

24. 94



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EL CAMBIO TECNOLOGICO EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
EN EL AREA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

P R E S E N T A N ,
CARLOS RODRIGUEZ BRAVO
ROSALINDA ALVAREZ BARRON
J. DAVID MARTINEZ GARCIA

DIRECTOR: ING. JUAN JOSE DI MATTEO CAMORIANO

MEXICO, D. F.

1988





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

I N D I C E

CAPITULO I. INTRODUCCION. _____	1
1.1 Sistema de Manufactura Integrado por Computadora (CIMS). _____	3
1.2 Grupos Tecnológicos (GI), Siste- ma de Manufactura Celular (CMS), y Sistema de Manufactura Flexi- ble (FMS). _____	5
1.3 Sistema Justo a Tiempo. _____	6
 CAPITULO II. SISTEMA DE MANUFACTURA INTEGRADO POR COMPUTA- DORA (CIMS). _____	 9
2.1 Fundamentos del CAD/CAM. _____	10
2.2 Sistema CAD/CAM. _____	19
2.3 Manufactura Integrada por Computadora (CIM). _____	20
2.4 Implementación de un CIMS. _____	28
 CAPITULO III. SISTEMA DE MANUFACTURA CELULAR (CMS). _____	 35
3.1 Sistemas Tradicionales. _____	35
3.2 Grupo tecnológico. GI. _____	39
3.3 Formación de la Familia de Partes y Agrupaciones de Máquinas. _____	40
3.4 Layout Celular. _____	43
3.5 Selección del Grupo de Máquinas. _____	50
3.6 Sistema de Liberación y Ludifi- cación. _____	51

3.7 Racionalización del Diseño. _____	54
3.8 Estandarización. _____	57
3.9 Grupo Herramental. _____	59
3.10 Programación de la Producción del GF. _____	62
3.11 Secuencia Optima Para una Serie de Familias de Partus. _____	68
3.12 Máquinas de Control Numérico. _____	70
3.13 Ventajas Potenciales de las Aplicaciones de GF. _____	73
3.14 Posibles Desventajas en las Aplicaciones de GF. _____	79
3.15 Diseño de Sistemas Celulares. _____	89
3.16 Sistema de Manufactura Flexible (FMS). _____	92
3.17 Niveles de Control por Computadora en un FMS. _____	96
CAPITULO IV. SISTEMA JUSTO A TIEMPO (JIT). _____	100
4.1 Reducción del Turno en los Lotes. _____	100
4.2 Reducción a los Tiempos de Ajuste de Proceso o Tiempos de Preparación. _____	101
4.3 Reducción de los Costos de la Orden de Compra. _____	103
4.4 Causas y Efectos del Justo a Tiempo. _____	109
4.5 Principios del Justo a Tiempo. _____	110
4.6 Aplicaciones del Justo a Tiempo Dentro de la Fábrica. _____	111
4.7 Compras Justo a tiempo. _____	126

CAPITULO V. ANALISIS DE UN CASO REAL DE NUEVOS SISTEMAS PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA MEXICANA.	139
5.1 Proceso de Fabricación.	139
5.2 Composición de la Carga de Hornos de Crisol Bag culante.	142
5.3 Transferencia de Metal Fundido de los Hornos de Fusión a las Máquinas Moldeadoras.	148
5.4 Preparación de la Máquina para Moldeo de Ruedas.	144
5.5 Mantenimiento de Aluminio Fundido en el Crisol de las Máquinas Moldeadoras.	146
5.6 Diseño del Módulo de Maquinado.	149
5.7 Guía Básica para los Operadores.	153
5.8 Responsabilidades del Supervisor del Módulo.	156
5.9 Resultados.	158
5.10 Otros Beneficios.	159
5.11 Conclusiones y Recomendaciones.	162

CAPITULO VI. LA FABRICA AUTOMATIZADA DEL FUTURO.	166
6.1 El Futuro de la Fábrica Automatizada.	169
6.2 El Sistema de Información en la Fábrica Automatizada.	170
6.3 Proceso y Ensamble.	171

6.4 Manejo de Materiales. _____	173
6.5 Sistemas de Inspección. _____	175
6.6 El Enfoque de las Fábricas. _____	176
6.7 Las Fábricas no Automatizadas. _____	177
6.8 Personal en la Fábrica Automatizada del Futuro. _____	178
6.9 Mantenimiento. _____	179
6.10 Programación. _____	179
6.11 Ingeniería. _____	179
6.12 Plan de Seguridad. _____	180
6.13 Supervisión de la Fábrica. _____	180
6.14 Impacto Social. _____	180
6.15 Impacto en el Trabajo. _____	181
6.16 Capacitación y Educación. _____	182
6.17 Fuerzas Sociales y Económicas. _____	183

BIBLIOGRAFÍA.

I. INTRODUCCION

En los últimos años, principalmente en la década de los ochentas, han ocurrido cambios notorios a nivel mundial, principalmente en el sector industrial, esto es debido al gran éxito observado por las potencias industriales altamente competitivas como es el caso de Japón, cuyo objetivo principal es optimizar los recursos y con ello obtener grandes beneficios económicos. Ello le ha permitido ocupar los primeros sitios en el mercado internacional.

Las industrias sobresalientes deben la mayor parte de su éxito al desarrollo de nuevos sistemas de producción, los cuales ofrecen entre otras ventajas, una reducción substancial en los costos de producción y un incremento en la calidad del producto. Por ende, representa un fuerte adversario para los sistemas tradicionales de manufactura.

Actualmente, las empresas que trabajan con los sistemas tradicionales de manufactura, al verse afectadas por fuertes competidores, están tratando de adecuarse al cambio, ya que el medio ambiente del mercado exige bajos costos, adaptabilidad para cambios en la demanda, diversificación de productos, incremento de la calidad y manufacturar lotes pequeños de producción económicos. Lo cual sugiere una nueva estrategia de producción que pueda satisfacer éstos requerimientos.

El objetivo principal de ésta investigación es analizar éstos nuevos sistemas de producción y su posible adaptación a la industria mexicana. Para la Industria Nacional, es imperativo evolucionar hacia sistemas de producción de mayor productividad, debido a que las autoridades del presente gobierno han manifestado, en reiteradas ocasiones, que la apertura comercial es un proceso irreversible.

Otro objetivo que nos planteamos al realizar la presente investigación, es que la misma sea de utilidad para los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial en la UNAM. Actualmente, los sistemas de producción que trataremos, no están integrados formalmente a la curricula de la carrera. Por otro lado, hemos comprobado que es muy difícil conseguir bibliografía en español sobre éstos temas.

Debido a la importancia que tiene la adecuación tecnológica en países subdesarrollados, ésta investigación no sólo expondrá los conceptos de los nuevos sistemas de producción y su estado actual de desarrollo, sino que su alcance expondrá un análisis de un caso real en la industria mexicana.

Se trató de cubrir aquellos nuevos sistemas de producción que más difusión han tenido.

Ellos son:

- CIM (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING).

" MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA ".

- CMS Y FMS (CELULAR MANUFACTURING SYSTEM &

FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM).

" SISTEMA DE MANUFACTURA CELULAR Y SISTEMA DE

MANUFACTURA FLEXIBLE ".

- JIT (JUST IN TIME).

" JUSTO A TIEMPO ".

1.1 SISTEMA DE MANUFACTURA INTEGRADO POR COMPUTADORA (CIMS)

No existe una definición simple sobre lo que es un CIM. Algunas definiciones e ideas que han tenido mayor difusión nos pueden ayudar a comprender el tema.

" La manufactura integrada por computadora es el sistema nervioso central de la organización de una fábrica, en la cual, las computadoras transmiten en forma fluida la información en diferentes direcciones, incorporando una retroalimentación del tiempo real de las operaciones efectuadas."

" Comprender el uso de las computadoras, como herramientas para la completa administración de los pedidos de los clientes, desde el momento de la colocación del pedido, a través de todo el proceso de producción, el envío del pedido y la correspondiente facturación."

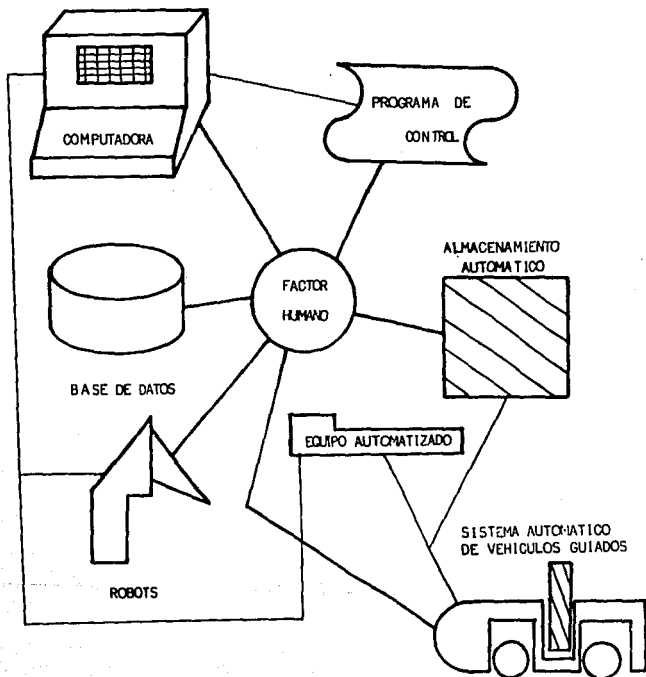
" Integración de las estrategias de manufactura con las estrategias de ventas." Este concepto es importante, pues la planeación estratégica es la formulación de objetivos y definición de reglas de decisión que decidirán el futuro de las empresas.

Las empresas que mas se han desarrollado, han sustentado su crecimiento en la adecuada planeación estratégica.

Este sistema de producción ha tenido su mayor aplicación en los E.U.A. Uno de los principales problemas con que se han enfrentado para su implementación, ha sido la falta de recursos humanos convenientemente preparados. En México, donde se están haciendo los primeros intentos al respecto, es tradicional el problema de recursos humanos capacitados. Por tal motivo y a efectos de visualizar los principales elementos que intervienen en un CIM, consideramos oportuno introducir un esquema de los elementos involucrados y su relación con el factor humano.

ESQUEMA DE UN SISTEMA

DE MANUFACTURA INTEGRADO POR COMPUTADORA.



1.2 GRUPOS TECNOLÓGICOS (GT), SISTEMA DE MANUFACTURA CELULAR (CMS) Y SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE (FMS)

El concepto de Grupos Tecnológicos consiste en distribuir las máquinas que producen partes similares, en un arreglo que minimice los tiempos de preparación.

La premisa de grupos tecnológicos es que los componentes o partes similares pueden agruparse en "familias".

Existen varias técnicas para formar las familias que analizaremos más adelante.

Una vez que se obtuvieron las piezas que pueden formar una familia, se hace un arreglo de las máquinas que se necesitan para fabricar éstas piezas y ello es lo que se denomina una Celda de Manufactura o Grupo Tecnológico.

El concepto, un tanto teórico, de los grupos tecnológicos en su aplicación práctica recibe el nombre de Sistema de Manufactura Celular.

Un Sistema de Manufactura Celular, reúne en grupos a la gente, los procesos y las máquinas necesarias para producir una familia de partes.

Con ello se logra una enorme reducción en los tiempos de espera y consecuentemente, en el inventario en proceso.

Cuando las diferentes celdas de producción están eslabonadas entre sí, el sistema se llama Sistema de Manufactura Flexible (FMS). Lo que se busca fundamentalmente es producir lotes pequeños con bajos costos.

De lo anterior se deduce que los conceptos de Grupos Tecnológicos, Sistema de Manufactura Celular y Sistema de Manufactura Flexible son muy similares y casi sinónimos.

La idealización de una célula de producción es aquella que trabaja con robots y todo está controlado por computadora. Ello implica una gran inversión de dinero.

1.3 SISTEMA JUSTO A TIEMPO (JIT).

El término "Justo a Tiempo" se originó en Japón y su más famosa aplicación es en la fábrica de automóviles Toyota. Este sistema conocido también como "Kanban", palabra japonesa que significa "identificación visible", usa solamente dos tipos de tarjeta para señalar la cantidad y el tipo de los materiales requeridos.

Una tarjeta de movimiento. - Autoriza transferir las partes desde el lugar donde se produjo hasta el centro de trabajo donde se utilizará.

Una tarjeta de producción. - Autoriza la producción de las piezas en un contenedor y en ellas se indica la identificación de las piezas, su descripción y su número.

Las tarjetas del sistema Kanban constituyen un sistema de producción simple y flexible, promueven la coordinación entre los centros de trabajo en tareas repetitivas.

La cantidad de material del sistema se controla a través de un número establecido de contenedores en circulación de cada momento.

Un "usuario" de un centro de trabajo "hace adelantar" los contenedores que vienen de un centro de trabajo proveedor con una tarjeta de movimiento, en forma equivalente, un centro proveedor no puede "empujar" el contenedor hacia el usuario hasta que éste esté listo, ello se indica con la llegada de la tarjeta de movimiento.

El centro proveedor no puede comenzar con la producción hasta que ello no se indique a través de una tarjeta de producción.

La idea teórica del sistema es minimizar los inventarios que los japoneses consideran como un desperdicio.

La filosofía del sistema es mucho más que producir con tarjetas, por lo menos implica tres ideas fundamentales:

1.- Producción con cero defectos. - El sistema Kanban requiere que la producción se pare cuando se encuentre un defecto en la línea de proceso.

Los paros se minimizan eliminando las causas principales de los defectos:

- * Descuido del operador.
- * Procedimientos irregulares.
- * Desperdicio.

La Toyota ha demostrado que el porcentaje de defectos se mantiene consistentemente por debajo del 1% cuando se eliminan éstas causas

2.- Producción Unitaria Sencilla. - Al aplicar el sistema Kanban, es más sencillo determinar un desbalanceo o desajuste en la línea de producción, que puede ser corregido moderando el flujo de material, cuando éste se acumula, o cuando ocurren sobrecargas innecesarias de material, dando lugar a entregas ineficientes.

En una misma línea de producción, se pueden ensamblar varios productos diferentes, como es el caso de un modelo de automóvil, cuyo tamaño de lote es 1, independientemente del número de unidades. Para alcanzar la Producción Unitaria Sencilla, los obreros deben de tener varias habilidades (deben ser más flexibles) y el tiempo de los ciclos de producción deberán ser nivelados para producir las tareas, permitiendo cambios de modelo más rápidos.

3.-Producción Integrada.- Cuando un fabricante usa el sistema Kanban, sus proveedores deben estar conscientes para poder adoptar la ideología del Justo a Tiempo.

La información completa de producción debe fluir entre el usuario y el proveedor, aún cuando estén separados por grandes distancias.

El resultado de la coordinación incrementará beneficios para ambos.

Un sistema Justo a Tiempo no es fácil de instalar. No sólo requiere entrenamiento especial, nuevos cambios de herramientas y la capacitación de personal, sino que también es importante que la administración de la empresa se comprometa a apoyar todo tipo de situaciones encaminadas a la implementación del sistema.

II. SISTEMA DE MANUFACTURA INTEGRADO POR COMPUTADORA (CIMS)

En el presente capítulo trataremos un tema novedoso e interesante, en el que la computadora realiza un papel fundamental en el desarrollo de los nuevos sistemas de manufactura.

La computadora ha tenido un impacto espectacular en el desarrollo de tecnologías de producción automatizadas, por lo que todos los sistemas de producción modernos están implementando hoy el uso de sistemas computarizados.

El término Manufactura Integrada por Computadora (CIM), ha sido creado para denotar el uso de las computadoras para diseñar productos, planear la producción, controlar las operaciones y llevar a cabo la integración de las diferentes actividades relacionadas con la manufactura del producto.

Este tipo de manufactura se está desarrollando con enorme rapidez, pero su implantación en las industrias aún es lenta, por el alto nivel de preparación que deben tener los trabajadores involucrados en el nuevo sistema, lo que implica una gran inversión de dinero para poder dar la capacitación adecuada.

El sistema CIM está basado en la filosofía de que la administración de la empresa deberá trabajar en la optimización de todas las funciones involucradas en la organización y no dando prioridad a funciones o elementos individuales que se encuentran dentro de la compañía (maquinaria, personal, equipo, inventario, etc.).

El propósito de un sistema CIM es la transformación de los materiales en productos vendibles a un costo mínimo, en el menor tiempo posible. Un sistema CIM comienza con el diseño del producto y termina con la producción del mismo.

El CIM difiere de los sistemas de producción tradicionales, por el papel dinámico que juega la computadora dentro del proceso de manufactura. Este sistema se apoya en los sistemas de redes de computadora, enlazados conjuntamente por una base de datos integrada.

Con la base de datos, un sistema CIM puede llevar a cabo la manufactura, dirigir las actividades, registrar los resultados y mantener actualizados y exactos todos los datos. Por ello, el sistema de computadora y la base de datos se establecen y arreglan para apoyar las diferentes funciones del sistema CIM.

El CAD/CAM es un concepto que se usa casi como un sinónimo de un CIMS.

2.1 FUNDAMENTOS DEL CAD/CAM.

El CAD/CAM involucra el uso de la computadora digital para realizar ciertas funciones en el diseño y la producción. CAD se refiere al uso de la computadora en las actividades exclusivas de la ingeniería del diseño, mientras que el CAM se refiere a las actividades correspondientes a la ingeniería de la manufactura.

2.1.1 Diseño Ayudado por Computadora (CAD).

El Diseño Ayudado por Computadora se puede definir como cualquier actividad de diseño, que implica el uso efectivo de la computadora para crear, modificar o documentar un diseño de ingeniería. El sistema CAD puede ser la asociación más común de la interacción entre los sistemas gráficos por computadora.

Existen cuatro razones principales al usar un CAD, para apoyar las funciones en el diseño de ingeniería y que mencionaremos a continuación:

1.- Incrementar la productividad del diseñador.

Esto se logra con la ayuda que proporciona la computadora para que el diseñador, pueda conceptualizar mejor el producto que va a diseñar, así como sus componentes respectivos. Esto ayuda a reducir el tiempo requerido para sintetizar, analizar y documentar el diseño.

2.- Mejorar la calidad del diseño.

El uso de un sistema CAD con las capacidades apropiadas de hardware y software, permitirán al diseñador hacer más completos sus análisis de ingeniería y además considerará un gran número de alternativas en el diseño y por lo tanto la calidad del diseño resultante será mejorada por el sistema.

3.- Mejorar la documentación de los diseños.

La gráfica de salida del sistema CAD da como resultado una mejor documentación del diseño, que la que se obtiene al usar un sistema manual.

Los dibujos de ingeniería son muy superiores, debido a que hay más estandarización entre éstos, menos errores y más legibilidad.

4.- Creación de una base de datos en la manufactura.

En el proceso de creación de documentación en el diseño, se necesitará la especificación del producto y sus componentes para que el sistema CAD pueda realizar la base de datos correspondiente.

2.1.2 El Proceso del Diseño.

El proceso tradicional del diseño se caracteriza como un proceso interactivo que contiene las fases siguientes:

- Reconocimiento de la Necesidad.
- Definición del Problema.
- Síntesis.
- Análisis y Optimación.
- Evaluación.
- Presentación.

Estas seis fases y la interacción de las mismas se ilustran en la figura 2.1.

- Reconocimiento de la Necesidad.

Implica la detección de algún problema existente, por medio de la cual, alguna acción correctiva se intenta hacer para dar soluciones por medio del diseño. Este reconocimiento, puede significar la identificación de algún defecto en el diseño de una máquina por un ingeniero, o la percepción de alguna nueva oportunidad del producto por un vendedor.

- Definición del Problema.

Involucra, entre otras cosas, una detallada especificación del artículo que ha de ser diseñado, ésta incluye las características físicas, funciones, costos y formas de operación.

- Síntesis y Análisis.

La síntesis y el análisis están íntimamente relacionadas con el proceso del diseño, considerando el desarrollo del diseño de cierto producto. El proceso puede ser repetitivo hasta que el diseño se haya optimizado dentro de las tolerancias impuestas por el diseñador. Los componentes individuales pueden ser sintetizados y analizados con el producto final de una manera similar.

- Evaluación.

Consiste en verificar las medidas del diseño contra las especificaciones establecidas en la fase de definición del problema. Esta evaluación a menudo requiere de la construcción y de la prueba de un modelo prototipo, con el objeto de conceptualizar los criterios ya definidos.

