



Unidad de Industria
Regional Valle

INFORMADOR TECNICO

CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO CDT-ASTIN

Servicio de Información y divulgación tecnológica

Nº 38 OCTUBRE - DICIEMBRE 1988

EDICION ESPECIAL 1.988

Mando de CNC

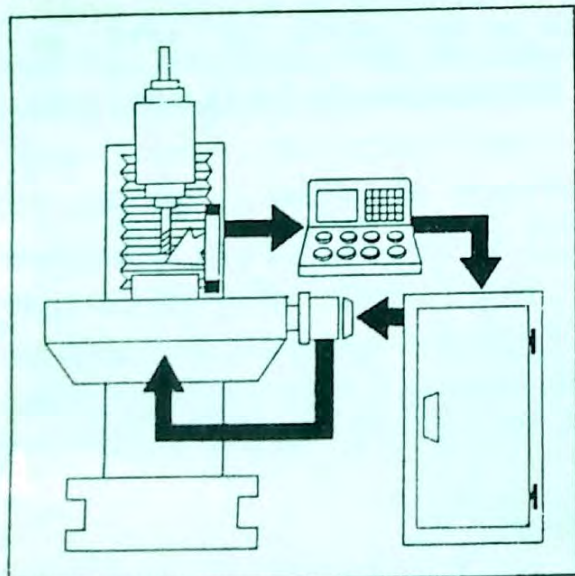
El mando compara las posiciones de la pieza por el sistema de medición del recorrido, con respecto a la herramienta (valores reales) con los valores nominales y las corrige.

Para ello se emiten señales al amplificador del accionamiento y desde éste al accionamiento regulable del avance.

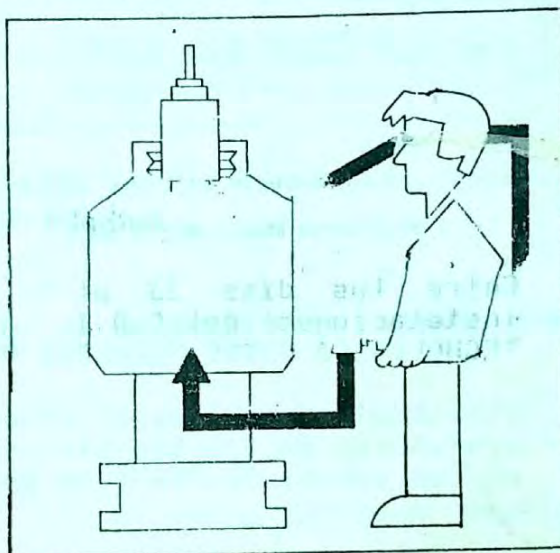
La máquina, el sistema de medición, el mando y el accionamiento del avance forman igualmente un circuito de regulación de la posición.

Al mismo tiempo, se controlan la velocidad del avance, la velocidad de giro del husillo y el refrigerante.

Según el tipo de mando pueden gobernarse uno o varios motores de accionamiento.



Mando por el hombre



El cerebro compara las posiciones de la pieza captadas por el ojo con respecto a la herramienta (valor real) con los valores nominales, las evalúa y las corrige.

Para ello da una orden a los músculos correspondientes.

La máquina, el ojo, el cerebro y la mano forman un circuito de regulación para la posición de la pieza (circuito de regulación de la posición).

Prácticamente sólo se puede gobernar un carro de la máquina.

Al mismo tiempo, se tienen que controlar la velocidad del avance, la velocidad de giro del husillo y el refrigerante.

INFORMADOR TECNICO

EDICION ESPECIAL 1988

No. 38 OCTUBRE - DICIEMBRE

Director :

Mariano Benavides C.

Editor :

Germán Cifuentes C.

Diagramador :

Alejandro Magyaroff C.

Impresión :

Publicaciones SENA Cali

A LOS LECTORES

Muchas gracias por la gran acogida que le han brindado a esta publicación que pretende divulgar entre la comunidad de Ingenieros, Técnicos e Investigadores, los nuevos conocimientos que en diferentes campos de la tecnología se presentan a diario.

A través de esta Edición Especial del INFORMADOR TECNICO, he querido brindarles en una sola entrega el Documento denominado "Los Sistemas Automáticos Programables S.A.P. Aplicados a las Máquinas de Producción", como respuesta a la preocupación e incertidumbre en la Industria Colombiana por las modificaciones y resultados que los S.A.P. puedan traer con respecto al mercado, capacidad humana y física existente.

Reciban los mejores deseos para el próximo año y unas felices pascuas.

MARIANO A. BENAVIDES C.
Superintendente SENA-ASTIN

JORNADA TECNOLÓGICA

Entre los días 23 al 25 de Noviembre de 1988, en las instalaciones del C.D.T. ASTIN, se realizó una "JORNADA TECNOLÓGICA SOBRE PROCESOS DE SOLDADURA".

El objetivo principal fué capacitar y actualizar a los profesores de los Institutos Técnicos Industriales del Valle en los nuevos Procesos de Soldadura.

SEMINARIO TECNICO

Entre el 24 de Octubre y el 11 de Noviembre de 1988 se realizó en el Centro Náutico Pesquero de Buenaventura un "SEMINARIO PARA CALIFICACION Y CERTIFICACION SOLDADORES POR ARCO ELECTRICO".

El objetivo principal fué establecer el nivel técnico y aptitud profesional en el campo de la soldadura de los operarios que desempeñan este oficio en diferentes empresas de Buenaventura.

Tanto la Jornada Tecnológica como el Seminario Técnico fueron coordinados por el Comité Regional de Soldadura del Occidente Colombiano conformado por UNIVALLE, SENA, C.D.T. ASTIN, FEDEMETAL.

62009

LOS SISTEMAS AUTOMATICOS PROGRAMABLES "S.A.P." APLICADOS A LAS MAQUINAS DE PRODUCCION

Por: ING. MARIANO ANTONIO BENAVIDES C.
Superintendente C.D.T. ASTIN

1. INTRODUCCION

Los cambios introducidos mundialmente en la fabricación de productos, a través de la aplicación de los S.A.P., han revolucionado por completo los conceptos de productividad, calidad y competitividad de los bienes en el mercado. Esto es posible cuando se tienen claramente definidos los mercados, métodos y equipos que intervienen en todo el proceso del desarrollo de productos y se posee la tecnología para desarrollarlos a un nivel mínimo de costos con relación al valor que el consumidor puede pagar.

Existe una gran preocupación e incertidumbre en nuestra industria por las modificaciones y resultados que los S.A.P. puedan traer con respecto al mercado, y a la capacidad humana y física existente. Esta situación puede explicarse por la ausencia de métodos investigativos susceptibles de sistematizar y que permitan orientar las funciones y procesos productivos hacia la obtención de productos competitivos. Si a esto le sumamos el desconocimiento tecnológico de los procesos,

los métodos productivos de fabricación, la organización, la administración de la producción, así como el concepto de la calidad total, no nos queda otra alternativa que permanecer como observadores del desarrollo tecnológico que otros países están logrando.

1.1 La diversidad de productos, la calidad y el grado de complejidad dependen de :

- a) Los recursos humanos y materiales disponibles.
- b) El grado de tecnología alcanzado por el realizador.
- c) El grado de satisfacción que quiera alcanzarse.
- d) La posibilidad y capacidad de compra del usuario.
- e) El grado de desarrollo de la sociedad que fabrica y la que consume.

La fabricación de un producto proveniente de un diseño nacional o extranjero, debe estar sujeta a un análisis previo que permita seleccionar las materias primas adecuadas, como también planear procesos productivos más

económicos y efectivos con los cuales se logre una fabricación económica y competitiva, acompañado de un registro tecnológico que con el tiempo da lugar a la creación de un Banco de Información Tecnológica, donde se encuentre el registro de todos los pasos, análisis, cálculos, dibujos, procesos y en general todos los elementos necesarios utilizados para la obtención del producto final.

1.2 ETAPAS QUE INTERVIENEN EN LA FABRICACION DE UN PRODUCTO

Las etapas por las cuales debe pasar un producto para su obtención, no es otra cosa que un conjunto de análisis, estudios, procedimientos, operaciones y pasos que conforman un paquete metodológico que sirva para obtener funcionalidad, eficiencia, calidad, seguridad y economía en la fabricación, obteniéndose como producto final el elemento o conjunto de elementos que integran un dispositivo, prototipo, máquina, etc.

Las etapas que componen todo un paquete metodológico utilizado en la fabricación de un producto, se pueden resumir en el esquema de la Fig. 1.1. y son :

1.2.1 Identificación de una necesidad.

- a. Necesidades de un producto nuevo.
- b. Necesidades del mejoramiento de un producto existente.

- c. Competencia de productos en el mercado.
- d. Análisis preliminares sobre costos generales (Precálculos).

1.2.2 Especificaciones y requisitos del producto.

- a. Análisis de sus aplicaciones y utilidad industrial.
- b. Aspectos físicos, químicos, forma, dimensiones, tolerancias, características de funcionamiento; acabados y manejo del producto.
- c. Factibilidad de fabricación.

1.2.3 Pre-diseño y dimensionamiento.

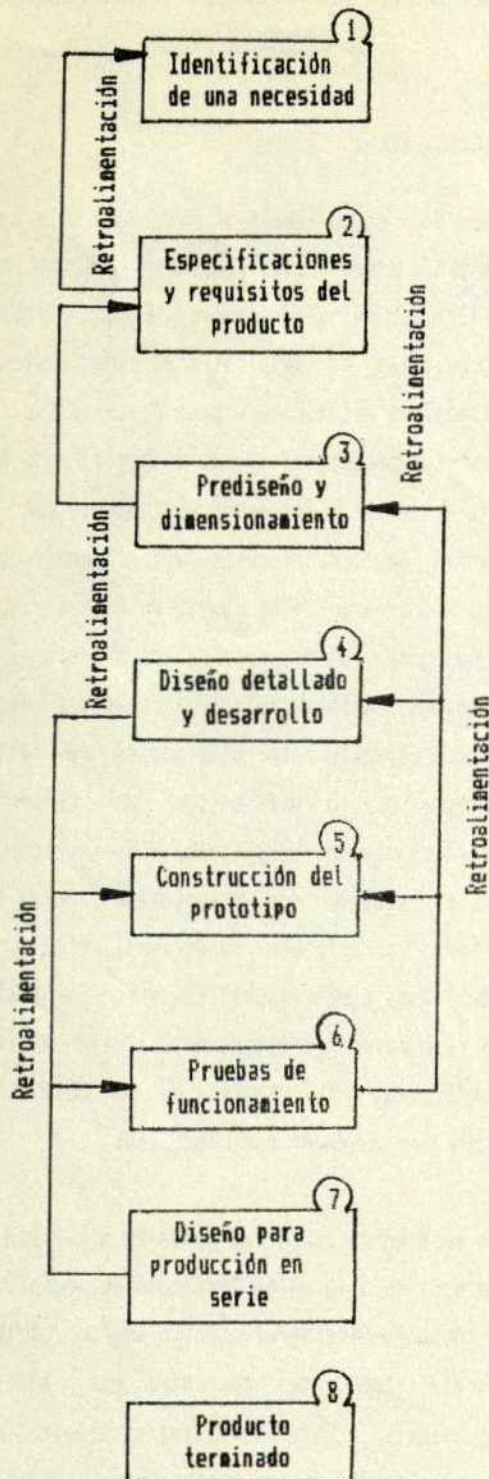
- a. Análisis de las condiciones de funcionamiento, esfuerzos, temperatura, ubicación, etc.
- b. Bosquejos a mano alzada.
- c. Pre-selección de materiales, según necesidades y existencias comerciales.

1.2.4 Diseño detallado y desarrollo.

- a. Dibujos de conjunto.
- b. Dibujo de despiece.
- c. Estudio y cálculos para validar el dimensionamiento y funcionamiento del producto.

1.2.5 Construcción del prototipo.

- a. Identificación de procesos a utilizar.
- b. Distribución de los procesos.
- c. Determinación de tiempos directos de



- ①
 - a. Necesidades de un nuevo producto.
 - b. Necesidades de mejoramiento de uno existente.
 - c. Competencia de productos en el mercado.
 - d. Análisis general de costos (Precálculos).
- ②
 - a. Análisis de aplicaciones y utilidad industrial.
 - b. Aspectos físicos, químicos, forma, dimensiones, tolerancias, características de funcionamiento, acabados y manejo del producto.
 - c. Factibilidad de fabricación.
- ③
 - a. Análisis de las condiciones de funcionamiento, esfuerzos, temperatura, ubicación, etc.
 - b. Bosquejos a mano alzada precálculos.
 - c. Preselección de materiales, según necesidades y existencias comerciales.
- ④
 - a. Dibujo en conjunto.
 - b. Dibujo de despiece _ Normalización.
 - c. Estudio o cálculos para validar dimensionamiento y funcionamiento.
 - d. Listado de materiales con toda su información.
- ⑤
 - a. Identificar procesos a utilizar.
 - b. Distribución de los procesos.
- ⑥
 - a. Ensayos de esfuerzos, desgaste, dureza para validar diseño y fabricación.
 - b. Reformas y construcción de piezas nuevas.
- ⑦
 - a. Análisis de cambios en diseño y fabricación.
 - b. Estudio de métodos de producción.
 - c. Diagramación y programación del trabajo.
 - d. Cálculo de los costos de fabricación.
 - e. Diseño y construcción de dispositivos para fabricar en serie, estandarización y costos.
- ⑧
 - a. Patentes y licencias.
 - b. Comercialización.
 - c. Factibilidad de fabricación.

FIG. 1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO

fabricación.

d. Pasos preliminares de estandarización.

1.2.6 Pruebas de funcionamiento.

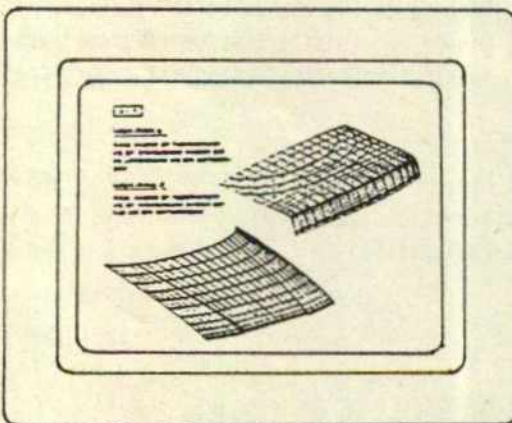
- a. Ensayos de esfuerzos, desgaste, dureza, comportamiento al calor, etc., para validar diseño y fabricación.
- b. Reformas y construcción de piezas nuevas.

1.2.7 Diseño para producción en serie.

- a. Análisis de cambios en diseño y fabricación.
- b. Estudio de métodos de producción.
- c. Diagramación y programación del trabajo.
- d. Diseño y construcción de dispositivos para la fabricación en serie. Estandarización.
- e. Cálculo de los costos de fabricación.

1.2.8 Producto terminado.

- a. Patentes y licencias.
- b. Comercialización.



2. APLICACIONES DEL COMPUTADOR EN EL DISEÑO DE NUEVOS PRODUCTOS

2.1 Introducción

Desde hace mucho tiempo el hombre ha intentado construir dispositivos y máquinas que realicen el trabajo automáticamente. En las máquinas herramientas se desarrollaron los sistemas automáticos mecánicos, a base de levas y otros elementos mecánicos, cuyas desventajas se han manifestado en forma mucho más notoria con el invento de otros procesos automáticos, dado que los tiempos en el cambio de herramientas, la sujeción, el desgaste de los elementos, la limitación en la variedad de procesos, hacen menos flexible la utilización de estos sistemas; la utilización de elementos mecánicos automáticos tiende a desaparecer y en el momento son reemplazados por los sistemas hidráulicos, neumáticos, electrohidráulicos, electroneumáticos y por los sistemas combinados hidráulico-mecánico, neumático-electrónico, los cuales en la actualidad pueden ser mandados por computador.

Por encargo de la Fuerza Aérea de E.E.U.U. se comenzó en 1948 en el Instituto de Tecnología de Massachusetts el desarrollo de un sistema computarizado que comandara una máquina herramienta. Esta iniciativa se originó por la complejidad de las piezas de la industria aeronáutica, las cuales se podrían definir geométrica y matemáticamente, pero su fabricación resultaba muy complicada.

En 1957 se contó con la primera máquina herramienta con mando numérico, una Cincinnati Hydrotel con husillo vertical. En 1960 los fabricantes Alemanes presentaron su primera máquina herramienta de control numérico NC en la Feria de Hanover. El lenguaje utilizado para este tipo de programación se denomina A.P.T.

Con el desarrollo de los computadores (Fig. 2.1) se incrementó y se continúa incrementando la fabricación y utilización de las máquinas "Numéricamente Controladas" M.C.

