

300617

UNIVERSIDAD LA SALLE 67



Escuela de Ingeniería
Incorporada a la U.N.A.M.

2ej

"DISEÑO DE LEVAS ASISTIDO POR COMPUTADORA"

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a
JOSE ANTONIO RAYON VILLELA

Director de Tesis: **VALIA DE ORIGEN**
ING. JORGE SALCEDO GONZALEZ

México, D. F.

1992



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



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 está 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.

INDICE

INTRODUCCION	1
1 HACIA EL USO DE NUEVAS TECNOLOGIAS.	3
1.1 Generando soluciones alternativas y reconociendo diseños aceptables, 4	
1.2 Procedimientos de diseño, 5	
1.2.1 Diseñando un nuevo producto, 5	
1.2.2 Diseño de un producto estandarizado, 6	
1.2.3 Alternativas de diseño, 7	
1.3 Hacia una definición del CAD/CAM, 9	
1.4 Componentes del CAD, 12	
1.4.1 Potencia de cálculo, 12	
1.4.2 Descripción de los componentes, 13	
1.4.3 Unidad central de proceso, 13	
1.4.4 Uso del software, 14	
1.4.5 Terminales de entrada y métodos, 15	
1.4.6 Terminales de salida, 15	
1.4.7 Almacenamiento de datos, 16	
1.5 Maquinas Herramientas controladas numéricamente, 17	
1.5.1 Equipo controlado numéricamente	
1.6 Mecanismos de levas, 20	
1.6.1 Levas vs articulaciones, 21	
1.6.2 Clasificación de levas, 25	
2 GRAFICAS Y CAD/CAM.	30
2.1 Bosquejando en ingeniería, 32	
2.1.1 Dibujos de ingeniería, 32	
2.1.2 Graficas en análisis de ingeniería, 33	

5.3.1 Como empezar, 137	
5.3.2 Elementos de un programa de computadora, 137	
5.3.3 Programas controlados por menú, 139	
5.3.4 Programas controlados por ordenes, 139	
5.4 Programas gráficos y programación, 144	
5.4.1 Programas gráficos generales, 144	
5.4.2 Programas gráficos específicos, 144	
5.4.3 Programas de diseño para una leva, 145	
5.4.4 Programa de diseño en AutoLISP, 146	
5.6 Macroprogramación, 147	
CONCLUSIONES	148
Apéndice A (Programas de calculo AutoLISP)	150
Apéndice B (Programa de control numérico)	161
BIBLIOGRAFIA	164

INTRODUCCION

ALCANCE DEL CAD

El significado de "diseño asistido por computadora" (CAD) ha cambiado varias veces en los pasados veinte años de la historia. Por algún tiempo, CAD era casi sinonimo de análisis de elementos finitos. Más adelante, éste énfasis cambio al de diseño asistido por computadora (Los más comercializados sistemas de CAD son actualmente sistemas de dibujo) manejando superficies suaves, como es requerido en el ensamble y la industria automotriz. Más recientemente, CAD ha estado asociado con el diseño de objetos en tercera dimensión.

El diseño asistido por computadora es normalmente tratado con el de manufactura asistida por computadora (CAM). El CAM no es parte de diseño por sí mismo. Lo mismo se le aplica a las pruebas asistidas por computadora (CAT), el planeamiento asistido por computadora (CAP) y el mantenimiento asistido por computadora, sin embargo el conocimiento acerca de la existencia de manufactura, prueba, y mantenimiento trae ciertas influencias en el diseño.

El diseño no es únicamente una intuición cercana guiada por la información del diseñador. También compromete análisis, presentación de resultados, simulación y optimización. Estos son los elementos esenciales del proceso iterativo.

El presente trabajo tiene por objetivo el realizar un prototipo de leva el cual es realizado por medio de ecuaciones conocidas para el diseño de ésta, auxiliada por el uso de nuevas tecnologías para su diseño y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM). El diseño del perfil de la leva será auxiliado por

medio del paquete de diseño asistido por computadora "AutoCAD", y realizando el maquinado del perfil obtenido por medio de una fresadora de control numérico, utilizando para ello las instalaciones de la escuela de ingeniería de la Universidad la Salle.

En el capítulo 1 se presentan las características generales que conforman un sistema de diseño asistido por computadora, manufactura asistida por computadora, métodos tradicionales de diseño y conceptos básicos de levas.

El capítulo 2 presenta el uso y ventajas del diseño asistido por computadora (CAD)

El capítulo 3 presenta la estructuración de un sistema de manufactura asistida por computadora, y el flujo de información que debe de existir, además de los diversos sistemas de control numérico existentes.

El capítulo 4 presenta el procedimiento para el diseño de levas por medio de ecuaciones paramétricas.

El capítulo 5 presenta la aplicación en programas de diseño, así como de programación y procesamiento de datos de la computadora

CAPITULO 1

HACIA EL USO DE NUEVAS TECNOLOGIAS

El promedio de vida de la mayoría de los equipos industriales es alrededor de 20 años; en algunas industrias, tales como la del acero, papel, fundición; el equipo puede llegar a tener hasta 50 años. Con el contraste del promedio de vida del equipo industrial de algunos competidores, el cual tiene cerca de 10 a 14 años. Si una industria es muy competitiva, ésta debe de utilizar las herramientas más eficientes que existan.

El nuevo equipo para diseño asistido por computadora (CAD) y de manufactura asistida por computadora (CAM) alentará los negocios para actualizar sus equipos. Esto también se aplica al equipo utilizado en la investigación y desarrollo como un importante componente en el incremento de la productividad.

Un programa de CAD/CAM, es una contribución comprensiva hacia un mejoramiento de la productividad, pero éste es sólo uno de los factores para obtener éxito. La gerencia tiene la obligación de contribuir de diversas formas, ésta debe de tomar todas las ventajas de los incentivos ofrecidos por el programa. La industria ahora tiene la oportunidad de librarse de equipo obsoleto, el cual desalienta el crecimiento de la producción.

1.1 GENERANDO SOLUCIONES ALTERNATIVAS Y RECONOCIENDO DISEÑOS ACEPTABLES

Con la ayuda de una computadora, el diseño de un mecanismo de leva-seguidor puede ser considerado en su totalidad más que en su ensamble fragmentado de entidades específicas. Cuando es visto en su totalidad, el diseño está compuesto esencialmente de dos fases unidas por una síntesis cinemática del perfil de la leva.

Las dos fases son el análisis del sistema dinámico y la interpretación de los parámetros interrelacionados en el sistema; cálculos típicos que están involucrados en el proceso general son, por ejemplo, el análisis dinámico de las amplitudes de respuesta, las velocidades y aceleraciones de las masas de los seguidores, los cálculos cinemáticos del perfil de la curvatura y los ángulos de presión, checando los esfuerzos de contacto, la determinación del rango del resorte, checando la condición de brincoteo, la evaluación de la variación de las cargas y la fluctuación del torque en la flecha. Así pues, los sistemas de diseño pueden ser arreglados y dispuestos de diversas maneras.

1.2 PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO

La vida de un artículo producido industrialmente, ya sea un automóvil, una pieza de un mueble, un edificio o simplemente un balero, empieza con su diseño y termina con la manufactura. En el proceso de diseño y manufactura se identifican dos diferentes secuencias, dependiendo de si el producto es nuevo o estándar (ver figura 1.1)

1.2.1 Diseñando un nuevo producto

Este caso puede ser dividido en 5 etapas:

1.- El estudio piloto: la definición de una necesidad externa, la elección de la tecnología, los cálculos básicos, el diseño del prototipo y los procesos.

2.- Iniciación del proyecto: la fase de industrialización del producto y el establecimiento de un plan definitivo.

3.- Preparación para la manufactura: es una etapa de transición vital entre el diseño y la manufactura; requiere de una estrecha coordinación entre las etapas de planeación y manufactura.

4.- Manufactura: lanzamiento del producto y fabricación; las técnicas de CAD/CAM son cada vez más utilizadas en esta etapa y seguirán en aumento en el futuro, en parte por el uso cada vez mayor de robots y de sistemas flexibles de manufactura, los cuales influyen directamente en el uso de los datos contenidos en un sistema CAD/CAM.

5.- Mantenimiento y soporte: es un factor importante a tomar en cuenta en caso de que ocurra una falla en la computadora, la importancia de un eficiente y experto equipo de venta debe de estar acentuado, y deberá de proveer de partes de repuesto.

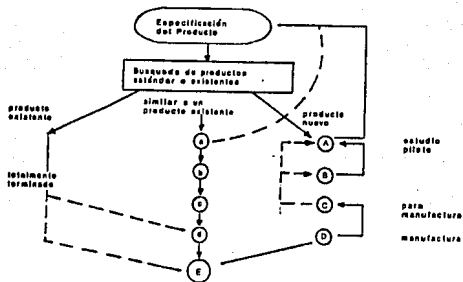


Figura 1.1 Las diversas etapas en el desarrollo y manufactura de un producto

1.2.2 Diseño de un producto estandarizado

Los productos estandarizados, pueden estar basados en productos existentes y éste tipo de diseño se caracteriza por ser mucho más corto que la fase del estudio piloto. Generalmente, los componentes involucrados en el estudio piloto son familiares para el equipo de diseño para lo cual el desarrollo de un prototipo, ya sea real o simulado no es necesario. La característica principal de un estudio piloto es la de producir un estimado, basado en una previa investigación y que cumpla con la solución para la cual fué diseñado.

Como se puede ver, hay varios intentos en cada etapa, además de que el proceso de diseño no es necesariamente lineal. Algunas técnicas pueden estar enfocadas con preguntas abiertas conforme el estudio va avanzado, causando que el diseñador valore de nuevo su trabajo hecho anteriormente. Esta situación puede también ocurrir cuando varias posibles soluciones están siendo consideradas al mismo tiempo, cuando la mejor ha sido elegida juzgada en relación con los criterios existentes.

Sin embargo éstos criterios han cambiado conforme el proyecto avanza y las soluciones que se ha propuesto como las más atractivas en una etapa, pueden ser insatisfactorias en otras consideraciones más adelante.

1.2.3 Alternativas de diseño

El procedimiento de diseño puede ser analizado desde un punto de vista completamente diferente, sin considerar las secuencias de procedimientos, el siguiente tipo básico de procedimiento puede ser distinguido (ver figura 1.2).

Creación: La invención de nuevos objetos o tecnologías para resolver un problema.

Es necesario ser capaz de describir objetos que no se han fabricado todavía y de almacenarse para su posterior uso.

Modificación: con objetos existentes, los cambios e improvisaciones pueden ser necesarios por medio de tecnologías avanzadas.

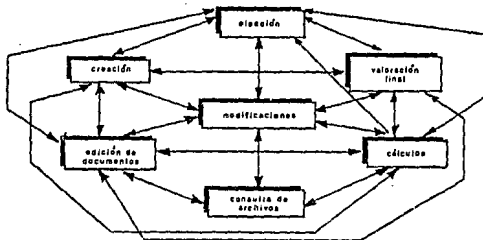
Edición de documentos: éste concierne a ámbos documentos alfanuméricos (estimados, listas, etc) y de documentos gráficos (planos, diagramas, etc).

Cálculos: lo más importante de éste son las simulaciones, las cuales serán usadas para implementarse en prototipos potenciales.

Elección: usando los elementos tecnológicos existentes (planos, cálculos, etc) se deberá hacer una elección, la cual se mantendrá y es la dirección que el proyecto tomará.

Consulta de archivos: éste involucra el buscar soluciones existentes, así como el uso de datos individuales de información, y la verificación de un registro del desarrollo del producto.

Valoración Final: la etapa durante la cual el diseñador tratará de resolver los problemas, o de elegir entre otras opciones.



**Figura 1.2 Interrelación entre distintos procesos de diseño
(La secuencia no es relevante)**

Se deberán de tomar nota de los siguientes puntos:

El orden en que éstos procedimientos están listados, no tiene un significado, porque, en la práctica, éstos toman lugar en diferentes secuencias y combinaciones en distintos tiempos.

La cantidad de tiempo utilizada para cada proceso puede variar considerablemente.

1.3 HACIA UNA DEFINICION DEL CAD/CAM

De los conceptos enunciados anteriormente, es posible intentar de definir CAD/CAM. Este se puede decir, toma lugar cuando un sistema de computadora es usado para facilitar el trabajo involucrado en cualquiera de los procedimientos descritos anteriormente. Esta definición alcanza un número de puntos, que deberían de ser considerados.

De alguna manera, la idea de "asistido" se dirige hacia la automatización. Esto concierne a la provisión de una selección cuidadosa de herramientas que intenten el facilitar el trabajo para el diseñador. En el análisis final, es el diseñador el que elige que herramienta utilizar, la máquina solamente le dá las opciones. Algunas veces, no todos los procedimientos son asistidos, unos porque no son necesarios y otros porque la cantidad de trabajo a realizar no es suficiente para hacerlo rentable o porque los datos de proceso involucrados pueden ser muy complejos. La división de trabajo entre el operador y la máquina, es tan obvia que uno se inclinaría naturalmente por el de la máquina (por ejemplo, todo lo concerniente al almacenamiento de información y control de archivos); sin embargo hay áreas que sólo pueden ser desarrolladas por el operador (por ejemplo, la definición de un nuevo producto a desarrollar). Así pues hay procedimientos los cuales pueden ser asistidos y otros que no, por ejemplo el escribir documentos puede ser editado automáticamente, pero no en un sistema CAD.

Esta definición refleja la flexibilidad de los niveles de integración de los sistemas CAD/CAM. La introducción del CAD/CAM a los negocios puede ser particularmente conveniente por la asistencia computarizada. Muchos negocios utilizan CAD/CAM sin darse cuenta de ello, usando programas específicos de computadora para facilitar el trabajo de los diseñadores.

El uso del CAD/CAM tiene algunos impactos serios en las mismas corporaciones y en como funcionan éstas. Los ingenieros y las organizaciones de manufactura pueden unirse en un sólo diseño de fábrica. Bajo ésta disposición, el diseño y la manufactura trabajan juntos para producir el mejor diseño posible para hacer más eficiente la producción.

El CAD/CAM no es fácil de implementar en muchos segmentos de la industria. Esta posee una complejidad en el tamaño de muchas operaciones de manufactura; cualquier medida que se tome para mejorar los procesos de ingeniería y manufactura requerirán de un mayor capital de inversión y de reestructuración.

Las dos tecnologías están ahora siendo combinadas para unificarse en sistemas CAD/CAM (figura 1.3), donde el diseño es desarrollado y los procesos de manufactura son controlados de principio a final en un sólo sistema. Estas capacidades son presentes usando un sistema CAD/CAM en pequeñas operaciones de manufactura. Pero la más de las plantas incrementa ésta capacidad en un esfuerzo por modernizar y hacer más eficiente las operaciones.

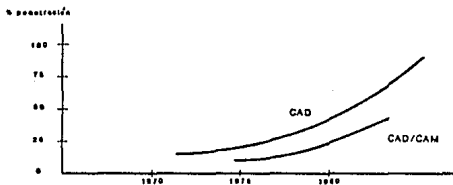


Figura 1.3 Estimación de uso del CAD y CAD/CAM

El diseño asistido por computadora y la manufactura auxiliada por computadora o CAD/CAM puede abarcar un gran campo de la actividad de ingeniería. El uso de herramientas de computadora puede ser también llamado ingeniería asistida por computadora o CAE. Los fabricantes pueden utilizar varias de éstas actividades en un proceso integrado para un rango completo de diseño de productos y desarrollo. En éste proceso el tiempo de desarrollo de un producto es reducido substancialmente por una profunda confianza en los métodos de simulación por computadora mejor que en el desarrollo y pruebas de prototipos.

Los sistemas de CAD/CAM permiten la mayoría de las rutinas de trabajo de ingeniería, desde la automatización de tareas repetitivas, desempeñando estas tareas más rápidamente que si se harían de una manera manual. Cuando la memoria es almacenada en la computadora ,la transferencia de datos tiende a ser más rápida, más confiable y menos redundante.

Los sistemas de CAD/CAM liberan uno de esos tediosos y consumidores de tiempo que tienen que ver poco con el desarrollo de la ingeniería. La experiencia ha mostrado que el CAD/CAM aumenta el diseño y el proceso de manufactura, mientras reduce mucho el papeleo y la rapidez que impide la producción y creatividad.

En un sistema típico de CAD/CAM, el usuario interactúa con la computadora utilizando una terminal gráfica, diseñando y fabricando una parte con la información almacenada en la base de datos de la computadora. Con el CAD, el usuario construye un modelo geométrico, analiza la estructura, desempeña estudios cinemáticos y produce dibujos de ingeniería. Utilizando un sistema CAM, el usuario puede crear instrucciones para máquinas herramientas, producir la ruta de proceso para fabricar y ensamblar, programar robots para manejar las herramientas y piezas de trabajo y coordinar la operación de la planta

utilizando un eficiente sistema de manejo de planta.

1.4 COMPONENTES DEL CAD

Una calculadora de bolsillo es una simple computadora. Se entran números (datos) en la calculadora, ésta manipula los números y visualiza (extrae) las respuestas. Las computadoras alfanuméricas manipulan únicamente textos y números, mientras que los sistemas de cómputo gráficos para CAD manipulan caracteres alfanuméricos y gráficos de una forma particularmente adecuada para las aplicaciones de ingeniería.

1.4.1 Potencia de cálculo

Las computadoras, al igual que los automoviles se miden por su velocidad y potencia. La potencia de cálculo es una combinación de velocidad de proceso y capacidad de memoria. La velocidad de cálculo se consigue principalmente mediante el "hardware" (el material que puede tocarse físicamente) tal como las tarjetas verdes que están dentro de la caja de la computadora y en las que están soldados los componentes electrónicos. La pieza de hardware más visible y más conocida es el pequeño rectángulo negro llamado circuito integrado o chip.

Los programas - desde los programas de proceso de texto, hojas de cálculo, sistema de gestión de bases de datos hasta los programas CAD - reciben el nombre de "software". El software contiene las instrucciones necesarias para ejecutar un programa. Cuando se ejecuta el software, se entran y ejecutan datos específicos correspondientes al problema que se está manejando. Estos datos se guardan (Store, Save) en un archivo de trabajo. EL software y los archivos se utilizan de forma concurrente, y ámbos se guardan en una tercera área de memoria permanente: un disco duro interno o una unidad de disco externa, un cartucho o una cinta magnética.

1.4.2 Descripción de los Componentes

El cerebro de una computadora recibe el nombre de Unidad Central de Proceso (CPU). La CPU procesa información comparando un elemento con otro (en realidad un número contra otro) y después realizará uno u otro proceso de acuerdo con las instrucciones de control del programa que se esté utilizando.

Un programa siempre ejecuta la misma secuencia de procedimientos, pero acepta valores distintos para una variable determinada para así generar respuestas distintas. Para poder ejecutar estas instrucciones, una computadora tiene un medio para entrada de datos (input-entrada) y otro para extraer y visualizar los datos (output-salida).

1.4.3 Unidad Central de Proceso

En un gran sistema computadora, todos los cálculos y funciones de memoria son manejados por la CPU, y las funciones de visualización son controladas por estaciones de trabajo gráficas con varias terminales. Los datos entrados a través de una terminal, rápidamente estarán disponibles en cualquier terminal del sistema. Su modesto precio y su rápido software especificado para una tarea, han hecho que los sistemas CAD basados en microcomputadoras sean populares competidores en el mercado profesional del CAD.

Las computadoras "stand alone" son computadoras independientes conectadas a una red de comunicaciones, llamada apropiadamente red de área local (LAN). La figura 1.4 muestra una típica conexión de red de área local en la cual una terminal puede desconectarse sin que se vean afectadas las características de los otros componentes.

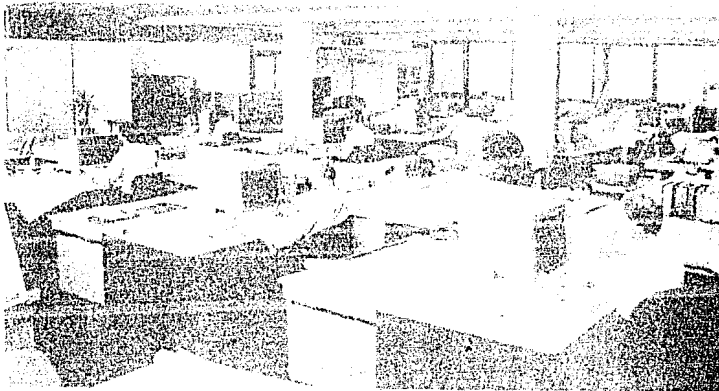


Figura 1.4 Estaciones de Trabajo CAD

1.4.4 Uso del Software

Aunque una computadora es capaz de realizar cualquier tarea lógica, es necesario decirle que tarea debe realizar y cómo. Estas instrucciones constituyen un programa de computadora: el software; debido a que las computadoras son terriblemente precisas, los programas, en consecuencia, deberán ser muy precisos. Teóricamente hay programadores y no programadores o personas precisas y "no precisas" si así se prefiere, sin ningún otro lazo entre ellos. Pero no es necesario ser una persona precisa o un programador para utilizar un programa o un sistema CAD, y en realidad no hay que sentirse intimidado por la mística de la programación. Tan sólo hay que saber que la programación es un conjunto preciso de instrucciones y que la mayor parte de los programas pueden clasificarse en cuatro categorías:

- 1.- proceso de palabras (manipulación de textos)
- 2.- hojas de cálculo (manipulación de números)
- 3.- gestión de bases de datos (manipulación de datos)
- 4.- gráficos

1.4.5 Terminales de entrada y métodos

Un programa de computadora resuelve un problema determinado utilizando los distintos valores que se han entrado para cada variable, tales como la escala del dibujo. Los datos se entran utilizando cualquiera de los distintos métodos o terminales de entrada; teclado, cursor gráfico, menú o digitalizador. Dejando aparte el lápiz, el entrar los datos con aparatos tales como el lápiz electrónico, el ratón o el cursor de botones (puck) es fácil para la mayoría de la gente y no es necesario ser un mecanógrafo profesional para hacer que funcione una computadora.

1.4.6 Terminales de salida

Finalmente, el valor de una computadora se mide por los resultados que produce. Se utilizará una pantalla para visualizar los dibujos. Se pueden imprimir los croquis o bosquejos utilizando una impresora de matriz de puntos o cualquier otro tipo de impresora. El dibujo final puede imprimirse mediante una impresora gráfica o mediante un trazador gráfico electrostático o de plumilla.

1.4.6.1 Monitor

Anteriormente se le llamaba tubo de rayos catódicos, actualmente recibe el nombre de CRT, VDU, pantalla, monitor, etc. y se parece a un televisor que puede ser en blanco y negro o en color. La dimensión vertical de la pantalla es aproximadamente el 80% de la dimensión horizontal, pero el tamaño de la pantalla se mide igual que una pantalla de televisión: en diagonal. Aunque se parezcan, un televisor y un monitor son bastantes distintos electrónicamente.

1.4.6.2 Impresoras

El que realmente hace el dibujo no es una persona sino un "plotter" o un trazador gráfico, que dibuja físicamente sobre papel o película de acetato (transparencia).

Los trazadores gráficos de plumilla de alta calidad existen desde hace ya varios años. Una impresora de líneas o generalmente una impresora de matriz, imprime puntos sobre papel. Estos puntos pueden juntarse de forma que parezcan caracteres alfabéticos o agruparse de forma que representen líneas, círculos u otro tipo de gráficos.

Una copia gráfica rápida puede reproducirse, partiendo de la imagen existente sobre la pantalla, grabando o volcando los "pixels" de la imagen que estén "iluminados" y los "pixels" del fondo oscuro. El volcado sobre impresora de una imagen temporal sustituye al cróquis a lápiz hecho sobre papel amarillo de cróquis. Otras impresoras no matriciales como la impresora electroestática produce una impresión electroestática sobre una transparencia de acetato o sobre plástico opaco, que es el volcado de la pantalla.

1.4.7 Almacenamiento de datos

Cuando se dibuja, la computadora convierte la imagen gráfica que se ve sobre la pantalla, en un conjunto secuencial de números. Los dibujos se guardan en la memoria temporal de la computadora, y cada adición o corrección que se haga a un dibujo se añaden o modifican a los números. Sin embargo, cuando se trabaja con un dibujo, se necesita un medio para guardar los datos del mismo. Puede ser necesario guardar un dibujo y trabajar con otros. Pero cuidado: cuando se desconecta el sistema, ya sea intencional o accidentalmente, todos los datos de la memoria temporal se pierden. Este es el motivo por el que deben guardarse los dibujos.

Guardar (SAVE) es copiar los datos que están en la memoria temporal a un medio de almacenamiento magnetico, de forma similar a como se graba en un audiocassete o en una cinta de video. La salvaguarda es la tarea más importante en la operación de una computadora.

1.5 MAQUINAS HERRAMIENTAS CONTROLADAS EN FORMA NUMERICA

En la actualidad hay en uso máquinas de producción que siguen instrucciones dadas sobre cintas perforadas y calibres que miden eléctricamente hasta millonésimas de pulgada. El uso de cintas y computadoras por la industria no significa que los dibujantes e ingenieros tendrán menos trabajo que hacer ni que vayan a disminuir en número. Sin embargo, significa que los hombres asignados a las mencionadas áreas deben mantenerse informados y al tanto de los últimos desarrollos. El dibujante habrá de aprender como acotar el dibujo de una pieza para llenar los requerimientos para programar la máquina o máquinas que ejecutarán las operaciones de taller (figura 1.5) .

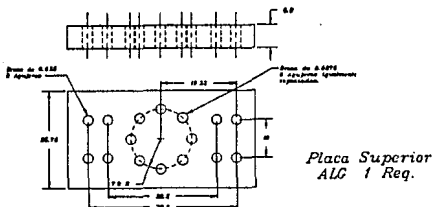


Figura 1.5 Acotación posicional usando las coordenadas X y Y

Debe reconocerse el hecho de que ya está aquí la automatización y la única pregunta que necesita hacerse el hombre entrenado en la actualidad es sí, como individuo, puede o no ajustarse a los nuevos conocimientos y a los requerimientos diferentes.

1.5.1 Equipo controlado numéricamente

El termino control numérico (CN) según se le aplica a las máquinas automáticas de producción, denota un método de controlar electrónicamente el funcionamiento y movimientos de una máquina herramienta. Este método puede ser considerado como relativamente nuevo ya que la primera de éstas máquinas fué puesta en operación hace sólo poco más de una década.