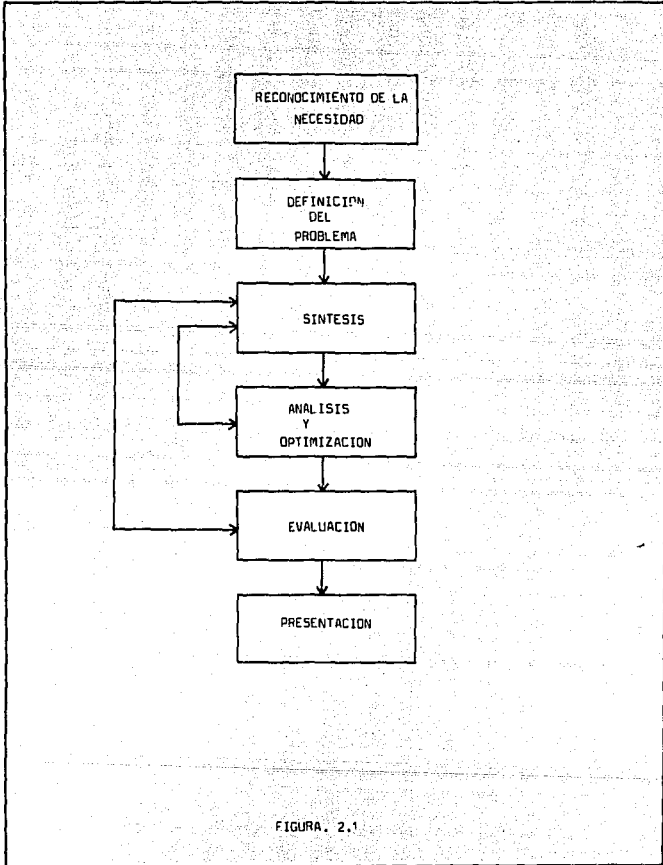


FIGURA. 2.1

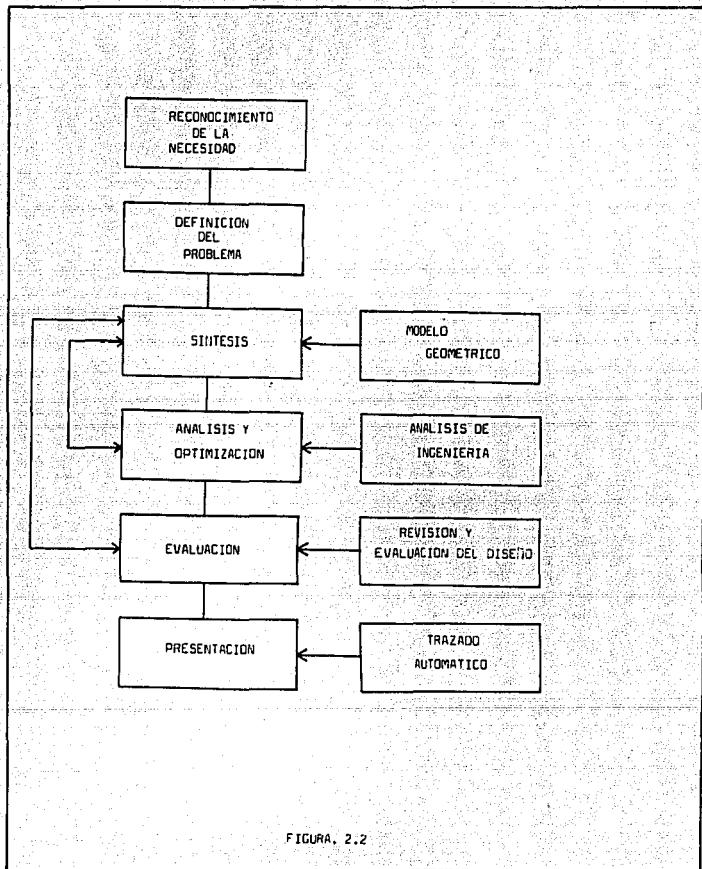


FIGURA. 2.2

- Presentación.

La fase final dentro de las fases del proceso de diseño, es la presentación del mismo, por medio de los dibujos, las especificaciones de materiales a utilizar, las listas de ensamble, etc.

2.1.3 Aplicación de la computadora en el proceso de diseño.

Al comparar un sistema de diseño tradicional con un CAD, se puede hacer una analogía en cuatro de las fases del proceso. Estas cuatro fases, junto con la actividad del sistema CAD, corresponden a la fase dada entre paréntesis:

- Modelos Geométricos (Síntesis).
- Análisis de Ingeniería (Análisis y Optimación).
- Revisión y Evaluación del Diseño (Evaluación).
- Trazado Automático (Presentación).

Estas fases del sistema CAD se ilustran en la figura 2.2.

- Modelos Geométricos.

Estos modelos se adecuarán con el uso del sistema CAD, para desarrollar una descripción matemática llamada "modelo", que ya está contenida en la memoria de la computadora. Esto permite al usuario del sistema CAD, mostrar una imagen del modelo en una terminal gráfica en la cual se pueden efectuar las operaciones necesarias sobre el mismo modelo, hasta llegar al modelo que más se adecúe a nuestras necesidades. Estas operaciones incluyen la creación de nuevos modelos.

Estas capacidades permiten al diseñador construir una gran variedad de modelos para nuevos productos (o sus componentes), o la modificación de modelos ya existentes.

Existen varios tipos de modelos geométricos utilizados en el CAD. Una clasificación distingue entre modelo de dos o tres dimensiones. Los modelos de dos dimensiones se utilizan para solucionar problemas de diseño tales como la distribución y colocación de edificios.

El primer sistema CAD desarrollado en los comienzos de la década de los sesentas, fue de dos dimensiones y se usó principalmente como prototipo de sistemas de trazo, también se utilizó para graficar las diferentes vistas de un objeto. El sistema CAD tridimensional, como su nombre lo indica, es capaz de modelar un objeto en tercera dimensión. Las operaciones y transformaciones en el modelo son realizadas por el sistema de acuerdo con las instrucciones del usuario en tres dimensiones. Esto es de gran ayuda para conceptualizar el objeto dado, ya que el modelo en tres dimensiones puede ser mostrado en varias vistas y de diferentes ángulos.

Los modelos geométricos del sistema CAD pueden ser, a la vez, clasificados como modelos de estructura de alambre o modelos sólidos. Un modelo de estructura de alambre, utiliza líneas interconectadas para la descripción de un objeto. Los modelos de estructura de alambre son de complicadas geometrías y pueden volverse algo confusos.

Las técnicas modernas se encuentran disponibles para quitar aquellas líneas llamadas ocultas, pero aún con esta mejora, la representación de la estructura de alambre es frecuentemente inadecuada. Los modelos sólidos han tenido un reciente desarrollo en la creación de modelos geométricos. Por esta causa, un objeto se modela en tres dimensiones, proporcionando al usuario de una mejor visión del mismo.

Pero es más importante para los propósitos de la ingeniería, que el modelo geométrico sea almacenado en el sistema CAD, como un modelo sólido en tercera dimensión, proporcionando al mismo tiempo, una representación exacta del mismo objeto.

Finalmente, otros dos rasgos característicos del modelo del sistema CAD, son el color y la animación. Algunos sistemas CAD tienen la capacidad de dar color a las figuras y no limitarse al blanco y negro.

El valor del colorido es enorme para realizar las habilidades del usuario y ver el objeto sobre la pantalla gráfica. Por ejemplo, pueden verse los distintos componentes de un ensamble en diferentes colores, de modo que permitan que las partes puedan distinguirse fácilmente.

La capacidad de animación permite que las operaciones de mecanismos diversos y otros objetos móviles puedan ser mostrados sobre las gráficas del monitor.

Una vez que el diseño en particular ha sido desarrollado, algunas formas de análisis de ingeniería, pueden llevarse a efecto como parte del proceso de diseño.

- Análisis de Ingeniería.

El análisis se centra en cálculos específicos, como pueden ser fuerzas cortantes, análisis de transferencia de calor o la simulación dinámica. Los cálculos requeridos a menudo son bastantes complejos, y por lo tanto, toma tiempo efectuarlos, por lo que con el surgimiento del CAD, estos análisis pueden llegar a ser calculados rápidamente o aún omitidos en el proceso del diseño.

- Revisión y Evaluación.

La evaluación del diseño y la revisión de los procedimientos pueden ser agilizadas por medio del diseño del sistema CAD. Algunas de las características del sistema CAD, prestan ayuda a la evaluación y la revisión de las propuestas incluidas en el diseño.

- Trazado Automático.

Esta fase corresponde a la presentación del diseño. Un sistema CAD utiliza máquinas de trazado automático para preparar los dibujos de ingeniería. Al utilizar un sistema CAD obtenemos un incremento en la cantidad y calidad de los diseños presentados, en una relación aproximada de 5 a 1, en comparación con el método manual.

2.1.4 Manufactura ayudada por computadora (CAM).

La Manufactura Ayudada por Computadora se define como la utilización efectiva de la computadora en la administración, y en la planeación y control de la producción. Podemos dividir la aplicación del CAM en dos categorías:

- Planeación de la Producción.
- Control de la Producción.

2.1.4.1 Planeación de la Producción.

Para establecer la planeación de la producción es necesario desarrollar un sistema que aproveche en forma conveniente los datos y procesarlos en forma adecuada para optimizar el producto resultante.

La computadora es una herramienta que puede ser usada para controlar de manera efectiva la producción y proporcionar asistencia a la dirección, enfrentándose con una serie de cambios constantes en la labor de toma de decisiones necesarias.

Dentro de las aplicaciones del CAM en la planeación de la producción, están aquellas en las cuales la computadora se usa indirectamente para ayudar a la producción, pero no existe contacto directo entre la computadora y el proceso de manufactura. En este caso, la computadora abastece de información a la planeación y administración de la producción. Por lo que podemos mencionar algunas de las más importantes aplicaciones del CAM:

A) Estimación del Costo.

La tarea de calcular el costo de un nuevo producto, se puede simplificar en la mayoría de las empresas, calculando en forma precisa los pasos requeridos para preparar la estimación del costo. La computadora se programa para realizar la tarea adecuada y considerar la secuencia de operaciones.

El programa, por lo tanto, suma los costos de cada componente para determinar finalmente el costo total del producto.

B) Sistemas de Datos Computarizados de la Máquina.

Uno de los problemas en la operación de una máquina-herramienta de corte, es determinar la rapidez y alimentación que debiera ser utilizada para maquinara una parte dada. Los programas de computadora han sido diseñados de acuerdo con las recomendaciones o propiedades de corte para la utilización de diferentes materiales. Los cálculos se basan en datos que se obtienen anteriormente en la fábrica o en el laboratorio y que relacionan el tiempo de vida de la herramienta con las condiciones de corte.

C) Desarrollo de los tiempos Estándares de Trabajo.

El departamento de estudio de tiempos y movimientos tiene la responsabilidad de establecer los tiempos estándares en los trabajos efectuados en la planta. Existen algunos paquetes de computadora en el mercado para planear los estándares de trabajo. Estos paquetes utilizan datos de tiempos estándar que han sido desarrollados partiendo de los elementos básicos de trabajo comprendidos en cualquier manual o libro de tiempos y movimientos, el paquete es capaz de calcular el tiempo estándar de trabajo.

D) Planeación de Inventario.

La computadora ha encontrado un amplio uso en muchas de las funciones en la producción y planeación de inventarios.

Estas funciones incluyen el mantenimiento de los registros de inventario, punto de reorden de artículos en almacén cuando el inventario se agota, programas de producción, mantener prioridades de las diferentes órdenes de producción, planeación de requerimientos de material y planeación de la capacidad de planta.

2.1.4.2 Control de la Producción.

El control de la producción se aplica al manejo y control de las operaciones físicas de la planta, control de proceso, control de calidad, control de planta y los procesos de monitoreo que se encuentran dentro de lo que contempla el CAM.

2.2 SISTEMA CAD/CAM.

Hemos descrito anteriormente, que el diseño y la manufactura ayudados por computadora se relacionan principalmente con la ingeniería de diseño y la ingeniería de producción. El diseño del producto, el análisis de ingeniería y la documentación del diseño nos representan las actividades de ingeniería en el diseño, mientras que en el proceso de planeación, la programación en máquinas de control numérico y muchas otras actividades asociadas con el CAM representan las actividades de ingeniería en la manufactura.

CAD/CAM denota una integración de las actividades del diseño y la manufactura en los sistemas de computadora. Estas actividades involucraban el diseñar el producto y que fueran separadas de las actividades relacionadas con el proceso de planeación.

Para esto, esencialmente se empleó un procedimiento de dos pasos; esto fué, el consumo de tiempo y la duplicación de esfuerzos en el diseño y manufactura. Con CAD/CAM, se establece un enlace directo entre el diseño del producto y la ingeniería de producción; la meta del CAD/CAM no es únicamente automatizar ciertas fases del diseño y la manufactura, sino también la transición desde el diseño a la manufactura.

En un sistema CAD/CAM ideal, es posible tomar la especificación del diseño del producto cuando reside en la base de datos y convertirla en un proceso de elaboración del producto; esta conversión se hace automáticamente por el sistema CAD/CAM.

Una gran parte del proceso se logra con una máquina de control numérico. Cuando una parte del plan de proceso y el programa de la máquina de control numérico son generados automáticamente por CAD/CAM, éste descargará el programa de control numérico directamente a la máquina por medio de una red de telecomunicaciones. De aquí que el diseño del producto, la programación NC y la producción física se pueden implementar en la computadora.

2.3 MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA. (CIM).

La Manufactura Integrada por Computadora incluye a todas las funciones de ingeniería de un CAD/CAM, así como también las actividades que se efectúan dentro de la organización. El sistema CIM ideal introduce la computadora a todas las funciones de operación y procesamiento de información en la producción, desde la recepción de órdenes de diseño y producción hasta el embarque del producto.

El alcance de un sistema CIM comparado con un sistema CAD/CAM es ilustrado en la figura 2.3.

En esta figura podemos observar como las operaciones relacionadas con la producción, son incorporadas al CIM para aumentar y/o automatizar dichas operaciones. El sistema computarizado se relaciona con todas las actividades de la producción.

Los componentes del sistema CIM y la relación que existe con las demás actividades se ilustran en la figura 2.4.

En esta figura podemos observar como en un sistema CIM, las salidas de una actividad sirven como entrada para la siguiente actividad. Los órdenes de los clientes entran a un sistema computarizado de registro.

Las órdenes contienen la descripción de las especificaciones del producto; dichas especificaciones sirven como información al Área de diseño.

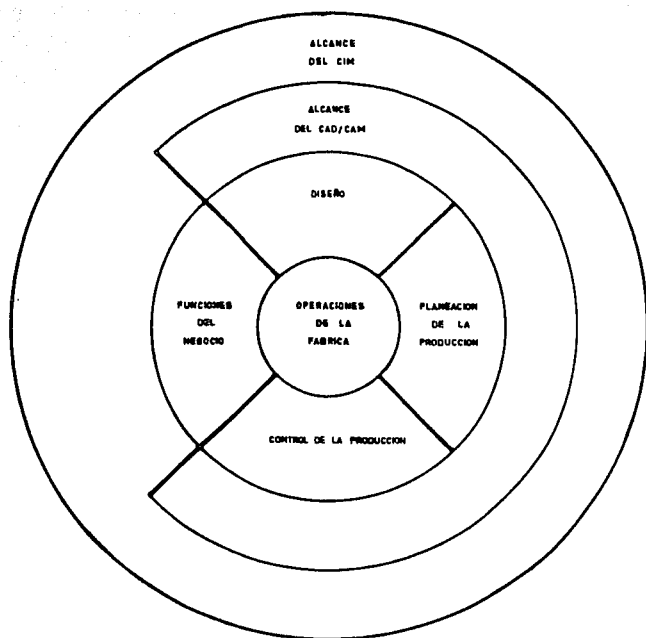
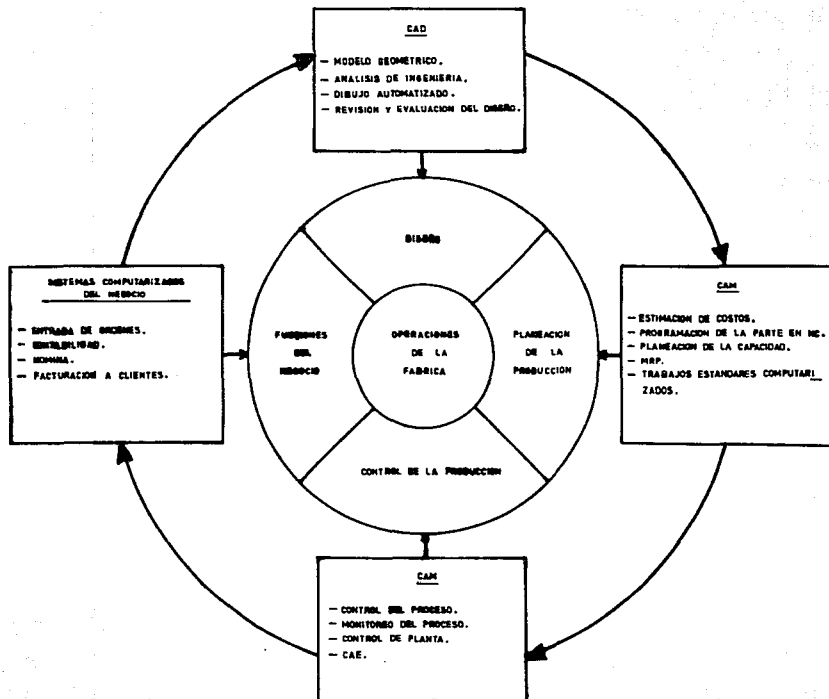


FIGURA 2.3

ALCANCE DEL CAD/CAM Y DEL CIM.

FIGURA 2.4

ELEMENTOS COMPUTARIZADOS DE UN SISTEMA CIM.



Los nuevos productos son diseñados en un sistema CAD. Los componentes que conforman el producto son diseñados, la lista de materiales es compilada y los dibujos de ensamble son preparados.

La salida de información proveniente del Área de diseño, sirve como entrada para el Área de ingeniería de manufactura.

Muchas de las actividades de ingeniería de manufactura están apoyadas por el sistema de computadora del CIM, tales como:

-Planeación del Proceso.

Se realiza utilizando el CAPP (planeación del proceso ayudado por computadora)

- Diseño de Herramientas.

Es elaborado en el sistema CAD haciendo uso del modelo del producto generado durante el proceso de diseño.

La salida de información del Área de ingeniería de manufactura sirve como entrada para el Área de planeación y programación de requerimientos de material utilizando un sistema de cómputo, y así sucesivamente es como se va desarrollando el ciclo de manufactura.

La implementación satisfactoria del CIM, conduce a la automatización del flujo de información a través de cada una de las áreas que componen la empresa.

2.3.1.- Ocho Funciones Claves de un CIMS.

- 1.- Diseño y Selección (CAD/CAM). Diseño y selección automatizada de los productos y manufactura ayudada - por computadora.
- 2.- Programación y Control de la Producción. Programación maestra unida con el manejo de material y planeación de requerimientos desde la adquisición hasta el embarque.
- 3.- Automatización del Proceso. Control numérico directo del proceso, inspección y prueba. Utilización de robots, Sistemas de Manufactura Flexible y otros equipos automatizados para llevar a cabo ciertos procesos y actividades directas en la planta.
- 4.- Control del Proceso. Sentido de las actividades del equipo y reporte de las condiciones que requieren la intervención del operador.
- 5.- Manejo de Material y Almacenaje. Almacenaje automatizado y recuperación de las partes terminadas y compras basada en escoger los programas y requisiciones.
- 6.- Programa y Control de Mantenimiento. Programa de mantenimiento preventivo y reporte de equipo lento o - causa de inventario de partes libres, manejo y reporte de uso.
- 7.- Distribución y Manejo. Orden de procesamiento, reporte de venta y facturación acompañada con el almacenaje y transporte.
- 8.- Finanzas y Contabilidad. Reporte del resultado de las operaciones. Pronósticos, resultados y análisis de costos.

2.3.2 Jerarquía de las Computadoras en la Manufactura.

Las computadoras y las máquinas controladas por computadora (p. ej. máquinas-herramientas CNC o robots), en una compañía manufacturera se dirigen a formar una estructura de control piramidal conocida como Sistema Jerárquico de Computadoras, el cual está orientado a las funciones del CIM.