En algunos países como E.E.U.U. y Alemania se estudió la alternativa de ampliar todavía más la utilización del computador a los campos del diseño y desarrollo de partes, piezas y máquinas, dando lugar a la creación de los lenguajes de máquina que podrían denominarse como extensión del APT, por ejemplo el EXAPT, TELEAPT, etc., los cuales pueden ser utilizados desde las primeras etapas de desarrollo de un producto.

Es así como la utilización del computador en el desarrollo y diseño de nuevos productos ha tenido una gran aceptación en la mayoría de los países fabricantes de Bienes de Capital. En Alemania Federal se tenían instaladas en 1985 más de 2400 sistemas de diseño y manufactura ayudados por computador, esperándose un incremento mucho mayor dadas las extraordinarias perspectivas en lo que respecta a las relaciones costos beneficio, así como las funciones costos Hardware. Fig. 2.1.

2.2 APLICACION INTEGRADA DEL COMPUTADOR

Como se dijo en la sección 1.3, las fases que componen la fabricación de un producto pueden integrarse a un sistema que en la actualidad se encuentra desarrollado dentro de un campo totalmente automatizado llamado "Manufactura Integrada por Computador" CIM -Fig. 2.2-, que cubre no sólo las actividades técnicas sino que también integra la parte administrativa como la planeación de la producción, rediseño, costos y aseguramiento de la calidad.

Es así como el diagrama de flujo de la Fig. 1.1 puede ser integrado y esquematizado como se muestra en la Fig. 2.3 donde se ilustra como el Sistema CIM maneja todas las fases del desarrollo del producto a través de subsistemas.

Es importante destacar que el CIM es muy amplio y probablemente sólo será aplicable totalmente a empresas con un amplio desarrollo tecnológico y económico, pero es necesario tener en cuenta que la gran parte de las empresas que en el momento manejan la ingeniería por computador, empezaron con el Sistema CAD/CAM y luego incursionaron al CAP y CAQ.

Es decir, en principio lo importante es lograr reducir los costos de diseño y fabricación para luego, poco a poco, ir integrando al sistema la planeación y el control de la calidad.

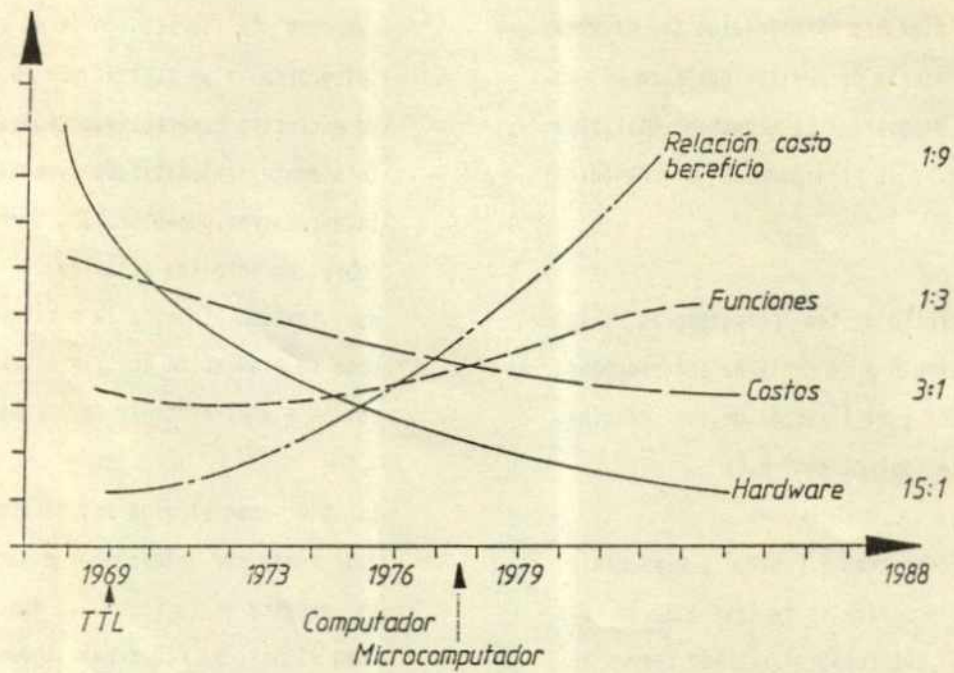
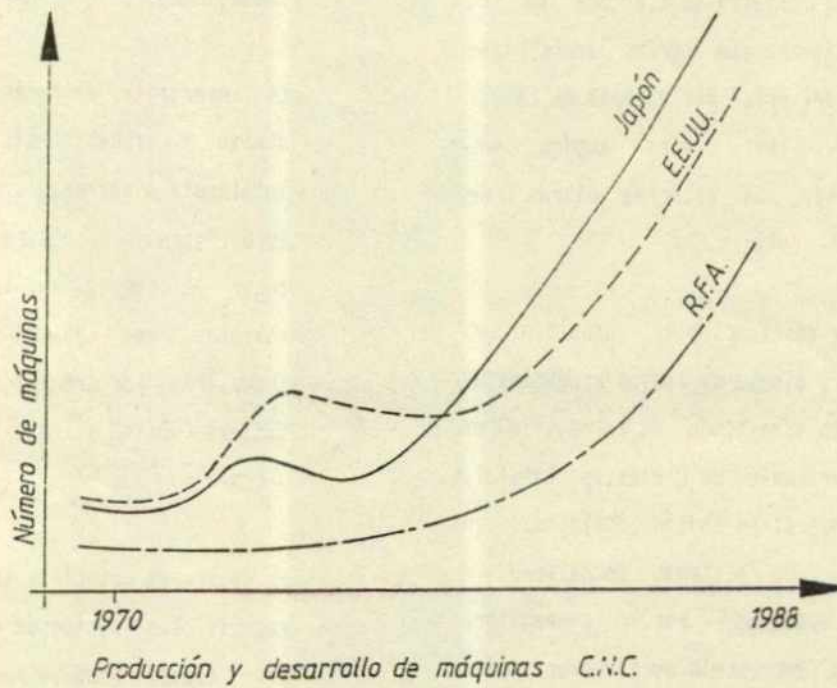


Fig. 2.1 Desarrollo del computador en el tiempo



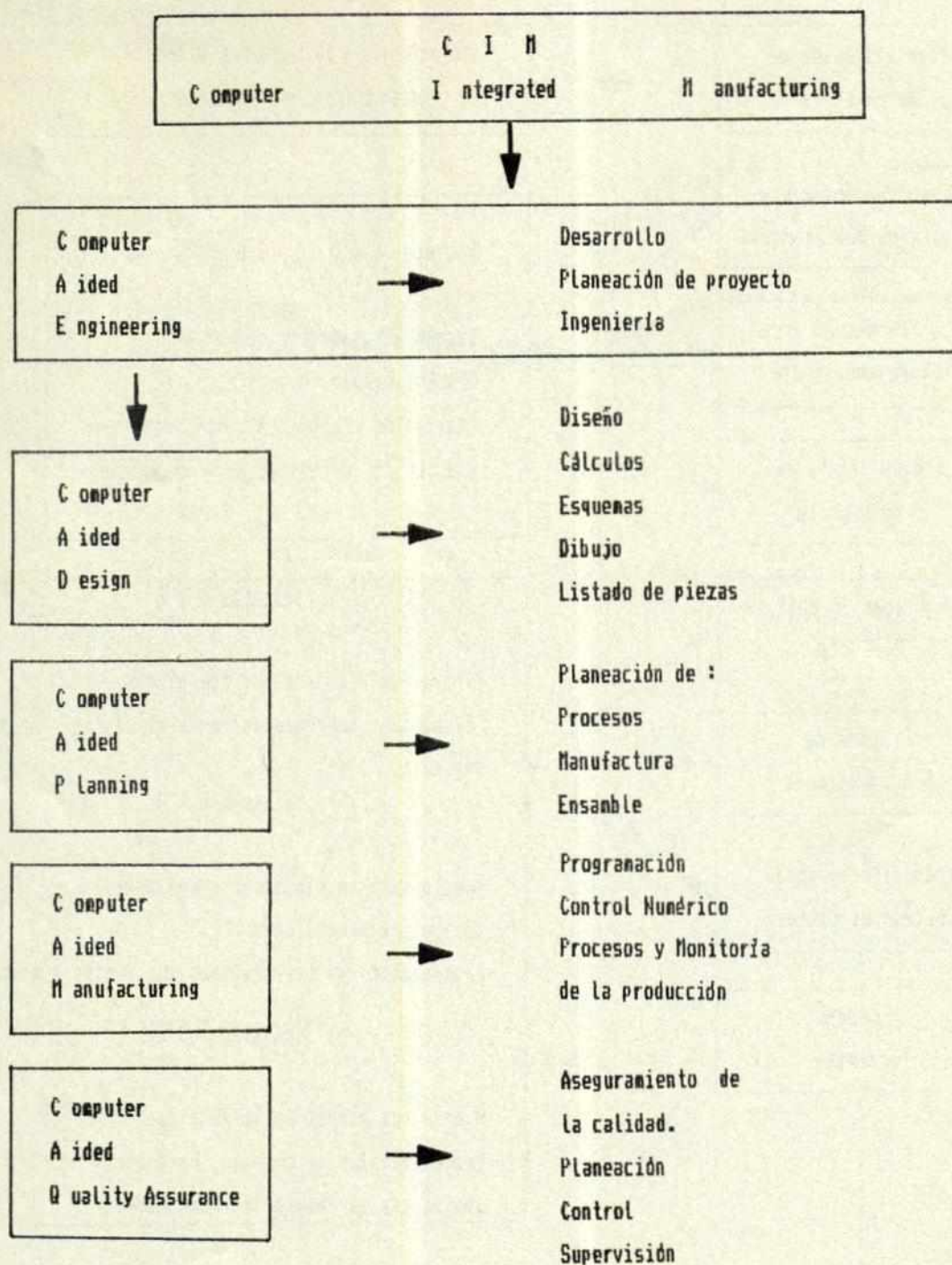
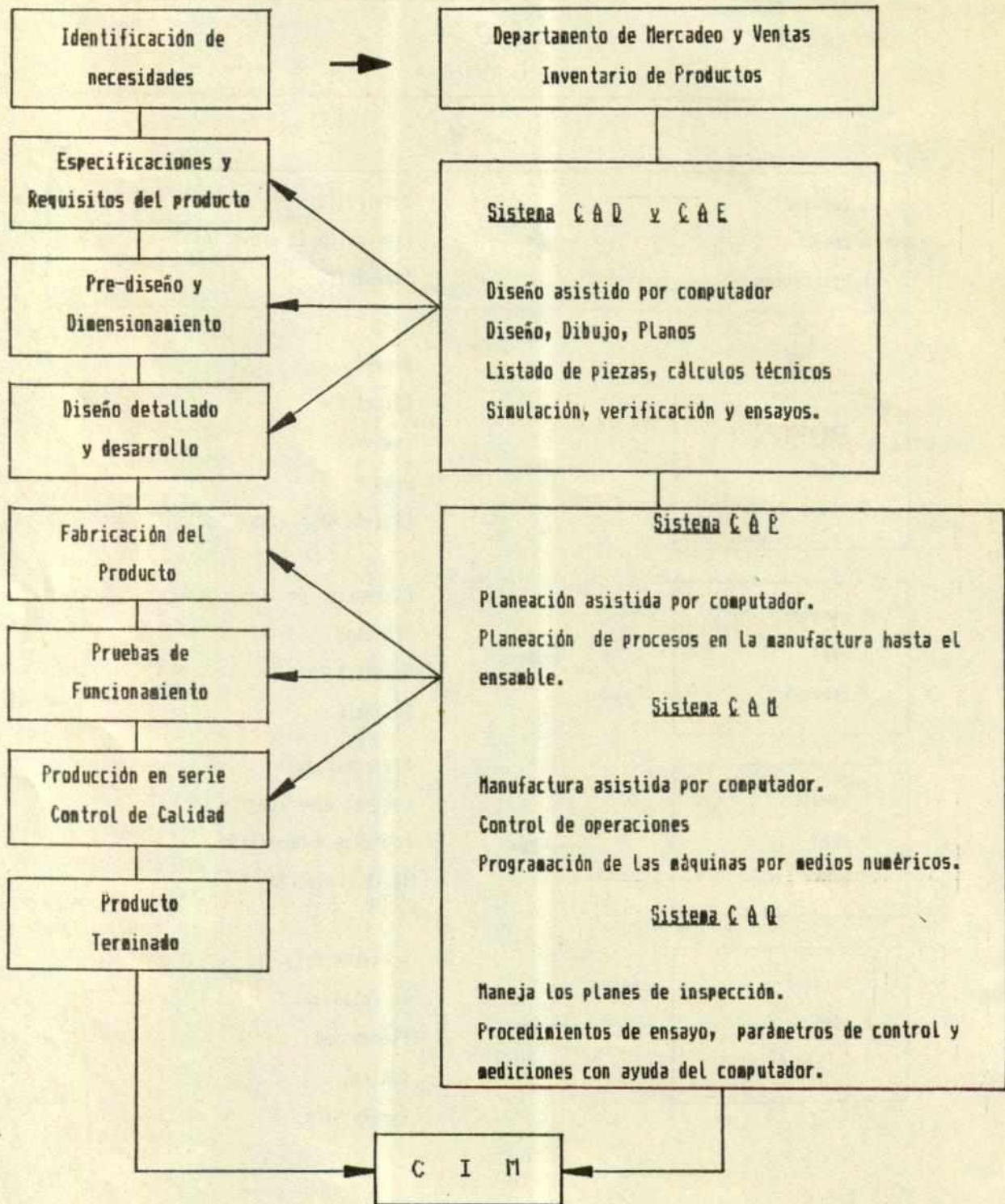


FIG. 2.2. APLICACION INTEGRADA DEL COMPUTADOR



2.3 Aplicación de los sistemas en el diseño de los productos

Como se dijo en la sección anterior el diseño ayudado por computador CAD tiene una gran aplicación en el desarrollo del producto, el cual es analizado desde sus especificaciones, diseño mecánico, eléctrico, diseño de herramientas y en fin todos los dibujos y cálculos técnicos que incluyen presupuesto de fabricación hasta el precio de venta del producto, como se muestra en la Fig. 2.4.

