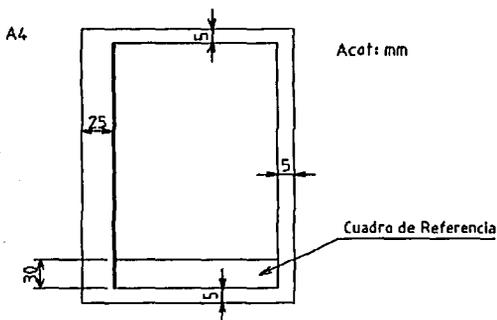


Figura A.2. Márgenes para hoja A4.

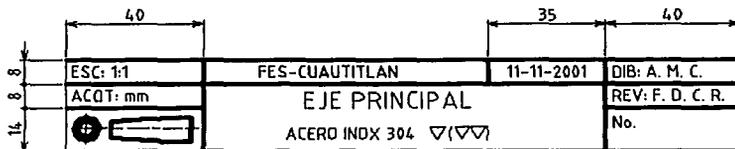


Figura A.3. Medidas del cuadro de referencia.

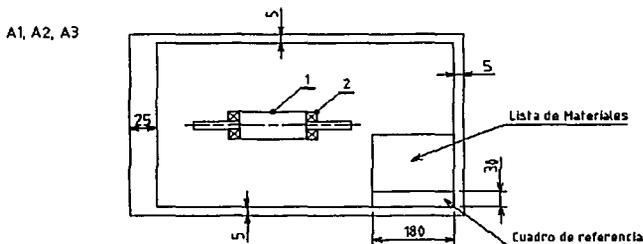


Figura A.4. Medidas de márgenes para hojas A1, A2, A3.

20	20		35	40
2	2	RODAMIENTOS	ACERO	SKF6220
1	1	EJE PRINCIPAL	INDX 304	
No.	Ct.	DESIGNACION	MATERIAL	OBSER.
ESC: 1:1		FES-CUAUTITLAN	11-11-2001	DIB: A. M. C.

Figura A.5. Lista de Materiales.

A continuación se describe el procedimiento para la creación de los márgenes y cuadro de referencia para una hoja tamaño A4:

Primero se definirá el área de trabajo.

Command: **LIMITS.**

Reset Model space limits:

Specify lower left corner or [ON/OFF] <0.0000,0.0000>:.

Specify upper right corner <420.0000,297.0000>: **210,297**↵

Se utilizará el procedimiento siguiente para crear una capa:

Command: **-LAYER**↵

Current layer: "0"

Enter an option

[?/Make/Set/New/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/Plot/Freeze/Thaw/Lock/Unlock]: **n**↵

Enter name list for new layer(s): **aristas**↵

Se le asignará el tipo de línea continua (continuous).

Enter an option

[?/Make/Set/New/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/Plot/Freeze/Thaw/Lock/Unlock]: **LT**↵

Enter loaded linetype name or [?] <Continuous>: **continuous**↵

Se le asignará el grosor de línea de 0.4 mm.

Enter an option

[?/Make/Set/New/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/Plot/Freeze/Thaw/Lock/Unlock]:

LW↵

Enter linewidth (0.0mm - 2.11mm): **0.4**↵

Enter name list of layers(s) for linewidth 0.40mm <0>: **aristas**↵

Enter an option

[?/Make/Set/New/ON/OFF/Color/Ltype/LWeight/Plot/Freeze/Thaw/Lock/Unlock]: ↵

Se repetirá este procedimiento hasta terminar de crear las capas necesarias, los valores de las capas restantes se encuentran en la tabla A.2.

Tabla A.2. Capas y sus características

Nombre de la capa	Tipo de línea	Grosor de línea
CENTROS	CENTER	0.15
TEXTO	CONTINUOUS	0.2
HOJA	DOT	0.2

Se procederá a activar la capa hoja, el procedimiento se describe a continuación:

- 1) Se hará clic en el botón  que aparece a lado del cuadro despegable control de capas, que se encuentra en la barra de herramientas principal de Mechanical (ver figura A.6).



Figura A.6. Capas creadas.

- 2) Se seleccionará la capa deseada (en este caso la capa hoja) haciendo un clic en el nombre de la capa. La barra de herramientas se verá como se muestra en la figura A.7. Esto indicará que la capa hoja está activa y todas las entidades que se dibujen tendrán las características de la capa.



Figura A.7. Barra de herramientas principal de Mechanical mostrando los cambios debidos a la selección de la capa "hoja".

A continuación, se procederá a crear un rectángulo cuyas dimensiones serán 210 de ancho por 297 de alto utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **RECTANG**↵

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **0,0** ↵

Specify other corner point: **210,297** ↵

Se activará la capa texto utilizando el mismo procedimiento que se utilizó para activar la capa hoja y a continuación se creará el margen de la hoja utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **RECTANG** ↵

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: **25,5** ↵

Specify other corner point: **205,292** ↵

Se activará la capa aristas, desactivará el modo osnap presionando la tecla F3 y se crearán las líneas del cuadro de referencia utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **Line** ↵

Specify first point: **25,35** ↵

Punto inicial.

Specify next point or [Undo]: **205,35** ↵

Punto final.

Specify next point or [Undo]: ↵

Fin de comando.

Se repetirá este comando otras 6 veces para crear las líneas faltantes del cuadro de referencia, se utilizarán los valores de la tabla A.3.

Tabla A.3. Puntos para la creación de líneas del cuadro de referencia

Punto Inicial	Punto final
25,27	205,27
130,27	130,35
165,5	165,35
65,5	65,35
25,19	65,19
165,19	205,19

Se creará ahora el símbolo del sistema americano utilizando el procedimiento siguiente:

- 1) Se creará un círculo utilizando el comando círculo de AutoCAD (circle) con centro en 33,12 y de radio 4 unidades.
- 2) Se creará otro círculo con el mismo centro pero con radio de 2 unidades.
- 3) Se crearán 4 líneas utilizando el comando línea (line) utilizando los valores de la tabla A.4.

Tabla A.4. Puntos para la creación de entidad con líneas rectas del símbolo del sistema Americano.

Punto inicial	Punto final
40,10	60,8
60,8	60,16
60,16	40,14
40,14	40,10

- 4) Se activará la capa centros y se crearán dos líneas, los puntos iniciales y finales de estas líneas se encuentran en la tabla A.5.

Tabla A.5. Puntos para la creación de las líneas de centro del símbolo del sistema Americano.

Punto inicial	Punto final
28,12	62,12
33,17	33,7

Se activará la capa texto y se introducirán los textos del cuadro de referencia utilizando el procedimiento siguiente:

Command: **DTEXT**↵

Current text style: "Standard" Text height: 2.5000

Specify start point of text or [Justify/Style]: **J**↵

Enter. an option [Align/Fit/Center/Middle/Right/TL/TC/TR/ML/MC/MR/BL/BC/BR]:	
ML ↵	<i>Justificación.</i>
Specify middle-left point of text: 28,31 ↵	<i>Punto de inserción.</i>
Specify height <2.5000>: 4 ↵	<i>Altura de texto.</i>
Specify rotation angle of text <0>:↵	<i>Ángulo.</i>
Enter text: ESC:1:2 ↵	<i>Texto.</i>
Enter text: ↵	

Se repetirá el comando **dtext** varias veces utilizando los valores que se muestran en la tabla A.6.

Tabla A.6. Características de los textos del cuadro de referencia.

Justificación	Punto inserción	Altura de texto	Ángulo	Texto
ML	28,23	4	0	ACOT: mm
MC	97,5,31	4	0	FES-CUAUTILAN
MC	147,5,31	4	0	4-11-01
ML	168,31	4	0	DIB: MCA
ML	168,23	4	0	REV: FDCR
TL	168,17	4	0	No.
MC	185,12	4	0	1
MC	115,20	4	0	RASPADOR DE HIELO
BL	70,10	4	0	MAT:HIERRO

Se procederá a visualizar todo el dibujo utilizando el procedimiento siguiente:

Command: Zoom ↵
Specify corner of window, enter a scale factor (nX or nXP), or
[All/Center/Dynamic/Extents/Previous/Scale/Window] <real time>: A ↵

El resultado se muestra en la figura A.8.

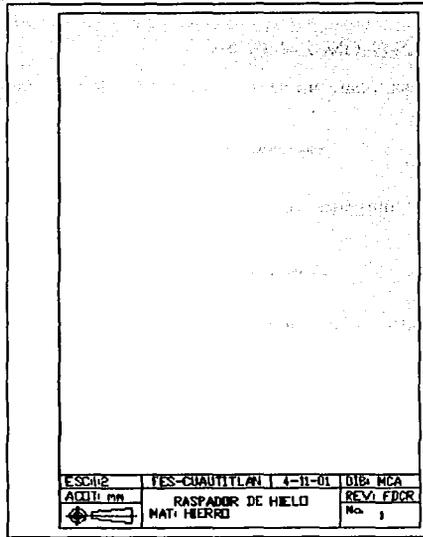


Figura A.8. Hoja A4 terminada.