Las primeras máquinas herramientas con inteligencia interconstruida fueron fresadoras y perfiladoras controladas numéricamente que proporcionaron medios más rápidos y menos costosos para producir partes de aviones. Ahora, el control numérico ha sido aplicado a otras máquinas herramientas, tales como tornos, máquinas taladradoras y mandrinadoras, máquinas soldadoras y cortadoras por llama, máquinas punzonadoras y dispositivos de inspección. Puede estar proximo el día en que el diseñador, con bosquejos como guía, reducirá sus ideas al lenguaje de MPA (máquinas de programación automáticamente) y luego tendrá una computadora que complete su diseño y prepare la cinta de instrucción para el maquinado.

Los sistemas más completos de tecnología CAM es la de control numérico (NC). Esta técnica consiste en controlar máquinas herramientas con información codificada y pregrabada.

Las máquinas automáticas de control numérico, taladran, esmerilan, perforan, fresan y tornear el material en partes terminadas. En la mayoría de los sistemas de control numérico la programación de instrucciones es almacenada en cintas de papel perforado, ésta es interpretada por lectoras electromecánicas las cuales están conectadas a la máquina herramienta. Sistemas más avanzados utilizan el control numérico computarizado (CNC), en donde la máquina es controlada por una computadora donde las instrucciones de control numérico son almacenadas en su memoria.

Esto permite que las instrucciones sean almacenadas, manipuladas y cambiadas de una manera más eficiente, El diagnóstico y otras funciones inteligentes van más allá de una simple máquina de control desarrollado por la computadora (fig 1.6).

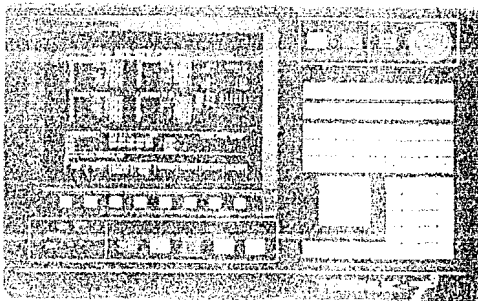


Figura 1.6 Tablero de Control de una Máquina de Control Numérico

1.6 MECANISMOS DE LEVAS

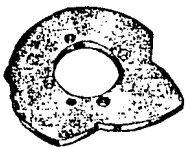
Una leva es un elemento mecánico de una máquina el cual es usado para transmitir el movimiento hacia otro componente, llamado seguidor, a través de un movimiento preestablecido programado por contacto directo.

Un mecanismo de leva consiste de tres elementos: la leva, el seguidor (o sistema seguidor) y el cuerpo (frame). El seguidor está en contacto directo con la leva. Este incluye todos los elementos para los cuales el movimiento está impartido por la leva. Estos pueden estar conectados directamente al seguidor o conectados a través de conexiones y engranajes. El cuerpo de la máquina soporta la superficie del balero de la leva y el seguidor.

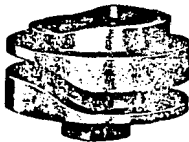
El mecanismo de la leva es singularmente versátil, éste puede estar diseñado para producir casi un ilimitado tipo de movimientos en el seguidor. Este es usado para transformar de un movimiento rotatorio a un movimiento de traslación u oscilatorio (Fig 1-7). En ciertas ocasiones, es también usado para transformar de un movimiento de traslación u oscilación a uno de diferente traslación o de rotación. Todos los movimientos de traslación y/o rotación de entrada / salida pueden pertenecer a cualquiera de las siguientes categorías de acuerdo con su variación en el tiempo.

- a) Movimiento no uniforme - velocidad variable programada
- b) Movimiento intermitente - intervalos cíclicos
- c) Movimiento inverso - cambio en la dirección del movimiento

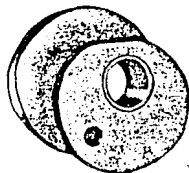
Las levas son usadas en una gran variedad de máquinas e instrumentos. Típicos ejemplos de su uso incluyen máquinas textiles, computadoras, imprentas, procesadoras de comida, máquinas de combustión interna y una infinidad de otras máquinas automáticas y de sistemas de control. El mecanismo de la leva es por consecuencia un componente muy importante en la automatización.



LEVA DE DISCO



LEVA DE TAMBOR
O CILINDRICA



LEVA CONJUGADA

Figura 1.7 Levas más comunes

1.6.1 Levas vs articulaciones

Una variedad de sistemas mecánicos está en existencia para su uso por el diseñador para satisfacer un número de movimientos y trabajos requeridos. Para movimientos complejos los mecanismos de ruedas (tales como engranes) y mecanismos flexibles (tales como bandas y cadenas) no pueden reunir éstos requisitos. En la mayoría de las situaciones, el diseñador debe de elegir entre un mecanismo de leva y el de un mecanismo de barras. Las características intrínsecas y sus ventajas relativas de los dos tipos de mecanismos han sido resumidos en la tabla 1-1.

LEVAS

De fácil diseño para coordinar un gran número de movimientos de entrada-salida

Puede ser pequeña y compacta
Respuesta dinámica es sensible a la exactitud del perfil de la leva
Cara de Producir
Fácil de obtener un balance dinámico
Sujeto a desgaste

MECANISMOS DE BARRAS

Limitado el número de movimientos de entrada-salida

Ocupa mucho mayor espacio
Escasa manufactura, la inexactitud tiene un pequeño efecto en la respuesta
Más barata
Dificultad y un análisis complicado del balanceo dinámico
El desgaste de la uniones no es crítico y es silencioso en la operación

Tabla 1-1 Ventajas y desventajas de Levas y Mecanismos de Barras

Primeramente las operaciones de la máquina deben de ser precisas en los requisitos de posicionamiento, los cuales deben de estar en sincronización. Los mecanismos de barras pueden satisfacer un número ilimitado de condiciones específicas de salida, pero raramente cumplen con requerimientos más complicados. Las levas ofrecen la flexibilidad en la selección de períodos de trabajo, posiciones estacionarias y otras características. Su uso les permite hacer medidas de movimientos interactuados en una máquina.

Segundo, es muy importante el considerar lo más compacto de un diseño. Una leva es generalmente mucho más compacto que su contraparte. Esto puede ser mejor ilustrado por medio de un ejemplo. Considere el diseño de un mecanismo para operar las válvulas de un motor de combustión interna. El mecanismo debe de ser usado para convertir una rotación en una traslación. Las válvulas deben de permanecer cerradas durante la compresión y la expansión de la máquina, y la velocidad de las válvulas debe ser cero durante la admisión y escape.

Uno busca una unión permanente que tenga un movimiento de traslación para levantar - mantener - regresar y mantener un movimiento de salida para cuando el movimiento es una rotación

uniforme. Uno puede proponer un mecanismo de Scotch - Yoke, el cual consiste de una barra parcialmente curva, pero dicho mecanismo puede ser incómodo e impráctico. Alternativamente, un mecanismo de seis barras, como el mostrado en la figura 1.8a, puede ser mejor ,pero éste diseño está muy lejos de transmitir la fuerza y el control de la velocidad y aceleración que involucra. La figura 1.8b muestra un esquema de un sistema de leva y seguidor.

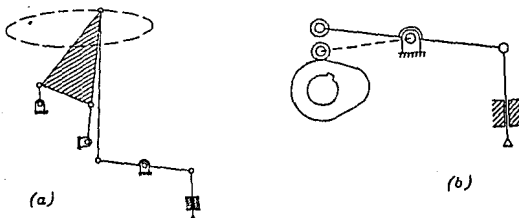


Figura 1.8 (a) Mecanismo de barras

(b) Esquema de leva - seguidor

La figura 1.9a muestra la operación del mecanismo de operación de válvulas con levas a la cabeza. En éste diseño, el árbol de levas es soportado en la parte inferior del motor. Otras combinaciones de diseño son las mostradas en la figura 1.9 b,c,d. La figura 1.9 muestra un doble árbol de levas a la cabeza, el cual activa directamente las dos hileras de válvulas arregladas en forma de V. De ésto podemos concluir que el uso de articulaciones es una elección pobre en éste caso porque ocuparía mucho espacio.

Para una velocidad dada, las fuerzas de inercia son proporcionales a la masa de las barras; estas fuerzas pueden ser mayores que las velocidades estacionarias de una leva. Además, es relativamente simple el balance dinámico de un árbol de levas. En la contraparte, es muy difícil y complicado el de balancear un sistema de barras.

Para mantener la comparación en una perspectiva adecuada, veremos también las ventajas de los mecanismos de barras.

Estos son usualmente más baratos y fácil de fabricar porque su desempeño dinámico no es tan sensible en errores de manufactura como el de una leva. Un pequeño error en un perfil de una leva puede causar una severa vibración en la respuesta del seguidor. También, la conexión de un mecanismo de barras está menos sujeto al desgaste, tanto como las levas y los seguidores.

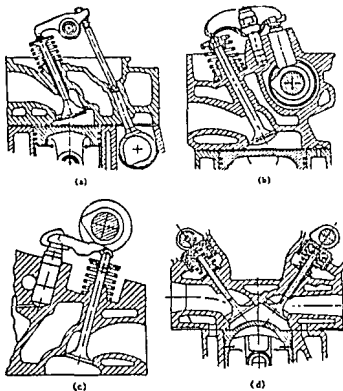


Figura 1.9 Mecanismo de levas

En ésta época el diseño de mecanismos de barras está áltamente desarrollado en la ciencia, uno usualmente oye la opinión que la operación de una máquina de alta velocidad puede ser más silencioso y suave cambiando las levas por mecanismos de barras diseñados para que dé aproximadamente el mismo movimiento de salida. En éste aspecto, el conocimiento en el diseño de levas pueden producir levas que sean más suaves y silenciosas, así pués las ventajas de los mecanismos de barras en éste aspecto son poco significantes.

1.6.2 Clasificación de levas

Podemos clasificar las levas de acuerdo con los movimientos de entrada-salida, la configuración y el arreglo del seguidor, y la forma de la leva. también pueden ser clasificadas acuerdo con diferentes tipos de movimientos del seguidor y por una gran variedad de características de movimiento del perfil de la leva.

1.6.2.1 Movimientos de entrada-salida

- a) Leva rotatoria - seguidor translación (figs 1.10 a,b,c,d,e)
- b) Seguidor rotatorio (fig 1.10 f) El seguidor balancea u oscila en un arco circular respecto con el pivote del seguidor
- c) Leva de traslación - seguidor de traslación
- d) Leva estacionaria - seguidor de traslación
- e) Leva estacionaria - seguidor rotatorio

1.6.2.2 Configuración del seguidor

La forma de una leva siempre está sujeta al movimiento del seguidor. En otros términos la leva es el producto del movimiento deseado para el seguidor. Las levas tienen muchas ventajas sobre las articulaciones de cuatro elementos. Una vez comprendidas son más fáciles de diseñar y la acción producida por ellas puede predecirse con exactitud. Por ejemplo, mantener estacionariamente un sistema seguidor durante una parte de su ciclo, es muy difícil cuando se usan articulaciones. Nótese que, por lo común, se hace que la cara del seguidor tenga una forma geométrica simple y el movimiento se logra mediante el diseño apropiado del perfil de leva con la que constituirá el sistema. Por supuesto, no siempre sucede así y existen ejemplos de levas inversas en las que el elemento de salida se hace en máquina dándole una forma compleja.

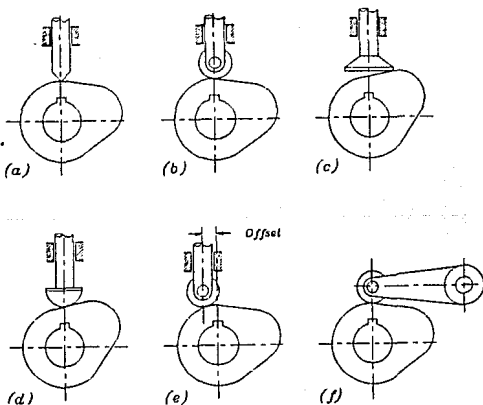


Figura 1.10 Clasificación de Levas por tipo de seguidor

1.6.2.3 Forma de la leva

a) Leva radial o de disco

El seguidor se mueve en un plano perpendicular al eje de rotación del eje de la flecha, una traslación de balanceo debe de ser forzada para mantener el contacto con la leva.

b) Leva de ranura o cerrada

Esta es una leva de plato en donde el seguidor está rodando en una ranura de la cara de la leva

c) Leva cilíndrica

El seguidor opera en una ranura cortada de la periferia del cilindro. El seguidor puede ser de traslación u oscilación. Si la superficie cilíndrica es cambiada por una cónica, resulta una leva cónica

d) Leva globoidal

Esta leva es ya sea convexa o concava; en la rotación alrededor de los ejes, la leva tiene un contorno circular cortado dentro de la superficie de revolución. Esta puede ser utilizada para intercalar un movimiento de rotación intermitente.

En todos los casos el seguidor debe de presionar a la leva, ésto puede ser hecho ya sea:

a) Por gravedad constante - el peso del seguidor es suficiente para mantenerse en contacto

b) Por una presión positiva - Una ranura mantiene la acción positiva. En la figura 1.11 el seguidor tiene dos rodillos, separados por dos distancias fijas, el cual permite mantenerse fijo a la leva, éste arreglo es usualmente llamado leva de

diámetro constante.

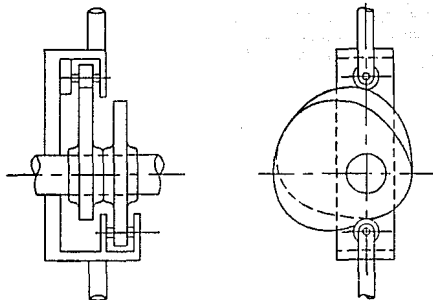


Figura 1.11 Leva Conjugada

Un presionador mecánico puede ser también introducido por el empleo dual o conjugado de levas en un arreglo similar al de la figura 1.12. Cada leva tiene su propio rodillo, pero éstos están montados en el mismo seguidor ya sea reciprocante u oscilante.

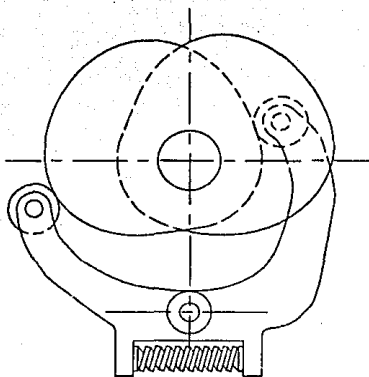


Figura 1.12. Leva Conjugada

CAPITULO 2 GRAFICAS Y CAD/CAM

Existe una tendencia común a confundir las gráficas por computadora con el CAD, ésta confusión es normalmente hecha por los usuarios de computadoras industriales, aunque ellos usen cálculos y programas de simulación, no consideran que están utilizando el CAD/CAM porque no producen gráficas con la computadora. La confusión se presenta por dos razones.

En la tradicional forma de diseño y manufactura, la información es comunicada a través de textos y planos, así pues el producto en cuestión es un nuevo estándar, la mayoría de los documentos son usados en forma gráfica : planos, gráficas, diagramas, y otras formas gráficas de representación (fig 2-1).

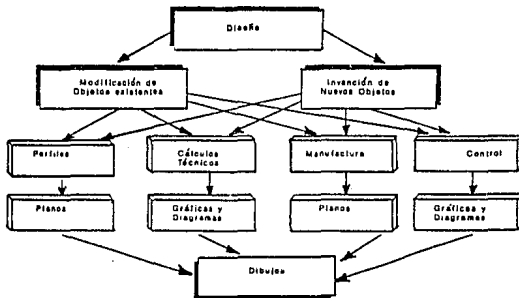


Figura 2.1 Los dibujos, medio de entrada vital para el CAD/CAM, es aceptado en una variedad de formas por el sistema.

La división de actividades por medio de gráficas es aproximadamente como sigue (ver fig 2.2):

dibujo 70%
archivo de trabajo y actualización 15%
diseño 15% : copiado: 70%
 variando: 20%
 errores : 9%
 invención: 1%

La producción de documentos gráficos es la más impresionante parte del CAD/CAM. Una demostración de la producción interactiva de documentos es considerablemente más atractivo que la ejecución de un programa de simulación que dará como resultado una serie de datos numéricos.

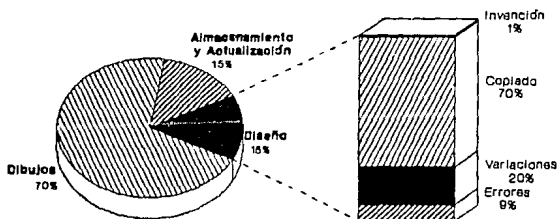


Figura 2.2 El porcentaje de división de los diferentes procedimientos en establecimientos de investigación, mostrando una división posterior de las actividades de diseño.

2.1 BOSQUEJANDO EN INGENIERIA

Un bosquejo es la forma más simple del dibujo de ingeniería. Es usado para desarrollar ideas de una manera rápida y comunicar éstas ideas a otras personas. Para el bosquejo no se necesita ir más allá de un lápiz y papel. No se necesitan reglas o herramientas para éste.

Si el bosquejo se vuelve más elaborado o más formal, éste se convierte en un dibujo de ingeniería, el cual es utilizado con otros fines. Es importante diferenciar entre los dos. Se puede desarrollar muy poco talento artístico en dibujos de ingeniería, pero se pueden mostrar unas sencillas técnicas que ayudarán a incluir gráficas como una de las fuentes de ingeniería.

Es también posible el hacer mejores bosquejos con instrumentos de dibujo tales como compases, escuadras y reglas. De hecho éstas son las herramientas de dibujo con las que cuenta un ingeniero.

2.1.1 Dibujos de Ingeniería

Los dibujos de ingeniería son los planos de los cuales las máquinas, estructuras o sistemas son construidos. Estos consisten de :

1.- Dibujos detallados, los cuales muestran un componente en detalle, el material del cual está hecho, sus dimensiones y sobre quien lo diseño.

2.- Dibujos de Ensamble, los cuales muestran como se deben de ensamblar los componentes.

3.- Dibujos Pictóricos, los cuales están en perspectiva, característica que no llevan los mencionados anteriormente.

El término "Layout", se utiliza generalmente para planear por medio de dibujos un sistema, los cuadros y las gráficas pueden llevar a una información y datos completos. El significado de la técnica de comunicación y las ideas científicas deben de ser hecho de tal manera que no deje lugar a errores o malinterpretaciones. Existen varias convenciones en el lenguaje de ingeniería, y los ingenieros deben de estudiarlo y de familiarizarse con ellos.

2.1.2 Las Gráficas en el Análisis de Ingeniería

El análisis de ingeniería es el estudio de cantidades físicas y de las conductas físicas de las cantidades involucradas en ingeniería. La mayoría de los análisis de ingeniería incluye el modelado y las matemáticas, los cuales están íntimamente relacionados, particularmente cuando una, dos o tres variables están involucradas. Un espacio bidimensional puede representarse como una cantidad varía en función de otra. Un espacio tridimensional puede ser utilizado para describir el funcionamiento entre tres variables.

No se puede hacer un análisis de ingeniería sin entender en su totalidad que las matemáticas serán igualmente válidas como el modelo físico. El modelado es una llave para el análisis de ingeniería, pero el modelado es una función del juicio y de la experiencia. Uno será apto para resolver problemas matemáticos en ingeniería mucho después de tener la habilidad de formularlos y desarrollarlos como modelo

Después de haber comprendido el significado de las matemáticas y del modelado matemático, los conceptos en matemáticas serán mejor entendidos con la ayuda de las gráficas.

2.2 CAD: UNA FORMA DISTINTA DE DIBUJAR

El CAD es una forma distinta de dibujar, en algunos aspectos muy excepcionales. El dibujo manual, inicialmente, puede ser la forma más fácil de concebir información sobre un dibujo, pero muy pronto se descubrirá que la facilidad para cambiar y corregir los dibujos hecho con CAD eclipsa el trabajo de borrar y redibujar manualmente. Además de ser más rápido y más sofisticado, el CAD ha revolucionado el proceso de diseño uniendo textos con gráficos para crear dibujos inteligentes (Fig 2.3).

El programa hace uso de la información almacenada en el banco de datos de la computadora. Estos datos pueden ser permanentes (si por ejemplo son almacenados en un archivo para su posterior aplicación), o temporales (para cálculos inmediatos). La información inicial es dada a través de la entrada de datos y los resultados son obtenidos en forma de salida. Las operaciones de entrada/salida son instrucciones que intentan crear una unión entre la máquina y el operador. La interacción o el dialogo es caracterizado por la presencia de un operador el cual , teniendo consideraciones sobre la salida, influenciará el programa con la entrada de nuevos datos. El proceso continúa hasta que se obtiene el resultado deseado (Fig 2.4).

Las técnicas de gráficas interactivas son usadas solo en una limitado número de operaciones de entrada/salida. Es claro por tanto, que se ha tenido un papel limitado y que en general, la aplicación de programas por sí mismos son la parte más importante. Esta es la manera como el CAD/CAM puede ser utilizado sin el uso de las gráficas.



AUTODESK
THE INDUSTRY
STANDARD

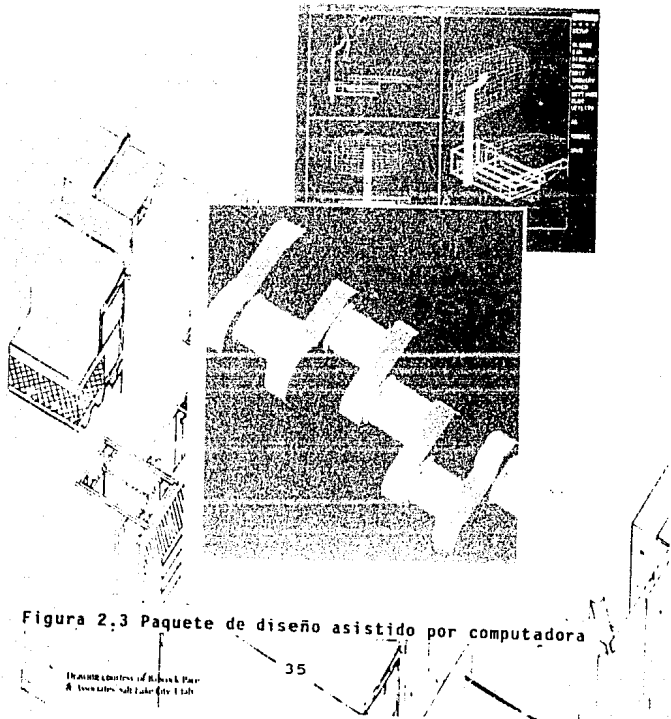


Figura 2.3 Paquete de diseño asistido por computadora

Drawing courtesy of Autodesk, Inc.
A Autodesk subsidiary

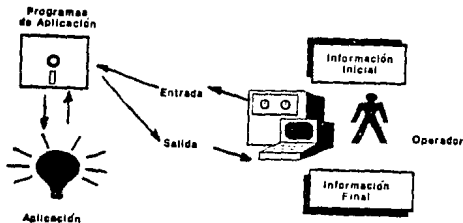


Figura 2.4 Contexto en el cual el software interactivo es utilizado.

Por otro lado el CAD/CAM puede ser tomado en su forma más simple, usado para asistir la producción de dibujos técnicos, así pues se maximiza la utilidad, ésto puede ser necesario para desarrollar programas que no involucren gráficas.

En suma, las gráficas por computadora son una parte integrál del CAD/CAM, pero no representan más que una parte, y no necesariamente la más importante pero no por ello la más difícil de usar.

2.2.1 Procesamiento de Gráficas en CAD/CAM

Los sistemas de dibujo asistido son un intento básicamente de facilitar la producción de dibujos técnicos. Esto es dando una descripción general de la geometría básica de la superficie o del objeto, para que el dibujo pueda generarse más rápido. El aumento en la velocidad es almacenado en varias formas:

1. El uso de una descripción más o menos formal del dibujo como un todo, dejando a la computadora que desarrolle la mayoría de las líneas del dibujo.

2. El uso de catálogos de símbolos relativos al trabajo que se esté haciendo y que sea apropiado para el sistema CAD/CAM utilizado (El diseñador preguntará por un símbolo y la máquina lo dibujará automáticamente)

3. El tiempo es ahorrado en la modificación de una etapa, cuando el diseñador necesita hacer una sola indicación de lo que se necesita cambiar y la computadora lo reajusta a todo el dibujo, así pues el borrado y calcado están totalmente eliminados. El primer sistema de dibujo asistido por computadora involucra al diseñador en una virtual programación del dibujo ha realizar, a través del uso de símbolos geométricos parametrizados.

Por ejemplo: un círculo puede ser generado describiendo las coordenadas de su centro y su radio, El uso de colecciones de símbolos geométricos se ha convertido muy común. Un ejemplo es el mostrado en la figura 2.5, en donde se puede ver como en orden de dibujar un símbolo, no importando cuán complejo sea, es necesario de darle solamente el nombre del símbolo y el número de parámetros que lo describen. El diseñador debe pues, pensar términos geométricos, y de organizar el dibujo de acuerdo con los elementos básicos existentes. Si sucede un error al introducir un dato equivocado, la instrucción es eliminada.

El producir dibujos técnicos viene a ser el equivalente a escribir un programa de computadora, esto quiere decir que el diseñador o proyectista necesita de un entrenamiento especial.

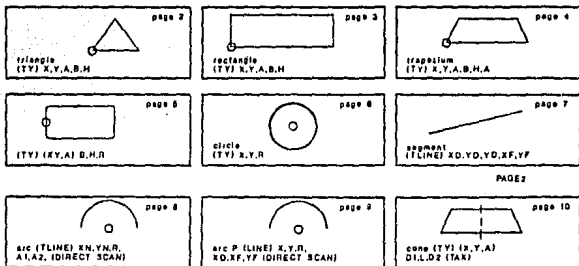


Figura 2.5 Objetos sencillos parametrizados: con el objeto de dibujar un perfil, solo se necesita dar el nombre y número de parámetros

2.3 DIFERENCIAS ENTRE EL DIBUJO MANUAL Y EL DIBUJO CON CAD

El ingeniero, o diseñador, comunica sus ideas y diseños mediante dibujos. El CAD es simplemente una forma distinta de comunicar su trabajo. El dibujo con CAD difiere del dibujo manual en dos aspectos; en primer lugar difieren los métodos; el CAD es una forma distinta de hacer lo mismo; la diferencia estriba en el proceso.

En segundo lugar el dibujo con CAD difiere fundamentalmente del dibujo manual en que algunos aspectos del CAD no pueden duplicarse mediante el dibujo manual; es una diferencia en el contenido.