El sistema CAD tiene su mayor aplicación en la Ingeniería, pero el campo de acción más amplio está en el diseño mecánico (Fig. 2.5 y 2.6)

Con el sistema CAD se pueden diseñar las piezas bidimensional o tridimensionalmente; las dos dimensiones se usan para piezas sencillas, pero cuando se trata de piezas complejas y que requieren una mejor representación gráfica se pueden usar tres tipos de diagramas tridimensionales :

- Diagrama de Representaciones, el cual muestra en forma esquemática las piezas (Fig. 2.6 a).
- Diagrama de Superficie, el cual tiene gran utilidad en la programación del N.C. para mecanizar. (Fig. 2.6 b).
- Diagramas para modelos volumétricos, cuya representación da una mejor idea de la pieza, pero requiere una gran capacidad de la

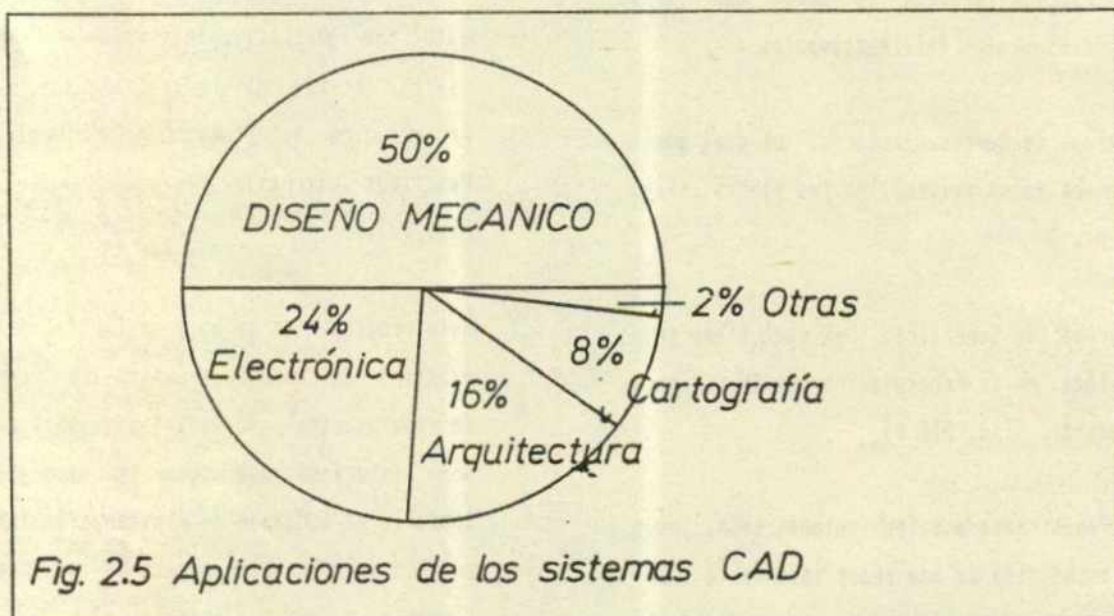
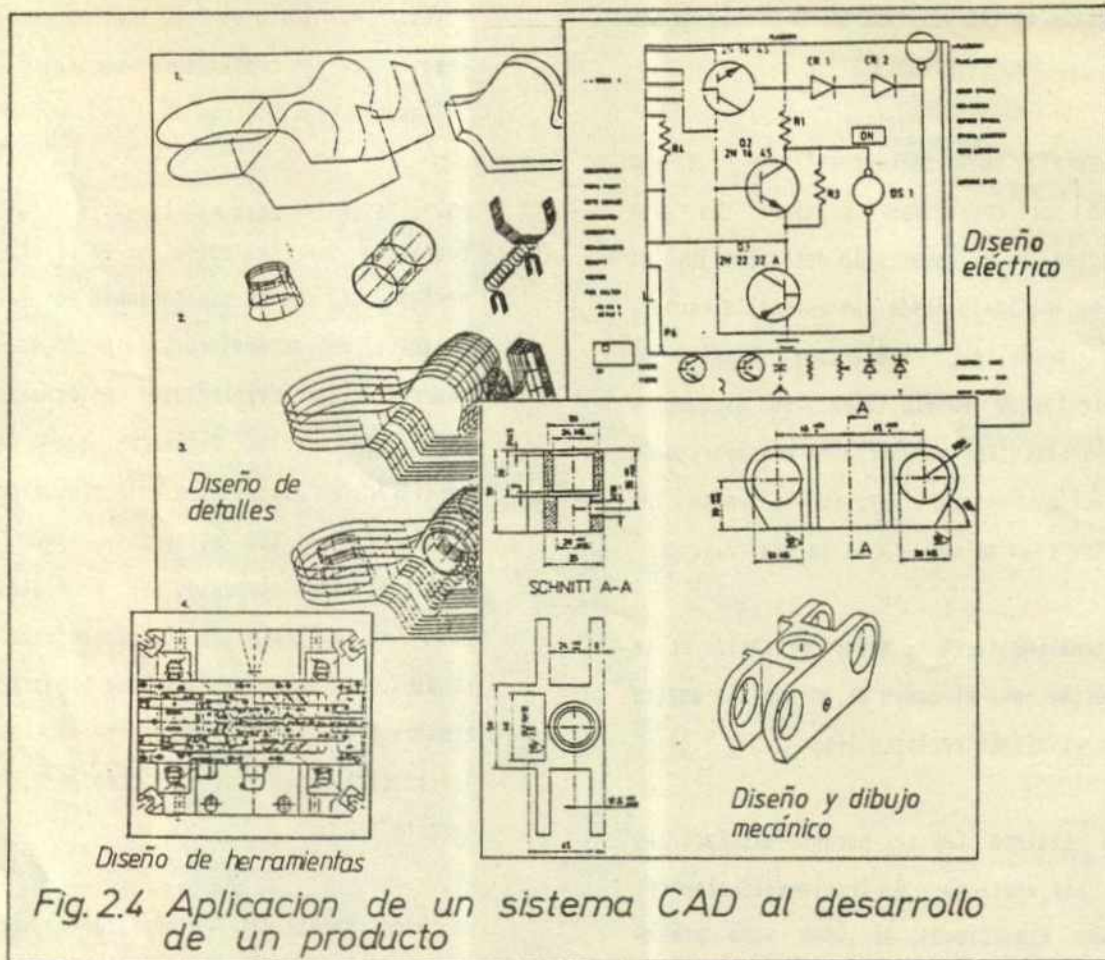
CPU, por tanto se debe usar en combinación con grandes computadores centrales (Mainframes). Fig. 2.6 c.

La gran importancia que tiene la graficación combinada con los cálculos en el CAD es la ventaja de lograr simulaciones en la misma pantalla del computador. Aquí se pueden observar los movimientos, deformaciones y todos los efectos dinámicos que permiten verificar el dimensionamiento proveniente del diseño contra los esfuerzos a que están sometidos los elementos del producto. Con esto se controla su funcionamiento bajo condiciones seguras, antes de llevarlo a la construcción definitiva, evitando así la fabricación del prototipo como se vió en la sección 1.3.

Un buen manejo del CAD permite una perfecta información que genera automáticamente los datos para el N.C con la respectiva simulación de los diferentes procesos y hacer también con esto una fabricación integrada de todas las piezas en las diferentes máquinas ; esta programación se llama D.N.C. (Distributive Numerical Control).

Fig. 2.7.

Esta programación se hace en la Oficina donde existirá un computador central con capacidad de programación para varias máquinas, mediante una interfase que será la encargada de traducir el lenguaje de programación inicial a un lenguaje numérico propio de cada máquina y llevarlo a cada uno de ellas. Fig. 2.7.



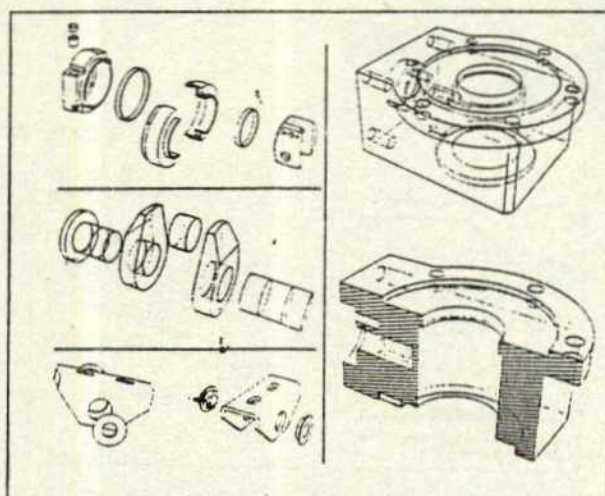
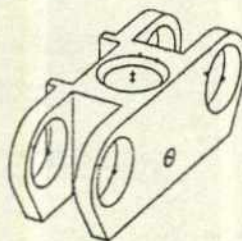
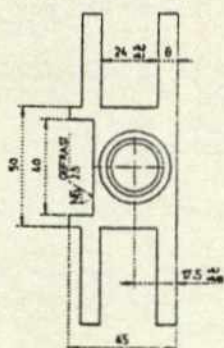
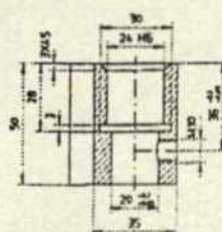


Fig.2.6 Diseño de piezas con sistema C.A.D.

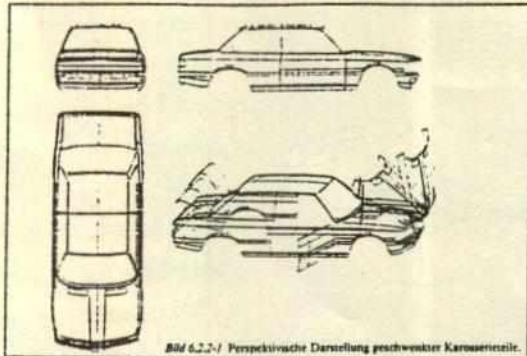


Bild 6.2.2-1 Perspektivische Darstellung geschwelter Karosserieteile.

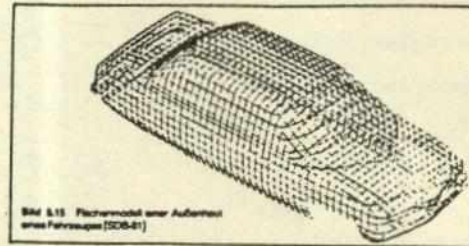


Bild 6.15 Flächenmodell einer Außenhaut eines Fahrzeuges (SCB-81)



Bild 7.3.3-6 Aufbereitung der Fahrzeugaußenhaut im mathematischen Modell (148)

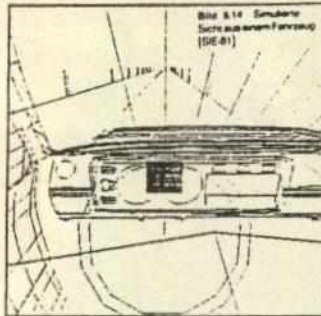


Bild 6.14 Simulierte Sicht aus einem Fahrzeug (DE-81)



Bild 7.3.3-12 Mathematisches Modell von Profiltflächen (146)



Bild 7.3.3-10 CAD-Unterstützung bei der Sichtumkehrung (146)

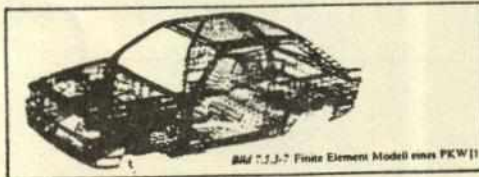


Bild 7.3.3-7 Finite Element Modell eines PKW (1)



Bild 7.3.3-5 Qualitätsprüfung des Flächenmodells (146)

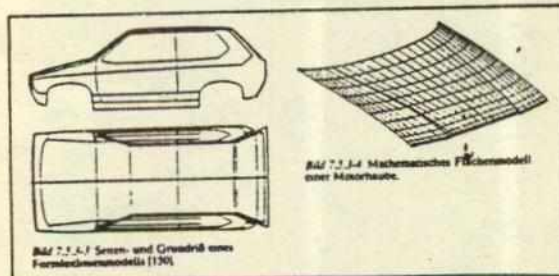


Bild 7.3.3-1 Seiten- und Grundriss eines Formteilmodells (130)

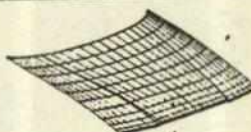


Bild 7.3.3-4 Mathematisches Flächenmodell einer Motorhaube.



Bild 7.3.3-13 NC-Bearbeitung von Profiltflächen (146)

Aplicación de CAD/CAM a la industria automotriz

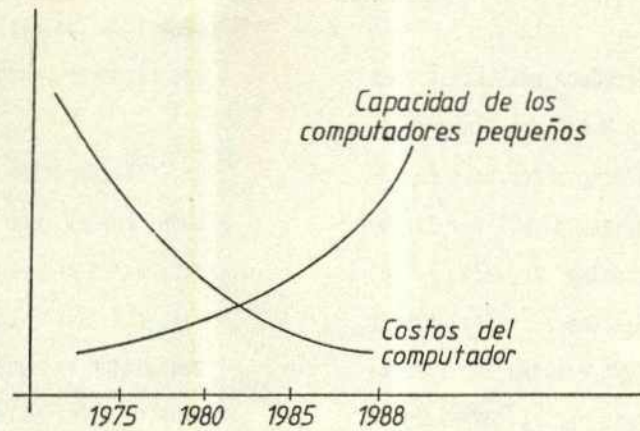


Fig. 2.8 Capacidad contra costo

APLICACION EN C.A.D.

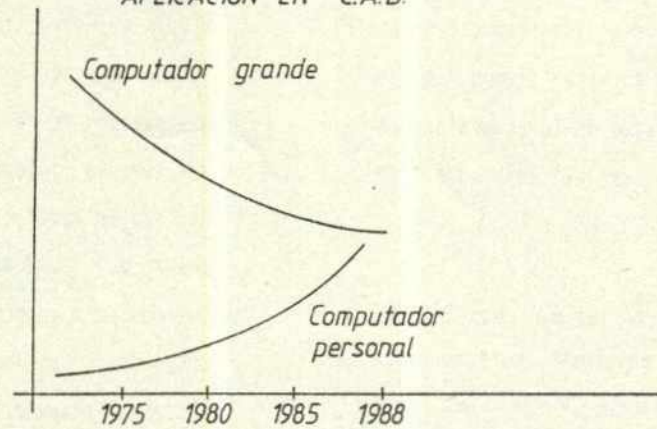


Fig. 2.9 Comparación en mercado

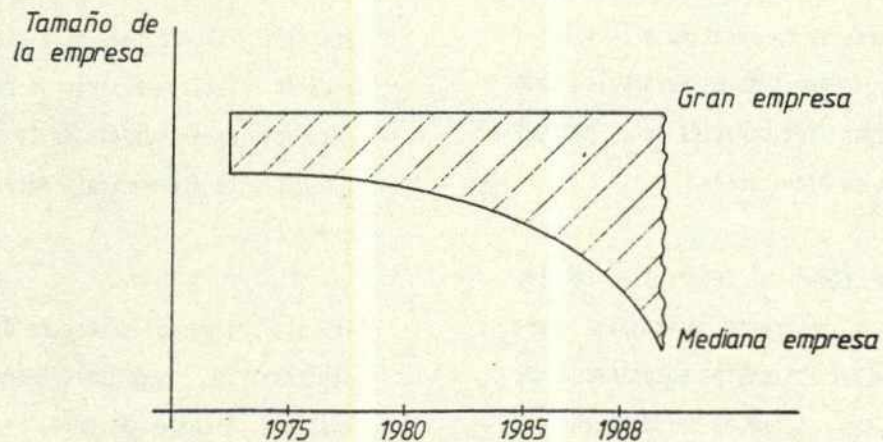


Fig. 2.10 Usuarios de los sistemas

2.4 Configuración. Características de un Sistema CAD/CAM para el Diseño de Productos

El primer computador diseñado en E.E.U.U. en 1946 EMIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) tenía un peso aproximado de 30 toneladas, estaba provisto de más de 17.000 tubos y tenía un consumo de 174 kw de potencia. Requería un sistema de refrigeración y aire acondicionado cuyo consumo de energía era superior al necesitado por el computador.

En los últimos doce años, el desarrollo de la microelectrónica ha permitido reducir los costos de fabricación al mismo tiempo que se ha aumentado la capacidad de los computadores (Figs. 2.8 y 2.9), y su velocidad de respuesta.

Hasta hace diez años, hablar de computadores aplicados a las máquinas herramientas, significaba la utilización de un gran computador central (Main Frames) (Fig. 2.9). Hoy día la participación en el mercado de estos computadores se ha reducido a la mitad; mientras que los computadores personales han logrado una mayor participación con precios admisibles para su adquisición.

Esta situación llevó al desarrollo de los Sistemas CAD a un costo asequible para pequeñas compañías, las cuales encontraron una apertura de sus procesos productivos y administrativos al campo de la computación sin incurrir en los grandes riesgos financieros que en el pasado se tenían con los sistemas

costosos antiguos. La Figura 2.10 muestra como los usuarios de los Sistemas CAD han aumentado su utilización hasta los niveles de las pequeñas y medianas compañías.

La configuración normal de un Sistema CAD de bajo costo, que puede ser utilizado en una mediana o pequeña compañía, se muestra en la Fig. 2.11. La mayoría se basan en el computador personal P.C.-A.T. de la IBM o en modelos compatibles.

Actualmente el uso de máquinas M.C. tiene un nivel de normalización que permite hacer una selección adecuada y compatible con las necesidades de la industria. Gradualmente se ha logrado integrar el Sistema C.A.D. al Sistema de Manufactura CAM, conociéndose en la actualidad como el Sistema Integrado CAD/CAM, los cuales a un costo aceptable permiten a las pequeñas y medianas compañías entrar a los sistemas computarizados en el desarrollo de sus productos.

Una vez implementado el Sistema CAD/CAM se podrán cubrir otros campos de la fabricación como el aseguramiento de la calidad con el C.A.Q., y la planeación y administración de la producción.