A continuación se procederá a guardar el dibujo realizado:

Command: **FILEDIA**↵

Enter new value for FILEDIA <1>: **0**↵

Cuadro de diálogo guardar desactivado.

Command: **SAVE**↵

Save drawing as <C:\Archivos de programa\MDT\Drawing1.dwg>: **c:\hoja a4**↵

Command: **FILEDIA**↵

Enter new value for FILEDIA <0>: **1**↵

Cuadro de diálogo guardar activado.

A.3. TIPOS DE LÍNEAS (NOM-Z-4-1986)

Línea continua gruesa: contorno de piezas y cuadro de referencia. (0.4-0.8 mm).



Línea continua fina: márgenes, líneas de cota, líneas de extensión (0.2-0.5 mm).



Líneas de trazos cortos: aristas no visibles (0.2-0.3 mm).



Línea de ejes: Se conforma con una sucesión de trazo largo con trazo corto y se utiliza para líneas de eje de simetría, y centros (0.15-0.2 mm).



A.4. REPRESENTACIÓN DE VISTAS (NOM-Z-3-1985)

Existen diversos tipos de vistas, en el cuadro sinóptico de la figura A.9 se muestran los diversos tipos de vistas.

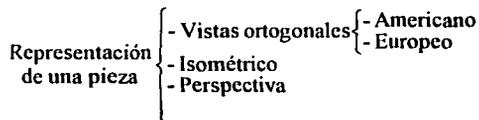
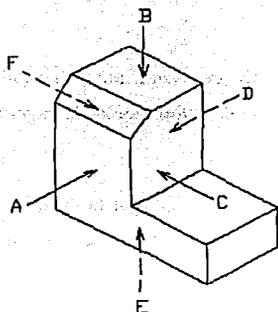


Figura A.9 Cuadro sinóptico de tipos de vistas.

En la figura A.10 se muestran los diferentes tipos de vistas ortogonales según 3 direcciones y 2 sentidos posibles y su designación correspondiente:



- Según A Vista Frontal
- Según B Vista Superior
- Según C Vista Lateral Derecha
- Según D Vista Posterior
- Según E Vista Inferior
- Según F Vista Lateral Izquierda

Figura A.10. Diagrama para ubicación de vistas.

En las figuras A.11 y A.12 se muestran las diferencias de ubicación de las vistas entre el sistema Americano y el sistema Europeo. En la parte superior derecha de estas figuras se muestran los símbolos de identificación de cada sistema.

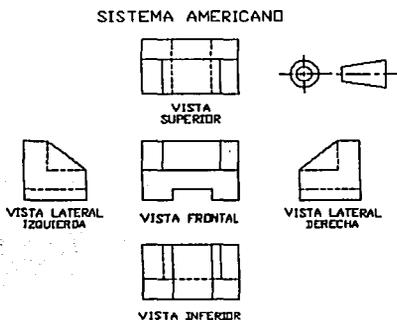


Figura A.11. Sistema Americano.

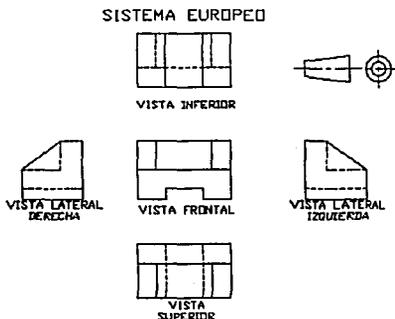


Figura A.12. Sistema Europeo.

A.4.1. SELECCIÓN DE LAS VISTAS

Para representarse una pieza deben seleccionarse las vistas de manera muy cuidadosa siguiendo las recomendaciones que a continuación se mencionan:

1. Elegir la vista frontal de modo tal que se muestra la pieza en su posición normal de

uso.

2. Elegir la vista frontal de tal manera que muestre el menor número posible de aristas no visibles esto es que de la mayor cantidad de información de la geometría de la pieza.
3. Cuando la pieza no tiene una posición definida en su uso, dibujar la vista frontal de acuerdo a la posición que guarda durante su fabricación, tal es el caso de ejes, pasadores, tornillos, etc.
4. Elegir la vista de forma que la pieza quede definida sin ambigüedad y que el número de ellas incluyendo los cortes sea el mínimo.

A.5. ESCALAS (NOM-Z-65-1986)

No siempre se puede dibujar una pieza en su tamaño real, por ejemplo, las piezas correspondientes a un reloj o el plano de una ciudad grande surge entonces la necesidad de usar una escala adecuada para su representación y pueden ser de ampliación o reducción y se recomienda el uso de las siguientes:

Tabla A.7. Escalas

	ESCALA
A tamaño real	1:1
De ampliación	2:1, 5:1, 10: 1
De reducción	1:2, 1:5, 1:10, 1:100

A.6. ACOTACIONES (NOM-Z-25-1986)

Uno de los aspectos más importantes a la hora de documentar los diseños son las acotaciones. En los siguientes puntos se desarrollará este tema con el fin de lograr un mejor entendimiento del mismo.

A.6.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Acotación: Es el sistema mediante el cual se indican en un dibujo las dimensiones geométricas (de longitud y ángulos) de un elemento, pieza o ensamble. La cota es el valor de la dimensión.

Acotación de definición: Es el conjunto de cotas necesarias y suficientes para definir las dimensiones de una pieza.

A.6.2. COTAS (RECOMENDACIONES GENERALES)

En general se procura escribir las cotas fuera de las líneas de contorno del dibujo, que las líneas de extensión y de cota no corten las líneas del dibujo (en la medida de lo posible) y se debe evitar repetir una cota para una misma dimensión a menos que sea indispensable. Toda cota necesaria debe estar indicada en el dibujo para evitar operaciones matemáticas posteriores o medición directa en el dibujo.

Todas las cotas de un dibujo deben expresarse en las mismas unidades, debiéndose indicar las tolerancias en donde sea necesario.

En las figuras A.13 y A14 se muestran respectivamente las formas de acotar distancias lineales y las características que deben de tener las cotas.

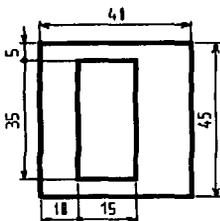


Figura A.13. Acotaciones lineales.

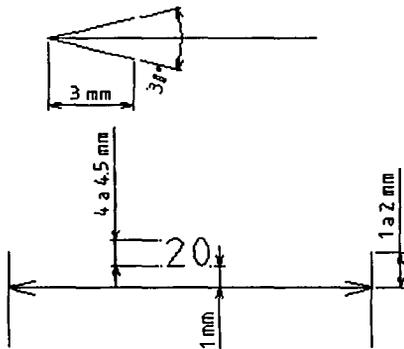


Figura A.14. Características de las cotas.

A.6.3. ACOTACIÓN DE ÁNGULOS

- Las medidas de los ángulos se darán en grados y cuando sea necesario en minutos y segundos.

- Las líneas de cota son arcos cuyo centro se localiza en el vértice del ángulo.
- En piezas planas se debe indicar el ángulo que existe entre aristas.
- Si los ángulos tienen una línea de centro deberá indicarse la distancia existente a la arista de la pieza.
- Los ángulos centrados se acotan una sola vez por ejemplo 120° y no dos veces 60° .

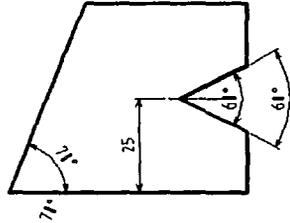


Figura A.15. Acotaciones angulares

En la figura A.15 se muestra un ejemplo de acotación de ángulos.

A.6.4. ACOTACIÓN DE CÍRCULOS

En la figura A.16 se muestran las formas de acotar los círculos según su tamaño.

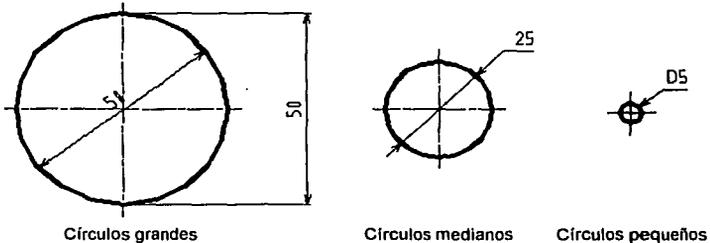


Figura A.16. Acotación de círculos según su tamaño.

A.6.5. ACOTACIÓN DE RADIOS DE ARCO

En la figura A.17 se muestra la forma de acotar radios de arco, cabe hacer notar que se anexara una R a la cota cuando ésta haga referencia a un radio muy pequeño.

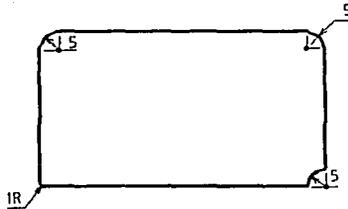


Figura A.17. Acotación de radios de arco.