2.3.1 Diferencias Metodológicas

Manualmente se dibuja un círculo con un compás o con una plantilla. Con CAD, se dibuja un círculo con un cursor gráfico, entrando puntos para definir el círculo matemáticamente. La computadora calcula el tamaño y visualiza el círculo. Aunque los métodos difieran, el producto sigue siendo el mismo: se ha dibujado el círculo.

2.3.1.1 Medios para entrar los datos

Cuando se dibuja manualmente, se utiliza un lápiz y se dibuja. Cuando se dibuja con CAD, se entran puntos y la computadora es quién hace el dibujo. Todos los gráficos en CAD se dibujan mediante un punto inicial y un punto final. Se empieza una línea con un punto y se termina con otro, o se construye un círculo con un punto central y el radio o dos puntos que indiquen el diámetro del círculo. Algunas formas gráficas requieren la entrada de más de dos puntos: la elipse o el polígono, por ejemplo.

Los puntos se entran tecleando las coordenadas sobre el teclado o moviendo el cursor hasta la posición deseada. Al pulsar una de las teclas de función especial en el teclado o un botón del ratón, se dibuja la línea desde el punto inicial hasta el punto final. Entonces podrá dibujarse otra línea desde el punto final o entrar un nuevo punto inicial. También puede pulsarse una tecla de función alternativa para dibujar una línea discontinua. Es la forma más sencilla de entrar los gráficos.

2.3.1.2 Acotación de un dibujo

Las cotas indican cuanto mide una distancia, o cuanto debería medir. Por lo general el acotamiento manual consiste en el proceso de colocar el número, que ya es conocido.

Evidentemente no se deseará dibujar a "escala" estableciendo la longitud real, ya que el dibujo manual es demasiado impreciso para la construcción. En CAD si se entran los puntos con precisión, se asegura la precisión del dibujo, lo que permitirá acotar automática y correctamente. En una terminal CAD se entran dos o más puntos y la computadora calcula la cota, la redondea hasta una tolerancia mínima predefinida (por ejemplo 3mm.) y coloca la cota (con decimales o con fracción) en el dibujo, la figura 2.6 muestra un ejemplo de acotación automática. Algunos sistemas CAD permiten el acotamiento asociativo: cuando, por ejemplo se mueve un espesor, la cota cambia automáticamente.

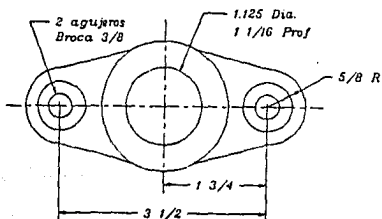


Figura 2.6 La acotación automática es una herramienta muy poderosa, los puntos se han entrado secuencialmente como punto1, punto2, etc. Con lo que se define la dirección y situación de la serie. Se calculan las longitudes y se insertan automáticamente con las cotas

2.3.1.3 Grid Snap (Malla para auxilio visual)

Si alguna vez ha dibujado un plano o un detalle sobre papel cuadriculado en azul y manteniendo todos los puntos del dibujo en las intersecciones de la cuadrícula, entonces habrá empleado la versión manual del "grid snap". Cuando el grid snap del CAD está activado, se establece una malla de dibujo imaginaria, y entonces cualquier punto entrado se verá forzado a situarse sobre ésta malla. Tan solo será necesario aproximar la posición ya que la computadora capturará los puntos y los colocará exactamente en la posición correcta.

2.3.1.4 Point Snap (captura por punto)

En el dibujo manual, una línea se conecta con otra visualmente; en el CAD es la computadora quien lo hace. Cuando el snap por punto (point snap) está activado, el sistema CAD busca un punto de posición conocida y salta hasta ese punto. Colocando el cursor tan cerca como sea posible visualmente (habiendo definido anteriormente la tolerancia de la búsqueda) dejando que sea la computadora quien haga el trabajo. El snap por puntos es una gran técnica para asegurar la precisión en cualquier momento, pero en particular cuando el dibujo sobre la pantalla es demasiado pequeño para ser visualizado confortablemente.

En algunos sistemas CAD, ésta captura tan solo puede realizarse con respecto al final de una línea, mientras que otros permiten utilizarla respecto a cualquier punto, respecto al punto más próximo, o respecto a posiciones múltiples a lo largo de una línea (figura 2.7) .

Como se puede ver, la diferencia que existe entre el "grid snap" y el "point snap" es que el "grid snap" fuerza las coordenadas en un plano cuadriculado previamente definido, mientras que el point snap conecta con entidades que se hayan dibujado tales como finales de línea, intersecciones de línea,

puntos medios de línea, centros de arcos y circunferencias, etc.

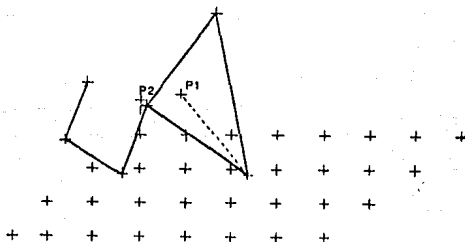


Figura 2.7 El snap por punto, fuerza las coordenadas del punto entrado a una posición seleccionada.

2.3.2 Ventajas Adicionales

Existen otras operaciones básicas las cuales permiten ahorrar tiempo. Por ejemplo: introduciendo el comando de contorno es posible el incorporar un sombreado en el programa. La figura 2.8 nos muestra un ejemplo de esto, en donde el diseñador solamente necesita especificar las partes que se necesitan sombreadar, la intensidad y el ángulo de sombreado. Este tipo de trabajo es típico por lo repetitivo de la actividad en donde ofrece muy poco interés para el diseñador, y no tiene importancia relevante en la comunicación de la información.

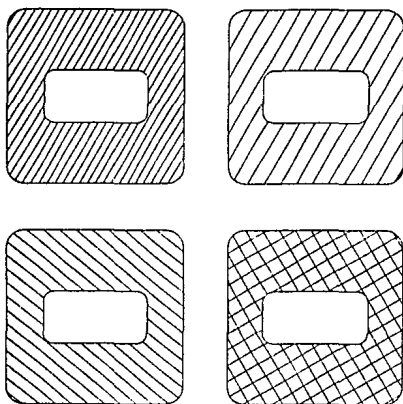


Figura 2.8 Diferentes tipos de sombreado en figuras iguales - éstas son dibujadas automáticamente

El tiempo del diseñador puede ser disminuido considerablemente utilizando la computadora para éste tipo de representaciones obteniendo una ventaja real sobre los métodos tradicionales.

Otro ejemplo de las ventajas intrínsecas del CAD son los métodos en la producción de construcciones geométricas. Tres ejemplos son dados en la figura 2.9.

1. Usando la simetría, solo una mitad de una figura se necesita definir, la otra mitad es dibujada automáticamente por la computadora

2. Cuando una figura no es totalmente simétrica, se requiere que ésta sea modificada, esto se puede hacer borrando lo que no se necesite, y cambiándolo al gusto de uno. El diseñador puede organizar éste trabajo en una variedad de elementos que tengan un cierto grado de simetría, simplificando la descripción de la figura, y dejando que la computadora complete el dibujo de acuerdo a las especificaciones dadas por el diseñador.

3. Los detalles concernientes a las uniones pueden ser dejados a la computadora. El diseñador no necesita el manejo de cálculos precisos tales como el radio y centro de diferentes arcos de una circunferencia para hacer que éstas intersecten. Una vez que la información ha sido dada a la computadora, ésta las intersectará automáticamente.

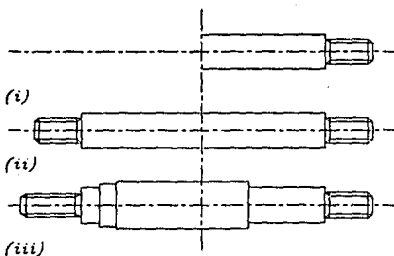


Figura 2.9 Construcción de un dibujo, utilizando la simetría
(i) sólo se da la mitad del dibujo
(ii) El sistema nos dá la otra mitad
(iii) El sistema modifica el dibujo

2.4 DIFERENCIAS FUNDAMENTALES

Hay ciertas funciones que pueden realizarse en CAD y que no pueden realizarse manualmente. Principalmente hay tres ejemplos que ilustran éste hecho. La precisión del dibujo manual se basa en la precisión visual, pero en CAD se basa en el punto actual y por ello es muy exacta. En segundo lugar, para cambiar un dibujo manualmente, se debe borrar y volverlo a dibujar, pero con CAD la computadora redibuja automáticamente las correcciones realizadas. Finalmente, el CAD nos dá una herramienta para llevar un registro de cualquier elemento del dibujo. la computadora utiliza gráficos inteligentes para inventariar y clasificar los elementos en una relación de materiales. Esto hace del CAD una revolución del diseño.

2.4.1 Precisión

En el dibujo manual, primero se dibuja y después se acota. Con el CAD, en primer lugar se mide y después la computadora dibuja. Las longitudes de todas las distancias se determinan antes de que la computadora dibuje una línea. Cuando se acota en CAD, la computadora "lee" la distancia indicando el valor. Ya que en CAD las líneas no pueden dibujarse mal, las cotas siempre cuadrarán.

El dibujo manual no puede competir de ninguna manera con la precisión del CAD. Las tolerancias en CAD pueden definirse de forma muy ajustada o muy amplia, en función del nivel de exactitud necesario. Se puede elegir que se redondeén las cotas a centímetros, aunque algunas terminales CAD son capaces de obtener una precisión de 8 o 12 cifras decimales

Cuando la precisión de cálculo sea crucial - por ejemplo para determinar el perfil de una leva con valores acumulativos- será necesaria la precisión de 12 cifras de un terminal CAD. Debido a la precisión inherente del CAD, hay que pensar en la "exactitud" desde el principio. Hoy en día ya no es habitual que un trazo realizado con lápiz de dureza 6b decepcione al ver que un ensamble no encaja perfectamente. Pero en CAD si se entran los puntos descuidadamente, se estará desaprovechando una de sus principales ventajas: La precisión.

2.4.2 Inteligencia

La inteligencia pertenece a una entidad bien establecida por el software, y generalmente está limitada a una descripción genérica tal como línea, círculo o sombreado. La inteligencia asociativa, por otra parte, viene definida por el usuario y puede consistir en cualquier número de campos de datos, cada uno de los cuales puede contener cualquier tipo de datos. Una entidad es cualquier elemento en un dibujo, definido por un principio y un final, como por ejemplo un punto, una línea, una línea de cota, una cota, una letra, una palabra, un círculo, un lado de un polígono o un segmento de una línea continua.

2.4.3 Asociatividad

Es la posibilidad de unir gráficos con texto y la posibilidad de guardar, registrar, clasificar e inventariar selectivamente éstos datos. Cuando se señala una chumacera en el dibujo, los datos "asociados" con la chumacera se leen del disco y se guardan en el área de trabajo, donde podrán clasificarse e inventariarse. Los datos de una chumacera pueden incluir, por ejemplo, anchura, clase y tipo de material. Utilizando los mismos datos asociativos puede generarse una relación de chumaceras o una relación de materiales, utilizando distintos

elementos de información clasificados a partir de los datos.

2.5 PORQUE EL DIBUJO CAD PUEDE SER MEJOR

El análisis previo de las diferencias fundamentales y metodológicas entre el CAD y el dibujo manual sugiere ciertamente muchas razones para considerar que el dibujo con CAD puede ser mejor. Una de las características más agradables del dibujo con CAD para ahorrar trabajo es el acotamiento. Será la computadora quien acote; ya no será necesario hacer largas sumas de números fraccionarios. Se seleccionan los puntos y la computadora hace el resto. Mide, coloca la línea de cota, redondea la cota siguiendo las directivas dadas y la visualiza con un formato para arquitectura o ingeniería preseleccionado.

Todos los sistemas CAD soportan la acotación en sistema métrico y en sistema inglés y pueden visualizar distancias en la escala que se elija. pulgadas, pies, milímetros, centímetros o metros, con decimales, sin decimales o con fracciones. Cuando se selecciona un conjunto de parámetros para visualizar la información en una forma determinada, como en la acotación, el proceso recibe el nombre de formateado. En consecuencia el texto de las cotas a visualizar puede formatearse para que estén "encima y paralelas a la línea"

Los puntos pueden entrarse con mucha exactitud sin que se tenga que definir su posición con precisión. La exactitud se consigue de varias maneras: entrando las coordenadas por el teclado, mediante la captura por malla gráfica o la captura por puntos y por la tolerancia de las cotas. Estas técnicas permiten entrar posiciones aproximadas cerca de los puntos correctos. Será el sistema quien encuentre la posición correcta.

2.5.1 Edición de una entidad

Una vez creados los gráficos se pueden manipular las líneas, cambiar las cotas, mover parte del dibujo hasta otra posición, borrar parte del dibujo sin modificar lo que hay alrededor, cambiar el tamaño de un elemento, girar o producir la imagen especular de una entidad, duplicar en otras posiciones o guardar un fragmento del dibujo para utilizarlo en otra parte. Incluso parte de un dibujo de un nivel -considerése como una hoja transparente de las utilizadas en el dibujo por capas- puede mover electrónicamente a otro nivel (ver fig 2.10) .

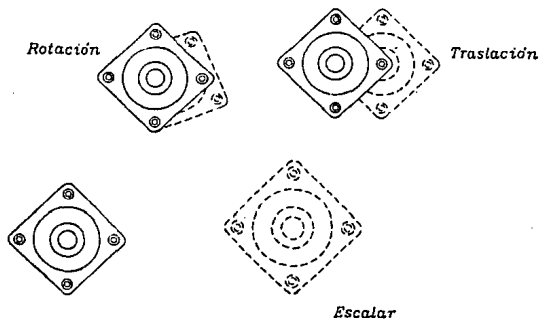


Figura 2.10 Las entidades, una vez aisladas (o seleccionadas) pueden manipularse.

La edición de entidades, es una característica propia del CAD, que lo convierte en un proceso fundamentalmente distinto del dibujo manual. Ninguna herramienta para borrar tuvo nunca ésta potencia. Todo es debido a que los datos se entran y recuerdan como una entidad por parte de la computadora.

El primer paso en la edición recibe el nombre de aislamiento. Se debe separar (aislar) lo que se quiere editar del resto del dibujo. A continuación aparecen seis breves descripciones relacionadas con la edición de entidades.

A) Borrar

Una entidad puede borrarse parcial o totalmente. Incluso aunque una línea pueda intersectarse con otras, también se puede borrar selectivamente tocandola con el cursor, y dejando el resto del trabajo en su lugar. También se puede guardar una copia de una línea y colocarla en el equivalente electrónico de las plantillas de dibujo, la biblioteca de figuras , para su uso posterior.

B) Mover

El CAD permite mover los elementos gráficos, observe la figura 2.10 que se ha movido (trasladado). En primer lugar, la entidad se copia en un área de memoria temporal de la RAM llamada "buffer", a continuación, sustituyendo la cruz del cursor por la entidad seleccionada, se mueve hasta su nueva posición y una vez que está posicionada correctamente, se inserta en el dibujo.

C) Cambiar

En CAD puede cambiarse el tamaño de una figura, girarla con respecto a su origen o con respecto a cualquier otro punto, o ambas cosas. Se puede cambiar una línea continua por una línea discontinua, o mover la línea a otro nivel.

D) Extender

Utilizandola cuidadosamente, se puede extender o estrechar el tamaño de una entidad a lo largo de cualquier eje.

E) Duplicar

Con el CAD solo se necesita dibujar una figura una vez. Una vez guardada, la figura se convierte en una parte permanente de la biblioteca de figuras, que es el equivalente en CAD a las plantillas de dibujos. Entónces se podrá insertar ésta figura una o varias veces según se necesite; también puede duplicarse la figura en una matriz bidimensional.

F) Sustituir

Si se inserta una figura incorrecta o se cambia de opinión, la nueva figura puede sustituirse. Las figuras tienen un punto de origen. Se sustituye una figura por otra en el lugar exacto, localizando el origen de la figura que hay que sustituir, borrando la figura original, e insertando la nueva figura en la misma posición. En algunos sistemas el proceso completo es automático.

2.5.1.1 Uniformidad y Consistencia

Debido a que el CAD produce gráficos uniformes y consistentes, se pueden realizar prácticas de dibujo estándar. Pueden establecerse y mantenerse estilos de letras, alturas, estándares de acotación, y consistencia de líneas y de sombreado. Los sistemas CAD profesionales permiten crear logotipos, tipos de letras, estándares de cotas y tipos de sombreado.

2.5.1.2 Niveles

El software del CAD permite separar electrónicamente la información en niveles múltiples, también llamados capas, que es el equivalente a las hojas de plástico transparente utilizadas en el dibujo por capas o plantas. La diferencia entre el dibujo manual y el dibujo con CAD radica en la flexibilidad con que se puede pasar de un nivel a otro. Mientras se está trabajando con el nivel activo seleccionado, puede visualizarse simultáneamente cualquier otro nivel deseado y editar además otra selección de niveles. Se puede pasar a cualquier nivel en cualquier momento. Los niveles suelen visualizarse con colores distintos para ayudar a diferenciarlos y también puede visualizar un dibujo para indicar que plumillas se han seleccionado para su trazado.

2.5.2 Inteligencia Gráfica

El determinar lo inteligente que es un dibujo, depende de lo sofisticado que sea el "software" y "hardware" del CAD. Los sistemas CAD sofisticados guardan una cantidad de información considerablemente mayor. Cuando se dibuja un círculo en un determinado nivel con una pluma determinada, toda ésta información se guarda junto con los puntos que describen el círculo. Aunque esto aumenta el tamaño del archivo del dibujo, éstos datos son esenciales para crear y mantener un dibujo inteligente.

2.5.3 Tareas repetitivas

Una de las herramientas más importantes y potentes es el ciclo de la computadora. Los ciclos repiten una tarea determinada durante un número especificado de veces. Los ciclos se ejecutan aparentemente sin ningún esfuerzo y de forma automática, y pueden programarse para que se ejecuten consecutivamente (uno después de otro) o como un ciclo anidado (un ciclo situado dentro de otro)

2.5.4 Tareas estándar

Casi cualquier tarea que se desee que realice la computadora, puede activarse automática o semi-automáticamente. El poder crear o modificar miniprogramas nos dá flexibilidad de diseño para ejecutar procedimientos de dibujo complejos. Escribir un programa puede parecer al principio una tarea difícil, pero al igual que dibujar diagramas del momento flexor, se hace más fácil con la práctica. La documentación del software del sistema proporciona detalles aplicables a cada computadora.

La macroprogramación varía con cada computadora y con cada sistema CAD, pero es bastante similar a la programación fundamental.

El CAD requiere cierta planificación y pensamiento adicional antes de empezar. Deben determinarse la precisión de las cotas y los niveles de dibujo mucho antes que con el dibujo manual. La disciplina que el CAD impone en la planificación del diseño es extremadamente valiosa, y fuerza a resolver las cotas principales mucho antes dentro del proceso de diseño.

2.6 CUANDO ES MEJOR EL DIBUJO MANUAL

El CAD entra los datos con más precisión, calcula con más fiabilidad y más rápido, Pero una persona puede crear imaginativamente, analizar con más flexibilidad y pensar con más decisión que cualquier programa CAD. Es evidente que una computadora realiza las tareas seleccionadas mejor que una persona, pero el diseño es un proceso que raramente es preciso o secuencial o lógico como una computadora. El diseño es flexible y exploratorio, a veces errático a medida que se dirige gradualmente hacia una solución de diseño, en función de las demandas del problema.

Aunque el CAD dibuja mejor, cualquier persona piensa mejor de lo que pueda hacerlo una computadora. Los avances en inteligencia artificial disminuirán ésta distancia, pero por ahora sé está por encima de la máquina con respecto a pensar y decidir. Además, a la mayoría de ingenieros, arquitectos, y diseñadores les gusta dibujar, ayuda a pensar y es un medio de expresión. Hay algunas tareas de dibujo que definitivamente es mejor dejar a la computadora, es decir, aquellas que son repetitivas, complicadas y aburridas.

2.7 COMO EMPEZAR A DIBUJAR

2.7.1 Puntos

Cuando se dibuja a mano una línea, casi siempre se hace de forma inconsciente, colocando simplemente el lápiz donde se quiere empezar, desplazandolo en línea recta y deteniendolo donde parezca apropiado. La acotación no es un pre-requisito para dibujar; se dibuja primero y se acota después.

El dibujo con CAD invierte el proceso: se entran los puntos inicial y final en posiciones previamente conocidas o acotadas y se hace de forma bastante consiente. La línea o cualquier otro gráfico aparecen automáticamente a continuación.

2.7.1.2 Puntos de entrada, de trabajo y de referencia

Un punto de entrada es cualquier punto que se entra sobre la pantalla. Cada vez que se entra un punto se convierte en dos cosas, en el punto inicial para un subsiguiente punto asociado y en el punto final del punto asociado previo.

Un punto de trabajo es cualquier punto utilizado por el sistema CAD en un momento determinado. Cuando el snap por malla o por punto están desactivados, el punto de entrada y el punto de trabajo coinciden. Sin embargo, si cualquiera de los dos modos de snap está activado, la computadora establecerá un punto de trabajo distinto, basándose en el criterio de captura por malla o por un punto.

Un punto de referencia es aquel cuyas coordenadas son recordadas por el sistema para su uso posterior. Un sistema CAD puede ser capaz de recordar más de un punto previo.

En la figura 2.11 El punto P1 es el punto inicial para línea que le conecta con el siguiente punto final P2. El punto P2 se convierte entónces en el punto inicial para el siguiente punto P3 y así sucesivamente.

2.7.2 Líneas

Puntos y líneas están muy relacionadas, Mientras que el punto es la entrada básica del CAD, la línea es el elemento gráfico fundamental. Todos los gráficos construídos sobre la pantalla consisten en líneas y elementos lineales, incluyendo círculos y textos.

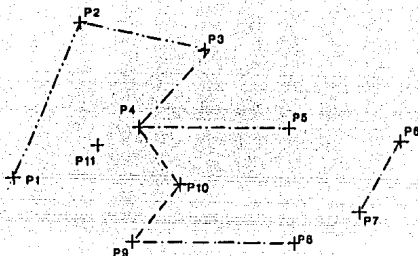


Figura 2.11 La entrada de puntos, empieza con el punto 1 y continúa hasta el punto 5.

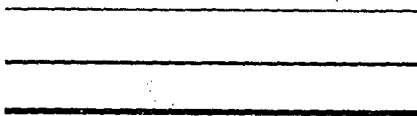
En algunos sistemas CAD, la entrada de un punto se interpreta de forma distinta, dependiendo de la tecla de función que se seleccione: se puede establecer un punto, dibujar una línea, o una línea discontinua, o insertar una figura. Las teclas de función asociadas a la entrada de puntos están situadas en el teclado y pueden estar duplicadas en un cursor de teclas o en un ratón. Otros sistemas tratan el punto, la línea o la figura al igual que cualquier otra orden gráfica. La textura de la línea puede variar y aparecer como una línea continua, o como una línea discontinua.

2.7.2.1 Calidad de Línea

El dibujo de líneas de anchura y dureza variable (grado de obscuridad) ha sido una técnica muy utilizada por los diseñadores para diferenciar elementos dentro de un dibujo: para sugerir una profundidad, para identificar líneas ocultas o distantes o para mejorar la calidad gráfica del dibujo; todo ello ayuda a que un dibujo se "interprete mejor" al igual que con el dibujo manual, puede instruirse a la computadora para que dibuje con la calidad de línea deseada.

Se puede aumentar la anchura de la línea en la pantalla, en el trazador o en una combinación de ambos. La visualización de líneas más anchas en la pantalla dá más riquezas al dibujo, pero suele enlentecer la revisualización (fig 2.12) .

Línea por defecto (lo mas delgada posible)



Línea gruesa con "relleno"

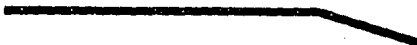


Figura 2.12 Distintos anchos de líneas

Esto puede rectificarse visualizando todas las líneas como líneas estándar, pero trazandolas con distintas anchuras de pluma. Pero el utilizar varias plumas puede ser un inconveniente. Una buena solución es dibujar varias líneas paralelas juntas, obteniendose las ventajas de ambas soluciones: la visualización de una línea ancha utilizando una única pluma. Como punto de referencia, la pluma de un plotter o trazador tiene aproximadamente 0.3mm de diámetro, o aproximadamente el mismo tamaño que un estilógrafo 00, que dibuja una línea de 25mm a una escala 1:100 (+- 0.25 mm)

2.7.2.2 Finales de línea

Un final de línea es la flecha o punto a final de una línea, utilizada para señalar o identificar el contenido de una cota de referencia o para cerrar una línea de cota. El final de línea puede crearse como una figura gráfica separada, y al igual que el texto, las cotas, y las marcas de referencia, puede escalarse separadamente de los dibujos ya que su tamaño viene determinado por la legibilidad, y no tiene por qué coincidir con la escala del dibujo (figura 2-13).

2.7.3 Figuras Geometricas

Después de las líneas, el siguiente paso creciendo en complejidad gráfica, son las figuras. Las figuras son simplemente pequeños dibujos, el equivalente en CAD a las plantillas. También se las conoce con el nombre de células, bloques, símbolos u objetos, entre muchos otros. Con el dominio de la geometría o sin él, ya no tendrá que construir elipses a base de juntar segmentos de círculo.

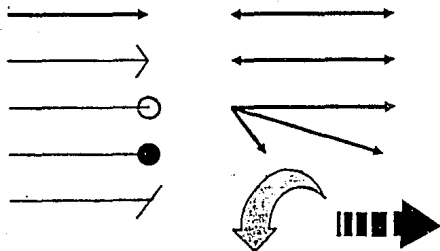


Figura 2.13 Mediante éstos símbolos se designa el final de una línea

Los rectángulos y los medios rectángulos son los polígonos más fáciles de dibujar ya que tan solo hay que determinar las dos esquinas opuestas; los otros dos vertices se "construyen" utilizando las coordenadas X e Y de los puntos entrados.

Los rectángulos girados pueden construirse girando la malla o de la forma convencional, guardandolo y reinsertándolo como una figura con un cierto ángulo. El método utilizado varía según el sistema (fig 2.14) . Una cosa curiosa es que pocos sistemas incluyen subrutinas que dibujen específicamente triángulos. No obstante, las funciones trigonométricas son muy utilizadas para calcular las posiciones de los puntos. Quizá sea demasiado difícil escribir una buena subrutina básica (también llamada algoritmo) que origine un triángulo. Y así, la mayor parte de los triángulos se improvisan partiendo de rectángulos (triángulos rectángulos) o de polígonos (triángulos equiláteros) o se construyen meramente línea a línea (fig 2.15).