La configuración general de esta jerarquía se muestra en la figura 2.5, en donde se indican los niveles de responsabilidad, algunos de los cuales están subordinados a otros.

En la jerarquía, las computadoras están enlazadas por medio de uniones de comunicación, que proporcionan una red de comunicaciones por computadora para archivar información a través de los distintos niveles de la jerarquía, formando un sistema distribuido de computadoras.

A continuación se describen los cuatro niveles de la jerarquía, comenzando por el nivel inferior.

- Primer nivel.

Las principales funciones de este nivel son las de controlar y monitorear las operaciones de manufactura, que están directamente conectadas a las microcomputadoras de este nivel.

Además de las microcomputadoras, también podemos encontrar en este nivel dispositivos utilizados por el sistema de recolección de datos (lectoras de código de barras y terminales de entrada de datos).

- Segundo nivel.

Está constituido por computadoras que reciben el nombre de satélites (o controladores de área), cuyo propósito es el de controlar y supervisar las actividades del primer nivel de computadoras y reportar esta información a la computadora central del tercer nivel. Esta información es recopilada desde las máquinas-herramientas, células de producción, terminales de entrada de datos y estaciones de inspección.

- Tercer nivel.

En este nivel se encuentra la computadora central, en donde se obtienen los datos de operación que fueron reportados de las computadoras satélites y se utilizarán para preparar reportes periódicos para el manejo de la planta.

La información de tiempo real del estado de las operaciones de la planta (p. ej. utilización de máquina, progreso de la órden del cliente, nivel de inventario, etc.) puede ser obtenida de este nivel, por personal de la compañía.

- Cuarto nivel.

En este último se encuentra la computadora maestra, la cual se encarga de sumar todas las operaciones de la planta y controlar las funciones de los demás niveles.

Dependiendo de los requerimientos de la compañía, la interfase del sistema CAD/CAM se puede encontrar en éste o en el tercer nivel, para las funciones de diseño y manufactura.

La comunicación con las computadoras del tercer nivel se efectúa por medio de extensas líneas de teléfono u otras tecnologías de comunicación para áreas extensas.

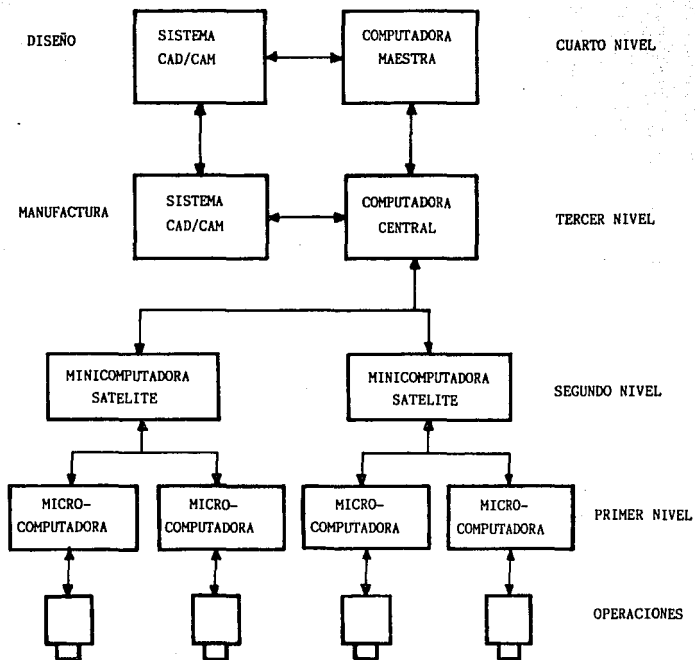
2.3.3 Beneficios de la Estructura Jerárquica.

La estructura jerárquica de la computadora ha llegado a ser el arreglo más efectivo para la implementación satisfactoria de los sistemas de computadora en la manufactura.

Los beneficios más importantes que ofrece la jerarquía de las computadoras al CIM son los siguientes:

- 1.- La implementación del sistema jerárquico de computadora puede ser gradual, ya que puede representar un fuerte gasto efectuar la instalación de todo el sistema.

FIGURA 2.5 JERARQUIA DE LAS COMPUTADORAS EN LA MANUFACTURA.



RECOLECCION DE DATOS DE LA FABRICA.

- 2.- En caso de presentarse la interrupción de una computadora, otras computadoras en el sistema están programadas para asumir las tareas críticas de la computadora interrumpida.

- 3.- En el desarrollo del software, gran parte del costo total se puede manejar fácilmente en la configuración jerárquica, ya que las computadoras están separadas en el arreglo piramidal, la programación para cada proyecto puede tratarse por separado. Una vez que el proyecto es instalado, es más fácil efectuar los cambios en el software con menos posibilidad de interrupción en el sistema.

2.4 IMPLEMENTACION DE UN CIMS.

Para implementar un sistema CIM se deben considerar los siguientes aspectos.

- Hardware y Equipo.

- Costos de Implementación.

- Requerimientos de Personal.

2.4.1 Hardware y Equipo.

La clave más importante de un CIMS es la integración de las funciones de diseño, manufactura, distribución y finanzas, en un sistema basado en computadora.

Esta integración esta constituida por computadoras, bases de datos y controladores programables, cuya relación se ilustra en la figura 2.6.

RELACION ENTRE COMPUTADORAS, BASE DE DATOS Y EQUIPO.

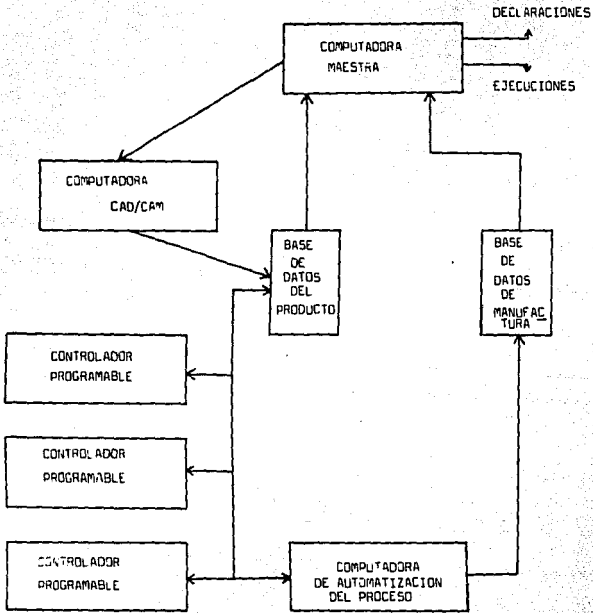


FIGURA. 2.5

Generalmente, un CIMS puede tener dos tipos de bases de datos:

A) Bases de datos de manufactura.

B) Bases de datos de producto.

A) La base de datos de manufactura tiene como objetivo principal recopilar toda la información pertinente de la computadora para automatizar y controlar el proceso de manufactura. Estos datos son utilizados para reportar las actividades de la planta, así como para planear y controlar las actividades futuras.

B) La base de datos del producto almacena la información generada por las funciones del CAD/CAM. Además esta base de datos es utilizada por el equipo programable para realizar las actividades de manufactura, tales como el maquinado e inspección.

Las ocho funciones clave del CIMS mencionadas anteriormente, se distribuyen en varias computadoras para maximizar la eficiencia y minimizar los problemas ocasionados por la interrupción de una computadora.

En la computadora maestra se realizan algunas de las funciones del CIMS, como el programa maestro de producción, que es transferido periódicamente a la computadora que se encarga de la automatización del proceso, la cual programa y dirige el flujo de los productos a través de las estaciones de trabajo y células.

En las computadoras satélite se realizarán las funciones de control de proceso, automatización de proceso, manejo de material, almacenamiento, dibujo y diseño. Aunque las funciones de diseño y dibujo (CAD), generalmente requieren de una gran microcomputadora.

La información del CAD se emplea para proporcionar las instrucciones de operación a la máquina y ruta de partes.

También es necesario contar con buenos sistemas de identificación automática, como lo es el analizador laser, que lee el código de barras para identificar a la parte. Esta tecnología es una de las más eficientes y confiables en la recopilación de datos de la planta y consiste de una secuencia de barras (oscuras) angostas y anchas separadas por espacios. Estas barras son codificadas para representar caracteres alfanuméricos, que son interpretados por una lectora que analiza y decodifica la secuencia de barras.

En las funciones de control del proceso se requiere de controladores programables y sensores para controlar las operaciones. Mientras que en la automatización del proceso se utiliza una microcomputadora para recopilar datos y programar las actividades de manufactura.

Además, los controladores programables realizan funciones de control numérico.

Los sistemas de almacenamiento y manejo de materiales almacenan y recuperan partes, ensambles y productos. Para optimizar estas actividades y mantener la información se emplea un sistema de computadora.

Además, los sistemas de almacenamiento mecanizado pueden servir como reserva entre varias células de manufactura. Por ejemplo, puede haber un almacén entre la maquinaria y las operaciones de ensamble. Así, el sistema mecanizado tomaría las partes del almacén conforme las fuera requiriendo para ensamblar los productos.

2.4.2 Costos de Implementación.

Los costos de implementación se pueden dividir en cuatro grupos: hardware de la computadora, equipo, software y personal.

Resulta difícil estimar el costo de cada uno de estos grupos, ya que dependerá en gran parte de los requerimientos de cada compañía en particular. Lo que si podemos decir es que el costo de algunas máquinas y equipos de cómputo sofisticado es impresionante.

Existen a la venta algunos paquetes de software adecuados para varias funciones del CIMS, tal es el caso del sistema de control de producción MAPICS (Manufacturing Accounting and Production Information Control system) desarrollado por IBM. Este sistema ha sido uno de los más populares y consta de diez módulos de aplicación en las áreas de contabilidad, control de producción, planeación de requerimientos de material, datos de producto, control de órdenes, ventas y control de inventarios.

Sin embargo, existe limitación del software para otras funciones del CIMS, como las de control de proceso y automatización del proceso, por lo que se tienen que desarrollar por alguna persona indicada de la organización.

Para la implementación satisfactoria del CIMS se debe contar con personal muy capacitado. Entonces, para este efecto se tendrán dos tipos de costos. Uno de ellos es para elevar las habilidades del personal existente y el otro se refiere a la contratación de personal adicional para reforzar las áreas técnicas.

Con estos costos se puede elaborar un análisis de beneficio/costo del proyecto para poder evaluar esta alternativa.

2.4.3 Requerimientos de Personal.

Para la implementación exitosa de un CIMS se requiere de la cooperación de todos los departamentos involucrados de la compañía.

Es necesario contar con personal altamente calificado para realizar el mantenimiento y operación de las computadoras y equipo sofisticado. Sin embargo, en algunas actividades será necesario prescindir de los operarios, debido a los ciclos automáticos de las máquinas.

Otro de los requerimientos será la habilidad de la alta gerencia, de comunicar efectivamente las estrategias y tácticas que motiven al personal para lograr el trabajo en equipo.

Por otro lado, debido a la importancia que tiene la información pertinente y precisa en un CIMS, el papel de los servicios de información a la administración (MIS) cambiará notablemente, por lo que el personal del MIS tiene que ser muy hábil para diseñar el software requerido para el CIMS y su relación con la base de datos.

4.4 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACION DEL CIMS.

Un CIMS puede ofrecer beneficios muy significativos, como los siguientes:

- 1).- Incremento de la productividad.
- 2).- Minimiza el desperdicio de material.
- 3).- Mejor control sobre la calidad.
- 4).- Minimiza los costos de personal.
- 5).- Utilización más eficiente de la maquinaria.
- 6).- Reducción del inventario de productos terminados, ya que los niveles de producción son más flexibles.
- 7).- Reducción del inventario de productos en proceso.
- 8).- Reducción de las colas de espera.
- 9).- Mantiene un nivel de servicio adecuado con pocos productos terminados.
- 10).- Ajuste del número de máquinas de acuerdo a la demanda de producción.

- 11).- Minimiza errores humanos.
- 12).- Detección rápida de fallas en el sistema.
- 13).- Reducción del tiempo de maquinado.
- 14).- Reducción del paro de máquinas.
- 15).- Minimiza el número de operarios, debido a las máquinas automáticas que operan en el sistema.

III SISTEMA DE MANUFACTURA CELULAR (CMS)

3.1 SISTEMAS TRADICIONALES.

En general, existen cuatro sistemas de manufactura que han sido empleados durante muchos años en las empresas y que aún se siguen utilizando en muchas industrias. Dichos sistemas son los siguientes:

3.1.1 Taller de Trabajo. (proceso intermitente)

De los cuatro sistemas, éste es el más antiguo, el cual es un proceso de transformación en donde las unidades, para diferentes órdenes, siguen diferentes trayectorias o secuencias a través de los procesos o máquinas.

El taller de trabajo se caracteriza por el uso de equipo diseñado para fines generales y mano de obra altamente calificada; por lo tanto, son muy flexibles para cambiar de producto y volumen de producción, pero al mismo, esa flexibilidad les ocasiona graves problemas de control de inventarios, programación de actividades y calidad.

3.1.2 Taller de Flujo (proceso en línea)

Es un proceso de transformación en el cual las unidades sucesivas de salida sufren la misma secuencia de operaciones, por lo cual el producto debe estar bien estandarizado para fluir de una operación a la siguiente, de acuerdo con la secuencia ya establecida.

Se caracteriza principalmente por requerir equipo especializado, muy costoso y, además, un fuerte volumen de producción para recuperar el costo de este equipo. Por otro lado, resulta difícil y costoso hacer modificaciones en el producto o el volumen de producción y se corre el riesgo de enfrentarse con obsolescencia del producto y posibles cambios en la tecnología de procesos.

3.1.3 Taller de Proyecto (posición fija)

La forma de operar por proyecto, se usa para producir por lo general un producto único, el cual es muy grande (inmóvil) y requiere de una serie de tareas bien definidas que deben de ser concluidas en alguna secuencia especificada.

Las máquinas, materiales y el personal tienen que acudir al sitio o lugar del proyecto para ensamblar y procesar. El proyecto, generalmente es apoyado por un taller de trabajo o taller de flujo para abastecer componentes de partes y subensambles al proyecto.

3.1.1.4 Proceso Continuo.

En el proceso continuo, los productos (gases, líquidos o lechada) fluyen a través de una serie de procesos conectados directamente u operaciones que ligan a la materia prima (entradas) con los productos terminados (salidas).

Debido a que este sistema no maneja partes discretas, se encuentra aplicado en la industria química, del papel, acero, cerveza, etc. Representa el ideal del sistema de producción japonés Justo a Tiempo.

Las características de los cuatro sistemas de manufactura citados anteriormente se especifican en la tabla 3.1 la que representa una comparación directa entre los diferentes sistemas y características de cada uno de ellos.

Para las industrias que manejan partes discretas en sus procesos, lo más deseable sería que estas partes fluyeran idealmente como "agua" a través del sistema. La llave para realizar esta meta es ya una realidad, en la "planta de piso" son diseñados los procesos de manufactura y sistemas, de modo que se pueden producir lotes pequeños que nivelen el flujo de producción. El tamaño ideal de lote es uno.

Lo anterior, sugiere la alternativa de un quinto sistema de manufactura llamando: SISTEMA DE MANUFACTURA CELULAR.

El sistema de manufactura celular (CMS), es uno de los nuevos sistemas de manufactura que han surgido en años recientes. Ofrece ventajas de costo y control de calidad sobre los sistemas convencionales.

Fundamentalmente, este sistema agrupa máquinas, procesos y personas, dirigidos para manejar los requerimientos de un grupo específico de partes, obteniéndose a la salida el componente con las características deseadas.

Cabe señalar que el Sistema de Manufactura Celular aplica el concepto de Grupos Tecnológicos (GT). por consiguiente, es importante que dicho concepto sea comprendido; por tal efecto, se dará una explicación global de este tema en las páginas posteriores.

TABLA 2.1

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS BÁSICOS DE MANUFACTURA

CARACTERÍSTICAS	TALLER DE TRABAJO	TALLER DE FLUJO	TALLER DE PROYECTO	PROCESOS CONTINUOS
Tipos de máquina	Propuesta general flexible	Propuesta especial. Funciones sencillas	Propuesta general móvil	Propuesta especial
Diseño de los procesos	Función o proceso	Layout de producto de lujo	Proyecto o layout de posición fija	Por producto
Arreglo de tiempo	Largo, variable	Largo	Variable	Muy largo
Trabajadores	Función sencilla. Altamente experimentado (hombre-máquina)	Una función. Experiencia mínima	Experiencia en la función sencilla (hombre-máquina).	Pocos
Inventarios	Gran inventario para abastecer la gran variedad	Grande para abastecer el almacenamiento en buffer	Variable, usualmente materias primas	Pequeño en proceso
Tamaño de lote	Pequeño o medig	Gran lote	Lote pequeño	No aplicable
Tiempo de producción por unidad	Largo, variable	Corto, constante	Largo, variable	Corto, constante
Ejemplos de industrias de bienes	Taller de máquinas, herramientas y moldes	Fábricas de t.v. líneas de ensamblaje de autos	Ing. Naval, construcción de casas	Petróleo o procesos químicos
Ejemplo de industrias de servicios	Hospitales, restaurantes	Registro de colegios, cafeterías	Cine, espectáculos de televisión, casas de especulación	Cine, espectáculos de televisión

3.2 GRUPO TECNOLÓGICO (GT)

El Grupo Tecnológico es un sistema basado para resolver los problemas de reorganización involucrados en el establecimiento de los Sistemas de Manufactura Celular. Con la aplicación de este concepto, se hace posible el diseño de la célula de trabajo o célula de manufactura.

3.2.1 Definición.

La definición de Grupo Tecnológico dada por el profesor Solaja (1), es la siguiente:

Grupo Tecnológico es la comprensión de que muchos problemas son similares, de modo que al agruparlos, se puede encontrar una solución particular para el conjunto de problemas, y con ello, ahorrar tiempo y esfuerzo.

Para casos prácticos, una definición que puede ser más concreta es la siguiente:

El Grupo Tecnológico es un concepto o una filosofía de manufactura, el cual identifica y explota la semejanza de partes y procesos de operación en el diseño y manufactura.

La identificación de estas analogías, hace posible la agrupación de las partes dentro del grupo llamado familia de partes, que posteriormente requerirá operaciones y herramientas similares. El grupo de máquinas o células, ofrece las instalaciones auxiliares necesarias para manejar los requerimientos de una familia de partes. De este modo, la idea práctica de agrupar problemas similares es aplicada y trae consigo una reducción de costos através de:

(1) Instituto de Máquinas y Herramientas de la Universidad de Belgrado, Yugoslavia.

- Un diseño racionalizado y más efectivo.
- Recuperación de datos de diseño.
- Bajos inventarios de materias primas.
- Mejoras y simplificación en el proceso de planeación y control de la producción.
- Reducción de herramental.
- Reducción de tiempos de montaje (o instalación).
- Semilínea de flujo de producción, mediante grupos de máquinas o células.
- Menor inventario en proceso.
- Reducción del tiempo total de producción.
- Reducción de la programación de control numérico (NC).
- Mayor eficiencia en el uso de las costosas máquinas de NC y centros de maquinado.

3.3. FORMACION DE LA FAMILIA DE PARTES Y AGRUPACIONES DE MAQUINAS.

Familia de partes.- Es un grupo de partes relacionadas, teniendo algunas especificaciones similares.

De acuerdo a su similitud, las partes se agrupan dependiendo de lo siguiente (fig. 3.1):

- 1.- Forma geométrica similar.
- 2.- Compartir requerimientos similares de operación. Es decir, que utilicen las mismas máquinas y procesos, además, que el herramental presente analogías en cuanto al tipo, secuencias y requerimientos.

Al agrupar las partes de la familia, es importante considerar el número de parte y su frecuencia de manufactura.

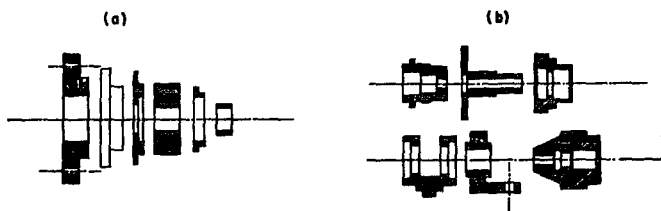


Fig. 3.1 Ejemplo de familias en partes.