A.6.6. ACOTACIÓN DE UN BARRENO OVALADO

Las formas de acotar un barreno ovalado se muestran en la figura A.18. Una de las formas es ubicar el barreno como se muestra en la figura A.18 y posteriormente indicando su ancho por medio de la acotación de uno de sus arcos (la cota de 5 unidades), la otra forma es indicar el ancho por medio de una cota lineal (cota de 10 unidades) y ubicar el agujero como se muestra en la figura A.18. (NOTA: Se debe indicar el ancho con la cota de radio de arco o con la cota lineal, pero no con ambos al mismo tiempo).

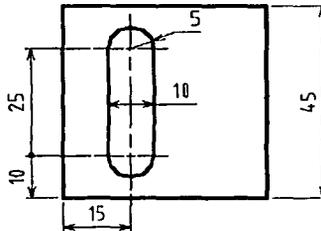


Figura A.18. Acotación de un barreno ovalado.

A.6.7. ACOTACIÓN DE AGUJEROS IGUALES Y SUS RESPECTIVAS PROFUNDIDADES.

Cuando se trata de acotar agujeros de igual diámetro se hace de la forma que se muestra en la figura A.19, basta con indicar la ubicación de uno de los agujeros y el diámetro del mismo, en lo referente a la profundidad se hace uso de vistas en corte y se acota de forma normal, ya que de otra manera las líneas que indican la profundidad del agujero permanecerán ocultas y no está permitido acotar sobre líneas de este tipo.

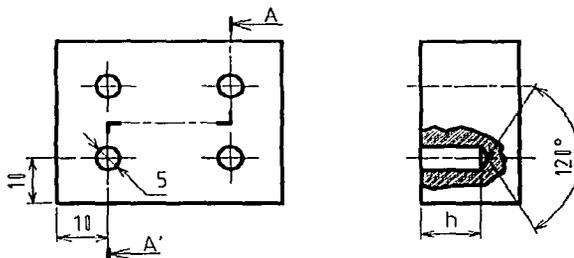


Figura A.19. Acotación de barrenos con mismas características.

A.7. RAYADOS (NOM-Z-5-1985)

Elementos básicos para la identificación de superficies. Los rayados se utilizan para identificar las superficies de corte o secciones de una pieza. Los rayados se hacen con línea continua fina separados a intervalos uniformes que se eligen en función del tamaño y la complejidad de la superficie del corte o sección.

A.7.1 INCLINACIÓN DE LOS RAYADOS.

Los rayados se trazan a una cierta inclinación en relación a los ejes o líneas principales del contorno del corte o sección preferentemente a 45° o bien a 30° o 60° (ver figura A.20).

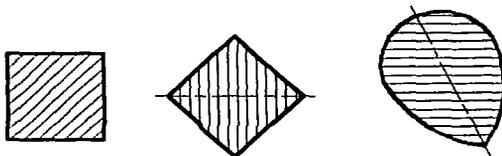


Figura A.20. Inclinación de rayados.

Las secciones de poco espesor se deben ennegrecer completamente y en el caso de las secciones contiguas se deja una pequeña separación en blanco, como se muestra en la figura A.21.

Cuando se trata de superficies grandes el rayado puede reducirse a una franja trazada en el interior del contorno de la pieza cortada. En la figura A.22 se muestra un ejemplo de

rayado de una superficie grande.



Figura A.21. Rayado para secciones de poco espesor.

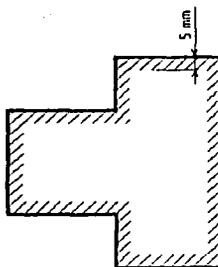


Figura A.22. Rayado para secciones muy grandes.

A.7.2. PIEZAS Y CONJUNTOS

Todas las piezas cortadas de una misma pieza en una o varias vistas se rayan de la misma manera. Las superficies cortadas contiguas de piezas distintas se rayan cambiando la orientación, el intervalo o ambos. En la figura A.23 se muestra un ejemplo de rayado en conjuntos.

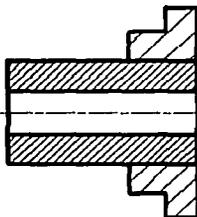


Figura A.23. Rayado en conjuntos.

A.7.3. NATURALEZA DE LOS MATERIALES

El rayado en principio no tiene ningún significado convencional en cuando a la naturaleza del material, la cual debe indicarse en todos casos en el cuadro de referencia del dibujo.

A.7.3.1. RAYADOS PARTICULARES

Con el fin de facilitar la comprensión del dibujo y siempre que el costo de la operación lo permita, además que no se consideren posibles cambios en un futuro para diferenciar los distintos grupos de materiales se pueden utilizar los rayados siguientes:



-Metales y aleaciones no definidas



-Cobre y sus aleaciones



-Aleaciones ligeras



-Plásticos y materiales de empaque



-Materiales cerámicos, vidrio



-Aleaciones para cojinetes

A.8. TIPOS DE ROSCAS

Según la forma del corte transversal del perfil del diente se distinguen los tipos siguientes de roscas:



A.8.1. REPRESENTACIÓN DE LAS ROSCAS.

Antiguamente las roscas se representaban dibujando todos los hilos de la misma forma, lo cual era muy difícil y tardado, hoy en día solo se utilizan símbolos para su representación.

A.8.2. ROSCA EXTERNA

La figura A.24 muestra como se representan las roscas internas en los tornillos, así como también algunas formas de indicar sus características particulares.

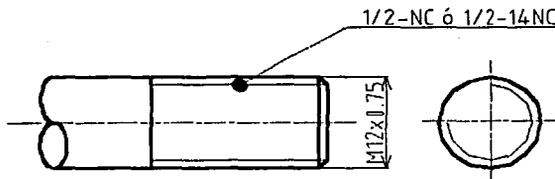


Figura A.24. Representación de rosca externa.

A.8.3. ROSCAS INTERNAS

Normalmente las roscas internas se cortan a partir de barrenos realizados previamente. Se dibuja el diámetro del núcleo con líneas de trazos cortos en vistas no cortadas y con línea continua gruesa cuando se representa en corte.

El diámetro exterior de la rosca se dibuja con línea continua fina cuando se representa en corte debiéndose mencionar que el rayado solo llega hasta la línea del diámetro exterior. En los barrenos que no atraviesan (agujero ciego) se dibuja también la punta del barreno (120°). En la figura A.25 se muestran las representaciones de roscas internas.

Para que haya lugar para las virutas del roscado, la profundidad t del barreno siempre debe ser mayor que la longitud útil de la rosca b variando según el diámetro de la rosca y el tipo de material. Dicha longitud se puede calcular con la ayuda de la tabla A.8.

Tabla A.8. Fórmulas para calcular la longitud útil de la rosca según diámetro d y material

Fórmula	Material
$b = 1 \times d$	Acero o bronce
$b = 1.25 \times d$	Acero fundido
$b = 2 \times d$	Aluminio
$b = 2.5 \times d$	Metales blandos

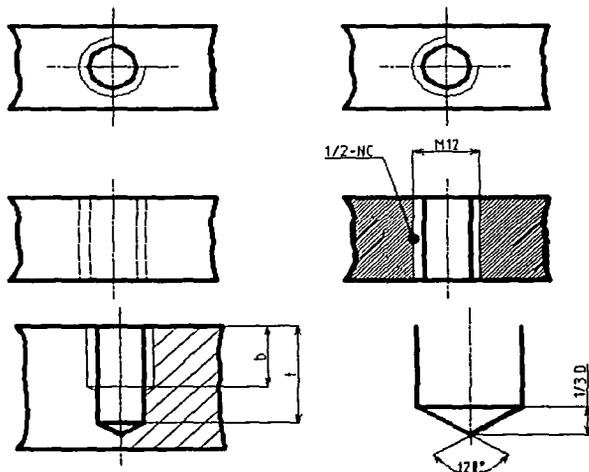


Figura A.25. Representación de rosca interna.

A.9. SÍMBOLOS DE ACABADO (NOM-Z-73-1986)

En el dibujo o esbozo de una pieza se debe de conocer el tipo de superficie esto es si este es bruto, maquinada o tratada, así como su calidad o sea uniformidad y rugosidad. Los símbolos de acabado y las observaciones escritas no determinan el uso de cierto proceso, solo se refieren al estado de la superficie. En tabla A.9 se muestran estos símbolos.

Tabla A.9. Símbolos de acabado

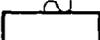
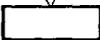
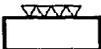
Símbolo	Estado de la superficie	Proceso
	-Conformado arranque de viruta	sin -Laminado, forja, extrusión, fundición
	-En bruto, pero rebabas	sin -Los defectos no permisibles se eliminan por medio de una lima ó esmeril
	-Desbaste	-Corte de material, las huellas dejadas por la herramienta se aprecian a simple vista <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de corte pequeña • Profundidad de corte grande • Avance grande

Tabla A.9. Símbolos de acabado (continuación)

Símbolo	Estado de la superficie	Proceso
	-Afine o alisado	-Las huellas dejadas por la herramienta se siguen apreciando a simple vista. <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de corte grande • Profundidad de corte pequeña • Avance pequeño
	-Rectificado	-Las huellas dejadas por la herramienta se aprecian a simple vista
	-Superacabados	-Pulido -Lapeado -Bruñido

En la tabla A.10 se muestran las características específicas de los símbolos según su ubicación en el dibujo.