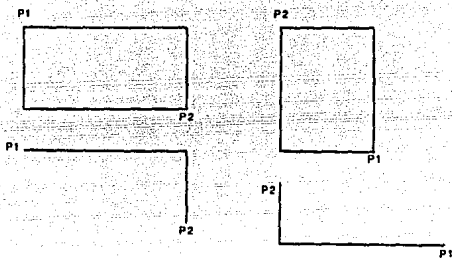


Figura 2.14 Los rectángulos son clásicamente formas gráficas

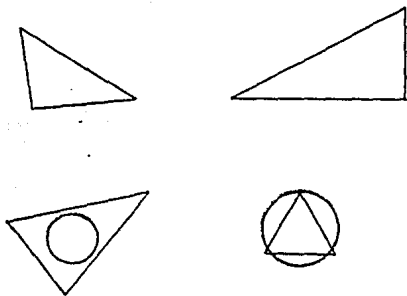


Figura 2.15 Los triángulos se construyen utilizando varios métodos asistidos.

Los círculos generalmente se construyen utilizando los tres métodos clásicos. El punto central y el radio; dos extremos de un diámetro; o tres puntos sobre la circunferencia. Los arcos se construyen mediante tres puntos de una circunferencia o el centro y dos puntos radiales, y una hemiesfera se construye a partir de dos puntos opuestos de un diámetro. Las elipses utilizan los mismos algoritmos que los círculos, pero requieren además la definición de los ejes de excentricidad y ángulo de rotación.

La excentricidad se define como una rotación angular con respecto al eje X o al eje Y, mientras que la rotación (o inclinación) se define como una rotación angular respecto al eje Z. Lo mejor de todo es que ya nunca más será necesario tener que corregir las elipses para que encajen en un dibujo (fig 2.16)

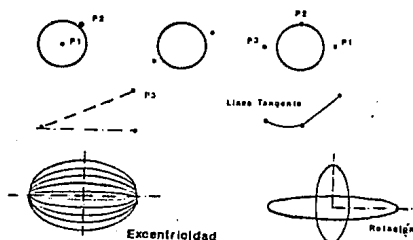


Figura 2.16 Los círculos, arcos circulares y elipses son fáciles de construir. Las elipses requieren dos parámetros adicionales: excentricidad y rotación.

2.7.4 Texturas

En las texturas se incluyen los distintos tipos de rayas del sombreado y el sombreado continuo, que es una técnica efectiva para representar superficies, texturas, tipos de material. Los métodos para realizar la textura varían de alguna manera. Algunos sistemas requieren que se trace el perfil que debe rellenarse. Otros permiten señalar en cualquier posición dentro de los límites, y será la computadora quien busque los límites y rellene automáticamente las superficies hasta los bordes con la textura adecuada.

Se pueden utilizar texturas en cualquier nivel con el mismo color o con colores distintos. El software para dibujar una textura está bien definido. La realización de textura con CAD es considerablemente más rápida que con el proceso manual, aunque la revisualización y el trazado se enlentece apreciablemente si éstos rayados son abundantes.

2.7.5 Tramas de sombreado

En CAD, el sombreado es fácil de crear y de editar. Se puede cambiar rápidamente el tamaño y la inclinación de las rayas. En la mayor parte de los sistema CAD, la posición origen de las rayas puede variar (fig 2.17) . También se pueden utilizar tramas de rayas sobre superficies en dibujos en perspectiva. Al girar el plano se estrecha la trama, aumentando el sentido de profundidad, pero generalmente, se utilizarán las rayas para indicar tipos de materiales de construcción de la misma forma que se hace en el dibuja manual. En sistemas de baja resolución de pantalla, las tramas de puntos pueden sustituir a las tramas de rayas.

Distintas tramas de sombreado

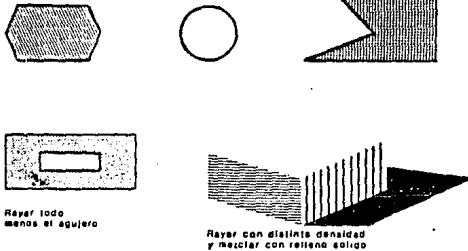


Figura 2.17 El rayado y el sombreado son funciones muy agradables, una vez definidos los límites, la computadora realiza la tarea.

Cuando las áreas rellenas con distintos colores se visualizan en un monitor en blanco y negro o en una impresora de matriz de puntos, se crean tramas distintas que representan a los distintos colores.

2.7.6 Medidas

En el dibujo manual las longitudes se miden con una regla. también puede calcularse una longitud, un ángulo o una área utilizando la geometría o la trigonometría. Cuando el dibujo está completo, se acotará para que coincida con lo que debe medir, quizá, verificando las cotas calculadas con las que se establecieron anteriormente.

Con el dibujo CAD, ésto no es necesario. Si se entran los datos gráficos correctamente, para encontrar cualquier medida no se producirá ningún error: los datos se entran necesariamente con exactitud. Tan solo será necesario colocar los puntos en las posiciones correctas y el sistema hará el resto.

2.8 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

Mucha gente quiere el diseño asistido por computadora, o cree que es lo que quiere. La dificultad radica en diferenciar entre el diseño asistido por computadora y el dibujo asistido por computadora. Los ingenieros pueden preguntarse ¿Puede éste sistema CAD diseñar tan bien como dibuja? Es una pregunta perfectamente válida e importante. Pero cuando se le pregunta ¿Como se definiría el diseño CAD? Las respuestas son desgraciadamente vagas.

La filosofía del diseño suele percibirse y establecerse con precisión, pero la cuantificación y articulación del proceso del diseño, aunque genérico, permanece difícil de definir. Si se quiere que el CAD diseñe por nosotros, pero se sigue permaneciendo atrapados por la imposibilidad de definir que es lo que se quiere del CAD como herramienta de diseño.

2.8.1 Dibujo con CAD

Fundamentalmente, el dibujo asistido por computadora es una entrada de datos. Se entran dos puntos, se le dice a la computadora que dibuje una línea, y la computadora visualiza la línea gráficamente. Se está dibujando en una terminal gráfica. En ésto consiste hoy en día la mayoría del CAD: dibujar electrónicamente exactamente lo que antes se dibujaba a mano. Es un cambio revolucionario; de un lápiz de madera y grafito al lápiz electrónico.

2.8.2 Diseño con CAD

Por otra parte, el diseño asistido por computadora es una herramienta para tomar decisiones y resolver problemas. Se le dice a la computadora que conecte dos puntos, la computadora encuentra éstos puntos, sugiere las soluciones disponibles (conectar con una línea continua, con una línea discontinua, o irregular, abandonarla, y así sucesivamente), pedirá que se seleccione una alternativa y después dibujará una línea. Se está diseñando en una terminal gráfica, tomando decisiones sobre el proceso de diseño. Mientras que el software de dibujo es general por su propia naturaleza, el software de diseño es bastante específico, casi siempre muy complejo, y requiere mucha más memoria, debido a su mercado, necesariamente limitado, es caro.

2.8.2.1 Metodología del Diseño

Históricamente, los programas que calculaban información de ingeniería constituyeron los primeros programas de diseño. Hay muchas técnicas de dibujo electrónico que se utilizan en el diseño. Algunas de ellas son equivalentes a los métodos utilizados manualmente sobre el papel amarillo de croquis, mientras que otras son técnicas exclusivas del CAD. Puede utilizarse un plano de fondo como referencia temporal bajo el dibujo actual en los niveles "Fantasma". A veces se insertan figuras en el dibujo para verificar una posición o una cota y se borran mediante la tecla de retroceso, que borra el último elemento. Las figuras pueden sustituir al cursor en forma de cruz y desplazarse sobre la pantalla. Algunos sistemas permiten insertar temporalmente cualquier gráfico, incluyendo texto y figuras, y previsualizar los resultados. Si nos gusta lo que vemos, se inserta el contenido; si no los gráficos temporales se eliminan.

Se puede hacer aparecer un dibujo de referencia mediante el cursor gráfico, lo que elimina el tener que consultar una copia impresa. Es más rápido que guardar el dibujo actual, cargar el dibujo de referencia y después volver a cargar el dibujo original.

Otro uso muy interesante del CAD en el diseño es para los detalles, particularmente cuando se dibuja con secciones longitudinales similares, componentes discontinuos, verificación de interferencias o condiciones de unión complejas, especialmente uniones angulares. Se pueden bosquejar éstas condiciones manualmente, pero únicamente con la precisión tridimensional del CAD, se puede dibujar y resolver fácilmente la geometría de las condiciones de unión (Fig 2-18).

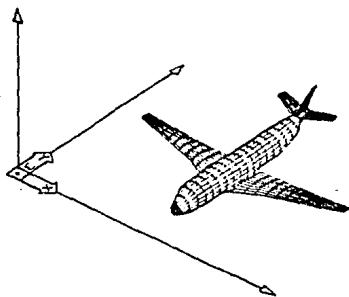


Figura 2.18 Manejo de dibujos en 3 dimensiones

2.8.2.2 Características del Software de Diseño

Las principales ventajas de utilizar el CAD para diseñar, provienen del hecho de que puedan repetirse secuencias de cálculo complejas y estructurar el camino a seguir en procesos de diseño complejos.

Los programas de diseño pueden clasificarse en cuatro categorías:

La primera son los programas de cálculo, "devoradores de números" para tareas como cálculos de áreas y de volúmenes, cálculos de las condiciones de carga, o la determinación del punto medio de una línea.

En segundo lugar están los programas de control de la base de datos, que incluyen todos los programas de inventario y manipulación de datos.

En tercer lugar, los programas de diseño interactivo que nos piden la entrada de datos, y la computadora calcula la respuesta y visualiza las alternativas de diseño para que demos nuestra aprobación.

Por último, éstos programas realizan funciones internas muy útiles y ahorradoras del tiempo.

Debido a que las aplicaciones de dibujo son prácticamente universales, existen excelentes programas de dibujo.

Pero la mayor parte de las aplicaciones de diseño son tan específicas que la mayoría han sido escritas por el usuario para su uso interno.

2.8.2.3 Software Especializado

La mayoría de los programas de diseño se han creado para cubrir las necesidades de un único usuario por no existir ninguno disponible comercialmente o porque las principales versiones del software actual serían demasiado caras. Por regla general es más efectivo escribir en un programa propio, utilizando la computadora o el macrolenguaje que figura con el software básico.

Con demasiada frecuencia, el software de diseño es tan especializado que su comerciabilidad está limitada.

2.8.2.4 Factores de Tiempo

Para escribir un programa se requiere mucha atención respecto a la lógica y a las reglas precisas de la gramática. El escribir un programa es una labor intensiva; para determinar cuanto tiempo necesita un programador para escribir un programa se calcula una hora para cada instrucción de la computadora. Aunque éste incluya el diseño del programa, la codificación, la depuración y la documentación, el tiempo aumenta rápidamente.

Un programa de 40 líneas - un programa pequeño- requiere 40 horas para ser escrito. Para decidir si hay que invertir en software especializado, hay que evaluar el valor del producto acabado con respecto al tiempo necesario (o disponible) para escribir el programa.

2.8.2.5 Potencia de Cálculo

Muchos programas de aplicación de diseño calcula respuestas sin interpretar los resultados. Las ecuaciones que impliquen intrincadas matemáticas, exponenciación o cifras decimales es mejor dejarlas para la computadora.

2.8.2.6 Velocidad

Aunque los programas de dibujo fundamentales suelen estar escritos (compilados) en lenguaje máquina (un lenguaje de computadora de alta velocidad), la mayoría de las aplicaciones desarrolladas por el usuario, tales como los programas de diseño, están escritos en un lenguaje menos difícil y de alto nivel. Debido a que cada instrucción de un macrolenguaje debe pasar por varios pasos más que su equivalente en lenguaje máquina, el tiempo de proceso adicional de la computadora puede ser bastante elevado.

2.9 CONSIDERACIONES FINALES

El software moderno es interactivo por naturaleza, esto es que la construcción de un dibujo debe ser hecha por medio de un dialogo, por medio de instrucciones que son preguntadas por la computadora y el resultado es obtenido en pantalla. El diseñador puede así juzgar el efecto de la instrucción dada inmediatamente, esto es muy útil cuando se hace alguna modificación. Una de las desventajas de los primeros sistemas era que no era posible juzgar los efectos de la instrucción hasta después de un considerable intervalo de tiempo, algunas veces hasta horas. Un modo de operación caracterizado por el proceso en grupos es generalmente usado en la producción de planos acabados, en donde la preparación de planos se realiza utilizando un dialogo.

Tomando en cuenta que todos los CAD o sistemas de diseño hacen uso de modelos geométricos (ambos en dos o tres dimensiones), los siguientes puntos se deberán tomar en cuenta: El modelo permite que los elementos del diseño sean descritos efectivamente, de donde se pueden presentar 2 situaciones:

1. En un caso rápido, no hay conexión entre los elementos del modelo geométrico y los elementos contenidos en combinación con los datos aplicados. Esto significa que el único significado concerniente a los elementos gráficos es geométrico, y que no hay una relación entre las operaciones hechas por el dibujo y el estado de aplicación de los datos.

2. O puede suceder una unión constante entre los elementos geométricos y los elementos estructurales de aplicación de los datos. Así cualquier modificación de una estructura puede ser reproducida en el orden de asegurar que cada uno es consistente.

En ámbos casos es posible el manejo del CAD/CAM de acuerdo con la definición dada anteriormente. Los procedimientos serán mejor integrados en el segundo caso, dado que son más cercanos con el nivel de datos procesados que en el primero.

CAPITULO 3

CONFIGURACION DE UN SISTEMA CAM

Un sistema de manufactura auxiliada por computadora (CAM) contempla varios aspectos de la manufactura, con el uso de una estructura de jerarquización computarizada para monitorear y controlar varias fases del proceso de manufactura. Los sistemas convencionales y adaptativos de control numérico son los predecesores de sistemas auxiliados por computadora. En éstos, la información es manejada en un ciclo de retroalimentación concerniente con un proceso discreto, de ésta forma el sistema CAM desarrolla una información integrada en una red de trabajo que monitorea en un amplio espectro las tareas y controles interrelacionados.

Idealmente un sistema CAM tiene dos atributos aplicables a cada paso del proceso de manufactura: está bien supervisado y requiere un mínimo de carga de intervención humana para las tareas de proceso individual.

3.1 EVOLUCION DEL CAD/CAM

Los ingenieros han estado utilizando las computadoras desde hace varias décadas, pero el uso de técnicas de CAD/CAM ha sido incrementado enormemente en los últimos años. Uno de los aspectos más importantes de esto es la reducción drástica en el costo de las computadoras. La reducción de costos hace esto práctico de resolver problemas complejos y de desempeñar simulaciones elaboradas que previamente fueran más allá de la investigación y alcance de varias organizaciones.

La producción en masa de los microprocesadores ha jugado un papel importante en la dramática reducción de los costos. Ellos se desarrollaron de la interacción tecnológica y de mercado. La fabricación de semiconductores ha avanzado al punto en donde una computadora puede ser fabricada con un chip (figura 3.1) al mismo tiempo el volumen de producción de semiconductores que han sido vendidos han sido muy satisfactoria para soportar la inversión necesaria para construir y probar nuevos microprocesadores.

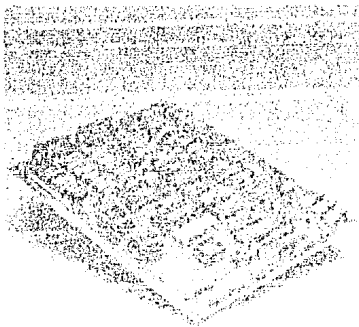


Figura 3.1 Tarjeta con micropocesadores

Conforme el mercado va haciendo los microprocesadores más atractivos, éstos van apareciendo más rápidamente.

El número de transistores que puede ser incluido en 200 - milímetros cuadrados de silicón proveén al micropocesador con instrucciones más largas que las permitidas en varias computadoras. Los microprocesadores son ahora utilizados en productos que varían desde dispositivos para el entretenimiento hasta instrumentos sofisticados. Las aplicaciones del consumidor han sido importantes para la comercialización, der, que éstas

forman una parte considerable en la comercialización de los microprocesadores, el cual ayuda a reducir los precios y estimular la investigación. Los efectos de los precios de venta y de competencia del producto pueden ser comparados contra el caso de las calculadoras de bolsillo, las cuales en sus orígenes costaban cientos de dólares cuando fueron introducidas y ahora en algunos casos es dado como un regalo de promoción.

El bajo costo de producción en masa, para microprocesadores de uso general, proporciona componentes flexibles, los cuales pueden ser adaptados mediante la programación para proveer funciones distintas requeridas en una amplia variedad de productos.

Las instrucciones del lenguaje de máquina requeridas por una computadora, es un factor limitante en la productividad. Lenguajes de alto nivel, aunado con una mejora en los sistemas de software han hecho la computadora más fácil y simple de utilizar. Las limitaciones de existencia de software se ha debido en larga medida a las recientes apariciones de microcomputadoras.

Las microcomputadoras difieren de las computadoras grandes en la aplicación y en la experiencia. La mayor diferencia es la filosofía: el microprocesador es un dispositivo barato que puede ser ajustado para desempeñar una tarea fija. La existencia de éstos dispositivos baratos ha cambiado la forma en que las soluciones de la computadora son diseñadas e implementadas. Los sistemas de computadora pueden ahora utilizar microcomputadoras como componentes para la solución de problemas. Una construcción básica de éste bloque, un microprocesador puede ser definido como un componente que es capaz de desempeñar operaciones aritméticas y lógicas bajo un control programado.

3.2 LA JERARQUIZACION DEL CAM

Un sistema de CAM en larga escala contiene una estructura jerárquica en dos o tres niveles de computadoras que son utilizadas para controlar y monitorear las tareas de procesos individuales. Una pequeña (mini) computadora es responsable del manejo de un solo proceso, con una computadora más grande se monitorea y emiten instrucciones a un grupo de computadoras más pequeñas. Una computadora centralizada alimenta entonces el sistema con información procesada. Esta configuración general de jerarquización de CAM es ilustrado en la figura 3.2

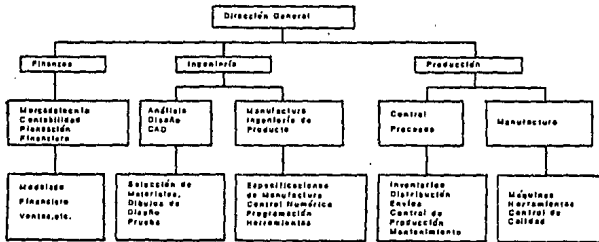


Figura 3.2 Estructura jerárquica de la Manufactura asistida por computadora (CAM)

Un sistema en larga escala de CAM abarca tres grandes áreas relativas al proceso de manufactura: manejo y control de la producción , análisis y diseño de ingeniería, y finanzas y comercialización. Cada una comprende una serie de tareas que son controladas ya sea por una computadora de gran capacidad (por ejemplo control de inventarios) o por una pequeña computadora, en el caso de inspección y control de calidad. Sin tomar en cuenta el método de control, la importancia del esfuerzo del CAM es que la información ocurre en forma bidireccional. Dado que un sistema CAM vigila varios aspectos de los procesos de manufactura, los cambios dictados por la información que está siendo monitoreada de una tarea, puede ser trasladada dentro de un control de datos de otra tarea. Por ejemplo, en la manufactura: el maquinado, la inspección y el ensamble están bajo control computarizado. Cuando la computadora reconoce que un componente está continuamente fuera de tolerancia (basado en la información que está siendo retroalimentada del equipo de prueba automático), ésta puede ser programada para afectar un cambio en el proceso actual de maquinado para compensar el error. Aunque ambas tareas forman partes del mismo ciclo de información, se incorpora un sistema de retroalimentación de maquinado e inspección.

3.2.1 Elementos de un sistema CAM

El éxito de un sistema auxiliado por computadora depende de la integración del hardware y del software funcionando sobre todo el flujo de la información, elementos del hardware del CAM, incluyendo máquinas de control numérico, equipo de inspección, computadoras digitales y dispositivos relativos.

El software del CAM es una malla interrelacionada de sistemas programados por computadora que sirven para monitorear, procesar y utilizar el control del flujo de los datos de manufactura. Un programa consiste en una serie de instrucciones las cuales, cuando son operadas por la computadora, resultan en el desempeño de una función requerida. Estas instrucciones se presentan en el procesador consistiendo de patrones de dígitos que representan combinaciones de números o símbolos. A éste nivel las instrucciones son reconocidas como código de máquina. Los programas pueden ser escritos directamente en éste código, pero el proceso es bastante tedioso y difícil. Así es que la mayoría de la programación es hecha utilizando un lenguaje el cual pueda ser convertido en un código máquina por medio de otro programa, denominado compilador.

Los lenguajes de bajo nivel, son la forma más simple del lenguaje. Estos consisten de instrucciones las cuales tienen un equivalente exacto en código de máquina. Esta simplificación de programación es lograda haciendo instrucciones mnemotécnicas, tales como las letras ADD, para una instrucción de suma.

Los lenguajes de bajo nivel pueden también incorporar algunas facilidades de software, tales como la habilidad de llamar en algún programa a subrutinas y paquetes domésticos para la entrada y salida de operaciones.

Los lenguajes de alto nivel son más poderosos que los lenguajes de bajo nivel, desde que permiten al programador el usar instrucciones sencillas las cuales involucran un largo número de instrucciones en código de máquina. Esto se ha hecho con el objeto de simplificar la programación, en donde menos instrucciones necesitan ser codificadas en orden de producir el resultado requerido. Varios tipos de programas son utilizados por sistemas de computadora. Los programas escritos para hacer algún tipo de tareas útiles, tales como la impresión de datos o el de

hacer cálculos, son llamados programas de aplicación o programas fuente, éstos son generalmente escritos en lenguajes de alto nivel tales como FORTRAN o BASIC. Los programas en FORTRAN o BASIC deben de ser trasladados a un lenguaje máquina para controlar los circuitos de la computadora. Esta traducción se lleva a cabo utilizando ya sea un compilador o un traductor.

El interprete o compilador opera en un lenguaje de alto nivel y produce la versión de programa denominada programa objeto. El programa objeto es construido en código de máquina de tal manera que ésta lo ejecute inmediatamente.

3.2.2 Control Numérico (CN)

Máquinas convencionales de CN deben de ser modificadas de tal forma que la información pase entre el CPU y un sistema basado en control computarizado.

Esta modificación ha resultado en tres grandes desarrollos derivados del concepto de control numérico: control computarizado de control numérico, el concepto de grupo, y nuevas formas de control adaptativo.

El manejo computarizado de control numérico, es un termino genérico que abarca CND (Control numérico Directo) y CNC (Control numérico Computarizado). CND y CNC, son métodos que distribuyen responsabilidad entre en control de computadora y la máquina herramienta de control numérico (CN). Aun así el sistema cambia las características funcionales de la máquina de CN, en cambio cada una provee un significado para el proceso de comunicación de datos y comandos fuera del ciclo de control de la máquina CN.

El concepto de grupo es esencialmente una extensión de el manejo computarizado hacia más de un tipo de computadora. Una serie de máquinas herramientas son interconectadas por un sistema de transmisión que automáticamente provee máquinas individualmente con los componentes que son requeridos a tiempo.

Dos niveles de control y monitoreo son necesarios. Las máquinas son individualmente controladas con un manejo computarizado de CN, y un grupo por sí mismo es manejado por una computadora centralizada coordinando la producción de salida de varios grupos. Así pues, se ve evidente un arreglo jerárquico.

El uso de máquinas de control numérico basado en un sistema de manufactura computarizado puede ser visto en términos de automatización e integración. Refiriéndose a la figura 3.3, cuatro niveles de manufactura automatizada pueden ser definidos.

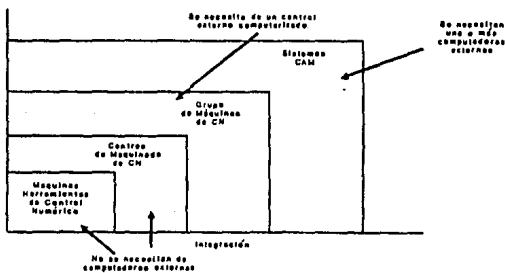


Figura 3.3 Integración y automatización del control numérico en CAM

El "stand alone" de una máquina de control numérico representa un ciclo de operación automático; un centro de maquinado de control numérico automatiza el proceso de maquinado por completo; un grupo de controladores externos de máquinas de control numérico representa una tarea total de manufactura automatizada, y finalmente, un sistema de CAM integra por sí mismo en un nivel más bajo métodos en un proceso de manufactura automatizada.

3.2.3 La base de datos del CAM

Los datos almacenados proveen al sistema CAM con todos los datos de entrada necesarios para desempeñar el control y analizar las funciones. Todas las formas de almacenamiento de datos son mantenidos en una base de datos que puede ser accedido en una velocidad extremadamente alta por la computadora. El nivel de complejidad de una base de datos de un CAM es directamente proporcional al número de tareas requeridas por el sistema. En un sistema CAM ideal (figura 3.2) se requiere una configuración de base de datos extremadamente larga y compleja. Para un sistema de CAM realizable, la base de datos debería de contener los elementos mostrados en la figura 3.4

Para el sistema CAM mostrado, solo las funciones de manufactura y de ingeniería están bajo un sistema de control directo. Datos de diseño de ingeniería son dados a la base de datos del programa asistido por computadora usado por varios departamentos de ingeniería.

Los datos de diseño y especificaciones externas de manufactura son usados por producción y manufactura para desarrollar la parte de los programas de control numérico y otras especificaciones de operación.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Estos son almacenados como información de producción en una base de datos. El flujo de información de ingeniería es mostrado esquemáticamente en la figura 3.5

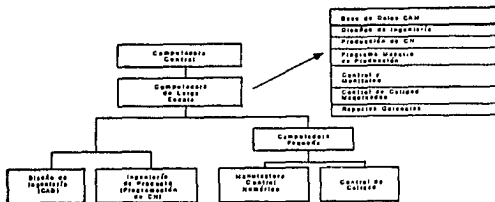


Figura 3.4 Base de datos para un sistema de manufactura asistida por computadora

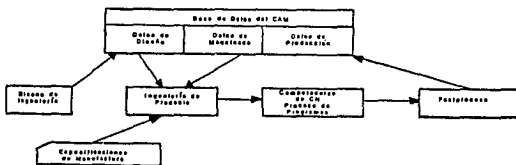


Figura 3.5 Flujo de información en Ingeniería de y hacia la base de datos

3.2.4 Manejo de la producción

Una vez que se ha finalizado la programación de CN y que ha sido almacenado en la base de datos del CAM, manufactura dá la prioridad cuando el programa es ejecutado.