En las etapas de selección de los equipos o sistemas, es importante hacer un detallado análisis técnico de cómo, qué y cuándo se deben integrar todos los sistemas para evitar interconexiones o incompatibilidades entre los equipos, lo cual implicaría una inversión

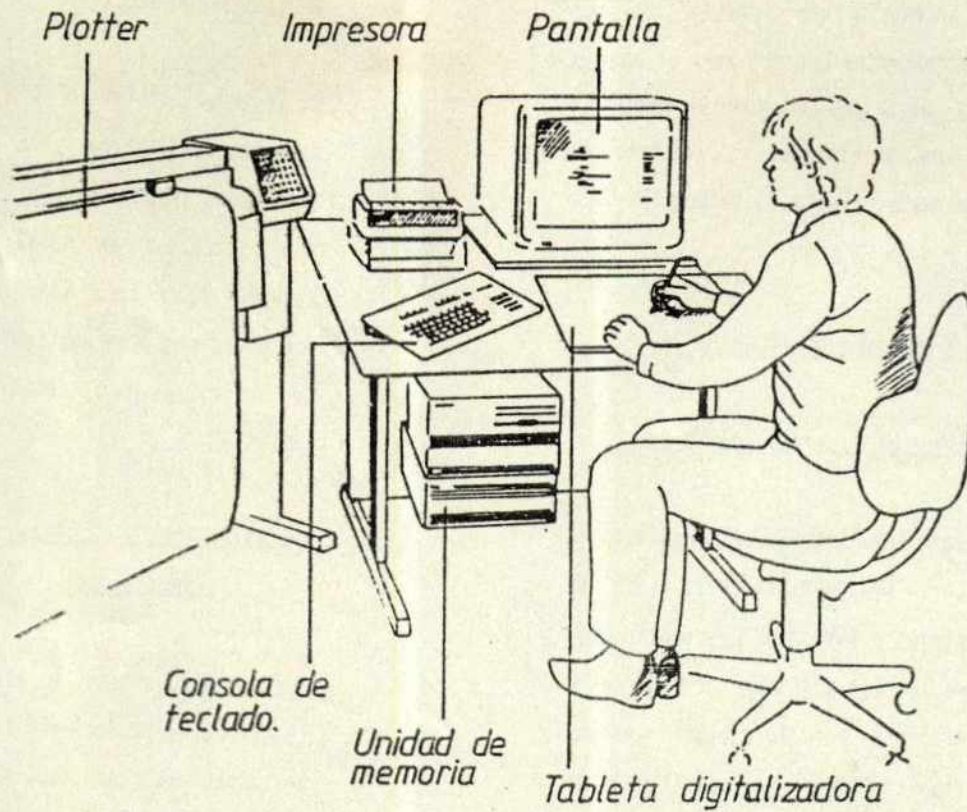


Fig. 2.11 Configuración de un sistema C.A.D.

Computador compuesto de:

- Unidad de Memoria
- Teclado
- Monitor o Pantallas
- Tableta digitalizadora
- Impresora
- Plotter
- Software

adicional. Se debe estudiar y solicitar la información necesaria que permita obtener interfaces y conceptos comunes para el manejo y estructura de datos, así como el manejo y desempeño de los computadores. Este tema se analizará con mayor detalle en la Sección 5.

3. PROGRAMACION Y SISTEMAS DE PROGRAMACION

3.1 Principios de Programación

Una vez identificado el producto a fabricar, mediante la realización de las etapas o fases del desarrollo Fig. 2.3, se procede a diseñar el programa o los programas para la ejecución de los procesos productivos que intervienen en la obtención del producto.

La programación en las máquinas herramientas es "EL MEDIO PARA LOGRAR LA AUTOMATIZACION DE SUS CICLOS PRODUCTIVOS".

3.2 Lenguaje de Programación en el N.C.

Una máquina herramienta necesita de un programa escrito en un lenguaje que la máquina entienda y que se denomina lenguaje de control numérico. Este lenguaje que a través de frases, letras y números, le ordena a la máquina los movimientos (Fig. 3.1) que tiene que realizar en forma automática, puede provenir de una programación manual o

computarizada como se explicará en la sección siguiente.

El lenguaje utilizado para el control numérico está normalizado según ISO y los significados generales para su interpretación se muestran en los esquemas 3.2 y 3.3. donde se describen tanto los símbolos utilizados, así como su aplicación en el mecanizado de las piezas.

3.3 Procedimientos y Sistemas de Programación

Como se dijo antes, la programación de los procesos productivos en las máquinas herramientas, puede realizarse en diferentes formas, dependiendo de los siguientes factores, como se muestra en la Fig. 3.4.

- a. Lugar donde se ejecuta la programación.
- b. Grado de automatización que se posee.
- c. Tipo de computador utilizado.
- d. Medios utilizados para programar.
- e. Medios utilizados para controlar.

Es muy importante anotar que gran parte de nuestra industria Colombiana, ya posee una amplia variedad de equipos de computación y que además, es necesario hacer un estudio antes de realizar la compra de las máquinas.

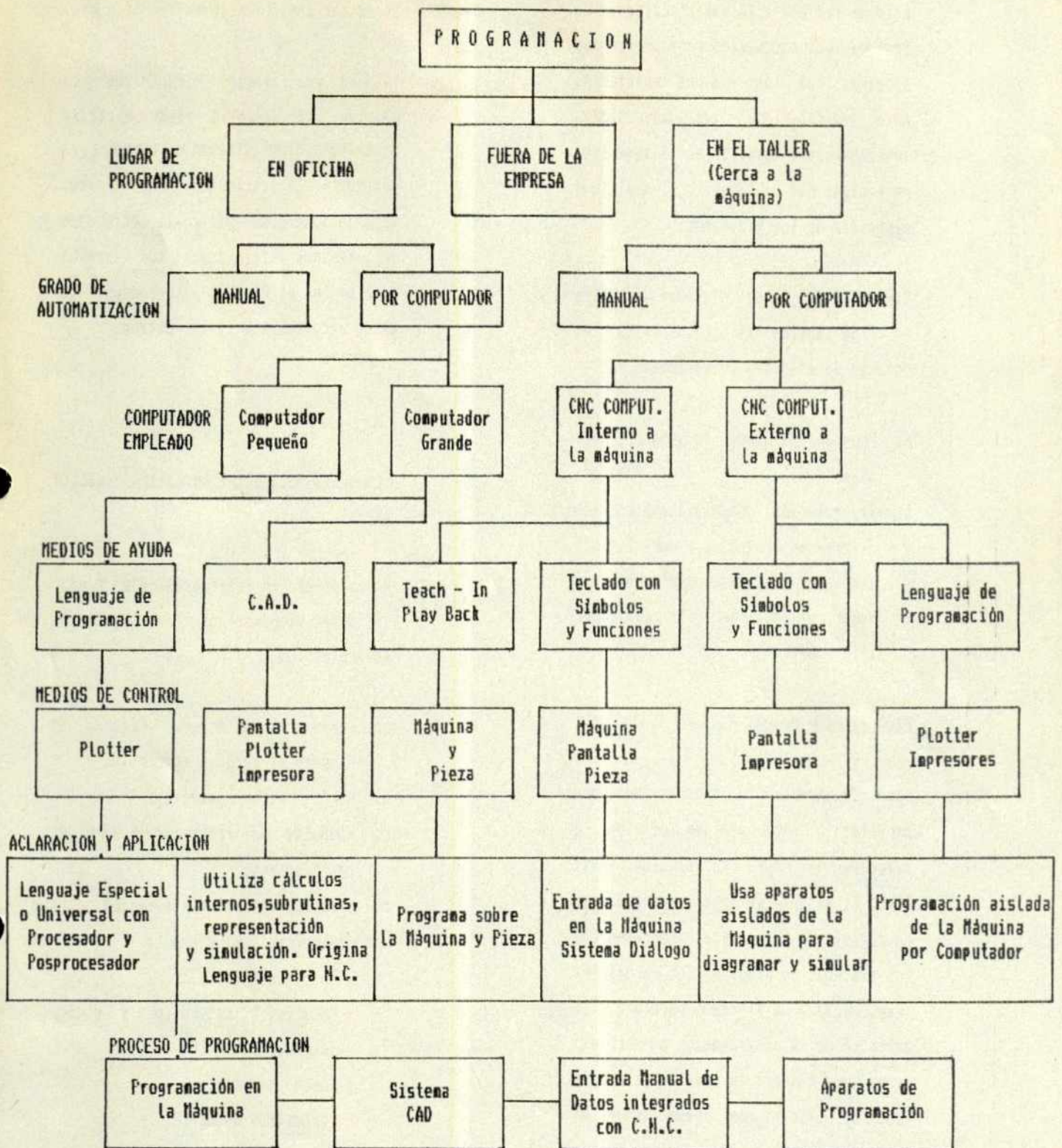


Fig. 3.4 SISTEMAS DE PROGRAMACION Y PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS

Esto se refiere a la compatibilidad de los equipos necesarios para operar las máquinas con los equipos existentes para evitar así las inversiones innecesarias o incurrir en la inversión de equipos que no tiene la flexibilidad necesaria de los programas.

Simplificando, los sistemas generales de programación utilizados para el comando de máquinas herramientas son :

- a. Programación manual en Lenguaje N.C. (Fig. 3.5).
- b. Programación computarizada en los diferentes lenguajes y que al final traducen a la máquina el Lenguaje Numérico (NC) que ésta entiende. (Fig 3.6).

3.4 Programación Manual

Como su nombre lo indica, se hace manualmente bien sea en oficina o directamente sobre la máquina (Fig. 3.4). El sistema de programación manual ha registrado importantes progresos con los sistemas de programación en oficina (Fig. 3.5) y el sistema paralelo. En ambos casos la programación se hace sin tener que detener la máquina. En el caso de oficina se puede tener un programador para varias máquinas (no se recomiendan más de cuatro máquinas por programador). Aquí se prepara toda la información que pasará posteriormente

al taller donde funcionan las máquinas.

En la programación directa en la máquina, el operario puede realizar programas simultáneamente cuando la máquina esté fabricando otras piezas, de esta manera se evitará la detención del equipo, minimizando los tiempos muertos en el proceso y lográndose un mayor aprovechamiento del equipo.

Elementos necesarios en la programación manual

Normalmente en la programación manual se debe disponer de los siguientes elementos :

- a. Kardex de los equipos (cuando se dispone de varias máquinas).
- b. Kardex de herramientas.
- c. Manuales de programación de O de las máquinas.
- d. Tabla de tecnología mecánica para seleccionar datos como :
 - Cálculos
 - Relaciones matemáticas y geométricas.
 - Formas geométricas.
 - Parámetros de corte.
 - Materiales de las herramientas y de trabajo.
- e. Calculadora manual o computadora auxiliar para cálculos de taller.

La Fig. 3.5 muestra un diagrama de Flujo que permite ver en forma simplificada la programación manual con sus respectivos insumos.

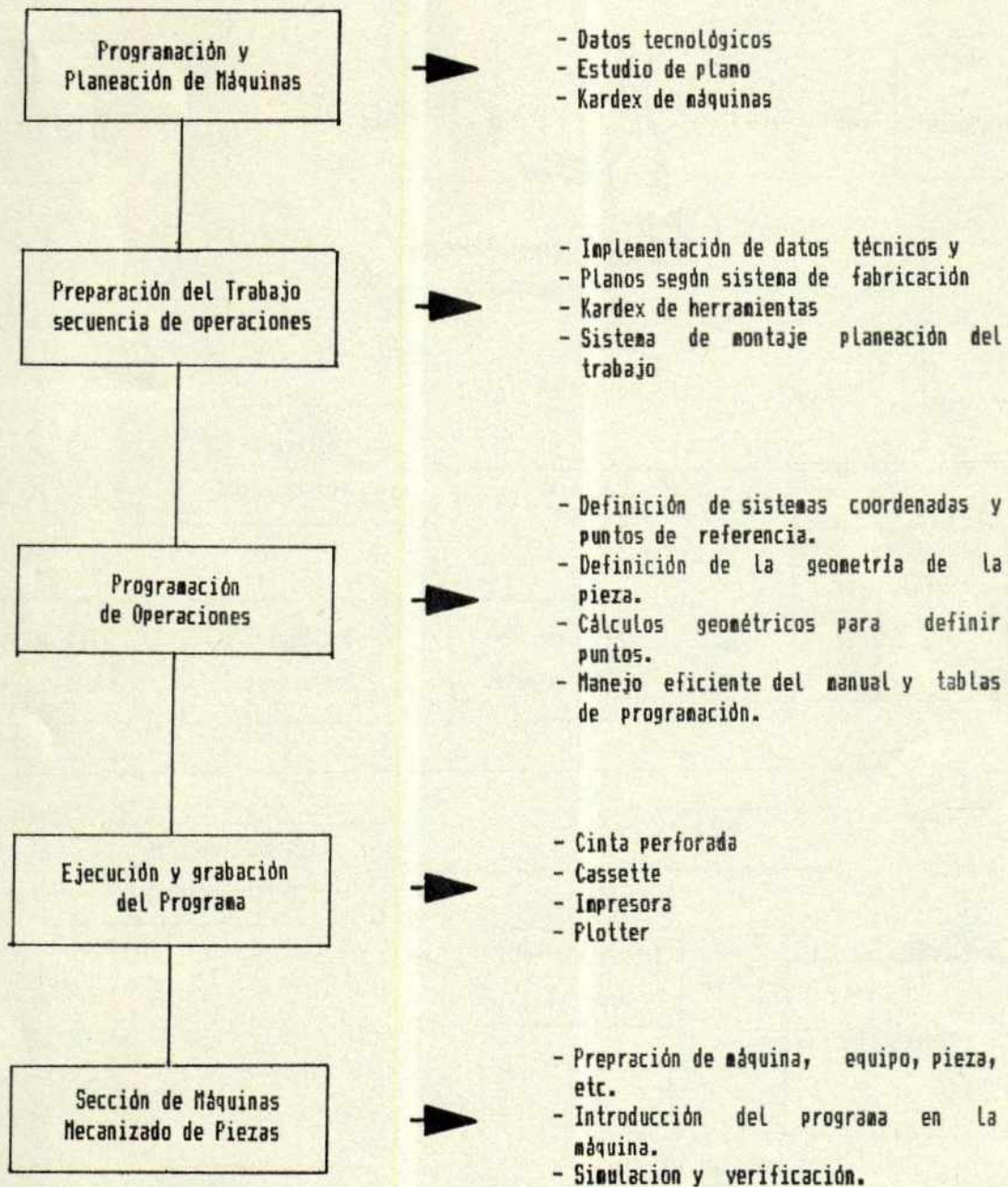
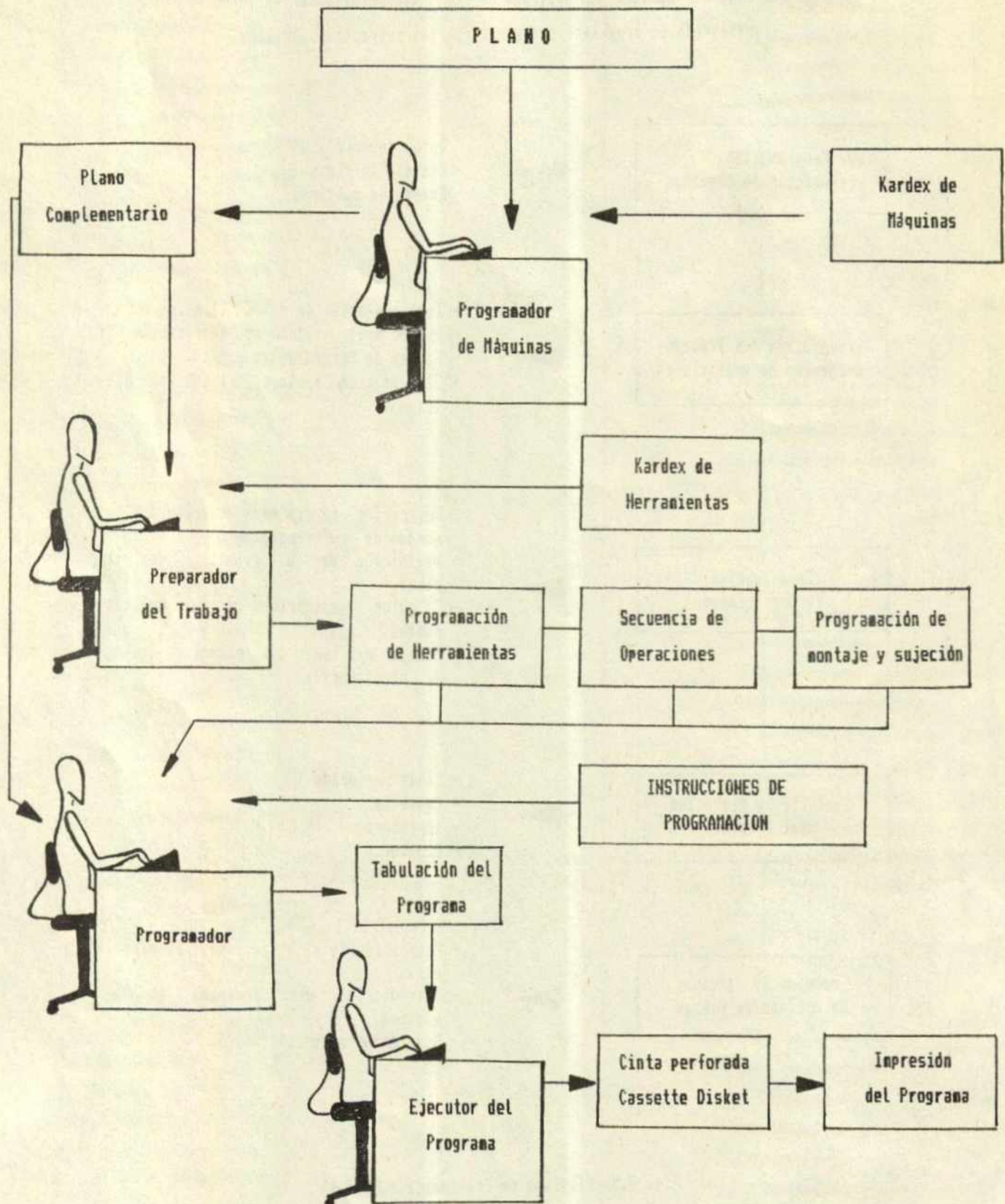
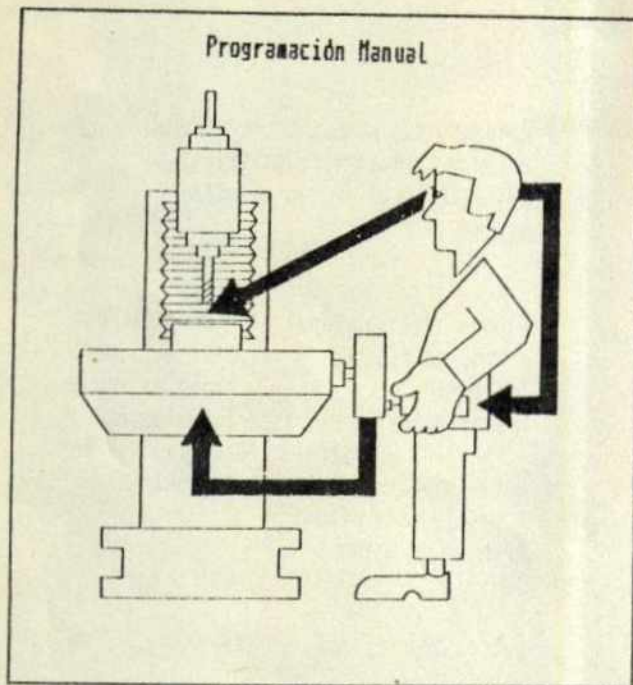


Fig. 3.5 Diagrama de Programación Manual

FIG. 3.6 PROGRAMACION MANUAL





3.5 Programación con Computador

Este tipo de programación, llamado también de "alto nivel", utiliza el computador como medio importante en la fabricación de piezas (Fig. 3.8) simplificando y minimizando tiempo y trabajo comparado con la programación realizada manualmente.