Tabla A.10. Altura del símbolo según su ubicación en el dibujo

Lugar	Altura en mm
En el dibujo	3
En el cuadro general	4
Algunas	3

En la figura A.26 se muestran dos ejemplos de ubicación de símbolos de acabado.

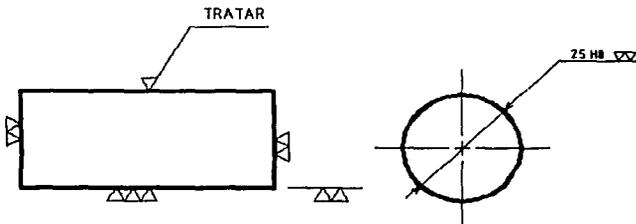


Figura A.26. Ejemplos de ubicación de símbolos de acabado.

A.10. SUPERFICIES FUNCIONALES Y SUPERFICIES NO FUNCIONALES

Sea un conjunto mecánico compuesto por un bastidor o chasis, una chumacera y un árbol o eje que gira a una velocidad n . En la figura A.27 se muestra este conjunto, en conjunto se indicaron algunas de las superficies funcionales como son la superficie del árbol, la superficie de contacto entre la chumacera y el tornillo, y la superficie de la base de la chumacera con el bastidor. Estas superficies están indicadas con el símbolo \curvearrowright .

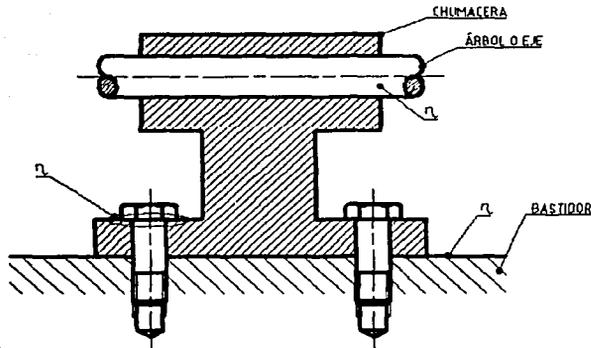


Figura A.27. Superficies funcionales.

De acuerdo a la función del conjunto se pueden distinguir 2 tipos de superficie a saber:

- b) Superficies funcionales
- c) Superficies no funcionales

Las superficies funcionales deben tener un mejor acabado, ya que van a realizar tareas como superficies de deslizamiento, superficies de apoyo, asentamiento, etc.

En las superficies no funcionales se puede permitir una menor calidad ya que no van a realizar alguna tarea específica.

A.11. AJUSTES Y TOLERANCIAS (NOM-Z-67-1986)

Como se puede apreciar en la figura A.27 la función del soporte es la de guiar y soportar al árbol por lo que ambos elementos tendrán superficies de contacto comunes las cuales serán de diámetro D y d para el árbol o eje, lógicamente $D > d$, sin embargo no se puede usar el mismo criterio si el ensamble pertenece a una carretilla de mano o a un motor de avión. Existen muchos procesos de fabricación unos más precisos que otros pero ninguno logra la dimensión exacta que se halla previsto para una pieza: es decir sea cual sea el proceso de fabricación siempre lleva implícito un grado de error el cual puede ser

originado por las causas siguientes:

- 1) Desgaste
- 2) La misma máquina que está conformada con elementos imperfectos (imprecisos)
- 3) Las deformaciones de la pieza durante el maquinado (temperatura, fuerzas)

Por otro lado para que una pieza cumpla de manera adecuada con su función no es necesario que tenga una dimensión exacta; es suficiente que la dimensión real o efectiva esté dentro de ciertos límites bien definidos.

A.11.1. CONCEPTOS DE DIMENSIÓN NOMINAL, MÁXIMA Y MÍNIMA.

Suponiendo que se solicita a un tornero un eje con un diámetro de 35 mm por lo que se acaba de mencionar difícilmente se maquinara el eje con una dimensión igual a 35.000 mm por lo tanto la labor del ingeniero será especificar la dimensión máxima y la dimensión mínima que puede tener dicho eje de tal forma que cumpla con su tarea de manera adecuada.

Dimensión nominal: Es la dimensión que sirve para designar el tamaño del eje o agujero

Dimensión real o efectiva: Es el tamaño del agujero o eje ya maquinado.

Dimensión máxima: Es el tamaño más grande con el que se puede maquinar el eje o agujero.

Dimensión mínima: Es el tamaño más pequeño con el que se puede maquinar el eje o agujero.

Intervalo de tolerancias: Se define como la diferencia que existe entre la dimensión máxima y la dimensión mínima.

NOTA: La dimensión nominal no debe tener un valor arbitrario, conviene que pertenezca a la serie de Renard.

A.11.2. SISTEMA ISO DE TOLERANCIAS Y AJUSTES

Las siguientes notas se han elaborado tomando como base las normas ISO-P-286-1963 y la norma DGNZ-23-1973.

En general se refiere a las tolerancias dimensionales de piezas lisas y a los ajustes correspondientes a su ensamble. En lo sucesivo los términos árbol y agujero definen respectivamente el espacio contenido y el espacio continente. Las piezas pueden ser de sección cilíndrica o de cualquier otra forma como pueden ser el ancho de una ranura, el grosor de una cuña, etc.

Por sencillez y dada su importancia el sistema se desarrolla a partir de piezas cilíndricas. Los valores de la dimensión nominal se han agrupado en 13 escalones que van desde menor o igual a 3 mm hasta 500 mm. Al grado de precisión necesario se le llama calidad.

En la tabla A.11 se proporcionan los valores de las calidades que pueden obtenerse en distintas máquinas en buen estado.

Tabla A.11. Valores de calidades

Escala	Máquina	Calidad
1-Mejor	Torno paralelo	7
	Torno revolver	8-9
	Torno semiautomático	7-8
	Fresadora	7
	Brochadora	7
17-Peor	Taladro con broca	11
	Taladro con rima (escariador)	7
	Rectificadora	5-6
	Máquina CNC	4-6

En el sistema ISC la tolerancia de cada escalón de dimensiones puede tener 8 distintas posiciones representada cada una de ellas por medio de letras mayúsculas para agujeros y minúsculas para árboles.

En el caso de los agujeros las primeras letras del alfabeto representan la posición de las tolerancias siempre por encima de la dimensión nominal (agujero más grande) el

agujero H representa la posición de la tolerancia con desviación inferior nula y las ultimas letras del alfabeto proporcionan siempre agujeros más pequeños con respecto a la dimensión nominal. En la figura A.28 se muestran las zonas de tolerancia por letra para los agujeros.

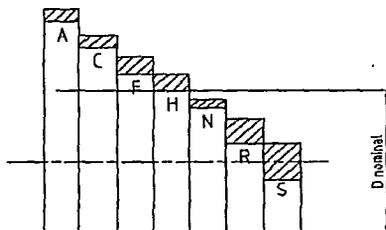


Figura A.28. Tolerancias para agujeros.

Para los árboles las primeras letras del alfabeto representan a la posición de la tolerancia siempre por debajo de la línea 0 (árboles más pequeños) el árbol h tiene una desviación superior nula y las ultimas letras del alfabeto proporcionan siempre árboles más grandes. En la figura A.29 se muestran las zonas de tolerancia por letra para árboles.

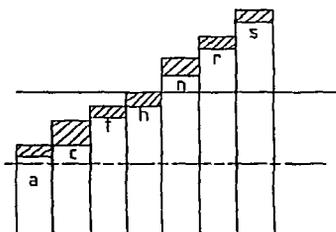


Figura A.29. Tolerancias para árboles.

A.11.3. DESIGNACIÓN DE LA TOLERANCIA

Al designar la tolerancia, primero se indica el valor de la dimensión nominal. después la letra que representa la posición de la tolerancia y finalmente el número que indica la calidad o grado de precisión necesario. A continuación se muestran dos ejemplos de designación de tolerancia.

35 H8 Tolerancia para un agujero de 35 unidades de diámetro

20 e8 Tolerancia para un árbol de 20 unidades de diámetro

A.11.4. AJUSTES

El ensamble de 2 piezas con la misma dimensión nomina constituye un ajuste. Dependiendo de la posición de la tolerancia en cada elemento el ajuste puede ser:

- a) Con juego
- b) Incierto
- c) Con apriete

A.11.4.1. AJUSTE CON JUEGO

Se asegura el juego entre las dos piezas ya que la zona de tolerancias del agujero se encuentra completamente por encima de la zona de tolerancia del árbol (ver figura A.30).

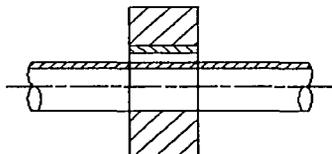


Figura A.30. Ajuste con juego.

A.11.4.2. AJUSTE INCIERTO

En este tipo de ajuste a veces se puede obtener juego a veces apriete ya que existe un traslape en las zonas de tolerancia (ver figura A.31).