- a) similar en forma
- b) procesos de fabricación similares.

3.3.1 Métodos Para Agrupar Las Partes.

La agrupación de las partes para formar la familia de partes, puede ser efectuada por los siguientes tres métodos:

- Inspección visual.
- Análisis del flujo de producción (PFA) *.
- Sistemas de clasificación y codificación.

* El PFA fue desarrollado por Burbidge, un pionero en la aplicación de las técnicas de G. T.

1.- El método de inspección visual es ineficiente, especialmente cuando se maneja un gran número de partes.

2.- El análisis del flujo de producción "PFA", estudia el movimiento de las partes a través del sistema de producción.

La ventaja de este método es que no es necesario utilizar un sistema de clasificación y codificación, pero si es indispensable estudiar la secuencia de operación y ruta de las partes a través de las máquinas y estaciones de trabajo en la planta. Por lo que se requiere que los datos de las hojas de ruta de operación sean muy confiables para obtener buenos resultados con este método.

Las partes se agrupan al tener en común operaciones y rutas formando así la familia de partes. De igual forma, las máquinas que intervienen en el procesamiento de una o varias familias de partes, formarán el grupo de máquinas o células.

3.- El sistema de clasificación y codificación a probado ser en diversos casos, el más exitoso. Para una clasificación adecuada se deben considerar el diseño y las características de producción. Por lo tanto, con este método cada componente es examinado y se le da un número de código que indica el valor de tal caracter, como dimensión, elementos y otras características especiales. Este sistema proporciona un significado efectivo para clasificar las partes codificadas, en formar familias de partes y en la especificación de parámetros de un sistema, sin considerar el origen o uso de las partes. Y además, resulta ser muy adecuado para las aplicaciones de CAM.

En la figura 3.2 se muestra la codificación de una pieza (pasador), usando un sistema de clasificación y codificación, y en la figura 3.3 se ilustra la agrupación de partes, usando también un sistema de clasificación y codificación.

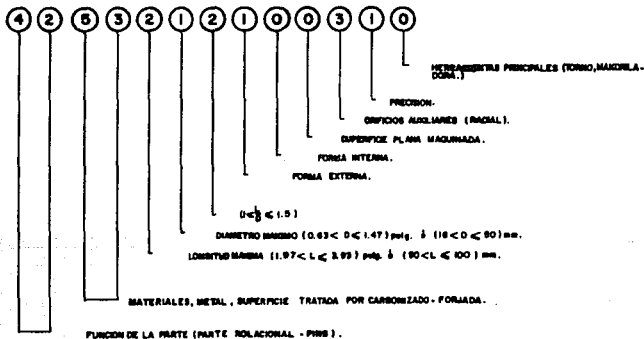
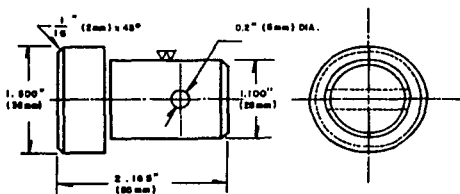
Fig. 3.2.- Ejemplo de una pieza codificada con el uso de un sistema de clasificación y codificación KK-I (Japonés).

Nombre: pasador (macho).

Material: acero (AISI-1020) barra redonda forjada.

Tratamiento: endurecimiento de superficie por carbonizado/acabado fino.

Operaciones: torneado y orificios barrenados.



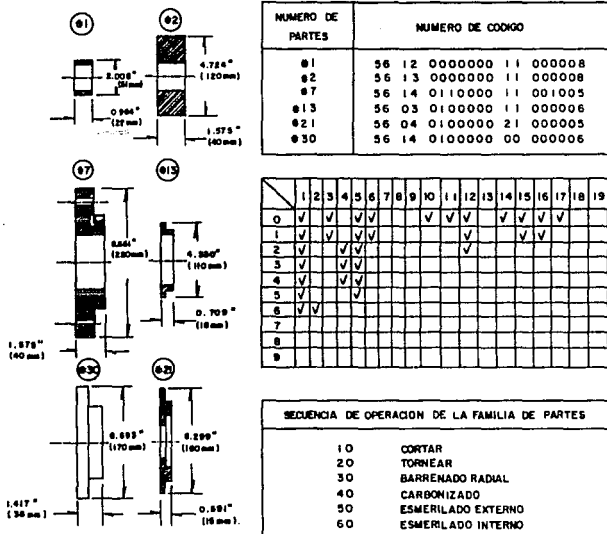


FIG. 3.3 AGRUPACION DE LA FAMILIA DE PARTES USANDO UN SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION.

3.4 LAYOUT CELULAR

Basicamente, podemos encontrar tres tipos de distribución de planta y son los que a continuación se listan:

- Layout en línea de producción en masa.
- Layout funcional o por proceso.
- Layout en grupo o celular.

Para nuestros propósitos, hablaremos sólo del Layout Celular (figura 3.4).

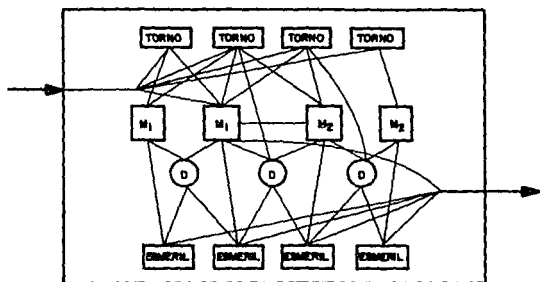
En el layout celular las máquinas se agrupan siguiendo el flujo de trabajo en células, para diferentes procesos tecnológicos. El arreglo de las máquinas se hará en una semilínea de flujo para minimizar la distancia de transporte y los problemas de espera. El resultado es análogo al moderno y costoso centro de maquinado de control numérico.

La diferencia de los otros layouts con el celular, radica en que los arreglos de máquinas aquí, se harán en pequeñas líneas por agrupamientos tecnológicos, no por producción sino por piezas (o partes).

El maximizar la utilización de las máquinas en la célula, es de vital importancia y se puede lograr mediante:

- Ampliando las familias de partes básicas, agregando partes de un tipo similar, o fusionando dos o más familias.
- Maquinando de dos a más familias de partes en el mismo grupo de máquinas.

LAYOUT FUNCIONAL



LAYOUT CELULAR

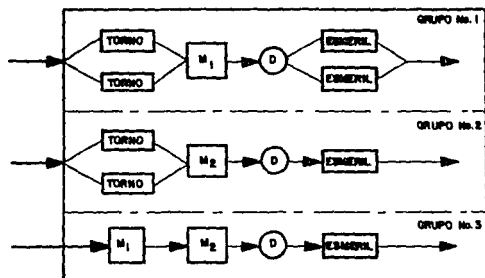


FIG. 3.4 LAYOUT FUNCIONAL Y LAYOUT CELULAR

Con la ayuda de un buen sistema de clasificación y codificación, será menos difícil la selección de las máquinas que formarán la célula para procesar a una o más familias de partes. Incluso con la técnica del " PFA ", usada para agrupar a las partes dentro de la familia, también se puede formar el grupo de máquinas o célula.

Con el propósito de ilustrar el método del " PFA ", se dará a continuación un ejemplo sencillo.

Ejemplo:

Primeramente, la fábrica X cuenta con las siguientes máquinas:

2 fresadoras.

2 esmeriles.

2 taladros.

2 máquinas cortadoras para metal.

1 torno.

1 máquina pulidora.

1 troqueladora.

En la tabla (3.2), se muestran las siete rutas para quince partes. Si no hay una reducción de partes, entonces se considera que estas rutas representan a las familias de partes. Pero hay que observar que en este ejemplo, la selección de las familias de partes fué hecha en base a rutas totalmente iguales.

La selección de las familias de partes, también puede significar la selección de las células. Por ejemplo, si se decide que de las siete rutas únicas, ahora se reducirán a cinco familias de partes (tabla 3.3), la reducción de las rutas únicas 5, 6 y 7 dentro de la familia de partes, dictará el grupo de máquinas para procesar a la familia.

Las máquinas necesarias para procesar a esta familia (5) son : una fresadora, un torno y un taladro. Como la operación de torno, es un paso de proceso que utilizan todas las partes de la familia, entonces la combinación de las rutas únicas 5, 6 y 7 se considera importante.

Tabla 3.2.- Análisis del flujo de producción

Partes	Máquinas						RUTAS UNICAS	
	A-B	C	D	E-F	G	H-I		J-K
a					*	*	*	1
f					*	*	*	
l					*	*	*	
c				*	*	*	*	2
e				*	*	*	*	
o				*	*	*	*	
b			*			*	*	3
d			*			*	*	
g			*			*	*	
m	*					*	*	4
n	*					*	*	
h	*	*						5
k	*	*						
j		*		*				6
i	*	*		*				7

Tabla 3.3.- Configuración de grupo de máquinas y familias de partes.

partes	código	familia de partes	células	máquinas
a, f, l	5, 6, 7	1	1	esmeril. maq. coq tadora. pulido- ra. fresado- ra.
c, e, o	4, 6, 7	2		
b, d, g	3, 6, 7	3	2	esmeril. maq. coq tadora. pulido- ra. fresado- ra.
m, n	1, 6, 7	4		
n, k	1, 2	5	3	taladro. torno. fresado- ra.
j	2, 4			
i	1, 2, 4			

3.5 SELECCION DEL GRUPO DE MAQUINAS.

Con la creación de la familia 5, el número de máquinas en el taller, especialmente los esmeriles y las máquinas cortadoras, juegan un papel muy importante en la selección del grupo de máquinas. Observe, que de la familia de partes 1 hasta la 4, emplean un esmeril y una máquina cortadora; como sólo hay dos máquinas de cada tipo en el taller, el establecer un grupo de máquinas para cada familia de partes, está fuera de alcance, sin la inversión de capital en esmeriles y máquinas cortadoras.

Una forma de resolver este problema, es combinar el proceso de varias familias de partes en un grupo de máquinas. Por ejemplo, un grupo de máquinas único, el cual incluye: una fresadora, una máquina cortadora, una pulidora y un esmeril, es capaz de procesar a las familias de partes 1 y 2. De igual forma, si se establece otro grupo de máquinas, formado por un taladro, una troqueladora, un esmeril y una máquina cortadora se procesará a las familias de partes 3 y 4.

La forma para agrupar máquinas que se presenta en este ejemplo, no es la única, ya que se pueden hacer otras combinaciones. Ahora, el criterio empleado fué de acuerdo a la utilización del equipo en el taller.

Cabe señalar, que se utilizó un sistema de codificación de tres dígitos. Por ejemplo, los códigos que indican el flujo del proceso de troqueladora (3), esmeril (6) y cortadora (7), se combinan dentro de un código numérico de 367.

3.6 SISTEMA DE CLASIFICACION Y CODIFICACION.

El sistema de clasificación y codificación es un requisito para la implementación de CI, es también decisivo para que tal implementación resulte efectiva.

La clasificación es una herramienta muy poderosa, ya que permite en forma rápida, el manejo de cantidades inmensas de datos.

Se han desarrollado diversos sistemas de clasificación y codificación, pero todavía no hay un sistema universal, debido a que cada compañía tiene sus propios requerimientos específicos.

En general, hay tres formas básicas de los sistemas de clasificación y codificación para la aplicación actual de CI:

- Estructura jerarquizada (monocódigo).
- Estructura de carácter dígito fijo (policódigo).
- Estructura combinada (multicódigo).

El primer sistema es muy compacto y se construye como un diagrama de árbol, donde cada dígito amplía la información del dígito anterior. Aunque su estructura es compacta, propugna un análisis extensivo de los artículos clasificados.

Es muy efectivo en la captura de datos y ha sido muy usado en los departamentos de diseño e ingeniería.

El segundo sistema, también llamado policódigo, es muy usado en el área de producción para clasificar máquinas-herramientas, procesos de producción, instrumental, etc. Es menos compacto que el anterior; en su estructura de código, la posición de un dígito representa información independiente y no está directamente relacionada con la información dada por los otros dígitos.

Para su construcción, es necesario especificar todos los artículos en el código, por lo que este tipo de sistema requiere de un largo número de dígitos.

En la práctica se utiliza una combinación de estos dos sistemas.

Un código, está formado por uno o más símbolos, al que se asigna arbitrariamente un significado y/o un arreglo dado.

Los tipos de símbolos utilizados en la codificación son los siguientes:

1.- Símbolos jeroglíficos.

2.- Alfanuméricos y Mnemotécnicos. En este tipo de símbolos podemos encontrar las siguientes variantes (con su correspondiente número de dígitos que puede contener):

<u>TIPO DE SIMBOLO</u>	<u>NUMERO DE DIGITOS</u>
A) Numérico	10
b) Literales	20 (excepto 1,0,S,Z,Q)
c) Alfanumérico	30 (combinado)
d) Hexadecimal	16 (0-9 y A-F)

Un adecuado sistema de clasificación y codificación, diseñados para la implementación de GT, debe de satisfacer varios requisitos, así como proporcionar muchos beneficios como los que se enlistan a continuación:

1.- Formación de las familias de partes y células.

2.- Recuperación efectiva de diseños/planos y planeación de procesos/rutas.

- 3.- Racionalización del diseño y reducción de costos de diseño.
- 4.- Estandarización del diseño de producto.
- 5.- Estadísticas confiables de la pieza en elaboración.
- 6.- Estimación exacta de los requerimientos de máquinas-herramientas, carga de máquina racionalizada e inversión de capital optimizado.
- 7.- Racionalización del montaje de herramental y reducción del tiempo y costo por diseño y fabricación del mismo.
- 8.- Estandarización del herramental y de las rutas del proceso.
- 9.- Racionalización de la planeación y programa de producción.
- 10.- Exactitud en la contabilidad de costos y estimación de costos.
- 11.- Mejor utilización de máquinas-herramientas, dispositivos para herramientas y fuerza de trabajo.
- 12.- Adelanto en la programación NC, y uso efectivo de máquinas y centros de maquinado.
- 13.- Establecimiento de una base maestra de datos.

3.7 RACIONALIZACION DEL DISEÑO.

3.7.1.- Recuperación de Datos de Diseño.

El sistema de clasificación y codificación, facilita un programa de reducción y estandarización de partes, del cual se obtienen grandes beneficios.

En el área de diseño, es necesario utilizar un buen sistema de clasificación y codificación. Si se implementa satisfactoriamente en dicha área, proporcionará un método simple, sistemático y eficiente para almacenar la información en forma organizada.

Tal aplicación en el diseño, conduce a la obtención de grandes ahorros. El más significativo de estos ahorros resulta de la racionalización del diseño, a través de una efectiva recuperación de datos del diseño.

El sistema provee lo necesario para la recuperación de datos del diseño (dibujos, especificaciones, datos geométricos, materiales, etc.). Con la ayuda de un código, se llama a toda la información referente a una familia de partes.

El sistema de recuperación de datos del diseño, se puede procesar manualmente o por computadora. Además, proporciona los siguientes aspectos importantes:

- 1.- El agrupamiento de las partes de la familia para la racionalización del diseño.
- 2.- Recuperación de la información existente en diseño, para nuevas aplicaciones, modificaciones y referencias.
- 3.- Estandarización de las características del diseño, especificaciones y materiales.

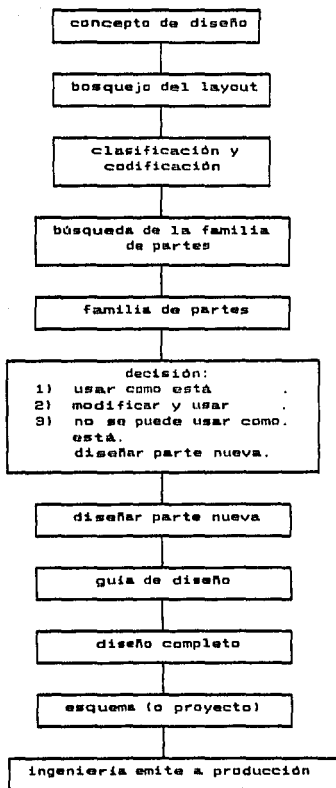
- 4.- Perfeccionamiento para superar el diseño.
- 5.- Eliminación de diseños duplicados.
- 6.- Simplifica la estimación del costo efectivo.

Estos aspectos, ayudan notablemente para la racionalización del diseño.

En la figura No. 3.5, se ilustra un diagrama de flujo para el sistema de recuperación de datos de diseño (aplicando el concepto de GT).

Con la racionalización del diseño, se logran diversos ahorros, a través de la estandarización del diseño, mejoramiento del diseño y mayor productividad en las actividades del diseño, en general.

Fig. 3.5 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA RACIONALIZACION DEL DISERO.



3.6 ESTANDARIZACION.

Cuando ya han sido clasificadas las partes, entonces es posible analizar la población de partes en la familia de partes.

Las partes que pertenecen a una familia específica, pueden ser seleccionadas para identificar los diseños estándar. Sin embargo, hay que señalar, que tal estandarización se puede realizar cuando una familia de partes, ha sido elaborada para identificar claramente los caracteres estándares.

Pero si las partes han sido diseñadas independientemente, sin ningún significado de agrupación dentro de la familia de partes, entonces es muy complicado identificar las duplicaciones inútiles y analogías obvias entre las partes.

En la figura 3.6 se ilustra la familia de partes de una arandela. Observando la figura, se pueden reconocer las partes estándar basadas en la frecuencia de utilización de esta familia de partes.

En varias ocasiones, se presenta el caso en que la mayoría de las partes de la familia, tienen una pequeña variación en tamaño, forma y caracteres. En tales casos, una parte seleccionada de la familia, ayuda no sólo en la identificación de dichas analogías, sino que también, en la prevención de una variedad inútil a través de la estandarización efectiva.

Se puede alcanzar un alto nivel de estandarización, con la familia de partes y un sistema adecuado de recuperación de datos.

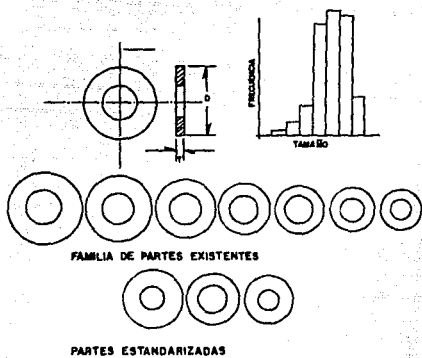


FIG. 3.6 ESTANDARIZACION DE PARTES

3.9 GRUPO HERRAMENTAL.

3.9.1 Parte Compuesta.

La parte compuesta (Fig. 3.7), es de gran ayuda para la estandarización de partes, estandarización de proceso, agrupación de máquinas, diseño de plantillas, dispositivos de sujeción en la planeación del montaje, programación NC de la familia de partes, etc.

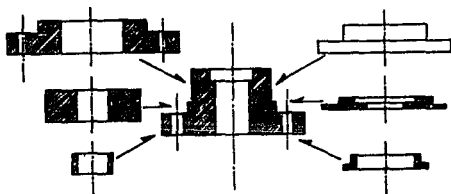


Fig. 3.7 Parte compuesta.

En la figura superior, se ilustra un grupo de partes representado por una parte compuesta. Observe, que ésta posee todas las formas características y rasgos del proceso de la familia de partes de la figura 3.8 a y figura 3.8 b

3.9.2 Diseño y Montaje del Grupo Herramental.

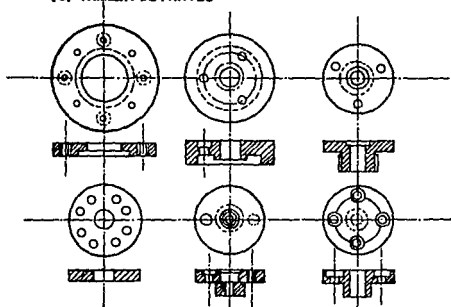
Si se desea obtener la máxima utilización de los montajes del herramental, el herramental utilizado en las operaciones comprendidas en una familia de partes, debe ser diseñado de forma tal, que todas o la mayoría de las partes de la familia, puedan ser procesadas con un grupo de guías o dispositivos. Estos, están diseñados para aceptar a cada miembro de la familia de partes, utilizando adaptadores para ajustar algunas variaciones pequeñas que presenten las partes.

En la figura 3.8, se presenta el ejemplo de un grupo de guías para el barrenado de una familia de partes. Para efectuar los seis orificios de las partes de esta familia, se utilizarán sólo un grupo de guías y además seis adaptadores diferentes para ajustar algunas diferencias en la ubicación, tamaño y número de los orificios; así como la forma y tamaño de las partes.