La hoja maestra de programación de producción es usado por un programa de horarios para el control de la producción. El programa recibe la información concerniente al estado de la producción y hace posible la consulta de la siguiente información:

1. Estado de cada una de las partes, sometidas a operaciones de maquinado
2. Estado de cada una de las herramientas de control numérico
3. Producción actual contra el tiempo de producción programada
4. Fallas en la máquina o en el sistema

Basándose en ésta información, el programa de actividades determina la carga de producción para cada operación de la máquina herramienta, así que las prioridades establecidas se mantienen.

Cuando un programa de actividades determina cual parte del programa de CN se va a ejecutar, éste toma lugar en un banco listo que es accesible, ya sea directa o indirectamente, para la máquina de control numérico. El programa puede también generar información correspondiente a las herramientas, tiempos de manufactura y tiempos muertos por el personal de producción.

Este proceso de manejo de la producción está representado esquemáticamente en la figura 3.6

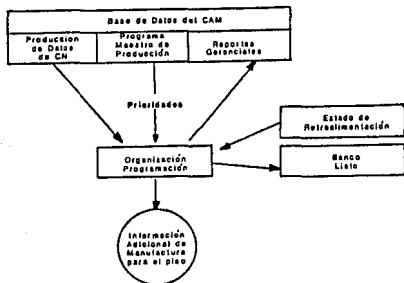


Figura 3.6 Flujo de Información en manejo de producción

3.2.5 Control de manufactura

El modo de control de manufactura depende de la configuración de CN utilizada en el sistema CAM. Ambos CNC y CND son investigados en detalle en secciones posteriores. Considerando el sistema generalizado de control de manufactura mostrado esquemáticamente en la figura 3.7, el programa de control de manufactura puede ser ejecutado por una minicomputadora en donde se encuentre la máquina CN (CNC), un tiempo real de controladores por computadora, grupos de máquinas o computadoras de gran escala siendo unidos a las máquinas de control numérico vía líneas de telecomunicaciones.

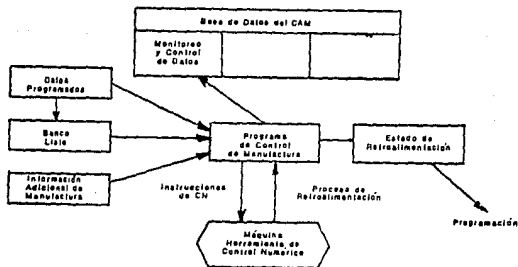


Figura 3.7 Flujo de información en control de manufactura

El programa de control de manufactura pasa las instrucciones de la máquina de control numérico (CN) basado en los datos actualizados del banco de datos. Los datos de control numérico son obtenidos en bloques de éste banco de datos conforme sea requerido, siendo alimentados a la máquina.

El proceso de información y el estado de la máquina son llevados por un programa de control hacia los módulos de evaluación de datos apropiados.

La función del control de la calidad ilustrado en la figura 3.8, utiliza las especificaciones de los componentes obtenidos de la base de datos del CAM. El programa de control de calidad recibe entradas manuales por medio de terminales interactivas en un lugar de inspección o de datos obtenidos del equipo de inspección del CN.

El programa de control de calidad desempeña dos distintas funciones: provee exactitud de la validación de partes manufacturadas e inicia la acción por el control de manufactura cuando ocurren fallas en las tolerancias.

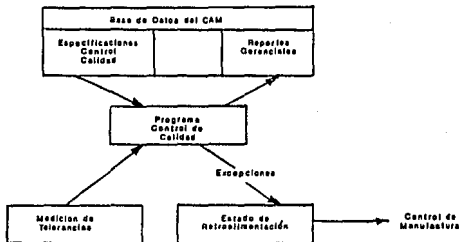


Figura 3.8 Operaciones de control de calidad en CAM

3.2.6 Simulación por medio de software

Los sistemas asistidos por computadora, desarrollan muchas actividades automáticamente. Algunos sistemas avanzados utilizan éstos modos geométricos creados por la ayuda del CAD, como una base para producir las instrucciones de control numérico, en donde se determinan los parámetros de maquinado tales como:

- 1 Avance y velocidad del husillo
- 2 La secuencia apropiada de trabajo de la pieza
- 3 el óptimo uso de herramientas para fabricas la pieza

Después de que el procesador desarrolla las instrucciones en control numérico, el proceso puede ser simulado y animado en un modelo a color en una pantalla de una terminal con gráficas interactivas. Usando ésta visualización, el programador puede checar que tan válido es el proceso de maquinado y así poder hacer algún cambio Fig 3.9

La información geométrica es accesada a través de una parte de una base de datos de la computadora, mientras que el programador no tiene que introducir ningún dato manualmente. La computadora puede inclusive preguntar al programador que responda las preguntas que aparecen en la pantalla.

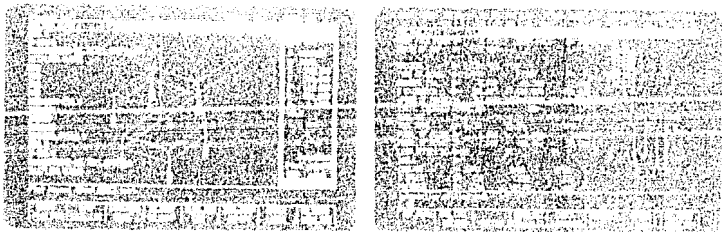


Figura 3.9 Animación de programa en controlador de CN

Estos paquetes de programación pueden también simular la trayectoria de la herramienta, así pues el programador puede checar el programa. El sistema permite al programador el crear instrucciones gráficamente, sin requerir el conocimiento detallado de lenguajes de programación.

Una ventaja en la programación asistida por computadora, es la velocidad en la cual se puede generar un programa de control numérico. Los programadores no necesitan de familiarizarse con el complejo trayecto de un maquinado. Los ingenieros diseñadores de partes pueden hacer su propio programa de control numérico para producir las partes, con un mínimo conocimiento en maquinado. El dibujo en CAD debe de ser un proceso continuo. Si se necesita hacer una matriz o molde , se hará la imagen inversa del original. Todas las líneas de construcción deberan de ser eliminadas, y las líneas que definen los contornos deben de ser consistentes.

También se debe de definir la superficie a formar, los giros de ángulo, las áreas en relieve y otras expansiones deben de ser tomadas en cuenta.

La mecánica de varias operaciones de corte, deben también de ser determinadas, incluyendo la secuencia de corte, el tipo y tamaño de herramienta, el avance y las líneas de centro.

3.3 SISTEMAS DE MANEJO COMPUTARIZADO DE CN

El manejo computarizado de control numérico provee dos vías de comunicaciones que es necesario en un sistema de manufactura por computadora.

Un manejo del sistema de control numérico computarizado, utiliza computadoras digitales, para sustituir alguna o todas las funciones lógicas desempeñadas por una unidad de control convencional.

La computadora permite los siguientes beneficios ha ser realizados:

1. El sistema de manejo computarizado recibe las instrucciones directamente de la computadora, de éste modo elimina cintas de papel y lectores de cintas en el lugar de la máquina.

2. Los datos concernientes al continuo proceso de maquinado es retroalimentado hacia la computadora, el cual puede ser almacenado o pasado hacia un sistema de manejo de mayor nivel.

3. Las funciones lógicas del CN son diseñadas por módulos utilizando un software programable; de aquí que pueda ser fácilmente expandible.

4. Las partes de los programas de CN son almacenados en la memoria de la computadora, los cuales pueden ser editados directamente desde una consola. La consola también provee una excelente comunicación entre la computadora y el operador de CN (ver fig 3.10).

La máquina de CN puede estar localizada a varios kilometros del control de la computadora. En algunos sistemas (CND), el control computarizado, maneja un largo número de dispositivos de CN.

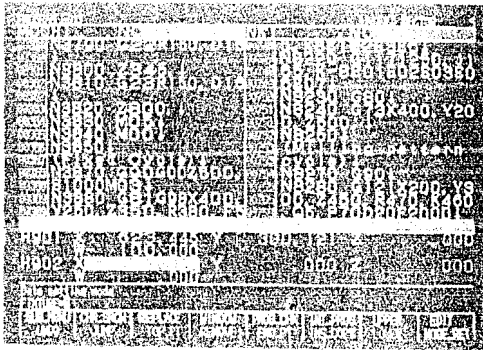


Figura 3.10 Edición de datos en consola de CN

El manejo de sistemas de CN computarizados ha sido desarrollado de acuerdo con dos filosofías. Esencialmente las diferencias se producen de la localización física, tamaño y función del control de la computadora. Dos sistemas distintos han sido desarrollados, ambos compatibles con el concepto de CAM, sin embargo a éstas alturas, no existe un sistema estándar, y aun así con un sistema dado, un número de diferentes formas de diseño son posibles.

3.3.1 El proceso de programación

Es esencial para los que se ocupan del control numérico, tal como se aplica al diseño, dibujo y producción, tener un completo conocimiento sobre la programación del equipo controlado numéricamente. El proceso de programación se conoce como la programación de la pieza. La programación de la pieza, sin embargo, puede implicar el empleo de computadoras de un millón de dólares y programas de computadora en el proceso de producir las cintas de control numérico necesarias.

Los pasos usuales en el proceso de programación son los siguientes:

1. Hacer un análisis de la pieza y considerar su relación con la máquina herramienta.
2. Considerar el requerimiento de herramientas para producir la pieza. Esto es, determinar el tipo de dispositivo sujetador, el estilo y tamaño de los cortadores, etc.
3. Determinar las operaciones requeridas y la secuencia en la que se deben ejecutar

Una máquina herramienta controlada numéricamente debe tener instrucciones completas para ejecutar una operación en un lugar especificado. Esto se logra por la unidad de control de la máquina que contiene el equipo de procesamiento de datos necesarios para traducir la información programada a ordenes de operación (impulsos electricos) para el sistema de maquinas herramientas con su servomecanismo impulsor y dispositivos relacionados de retroalimentación y de medición. Básicamente, la unidad de control consiste en una sección de entrada, una sección de interpolación o comando-generación, y una sección con circuito de servomecanismo (motriz).

La sección de entrada con lectoras de cintas y posibilidades de almacenamiento temporal, descifra y procesa la información programada para su transferencia eventual a la sección de interpolación.

Programar manualmente una máquina herramienta para maquinar una pieza no es siempre una tarea fácil. Puede ocasionar frustración y consumir tiempo, ya que los registros muestran que se requiere tanto como 250 a 400 horas para preparar un programa para una pieza complicada en particular. Algunas piezas pueden ser programadas con extrema rapidez debido a su sencillez. Esto se hará con la ayuda de una calculadora de escritorio y de tablas trigonométricas.

En el caso de las máquinas herramientas de CN más sencillas, que tienen únicamente controladas las distancias X y Y por cintas perforadas, las partes de la operación total pueden ser hechas en forma manual por el operario de acuerdo con las instrucciones que se incluyen en el manuscrito de programa. Después de decidir sobre la secuencia de la máquina, el programador debe enlistar sobre la hoja de programa todos los movimientos de herramientas, operaciones, selecciones de herramientas, velocidades, alimentaciones, control de refrigerante y cambio de herramientas. Debe recordar según prepara la hoja de programa que el controla cada fase del proceso de manufactura.

En sistemas más sofisticados, en los cuales están asistidos por computadora, el lenguaje de programación permite al usuario desarrollar instrucciones de control numérico más rápidamente y con menos errores. Las instrucciones son generalmente escritas ya sea con el lenguaje APT o el lenguaje compacto. Estas instrucciones dejan al programador de meter los datos manualmente, en su lugar meter datos geométricos.

En un sistema asistido por computadora típico, el programa de control numérico seleccionado aparece en menú en la pantalla, y el usuario designa la máquina que va a cortar la parte. Cuando la máquina es seleccionada, aparece otro menú, admitiendo la selección de:

1. Tamaño del cortador
2. Tipo de material
3. Alimentación y velocidad
4. Espesor del material
5. Distancia libre sobre la cual la herramienta debe pasar para no cortar

Entonces en la pantalla aparece un modelo geométrico de la parte, en donde el programador define las operaciones de maquinado usando varios tipos de líneas. Por ejemplo, una línea sólida puede indicar un corte áspero, y una línea punteada un acabado fino, con éstos datos, el sistema genera automáticamente un programa de control numérico que manda a maquinar la pieza.

El APT es un lenguaje original y universal, éste ha traído el estándar en la industria del control numérico. El lenguaje permite al usuario el producir instrucciones en control numérico con estatutos en el sistema inglés. Trabajando de un dibujo de ingeniería, la parte a programar suministra la información identificando los parámetros de la máquina, la forma de la pieza y el tipo de herramienta. La computadora entonces hace los cálculos definiendo el patrón de maquinado para producir la figura, para superficies curvas complejas, el usuario define los puntos de control y las ecuaciones que lo rigen.

La mayoría de los paquetes de programación también simulan el proceso de corte para que el programa pueda ser checado. El movimiento puede ser animado para permitir al programador observar como la herramienta se mueve a través de la pieza, el movimiento mostrado en la pantalla puede ser pausado, y uno puede enfocarse en un área específica para clarificar los detalles e incrementar la precisión.

Después de que la programación ha sido completa, la computadora transfiere o postprocesa la descripción de la secuencia que llevará el maquinado, éstas instrucciones son almacenadas en una cinta de papel perforado o en una cinta magnética para darsela a la máquina herramienta. Las instrucciones pueden también ser transferidas directamente a la memoria en el sistema de control de la máquina herramienta.

Cuando las instrucciones son dadas en forma manual, el proceso tiende a tener errores, porque un largo número de cálculos es requerido para definir el patron de las herramientas. Un extenso proceso de maquinado puede ser incluso requerido para definir el programa, por ejemplo para el movimiento de una herramienta en tres ejes a través de una superficie compuesta o de un plano inclinado .

Esto puede ser simulado en una unidad computarizada, entónces después de que el operador verifica la secuencia de maquinado, el sistema automáticamente generará las instrucciones en lenguaje APT para producir la parte en la máquina de control numérico.

3.3.2 Control Numérico Computarizado (CNC)

Un sistema de CNC, de alguna manera, reemplaza alguna o todas las funciones de hardware, que son previamente desempeñadas por el CPU con una computadora, la cual es asignada para controlar una sola máquina de CN (Fig 3.11).

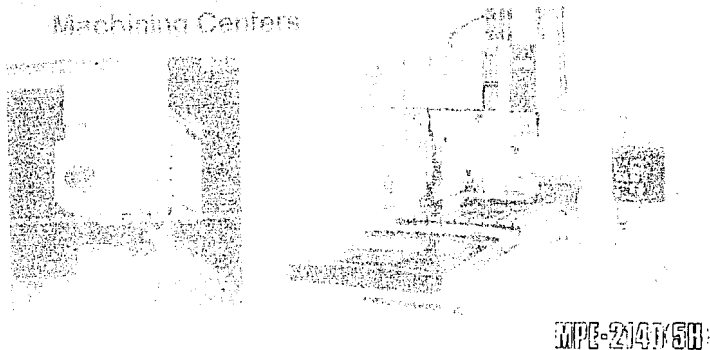


Figura 3.11 Máquina Herramienta de control numérico

3.3.2.1 Elementos funcionales del CNC

La diferencia entre un equipo convencional de CN y de CNC es la adición de una minicomputadora como una parte del controlador de la máquina herramienta, tal como se muestra en la figura 3.12. El controlador de un sistema típico de CNC contiene dos elementos: módulos de computadora programables (softwired) que desempeñan varias funciones de control, y circuitería lógica (hardwired) usada para las demás operaciones de control.

El porcentaje de funciones de hardware en comparación con las funciones de software son extremadamente importantes para el desempeño general del sistema.

Es muy probable que en un futuro, sistemas de CNC controlarán las funciones desempeñadas más eficientemente utilizando el software de una computadora. En la actualidad, sin embargo el software no es usado para las funciones en general, y una ligera controversia existe en relación al balance apropiado entre los sistemas de hardware y software.

Existen dos limitantes en la eficiencia de un control de software totalmente programable. Análisis, interpolación y módulos lógicos de software son requeridos actualmente en grandes cantidades los cuales son almacenados en la computadora. Adicionalmente el software actual de las computadoras no puede ejecutar las funciones tan rápidamente como los circuitos de hardware.

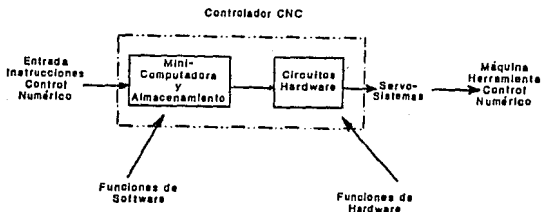


Figura 3.12 Esquema del sistema de control numérico computarizado.

3.3.3.2 Interpolación con software

La interpolación en un sistema de contorneado de CNC, en contraparte en un equipo convencional de CN, es la tarea más importante desempeñada por el controlador. La secuencia de interpolación es acompañada utilizando circuitos de pulso variable (VPRC), y analizadores diferenciales digitales (DDA), ámbos son circuitos electrónicos de hardware. Para calcular la interpolación requerida con un sistema de software, se necesitan que los sistemas digitales sean simulados en un programa de computadora. El problema involucrado con la simulación de los circuitos digitales puede ser mejor ilustrado si consideramos la retroalimentación y la función de una secuencia de interpolación requerida para un contorno en tres dimensiones, donde los circuitos tienen que simular el control del software. Cerca de 20 instrucciones de programación son requeridas para desempeñar la misma tarea en un circuito sencillo. La minicomputadora tendría que acceder a cada circuito cada 12 microsegundos en una base de tiempo compartido, para igualar la velocidad y resultados de un controlador convencional de CN. Esta tarea no es posible usando la presente generación de computadoras.

Para mantener la comparación de los sistemas en respuesta y resolución, el diseñador de CNC tiene un número de posibles alternativas. Las funciones de interpolación pueden ser divididas entre el software de la computadora y los interpoladores de circuitos.

El programa de análisis de la computadora divide la secuencia en segmentos, mientras que el hardware genera los puntos que mantienen la secuencia de la herramienta dentro de la tolerancia requerida. De aquí que el software es utilizado como una burda interpolación, y el hardware (DDA) es mantenida para interpolaciones más finas.

Un segundo método para la interpolación por software es la técnica de muestreo de datos. La computadora forma parte de la posición del ciclo de retroalimentación, preguntando durante el ciclo un dato de posición en un intervalo fijo de tiempo, llamado frecuencia de muestreo. Durante cada muestra, un programa de computadora calcula la velocidad apropiada de los ejes con respecto a los ejes obtenidos del ciclo de retroalimentación. Sin embargo, más que desempeñar cálculos para cada pulso de posicionamiento, el software toma muestras 100 veces/seg, una velocidad que es fácilmente manejado por la minicomputadora.

En la actualidad, un sistema de CNC que esté diseñado para software y hardware dará un mejor uso de opciones existentes. Se requiere de una computadora de menor capacidad para un sistema mixto de software/hardware, permitiendo un mayor espacio para el almacenamiento de programas de control numérico.

3.3.3 Control Numérico Directo (CND)

Sistemas más sofisticados utilizan el control numérico directo (CND), el cual puede estar también referido a control numérico distribuido en donde el control de las máquinas es distribuido entre una red de trabajo de computadoras. En éstos las unidades individuales de manufactura están conectadas a través de sistemas de comunicación lineal hacia una computadora central.

La gran diferencia entre el CND y el CNC es la eliminación de una computadora dedicada por una computadora mayor que maneja varias máquinas en una base de tiempo compartido.

Un sistema de CND consiste de una computadora y de cuatro tipos de equipo auxiliar: La memoria de gran volumen, capaz de almacenar diferentes programas de control numérico para su transmisión a diferentes máquinas de CN; estaciones de comunicación, incluyendo monitores que proveen una interface

entre el operador de la máquina y la computadora remota; líneas de telecomunicación para transmitir los datos a sitios remotos; y máquinas de control numérico.

El CND abarca la filosofía del CAM más directamente que lo hiciera el CNC. Cada máquina de CN en el piso de operación es controlado por una sencilla computadora centralizada que recibe la retroalimentación de las máquinas en una base de tiempo real. Así pues la computadora puede mantener una idea general de las operaciones de producción que estén bajo su control.

Como el CNC, el control numérico directo es susceptible de jerarquizarse en los aspectos de CAM. El CND puede ser unido a un nivel mayor para desempeñar funciones en el manejo de la producción y en el análisis de funciones asociados con el CAM.

3.3.3.1 Sistemas de configuración de CND

La configuración general de un control numérico directo está ilustrado en la figura 3.13. La computadora central desempeña tres tareas en relación con el CND, ésta recupera parte de las instrucciones del programa de la gran memoria y distribuye la información a la máquina apropiada. Entonces ésta controla el flujo de información (en ambas direcciones) de tal manera que para la obtención de algún dato de las máquinas de CN, es inmediatamente resuelto. Esta función es algunas veces denominada control de tráfico. Finalmente la computadora monitorea y procesa la retroalimentación para su uso en el ciclo del CAM

Dado que es necesario que cada máquina de CN reciba sus instrucciones en un tiempo preciso, el control de tráfico puede ser difícil, particularmente cuando la computadora está localizada en un sitio muy alejado, lejos del equipo de CN.

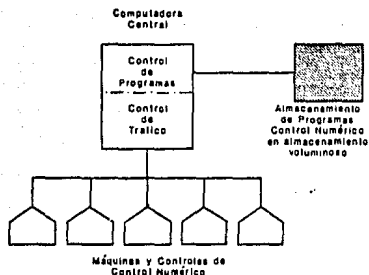


Figura 3.13 Control central computarizado

El control de tráfico para grandes sistemas de CND puede ser aligerado introduciendo un número de mincomputadoras satélites con su propio buffer de almacenamiento. La tarea de distribuir datos específicos en el tiempo oportuno es dejado para la minicomputadora. De aquí que la carga en el control de tráfico es dividida entre la computadora central y cada una de las satelites. Un esquema de cada sistema es el mostrado en la figura 3.14.

Aunque las computadoras de CND representan el nivel más alto de control, cada máquina de CN, puede tener una unidad de control en lugar de interpretar los comandos de la máquina y ejecutarlos en el acto.

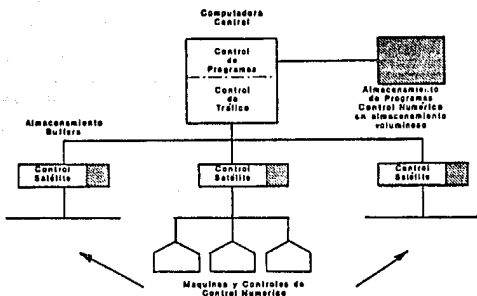


Figura 3.14 Control de satélite computarizado

3.3.4 Beneficios del control numérico

El beneficio más significativo del CN es la flexibilidad del sistema. Un análisis particular de las funciones es dado por los circuitos, los cuales no pueden ser físicamente alterados. Una computadora puede ser fácilmente reprogramada, y diferentes programas pueden ser almacenados eficientemente para la ejecución de varias tareas. Por ésta razón un sistema de CNC nos dá una multiplicidad de opciones que no puede ser prácticamente implementado en una configuración convencional de CN.

Las características computacionales del software, permiten conversiones de pulgadas a centímetros, Un modo incremental o absoluto tal como punto a punto o técnicas de contorneado, pueden ser seleccionados.

Funciones de interpolación sofisticadas, tales como interpolación cúbica, puede ser acomodado utilizando métodos de software y compensación del cortador. Un largo número de funciones auxiliares puede ser programadas. Cada una de éstas características puede ser simplemente alterada con la rutina apropiada de software. De aquí la incorporación de nuevas habilidades es simplificado grandemente.

CAPITULO 4

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

En cualquier mecanismo de leva, la primera decisión siempre es relativa a la especificación de movimiento, se necesita desarrollar un diagrama completo para la máquina mostrando el desplazamiento de la máquina y ubicarlo en tiempos, así como la relación de las especificaciones de movimiento de otros mecanismos. Si estos desplazamientos son secuenciales, es usualmente posible el seleccionar un sencillo y óptimo perfil de leva. Básicamente, un buen perfil de leva es aquél que tiene una mínima aceleración desafortunadamente existen otras consideraciones que se deben tomar en cuenta.

Por otro lado, si dos o más mecanismos deben de ser sincronizados y tienen que tener sus movimientos coordinados muy de cerca, deberá de ser necesario de usar un perfil de leva menos eficiente por lo menos en una parte del desplazamiento total. Con el aumento de la velocidad de las máquinas, se hace evidente la necesidad de levas de alta calidad diseñadas con gran cuidado. Las especificaciones esenciales para producir levas de óptima calidad son las siguientes:

1. Adecuado diseño dinámico, que considera las características de velocidad, aceleración y tirón del sistema seguidor. También comprende el análisis de la vibración y el momento torsional del eje.
2. Selección adecuada de los materiales, que implica consideraciones de costo, desgaste y esfuerzos superficiales producidos por el sistema.
3. Calidad en la fabricación garantizando que la leva se produce bajo el diseño estipulado.

Junto a estas consideraciones, es primordial que el diseñador tome en cuenta el tipo y la magnitud de la carga que la leva resistirá, así como el del seguidor. Las fuerzas pueden ser

de diversos tipos tales como:

- Cargas de trabajo
- Fuerzas de inercia
- Fuerzas de impacto
- Fuerzas de fricción

Las cargas de trabajo, representan la parte más útil del trabajo hecho por el mecanismo, su aplicación puede aumentar o reducir otras fuerzas en el sistema. Las partes en movimiento de la máquina, están sujetas a la aceleración, La inercia o las fuerzas de D'Alembert son el producto de la masa y de la aceleración del sistema del seguidor. Para bajas velocidades, la fuerza de inercia es baja y no causará una deformación en los componentes. El movimiento de salida, será más largo de acuerdo con el desempeño cinemático.