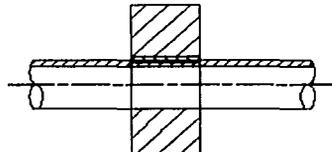


Figura A.31. Ajuste incierto.

A.11.4.3. AJUSTE CON APRIETE

Se asegura siempre un apriete entre los dos elementos ya que la zona de tolerancia del agujero está completamente por debajo de la zona de tolerancia del árbol (ver figura A.32).

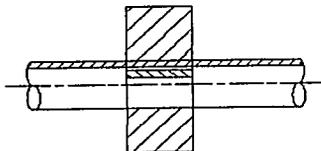


Figura A.32. Ajuste con apriete.

APÉNDICE B

PROCESO DE MODELADO Y TECLAS DE ACCESO RÁPIDO

B.1. PROCESO DE MODELADO DE UN SÓLIDO PARÁMETRICO

A continuación se muestran los pasos generales para la creación un modelo sólido paramétrico con las herramientas de modelado de partes de MD.

1. Se analizará la parte a fin de determinar los bloques o elementos que se necesitan crear y el orden más eficiente para crearlos. *Una parte que requiere horas para crearse con una mala estrategia de diseño puede llevar sólo unos minutos con una buena estrategia.*
2. Para generar el primer bloque o base, se hará un bosquejo de la forma básica.
3. Se convertirá el bosquejo en un perfil paramétrico.
4. Se aplicarán restricciones y dimensiones paramétricas al perfil.
5. Se extruirá, girará o barrera el perfil paramétrico para general el primer bloque de la parte.
6. Se agregarán, quitarán e intersectarán los elementos paramétricos subsecuentes para completar las características de la parte.
7. Se documentará a parte utilizando el administrador de dibujos de MD.

B.2. TECLAS DE ACCESO RÁPIDO DISPONIBLES EN EL PROGRAMA MECHANICAL DESKTOP

Las teclas de acceso rápido son atajos que permiten al usuario del programa utilizar funciones específicas (comandos), sin necesidad de escribir todo el nombre del comando, para así ahorrar tiempo a la hora de la construcción y modelado de una parte. En la tabla B.1 se muestran todas las teclas de acceso rápido a comandos, su función y el comando con el cual se relacionan estas teclas.

Tabla B.1. Teclas de acceso rápido

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	XLINE
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 el 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 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 de objeto	DDEMODES
FF	Extensión de visualización	ZOOM/EXTENTS
GG	Gira un perfil añadiendo material	AMREVOLVE
HH	Añade un agujero a una parte	AMHOLE
II	Añade dimensiones paramétricas a un perfil	AMPARDIM
JJ	Añade restricciones geométricas a un perfil	AMADDCON
KK	Borra ajustes de un ensamblaje	AMDELTWEAKS
LL	Editamos un bloque, elemento o entidad	AMEDITFEAT
MM	Mueve y copia una selección	MOVE y COPY
NN	Manejo de ensamblajes	AMCATALOG
OO	Actualiza una parte	AMUPDATE

Tabla B.1. Teclas de acceso rápido (continuación)

TECLA	FUNCIÓN	COMANDO
PP	Define un perfil de parte (parte profile)	AMPROFILE
QQ	Edita una vista de dibujo	AMEDITVIEW
RR	Regenera todas las vistas	REGENALL
SS	Crea un plano de bosquejo de parte (part sketch plane)	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 en tiempo real	ZOOM/REALTIME
1	Muestra un puerto de vista	
2	Muestra 2 puertos de vista	
3	Muestra 3 puertos de vista	
4	Muestra 4 puertos de vista	
5	Vista superior	
55	Vista inferior	
5D	Vista superior, establece profundidad	
5U	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	
0	Ocultar	
[Rota a la izquierda	
]	Rota a la derecha	
=	Rota hacia arriba	
-	Rota hacia abajo	

APÉNDICE C

INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTO FINITO

C.1. INTRODUCCIÓN.

El análisis mediante elemento finito (MEF) es una poderosa herramienta numérica para resolver problemas matemáticos relacionados con situaciones prácticas de ingeniería.

El análisis mediante elemento finito es un método numérico para resolver una ecuación o un sistema de ecuaciones diferenciales.

La aplicación del MEF implica la división del sistema físico en pequeñas subregiones conocidas como elementos. Cada elemento es esencialmente una unidad, la cual puede analizarse. Las características de todo el sistema son aproximadas por el uso de un gran número de elementos.

C.2. FUNDAMENTOS DE LA ELASTICIDAD LINEAL Y EL ELEMENTO FINITO

En la siguiente sección se presenta un procedimiento para determinar algunas características de cada elemento finito.

C.2.1. DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES

Cuando los cuerpos deformables son sometidos a la acción de fuerzas externas al cuerpo, cada punto genera un desplazamiento s :

$$s = ui + vj + wk \tag{C.1}$$

que a su vez generan interacciones entre las partículas que forman al cuerpo.

La distribución de esas interacciones se pueden obtener si se conocen los desplazamientos de cualquier punto, mediante la definición de tres funciones continuas:

$$u = u(x, y, z, t) \tag{C.2}$$

$$v = v(x, y, z, t) \quad (\text{C.3})$$

$$w = w(x, y, z, t) \quad (\text{C.4})$$

donde x, y, z, t son las coordenadas espaciales y temporal en cada punto antes de aplicarse cargas al cuerpo deformable.

En función de los desplazamientos, se definen las deformaciones lineales como:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \varepsilon_{yy} = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \varepsilon_{zz} = \frac{\partial w}{\partial z} \quad (\text{C.5})$$

y las deformaciones angulares como:

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \quad (\text{C.6})$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \quad (\text{C.7})$$

$$\gamma_{zx} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \quad (\text{C.8})$$

Las primeras definen el cambio de longitud paralela a cada eje, en segmentos unitarios. Las deformaciones angulares miden el cambio angular entre segmentos ortogonales, paralelos a dos ejes.

Existen condiciones necesarias para lograr la continuidad de los desplazamientos de las partículas, que se definen por las siguientes relaciones:

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_{xx}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_{yy}}{\partial x^2} = 2 \frac{\partial^2 \varepsilon_{xy}}{\partial x \partial y} \quad (\text{C.9})$$

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_{yy}}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_{zz}}{\partial y^2} = 2 \frac{\partial^2 \varepsilon_{yz}}{\partial y \partial z} \quad (\text{C.10})$$

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_{zz}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_{xx}}{\partial z^2} = 2 \frac{\partial^2 \varepsilon_{xz}}{\partial x \partial z} \quad (\text{C.11})$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{\partial \varepsilon_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \varepsilon_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial z} \right) = \frac{\partial^2 \varepsilon_{xx}}{\partial y \partial z} \quad (\text{C.12})$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(-\frac{\partial \varepsilon_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \varepsilon_{yz}}{\partial x} \right) = \frac{\partial^2 \varepsilon_{xy}}{\partial z \partial x} \quad (\text{C.13})$$

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{\partial \varepsilon_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \varepsilon_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \varepsilon_{zx}}{\partial y} \right) = \frac{\partial^2 \varepsilon_{zz}}{\partial x \partial y} \quad (\text{C.14})$$

C.2.2. ESFUERZOS

Los esfuerzos asociados a las caras anteriores y posteriores de un cubo infinitesimal extraído de un continuo, se indican como:

Esfuerzos normales: $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$

Esfuerzos cortantes: $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}, \tau_{yx}, \tau_{zy}, \tau_{zx}$

El primer subíndice corresponde a la cara a la que el actúa el esfuerzo y el segundo a la dirección paralela en que lo hace dentro de aquella cara, ver figura C.1.

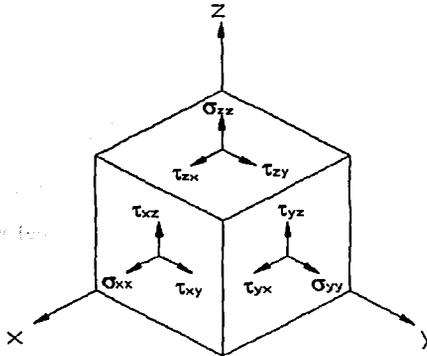


Figura C.1. Componentes de esfuerzo referidas a coordenadas cartesianas.

Para mantener el equilibrio rotacional, los esfuerzos cortantes deben ser complementarios, esto es:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}, \tau_{yz} = \tau_{zy}, \tau_{zx} = \tau_{xz} \quad (\text{C.15})$$

Aplicando las ecuaciones de equilibrio estático, $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0, \sum F_z = 0$, se

llega a las expresiones:

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + f_x = 0 \quad (\text{C.16})$$

$$\frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + f_y = 0 \quad (\text{C.17})$$

$$\frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + f_z = 0 \quad (\text{C.18})$$

donde f_x , f_y y f_z son las componentes locales de las fuerzas del cuerpo asociadas a un marco general cartesiano de referencia.