Los adelantos científicos en computación han logrado integrar (ver sección 2) el computador en las primeras fases del desarrollo de las piezas o del producto, (Ver Figuras 1.1, 2.2 y 2.3). De esta manera, mediante el sistema integrado CAD/CAM se logra desde la etapa del diseño obtener toda la información, parámetros y elementos necesarios que se requieren para llegar hasta la terminación de la pieza o conjunto de piezas.

Los elementos que normalmente debe tener un sistema de programación por computadora, son :

- Kardex de máquinas, herramientas y equipo.
- Equipo de cómputo, según la capacidad y sistema que la empresa disponga.
- Sistema de programación con sus respectivos programas, en lo que respecta a diseño y manufactura CAD/CAM o Sistema CIM, según la capacidad económica de la Empresa.
- Procesador y posprocesador para la traducción del lenguaje de programación al lenguaje de las máquinas herramientas.

Como se puede apreciar, los sistemas de programación incluyen toda la información necesaria integrada a las fases del desarrollo de la pieza o producto, teniendo en cuenta que para la programación de las máquinas herramientas por computador, no necesariamente se requiere todo el Sistema CAD/CAM o el CIM integrado, ya que estos sistemas son usados por empresas cuyo nivel económico y tecnológico lo exige y lo permite.

El esquema de la Figura 3.7 muestra en un diagrama de flujo, los pasos requeridos para programar la mecanización de una pieza con ayuda del computador.

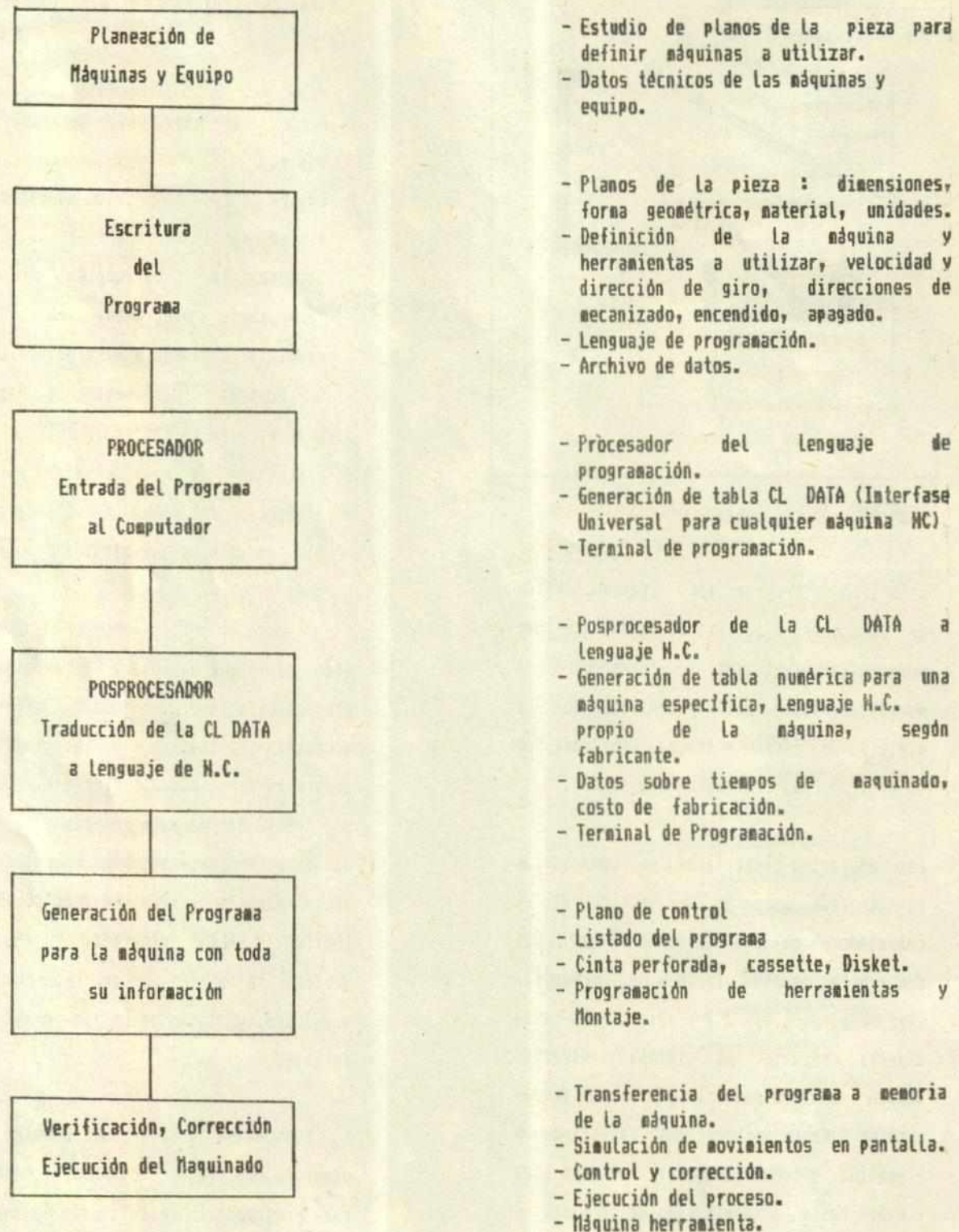


Fig. 3.7 Diagrama de Flujo para la programación con computador.

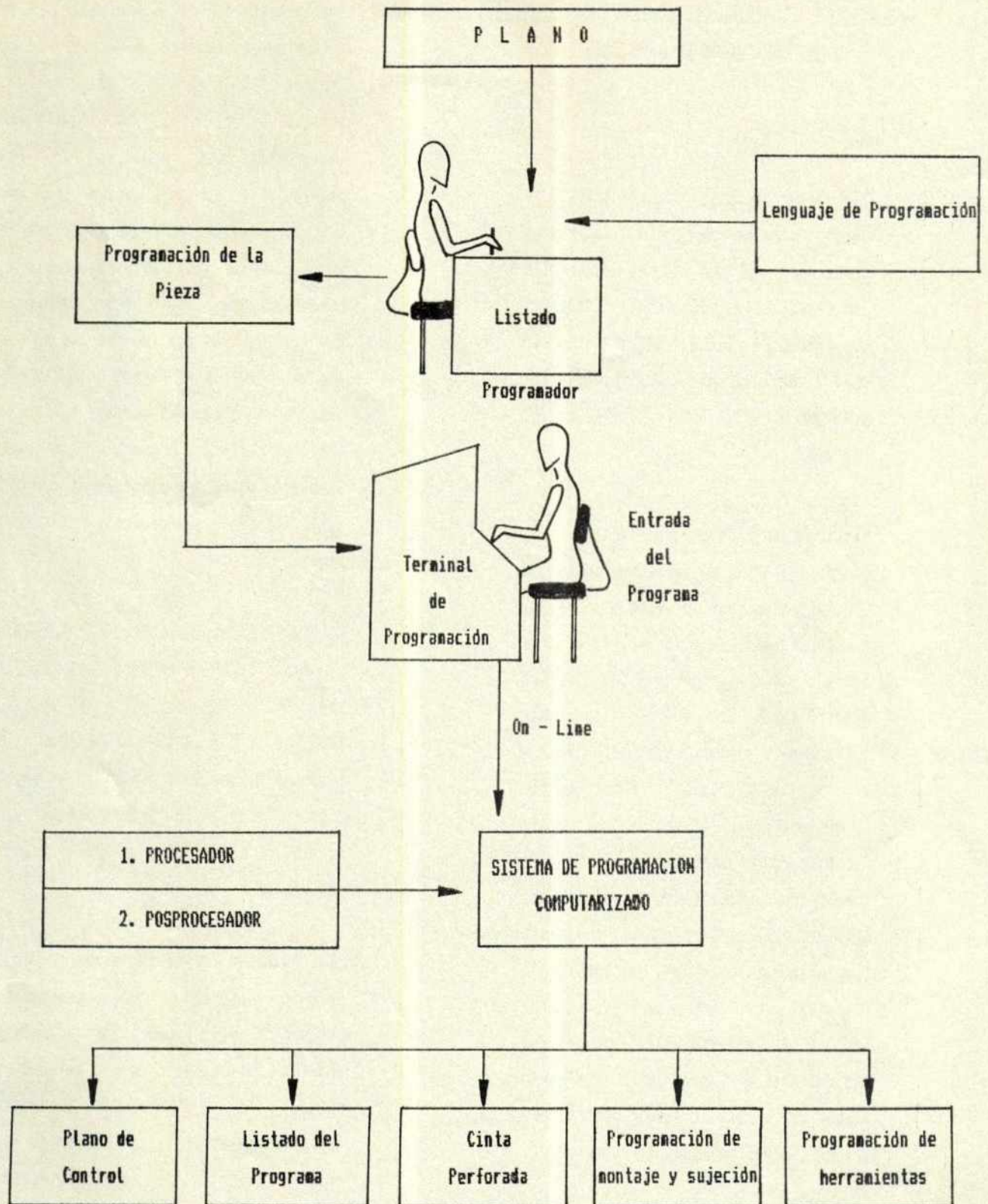


Fig. 3.8 PROGRAMACION POR COMPUTADOR

4. APLICACION ECONOMICA DEL CONTROL NUMERICO EN LA FABRICACION DE PRODUCTOS

4.1 Introducción

El factor decisivo que debe tenerse en cuenta para la fabricación de nuevos productos, y con él el desarrollo industrial de un país, es la "CAPACIDAD DE PRODUCIR PIEZAS Y MAQUINAS CON UN ALTO Y CONSTANTE NIVEL DE CALIDAD, ASI COMO UNA EFECTIVA COMPETITIVIDAD EN EL MERCADO".

Existe cierto temor en nuestro país cuando se habla de fabricar Bienes de Capital o nuevos productos, se ha creído siempre que dicha tarea es función exclusiva de los países desarrollados que por tradición han fabricado y siguen fabricando máquinas cada vez más complejas. Probablemente se desconoce la historia del desarrollo tecnológico de estos países, los cuales comenzaron fabricando herramientas simples, que sirvieron para construir las primeras máquinas, probablemente rústicas, pero que a su vez sirvieron para ir construyendo otras máquinas con mejoramiento del diseño y calidad hasta llegar hoy en día al manejo del diseño y fabricación con ayuda del computador.

Un porcentaje muy alto de los Bienes de Capital que el país necesita para su

funcionamiento es importado. Un porcentaje apreciable se obtiene por el Sistema "LLAVE EN MANO" sin que el usuario conozca la tecnología de fabricación del producto y por consiguiente no está en capacidad de fabricar piezas de recambio y mucho menos adaptar una máquina compleja. Esta situación es la causante de que la mayoría de nuestros fabricantes no se atrevan a construir nuevos productos y que por lo tanto destine sus equipos a fabricar piezas convencionales muy usadas en el país o simplemente prestar servicio de mantenimiento a otras empresas.

SI POR LO MENOS EN COLOMBIA SE INICIARA LA FABRICACION DE PIEZAS PARA SUPLIR IMPORTACIONES CON LA TECNOLOGIA, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD REQUERIDAS POR EL USUARIO, con toda seguridad en pocos años se estarán fabricando piezas más complejas y máquinas que antes debían importarse.

Las máquinas herramientas de control numérico ofrecen las condiciones necesarias para producir productos que cumplan las exigencias de calidad y precio, sin que el productor tenga que forzar su posición financiera dados los grandes adelantos de la microelectrónica aplicada al diseño y fabricación; lo cual permite mediante una adecuada

selección del equipo, producir piezas de buena calidad y precio competitivo.

4.2 Expectativas que se generan con el uso de M.C.

Toda la inversión que implique la introducción de nuevas tecnologías en los procesos de fabricación de una empresa, genera las siguientes incógnitas que a su vez se convierten en expectativas del productor :

- a. El nuevo sistema se adapta a la organización de la empresa?
- b. Se adapta a la gama de piezas que se fabrican?
- c. Se logra la rapidez y calidad que se requieren?
- d. Cuál sistema es más conveniente y económico?

Estos y otros interrogantes tienen su respuesta así :

Para a. No se puede lograr una lucratividad óptima simplemente reemplazando una máquina M.C. por una o varias máquinas convencionales, sino se tienen en cuenta los otros procesos que se manejan en la Empresa, así como las exigencias organizacionales, las cuales deben

adaptarse a los nuevos procesos tecnológicos.

Para b. En el momento de hacer la inversión se debe prever la gama o el espectro de piezas que la empresa fabrica, (Fig. Sección 5) y tener presente que otras piezas de tamaño y geometría complejas, ya no se podrán fabricar con la misma flexibilidad y probablemente no sea factible su fabricación en la máquina que se tiene previsto comprar.

Para c. Los tiempos empleados en la fabricación así como la calidad que resulte de ella, dependen de :

1. Calidad de la máquina.
2. Calidad y tipo de herramienta que se usa.
3. Dispositivos rápidos de recambio de las herramientas.
4. Adecuada utilización de parámetros de corte.
5. Programación óptima de la máquina.

Para d. Adquirir una máquina de menor costo, tratando de reducir los costos de inversión iniciales, no sería la mejor estrategia, así como tampoco comprar la

más costosa para lograr la mejor calidad y capacidad posibles. Debe primar el criterio técnico de selección en función de parámetros y necesidades de la empresa como se analizan en los numerales a, b y c. Se debe tener cuidado también con las "imitaciones" pues, si bien un Sistema M.C. puede dar excelentes resultados en una empresa, no significa esto que los mismos resultados se obtendrán para otra empresa, lo cual puede desacreditar el concepto real del M.C.

Para resumir se puede decir que "NO EXISTE UN SISTEMA OPTIMO DE CONTROL NUMERICO" que ofrezca todas las soluciones en todos los casos, por consiguiente el concepto básico que prima en la determinación económica de una producción por sistemas de control numérico es la FLEXIBILIDAD del equipo.