Para altas velocidades, sin embargo, la carga de inercia se incrementará. La leva, cargada por el incremento de las fuerzas de inercia es propenso a deformaciones y creará vibraciones, la cual creará esfuerzos en el seguidor y continuará después de que la leva haya hecho el giro completo. Estos esfuerzos pueden amplificar los esfuerzos básicos causados por las fuerzas de aceleración generadas en el perfil de la leva, y traerá consigo una fatiga del seguidor y de la leva.

La magnitud de estas fuerzas está influenciada por las características de la aceleración, elasticidad y por el amortiguamiento del seguidor.

Las fuerzas de impacto son causadas por la separación, debido a la vibración entre la leva y la superficie de la leva, éste efecto es llamado también choque cruzado (crossover shock). Un mecanismo que vibre excesivamente no sólo mostrará una indeseable desviación en su desarrollo geométrico sino también incrementará el potencial de sufrir un daño estructural.

4.1 NOMENCLATURA DE LAS LEVAS

1.- El desplazamiento del seguidor, por lo general se define como la posición del mecanismo seguidor a partir de un punto específico denominado cero o punto de reposo, en relación con el tiempo o con alguna fracción del ciclo de la máquina (desplazamiento de la leva) medida en grados o pulgadas.

Ver figura 4.1

2.- El desplazamiento de la leva.

Medido en grados o pulgadas, es el movimiento de la leva medido desde un punto específico, cero o de reposo, en relación con el mecanismo seguidor definido antes.

3.- El perfil de la leva es el contorno de la superficie de trabajo de la leva.

4.- El círculo base es el menor círculo inscrito en el perfil de la leva.

5.- Punto trazador, es la línea de centro del rodillo seguidor o su equivalente. Cuando se utiliza un seguidor plano, el perfil de la leva es la envolvente de las posiciones sucesivas del seguidor plano.

6.- Curva primitiva es el lugar geométrico de la sucesión de punto descritos por el punto trazador, cuando la leva se desplaza.

7.- Círculo primario es el menor círculo inscrito en la curva primitiva y con centro en el centro de la leva. Es concéntrico con el círculo base y separada de éste a un radio del rodillo seguidor.

8.- Ángulo de presión es el ángulo entre la normal a la curva primitiva y la dirección instantánea de movimiento del seguidor

9.- Punto primitivo, es el punto de la curva primitiva donde tiene su máximo valor el ángulo de presión

10.- Círculo primitivo es el círculo que pasa por el punto primitivo.

11.- Punto de transición es el punto de máxima velocidad donde la aceleración cambia de signo (cambia la dirección de la fuerza en el seguidor) En las levas cerradas, éste punto se denomina con frecuencia, punto de cruce donde, debido al cambio de dirección de la aceleración, el seguidor deja un perfil de leva para entrar en contacto con el perfil opuesto (o conjugado).

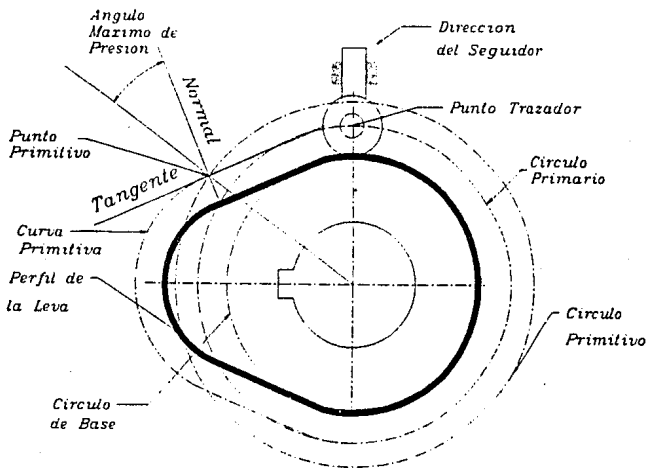


Figura 4.1 Nomenclatura de levas

4.2 DIAGRAMAS DE DESPLAZAMIENTOS

A pesar de la amplia variedad de tipos de levas usados y sus diferentes formas, estas poseen también ciertas características comunes que permiten un enfoque sistemático para su diseño. Por lo común, un sistema de leva es un dispositivo con un sólo grado de libertad. Es impulsado por un movimiento de entrada conocido, casi siempre un eje que gira a velocidad constante, y que pretende producir un movimiento de salida determinado que se desea para el seguidor.

Durante la rotación de la leva a lo largo de un ciclo del movimiento de entrada, el seguidor ejecuta una serie de eventos como los que se muestran gráficamente en el diagrama de desplazamiento de la figura 4.2 En un diagrama de ésta índole, la abscisa representa un ciclo del movimiento de entrada θ (una revolución de la leva) y se dibuja a cualquier escala conveniente.

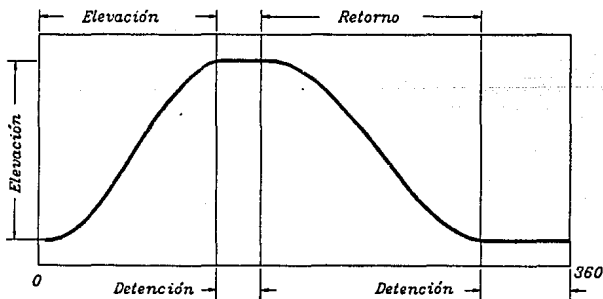


Figura 4.2 Diagrama de desplazamientos

La ordenada representa el recorrido "Y" del seguidor y en el caso de un seguidor de movimiento alternativo, se dibuja casi siempre a escala completa para ayudar al trazado de la leva. En un diagrama de desplazamientos se puede identificar una porción de la gráfica conocida como subida, en donde el movimiento del seguidor es hacia afuera del centro de la leva. La subida máxima se llama elevación. Los periodos durante los cuales el seguidor se encuentra en reposo se conocen como detenciones y el retorno es el periodo en el que el movimiento del seguidor es hacia el centro de la leva.

Muchas de las características esenciales de un diagrama de desplazamientos, por ejemplo la elevación total o la colocación y duración de las detenciones por lo común son dictadas por las necesidades de la aplicación. Sin embargo, hay muchos movimientos posibles para el seguidor que se pueden usar para la subida y el retorno, y algunos son preferibles a otros dependiendo de la situación. Uno de los pasos clave en el diseño de una leva es la elección de las formas apropiadas para estos movimientos. Una vez que estos se han elegido, es decir, una vez que se establece la relación exacta entre la entrada θ y la salida "Y", se puede construir el diagrama de desplazamiento con precisión.

4.3 DERIVADAS DEL MOVIMIENTO DEL SEGUIDOR

Se ha visto que el diagrama de desplazamientos se representa gráficamente con el movimiento del seguidor "Y" como la ordenada, y el ángulo de rotación de la leva θ como la abscisa, sea cual fuere el tipo de leva o seguidor de que se trate. El diagrama de desplazamientos es, por ende, una gráfica que representa alguna función matemática que relaciona los movimientos de entrada y de salida del sistema de leva. En términos generales, ésta relación es :

$$y = y(\theta) \quad (1)$$

La primera derivada se denotara como y' ,

$$y'(\theta) = \frac{dy}{d\theta} \quad (2)$$

Esta expresión representa la pendiente del diagrama de desplazamientos en cada ángulo. Esta derivada aunque ahora parece tener poco valor práctico, es una medida de "lo empinado" del diagrama de desplazamientos.

La segunda derivada de y con respecto a θ también es significativa. Se representa aquí como y''

$$y''(\theta) = \frac{d^2y}{d\theta^2} \quad (3)$$

Aunque no tan fácil de imaginar, ésta derivada está íntimamente relacionada con el radio de curvatura de la leva en varios puntos a lo largo de su perfil. Puesto que existe una relación inversa, conforme y'' se hace infinita, el perfil de la leva se hace puntiaguda en esa posición, lo que constituye un condición no satisfactoria en extremo desde el punto de vista de los esfuerzos de contacto entre las superficies de la leva y el seguidor.

La siguiente derivada también se puede representar gráficamente, ésta es:

$$y'''(\theta) = \frac{d^3 y}{d\theta^3} \quad (4)$$

Aunque no es fácil describirla geométicamente, es la rapidez de cambio de y'' , y más adelante se verá que ésta derivada también se debe controlar al elegir la forma detallada del diagrama de desplazamientos.

Las derivadas mencionadas anteriormente son derivadas con respecto a θ y se relacionan con la geometría del sistema de leva. Ahora consideremos las derivadas de los movimientos de seguidor con respecto al tiempo. En primer lugar se supondrá que se conoce su velocidad $w = d\theta/dt$, su aceleración $a = d^2\theta/dt^2$, y su siguiente derivada, llamada con frecuencia tirón o segunda aceleración, $a'' = d^3\theta/dt^3$. Por lo común, la leva de placa es impulsada por un eje a velocidad constante. En éste caso, w es una constante conocida, $\theta = wt$, y $a = a'' = 0$. Sin embargo, durante el arranque del sistema de leva éste no es el caso, y primero se considera la situación más general.

Partiendo de la ecuación general del diagrama de desplazamientos,

$$y = y(\theta) \quad \theta = \theta(t) \quad (5)$$

Esta se puede derivar para encontrar las derivadas respecto al tiempo del movimiento del seguidor, obteniendo la velocidad del seguidor como:

$$y' = \frac{dy}{dt} = \frac{dyd\theta}{dt dt} \quad (6)$$

$$y'' = y'wx \quad (7)$$

Del mismo modo, la aceleración y el tirón del seguidor están dados por

$$y'' = \frac{d^2y}{dt^2} = y''w + y'a \quad (8)$$

$$y''' = \frac{d^3y}{dt^3} = y'''w + 3y''wa + y'a' \quad (9)$$

Cuando la velocidad del eje de la leva es constante, estas expresiones se reducen a:

$$y = y'w \quad y = y''w \quad y = y'''w^3 \quad (10)$$

Por ésta razón se ha hecho costumbre común referirse a las gráficas de las derivadas cinemáticas y' , y'' y y''' , como las que aparecen la figura 4.3, como las curvas de "velocidad", "aceleración", y "tirón" para un movimiento dado.

Estos nombres serían apropiados solo para una leva de velocidad constante, y solo en el caso de que su escala fuera determinada por w , w^2y y w^3 , respectivamente. Sin embargo, resulta útil usar estos nombres para las derivadas cuando se están tomando en cuenta las implicaciones físicas de una cierta elección del diagrama de desplazamientos.

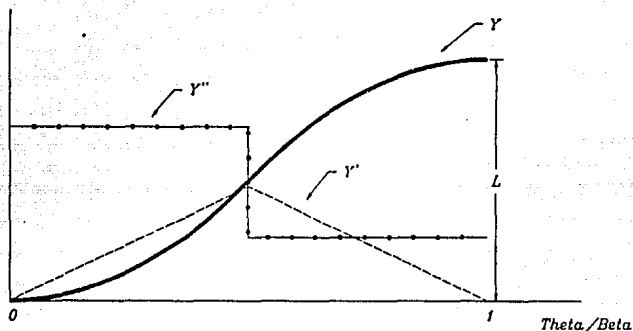


Figura 4.3 Diagrama de desplazamientos y derivadas para el movimiento parabólico

4.4 MOVIMIENTOS DE LA LEVAS

En los pasos preliminares del diseño de mecanismos de levas, se acostumbra trabajar con líneas de centro para establecer los movimientos deseados. Evidentemente, siempre se cuenta con información previa de los mecanismos relacionados, para determinar los puntos básicos a partir de los cuales se diseñará la leva. Por lo general ésta información consta de la sucesión y relación de movimiento de una parte de la máquina, tal como un alimentador, o un aplicador de etiquetas.

La selección del movimiento que la leva debe producir depende, primero de la sucesión del ciclo y segundo, del sistema o la dinámica de la máquina.

Con el fin de demostrar las técnicas de trazado de una leva, se tratan a continuación las levas que producen los siguientes movimientos:

- a) Movimiento uniforme
- b) Movimiento parabólico
- c) Movimiento armónico
- d) Movimiento cicloidal

4.4.1 Movimiento Uniforme

(Movimiento de velocidad constante)

Cuando el seguidor sube y baja con velocidad uniforme se usa el movimiento uniforme. Si un seguidor debe subir $\frac{1}{2}$ " en media revolución o 180° de la leva, entonces subirá $\frac{1}{6}$ de $\frac{1}{2}$ " por cada 30° de rotación de la leva, o sea $\frac{1}{6}$ de pulgada.

El diagrama de desplazamientos para el movimiento uniforme es una recta con una pendiente constante. Por consiguiente, en el caso de una velocidad constante de entrada, la velocidad del seguidor también es constante.

Esta curva también se denomina movimiento rectilíneo, de uso común en máquinas de fabricar tornillos para controlar la alimentación de las herramientas de corte.

Como éste tipo de movimiento comienza y termina abruptamente, con frecuencia se modifica ligeramente para reducir el impacto sobre el seguidor. Para reducir ésta condición, los extremos del movimiento se redondean y se unen por medio de tangentes al resto del movimiento. El radio de éste redondeado, varía desde un tercio hasta toda la subida del seguidor, dependiendo de que tan aintensa sea dicha subida. Este movimiento se denomina movimiento uniformemente modificado. Como éste movimiento no es adecuado para altas velocidades, se usan levas donde el comienzo y el fin del movimiento deben ser lentos, obteniéndose la mayor velocidad en el centro.

En la figura 4.4 se ilustra el diagrama de desplazamientos para un movimiento uniforme modificado. La porción central del diagrama, subtendida por el ángulo de la leva B2 y la elevación L2, es un movimiento uniforme. Los ángulos B1 y B3, y las elevaciones correspondientes L1 y L3, se les dá una forma tal como para conferir al seguidor un movimiento parabólico.

El diagrama muestra la forma en que se deben igualar las pendientes del movimiento parabólico con la del movimiento uniforme. Conocidos B1, B2, B3 y la elevación total L, se pueden hallar las elevaciones individuales L1, L2 y L3, localizando los puntos medios de las secciones B1 y B3, y trazando una recta como se indica. En la figura 4.5 se ilustra una construcción gráfica para una parábola que se debe ajustar dentro de una frontera rectangular dada, definida por L1 y B1. La abscisa y la ordenada se dividen primero en un número conveniente, pero igual, de divisiones y se numeran como se indica. La construcción de cada punto de la parábola sigue entónces la que se señala por medio de las rectas a trazos, para el punto 3.

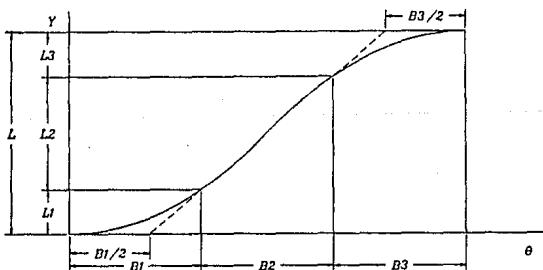


Figura 4.4 Movimiento parabólico : entrecaras con movimiento uniforme

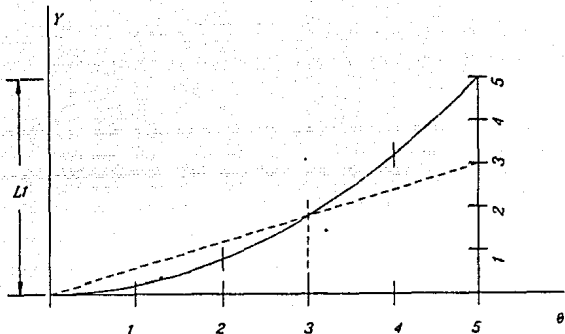


Figura 4.5 Movimiento parabólico: construcción gráfica del diagrama de desplazamientos.

4.4.2 Movimiento Parabólico

Por lo común el movimiento parabólico se denomina movimiento uniformemente acelerado y retardado o movimiento de aceleración constante, es una curva que se genera distribuyendo proporcionalmente al cuadrado del tiempo, la distancia viajada por el seguidor.

Siguiendo el método de construcción uniformemente acelerado, y retardado, para éste movimiento, las divisiones aumentan y disminuyen con una relación de 1:3:5:5:3:1. Por ejemplo, un seguidor debe subir $2 \frac{1}{8}$ pulgadas en 180° ; trazando puntos cada 30° y usando seis divisiones proporcionales 1:3:5:5:3:1, los primeros 30° el seguidor sube $\frac{1}{18}$ del total de $2 \frac{1}{8}$ pulgadas, o sea $\frac{1}{8}$ pulgadas, en los próximos 30° el seguidor sube $\frac{3}{18}$ del total o sea $\frac{3}{8}$ pulgadas, en los terceros 30° el seguidor sube $\frac{5}{18}$ esto es $\frac{5}{8}$ pulgadas. La cuarta, quinta y última subidas del

seguidor son 5/8, 3/8 y 1/8 pulgadas respectivamente. Este movimiento producirá un tirón, si se combina en una leva con intervalo sin movimiento del seguidor (figura 4.3). Las ecuaciones para el movimiento parabólico de subida son:

(a) Para la primer mitad:

$$Y = 2L (\theta/\beta)^2$$

$$Y' = 4L/\beta (\theta/\beta)$$

$$Y'' = 4L/\beta^2$$

(b) Para la segunda mitad:

$$Y = L [1 - 2 (1 - \theta/\beta)^2]$$

$$Y' = 4L/\beta (1 - \theta/\beta)$$

$$Y'' = 4L/\beta^2$$

4.4.3 Movimiento Armónico

En la figura 4.6 se muestra el diagrama de desplazamientos para el movimiento armónico simple. La construcción gráfica utiliza un semicírculo que tiene un diámetro igual a la elevación L. El semicírculo y la abscisa se dividen en un número igual de partes, y luego la construcción sigue el camino que se indica mediante las rectas a trazos para el punto 2.

Este movimiento frecuentemente denominado de manivela, se produce por medio de una excentrica operando con un seguidor plano cuya superficie sea normal a la dirección del desplazamiento lineal. La figura 4.7 ilustra éste tipo de levas. No obstante la mayoría de las veces es necesario producir un desplazamiento armónico simple de menos de 360° de rotación de la leva como lo ilustra la figura 4.8. Las ordenadas para el trazado de la curva primitiva de la leva se pueden determinar como se indica en la figura 4.9.

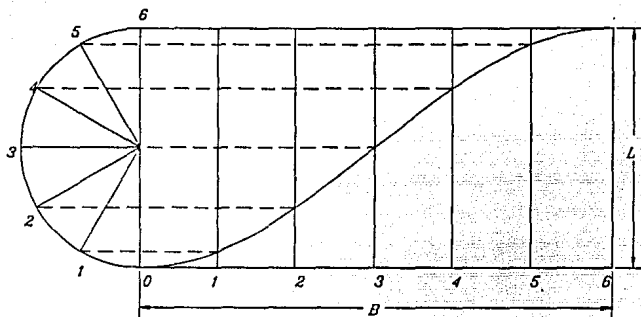


Figura 4.6 Movimiento armónico simple.

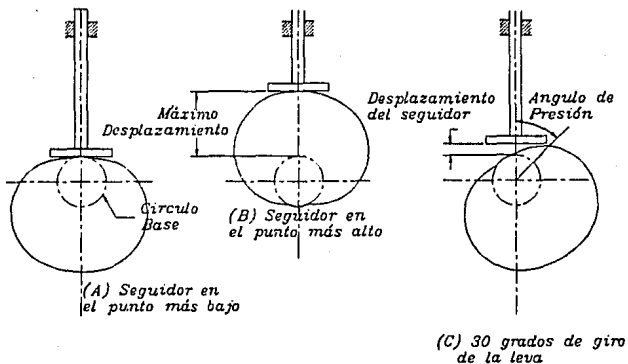


Figura 4.7 Levas excéntricas (movimiento armónico simple).

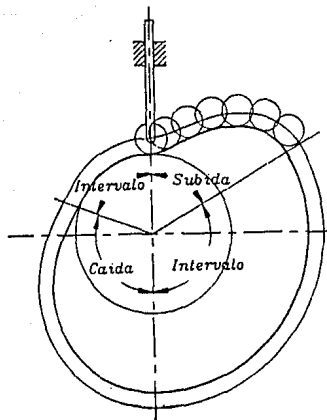


Figura 4.8 Leva armónica simple

En éste caso es imposible el uso de seguidores planos, ya que generalmente la curva primitiva armónica, tiene curvas inversas confluentes, en las que un seguidor plano operaría como puente sin tocar la parte más baja. Como el seguidor más práctico es el rodillo, el desarrollo del perfil de la leva se ha ilustrado con éste seguidor. Este movimiento también producirá un tirón, si se combina en una leva con intervalo sin movimiento del seguidor. (fig 4-9). Las ecuaciones para el movimiento armónico simple de subida son:

$$Y = L/2 [1 - \cos(\Pi\theta/\beta)]$$

$$Y' = \Pi L/2\beta \text{ sen } (\Pi\theta/\beta)$$

$$Y'' = \Pi L/2\beta^2 \cos (\Pi\theta/\beta)$$

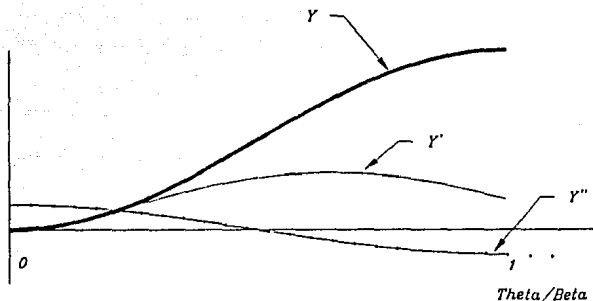


Figura 4.9 Diagrama de desplazamientos y derivadas para el movimiento armónico simple de subida completa.

4.4.4 Movimiento Cicloidal

El movimiento cicloidal obtiene su nombre de la curva geométrica llamada cicloide. Como se muestra a la izquierda de la figura 4.10, un círculo de radio $L/2\pi$, en donde L es la elevación total, efectuará exactamente una revolución al rodar a lo largo de la ordenada, desde el origen hasta $y = L$. Un punto P del círculo, localizado inicialmente en el origen, traza un cicloide como se muestra. Si el círculo rueda sin resbalar con una velocidad constante, la gráfica de la posición vertical " y " del punto contra el tiempo dá el diagrama de desplazamientos que se muestra a la derecha de la figura. Para los fines gráficos, resulta mucho más conveniente dibujar el círculo una sola vez, empleando el punto B como centro.

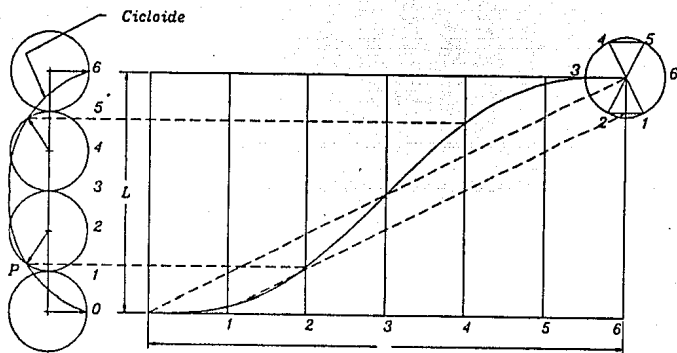


Figura 4.10 Movimiento Cicloidal

Después de dividir el círculo y la abscisa en un número igual de partes y numerandolas como se indica, se proyecta cada punto del círculo horizontalmente hasta que se intersecta la ordenada; a continuación, partiendo de ésta última, se proyecta paralelo a la diagonal OB para obtener el punto correspondiente sobre el diagrama de desplazamientos (fig 4-11) Las ecuaciones para el movimiento cicloidal de subida son:

$$Y = L \left[\frac{\theta}{\beta} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right) \right]$$

$$Y' = \frac{L}{\beta} \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right) \right]$$

$$Y'' = \frac{2\pi L}{\beta^2} \sin \left(\frac{2\pi\theta}{\beta} \right)$$

La figura 4.10 ilustra el método gráfico para trazar el perfil de una leva cicloidal por medio de un círculo que rueda como se muestra al lado izquierdo de la figura.

Quando una leva se fabrica exactamente con ésta curva aun con intervalos, produce un movimiento suave y exento de tirones. Esta curva tiene su mejor aplicación con cargas livianas y altas velocidades.

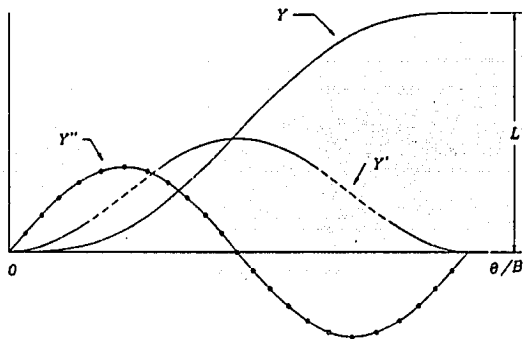


Figura 4.11 Diagrama de desplazamientos y derivadas para el movimiento cicloidal de subida completa.

4.5 LEVAS DE GRAN VELOCIDAD

Tomando como ejemplo el movimiento parabólico, consideremos brevemente las implicaciones de la curva de "aceleración" de la figura 4.03 sobre el comportamiento dinámico del sistema de leva. Por supuesto, cualquier seguidor real debe tener cierta masa y, cuando se multiplica por la aceleración, ejercerá una fuerza de inercia. Por lo tanto, la curva de "aceleración" de la figura 4.03 también se puede imaginar como indicadora de la fuerza de inercia del seguidor que, a su vez, se debe sentir en los cojinetes del seguidor y en el punto de contacto con la superficie de la leva. Una curva de "aceleración" con cambios abruptos, como por ejemplo el movimiento parabólico, ejercerá esfuerzos de contacto que cambian bruscamente en los cojinetes y sobre la superficie de la leva, y dará como resultado ruido, desgaste de las superficies y la falla final. Por consiguiente, al elegir un diagrama de desplazamientos es muy importante asegurarse que la primera y segunda derivadas, es decir, las curvas de "velocidad" y "aceleración", sean continuas, esto es, que no contengan cambios en escalón.

A veces en aplicaciones de baja velocidad, se llega a un arreglo entre las relaciones de velocidad y aceleración. A veces es más sencillo emplear un procedimiento inverso y diseñar primero el perfil de la leva, obteniendo el diagrama de desplazamientos como segundo paso.

Este tipo de levas se compone a menudo de alguna combinación de curvas como rectas y arcos circulares que son producidos con facilidad por las máquinas herramientas. Dos ejemplos son la leva de arco circular y la leva tangente de la figura 4.12. El procedimiento de diseño es por iteración. Se diseña una leva de prueba y se calculan sus características cinemáticas.