En cambio, aplicando en este ejemplo el método de producción convencional, sería necesario diseñar y fabricar seis guías de barrenos individuales, que resultan ser más costosas que el grupo de guías y seis adaptadores.

En las máquinas automáticas, el montaje de herramental es sólo cuestión de seleccionar y montar el herramental indicado, para el maquinado de una familia de partes (con su código correspondiente). Ello conduce a la reducción de tiempos muertos entre los trabajos.

(a) FAMILIA DE PARTES



(b) GRUPO DE GUÍAS PARA EL BARRENADO

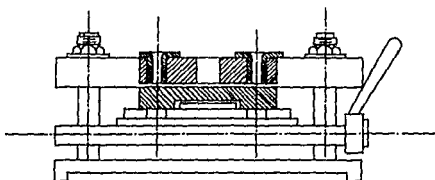


FIG. 8

DISEÑO DEL GRUPO HERRAMENTAL PARA UNA FAMILIA DE PARTES.

3.10 PROGRAMACION DE LA PRODUCCION DEL G. T.

La programación de la producción, es una de las áreas de mayor aplicación de GT. En ella, se tienen que considerar aspectos muy importantes como: secuencia óptima de los trabajos, carga y balances de línea, y planeación de requerimientos de materiales. El primero de estos puntos, juega un papel muy importante, sobre todo que los conceptos de layout celular y el de una familia de partes facilitan la secuenciación óptima.

GT simplifica notablemente la programación de la producción. Si las familias se han formado correctamente, entonces con su número de código, cada trabajo indicará el grupo de máquinas que serán utilizadas para procesarlo. Aún, el problema de programación se vuelve a reducir dentro de las máquinas, para simplemente programar los trabajos dados a través de las máquinas en la célula.

Al programa de producción asociado con GT, también se le llama programa del grupo. Si el programa se combina, con una reducción del tiempo de montaje y en transportación, los costos se reducirán substancialmente. Uno de los beneficios que saltan a la vista, es la reducción del tiempo total de producción, ya que con ello, se puede aproximar a una demanda más uniforme, originando una reducción en los inventarios y producir las partes según el programa.

Por lo tanto, con un programa más confiable, el personal de ventas puede garantizar las fechas de entrega.

En sí, la aplicación de GT en el programa de producción, brindará los siguientes beneficios:

- 1.- Reduce los costos y tiempos de montaje.
- 2.- Permite la determinación de la secuencia del trabajo.
- 3.- Permite el flujo de línea de producción.

4.- Optimiza el layout celular.

5.- Proporciona ventajas económicas.

En el layout celular, el tiempo de transportación es mínimo, por lo que se puede considerar despreciable para el problema de secuenciación. La cola o tiempo de espera para procesar una parte a través de una estación de trabajo determinada, se vuelve predecible y se mantiene el control del proceso de manufactura.

A pesar de todas las ventajas que ofrece el layout celular, el problema de encontrar una secuenciación óptima para una familia de partes y un grupo de máquinas o célula, no es una labor sencilla. Ya que para "n" trabajos y "m" máquinas, existen $(n!)^m$ combinaciones de las secuencias de operación, suponiendo que las operaciones pueden ser ejecutadas en orden arbitrario.

Si los trabajos se agrupan dentro de las familias de partes y son procesados como grupos a través de un grupo de máquinas, entonces los problemas de secuenciación óptima de operaciones y carga de máquina, son más fáciles de solucionar a comparación del taller de trabajo.

Cuando una familia de partes es asignada a un grupo de máquinas o célula, el problema se reduce a $(n!)$. Sin embargo, todavía falta programar esos trabajos una vez asignado a un grupo de máquinas o célula.

La carga de máquina y la variedad de los productos, son grandes problemas en el área de la planeación de la producción. Se han desarrollado una gran variedad de modelos matemáticos y algoritmos para la secuenciación óptima y carga de máquina. La mayoría de éstos están dirigidos al problema de taller de trabajo.

El programa de grupo tiene algunos aspectos específicos que difieren de los problemas convencionales de programación. Estos aspectos se resumen a continuación:

- 1.- Optimización de la carga de maquina y de la secuenciación del trabajo y grupos.
- 2.- Posibilidad de un diseño del taller de flujo.
- 3.- Reducción de costos y tiempo de montaje.
- 4.- Ahorros económicos.

J.10.1 Algoritmos Para el Programa de Grupo.

Hay dos modelos básicos de secuenciación óptima para U1 y son los siguientes:

- 1.- Secuenciación para una familia de partes única.
- 2.- Secuenciación para una serie de familias de partes.

J.10.2 Secuenciación para una familia de partes única.

El programa de grupo puede ser analizado en un sistema de multiestaciones de manufactura. En el caso de múltiples trabajos de manufactura agrupados dentro de varias familias de partes, las secuencias óptimas de trabajos y de grupo pueden ser determinadas por medio de varios métodos (p. e. los métodos heurísticos).

Para explicar los métodos de secuenciación óptima para el programa de grupo, se muestra un ejemplo simple usando un algoritmo heurístico desarrollado por Petrov y modificado por Ilan.

Los datos de la tabla 3.4, se utilizan para encontrar la secuencia óptima de trabajos procesados a través de cuatro máquinas para una familia de partes única, para minimizar el tiempo total de producción.

trabajos	Máquina (hr)			
	M1	M2	M3	M4
J1	17	10	15	10
J2	8	6	21	7
J3	16	14	15	4

tabla 3.4

Con el uso del algoritmo heurístico, se puede encontrar fácilmente que la secuencia óptima de trabajo es J2-J1-J3. Los tiempos totales de producción para las posibles combinaciones son los siguientes:

$$J1 - J2 - J3 = 95 \text{ hr.}$$

$$J1 - J3 - J2 = 90 \text{ Hr.}$$

$$J2 - J1 - J3 = 74 \text{ hr.}$$

$$J2 - J3 - J1 = 79 \text{ hr.}$$

$$J3 - J1 - J2 = 89 \text{ hr.}$$

$$J3 - J2 - J1 = 91 \text{ hr.}$$

Observe, que la secuencia óptima de trabajo (J2-J1-J3) es la que cuenta con el tiempo más corto de producción, comparado con las demás secuencias. En los diagramas de Gantt de la figura 3.9 se puede observar la secuencia óptima de trabajo con un tiempo de 74 horas.

Este método de secuenciación, está basado en el "Método de Secuenciación Sucesiva Unidireccional", donde una familia de partes es procesada como un grupo y transferida de una estación de trabajo a otra, COMO UNA PARTE.

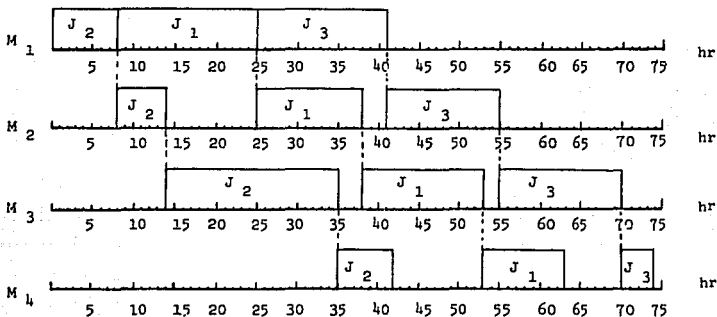


Fig. 3.9 Diagramas de Gantt para la secuencia J2-J1-J3 aplicando el método de Secuenciación Sucesiva Unidireccional (Grupos Tecnológicos).

Sin embargo, cuando una familia de partes es procesada a través de un grupo de máquinas/células designadas, donde las partes son transferidas de una estación de trabajo a otra, COMO UNA PARTE; entonces, se trata del método de Secuenciación Paralela Unidireccional en donde el tiempo total de producción se puede reducir más, ahora a 59 horas como se puede observar en la figura 3.10, en donde se muestran los diagramas de Gantt para cada máquina.

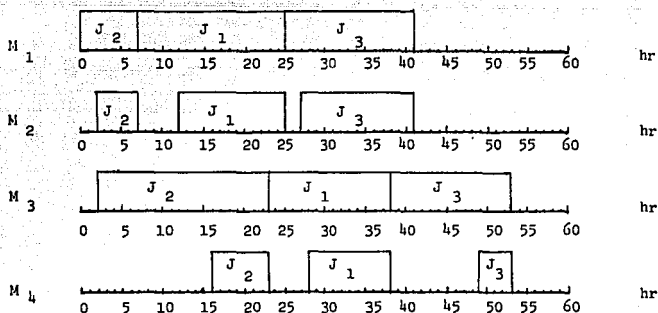


Fig. 3.10 Diagramas de Gantt para la Secuenciación Óptima del trabajo.

"Método de Secuenciación Paralela Unidireccional" (Grupos Tecnológicos).

En comparación con los otros métodos de secuenciación, el método de secuenciación paralela, ofrece una reducción de 21 horas comparado con la secuenciación obtenida por el método de secuenciación sucesiva. Y si se compara con el método más largo de secuenciación, se observa una reducción de $(91 - 53) = 38$ horas.

Con el sencillo ejemplo, se muestra que el programa de grupo es más efectivo y conduce a un mínimo tiempo total de producción. Además, se demuestra que un grupo de máquinas ofrece una reducción adicional en el tiempo total de producción, haciendo posible la secuenciación paralela.

3.11 SECUENCIA OPTIMA PARA UNA SERIE DE FAMILIAS DE PARTES.

El análisis de programa de grupo para multiproductos y sistemas de manufactura de multi-etapas con más de una familia de partes se demuestra con los datos de la tabla 3.5, utilizando el método de RAMA y LIMITE.

El método de RAMA Y LIMITE está basado en que todas las secuencias se pueden representar por una estructura de árbol, con una raíz (u origen), ramas y nodos.

GRUPO	G 1	G 2	G 3
TRABAJO	J J 11 12	J J J 21 22 23	J J J 31 32 33
MONTAJE/TIEMPO DE PROCESAMIENTOS (HORAS)	S P P S 1 11 12 2	P P P S 21 22 23 3	P P P 31 32 33
M1	5 5 7 3	2 4 3 7	2 1 9
M2	5 5 1 6	3 2 8 3	2 8 2
M3	4 3 8 4	1 6 5 1	7 4 5
FECHA OPORTUNA	d d 11 12 46 37	d d d 21 22 23 28 35 80	d d d 31 32 33 18 24 52

Tabla 3.5

Para modelar el programa de grupo se establecerán las siguientes consideraciones:

1) Procedimiento de ramificación.

Nodo de grupo: Es un nodo en el cual "r" grupos son seleccionados de "m" grupos y secuenciados.

$$N_r = G_1, G_2, \dots, G_r$$

Nodo de trabajo: Es un nodo en el cual "s" trabajos son seleccionados de "n" trabajos pertenecientes a "G" y secuenciados.

$$N_{rs} = J_{r1}, J_{r2}, \dots, J_{rs}$$

2) Procedimiento de limitación.

$$LB(N_{rs}) = \max_{1 \leq k \leq K} \left(F_{N_{rs}}^{k'} + F_{N_{rs}}^{k''} \right) \dots (1)$$

Donde:

k = Número de máquinas.

k' = Tiempo de procesamiento para los grupos y trabajos ya secuenciados.

k'' = Tiempo de procesamiento para los grupos y trabajos que todavía no están secuenciados.

El algoritmo para determinar simultáneamente las secuencias óptimas de grupo y trabajo, con el uso del límite inferior dado por la ec. (1) se puede obtener con los siguientes pasos:

- 1) Haga $r = 1$.
- 2) Haga $s = 1$ y proceda a hacer los nuevos nodos de trabajo N_{rs} .
- 3) Si $N_i - s = 1$ para los nuevos nodos de trabajo, haga $s = N_i$.
- 4) Calcule los límites inferiores $LB(N_{rs})$ para los nuevos nodos de trabajo.
- 5) Seleccione el nodo de trabajo teniendo el mínimo $LB(N_{rs})$ entre los nuevos nodos de trabajo aún no ramificados (en caso de empate tomar el nivel más alto, con valores grandes de "r" y "s" y que se encuentre más hacia la izquierda).
- 6) si $s = N_i$ (donde el índice de trabajos es denotado por $J = 1, 2, \dots, N_i$) para el nodo seleccionado, pase al punto 7. De otra forma, pase al punto 3.
- 7) Haga $s = s + 1$, ramifique del nodo actual y haga nuevos nodos de trabajo N_{rs} y regrese al paso 3.
- 8) Si $r = M$ (donde el índice de grupo es denotado por $i = 1, 2, \dots, M$), entonces haga $r = r + 1$ y regrese al paso 2. Si no ocurre lo anterior, el límite inferior es el mínimo tiempo de flujo total y se habrá obtenido el programa óptimo.

La solución de este problema se muestra en la tabla 3.6 y en la figura 3.11.

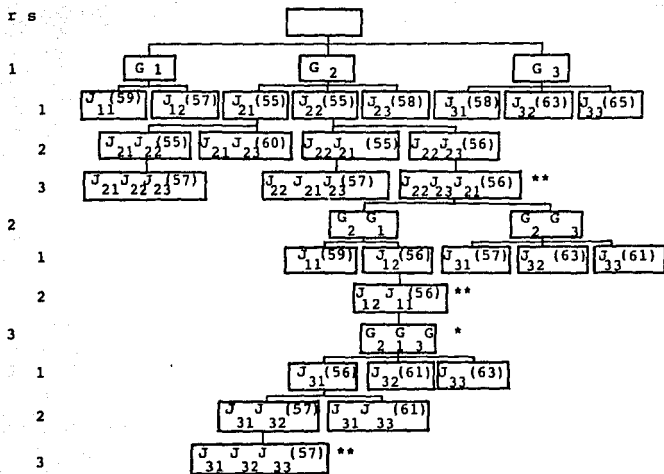


Fig. 3.11 Solución para la secuencia óptima de grupo y de trabajo por el método de "Rama y Limite" (La marca * indica la secuencia de grupo óptima y la marca ** indica la secuencia de trabajo óptima en cada grupo).

TABLA 3.6 SOLUCION OPTIMA PARA EL TIEMPO DE PRODUCCION MINIMO.

SECUENCIA DE GRUPO	G2	G1	G13
SECUENCIA DE TRABAJO.	J22-J23-J21	J12-J11	J31-J32-J33

3.12 MAQUINAS DE CONTROL NUMERICO (NC).

La adecuada implementación de GT puede hacer económicamente factible el uso del costoso equipo automático como las máquinas NC. El control numérico de las máquinas-herramientas permite maquinar económicamente pequeños lotes de componentes con una reducción en el tiempo de montaje. De modo que si combinamos NC con GT, podremos alcanzar grandes beneficios.

Una de las aplicaciones importantes de los G.T., es un desarrollo del "software" de maquinado NC llamado "programación de la familia de partes". Esta programación es un sistema de programa de NC que agrupa elementos de programa comunes o análogos dentro de un programa maestro de computadora o preprocesador, que es una base permanente, donde una cinta de NC puede ser preparada para cualquier parte de la familia. Por lo tanto, la programación de la familia de partes aumenta la producción de las costosas operaciones de NC, mediante el ahorro del tiempo de programación, de la fuerza de trabajo, menor inventario de herramientas, simplificación en el mantenimiento y reducción del tiempo principal.

Por sus características, los centros de maquinado NC son capaces de hacer el trabajo de varias máquinas-herramientas convencionales, por lo que se les puede considerar como grupos de máquinas o células.

3.13 VENTAJAS POTENCIALES DE LAS APLICACIONES DE GT.

3.13.1 Ingeniería de Diseño.

- 1.- Un sistema de clasificación y codificación bien diseñado, proporciona un archivo de ingeniería de diseño para un efectivo diseño de datos del producto y para un eficiente sistema de recuperación de datos.

- 2.- Un esquema de clasificación, mejora la estandarización de los diseños funcionales y con ello, evita la duplicación de diseños inútiles y variedad de los mismos.
- 3.- Un efectivo sistema de recuperación del diseño, da lugar a la racionalización del diseño, el cual conduce a un ahorro significativo de costos en el diseño, en particular para el diseño de nuevas partes.
- 4.- Se obtienen inmediatamente los ahorros resultantes de un sistema efectivo de recuperación de datos del diseño y de la racionalización del diseño.
- 5.- Un sistema de clasificación y codificación provee información completa y exacta, necesaria para formar la familia de partes; habiendo un número práctico y razonable de partes en una familia de partes en particular.
- 6.- Con la formación de la familia de partes, se desarrollará un archivo de la parte compuesta, con la ayuda del diseño y desarrollo, de componentes compuestos.
- 7.- En la utilización de un sistema de clasificación y codificación, los datos serán suministrados de la evaluación de la capacidad de manufactura, análisis del valor e ingeniería de métodos.
- 8.- Las agrupaciones de la familia de partes, ayuda a identificar las partes que serán compradas, fabricadas o ensambladas.
- 9.- Los cambios de ingeniería, pueden ser incorporados fácilmente dentro del sistema.
- 10.- Los sistemas avanzados de clasificación y codificación, pueden llegar a ser una parte integral de un plan generativo del diseño ayudado por computadora.

3.13.2 Planeación y Control de la Producción.

- 1.- Un sistema de clasificación y codificación, proporcionará lo necesario para una segunda y rápida recuperación de los planos del proceso, con todos los tipos de partes y ensambles, y las rutas estándares para las familias de partes.
- 2.- Las rutas estándares para la familia de partes, conduce al diseño efectivo del grupo de herramientas para grupos de familias, programas de NC para la familia de partes, y grupos de montaje para las familias de partes.
- 3.- Los archivos de la familia de partes, proporcionan la información básica para la planeación del proceso computarizado.
- 4.- El control de la producción se simplifica y se ejecuta eficientemente, bajo el ambiente de OT.
- 5.- El programa de producción es simplificado por la programación de los grupos/células, para el procesamiento de familias de partes.
- 6.- El inventario en proceso puede ser reducido, debido a la mínima transportación entre los procesos y a menos tiempo de espera, usando los métodos del programa de grupo.
- 7.- La aplicación correcta de los métodos del programa de grupo, da como resultado la reducción del tiempo total de producción.
- 8.- Un programa apropiado para los grupos de familias de partes, asegura la reunión de las fechas de distribución, así como el mejoramiento de la posición competitiva de la empresa, asegurando una rápida entrega y mejores relaciones con el cliente.

- 9.- Utilizando el programa de grupo integrado, con la planeación de requerimientos de material (MRP), se obtiene un control más efectivo del programa de producción e inventario para un mejor balance del stock.
- 10.- Se logra una reducción de la inversión del trabajo en proceso, a través de la disminución del inventario en proceso.
- 11.- La carga de máquina es más eficiente, a través de la agrupación de la familia de partes y grupo de máquinas/célula, se proporcionará una base para la justificación económica de las costosas máquinas-herramientas, tales como los centros de máquinas de NC.
- 12.- La utilización de hombre/máquina se mejora con la aplicación de GT.

3.13.3 Manufactura.

- 1.- Un sistema de clasificación y codificación y/o el análisis del flujo de producción (PFA), dará los datos significativos para formar los grupos de máquinas/células que procesarán a las familias de partes, con las oportunidades de los mejores métodos de ingeniería de manufactura.
- 2.- Las agrupaciones de la familia de partes por caracteres de manufactura, proporcionará los datos para el mejoramiento del layout de la planta.
- 3.- El layout celular de los grupos de máquinas/célula, puede mejorar la utilización del espacio de la planta.

- 4.- La agrupación de máquinas o la formación de células para procesar las familias de partes, proporciona una línea de flujo, y por consiguiente, se reducirá el tiempo de espera del proceso y la transportación.
- 5.- El concepto del componente compuesto proporcionará para la familia de partes, las bases para el diseño del grupo de herramental y montaje, la agrupación de las células de máquina, y la programación de NC para las familias de partes.
- 6.- La utilización del grupo herramental para procesar las familias de partes, reducirá el montaje total para una familia de partes.
- 7.- El tiempo de producción actual, se reducirá por medio del uso efectivo de los métodos del grupo herramental.
- 8.- La ingeniería de herramental, puede ser realizada sobre una base racional, por medio del uso efectivo de los datos codificados relacionados a las partes del producto, procesos de manufactura y herramental existente.
- 9.- Los costos del herramental se reducirán notablemente, mediante el diseño del grupo de herramientas y montajes.
- 10.- Con la agrupación de la familia de partes y un apropiado programa de grupo, se puede hacer económicamente factible el uso de un sofisticado equipo automático, máquinas de NC y centros de maquinado, a través del mejoramiento de la eficiencia de la carga de máquina.
- 11.- Las partes adaptables para centros de máquinas de NC y centros de multi-estación de maquinado; puede ser identificada del archivo de datos de la familia de partes.