4.3 La flexibilidad de un Equipo M.C.

Los factores principales para determinar cuándo un equipo se utiliza eficiente y económicamente, se pueden resumir en el cuadro Fig. 4.1 :

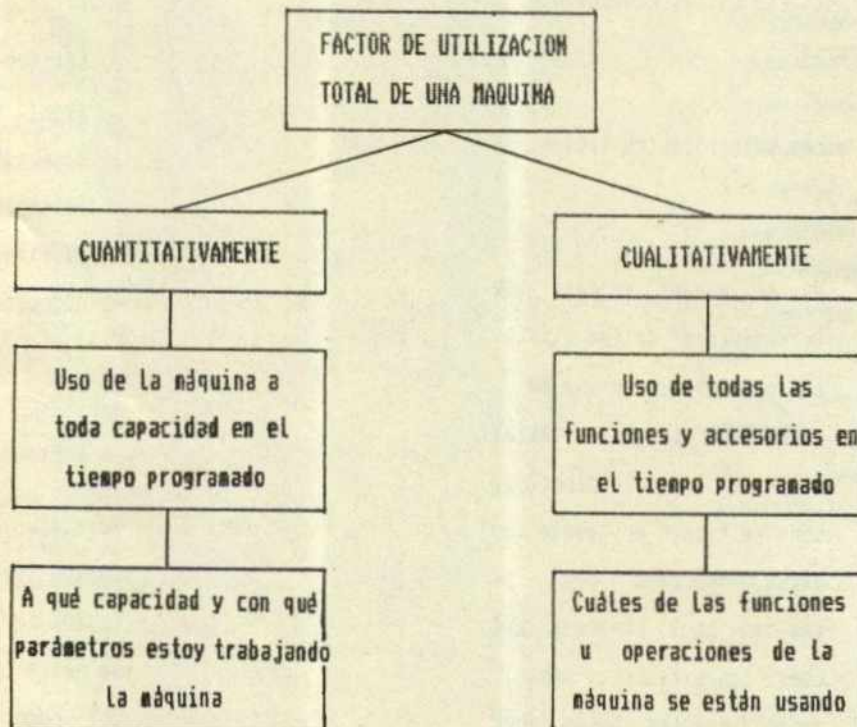


Fig. 4.1. Factor de utilización de una máquina

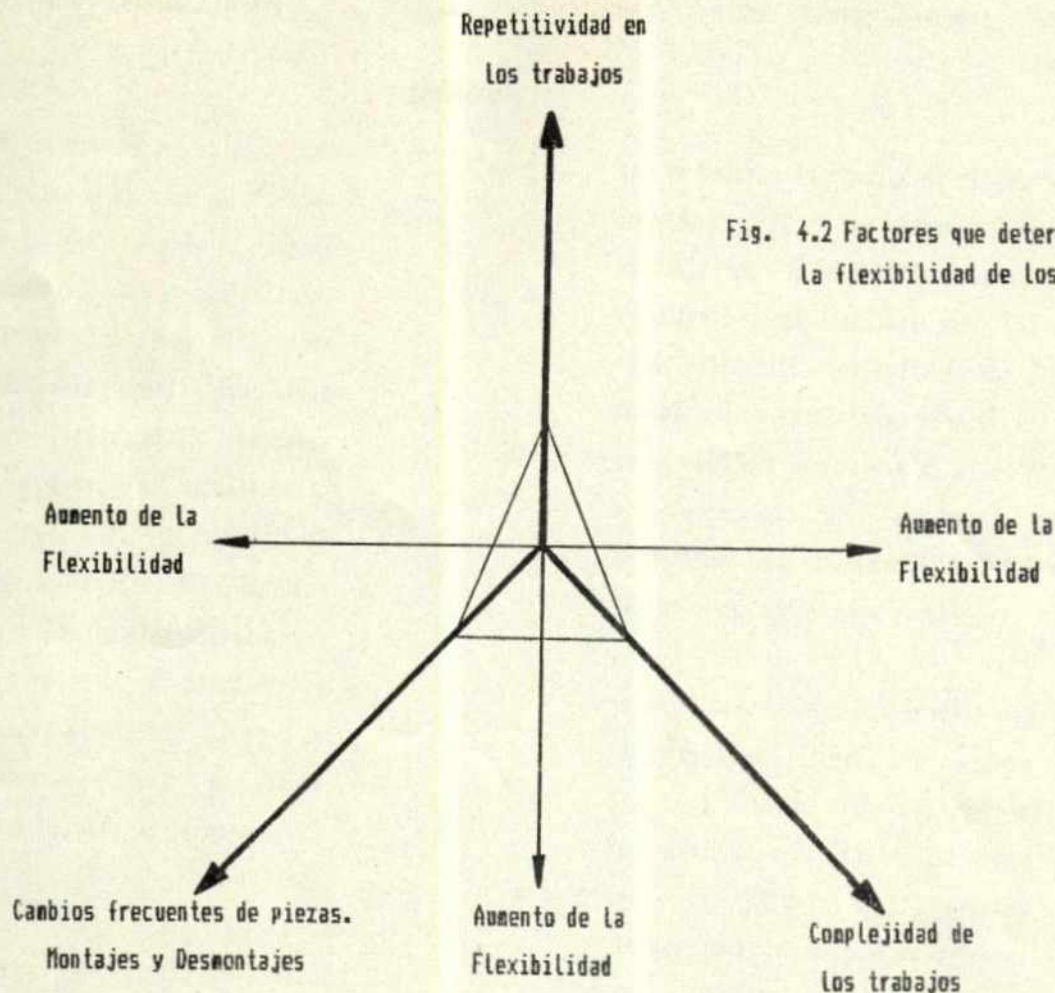


Fig. 4.2 Factores que determinan la flexibilidad de los equipos

Factores que influyen en la flexibilidad

La flexibilidad de un equipo se puede entender como la capacidad de una máquina para manejar la producción en lo que respecta a la repetitividad de piezas, capacidad de cambio en los dispositivos, capacidad de montaje de las piezas, etc. Los factores que determinan la flexibilidad de una máquina se pueden definir como :

a. Repetitividad en los trabajos a realizar.

b. Cambios frecuentes de las piezas en la máquina, montaje y desmontaje frecuentes.

c. Complejidad de los trabajos.

Estos tres factores (Fig. 4.2) determinan la flexibilidad que debe tener un equipo y por consiguiente orienta a el empresario en su inversión, o si ya se tienen los equipos, orienta al planeador de las máquinas para la planificación de los equipos, según sea el factor que prime en las piezas a fabricar. La Figura 4.2

muestra esquemáticamente estos tres factores.

Con el objeto de aclarar el esquema de la Figura 4.2 y puesto que es difícil obtener los factores cualitativos y cuantitativos al 100%, se analizan los siguientes ejemplos que servirán de orientación, bien sea a los futuros compradores de un sistema C.H.C o para un empresario que ya tenga montado el sistema y por consiguiente se convierte en información de importancia para el planeador y programador de máquinas:

4.3.1 Un empresario necesita fabricar piezas de material y geometría similares, es decir un sólo producto. Para esto requiere una máquina que cumpla con las condiciones máximas de rentabilidad. Se deben tener presente los siguientes criterios técnicos :

- a. La vida del producto en el mercado debe ser mayor o por lo menos constante con respecto a la vida técnica de la máquina, es decir la vida para la cual se programó.
- b. La máquina debe ser usada cualitativa y cuantitativamente al máximo.
- c. Puesto que es un sólo producto a fabricar, no se requieren muchas funciones en el equipo, por con-

siguiente demanda poca flexibilidad.

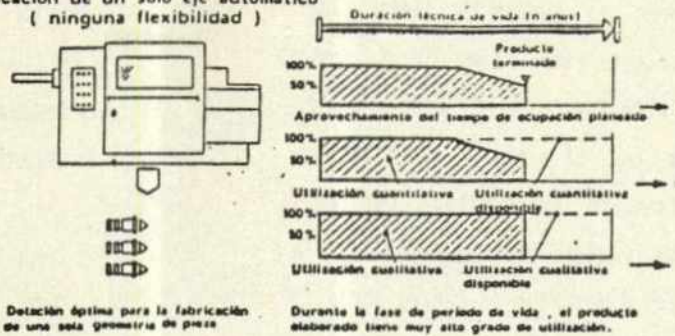
Por cualquier circunstancia, el producto no dura mucho en el mercado aunque la máquina fué aprovechada cuantitativa y cualitativamente en porcentaje apreciable (se usó gran parte del tiempo con el máximo de funciones disponibles); cuando se quiso adaptar la misma máquina a la fabricación de otro producto, se comprobó que a pesar de ser usada cuantitativamente al máximo, la poca flexibilidad que ofreció la máquina no permitió utilizarla cualitativamente al nivel esperado, por consiguiente no resultó rentable su utilización. Ver Fig. 4.3.

4.3.2 Utilizando los mismos criterios de selección, vistos en el Punto 4.3.1, otro empresario requiere una máquina para mecanizar flanches para frenos de vehículos, cuya vida en el mercado es constante.

Para este caso, puesto que las piezas tienen geometría relativamente compleja y deben ser terminadas en la máquina, se requiere un equipo con flexibilidad acorde totalmente a la geometría de la pieza, aunque algunas de las funciones tengan poco uso. Si por cualquier efecto se

Aplicación de un solo eje automático (ninguna flexibilidad)

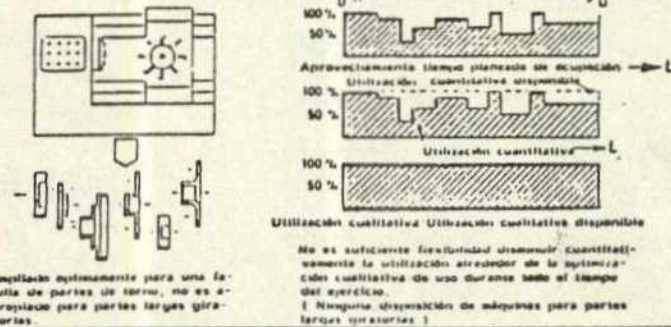
FIG. 4.3



	Utilización cualitativa y cuantitativa de la aplicación de un solo eje automático	101258-105
---	--	------------

Torno NC, con plato automático para cambio de herramientas.

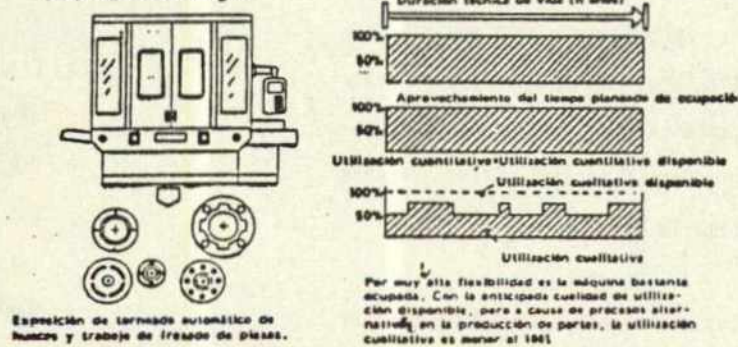
FIG. 4.4



	Utilización cualitativa y cuantitativa de un torno NC.	101259-105
---	---	------------

CNC -Centro de giro

FIG. 4.5



	Utilización cualitativa y cuantitativa de un centro de trabajo para torneado, fresado y perforado.	101260-105
---	---	------------

requieren fabricar piezas largas, la máquina no tendrá la flexibilidad suficiente para estas piezas, aunque esté flexiblemente bien equipada para los flanches y su grado de utilización sea óptimo. Por tanto si se requiere usar la máquina para piezas diferentes se deberá sacrificar la utilización cuantitativa de ésta. Ver Fig. 4.4.

4.3.3 En el tercer ejemplo de la Figura 4.5 se deben fabricar piezas cuya geometría implica la utilización de varios procesos : torneado, fresado y taladrado. usar varias máquinas para el terminado de las piezas, no sería la decisión más acertada. El empresario se decidió por un "Centro de Mecanizado" es decir un equipo que le desarrolle los tres procesos en la misma máquina. De esta manera se tiene asegurada la utilización cuantitativa, ya que en el mismo montaje se realizan los tres procesos, pero dado el caso que las tres operaciones no se pudieran ejecutar al mismo tiempo, la capacidad cualitativa de la máquina estaría siendo utilizada parcialmente.

Los ejemplos anteriores sirven para aclarar que no existen equipos máquinas con grados de utilización del 100% y se debe concebir el concepto de la FLEXIBILIDAD EN EL TIEMPO

que se define como la capacidad de una estructura para ser cambiada y ampliada.

4.4 Análisis de los tiempos de fabricación comparados con los sistemas computarizados

Para que los procesos de manufactura que intervienen en fabricación de productos sean rentables, se requiere de las máquinas los siguientes aspectos.

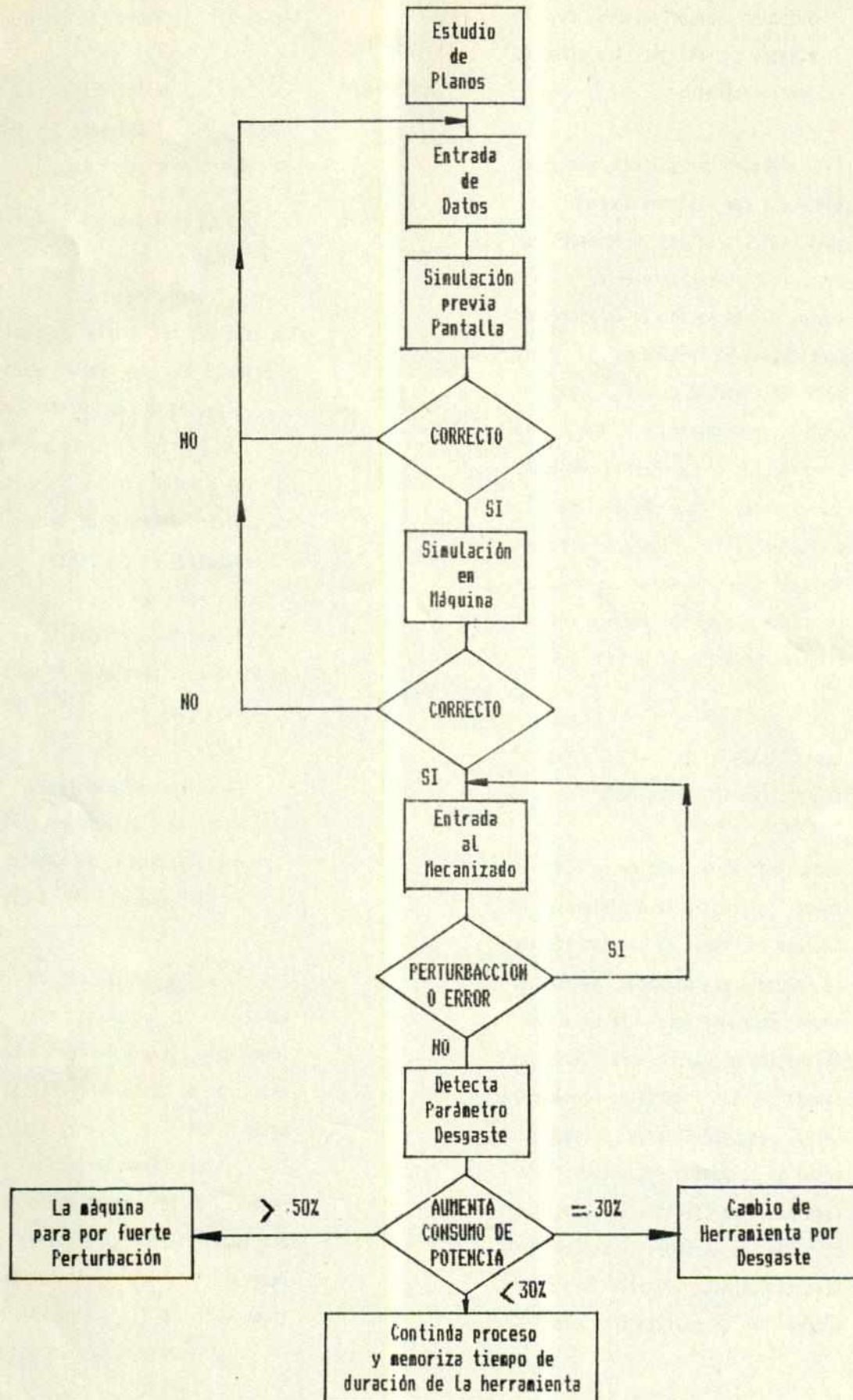
- a. Alto grado de disponibilidad.
- b. Minimización de los tiempos disponibles para la ejecución de las piezas.

4.4.1 Grado de Disponibilidad

Cuando un equipo no es utilizado racionalmente, pueden presentarse interrupciones o paros durante el proceso. Las causas pueden ser múltiples y se pueden resumir con los siguientes puntos :

- a. Planeación y programación deficiente de la máquina.
- b. Desconocimiento tecnológico de los parámetros de corte eficientes.
- c. Mantenimiento deficiente de los equipos.
- d. Equipo de programación incompleto que no permite subprogramas para

31
Fig. 4.6 Diagnóstico en línea para detectar perturbaciones en el proceso.



detectar perturbaciones en la máquina o cualquier otro error de funcionamiento.