C.2.3. RELACIONES ESFUERZO DEFORMACIÓN

Assumiendo condiciones mediante las cuales el material del cuerpo es elástico, isotrópico y homogéneo, las deformaciones normales se relacionan con los esfuerzos mediante la ley de Hooke como:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E} (\sigma_{xx} - \nu (\sigma_{yy} + \sigma_{zz})) \quad (\text{C.19})$$

$$\varepsilon_{yy} = \frac{1}{E} (\sigma_{yy} - \nu (\sigma_{xx} + \sigma_{zz})) \quad (\text{C.20})$$

$$\varepsilon_{zz} = \frac{1}{E} (\sigma_{zz} - \nu (\sigma_{xx} + \sigma_{yy})) \quad (\text{C.21})$$

Donde E es el módulo de elasticidad o de Young y ν es el módulo o relación de Poisson.

Asimismo, las deformaciones angulares se relacionan con los esfuerzos cortantes de la siguiente forma:

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G} \quad (\text{C.22})$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G} \quad (\text{C.23})$$

$$\gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G} \quad (\text{C.24})$$

donde G es el módulo de elasticidad al cortante y se puede calcular por medio de:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (\text{C.25})$$

Es conveniente escribir las seis componentes de la deformación en forma matricial, como sigue:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{zz} \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{bmatrix} = \frac{1}{E} \begin{bmatrix} 1 & -\nu & -\nu & 0 & 0 & 0 \\ -\nu & 1 & -\nu & 0 & 0 & 0 \\ -\nu & -\nu & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2(1+\nu) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2(1+\nu) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2(1+\nu) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{bmatrix} \quad (\text{C.26})$$

Al invertir la matriz anterior se obtiene:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda + 2G & \lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda + 2G & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda & \lambda + 2G & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & G & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & G & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{zz} \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{bmatrix} \quad (\text{C.27})$$

en la cual λ es el coeficiente de Lamé, y está dado por:

$$\lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad (\text{C.28})$$

Combinando las ecs. (C.5)-(C.8), (C.16)-(C.18) y (C.27) se obtiene el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \mu \Delta u + f_x = 0 \quad (\text{C.29})$$

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \mu \Delta u + f_y = 0 \quad (\text{C.30})$$

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \mu \Delta u + f_z = 0 \quad (\text{C.31})$$

donde:

$$\mu = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (\text{C.32})$$

Con las cuales es posible obtener los desplazamientos, y estos desplazamientos, las deformaciones y finalmente los esfuerzos.

Salvo en casos especiales donde la geometría del problema es simple, estas ecuaciones no pueden resolverse en forma analítica, por lo que se recurre a otros métodos de solución cuando se tienen geometrías complejas. Por un lado, tenemos métodos experimentales y, por otro, métodos numéricos de solución.

Los métodos experimentales se basan en mediciones directas sobre modelos de las piezas o sobre las mismas piezas en proceso de análisis, obteniéndose resultados gráficos, visuales o medidas directas de los desplazamientos en la pieza o en el modelo. Estos resultados se traducen en los valores reales de esfuerzo o de deformación. Dentro de los métodos más conocidos se tiene el de lacas frágiles, las galgas extensométricas y la fotoelasticidad.

A diferencia de los métodos experimentales, los métodos numéricos resuelven en forma aproximada las ecuaciones diferenciales, por ejemplo el Análisis mediante elemento finito y el Método de Diferencias Finitas.

C.3. CONCEPTO FUNDAMENTAL DEL ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTO FINITO

El concepto fundamental del análisis mediante elemento finito es que cualquier función continua, como la temperatura, la presión o los desplazamientos, pueden aproximarse a un modelo discreto compuesto de una serie de segmentos continuos de funciones definidas sobre un número finito de subdominios.

El modelo discreto se construye como sigue:

1.- Se define un número finito de puntos en el dominio. Estos puntos se conocen como puntos nodales o nodos.

2.- El valor de la cantidad continua en cada punto nodal se denota como una variable la cual será calculada.

3.- El dominio total se divide en un número finito de subdominios llamados elementos. Estos elementos son conectados mediante los nodos, el conjunto de todos los nodos y el conjunto de todos los elementos aproximan la forma del dominio.

4.- La función continua se aproxima sobre cada elemento por una función polinomial. El ajuste de los coeficientes del polinomio se realiza de tal manera que de la mejor aproximación posible a la verdadera función continua. Este ajuste se acompaña por alguna minimización de cantidades asociadas con el problema físico. El proceso de minimización produce un conjunto de ecuaciones lineales que se resuelven para encontrar el valor de la función en los nodos.

El concepto fundamental del elemento finito es más fácil de comprender mediante un ejemplo unidimensional. En un elemento estructural de longitud L , sección transversal uniforme A y sometido a una carga axial centrada P , se desean conocer los desplazamientos en la dirección en que se aplica la carga. ver figura C.2.

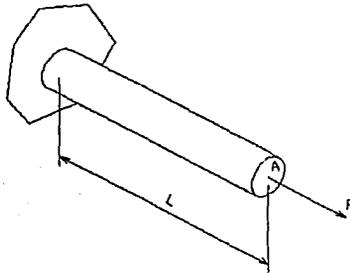


Figura C.2. Barra cargada axialmente.

De la ecuación (C.2), (C.5) y (C.19) se tiene que la deformación está dada por:

$$\epsilon_{xx} = \frac{\sigma_{xx}}{E} \quad (\text{C.33})$$

como la sección transversal y la fuerza son constantes, y el desplazamiento se da solo en la dirección de la carga se tiene una ecuación diferencial que rige el comportamiento del desplazamiento:

$$\frac{du}{dx} = \frac{P}{EA} \quad (\text{C.34})$$

separando variables e integrando en toda la longitud, se obtiene el desplazamiento como:

$$u = \frac{PL}{EA} \quad (\text{C.35})$$

La solución de este problema mediante el análisis mediante elemento finito se realiza de la siguiente manera: la función continua es el desplazamiento $u(x)$ y el dominio es el intervalo OL a lo largo del eje x . Cinco puntos a lo largo del eje x son identificados y numerados, ver figura C.3 (a). Estos puntos son los nodos. Los valores $u(x)$ son especificados en cada nodo. La división del dominio en elementos puede realizarse de varias maneras, por ejemplo, se puede limitar cada elemento a dos nodos formando cuatro elementos, se puede dividir el dominio en dos elementos con tres nodos o se pueden utilizar dos nodos teniendo un solo elemento, ver figura C.3 (b).

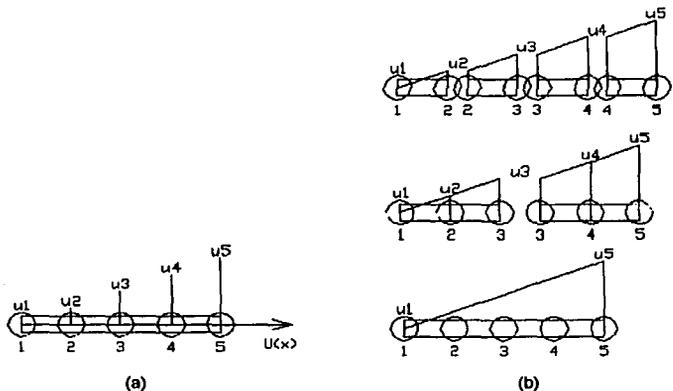


Figura C.3. Nodos y elementos.

Cuando se tienen dos nodos por elemento, la función que se puede utilizar es una función lineal, en tanto que cuando se utilizan tres nodos la función puede ser un polinomio de segundo grado, ver fig. C.3 (b). En este caso solo se considera un elemento, el cual es suficiente para ilustrar el concepto básico del método definido por los nodos U_1 y U_2 . De esta forma el polinomio que aproxima el desplazamiento en el elemento es:

$$u = \alpha_1 + \alpha_2 x \quad (\text{C.36})$$

Los coeficientes α_1 y α_2 pueden determinarse usando las condiciones nodales:

$$u=0 \text{ en } x=0 \quad (\text{C.37})$$

y

$$u=U_2 \text{ en } x=L \quad (\text{C.38})$$

de estas condiciones resulta un par de ecuaciones, al sustituir las condiciones anteriores en (C.36):

$$0 = \alpha_1 + \alpha_2(0) \quad (\text{C.39})$$

$$U_2 = \alpha_1 + \alpha_2(L) \quad (\text{C.40})$$

las cuales conducen a que:

$$\alpha_1 = 0 \quad (\text{C.41})$$

$$\alpha_2 = \frac{U_2}{L} \quad (\text{C.42})$$

sustituyendo los valores para α_1 y α_2 en (C.36) se obtiene una función sobre el elemento que aproxima al desplazamiento:

$$u = \frac{U_2}{L} x \quad (\text{C.43})$$

En este caso la minimización que se realiza es sobre la energía potencial del sistema y está dada por:

$$\pi = \int_V \frac{\sigma_{xx} \epsilon_{xx}}{2} dV - P U_2 \quad (\text{C.44})$$

la integral contiene el término de la energía de deformación, mientras $P U_2$ es el trabajo

hecho por la carga aplicada. El esfuerzo σ_{xx} se relaciona con la componente de la deformación ϵ_{xx} por medio de la Ley de Hooke, (C.33), así la ecuación (C.44), puede escribirse como:

$$\pi = \frac{AE}{2} \int_0^L \epsilon_{xx}^2 dx - PU_2 \quad (C.45)$$

donde $dV=Adx$ y A y E son constantes.