Entónces se repite el proceso hasta que se obtiene una leva con las características deseadas. Los puntos A,B,C y D de las levas de arco circular y tangente son puntos de tangencia o de combinación. Conviene hacer notar, como se hizo antes en el ejemplo de movimiento parabólico, que la aceleración cambia bruscamente en cada uno de los puntos de combinación debido al cambio instantaneo en el radio de curvatura.

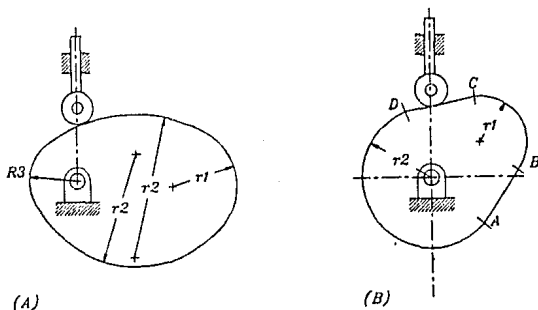


Figura 4.12 a) Leva de arco circular. b) Leva tangente.

Aunque las levas con características de aceleración discontinuas se encuentran a veces en aplicaciones de baja velocidad, con toda certeza tales levas presentan mayores problemas conforme se aumenta la velocidad. Para cualquier aplicación de leva de alta velocidad es extremadamente importante que no solo se hagan continuas las curvas de desplazamiento y "velocidad", sino también la de "aceleración" para el ciclo

completo del movimiento. No se deben permitir discontinuidades en las fronteras de las diferentes secciones de la leva.

Como muestra la ecuación (10), la importancia de las derivadas continuas se hace más seria conforme se eleva la velocidad del eje de la leva. Mientrás más alta sea la velocidad, mayor será la necesidad de curvas suaves.

A muy grandes velocidades también se podría requerir que el tirón, el cual está relacionado con la rapidez de cambio de la fuerza, y quizá incluso derivadas más altas, sean también continuas. Sin embargo, en la mayor parte de las aplicaciones esto no es necesario.

No se puede dar una respuesta sencilla a que tan alta puede tenerse una velocidad antes de que la aplicacion requiera técnicas de diseño de alta velocidad. Esto depende no solo de la masa del seguidor, sino también de la rigidez del resorte de recuperación, los materiales usados, la flexibilidad del seguidor y muchos factores.

Las levas de movimiento parabólico no son más fáciles de fabricar que por ejemplo, las de movimiento cicloidal, y no hay razones de peso para no utilizarlas. Las levas de arco circular y tangente son más sencillas de producir; pero con los métodos de maquinado modernos no resulta costoso el corte de levas de forma más compleja.

4.6 TAMAÑO DE LAS LEVAS

El tamaño de las levas depende de tres factores: estos son, el ángulo de presión, la curvatura del perfil y el tamaño del eje de la leva. Algunos de los factores secundarios que afectan el tamaño y diseño de la leva son, esfuerzos en el seguidor, disponibilidad de espacio de funcionamiento.

Siempre es preferible diseñar la leva lo más pequeña que lo permitan los materiales disponibles, la exactitud en la fabricación y economía total. El criterio del diseñador es esencial ya que es imposible cubrir todas las situaciones que se presenten en el diseño de máquinas.

Si se hace un trazado tal como el de la figura 4.13, se destaca que el ángulo máximo de presión para el desplazamiento de una leva y un seguidor dados, disminuye con el aumento del círculo primitivo. Es recomendable mantener éste ángulo en un límite máximo entre 30° y 35° , a pesar de que se han empleado seguidores con cojinetes de bolas o rodillo exitosamente a mayores ángulos. Un amplio ángulo de presión expone a altas cargas laterales el mecanismo del seguidor, aumenta el momento torsional y acelera el desgaste.

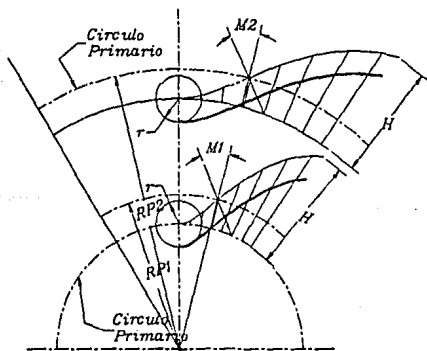


Figura 4.13 Aumentando el tamaño de la leva se disminuye el ángulo de presión.

La figura 4.13 ilustra como se relacionan la curvatura de la leva y el tamaño de ésta. Para un desplazamiento dado H , la rotación de la leva B y radio del rodillo r , la leva más grande con curva primitiva de radio R_{p2} , tiene una curva más fácil de tallar. Nótese que la leva más pequeña con radio R_{p1} tiene radios de curvatura más pequeños cercanos al punto alto del desplazamiento. Tal curva requiere métodos de fabricación más precisos. Un error tiene mucho más efecto en el desplazamiento del seguidor de una leva pequeña que en el caso de una leva grande. Nótese como los puntos de tangencia del rodillo y el perfil de la leva más pequeña se agrupan apretadamente en el extremo superior.

La figura 4.13 también muestra el efecto del diámetro del rodillo en la forma y exactitud del perfil de la leva. Se debe de usar el menor rodillo cuando lo permitan las fuerzas con que se trabaja.

Como los rodillos pequeños producen esfuerzos mayores para una carga dada, el diseñador debe tener en cuenta el tamaño de la leva y el del rodillo.

El diámetro del eje portador de la leva es un factor limitante en el tamaño de la leva, particularmente si el eje lleva varias levas y engranajes y debe ser lo suficientemente grande para transmitir el momento torsional. también el cubo de la leva puede limitar el tamaño del círculo de base del perfil de la leva, aunque en las levas de cara éste factor no afecta el tamaño.

Las levas son elementos descomensados que al girar a alta velocidad producen condiciones anormales, ésta situación se agava ya que las levas son particularmente difíciles de compensar. Generalmente las levas de cara son fáciles de compensar. Para disminuir ésta condición y teniendo en cuenta los demás factores, las levas deben diseñarse tan pequeñas como sea posible.

Otro factor que afecta el tamaño de la leva es el corte adicional del perfil de la leva previamente generado, debido al diámetro excesivo del rodillo seguidor. Esto se ilustra en la figura 4.14. Básicamente el radio del seguidor de leva debe ser menor que cualquier radio de la curva primitiva a lo largo de ésta. Afortunadamente, los métodos modernos de fabricación hacen posible la construcción muy exacta de perfiles de levas, aun en el caso de levas pequeñas, quedando en manos del diseñador la responsabilidad de elaborar las especificaciones en las condiciones más adecuadas.

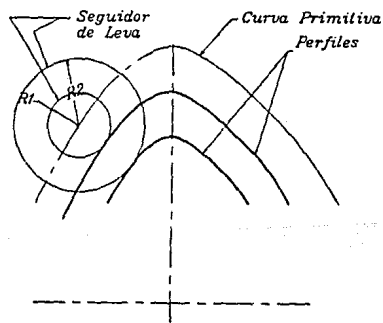


Figura 4.14 Factores que afectan el tamaño de la leva.

4.7 DIBUJOS DE LEVAS

Al preparar los dibujos de levas, las ordenadas radiales deben trazarse en dirección opuesta al giro de la leva. Para trazar levas de disco, primero se dibuja el círculo primario. Este círculo representa el punto más bajo de la cara de un seguidor plano o la línea central de un seguidor de rodillo, dependiendo de cual de los dos se usa. también representa la línea de base en el diagrama de movimiento .

Las ordenadas en el diagrama de movimiento se dibujan en la leva como líneas radiales, las correspondientes distancias de la línea de base a la curva de movimiento se traslada a la leva, determinando así el camino del seguidor. Luego para las levas con seguidor de rodillo se traza en varias posiciones a lo largo del camino el diámetro del rodillo seguidor para determinar el perfil de la cara de la leva. Cuando el seguidor es plano, el camino del seguidor es la cara de la leva.

El trazado de levas de tambor o cilíndricas comienza en la misma forma que el de cualquier leva, determinando el perfil y el tipo de seguidor que se usará. Muchas de las levas cilíndricas actúan el seguidor en la dirección al eje de la leva. La superficie primitiva se desarrolla y aparece como un rectángulo y los desplazamientos del seguidor se trazan por medio de coordenadas rectangulares. (figura 4.15).

En teoría, un seguidor cónico, con su vertice en el eje de la leva daría los mejores resultados (figura 4.16). En la práctica los seguidores cilíndricos dan excelentes resultados, siempre y cuando su diámetro y longitud no sean muy grandes en comparación con el diámetro de la leva cilíndrica. Los seguidores oscilantes se emplean en levas espaciadoras como aparece en la figura 4.17.

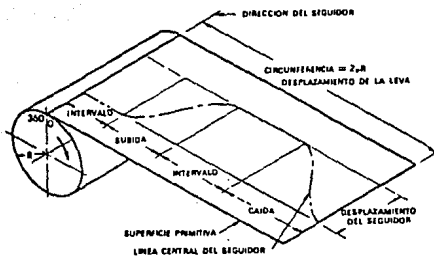


Figura 4.15 Diagrama de desplazamientos de una leva cilíndrica.

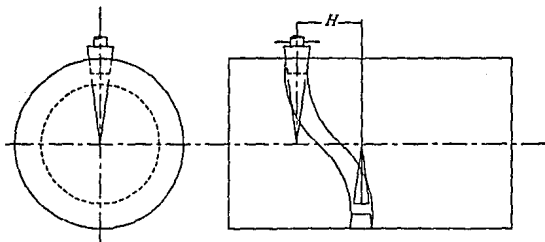


Figura 4.16 Detalle de levas cilíndricas (seguidor cónico)

En las levas cilíndricas, el diagrama de desplazamientos se reemplaza por la superficie desarrollada de la leva como aparece en la figura 4-17. El surco mostrado en la vista frontal de la leva se determina por proyección.

Los puntos de la superficie desarrollada de la leva y los puntos correspondientes de la vista superior se proyectan hacia la vista frontal como se muestra con la letra A en la posición de 210° . Las levas conjugadas se usan cuando el movimiento deseado no se puede obtener con una sola leva. Muchos mecanismos espaciadores usan éste tipo de levas.

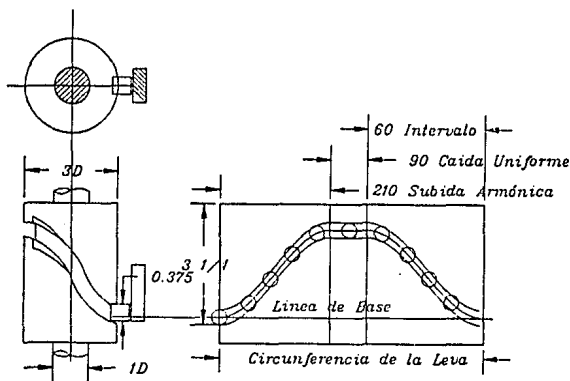


Figura 4.17 Dibujo de una leva cilíndrica.

4.7.1 Dimensiones y Tolerancias

El antiguo método de dibujar el controrno de la leva, se encuentra definitivamente fuera de uso. En el pasado, una leva se fabricaba partiendo de un dibujo usando arcos y líneas rectas. Para el fabricante es una tarea difícil obtener una leva de buena calidad siguiendo éste método.

Para producir una leva maestra o una leva única, se debe suministrar una tabla de radios de la leva con sus correspondientes ángulos. Luego se talla cada punto de la leva en una fresadora u otra máquina adecuada. El resultado es una superficie con una serie de bordes que deben limarse hasta obtener un perfil suave. EL radio de la leva y la cantidad de puntos obtenidos determinan la cantidad que se debe limar como la exactitud final del perfil. Para las levas maestras muy exactas, los puntos se deben obtener a intervalos de $\frac{1}{2}$ grado. La preparación de la tabla de puntos puede implicar la solución de seis u ocho ecuaciones para cada punto.

Si una leva se determina por trazos y tiene un perfil como el que aparece en la figura 4.18, puede parecer que el método más sencillo para determinar el contorno sería trazar el ángulo R_1 desde 00° y trazar el desplazamiento D desde el centro de la leva al perfil de ésta. Indudablemente éste método definiría la superficie o perfil de la leva.

No obstante, el único método de fabricación que podría seguirse sería escariar la leva con una herramienta de punta muy pequeña. Si al desplazamiento se le agrega el radio de una herramienta de corte y un nuevo corte es efectuado, el contorno adyacente comienza a ser tallado. Para tallar en forma adecuada el punto A y mantener el contorno, se debe establecer un nuevo par de coordenadas; que aparecen como R corte y θ corte. Producir ésta información es laborioso y costoso.

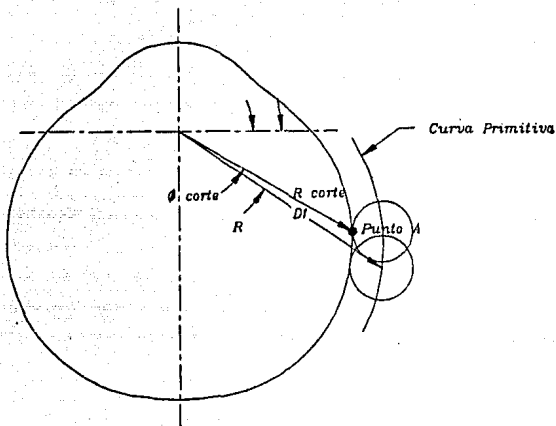


Figura 4.18 Dimensiones del perfil de la leva

Cuando se traza un perfil, siempre se determina la curva primitiva producida por el centro del seguidor de la leva. Esto se cumple bien sea que el trazo se haga por un método gráfico o analítico. La localización del seguidor se determina por dos dimensiones, desplazamiento radial y angular. El desplazamiento radial se expresa como la distancia desde el centro de la leva o desde el círculo primario.

El desplazamiento angular se mide en grados desde un punto de referencia como el chavetero, el hueco de un pasador o un agujero de sincronización como aparece en la figura 4.19. La mejor forma de presentar esta información es en tablas más bien que detallada directamente en el dibujo de la leva. Los valores se deben dar por lo menos en intervalos de un grado y preferiblemente a $\frac{1}{2}$ grado.

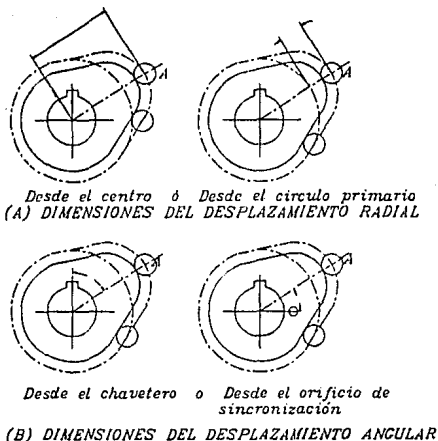


Figura 4.19 Determinación de las dimensiones del punto "A" en el perfil de la leva.

Los intervalos de $\frac{1}{2}$ grado dan la posibilidad al fabricante de seleccionar a su juicio los intervalos que necesite para producir la leva. Normalmente las tolerancias polares (angulares) se mantienen en básicas (cero tolerancia), dando toda la tolerancia a los valores del desplazamiento. Los únicos ángulos que tienen tolerancias son aquellos que localizan puntos de la leva como chavetero o huecos para pasadores. La figura 4.20 ilustra éste método así como la tolerancia dada a la curva primitiva. La figura 4.20 ilustra un método alternativo para establecer las tolerancias del círculo primitivo. Ambos ejemplos contienen tres especificaciones fundamentales:

- a) Tolerancias del tamaño de la leva
- b) Tolerancias de la transición total
- c) Tolerancias en la curva primitiva con base en algún incremento del ángulo de la leva

La figura 4.21 ilustra en detalle un dibujo de fabricación de una leva donde los desplazamientos para los movimientos se dan en forma tabulada.

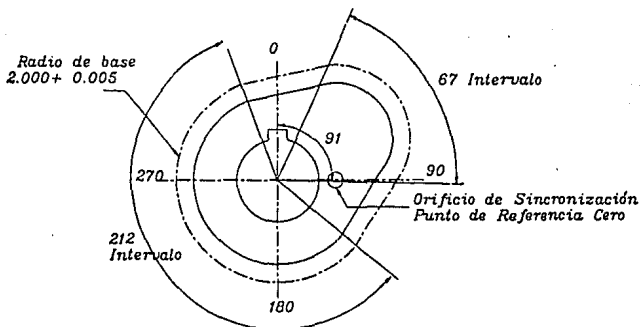


Figura 4.20 Tolerancias polares.

Estos métodos mencionados, se ven opacados con los métodos que actualmente existen con los cuales el proceso de la información tiende a ser más rápido y eficaz, con la ayuda de un paquete de diseño asistido por computadora (CAD) el dibujo de un perfil de leva puede ser generado como se vio en el capítulo 2 con una velocidad y exactitud superior a los métodos tradicionales, si éste es realizado con la ayuda de un programa de diseño en donde se alimenten las ecuaciones que lo rigen, éste

podrá ser automatizado y dado que la información que se genere de éste es muy confiable y consistente, ésta puede ser transferida a un sistema de maquinado de control numérico (Capítulo 3) pudiendo en éste visualizar la rutina de maquinado antes de hacer la operación definitiva.

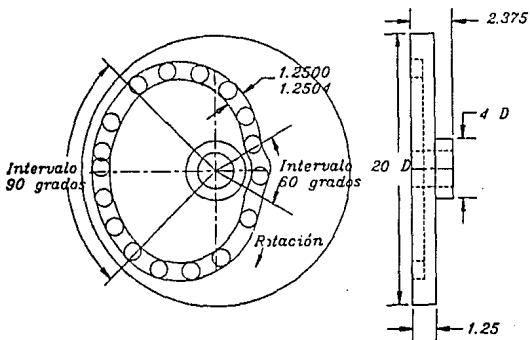


Figura 4.21 Información para la fabricación de una leva.

5 USO DE LA COMPUTADORA

Las computadoras deben de ser instruidas con detalle considerable. Sin embargo, el programa de una computadora representa más que instrucciones detalladas precisas, éste incluye la definición del problema, el análisis y diagramas de flujo que son una parte de la preparación inicial. Cuando se escribe el programa en el código real de la máquina, el programador debe analizar primero el problema en terminos de las operaciones que la computadora puede realizar y entónces escribir las tablas que suministran el programa, formulas, códigos, etc., según se necesiten para la aplicación específica. Para hacer esto, el programador debe entender la computadora en detalle. Como éste método de programa es con frecuencia difícil , aun para una persona calificada, y a veces resulta que no es práctico, se han desarrollado varios lenguajes de programación reconocidos que permiten al programador dar instrucciones a la computadora usando declaraciones y símbolos, cada declaración representa muchas instrucciones en el lenguajes de la máquina (fig 5.1).

El empleo de estos idiomas de alto nivel, tal como el FORTRAN, BASIC, LISP elimina mucho detalle laborioso de un programa para computadora. Además, como las declaraciones FORTRAN son muy parecidas a la terminología matemática, se puede adquirir un conocimiento práctico del lenguaje en aproximadamente una semana de instrucción. Con un programa denominado compilador, la computadora traduce programas FORTRAN en instrucciones más detalladas para su propio funcionamiento.

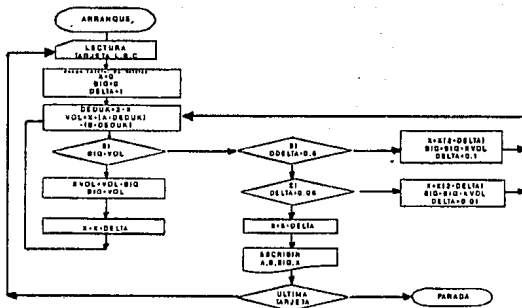


Figura 5.1 Gráfica de flujo para un problema de volumen máximo

5.1 GRAFICAS DE COMPUTADORA

Además de hacer un uso extenso de las técnicas de computadora convencionales para análisis científico y de ingeniería, el grupo de ingeniería puede, con la ayuda de varios sistemas de procesamiento de datos gráficos, conducir a una computadora digital en gran escala sobre aquellos problemas que serán analizados mejor y finalmente formalizarlos utilizando y modificando una representación gráfica.

Este gran paso hacia adelante en las gráficas automatizadas permite a un ingeniero o diseñador hacer al menos una parte de su trabajo creativo sobre un monitor con entrada/salida para gráficas que se conectan directamente a la computadora.

Los medios para la comunicación hombre-máquina no se encuentran en el futuro, están disponible ahora y hay en uso diario varios sistemas prácticos para trabajo de diseño y de producción en los campos aeroespaciales y automotrices.

La interacción directa de hombre-computadora que éste sistema permite, conduce a una rápida respuesta para pequeños problemas y proporciona conceptos para ser evaluados y verificados y después aceptados o rechazados. Esta asociación en la cual la computadora se ha convertido en el socio inmediato del hombre en el diseño creativo se hace posible solo cuando se encuentra un medio para hacer que la computador intérprete correctamente los dibujos y, si se desea, haga un dibujo después de conocer las intenciones del socio humano. Utilizados en forma apropiada, estos sistemas pueden relevar tanto al ingeniero como al dibujante de cálculos interminables, de mucho del trabajo tedioso conectado con la realización de dibujos de proyectos y de detalle.

Tales sistemas unen el talento y creatividad del usuario y la potencia y velocidad de la computadora digital en unión de trazadoras digitalizadas o monitores con un equipo de soporte apropiado.

En general, el termino diseño con ayuda de computadora implica que ésta ayude al diseñador para analizar y modificar un diseño previamente creado dentro de nuevos parámetros de diseño que el ha establecido. Casi cualquier diseñador o dibujante utilizará con efectividad el procesado de datos gráficos y puede analizar, modificar y distribuir información de diseño aunque pueda tener tan sólo un conocimiento limitado sobre la programación de computadoras.

El sistema de computadora descrito aquí no reemplaza al hombre y no elimina el requerimiento de que el diseñador tenga un conocimiento práctico de las gráficas en ingeniería.

El lenguaje gráfico es tan fundamental para el proceso de diseño, que ahora se ha convertido en un lenguaje de computadora. como tal, ha probado ser un medio confiable para un tipo de comunicación conversacional de hombre-máquina.

5.2 PROGRAMAS DE DISEÑO

Los programas y datos de diseño relacionados se almacenan en archivos de cintas o de discos según descripciones numéricas y rutinas de operación. Juegos de palabras y números pueden representar partes gráficas estándar, tales como dimensiones, descripciones de piezas y aun formulas. Con el tiempo, cuando los sistemas procesadores de datos gráficos tengan un uso más amplio y hayan sido mejorados, se dispondrá de más programas estándar de computadora y la tediosa tarea de escribir y desarrollar programas podrá ser, en gran parte, relegada al pasado.

5.3 PROGRAMACION DE LA COMPUTADORA

A medida que se vaya haciendo más eficiente en el dibujo con la computadora, se podrá particularizar algunas partes de un programa, añadir otros o modificar sus menús. Mas pronto o más tarde, se podrán escribir programas especiales para su propio uso. Cuando se llegue a éste punto, se empieza a descubrir la potencia real de la computadora. Cuando se escriban instrucciones para su computadora, se estará incorporando al mundo de la programación de las computadoras.

La programación es un crecimiento natural de la utilización de la computadora e indica la "graduación" como usuario avanzado. Aunque las técnicas de programación pertenecieron antes a unos pocos seleccionados, hoy en día muchos usuarios de computadora poseén una buena experiencia en la programación.

5.3.1 Como empezar

La programación suele asustar a mucha gente, pero aprender a escribir sus propias macros es lo mínimo que debe conseguir si se desea dominar el CAD. Se puede convertir en un colaborador activo con la computadora en lugar de ser usuario pasivo del mismo. Las técnicas de programación proporcionan las herramientas para que se utilice la computadora de una forma creativa en la resolución de problemas.

La programación en cualquier lenguaje (incluso los macrolenguajes) es fundamentalmente lo mismo. Existen variaciones de uso o de sintaxis, pero la estructura y la lógica básica son las mismas en todas las computadoras. Todos los programas gráficos avanzados se basan en la tecnología de la base de datos.

5.3.2 Elementos de un programa de computadora

En éste capítulo se verán los seis elementos primarios de programación.

- 1.- Entrada: de la información
- 2.- Salida: recuperación de la información
- 3.- Variables: sustitución por datos distintos
- 4.- Proceso: realización de una tarea
- 5.- Ciclos: realización de una misma tarea una y otra vez
- 6.- Bifurcaciones: cambio de tarea

1.- Entrada

Muy pocos programas, si es que hay alguno, se ejecutan totalmente por sí mismos, sin que la persona que realiza el programa realice alguna entrada. Si no se puede entrar información, los resultados del programa serían siempre los mismos. No tendría mucho sentido continuar utilizando un programa que siempre de la misma respuesta.

Cuando un computadora nos pide el nombre de un archivo, o la escala, o ¿ diámetro de paso ? o nos dice "pulse "Si" para continuar", está pidiendo una entrada. Cuando el grupo de posibles respuestas es conocido, se puede estructurar el programa de forma que la computadora evite la aceptación de otras respuestas.

Independientemente de cual sea ésta entrada o de como se entre, se guardará en una única posición de memoria, reservada para una entrada determinada, en forma parecida a como el correo se guarda en una única casilla reservada para una dirección específica. Esta entrada recibe el nombre de argumento de una variable.

Principalmente los datos entrados seran puntos gráficos, entrados generalmente mediante un sistema gráfico como el lápiz electrónico, el ratón, la tableta gráfica o directamente a través del teclado.

A los principiantes les gusta pulsar las teclas del menú; y también a los usuarios experimentados. El menú con una imagen o diagrama de la función, es rápido, fácilmente reconocible, y, lo que es más importante, fácil de utilizar. La principal preocupación de la mayoría de los nuevos usuarios es que sea fácil de aprenderse y de utilizar. (lo que en inglés suele llamarse user-friendly)

Si hay un hecho que haya animado a los diseñadores a aceptar el CAD, es el desarrollo y utilización de los menús de tableta gráfica y de los menús de pantalla: cada uno de ellos se activa pulsando el ratón o moviendo el cursor hasta colocarlo encima del elemento deseado.

A excepción de los escritores, secretarías u operadores de telex, muy poca gente nacida antes de 1960 han tenido que utilizar con frecuencia un teclado. Para la gente que se resiste a utilizar un teclado, el hecho de aprender CAD con ayuda de un

menú gráfico les proporciona una excelente transición desde el dibujo manual al dibujo con CAD, ya que el teclado se utiliza raramente. De hecho, algunos sistemas CAD utilizan los menús tan efectivamente que los teclados pueden desconectarse.