12.- La programación de la familia de partes con máquinas de NC, reduce uno de los costos principales en las operaciones de NC.

13.- Las aplicaciones de GT, habilita la operación más eficientemente de los sistemas de manufactura de la multi-estación con centros de maquinado de NC y robots industriales.

9.13.4 Administración.

1.- Los sistemas productivos integrados ofrecen para la aplicación de G.T., una cooperación más efectiva entre los departamentos de la compañía.

2.- La moral de los trabajadores en la célula es más elevada y da por resultado una productividad elevada.

3.- La supervisión de un grupo celular puede ser más efectiva, ya que el supervisor tiene un conocimiento inmediato de la condición de los trabajos en el grupo.

4.- Los trabajadores en el grupo celular tienden a ser más conscientes de su labor y entienden mejor las operaciones que se requieren, el estado actual del trabajo en proceso y flujo del trabajo. Este conocimiento, conduce a una elevada calidad del trabajo y eficiencia, comparado con la operación convencional de lote.

5.- El mejoramiento en las relaciones industriales, es obtenido por el sistema de producción en grupo, el cual ofrece más satisfacción en el trabajo.

6.- Una gran cantidad de costos puede ser reducida, como resultado de una mejor utilización de empleados, instalaciones y espacio.

- 7.- Reducción del costo total siempre y cuando la aplicación de GT sea eficiente.
- 8.- Una adecuada implementación del concepto de GT, proporciona una justificación económica para nuevas inversiones de capital.
- 9.- La reducción en la variedad de materias primas y artículos comprados, se puede lograr mediante una reducción de la variedad de partes y materiales comprados, por los agrupamientos efectivos de la familia de partes.
- 10.- Un sistema de clasificación y codificación bien diseñado, constituye una forma del dato universal, el cual puede ser utilizado en los diversos departamentos y se puede integrar fácilmente dentro de la base de datos maestra.
- 11.- GT ofrece los medios para el flujo del trabajo apropiado y el establecimiento de centros de costo, proporcionando hombres y carga de máquina muy eficientes.
- 12.- GT puede tener un rango extenso de impactos favorables, sobre todo en los empleados de producción, debido al ambiente que brinda una gran satisfacción en el trabajo, a la gran participación del trabajador en la generación de decisiones, ampliación y enriquecimiento del trabajo.

3.14 POSIBLES DESVENTAJAS EN LAS APLICACIONES DE GT.

- 1.- Una gran cantidad de gastos y tiempo, que posiblemente estén comprendidos en la instalación y mantenimiento del sistema de clasificación y codificación.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- 2.- Se puede requerir personal adicional para operar y mantener un sistema de clasificación y codificación.
- 3.- El costo de la adaptación de archivos y diagramas, para ajustarse a un nuevo sistema de clasificación y codificación, puede ser muy elevado y consume tiempo.
- 4.- La disponibilidad actual de los sistemas de clasificación y codificación, posiblemente no satisfagan varias necesidades para todos los aspectos de las funciones de la compañía. Por lo tanto, puede ser necesario complementar un sistema actual con códigos adicionales o desarrollar un nuevo sistema de codificación.
- 5.- Cuando la cooperación y coordinación entre los departamentos de diseño y de manufactura es deficiente, la implementación de GT es comúnmente difícil y no es completamente satisfactoria.
- 6.- Debido a las diferentes definiciones e interpretaciones de los conceptos de GT, no hay una comprensión o una aproximación en común para las aplicaciones de GT, que están actualmente aceptadas.
- 7.- Cuando los cambios en el diseño se efectúan, puede ser necesario cambiar los códigos existentes. Esto podría causar varias dificultades por inadvertencia afectando a otros códigos de actividades relacionadas.
- 8.- Balancear la carga de máquina, de todas las máquinas y habilidades o destrezas dentro de un grupo/célula, es un tanto difícil.

- 9.- Es posible, que se presente una reducción en la eficiencia total, a causa de balancear deficientemente la carga de máquina.
- 10.- Si una máquina se avería, es posible que parte toda la línea de flujo, esto es, un grupo/célula tiene menos flexibilidad de responder a cambios repentinos.
- 11.- Siempre que ocurran cambios en los métodos y cantidades de producción de las partes, posiblemente sea necesario efectuar una adaptación del grupo/célula. Ello podrá resultar demasiado costoso.
- 12.- Se puede incurrir en grandes costos, en cuanto a la reorganización del layout de la planta para introducir el nuevo layout celular.
- 13.- Contrario a las demandas o peticiones generales, es posible que se presenten varios problemas en la planeación y control de la producción de los grupos/células, y podría resultar problemático conocer la fecha oportuna en la práctica.
- 14.- La óptima utilización de hombre/máquina no siempre se lleva a cabo para todas las máquinas en los grupos/células.
- 15.- La agrupación de la familia de partes no se adaptará al programa del grupo, si carece de la fuerza de un periodo de tiempo definido.
- 16.- La confianza en los datos de producción y ruta, tienen una limitación definida, para la agrupación de la familia de partes y para la formación de grupos de máquinas/células por medio del análisis del flujo de producción.

- 17.- Los resultados óptimos que se obtienen del tiempo total de producción, fecha oportuna del producto y la utilización efectiva de hombre/máquina, no se podrán llevar a cabo sin las técnicas analíticas adecuadas para el programa de grupo.
- 18.- La selección del personal calificado que se hará cargo de los programas de implementación de GT es esencial. Realmente sería un problema, que en el tiempo oportuno se careciera del personal calificado.
- 19.- Es costoso el adiestramiento del personal de supervisión para el grupo/célula, en donde se requiere que dicho personal cuente con diversas habilidades y capacidad de acción.
- 20.- En la implementación de GT, puede ser necesario establecer negociaciones con sus trabajadores y sus sindicatos.
- 21.- Debido a que es largo el periodo de recuperación o reembolso para la implementación satisfactoria de GT, es posible que la alta gerencia se impacienta y de por terminado el proyecto antes de tiempo.
- 22.- Habrá algunas dificultades para ajustarse a los nuevos cambios, y resolver varios disgustos y objeciones por parte de algunas personas y departamentos en la compañía.
- 23.- Cuando falta un fuerte apoyo de la alta gerencia, será difícil la implementación de GT.
- 24.- Para una implementación satisfactoria de GT, es indispensable una plena cooperación de todos los departamentos interesados. Sin embargo, no siempre es fácil lograr esta cooperación.

- 25.- Cuando el concepto de GT, es implementado sobre unas bases poco sistemáticas, los amplios beneficios de GT no serán realizados. Entonces, siempre que sea posible, se debe implementar el concepto de GT como una parte integral del sistema total del funcionamiento de la compañía.

3.15 DISEÑO DE SISTEMAS CELULARES.

La manufactura celular ha existido desde hace varios años, pero no ha sido propiamente bien definida, ya que durante algún tiempo no se le reconocía como un sistema de manufactura.

Una definición que podría englobar el concepto de manufactura celular puede ser la siguiente:

" Un grupo o colección de máquinas diseñadas y arregladas para producir un grupo específico de partes de componentes ".

No existe una teoría exacta para diseñar un sistema de manufactura celular, pero sí podemos encontrar algunas reglas que debe cumplir. La primera regla es que el diseño debe de ser flexible, para que pueda extenderse fácilmente e incluir otros componentes, o ser modificado para manejar miembros adicionales de la familia.

Uno de los requisitos fundamentales que debe cumplirse en dicho sistema, consiste en ligar las células dentro del sistema de manufactura. Esto puede ser efectuado por medio de un sistema de manejo de materiales.

Las células pueden ser categorizadas dentro de los siguientes dos grupos:

- Células manejadas.
- Células no manejadas.

3.15.1 Células Manejadas.

Las células manejadas, contienen máquinas-herramientas que pueden ser ~~convencionales~~ o programables (NC o CNC). Los trabajadores de estas células tienen la característica de ser ~~multi-funcionales~~, ya que pueden manejar varios equipos dentro de las células, por lo que están muy bien entrenados y experimentados.

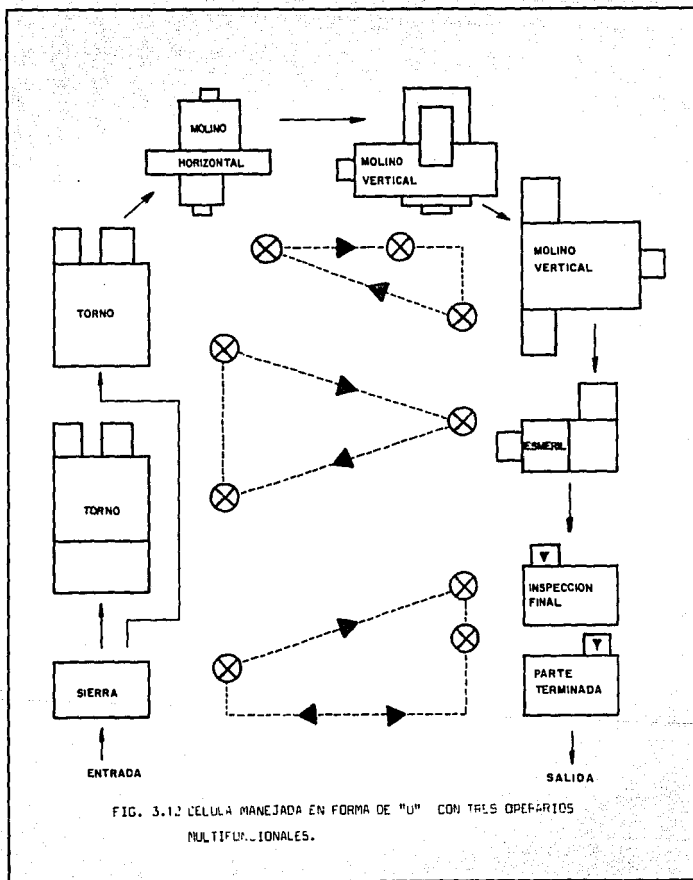
Las células manejadas son eficientes debido a que el número de trabajadores se ajusta o minimiza para satisfacer la salida deseada de los productos.

Como el trabajador multifuncional es capaz de operar varias máquinas, es común que una célula contenga más máquinas que operarios.

Considerando el diseño de éstas células, la célula distribuida en forma de " U " ofrece una flexibilidad excelente, ya que en ella se puede aumentar o disminuir la cantidad de trabajos que realizan los operarios multifuncionales. En la figura 3.12 se muestra un ejemplo de una célula manejada, distribuida en forma de " U " con tres operarios multifuncionales.

Las células son ligadas por un sistema de manejo de material o están directamente enlazadas dentro de grandes líneas integradas.

En el layout lineal manejado se pueden evitar algunos problemas con los tiempos de espera para el trabajador, grandes inventarios en proceso, tiempo ocioso de máquinas, o situaciones en las que el tiempo de espera del trabajador es utilizado en producir inventarios no requeridos que incrementarán los costos. Sin embargo, este tipo de células no son tan flexibles (en términos de equilibrar el número de trabajadores en la célula cuando se presentan cambios en la demanda) como la célula en forma de " U ".



3.15.2 Células no manejadas.

Las células no manejadas contienen máquinas herramientas que son programables (máquinas CNC u otro equipo automatizado) y cuentan con muy pocas herramientas dentro de la célula.

Las células no manejadas tienen un número de arreglos, los cuales son:

1.- Automatizado fijo.

Estas células están representadas por la línea de transferencia, en la cual las cantidades son grandes (grandes lotes) y largas corridas.

tales sistemas están arreglados en líneas, círculos o en forma de " U ". Tienen un transportador, que ubica y transporta la parte desde la estación de máquina. La línea es balanceada de tal manera, que la parte consume la misma cantidad de tiempo en cada estación.

Es característico que en estos sistemas, el volumen de partes sea muy grande y la variedad muy pequeña. Además sus células no son muy flexibles.

2.- Automatizado flexible.

Estas células se representan por el FMS (Sistema de Manufactura Flexible) y la Célula Robótica.

El FMS es generalmente arreglado en una línea o en un diseño rectangular (fig. 3.13) con un transportador de materiales controlado por computadora para transportar las partes a cualquier máquina en cualquier orden.

Las máquinas que se utilizan son programables y por consiguiente, pueden cambiar herramientas y programas de máquina para manejar diferentes partes.

Estos sistemas tienden a ser muy costosos y grandes, conteniendo de cinco a doce máquinas-herramientas.

En la tabla 3.7 se muestra un estado comparativo de las características de los sistemas de manufactura flexibles y celulares.

En las Células Robóticas, un robot puede cargar y descargar las máquinas y cambiar las herramientas de las mismas. Estas células son circulares en el diseño para tomar ventaja del recorrido del movimiento del robot y tienen pocas máquinas produciendo lotes pequeños.

El FMS ha sido conocido bajo otros nombres, entre los que podemos mencionar:

- Sistema de Manufactura Computarizada.
- Sistema de Manufactura Variable.

La definición de un Sistema de Manufactura Flexible, según Buzzacott y Shanthikumar (1980) es la siguiente:

" Consiste en una serie de máquinas ligadas por un sistema de manejo de materiales y todo bajo el control por computadora central ".

Por sus características, este sistema es muy adecuado para la producción de lotes medianos (200 a 20000 unidades/año). Las fábricas convencionales que han venido operando en este rango, inherentemente alcanzan bajos niveles de productividad.

Ya que aproximadamente el 75% de toda la manufactura se realiza en lotes de 50 piezas o menos, el FMS puede ofrecer un elevado potencial por las reducciones en el tiempo de proceso de las partes incrementando la utilización de las máquinas (frecuentemente, arriba del 80 al 90%) y hace más consistente la calidad de las piezas.

La flexibilidad da origen a muchas de las ventajas del FMS. Como las máquinas-herramientas están controladas por una computadora, el sistema es flexible para producir diversas partes mediante un simple cambio de software.

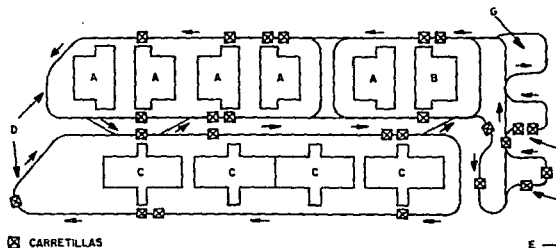
Mientras opera, el sistema puede responder flexiblemente a sucesos imprevistos, como la interrupción de una máquina y carga provisional. Entonces, cambiando la ruta de las piezas en elaboración, se disminuyen los cuellos de botella potenciales.

Los centros de maquinado flexibles pueden efectuar múltiples operaciones para procesar a las partes. La capacidad de intercambiar herramientas elimina el tiempo de montaje, además de aumentar la productividad de las máquinas y las características del flujo del trabajo.

Estas flexibilidades, junto con otras prometen un aumento en la productividad, a través de un incremento en la utilización de máquina. Además, reduce los niveles del trabajo en proceso (WIP) y el ciclo de producción.

A pesar de que estos sistemas ofrecen ventajas notables, su rápida implementación ha sido obstaculizada por varios problemas económicos y operacionales.

FIG. 3.13 ESQUEMA DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE



☒ CARRETILLAS
SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE

- A CENTROS DE MAQUINADO MILWAKEE
- B MOLINO
- C UNIDADES DE CABEZA DUPLEX
- D TRANSPORTADOR DE CARRETILLA POR MEDIO -PALETAS-
- E AREAS DE CARGA Y DESCARGA
- G INSPECCION PARCIAL

LAS FLECHAS INDICAN LA DIRECCION DEL MOVIMIENTO DE LAS CARRETILLAS

TABLA 3.7. CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLES Y MANUFACTURA CELULAR.

SISTEMAS DE MANUFACTURA CELULAR.	SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLES.
- Pequeños a medianos tamaños de lotes de familia de partes (1-200 partes). Un lugar especial de partes o productos.	- Medianos tamaños de lotes de familia de partes (200-10000 partes).
- De 1 a 15 máquinas.	- De 5 a 12 máquinas CNC.
- Intercambio rápido, arreglo sencillo.	- Intercambio rápido, ningún arreglo en las máquinas.
- Reducciones significantes en el inventario.	- Reducciones significantes en el inventario.
- Gran mejoramiento del control de la calidad por medio de la automatización.	- Gran mejoramiento del control de la calidad por medio de la automatización.

No_Mencionada

- Flexible/máquinas programables.	- Flexible/máquinas programables.
- Integración de la robótica para el manejo de partes (1 a 5 máquinas).	- Sistema de transportador integrado por partes y herramientas.
- Control de red por computadora.	- Control de red por computadora.

continua tabla 3.7

Manejada.

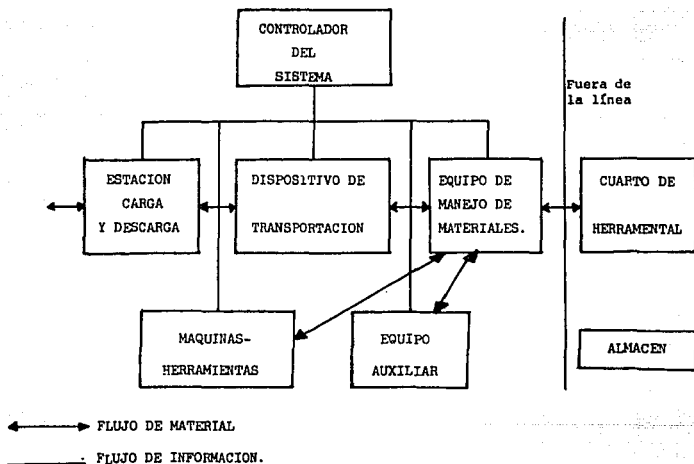
- Un grupo de máquinas de propósitos generales y equipos colocados en un área específica.
- Un equipo de trabajadores multifuncionales.
- Enriquecimiento del trabajo.
- Engrandecer las tareas del trabajador dirigido a la ampliación del trabajo.

3.16 SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE (FMS)

3.16.1 Estructura de un FMS.

Los componentes principales de un FMS son seis (figura 3.14) y se encuentran conectados por dos uniones. La primera de éstas, es la unión física (flujo de materiales), mientras que la otra es la unión de datos (flujo de información). Las funciones de cada uno de los componentes de un FMS son tratados brevemente a continuación.

Fig. 3.14 Estructura de un FMS



3.16.2 Descripción del Sistema.

1.- Estación de carga y descarga.

El material o las partes terminadas son cargadas y/o descargadas, ya sea por un robot o un trabajador. Generalmente el trabajador con los centros de proceso visual especializado, cargará las partes de formas complejas, mientras un robot cargará las partes de menos complejidad en su forma.

2.- Dispositivo de transportación de trabajo.

Este, representa al transportador accionado o carritos automatizados, que transportan a las partes dentro del área de máquinas-herramientas.

3.- Dispositivos de manejo de material.

Las funciones de estos dispositivos son para transportar el trabajo en un proceso o las herramientas a los lugares en donde serán utilizados.

Un amplio uso del dispositivo de manejo de material en un FMS es el robot industrial. Sin embargo, otros dispositivos menos sofisticados como la grúa aérea, también pueden encontrarse en un FMS.

4.- Máquinas-Herramientas para propósitos generales.

Para lograr la flexibilidad del sistema se usan normalmente las máquinas-herramientas para propósitos generales. Las que se utilizan con más frecuencia son los centros de maquinado vertical u horizontal. Un centro de maquinado puede realizar procesos de fresado y barrenado. Muchos sistemas pueden utilizar tornos CNC para manejar partes giratorias.

5.- Equipo auxiliar.

Además del corte de metal, un FMS puede incluir la limpieza de las piezas en elaboración, la inspección sobre la línea, medición automatizada y equipo de medición. Por ejemplo, cuando se va a desengrasar, se instala el equipo de medición automatizada; de este modo, se puede contar con una mejor calidad en el producto y además, se puede detectar el deterioro de la máquina.