La componente de la deformación es referida al desplazamiento por $\epsilon_{xx}=dU/dx$. Por lo cual derivando (C.43) se obtiene:

$$\epsilon_{xx} = \frac{U_2}{L} \quad (C.46)$$

La energía potencial para el sistema es:

$$\pi = \frac{AE}{2} \int_0^L \left(\frac{U_2}{L}\right)^2 dx - PU_2 = \frac{AE}{2L} U_2^2 - PU_2 \quad (C.47)$$

De la minimización de π con respecto a U_2 se obtiene:

$$\frac{d\pi}{dU_2} = \frac{AE}{L} U_2 - P = 0 \quad (C.48)$$

Despejando U_2 de (C.48) se obtiene la solución siguiente:

$$U_2 = \frac{PL}{AE} \quad (C.49)$$

el cual es idéntico al valor teórico, el cual fue obtenido en este ejemplo porque los desplazamientos varían linealmente en el modelo y el problema físico.

El concepto básico del Análisis mediante elemento Finito es también aplicable a dos y tres dimensiones.

C.4. PRINCIPIOS DE LOS ELEMENTOS FINITOS

C.4.1. DISCRETIZACIÓN DE UN CUERPO

La discretización de un cuerpo en subregiones es la primera de una serie de pasos

que debe de realizarse cuando se resuelve un problema de ingeniería por el método de elemento finito. Este paso no tiene una base teórica establecida y depende del uso del criterio de la persona que este realizando la discretización. La aplicación de un juicio pobre o inadecuado producirá resultados inadecuados en los subsiguientes pasos que están interrelacionados a él.

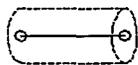
La discretización de un cuerpo comprende la decisión tanto del número, tamaño y forma de los elementos usados en el modelo del cuerpo. El objetivo general de tal discretización es la de dividir el cuerpo en elementos lo suficientemente pequeños para que funciones simples de desplazamiento puedan aproximar de manera adecuada la solución. Es necesario recordar que una gran cantidad de elementos ocasiona mayor tiempo de computo para su solución. Sin embargo, pueden establecerse varias reglas generales para el proceso de discretización cuando no se tiene experiencia en este campo.

C.4.2. TIPOS DE ELEMENTOS

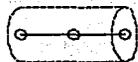
Elementos unidimensionales. Cuando la geometría, propiedades del material y variables dependientes tales como la temperatura, desplazamientos o esfuerzos pueden describirse en términos de una coordenada espacial, puede utilizarse un elemento unidimensional. El elemento unidimensional más simple tiene dos nodos, uno en cada extremo. Este elemento tienen una sección transversal constante y se muestra esquemáticamente como una línea, como se muestra en la figura C.4 (a). Los elementos unidimensionales de mayor orden son lo que tienen tres nodos (cuadrático) y cuatro nodos (cúbico) como se muestra en la figura C.4 (b) y (c). Este tipo de elementos son comúnmente empleados en problemas estructurales y de transferencia.

Elementos bidimensionales. Existen dos tipos de elementos usados para el modelado en el dominio bidimensional, el triángulo y el cuadrilátero de la figura C.5 (a) y (b). En este caso, el elemento lineal en cada familia tiene lados rectos, pero los elementos de mayor orden, cuadráticos y cúbicos, pueden tener lados rectos, curvos o ambos. La capacidad de tener fronteras curvas es posible por la existencia de nodos intermedios en cada borde de los elementos. El elemento bidimensional se emplea en problemas de

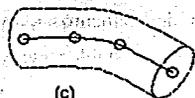
esfuerzo plano, deformación plana, etc.



(a)

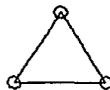


(b)

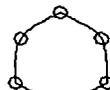


(c)

Figura C.4. Elementos finitos Unidimensionales.

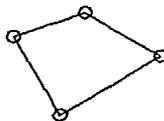


3 NODOS

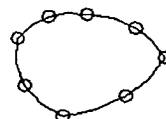


6 NODOS

(a) Triángulo



4 NODOS



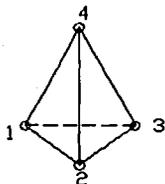
8 NODOS

(b) Cuadrilateral

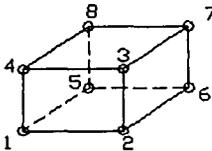
Figura C.5. Elementos finitos bidimensionales.

Elementos tridimensionales. Los elementos tridimensionales más comunes son variaciones de los elementos bidimensionales, tetraedros y hexaedros. Un tetraedro tiene cuatro nodos, mientras que un hexaedro general y un prisma rectangular tienen ocho nodos como se observa en la figura C.6. En este caso, los elementos lineales están restringidos a superficies planas, mientras que los elementos de mayor orden pueden tener superficies curvadas en cada cara.

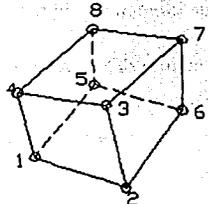
Algunos problemas tridimensionales pueden aproximarse por dos coordenadas independientes. Tales problemas pueden resolverse utilizando un elemento axisimétrico como se muestra en la figura C.7. Los problemas que poseen simetría axial como pistones, recipientes a presión, discos giratorios, caen dentro de esta categoría. Es conveniente expresar estos problemas en términos de un sistema coordenado cilíndrico ya que por la simetría, las componentes de esfuerzo son independientes de la dirección tangencial (θ).



(a) Tetrahedro



(b) Prisma rectangular



(c) Hexahedro

Figura C.6. Elementos finitos tridimensionales.

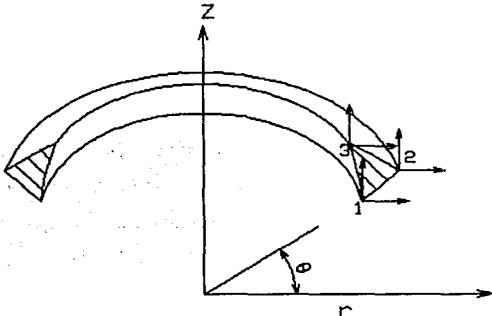


Figura C.7. Elemento axisimétrico.

C.4.3. DIVISIÓN DEL CUERPO EN ELEMENTOS

El proceso de discretización puede dividirse en dos partes: la primera se refiere a la división del cuerpo en elementos y la segunda con el etiquetado de los elementos y la numeración de los nodos; éste último es muy simple pero puede ocasionar complicaciones en cuanto a la eficiencia computacional.

El tipo de elementos que serán usados se establecen en primer lugar de acuerdo a las características físicas del problema. Por ejemplo, se usan elementos unidimensionales si el problema unidimensional de transferencia de calor o la respuesta dinámica de alguna máquina. Similarmente, en el caso de análisis de esfuerzos de componentes de elementos de máquinas, el modelado de los componentes se puede realizar con elementos tridimensionales si la geometría es muy compleja o en algunos casos se puede realizar



empleando elementos bidimensionales.

El tamaño del elemento debe seleccionarse con cuidado. Si el tamaño del elemento es relativamente pequeño, la solución será más adecuada. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente esto incrementa el tiempo de computo y el costo. En algunas situaciones, un cuerpo tiene zonas en las cuales se producen variaciones en los esfuerzos y en las deformaciones, por ejemplo, regiones en las cuales existe una concentración de esfuerzos. En este caso, es necesario formar una fina malla de elementos en y cerca de la región donde se manifiesta dicho efecto.

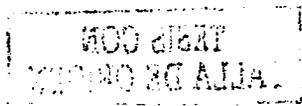
C.4.4. ETIQUETADO DE NODOS

El etiquetado de los nodos (asignación de un número) influye en la eficiencia computacional asociada con la obtención de una solución. El conjunto de ecuaciones lineales generado cuando se utiliza el análisis mediante elemento finito tiene una gran cantidad de elementos que son cero. Un listado de las ecuaciones pueden mostrar que todos los elementos diferentes de cero y algunos valores que son cero quedan comprendidos entre dos líneas las cuales son paralelas a la diagonal principal, como se muestra en la figura C.8.



Figura C.8. Ancho de banda.

La distancia de la diagonal principal a la línea punteada de la figura C.8 es llamado el ancho de banda (bandwidth). Todos los coeficientes fuera del ancho de banda son cero,



por lo cual no tienen que almacenarse.

El ancho de banda B es calculado usando la siguiente fórmula:

$$B=(N+1)D \quad (C.50)$$

Donde N es la mayor diferencia entre los nodos numerados de un simple elemento y D es el número de incógnitas en cada nodo (grados de libertad). La minimización de B depende de la minimización de N la cual puede ser parcialmente reducida por el etiquetado de nodos a través de un examen de la dimensión más corta del cuerpo. Ejemplos de dos diferentes sistemas de numeración se muestran en la figura C.9. El valor de B para el primer sistema de numeración es 9, mientras que para el segundo sistema es de 6.