Las máquinas herramientas modernas, equipadas con sistemas computarizados, satisfacen las necesidades de fabricación eficiente desde el momento en que se inicia la programación hasta el término de la pieza para entregar al almacén. Esto se hace paralelamente con la programación de la pieza, mediante sub-programas que hacen posible detectar perturbaciones o errores, lo cual puede llamarse "DIAGNOSTICO EN LINEA" como se muestra en el diagrama de flujo de la Fig. 4.6.

4.4.2 Minimización de los tiempos disponibles de fabricación

Analizando el esquema de la Fig. 4.7 donde se muestra la distribución de tiempos empleados en la fabricación de piezas en máquinas convencionales, se puede decir que esta clasificación es válida para C.M.C. en cuanto a los conceptos fundamentales, es decir en su definición, pero no se pueden establecer criterios fijos en cuanto a la distribución de los tiempos, dado que los sistemas C.M.C. varían según el grado de automatización que se

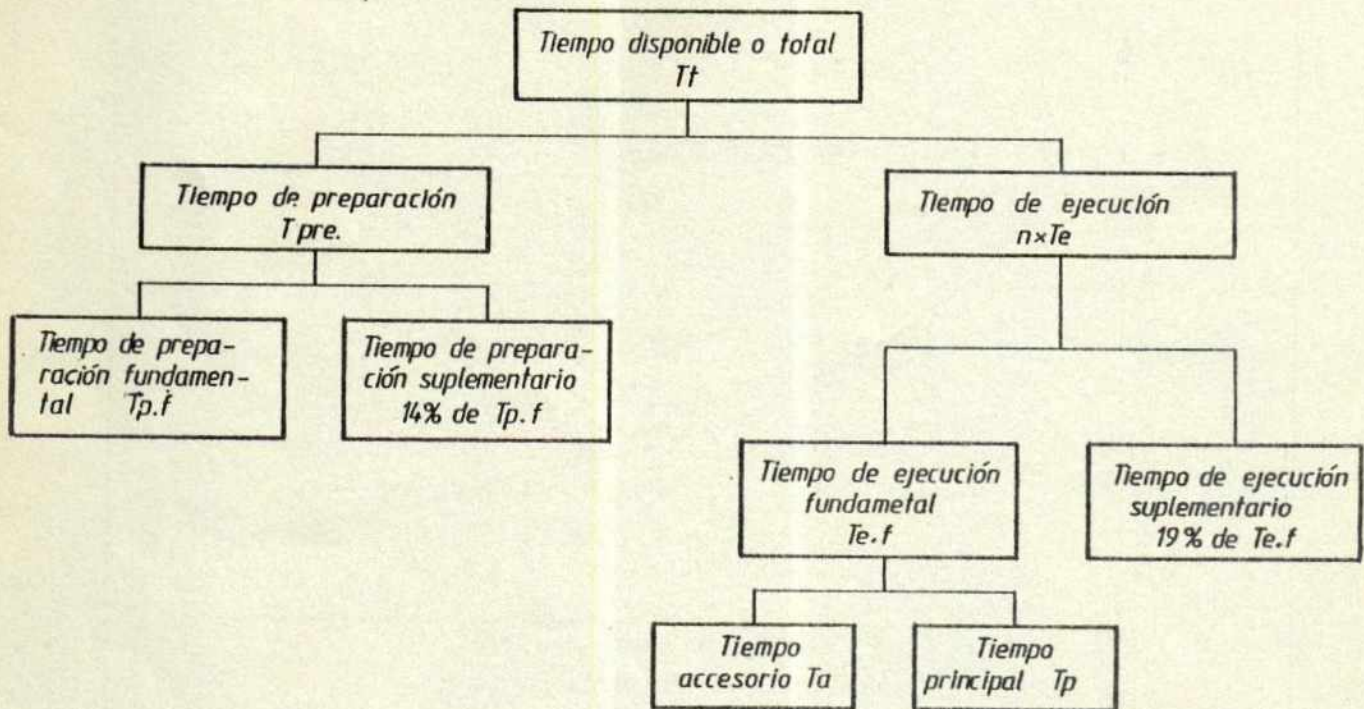
tenga para el manejo de los equipos.

Existen por tanto varios criterios técnicos para distribuir los tiempos en los procesos con C.M.C.

- a. Tipo de programación empleada :
 - Manual
 - Computarizada
- b. Sistemas disponibles de montaje y cambio para las herramientas :
 - Directamente en la máquina.
 - En puestos de trabajo fuera de la máquina (bancos de montaje).
- c. Sistemas disponibles de montaje y desmontaje de las piezas :
 - Alimentación manual.
 - Alimentación automática.
- d. Sistemas disponibles de verificación y control :
 - Medición manual
 - Medición computarizada.
- e. Sistema de simulación y control :
 - Directamente en la máquina.
 - En el computador de la oficina.

En terminos generales se puede decir que en todos los casos donde intervenga la mano del hombre, existirá un grado de incertidumbre mayor. Fig. 4.9. Por el contrario, los sistemas computarizados logran reducir y determinar en forma más precisa tiempos irregulares. (Ver diagrama de la distribución de tiempos Fig. 4.7).

DISTRIBUCION DE TIEMPOS EN LA FABRICACION DE PIEZAS



n = número de piezas

En los sistemas semi-automáticos los tiempos de preparación pueden llegar a ser tan elevados comparados con los de ejecución, que se requiere un número mínimo de piezas para que el proceso sea rentable. Fig. 4.8

4.4.3 La repetitividad y el grado de complejidad de las piezas a fabricar

Es necesario tener en cuenta que los factores de repetitividad en las piezas así como su grado de complejidad, influyen sustancialmen-

te en los tiempos de fabricación. Por ésta razón se hace cada vez más necesario planear y organizar la fabricación de tal manera que permita hacer una elección apropiada de los equipos.

Hasta 1.970 el campo de aplicación de las máquinas universales convencionales ocupaba un espacio importante como solución a la producción de gran variedad de piezas Fig. 4.10, aunque su utilización implicaba grandes costos de fabri-

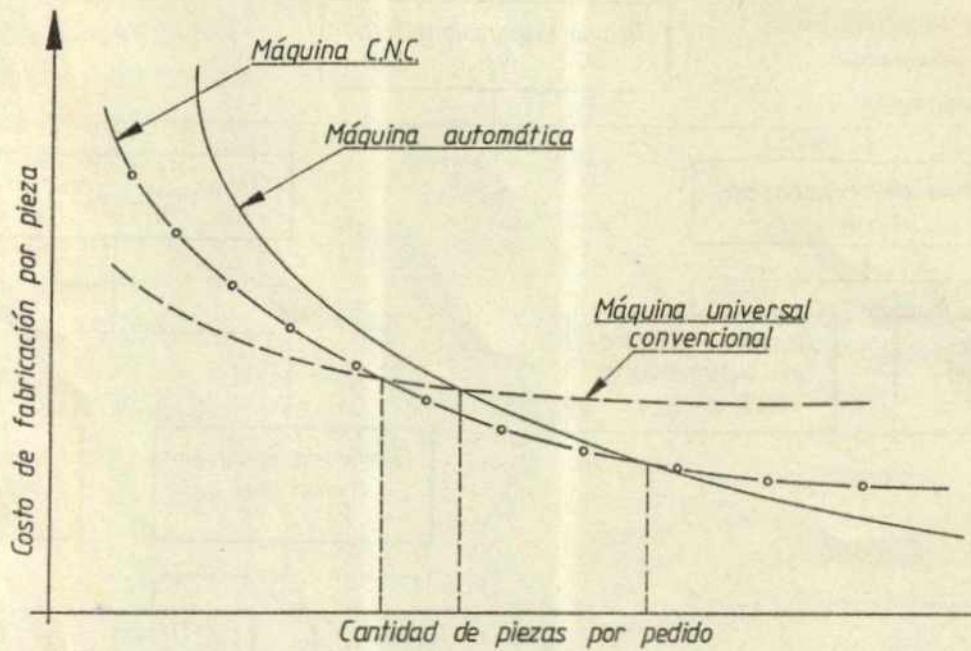


Fig. 4.8 Costos contra cantidad de piezas por pedido

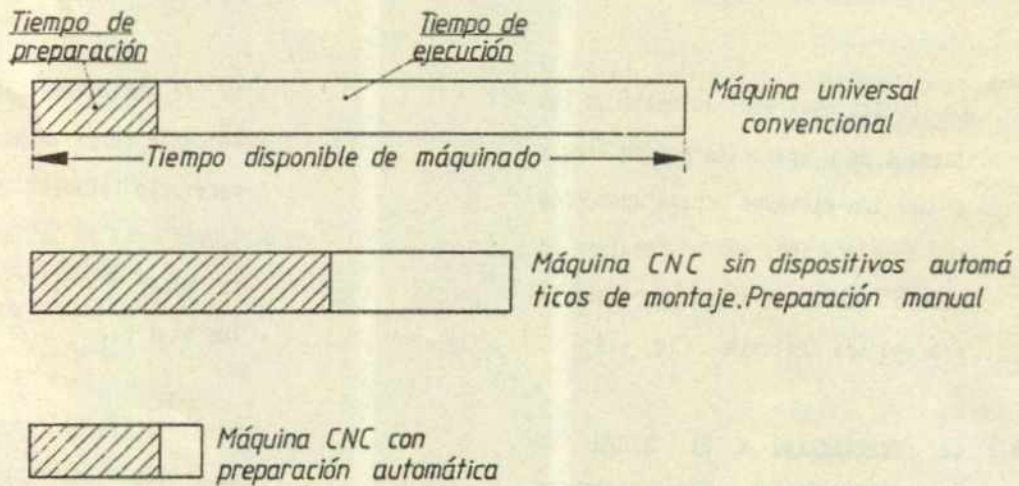


Fig. 4.9 Distribución de tiempos según máquina

FIG. 4.10

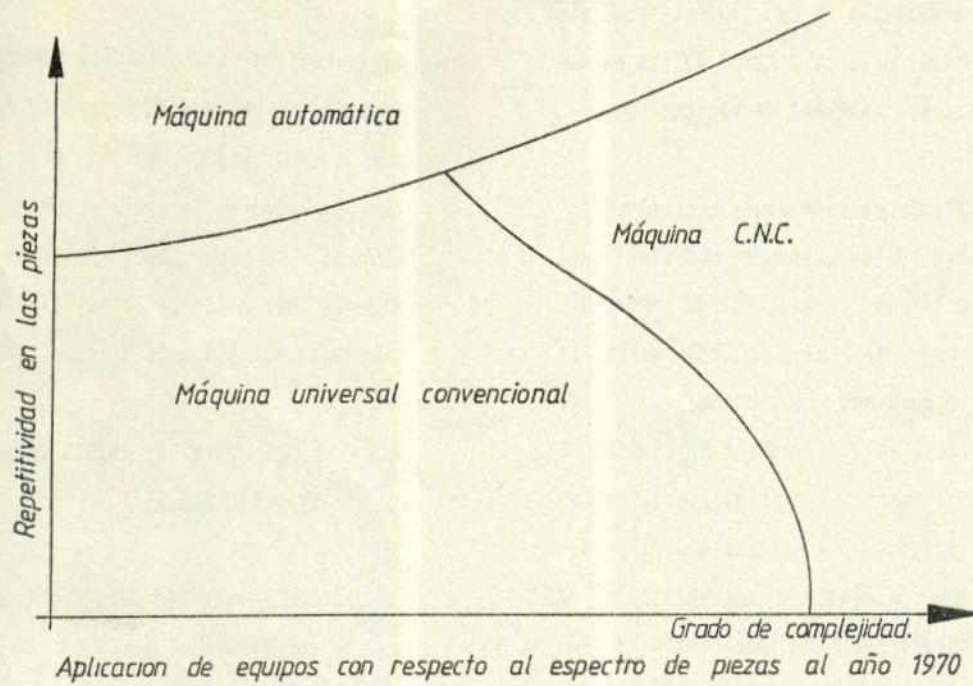
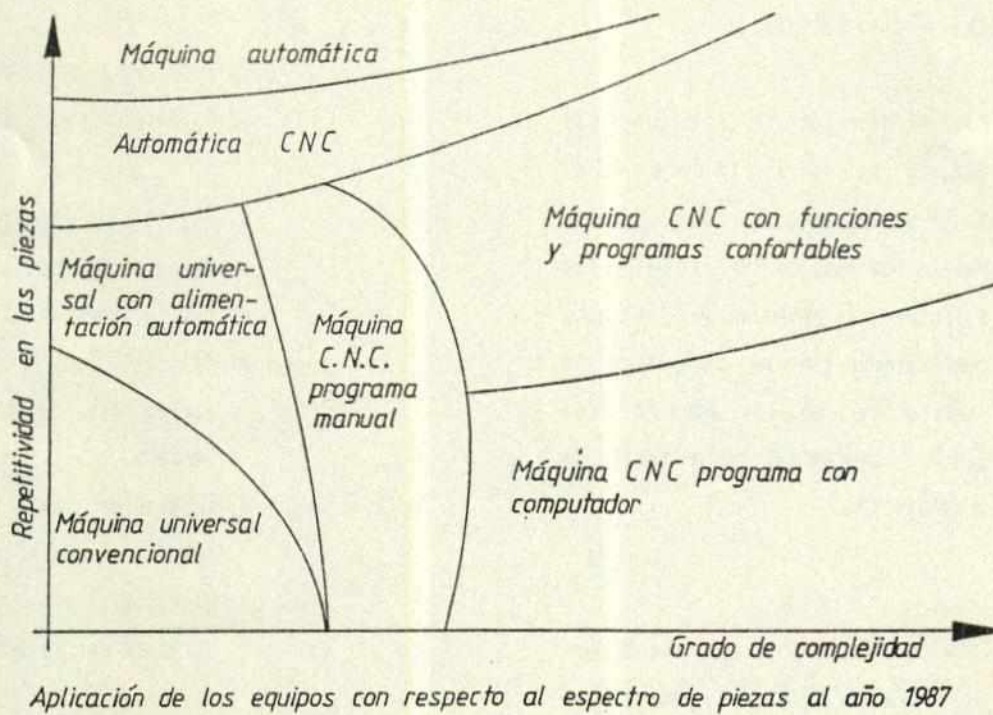


FIG. 4.11



cación puesto que el uso de máquinas automáticas y de control numérico estaba sólo al alcance de las empresas en capacidad de mantenerlas.

La introducción de la microelectrónica y los sistemas computarizados mostraban ya en 1.987 un estrechamiento del campo de utilización de las máquinas convencionales. Fig. 4.11. Esta situación ha llevado a los fabricantes de máquinas herramientas, a desestimar la producción de máquinas convencionales e incrementar la fabricación de máquinas o equipos con "Sistemas Automáticos Programables" S.A.P. los cuales no sólo cumplen con las condiciones de rapidez sino también con las de alta calidad.

La introducción de máquinas con S.A.P., no implica la desaparición total de las máquinas convencionales puesto que existen piezas unitarias o lotes tan pequeños de tan poca complejidad, que no justifican su fabricación en una máquina con S.A.P. debido al alto costo de programación.

Esto se ilustra más ampliamente en la Figura No. 5.3 de la página 43, sobre Modos de Programación en función de la geometría de piezas.

5. PLANEACION Y PUESTA EN MARCHA DE UN S.A.P.

Si tenemos en cuenta que los S.A.P. son nuevas tecnologías en nuestro medio, se debe proceder con mucho cuidado en la elección de los equipos para no incurrir en errores que en la mayoría de los casos resultan costosos. Algunos de estos casos se trataron en los numerales 4.2 y 4.3 de éste documento.