6.- Controlador del sistema.

El controlador por computadora del sistema supervisa las operaciones de todo el FMS. Utilizando el dato que se reporta del sistema por medio de sensores y/o equipo, el controlador del sistema coordina las operaciones de varios equipos.

7.- Cuarto de herramientas y almacén.

Estas facilidades del FMS por lo regular, se encuentran localizadas fuera de la línea. Todas las herramientas utilizadas en el sistema son almacenadas en el cuarto de herramientas y posteriormente se transportan a un centro de maquinado.

3.16.3 Operación del Sistema.

Básicamente, hay tres funciones principales en la operación de un FMS y son las siguientes:

- Control del Sistema.
- Monitoreo del Sistema.
- Operaciones Físicas.

3.16.4 Control del Sistema.

El control del sistema es la operación más importante. Incluye el control de máquinas-herramientas, equipo de manejo de material, dispositivos de transportación del trabajo y equipos auxiliares.

Una pieza en elaboración es transportada a un centro de maquinado bajo la dirección del controlador del sistema. Posteriormente, el equipo de manejo de material (por ejemplo un robot) traslada la pieza en elaboración a la máquina. Este movimiento es controlado por un programa cargado en el controlador del dispositivo, desde el controlador del sistema. En el control numérico por computadora (CNC), las máquinas-herramientas en los procesos de corte de metal son controladas por programas que son generados por un procesador y post-procesadores en una computadora, la que se encargará de enviarlos y almacenarlos en el controlador del sistema.

3.16.5 Monitoreo del Sistema.

La operación de un FMS requiere de una jerarquía de computadoras que ejecutarán diversas tareas de control y monitoreo. En general, la información del estado del sistema muestra si el equipo o una máquina está ocupada, ociosa o descompuesta. También muestra que tanto ha sido utilizada una máquina y si hay un desgaste excesivo en las herramientas.

El avance y calidad de las piezas también son monitoreadas. La información recolectada por el equipo de monitoreo es utilizada ya sea para realizar mediciones o para el control de las desiciones.

3.16.6 Operación Física.

En un FMS no todas las tareas pueden ser automatizadas, algunas todavía requieren de la intervención de los trabajadores, como la carga y descarga (desde y al sistema), el montaje y reemplazo de herramental, etc.

El mantenimiento del sistema es otra de las tareas en las que interviene el trabajador.

A pesar de que uno de los resultados de la implementación del FMS es la reducción del número de trabajadores en el sistema de manufactura, en muchas áreas críticas es imposible eliminar el factor humano. Simplemente, algunas tareas en el manejo de materiales rebasan las habilidades de los robots y por ende es necesaria la intervención de los trabajadores.

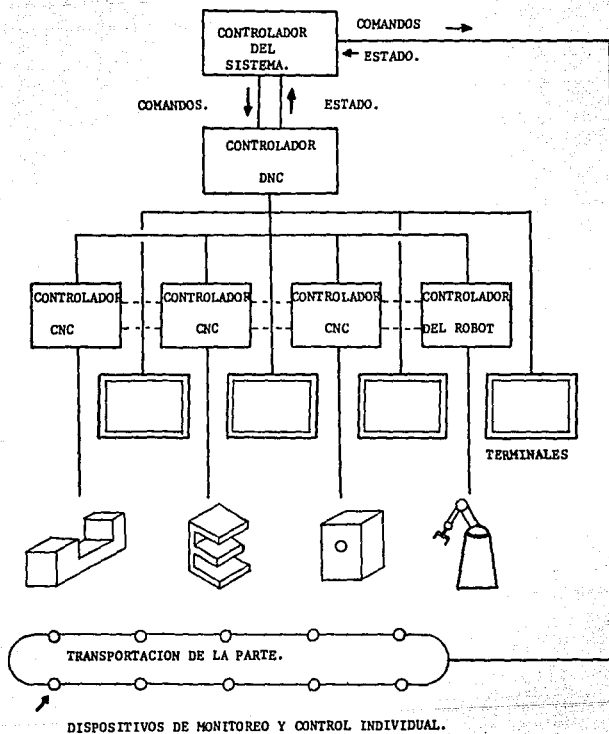
3.17 NIVELES DE CONTROL POR COMPUTADORA EN UN FMS.

En un FMS existen varios niveles de computadoras que controlan los procesos del sistema (fig. 3.15).

Los tres niveles principales de control por computadora para un FMS son los siguientes:

- Controlador del Sistema del FMS.
- Control Numérico Directo (DNC).
- Control Numérico por Computadora (CNC).

FIG. 3.15 NIVELES DE CONTROL POR COMPUTADORA EN UN FMS.



3.17.1 Controlador del Sistema del FMS.

Este es el nivel más alto del control por computadora y sus funciones principales son las siguientes:

A) Control Operacional.- Comunica al encargado del FMS, vía terminal (y también con una alarma auditiva o visual), si el módulo CNC reporta alguna avería para que el personal de mantenimiento repare la máquina.

B) Control de Producción.- Mantiene un completo control de producción en el FMS.

C) Control de Tráfico.- Controla el tráfico de la red de transportación y opera los interruptores de desviación.

Para determinar el diseño óptimo del sistema de transporte se emplea la simulación por computadora.

D) Manejo de Datos.- El controlador maestro del FMS proporciona al usuario una base de datos requerida para operar al sistema.

3.17.2 Control Numérico Directo (DNC).

El DNC efectúa el control de varias máquinas-herramientas NC y controla los siguientes aspectos:

A) La interrupción de una máquina.

B) La ejecución de un programa de computadora.

C) El traslado de herramientas.

D) La selección de programas de computadoras.

3.17.3 Control Numérico por Computadora (CNC).

Este es el resultado de la miniaturización de dispositivos del hardware. Utiliza una microcomputadora para el control de cada una de las máquinas-herramientas. Sus funciones son las siguientes:

A) Controla las funciones de las máquinas: servomecanismos, bombas hidráulicas, etc.

B) Efectúa el diagnóstico.- Realiza su propio diagnóstico. Cuando los problemas son detectados reporta los resultados del diagnóstico al sistema, así, el personal de mantenimiento puede reparar la avería rápidamente.

IV. SISTEMA JUSTO A TIEMPO (JIT)

El sistema Justo a Tiempo tiene como objetivo producir y entregar artículos terminados, justo a tiempo, para venderlos en ese momento. Este concepto abarca varios puntos:

- Submontajes para convertirlos en partes terminadas.
- Partes fabricadas para incorporarlas a los submontajes.
- Materia prima para transformarla en productos terminados.

El ideal "Justo a Tiempo" es que todos los materiales estén activamente en uso como elementos de la producción en proceso, nunca en descanso y por ende, acumulando costos innecesarios de almacenaje.

Justo a Tiempo trata un sistema de control de inventario de hecho, no es raro que la expresión Justo a Tiempo se use como un sinónimo de Kanban, que a su vez es el nombre de un sistema Japonés específico para el control inventarial. "Producción sin existencias" es otra expresión que se emplea comúnmente; Kanban, de hecho es el sistema para avanzar hacia la producción Justo a Tiempo.

4.1 REDUCCION DEL TAMARO EN LOS LOTES.

Es evidente que cuando se manejan lotes grandes, el promedio del inventario será mayor y, por lo tanto, se pagará más por concepto de manejo de ese almacenaje. Los cargos por manejo, son los costos de los intereses sobre el capital inmovilizado, en este caso por inventario, más los costos de conservación física, como puede ser el alquiler del inmueble, el salario de los trabajadores, vigilancia, etc. Por lo tanto, si se quiere que los costos de manejo disminuyan, sólo se tiene que trabajar cantidades pequeñas pero con mayor frecuencia. Aunque estos pedidos presentan también sus costos, ya que cada vez que la parte de un componente se solicita, provoca un costo.

La forma de solucionar este problema es encontrar un tamaño de lote económicamente correcto para su manejo: ni tan grande que se incurra en costos excesivos de manejo, ni tan pequeño que de lugar a un costo excesivo de control. La cantidad promedio se conoce con el nombre de Lote Económico (LE). La figura 4.1 muestra gráficamente como se obtiene el lote más económico: La línea ascendente de costo de manejo refleja el costo creciente de los lotes más grandes, la curva descendente de costo de preparación, refleja el costo decreciente de hacer las partes con menos frecuencia (en lotes más grandes). La suma de los dos costos es la curva de costo total, cuyo punto más bajo indica el lote económicamente correcto, o sea, el Lote Económico (LE).

Sin embargo, no es suficiente con reducir el tamaño de los lotes, ya que el costo de manejo y el costo de preparación son los costos evidentes. Dado que la calidad, el desperdicio, la motivación, responsabilidad del trabajador y la productividad en la fabricación resultan afectados por el tamaño de los lotes que se fabrican.

El costo de preparación es real y significativo, pero no inalterable. La mayoría de los costos de manejo son irreductibles. Pero con ingenio y resolución los costos de preparación se pueden reducir, es decir deberán de modificarse.

Es importante aclarar que dentro de la producción Justo a Tiempo la reducción del tamaño de los lotes es factor importante para la realización de las operaciones.

4.2 REDUCCION A LOS TIEMPOS DE AJUSTE DE PROCESO O TIEMPOS DE PREPARACION.

Las primeras campañas que se realizaron para reducir los tiempos de preparación o ajuste, datan de los años 70's, los pioneros de esta nueva técnica fueron los japoneses, quienes en poco tiempo lograron que sus empresas redujeran su tiempo de preparación en un 90%, y todavía se considera que se puede reducir más.

Con frecuencia, algunas empresas tienen una variedad de marcas de un determinado tipo de máquina, compradas en base al precio más bajo del mercado.

LOTE ECONOMICO.

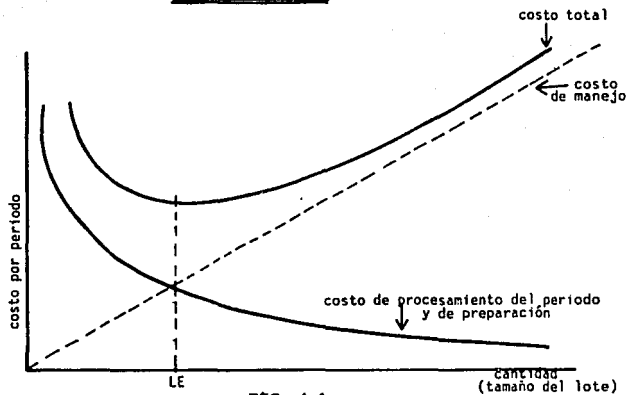


FIG. 4.1

Con esa mezcla de equipo, el hacer modificaciones que permitan el ahorro de tiempo en el ajuste para la producción resulta sumamente costoso.

El Justo a Tiempo requiere de máquinas-herramientas comerciales de preparación rápida. En muchos casos, la solución del problema del tiempo de preparación consiste en retirar la máquina comercial y hacer que los fabricantes de máquinas-herramienta de la compañía, construyan sus propias máquinas, las cuales pueden ser diseñadas para uso especial, fáciles de mover y de bajo costo. Además, el tiempo de preparación básicamente se puede reducir a cero, es decir, todo lo que el trabajador tiene que hacer es cargar y descargar la máquina.

4.3 REDUCCION DE LOS COSTOS DE LA ORDEN DE COMPRA.

El concepto de Lote Económico se aplica para determinar las cantidades que se van a comprar y, por lo tanto, el tamaño de los lotes de fabricación. La gráfica de la figura 4.1 se puede aplicar a compras suponiendo simplemente que la línea descendente del costo representa el costo de la orden de compra en vez del costo de preparación; el Justo a Tiempo ataca los costos de la orden de compra con el mismo énfasis que a los costos de preparación. Figura 4.2.

Una manera de reducir los costos de la orden de compra es simplificando el proceso de compra: reduciendo los trámites, los pedidos generales, los contratos con los proveedores, etc.

Además de que es importante que los proveedores entreguen el producto Justo a Tiempo.

4.4 CAUSAS Y EFECTOS DEL JUSTO A TIEMPO.

La cadena de efectos del Justo a Tiempo se muestra gráficamente en la figura 4.3. Las reducciones del tamaño del lote que se muestran en el rectángulo de doble trazo, pone en movimiento la cadena. El beneficio directo inicial es que hay menos inventario que controlar (marcado con A en la figura). Probablemente sean más significativos la disminución del desperdicio y el mejoramiento de la calidad que se lograrán al reducir el tamaño del lote.

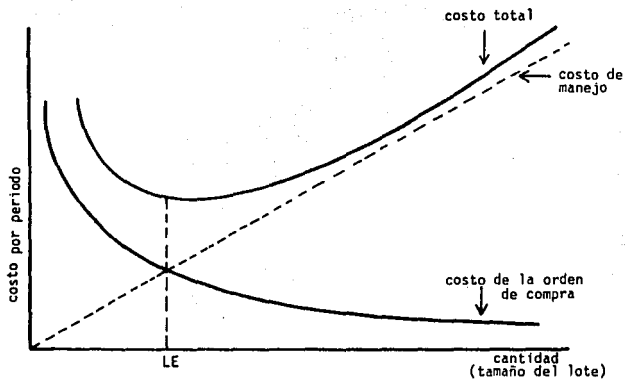


FIG. 4.2

La razón para que los lotes mínimos den lugar a menos desperdicio y mejor calidad se puede explicar en forma sencilla: si un trabajador hace sólo una parte de cierto número de ellas y se la pasa inmediatamente al trabajador siguiente, el primero se enterará muy pronto, en caso de que la parte no ajuste (que esté defectuosa) en una de las estaciones de trabajo siguientes, así los defectos se descubren rápidamente y sus causas pueden eliminarse desde que aparecen, evitando la producción de grandes lotes que contienen un porcentaje elevado de piezas defectuosas.

Los efectos de disminución del desperdicio y mejoramiento de la calidad (marcado con B en la figura 4.3) son máximos cuando el tamaño del lote se reduce a la producción de una sola pieza a la vez; pero cualquier reducción del tamaño del lote ayudará.

Cuando la producción Justo a Tiempo da lugar a menos desperdicios y más partes buenas, el tiempo y el dinero gastados en corregir, disminuyen (marcado con C en la fig. 4.3) y lo mismo sucede con el costo de los materiales desperdiciados (marcados con D en la fig. 4.3).

La motivación es un efecto del Justo a Tiempo, dado que un trabajador que ve rápidamente los efectos de su labor, naturalmente se siente más motivado para mejorar y por lo tanto no habrá necesidad particular de que los supervisores ejerzan presión sobre éstos, además las consecuencias de la labor del trabajador son rápidamente visibles (marcado con E en la fig. 4.3) y constituyen su recompensa o castigo, por lo tanto, Justo a Tiempo hará probablemente que el trabajador sea más responsable.

Con Justo a Tiempo, si una parte no ajusta en la estación de trabajo siguiente, el trabajador que hizo la parte defectuosa no tendrá dificultad para identificar que fue lo que hizo mal. En resumen, el trabajador se percata más de la causa del defecto (marcado con F en la fig. 4.3) surgiendo varias ideas para controlar los defectos, las cuales se irán retroalimentando para mejorar el control de desperdicio y la calidad; ideas para mejorar la entrega Justo a Tiempo (por ejemplo, la colocación más conveniente de las partes para minimizar las demoras en la entrega) lo que hará mejorar la producción; ideas para reducir el tiempo de preparación, reduciendo más el tamaño de los lotes, etc.

EFFECTOS DE LA PRODUCCION JUSTO A TIEMPO.

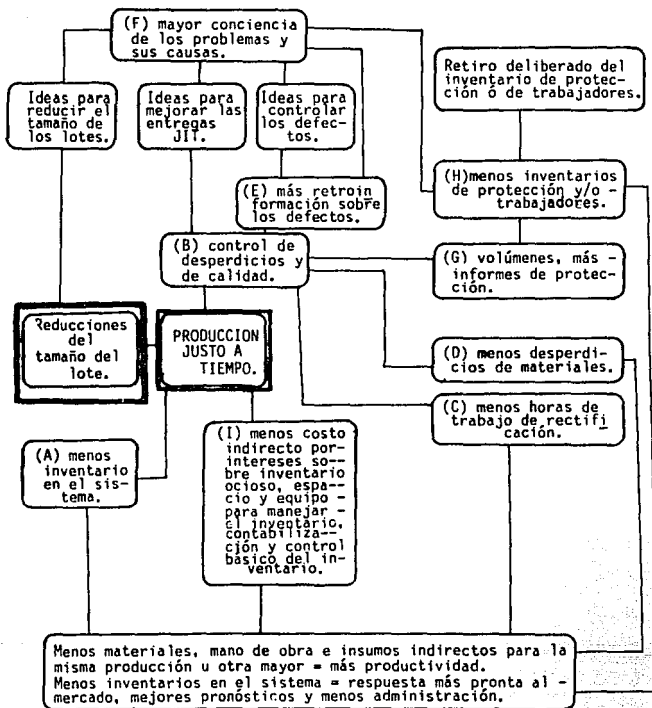


FIG. 4.3

Otra deficiencia de los grandes lotes es que pueden dar lugar a una racionalización conveniente del descuido por parte del trabajador, ya que se puede pensar que cierto porcentaje de partes defectuosas en un lote grande perjudica poco. En un lote grande, puede haber bastantes piezas buenas por cada unidad mala, desechando la parte defectuosa y continuando con el trabajo. Con los lotes pequeños la producción Justo a Tiempo considera, en cambio, que la mínima cantidad de partes defectuosas son un problema. La necesidad de evitar errores es evidente y esto mejora el sentido de responsabilidad de los trabajadores.

En una planta Justo a Tiempo los trabajadores se ayudan mutuamente para resolver los problemas que se van presentando, puesto que, con inventarios pequeños, el problema de un solo trabajador amenazaría con interrumpir los procesos siguientes. En la producción Justo a Tiempo, todos los trabajadores tienen cuotas determinadas de producción que cumplir. El elogio que no se recibe, el tiempo adicional forzado o la reprimenda, esperan a quienes no cumplen con su cuota; de modo que es natural que cada trabajador afectado acuda en ayuda de aquel cuya banda de transmisión se rompió, cuya máquina está atorada o que está pasando por cualquiera de una variedad de problemas comunes.

El sistema de producción Justo a Tiempo estimula el interés del trabajador, lo que da lugar a que los trabajadores formen grupos parecidos al círculo de calidad por iniciativa propia.

El enfoque total Justo a Tiempo exige una administración eficiente para implementar las características claves del sistema, así como la atención diaria de la administración para que el sistema funcione.

Hasta ahora se ha prestado atención al inventario basado en el lote más económico, cuya única razón de existir es el costo de preparación en que se incurre para hacer el lote (o el costo de la orden de compra que implica su adquisición). Si el tiempo de preparación y el costo son de cero, el lote económico, o tamaño de lote, se reduce a una unidad, requisito previo del ideal Justo a Tiempo: el procesamiento pieza por pieza.

Pero, incluso cuando se elimina el inventario basado en el tamaño del lote, a menudo queda todavía un inventario de protección, el cual se incluye entre las estaciones de trabajo para amortiguar las irregularidades en el proceso de alimentación de partes. El principio del inventario de protección es sencillo: mientras mayor sea la irregularidad mayores serán las existencias de protección.

El Justo a Tiempo no acepta el principio de protección. En vez de agregar existencias de protección en los puntos de irregularidad, se expone deliberadamente a los trabajadores a las consecuencias. El resultado es que los trabajadores y los capataces se reúnen para eliminar las causas de la irregularidad, ya que pasarlas por alto significa encarar las consecuencias de la interrupción del trabajo.

El principio del Justo a Tiempo de exponer a los trabajadores a las consecuencias de las irregularidades en la producción, no se aplica pasivamente ya que, por ejemplo, cada vez que los trabajadores logran corregir las causas de una irregularidad reciente (una máquina que se atasca, mecanismos de sujeción anormales, etc.) los supervisores retiran más existencias de protección.

El retiro del inventario de protección, aplicado en el punto H de la figura 4.3, reduce directamente el inventario, lo cual implica mejorar la productividad (la misma producción o más, con menos materiales en el sistema). Lo que es más importante, el inventario de protección reducido pone en movimiento la mayor parte de la cadena causal del Justo a Tiempo. Hay una mayor conciencia de las causas de la producción irregular (marcado con F en la figura 4.3) lo cual estimula las ideas de mejoramiento. Los efectos Justo a Tiempo dan lugar a ritmos de producción más parejos: menos irregularidad (marcado con G en la fig. 4.3), que reduce la necesidad del inventario de protección.