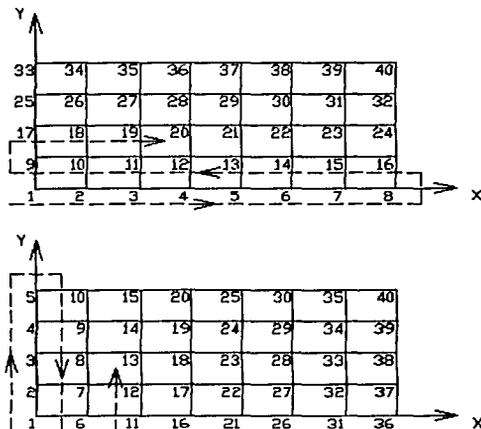


Figura C.9. Numeración de nodos para reducir el ancho de banda.

C.4.5. EFECTOS DEL REFINAMIENTO DE MALLAS Y ELEMENTOS DE MAYOR ORDEN PARA UNA ADECUADA SOLUCIÓN

Una solución adecuada por el análisis mediante elemento finito puede realizarse mediante:

- 1) Refinamiento de la malla
- 2) Selección de funciones de interpolación de mayor orden.

En 1), la solución está dada por una mayor cantidad de segmentos de funciones que aproximan de una mejor forma la solución exacta. En 2), la solución depende de la selección de una apropiada función de interpolación.

Un incremento en el número de elementos generalmente significa una mejor solución. Sin embargo, para ningún problema, habrá un cierto número de elementos en los que la solución no varía significativamente. Otra característica de la discretización que afecta la solución del método es la razón de aspecto de los elementos.

La razón de aspecto describe la forma del elemento en el ensamble. Para elementos bidimensionales, este parámetro se define como la razón de la dimensión más grande del elemento a la dimensión más pequeña. Esta razón da un factor para saber si el elemento puede utilizarse o no dentro del análisis.

Las más populares funciones de interpolación de los elementos son los polinomios. Las funciones de interpolación pueden clasificarse en tres grupos de acuerdo al orden de la función de interpolación del elemento. Estos grupos son simples, complejas y múltiples. El elemento simple tiene una aproximación polinomial que consiste de un término constante más el término lineal. El número de coeficientes en el polinomio es igual a la dimensión del espacio coordinado mas uno. El elemento completo utiliza una función polinomial que consiste en una constante, el término lineal más términos de segundo, tercero y mayor grado que sean necesarios. El elemento múltiple utiliza polinomios que contienen términos de alto orden, pero las fronteras del elemento deben ser paralelas a los ejes coordinados para garantizar la continuidad entre los elementos. Las fronteras de los elementos simples y complejos no están sujetos a esta restricción.

APÉNDICE D

COMANDOS DE MECHANICAL DESKTOP MÁS UTILIZADOS

En la tabla D.1 se muestran los comandos de Mechanical Desktop más utilizados.

Tabla D.1. Comandos de Mechanical Desktop más utilizados

COMANDO	DESCRIPCIÓN
AM2DPATH	Crea una trayectoria bidimensional.
AM2SURF	Convierte sólidos de AutoCAD o partes creadas en Mechanical Desktop en superficies.
AM3DPATH	Crea una trayectoria tridimensional.
AMACTIVE	Activa una pieza, un subensamble o escena.
AMADDCON	Aplica restricciones geométricas bidimensionales a perfiles refinados.
AMANGLE	Crea un ensamble por ángulo.
AMANNOTE	Crea, agrega, mueve, o elimina anotaciones del dibujo bidimensional en el espacio de papel.
AMBROWSER	Muestra u oculta el visualizador de Mechanical Desktop.
AMCENLINE	Crea una línea de centros en un dibujo bidimensional.
AMCHAMFER	Crea chaflanes.
AMCOPYIN	Inserta un dibujo de AutoCAD o de Mechanical Desktop en el dibujo activo.
AMCOPYOUT	Exporta una parte de un ensamble a un archivo independiente.
AMDELCON	Elimina restricciones del bosquejo refinado.
AMDELETE	Elimina la definición de una parte, una copia de una parte o una escena del dibujo.
AMDELFEAT	Elimina una entidad del dibujo.
AMDELVIEW	Elimina una vista bidimensional del modelo.
AMDIMDSP	Cambia la forma de visualización de las cotas paramétricas
AMDIMFORMAT	Cambia la apariencia, precisión, y tolerancia de las cotas en las vistas bidimensionales.
AMDIST	Calcula la distancia mínima entre dos partes o piezas.
AMDWGVIEW	Crea vistas bidimensionales a partir de un modelo.
AMEDITCONST	Edita las restricciones tridimensionales.
AMEDITFEAT	Muestra y modifica los valores de las entidades de la parte activa (solamente en el espacio modelo).
AMEDITVIEW	Modifica la escala, asociatividad y visualización de líneas ocultas en una vista bidimensional.
AMEXTRUDE	Crea una entidad por extrusión de un perfil.
AMFILLET	Crea filetes.
AMFLUSH	Crea un ensamble por paralelismo.
AMHOLE	Crea un agujero.

Tabla D.1. Comandos de Mechanical Desktop más utilizados (continuación)

COMANDO	DESCRIPCIÓN
AMHOLENOTE	Crea una nota estándar de agujero en una vista bidimensional.
AMINTERFERE	Analiza la interferencia entre varias piezas o subensambles.
AMINSERT	Crea un ensamble por inserción.
AMLOFT	Crea sólidos a partir de varios perfiles
AMMAKEBASE	Convierte la parte activa en una entidad estática.
AMMATE	Crea un ensamble por coincidencia.
AMMIRROR	Crea el simétrico de una parte.
AMMODDIM	Modifica una cota paramétrica.
AMMODE	Cambia entre los modos de modelo y dibujo de Mechanical Desktop.
AMMOVEDIM	Reubica una cota en el espacio de papel.
AMMOVEVIEW	Cambia la ubicación de una vista bidimensional en el espacio de papel.
AMNEW	Crea una nueva parte, ensamble, escena, copia de una parte.
AMNOTE	Crea una nota en una vista bidimensional.
AMOPTIONS	Abre el cuadro de diálogo desde el cual se pueden controlar todas las variables de sistema de Mechanical Desktop.
AMPARDIM	Inserta una cota paramétrica en el dibujo.
AMPARTPROP	Muestra las propiedades de masa de la parte activa.
AMPATTERNDEF	Define el rayado de cada parte.
AMPOWERDIM	Crea cotas paramétricas. Las cotas creadas con este comando pueden contener tolerancias.
AMPOWEREDIT	Edita cotas, símbolos de acabado, listas de materiales, etc.
AMPROFILE	Crea perfil a partir de uno o varios bosquejos.
AMRECOVER	Audita, repara errores en archivos de dibujo de AutoCAD y Mechanical Desktop.
AMREFDIM	Crea una cota de referencia en los dibujos bidimensionales.
AMREPLAY	Muestra paso a paso la secuencia que se utilizó para crear un modelo utilizando Mechanical Desktop. NOTA: Los pasos que se muestran son los que aparecen en el visualizador de Mechanical Desktop.
AMREVOLVE	Crea un sólido de revolución.
AMRESOLVESK	Resuelve un bosquejo y puede añadirle nuevas entidades a un perfil existente.
AMSHOWACT	Resalta la parte activa.
AMSHOWCON	Muestra las restricciones geométricas de un bosquejo.
AMSHOWINST	Muestra la parte seleccionada y la resalta en el visualizador de Mechanical.
AMSHOWSKETCH	Resalta las entidades del bosquejo en el plano de bosquejo actual.
AMSKPLN	Crea un plano de bosquejo.

Tabla D.1. Comandos de Mechanical Desktop más utilizados (continuación)

COMANDO	DESCRIPCIÓN
AMSWEEP	Crea un sólido mediante el barrido de un perfil a lo largo de una trayectoria.
AMSUPPRESS	Suprime la sección de una parte y sus copias en una escena de un ensamble.
AMSUPPRESSFEAT	Suprime una entidad del modelo.
AMTRAIL	Crea trayectorias de ensamble.
AMTWEAK	Ajusta la posición de una o varias partes en un ensamble.
AMUPDATE	Regenera la parte activa, ensamble, escena, o vistas bidimensionales para reflejar los cambios hechos al modelo.
AMVARS	Crea variables globales y locales que pueden utilizarse para definir la geometría de una o varias partes en el ensamble.
AMVIEWOUT	Exporta las vistas creadas con el comando AMDWGVIEW a un archivo de AutoCAD.
AMWHEREUSED	Muestra la ubicación de una pieza específica en el ensamble.
AMWORKAXIS	Crea un eje de trabajo.
AMWORKPLN	Crea un plano de trabajo.
AMWORKPT	Crea un punto de trabajo.
AMXFACTOR	Determina el factor de explosión del ensamble.

NOTA: Algunos de los comandos contenidos en la tabla anterior tienen dos formas de visualización para la ejecución del comando (cuadro de diálogo o línea de comando), para hacer que los comandos que se ejecutan mediante un cuadro de diálogo lo hagan mediante la línea de comando se escribiera el guión corto (-) antes del nombre del comando.