2.- Salida

Los datos entrados (entrada) son procesados por el programa de la computadora y los resultados se visualizan como salida. Si se entra la longitud de una línea, la computadora dibuja la línea con ésta longitud y visualiza el resultado en la pantalla gráfica.

También pueden aparecer otros resultados en la línea de avisos y mensajes, en la línea de estatus gráfico de la pantalla, o en una terminal alfanumérica separada. De forma alternativa, los datos pueden redirigirse desde la terminal gráfica hacia la impresora.

3.- Variables

Las computadoras no serían de gran utilidad si no se pudieran entrar valores distintos y obtener respuestas distintas. Naturalmente, se realizan cambios en los dibujos, y estos cambios se guardan en variables. El programador establece que datos deben entrarse como variables. Hay dos tipos principales de variables. Uno que almacena números y el otro que almacena caracteres literales como "N", "JUAN", o "12 de noviembre de 1974".

Las variables numéricas pueden ser números enteros como 4 o 1024, llamadas variables enteras o números reales como 3.14159 o -45.53, llamadas variables reales. Las variables enteras utilizan menos espacio de memoria y pueden procesarse mucho más rápidamente que las variables reales. En la ecuación $X = A + 5$, X es la variable, y A es el argumento. Al cambiar el valor del argumento se cambia el valor de la variable, Así, si $A = 7$,

entonces $X = 12$.

Una palabra o una frase se identifica como un texto literal al encerrarlo entre comillas, y entonces se le llama cadena de caracteres. Palabras como Los e ingenieros no pueden manipularse en el sentido matematico, pero se pueden "sumar" varias cadenas juntandolas secuencialmente "Los " e "ingenieros" se convierte en "Los ingenieros". La unión de cadenas recibe el nombre de concatenación.

Como puede verse, los números se manipulan matemáticamente si se tratan como variables numéricas, pero se tratan como cualquier otro caracter cuando se asignan a una variable alfanumérica. Y evidentemente no pueden mezclarse variables numéricas y alfanuméricas en la misma ecuación: la computadora emitira un pitido e imprimira algún tipo de mensaje de error como "ERROR EN LOS DATOS".

4.- Proceso de datos : hacer una tarea

Un programa de computadora realiza alguna tarea. A menos que se desvíe, un programa se ejecuta secuencialmente - tan sólo en una dirección- desde el principio hasta el final. Los datos entrados al principio se utilizan para calcular otros datos, que subsecuentemente se utilizarán para calcular otros datos, hasta que aparezca la respuesta final.

Aunque muchos programas se ejecutan en una única y larga progresión, los programas gráficos no. Este nos lleva rápidamente a un menú principal, y a la conclusión de cada una de las tareas gráficas (cada una de las cuales es una secuencia corta) nos devuelve al menú principal.

5.- Repetir una tarea: el ciclo de la computadora

Los ciclos y bifurcaciones son las variaciones fundamentales en el proceso directo realizado por la computadora. La

realización repetitiva de una tarea recibe el nombre de ciclo. Hay que poder decirle a la computadora cuando debe detenerse. Es un concepto simple, pero esencial: la computadora detiene un ciclo comparando dos valores, y cuando existe coincidencia, la computadora pasa a la tarea siguiente.

La inserción de ciclos es una característica del CAD muy potente que nos permite dibujar elementos repetitivamente con precisión, rapidez y sin aburrimiento.

6.- Selección de otra tarea: bifurcación incondicional

Se vió anteriormente que un programa de computadora es secuencial. En realidad, un programa consiste de un número cualquier de programas más pequeños (subrutinas) dentro del cuerpo del programa: la bifurcación incondicional dirige irrevocablemente el flujo del programa hacia otra posición del mismo.

La orden GOTO, comun tanto al BASIC como al FORTRAN, provoca que el programa se bifurque incondicionalmente (GOTO significa "ir a" en inglés). Cuando se termina una tarea y se está utilizando un menú gráfico, el progrma volvera (GOTO) al menú.

Selección de una alternativa : bifurcación condicional

Pero supongamos que se quiera elegir: bifurcar si se cumplen ciertas condiciones. La bifurcación condicional nos permite precisamente hacer esto. Puede reconocerse esto en la orden IF... THEN...ELSE (si.. entónces.. si no) es decir, si se cumple una condición, entónces hacer esto, o si no hacer aquello.

El CAD utiliza las bifurcaciones en los menús. Tras completar una instrucción, la computadora espera que se pulse la siguiente tecla del menú.

Cuando se pulsa la tecla para establecer la escala, por ejemplo, la computadora va a la sección del programa que contiene la subrutina correspondiente y nos pide que se entre el valor de la escala.

Una vez completada la tarea, el programa espera a que el usuario utilice otra tecla del menú. Este proceso continua hasta que se pulsa la tecla de salida.

Un bucle es una forma especial de bifurcación condicional en la que se repite la tarea hasta que se cumpla la condición "Si el contador es menor que 6, THEN dibujar otro engrane ELSE salir"

5.3.3 Programas controlados por menú

Los programas que producen resultados muy específicos suelen estructurarse con trayectos muy bien definidos desde el principio hasta el final, es decir, que el flujo de instrucciones es altamente secuencial.

Los menús son el vehículo ideal para ejecutar las instrucciones en estos programas. Se presenta una lista de opciones en un menú, y se pulsa la tecla del código correspondiente. Entónces el progrma presenta otro menú o bien ejecuta ésta porción del programa. Un menú principal controla la trayectoria a través de cada uno de los menús subsidiarios, siguiendo un arbol jerárquico. Mediante una tecla de función puede volverse directamente al menú principal. Debido a que se dá opciones a cada paso, los programas controlados por menú son más fáciles de utilizar, para los principiantes, que los programas controlados por ordenes.

5.3.4 Programas controlados por ordenes

Los programas que permiten entrar una orden cualquiera de entre muchas opciones, cada una de ellas con muchas alternativas, son de "final abierto". Debido a que el rango de opciones puede ser muy amplio, los menús no son prácticos excepto para las funciones normalmente utilizadas. Los programas generales de dibujo suelen ser controlados por ordenes, así como la mayor parte de los programas de base de datos basados en PC.

Las instrucciones de estos programas se ejecuta entrando un pseudo orden de programación (al conjunto se le llama un lenguaje de ordenes) Por ejemplo, podría entrarse la instrucción del lenguaje de ordenes DP,p1p2 (donde p1 y p2 son puntos opuestos de una ventana de visualización) para visualizar una nueva ventana en la pantalla. Otras ordenes podrían ser CC para un círculo y R para un rectángulo.

Algunos sistemas permiten la entrada de ordenes múltiples, tales como la siguiente: MVE ITM FEN XTX P1 P2 DISP LIN P3 P4, INIT FR P5 TO RELX 8, que se traduce como "mover todos los elementos definidos por los límites de los puntos 1 y 2, excepto el texto, pero incluyendo las líneas cercanas al punto 3 y 4, desde el punto 5 hasta el punto situado a 8 pulgadas en la dirección X". Aunque es una orden potente, es tan complicada que hay pocas esperanzas de que los lenguajes de ordenes lleguen a ser populares.

Un lenguaje de ordenes suele parecerse y comportarse de forma bastante parecida a un lenguaje de programación completo, por lo que pueden llegarse a confundir, pero un lenguaje de ordenes contiene un conjunto incompleto de los elementos clave de la programación.

5.4 PROGRAMAS GRAFICOS Y PROGRAMACION

5.4.1 Programas gráficos generales

Los programas de dibujo generales se concentran en proporcionar un conjunto genérico de primitivas gráficas, altamente flexibles y potentes para dibujar , acotar, editar, insertar texto, crear gráficos inteligentes, con posibilidades tridimensionales y presentación de gráficos. Las tareas específicas para aplicaciones especializadas se ejecutan con ayuda de macro-ordenes.

Con los sistemas generales se obtienen programas versátiles, ricos en posibilidades de dibujo y de potencial creciente, pero frecuentemente al programa le falta suficiente profundidad en alguna disciplina para ser considerado de calidad profesional. Muchos de estos programas son controlados por ordenes, haciendolos difíciles de aprender. Si hay que particularizar el programa mediante macros, o acomodarlo a las necesidades profesionales, se puede llegar a encontrar con que las ventajas obtenidas con ello no compensan, debido a que el programa no es muy completo.

5.4.2 Programas gráficos específicos

Como contraste, los lenguajes de dibujo específico están diseñados para ejecutar un conjunto determinado de instrucciones de la forma más eficiente posible. Las características de estos programas son: están altamente especializados, se centran en una disciplina específica, están cuidadosamente planeados, estudiados, y pueden ejecutarse con gracia y finura . Son fáciles de aprender, fáciles de utilizar y rápidos de ejecutar, pero son muy específicos.

5.4.3 Programas de Diseño para una Leva

Los sistemas de diseño pueden ser arreglados y dispuestos de diversas maneras. Si el desempeño simulado, no satisface los que el diseñador desea, deberá de cambiar un parámetro o un grupo de parámetros basado en el conocimiento adquirido del estudio paramétrico. El diseñador debe de conocer por sí mismo las ventajas y limitaciones de cada perfil típico. Tratando con varios parámetros de una manera sistemática, se puede formar una idea de la naturaleza de las características de respuesta del sistema, y es capaz de identificar aquellas variables y parámetros que son más críticos en ciertos rangos de valores de frecuencia, también puede estimar la magnitud de las relaciones entre los parámetros del sistema. El completo éxito en ésta etapa preliminar de diseño depende largamente del conocimiento en el ajuste de los parámetros. Es posible de ésta manera el moverse firmemente en una dirección hacia un óptimo o cercano al diseño óptimo (pero esto no indica una garantía de que suceda) a través de una serie de perfiles progresivos y revisión de los parámetros. El criterio total de desempeño puede ser aplicado en una manera sistemática para asistir en encontrar el perfil más adecuado y los parámetros dinámicos del seguidor a través del proceso de errores para asegurar la compatibilidad entre los diseños involucrados y su aplicación.

5.4.4 Programa de Diseño en AutoLISP

Para el diseño del perfil de leva, con las ecuaciones que se describieron en el capítulo 4 se realizó por medio del lenguaje conocido como AutoLISP (Apéndice A), la elección de éste se debió básicamente a los siguientes factores:

Mucho del poder del AutoCAD proviene de la capacidad de ajustarlo a las necesidades de uno. Cuando se diseña en AutoCAD, se trata de poner la mayor disposición de los recursos en manos del usuario, conforme se use el AutoCAD y se familiarice con el, se querrá tener una mayor capacidad de éste con las necesidades particulares del usuario. Se pueden iniciar series de comandos que frecuentemente se utilizan en el menú. Se pueden definir nuevos tipos de línea, patrones de sombreado o tipos de letras. Conforme se vaya haciendo esto, se estará tomando una mayor ventaja de la arquitectura abierta del AutoCAD (Habilidad de extenderlo y moldearlo con sus propias herramientas de diseño).

La más poderosa capacidad para extender el AutoCAD es con el lenguaje AutoLISP. Esta es una implementación del lenguaje LISP añadido al AutoCAD. Con la creación de programas en AutoLISP, se pueden agregar comandos al AutoCAD y tener mucho más del poder de modificar el AutoCAD con su propio software.

5.5 MACROPROGRAMACION

La macroprogramación es quizás un nombre equivocado, ya que no es un lenguaje, más bien es un termino que describe el proceso para guardar una cadena de ordenes del lenguaje, entradas a través del teclado, en un archivo-registro (un registro de cada tecla pulsada). Se "ejecuta" el archivo macro "reejecutando" su contenido. la computadora vuelve a entrar automáticamente la cadena de ordenes internamente, evitando así la necesidad de que el usuario tenga que entrar otra vez por el teclado la misma secuencia de ordenes cada vez que las necesita.

Los macros ofrecen al usuario y al programador un medio para ampliar y particularizar los programas. Algunas posibilidades de las macros se han ampliado más allá del registro de las teclas pulsadas, hasta poseer características de programación completas. Esto hace posible que el usuario creé programas especiales que se suman a los suministrados por el vendedor. Aunque complejos de utilizar, los lenguajes de ordenes son extremadamente potentes. La propia naturaleza de las ordenes los convierte en una herramienta particularmente útil y potente, ya que una orden se escribe para que ejecute una tarea muy específica, tal como la acotación y el dibujo de engranes.

Lo único necesario para que las macros puedan considerarse como un lenguaje, es la adición de algunas ordenes auxiliares que realicen lógica aritmetica y algunas otras para controlar el flujo de los datos. Estas ordenes adicionales permiten entrar y recuperar datos y relizar cálculos matemáticos y con operaciones lógicas, que permitan comparar la similitud de los elementos. Estas comparaciones permiten realizar bifurcaciones condicionales (IF ... THEN) e incondicionales (GOTO y GOSUB), esenciales para la programación.

CONCLUSIONES

Se vió como es posible que por medio de ecuaciones que definen el perfil de una leva, ésta se puede generar en un programa de diseño por computadora, teniendo para esto que utilizar el lenguaje de programación conocido como AutoLISP, para poder aprovechar al máximo el paquete de diseño, éste se puede hacer tan complejo como sea necesario y ajustarlo a las necesidades del usuario.

De esto se pudieron obtener dibujos y gráficas de desplazamiento de los perfiles a diseñar, esto es que si una representación gráfica es diseñada en forma adecuada, transmitirá al individuo medio, datos y hechos correlacionados más efectiva y rápidamente que una descripción verbal, escrita o tabulada, porque la impresión visual es fácil de comprender y requiere de menos esfuerzo mental que el que sería necesario para comprender los hechos mediante tablas e informes complejos, teniendo en éste caso el poder analizar las ecuaciones de movimiento, aceleración y choque de forma gráfica, así como el de obtener el perfil resultante de una manera fácil y rápida, pudiendo de esto obtener mejor del comportamiento de los parámetros que influyen para el diseño de la leva, cambiando éstos hasta obtener un resultado satisfactorio.

La información obtenida de ésta, pudo ser extraída fácilmente, para poder alimentarla a una máquina de control numérico (Apéndice B), procedimiento que fué realizado a mano, dado las limitantes de software y hardware existentes en la escuela de ingeniería, pero como se mencionó éstos pueden ser integrados en su totalidad, para lo cual se requiere de una gran infraestructura.

Dado que el uso de tecnologías asistidas por computadora se hace cada vez más necesario , ésta será exitosa en gran medida la explotación adecuada y óptima de estos recursos.

El manejo en el flujo y control de la información, es un aspecto que se tiene que controlar cuidadosamente, esto es, si los procedimientos para el control de la información que son llevados tradicionalmente a mano son poco eficientes, la implantación de éstos a una red de computadoras hará exactamente los mismos errores, solo que mucho más rápido.

Apéndice A (Programas de Cálculo AutoLISP)

; Programa Diagrama.lsp para dibujar el diagrama de desplazamientos
; en Autocad Ver 8 y menores.
; No tiene opcion para cambiar tipos de movimientos por medio de menú.

;FUNCION.LSP

```
(defun dtr (a)
  ( * Pi (/ a 180 ))
)
```

```
(defun Delta (A B C )
  ; A=C B=Z0 C=Z1
  (Setq Theta (- A B))
  (Setq Beta (- C B))
)
```

```
(defun Cosine ( K1 )
  ; K1= 0.5, 1, 2
  (Cos (/ (* K1 Pi Theta) Beta ))
)
```

```
(defun Sine ( K1 )
  ; K1= 0.5, 1, 2
  (Sin (/ (* K1 Pi Theta) Beta ))
)
```

DATOS.LSP

```
(defun datos()  
  (setq centro(getpoint "\n Coordinates of Cam Axis=?")  
    (setq      H(getdist  "\n Rise = Fall =?")  
    (setq      Z0(getdist "\n Begining angle of Raise=?")  
    (setq      Z1(getdist "\n Ending   angle of Raise=?")  
    (setq      Z2(getdist "\n Ending angle of Dwell after rise=?")  
    (setq      Z3(getdist "\n Ending angle of Fall=?")  
    ; Conversion de Grados a Radianes por función dtr  
  
    (setq Z0 (dtr Z0)  
      Z1 (dtr Z1)  
      Z2 (dtr Z2)  
      Z3 (dtr Z3)  
      I1 (dtr 5.0))  
    (setq ValorC (- 120 H))  
    (setq FactorC (+ ValorC H))  
  
    (setq veces 72 )  
    (setq C Z0)  
    (setq C1 (car  centro))  
    (setq C2 (cadr centro))  
    (setq PuntoX '( Nil) )  
    (setq PuntoY '( Nil) )  
    (setq valor 0)
```

```
(defun MCS ( L )
  ; Movimiento Cicloidal (s)ubida
  (* (/ (* 2 Pi L ) (Expt Beta 2.0)) (Sine 2))
)
```

```
(SETQ SUBIDA MCS)
```

```
;MASR.LSP
```

```
(Defun MASr ( L )
  ; Movimiento Armónico Simple (r)etorno
  (* (/ 1 2) (+ 1 ( Cosine 1 )))
)
```

```
(SETQ RETORNO MASR)
```

```
;CICLO.LSP
```

```
(defun call()
```

```
  ; if C>=Z0 and C<=Z1...
  (if ( and (>= C Z0 ) (<= C Z1 ) )
      (Progn
        ( Delta C Z0 Z1 )
        ( Setq S ( Subida FactorC ) )
      )
  )
```

```
  ; if C>=Z1 and C<=Z2...
  (if ( and (>= C Z1 ) (<= C Z2 ) )
      (setq S FactorC )
  )
```

```

)
; if C>=22 and C<=21...
(if ( and (>= C 22 ) (<= C 23 ))
    (Progn
      ( Delta C 22 23 )
      (setq S ( Retorno FactorC ))
    )
)

```

```

(setq Px ( + C1 (* 180 ( / C Pi ))) )
(setq Py ( + C2 S ))

```

```

(Command "Pline"
(List Px Py))
(setq C (+ C I1))

```

```

)
(defun ciclo ()
  (Graphscr)
  (Setvar "cmdecho" 0 )
  (Setvar "blipmode" 0 )
  (repeat (fix veces)
    (CAL1))
  (Command "")
  (Command "Zoom"
    "E")
)

```

```
(Command "Zoom"  
"0.75x")
```

```
(Command "Pedit"  
"L"  
"F"  
"X")
```

```
)
```

```
(defun C:DIAGRAMA ()  
  (datos )  
  (ciclo )  
)
```

```
; Programa LevaP.lsp para dibujar el perfil de la leva
; en Autocad Ver 8 y menores.
; No tiene opcion para cambiar movimientos por medio de menú.
; Este programa dibuja con polilíneas rectas y después las
; ajusta a curvas .
```

```
;FUNCION.LSP
```

```
(defun dtr (a)
  ( * Pi (/ a 180 ))
)
```

```
(defun Delta (A B C )
  ; A=C B=Z0 C=Z1
  (Setq Theta (- A B))
  (Setq Beta (- C B))
)
```

```
(defun Cosine ( K1 )
  ; K1= 0.5, 1, 2
  (Cos (/ (* K1 Pi Theta) Beta ))
)
```

```
(defun Sine ( K1 )
  ; K1= 0.5, 1, 2
  (Sin (/ (* K1 Pi Theta) Beta ))
)
```


DATOS.LSP

```
(defun datos()
  (setq centro(getpoint "\n Coordinates of Cam Axis=?"))
  (setq H(getdist "\n Rise = Fall =?"))
  (setq Z0(getdist "\n Begining angle of Raise=?"))
  (setq Z1(getdist "\n Ending angle of Raise=?"))
  (setq Z2(getdist "\n Ending angle of Dwell after rise=?"))
  (setq Z3(getdist "\n Ending angle of Fall=?"))
  (setq R0(getdist "\n Radius of Cam base circle=?"))
  (setq I1(getdist "\n Increment of Cam angle =?"))
  ; Conversion de Grados a Radianes por función dtr

      (setq Z0 (dtr Z0)
            Z1 (dtr Z1)
            Z2 (dtr Z2)
            Z3 (dtr Z3)
            I1 (dtr I1)
      )
  (setq veces (/ (* 2 pi) I1))
  (setq C Z0)
  (setq C1 (car centro))
  (setq C2 (cadr centro))
  (setq PuntoX '( Nil) )
  (setq Puntoy '( Nil) )
  (setq valor 0)
)

; MAS.lsp
```

```
(defun MASs ( L )  
  ; Movimiento Armónico Simple (s)ubida  
  (* (/ L 2) (- 1 (Cosine 1)))  
)
```

```
(SETQ SUBIDA MASs)
```

```
; MASR.LSP
```

```
(Defun MASr ( L )  
  ; Movimiento Armónico Simple (r)etorno  
  (* (/ L 2) (+ 1 ( Cosine 1 )))  
)
```

```
(SETQ RETORNO MASr)
```

```
;CICLO.LSP
```

```
(defun call()
```

```
  ; if C>=Z0 and C<=Z1...  
  (if ( and (>= C Z0 ) (<= C Z1 ) )  
      (Progn  
        ( Delta C Z0 Z1 )  
        ( Setq S ( Subida H ) )  
      )  
  )
```

```
  ; if C>=Z1 and C<=Z2...
```

```

(if ( and (>= C Z1 ) (<= C Z2 ) )
    (setq S H)
)
; if C>=Z2 and C<=Z1...
(if ( and (>= C Z2 ) (<= C Z3 ) )
    (Progn
        ( Delta C Z2 Z3 )
        (setq S ( Retorno H ))
    )
)

```

```

(setq R (+ R0 S))
(setq Px ( + C1 ( * R ( Sin c ) )))
(setq Py ( + C2 ( * R ( Cos c ) )))

```

```

(Command "Pline"
(List Px Py))

```

```

(setq C (+ C I1))
(setq Valor (+ Valor 1))

```

)

```

(defun ciclo ()
    (Graphscr)
    (Setvar "cmdecho" 0 )
    (Setvar "blipmode" 0 )
    (repeat (fix veces)
        (CAL1))

    (Command "Pline"

```

```
"c1")  
(Command "Zoom"
```

```
"E")  
(Command "Zoom"  
"0.75x")  
(Command "Pedit"  
"L"  
"F"  
"X" )
```

```
)
```

```
(defun C:LEVA ()  
  ( datos )  
  ( ciclo )  
)
```

Apéndice B (Programa en Control Numérico)

Programa de Fresado en Control Numérico

***** Programa Principal *****

**** %586 ****

Tomando como referencia el centro del tocho, posicionando al primer punto del perfil:

X=0.1333 Y=1.0785

***** Subrutina de Maquinado Perfil *****

*** L586 ***

Avance en el eje Z de 0.040 pulg.

Maquinando en sentido de las manecillas del reloj:

Punto X	Punto Y	Radio
0.3928	-0.1586	1.2013
0.2648	-0.2104	1.5461
0.1835	-0.2085	1.8632
0.1377	-0.2301	1.1830
0.0707	-0.2694	0.8449
-0.3430	-0.7327	0.8066
-0.2197	-0.1252	2.2685
-0.2513	-0.1337	9.4565
-0.3986	-0.1268	1.2924
-0.5039	0.0656	0.9510
-0.4054	0.3518	0.89
-0.1576	0.5017	1.1281
0.0444	0.5093	1.4816
0.239	0.4713	1.1255
0.4538	0.2793	0.9550
0.4928	0.0154	1.0491

*** Programa %586

N005 G17 G70 G91 G40 D1 G57 G60
N010 G00 X0.1333 Y1.0875 G94 F800
N015 L586 P30
N020 G01 X0 Z0.75
N025 M05
N030 G53 G00 X0 Y0
N035 M02

*** Subrutina L586

N005 G17 G70 G91 G40 G57 G60
N010 G94 F800
N015 M03
N020 G01 X 0 Z-0.020
N025 G02 X 0.3928 Y-0.1586 U 1.2013
N030 G02 X 0.2648 Y-0.2104 U 1.5461
N035 G02 X 0.1835 Y-0.2085 U 1.8632
N040 G02 X 0.1377 Y-0.2301 U 1.1830
N045 G02 X 0.0707 Y-0.2694 U 0.8449
N050 G02 X-0.3430 Y-0.7327 U 0.8066
N055 G02 X-0.2197 Y-0.1252 U 2.2685
N060 G02 X-0.2513 Y-0.1337 U 9.4565
N065 G02 X-0.3986 Y-0.1268 U 1.2924
N070 G02 X-0.5039 Y 0.0656 U 0.9510
N075 G02 X-0.4054 Y 0.3518 U 0.89
N080 G02 X-0.1576 Y 0.5017 U 1.1281
N085 G02 X 0.0444 Y 0.5093 U 1.4816
N090 G02 X 0.239 Y 0.4713 U 1.1255
N095 G02 X 0.4538 Y 0.2793 U 0.9550
N100 G02 X 0.4928 Y 0.0154 U 1.0491
N105 M17

BIBLIOGRAFIA

Yvon Gardan and Michael Lucas, **Interactive Graphics in CadP**, Unipub ,New York, 1984.

Springer - Verlag, **Computer Aided Design , Fundamentals and System Architectures**, Berlin Heiderberg New York Tokio, 1983.

Y.C. Pao, **Elements of Computer-Aided Design and Manufacturing**, John Wiley & Sons, 1984.

Michael F. Hordeski, **CAD/CAM Techniques**, Prentice Hall, 1984.

Fan Y. Chen, **Mechanics and Desing of Cam Mechanisms**, Pergamon Press, 1982.

Shigley Joseph Eduard, John Joseph Vicker, **Teoría de Máquinas y Mecanismos**,Mc Graw Hill, 1983

D. Raker and H. Rice, **Inside AutoCAD, The complete AutoCAD guide**, Fifth Edition,1989.

E. Lee Kennedy, **CAD Dibujo, Diseno, Gestión de Datos**, G. Gili.

C. H. Jensen, **Dibujo y Diseno de Ingeniería** McGraw Hill

Warren J. Luzadder, **Fundamentos de Dibujo en Ingeniería, para diseño, desarrollo del producto y control numérico, C.E.C.S.A.**

Nelson Johnson, **AutoCAD: Manual de Referencia, McGraw Hill.**

Roger S. Pressman & John E. Williams, **Numerical Control and Computer Aided Manufacturing, John Wiley & Sons.**

Robert F. Steidel Jr. and Jerald M. Henderson, **The Graphic Language of Engineering, John Wiley & Sons.**

Autodesk Inc., **Autolisp Release 9, Programers Reference, Autodesk Inc.**