5.1 Fases para la puesta en marcha de un proyecto S.A.P.

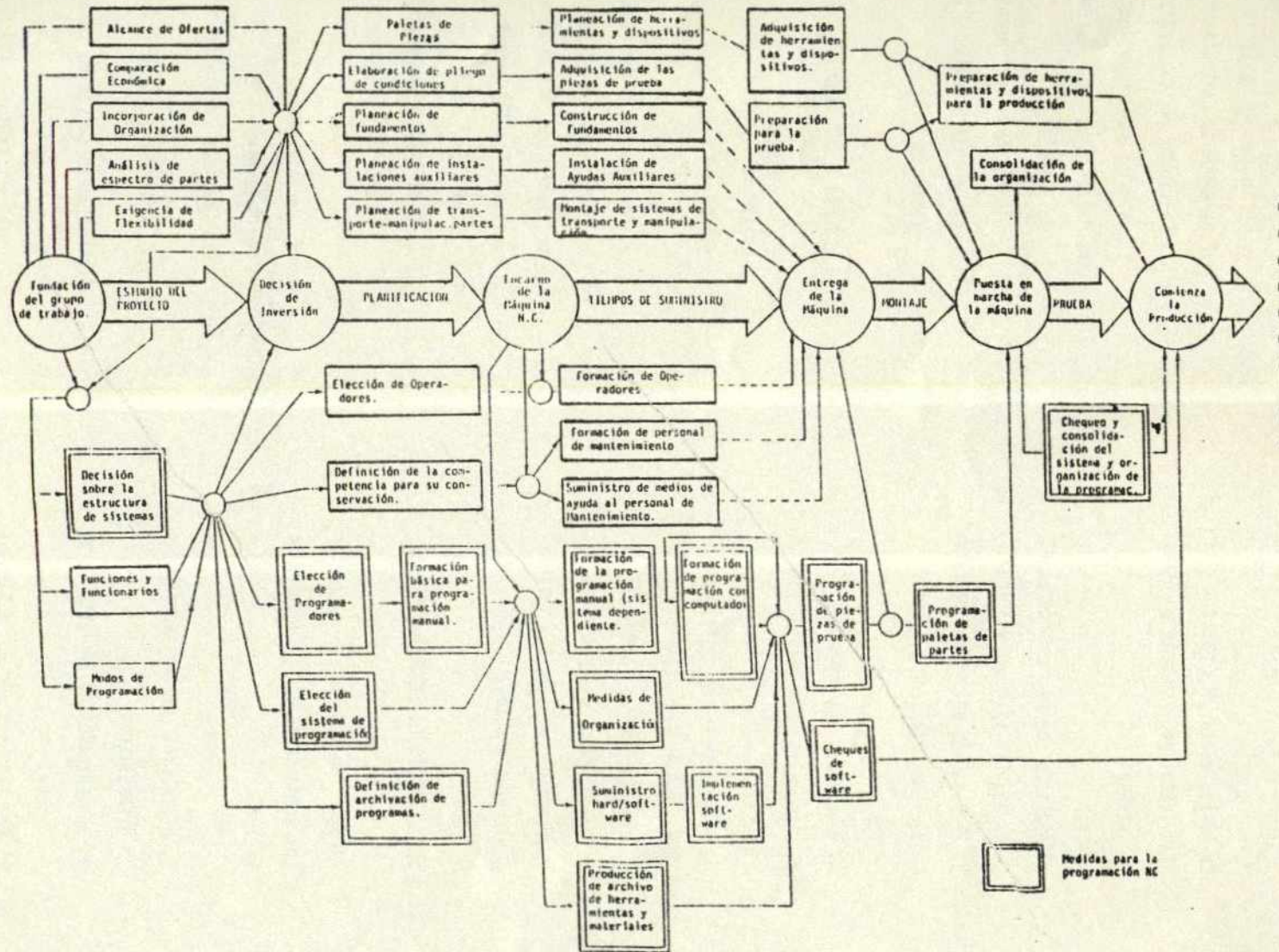
Las fases que deben considerarse para la puesta en marcha de un S.A.P. son las siguientes :

5.1.1 Creación de un grupo técnico asesor del Proyecto

Este estará encargado de estudios del proyecto, cuyas funciones son:

- a. Análisis de las ofertas.
- b. Comparación económica.
- c. Aplicaciones en la empresa.
- d. Análisis del espectro de piezas que se fabrican en la empresa.
- e. Exigencias de flexibilidad según el espectro de las piezas.
- f. Decisión de la estructura del sistema.
- g. Perfiles de los funcionarios y sus funciones.

FASES PARA LA PUESTA EN MARCHA DE UN PROYECTO C. N. C.



h. Modos de programación.

5.1.2 Decisión de la Inversión

En ésta etapa se realiza la planeación del proyecto y otras actividades como :

- a. Análisis de la estructura de la máquina (Tipo de máquina).
- b. Elaboración del pliego de condiciones técnicas y financieras.
- c. Planeación del montaje.
- d. Planeación de instalaciones auxiliares.
- e. Planeación de transporte manipulación partes, etc.
- f. Preselección de los operarios.
- g. Preselección programadores.
- h. Elección de el o los sistemas de programación.

5.1.3 Solicitud de la máquina o equipo

Además de planear y controlar los cronogramas de actividades se hace :

- a. Planeación de herramientas y dispositivos.
- b. Adquisición de las piezas de prueba.
- c. Construcción de los cimientos de la máquina.
- d. Instalación de ayudas

auxiliares.

- e. Montaje de sistemas de transporte y manipulación.
- f. Formación de operarios y de personal de mantenimiento.
- g. Formación en la programación manual y por computadora.
- h. Suministro del Hardware y Software.
- i. Generación de archivo de datos herramientas y materiales.

5.1.4 Entrega de la máquina

Contempla el montaje del equipo y :

- a. Adquisición de herramientas y dispositivos adicionales.
- b. Preparación de la máquina para las pruebas (nivelación y reglaje).
- c. Programación de piezas para la prueba de la máquina.
- d. Verificación y evaluación del Software.
- e. Reformas y ajustes (cuando es necesario).

5.1.5 Puesta en marcha de la máquina

Aquí se realizan las pruebas de la máquina esto es :

- a. Preparación de herramientas y dispositivos para la puesta en marcha.
- b. Consolidación del grupo humano de trabajo y su organización.
- c. Programación de las herramientas o sistemas de herramientas.
- d. Chequeo y consolidación del sistema con la organización de la producción.
- e. Pruebas finales.

5.1.6 Comienzo de la producción

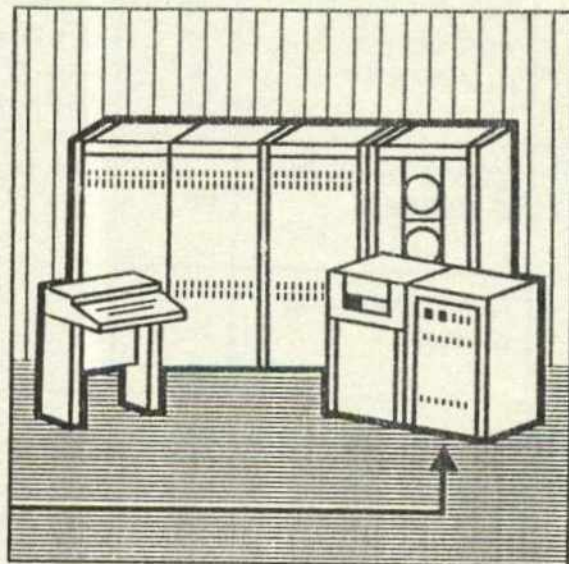
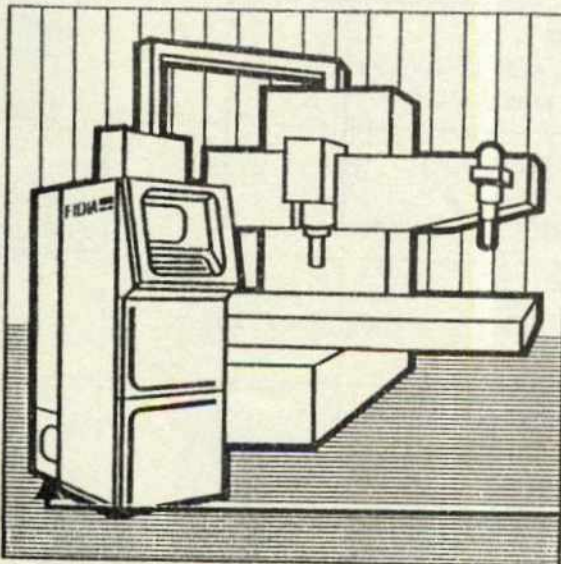
Un resumen de ésta planeación se puede observar en el gráfico de la figura 5.1.

Los cuadros de las Fig. 5.2 y 5.3

nos muestran los criterios técnicos para la selección de los equipos según la flexibilidad de las máquinas así como los diferentes modos de programación en función de la geometría de las piezas, o sea su grado de dificultad en la fabricación.

5.2 Cálculo de la tarifa Hora Máquina

En el análisis de los costos de fabricación, es indispensable la determinación de la tarifa hora máquina para que al multiplicar por los tiempos de fabricación nos permita conocer los costos parciales y totales debido a que los tiempos son susceptibles de manejar en la misma programación, sólo resta calcular la tarifa hora máquina mediante el procedimiento ya conocido.



FORMULARIO PARA EL CALCULO DE LA TARIFA HORA-MAQUINA

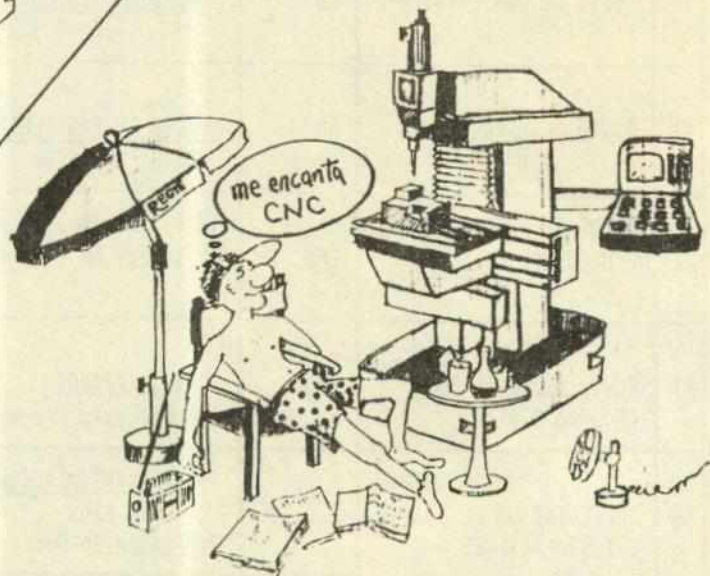
Fecha :-----
 MAQUINA :-----
 COSTO DE ADQUISICION-KA :-----
 SUELDO BASICO OPERARIO :-----

Empresa :-----
 Tipo :-----
 Fecha de adquisición-----
 Factor Prestacional :-----

Num	TARIFA	Nomenclatura	FORMULA	UNIDAD	MAQUINA CONV/NAL	MAQUINA DE N.C.
1	TIEMPO DISPONIBLE	TD	$\frac{\text{SEM}}{\text{AÑO}} \times \frac{\text{DIAS}}{\text{SEM}} \times \frac{\text{HORAS}}{\text{DIA}}$	Horas/Año		
2	FACTOR DE EFICIENCIA	Fe	$1 - \frac{\text{AUSENTISMO REMUNERADO}}{\text{T D}}$	Fracción Decimal		
3	TIEMPO LABORABLE DEL OPERARIO	TL	$\text{TD} \times \text{Fe}$	Horas/Año		
4	SALARIO MENSUAL DEL OPERARIO	SM	$\text{F.P.} \times (\text{Sueldo Básico})$ $\text{F.P.} = \text{FACTOR PRESTACIONAL}$	\$/Mes		
5	COSTO ANUAL DE MANO DE OBRA DIRECTA	KAMOD	$12 \times \text{SM}$	\$/Año		
6	COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA	KMOD	$\frac{\text{K A MOD}}{\text{T L}}$	\$/Hora		
7	VALOR COMERCIAL DE LA MAQUINA	VC	$(1 + i)^n \times \text{KA}$ $n = \text{No. de años de adquisición}$ $i = \text{Inflación promedio durante}$	\$		
8	COSTO DE REPOSICION DE MAQUINARIA	KRM	$7 \leq \wedge < 10 : 50\% \text{ VC}$ $4 \leq \wedge < 7 : 75\% \text{ VC}$ $0 \leq \wedge < 4 : 100\% \text{ VC Antigüedad}$	\$		
9	TIEMPO LABORABLE DE MAQUINA	T L M	$\text{MT} \times \text{TL}$ $\text{Mt} = \text{No. de Turnos de Trabajo}$	Horas/Año		
10	FACTOR DE USO	FU	$\left(1 - \frac{\text{tpm}}{\text{TLM}} \right) \times 100$ $\text{tpm} = \text{Tienpo de paro de máquina}$	%		

11	DEPRECIACION DE MAQUINA	DM	Una máquina se deprecia así 10 años si $FU > 40\%$ 20 años si $FU \leq 40\%$	Años		
12	VIDA UTIL	VU	$TLM \times DM / FU$	Horas		
13	COSTO DEPRECIACION	KD	$K R M / V U$	\$/Hora		
14	VALOR ANUAL DEL SEGURO DE MAQUINA	V	$Z \text{ ANUAL} \times VC$	\$/Año		
15	VALOR SEGURO DE MAQUINA	VSM	V / TLM	\$/Hora		
16	POTENCIA NOMINAL	PH	SE LEE EL MOTOR O CATALOGO	KW		
17	PRECIO KW / HORA	P	DATOS DE EMPRESAS MUNICIPALES	\$/KW-HORA		
18	COSTO DE ENERGIA	KE	$PH \times P$	\$/Hora		
19	COSTO DE MANTENIMIENTO	KM	$\frac{\text{COSTO MANTTO. ANUAL}}{TLM}$	\$/Hora		
20	COSTO DE HERRAMIENTA	KH	$\frac{\text{VALOR HERRAMIENTA}}{\text{HORAS DURACION}}$	\$/Hora		
21	GASTOS DE FUNCIONAMIENTO DE MAQUINARIA	GFM	$13 + 15 + 18 + 19 + 20$ $KD + VSM + KE + KM + KH$	\$/Hora		
22	COSTO ANUAL DE MANO DE OBRA DIRECTA	KMOI	$FP \times 12 \text{ KPMOI}$ $KPMOI = \text{Costo Presup. Mensual}$	\$/Año		
23	DEPRECIACION DE EDIFIC. E INSTALACIONES	D.E.	$\frac{\text{VALOR INSTALACIONES}}{20 \text{ Años}}$ $20 = \text{Tiempo de Depreciación}$	\$/Año		
24	COSTO ANUAL DE SERVICIOS	KS	AGUA, LUZ, TELEFONO, ETC PAPELERIA - TRANSPORTE	\$/Año		

25	COSTOS FINANCIEROS ANUALES	KF	INTERESES POR PRESTAMOS	\$/Año		
26	COSTO ANUAL CARGA FABRIL	KCF	22 + 23 + 24 + 25 KMOI + DE + KS + KF	\$/Año		
27	CARGA FABRIL	C. F.	$\frac{K.C.F.}{TLX \text{ No. Operarios}}$	\$/Hora		
28	GASTOS DE FABRICACION	G. F.	GFH + CF	\$/Hora		
29	TARIFA HORA - MAQUINA	T	6 + 28 KMOD + GF	\$/Hora- Máquina		



MODOS DE PROGRAMACION EN FUNCION DE LA GEOMETRIA DE PIEZAS

CONDICIONES DE EMPLEO NC	PROGRAMACION			
	Descentralizada en la Máquina	Descentralizada cerca de la máquina	Centralizada para la geometría y descentralizada para la tecnología	Centralizada y edición centralizada
Pequeña planta, sólo una máquina NC para elaboración de partes con geometría sencilla.	☐			
Pocas máquinas NC, especialmente concentradas, geometría sencilla de partes.		☐		
Elaboración individual y pequeñas series de partes sencillas, ninguna repetición aplicada.	☒	☐		
Geometría sencilla, tecnología difícil de partes. Materiales exóticos.	☐	☒		
Geometría y tecnología difícil de partes individuales, sin repetición.			☐	☒
Geometría y tecnología, partes sencillas en pequeñas series o individualmente, con repetición.		☒		☐
Pequeña multiplicidad de partes, pequeños grados de dificultad, gran cantidad de partes, frecuentes repeticiones.		☐		☒
Piezas de geometría y tecnología compleja.			☒	☐

PREFERENCIALMENTE ☐
OPCIONAL ☒

CRITERIOS DE SELECCION DE LOS EQUIPOS SEGUN FLEXIBILIDAD

Importantes criterios para la Estructura	E X P R E S I O . N							
		Máquina individual CNC	Centro de trabajo CNC	Celula flexible de producción	Islas de producción	Islas autónomas de producción	Línea flexible de producción	Sistema flexible de producción
Exigencias Tecnológicas	un procedimiento de elaboración	●						
	más de un procedimiento de elaboración		●	●	●	●	●	●
Tiempos de elaboración por pieza	pequeño			●	●	●	●	●
	mediano hasta grande	●	●				●	●
Lotes	muy pequeños	●	●			●		●
	pequeños	●	●	●	●	●		●
	medianos			●	●		●	●
Frecuencia de repetición de encargos	ninguna repetición	●	●			●		
	pequeña	●	●	●	●	●	●	
	alta	●	●	●	●		●	●
Clase y cantidad de variantes de piezas a elaborar	muchas variantes Pequeñas semejanzas	●						
	Muchas variantes, elaboración técnica semejante (tecnología en grupo)		●		●	●		●
	pequeñas cantidades de variantes			●	●		●	●
Periodo de vida del producto	pequeño	●	●			●		
	medio/alto			●	●		●	●