El control Justo a Tiempo del inventario produce beneficios indirectos (marcados con I en la fig. 4.3) al mismo tiempo que afecta directamente a los trabajadores y a su producción. Con menos inventario hay menos costo de interés sobre el capital paralizado en inventario, por lo tanto, hay menos almacenes y son más pequeños, se requiere mucho menos espacio en la fábrica para el inventario de producción en proceso, menos contabilidad del inventario y menos control físico del mismo.

La industria occidental se caracteriza por el numeroso personal para manejar inventario, los muchos almacenes cuyo proceso debe ser controlado, los talleres llenos de inventario y decenas de formas de control de materiales, e informes y archivos producidos por los sistemas de cómputo. En cambio, las industrias Justo a Tiempo prefieren llevar los materiales recibidos de los proveedores de la plataforma de descarga a la línea de producción, y optan por la producción y el movimiento de materiales sin lutes ni existencias de protección dentro de la planta.

El rectángulo que aparece en la parte inferior de la fig. 4.3 es el recipiente de todos los mejoramientos Justo a Tiempo de la productividad: menos inventario basado en el tamaño del lote, menos inventario de protección, menos desperdicio, menos mano de obra directa desperdiciada en correcciones, menos costos indirectos por intereses sobre inventario ocioso, menos espacio necesario para guardar el inventario, menos equipo para mejorarlo, menos contabilidad del inventario y menos control físico del mismo, ello hace que disminuya el componente insumos de la ecuación de productividad. Al mismo tiempo mejorará la producción, puesto que las causas de las demoras y el desperdicio se suprimen.

Un beneficio adicional del Justo a Tiempo es la respuesta más pronta al mercado, mejores pronósticos y menos administración. La menor cantidad del inventario ocioso en el sistema reduce el tiempo general de anticipación (desde la compra de materias primas hasta el envío de artículos terminados). El departamento de ventas puede, por lo tanto, prometer entregas más rápidas, introducir con más rapidez un cambio en la mezcla o en la cantidad de los productos y puede pronosticar mejor la demanda, puesto que el horizonte de predicción no está tan lejano en el futuro. Como el sistema Justo a Tiempo tiende a ser manejado por los trabajadores y por los capataces, el presupuesto administrativo (para procesamiento de información, contabilidad, inspección, materiales, control y planeación de la producción, etc.) es corto.

El interminable ciclo de reducciones del inventario, mejoramiento de la calidad y la producción, da lugar a artículos cada vez más baratos y de mejor calidad.

4.5 PRINCIPIOS DEL JUSTO A TIEMPO.

Existen tres principios muy apreciados de la administración occidental, derrumbados por la experiencias de los japoneses con el Justo a Tiempo:

4.5.1.-MURI (exceso).- El principio occidental de ordenar por lotes económicos (LE) es, en el sistema Justo a Tiempo, un ejemplo de exceso. Justo a tiempo recomienda ordenar por lotes más pequeños que el lote económico; idealmente una sola unidad, porque la fórmula de lote económico no tiene en cuenta diversos beneficios de los lotes más pequeños incluyendo la disminución del desperdicio y el mejoramiento de la calidad, menos trabajo de corrección y pronta información sobre los errores, que da lugar a la conciencia del problema y a su solución.

La fórmula del lote económico acepta los costos de preparación y de ordenar como cosa fija, mientras que en el Justo a Tiempo ese costo se reduce continuamente.

4.5.2.-MUDA (desperdicio).-El principio occidental del muestreo estadístico de los lotes hechos por inspectores del departamento de control de calidad, presupone y permite cierto porcentaje de unidades defectuosas que Justo a Tiempo considera como desperdicio, Justo a Tiempo prescribe: Eliminación completa de los lotes (idealmente) de manera que no hay ningunos entre los cuales muestrear, ni posibilidad de un cierto porcentaje de unidades defectuosas por lote.

4.5.3.- MURA (irregularidad).- El principio occidental del inventario que se requiere para proteger a un centro de trabajo anterior es, en el sistema Justo a Tiempo, la aceptación irracional de irregularidad. La solución Justo a Tiempo es precisamente lo contrario: retirar el inventario de protección y corregir sus causas (en vez de agregar inventario de protección para ocultar los problemas).

4.6 APLICACIONES DEL JUSTO A TIEMPO DENTRO DE LA FABRICA.

Es conveniente que una empresa que va a implantar el sistema Justo a Tiempo, tenga una distribución de planta de tal forma que esté integrada para formar una gran línea de producción.

La máquina que se seleccione debe ser lo bastante flexible para que el tiempo de preparación sea mínimo.

Es conveniente la instalación de luces indicadoras de problema sobre las líneas principales de producción, por ejemplo, instalar una luz amarilla sobre cada una de las estaciones de trabajo y una luz roja sobre cada agrupamiento natural de estaciones de trabajo, controladas por interruptores que cuelguen al alcance del trabajador. Un montador cuya producción haya aminorado la velocidad debido a algún problema, o que no pueda ir al paso con la velocidad de la línea, enciende la luz amarilla que es la señal para que la persona indicada acuda en auxilio.

Asimismo, la luz le indica al supervisor que hay problema. La luz roja sólo se enciende cuando un problema es lo suficientemente grave para que sea necesario detener la línea. En ese caso los supervisores y todos los trabajadores de la línea que no están ocupados acuden para poner la línea nuevamente en marcha.

La luz roja será la señal que se tratará de evitar; en cambio, cuando varias luces amarillas estén encendidas, quiere decir que se está trabajando a la máxima capacidad. Para seguir este razonamiento, hay que entender que la causa principal de la luz amarilla, es que hay muy pocos trabajadores en la línea para manejar el ritmo de la producción.

En cambio, si no hay luces amarillas encendidas, se sabrá que la línea se estará moviendo con demasiada lentitud o que hay demasiados trabajadores. Normalmente, la respuesta sería retirar trabajadores de la línea y asignarlos a otra tarea, de manera que a los restantes les resultaría difícil mantener el paso.

Otro paso que sería conveniente seguir es el evitar, al momento de diseñar el sistema de manejo de materiales, los transportadores automáticos, ya que el sistema Justo a Tiempo prefiere que el manejo de materiales entre estaciones de trabajo sea atendido por personas.

Existen cinco razones por las cuales el Justo a Tiempo no aprueba los transportadores automáticos:

- 1.- INVENTARIO.- Los transportadores contienen inventario. El inventario cuesta dinero: demora la retroalimentación sobre calidad, lo cual da lugar a más desperdicio y corrección y a menos conciencia de la calidad, y es además una carga administrativa.
- 2.- CANTIDADES.- El control de las cantidades no es preciso cuando el inventario está en los transportadores en movimiento.
- 3.- FLEXIBILIDAD.- Los transportadores empujan el inventario hacia adelante. Se necesite o no. Una característica del sistema Kanban es que se usa el centro de trabajo para extraer inventario del lugar de abastecimiento a medida que se necesite.
- 4.- AVERIAS.- Los transportadores están sujetos a averías, un grave inconveniente en una fábrica Justo a Tiempo donde hay poco o ningún inventario de protección.
- 5.- COSTO.- La compra, instalación, mantenimiento y la reubicación de los transportadores es costoso.

Examinaremos a continuación cinco etapas de configuración de una planta, por las cuales pueden pasar los distintos talleres, en su avance hacia las operaciones repetitivas y la producción Justo a Tiempo total.

Las cinco configuraciones, o etapas de desarrollo físico de la planta son las siguientes:

- Fabricación por talleres.
- Líneas de producción especializadas.
- Procesos de producción unidos físicamente.
- Procesamiento de modelos mezclados.
- Líneas de producción automatizadas.

El papeleo correspondiente al control de pedidos se simplifica también progresivamente o se racionaliza a medida que las configuraciones son más avanzadas.

En la mayoría de las empresas Justo a Tiempo las distintas áreas de la planta tendrán una configuración diferente; pero cada área evolucionará hacia las configuraciones más racionales. En esta evolución se pueden omitir etapas de configuración y será mucho mejor si esto se logra, porque los beneficios Justo a Tiempo se logran con más rapidez.

4.6.1 Fabricación por talleres.

Taller es una expresión industrial típica que se refiere a un tipo de producción y configuración de la planta que está en el extremo opuesto de la acción Justo a Tiempo. El equipo está distribuido por procesos; por ejemplo, todas las fresadoras están juntas, y todas las prensas troqueladoras están agrupadas, etc. Esta disposición (llamada disposición por proceso) no permite la producción Justo a Tiempo por varias razones, entre otras:

A) El pedido de una parte o componente determinado, implica normalmente, operaciones efectuadas en varias máquinas herramientas diferentes y las distancias entre un área de máquinas y otra, son demasiado grandes para que las partes se puedan mover rápidamente.

B) El equipo y las herramientas que se encuentran en un taller normalmente son de uso general: es decir, se puede preparar para hacer casi cualquier cosa de un determinado tipo. Pero el tiempo para preparar una máquina herramienta de uso general para un determinado trabajo puede ser de horas y hasta de días. Como se explicó anteriormente, cuando los tiempos y los costos de preparación son elevados, tiene sentido económico hacer grandes lotes.

Desde el punto de vista Justo a Tiempo, lo mejor que se puede hacer con un taller es transformarlo en una línea de producción: lo que con frecuencia no es nada fácil.

4.6.2 Líneas de producción especializadas.

A veces es factible modificar el taller o una parte del mismo, y convertir los centros de trabajo en unas cuantas líneas de producción. Cada línea se dedica a la fabricación de una parte o modelo diferente o de un grupo de partes similares. En seguida se describen tres modalidades de operación de las líneas especializadas:

CONFIGURACION POR TALLERES.

CABINAS DE SOLDADURA.

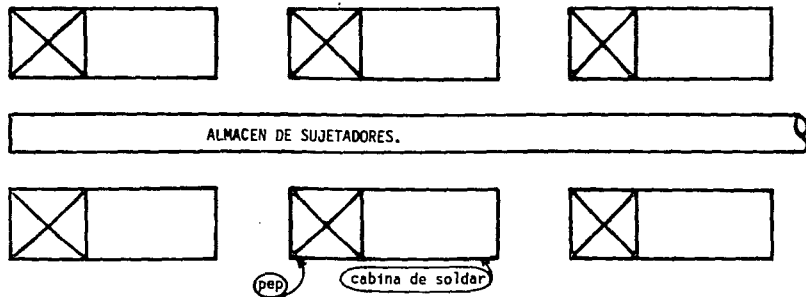


FIG. 4.4

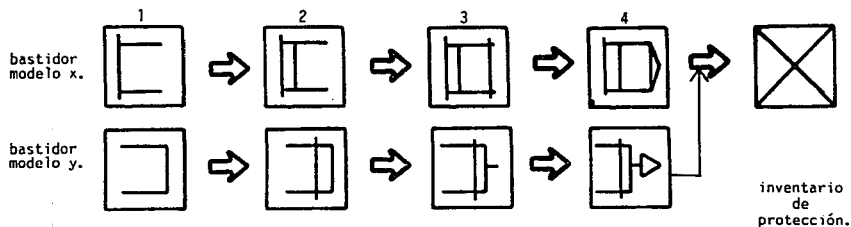
FIGURA 4.4

En la figura 4.4 se muestra la configuración por talleres para el ejemplo de soldadura de bastidores para motocicleta. Varias cabinas de soldadura de uso general toman sujetadores de un Área central. (Un sujetador es un dispositivo en el cual se acomodan las partes del bastidor para soldarlas). La preparación del sujetador en una cabina, para atender un pedido en particular, puede llevar varias horas, incluyendo la inspección de la primera pieza por control de calidad. El pedido de un modelo dado de bastidor pasa de cabina a cabina y en cada una se sueldan más partes en su lugar. Algunas características importantes de la configuración por talleres son:

- 1.- PEP: provisión para varios días en cada cabina.
- 2.- Antelación: varios días.
- 3.- Papelería para cada cabina:
 - A.- Ordenes de trabajo.
 - B.- Lista de despacho.
 - C.- Etiquetas de movimiento.

El inventario en proceso (PEP) que espera para ser trabajado en cada cabina, es probablemente el suministro para varios días. El tiempo de antelación (el necesario para terminar el modelo particular de bastidor solicitado) será probablemente de varios días. Y en el taller, lo normal es que el control de producción sea severo para manejar los inventarios, los trabajos en línea de espera y los pedidos de última hora.

LINEAS DE PRODUCCION ESPECIALIZADAS.



NOTAS:

- 1.- Antelación: de 1 a 4 horas.
- 2.- Sin Kanban:
 - A.- Bastidores terminados: inventario para 1.2 días (como máximo).
 - B.- Papelería para cada línea: un programa diario.
- 3.- Con Kanban:
 - A.- Bastidores terminados : contenido de unos pocos recipientes estándar.
 - B.- Una Kanban por recipiente vacío. (proveniente del centro de trabajo que sigue).

FIG. 4.5

FIGURA 4.5

Como lo sugiere la figura, se pueden colocar en un sujetador dos o tres trozos de tubo para soldarlos en la estación 1. Luego, se pasa el conjunto a la estación 2, donde se sueldan más piezas usando otro sujetador, y así sucesivamente. La línea debe ser equilibrada cuidadosamente a fin de proporcionar a los soldadores una cantidad de trabajo aproximadamente igual.

El equilibrio se logra midiendo el tiempo de la operación de soldadura que se hace en cada estación y sumando o restando el número de soldaduras que se harán en una determinada estación, según sea necesario. El diseño del sujetador por supuesto, deberá corresponder al tipo de pieza que se va a soldar en la estación. El inventario de tubos es la responsabilidad del taller precedente, donde se dan forma a las piezas. El único inventario ocioso en manos del departamento de soldadura de bastidores, es el de bastidores terminados, representado por el cuadro con una X. Ese es el inventario de protección.

Si la producción de la sección de soldadura fuera enteramente predecible e invariable, el inventario de protección se podría eliminar; pero, desde luego, las irregularidades de los soldadores hacen que esto sea improbable.

Las características principales de la línea de producción especializada se indican en la figura:

- El tiempo para terminar un bastidor solía ser de varios días, en la configuración por talleres; con ésta configuración es de 1 a 4 horas.

- Un cada cabina de soldadura, el inventario de protección se reduce de un suministro de varios días en la configuración por talleres, al suministro de bastidores terminados, para uno o dos días. El papeleo consiste solamente en un programa diario.

A) Producción superpuesta.

Si se hacen de manera repetitiva unas cuantas partes, cada línea especializada se puede configurar permanentemente para correr un solo número de parte y cada uno se hace solo ocasionalmente, cada línea se puede dedicar a unos pocos números de parte similares, en vez de uno solo. En ese caso, puede requerirse cierto tiempo para cambiar de un número de parte a otro, dando lugar a que de una estación a otra se pasen lotes en vez de piezas aisladas.

Para reducir el tamaño de los lotes en proceso se puede aplicar el concepto de producción superpuesta. Se supone, por ejemplo, que cada mañana se inician 50 piezas del modelo A y cada tarde 50 del modelo B. Si un lote de 50 tipo A pasa de un centro de trabajo a otro, a lo largo de la línea de producción seguido por 50 tipo B, el promedio de inventario de cada estación será de 50 unidades, lo que no constituye precisamente una operación Justo a Tiempo. Para lograr los beneficios Justo a Tiempo, es aconsejable superponer la producción de un lote entre las diversas estaciones de trabajo. Es decir, una estación produce unas pocas de tipo A (1, 2 ó tal vez 5) que entregará a la estación siguiente. Luego hará unas cuantas más y las entrega y así sigue hasta haber producido todo el lote de 50. Luego, todas las estaciones de trabajo se preparan para correr el modelo B. El lote de 50 está repartido en varias estaciones, de manera que en cada estación el inventario ocioso es insignificante.

El concepto de producción superpuesta se le conoce como un mecanismo acelerador, es decir, cuando un pedido de partes está retrasado, un controlador de producción puede apresurarlo haciendo que una parte del pedido avance mientras se está trabajando todavía con otra parte en el primer centro de trabajo.

En la industria japonesa, la producción superpuesta se reconoce como una manera más de acercarse a Justo a Tiempo y no sólo como una acción aceleradora.

B) El programa diario.

Cuando el volumen de un determinado número de parte justifica el que se dedique la línea de producción únicamente a esa parte, el procesamiento pieza por pieza se vuelve factible. El inventario en proceso que esté ocioso desaparece totalmente. Además, los auxiliares de seguridad del pedido (órdenes de trabajo, listas de despacho, etiquetas de avance, etc.) pueden no tomarse en cuenta. La documentación se puede reducir a un programa diario para cada línea.

C) El sistema Kanban.

Ya explicamos en la introducción en que consiste este sistema de tarjetas.

El sistema Kanban implica un acto administrativo deliberado que consiste en retirar el inventario de protección con el fin de exponer a los trabajadores a las consecuencias y motivarlos para que corrijan las irregularidades que dan lugar al problema.

Una característica del Kanban, es que si el centro de trabajo "usuario" tiene una descompostura, el centro de trabajo "proveedor" deja de recibir información y, por lo tanto, se quedará con poco o ningún trabajo que hacer. La reacción normal en occidente sería continuar trabajando de todos modos a fin de que los trabajadores y sus instalaciones no se queden ociosos. La respuesta de los japoneses es suspender el trabajo. Es un principio Justo a Tiempo fundamental: "no hacer partes que no se necesitan sólo para estar ocupados".

4.6.3 Unión física de los procesos.

La configuración de la tercera etapa es la unión física de los procesos. Las ventajas son la eliminación de los inventarios de protección y también del papeleo, lo cual da lugar a una operación altamente simplificada y racionalizada.

UNION FISICA DE LOS PROCESOS.

LINEAS DE SOLDADURA.

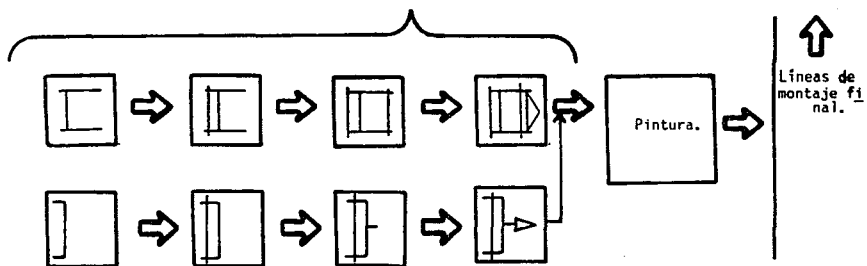


FIG. 4.6

FIGURA 4.6

La figura 4.6 ilustra la posibilidad alternativa de grupos tecnológicos en cuanto a lograr la unión física de los procesos. En la figura, las líneas de soldadura de bastidores se unen con la operación de pintura, la que a su vez se une con la línea de montaje final. El papeleo de taller se elimina, incluso el kanban. El ritmo de soldadura y pintura de bastidores se adapta simplemente al ritmo de montaje final. Los inventarios de protección se eliminan totalmente dentro de la larga línea de producción. Pero, desde luego, quedan todavía alimentadores de partes, y pequeños artículos de ferretería para el montaje final.

Hay por lo menos dos maneras de lograr la unión física de los procesos: Una consiste simplemente en situar el final del proceso alimentador al lado del punto de utilización. La otra conocida con el nombre de grupos tecnológicos (GT) consiste en desmembrar dos o más procesos y recombinarlos en células, cada una de las cuales es capaz de realizar la tarea completa ya aumentada.

4.6.4 Modelos mezclados.

Esta configuración funciona con una sola línea de producción en vez de varias líneas especializadas (o de centros de grupos tecnológicos especializados).

Las líneas de montaje de modelos mezclados en ocasiones no son tan difíciles de lograr, porque el montaje tiende a utilizar mucha mano de obra y esta es flexible. El sistema Justo a Tiempo permite que la manufactura reaccione con rapidez ante los cambios ocurridos en la mezcla de los productos y modelos que se venden en el mercado, siempre que la compañía tenga mano de obra flexible y los empleados puedan ser reasignados según sea necesario para elaborar los productos y modelos solicitados. Esa flexibilidad de la mano de obra, ofrece también protección limitada contra el despido de los trabajadores. Es decir, cuando la demanda total es baja o cuando la mayor productividad reduce el número de trabajadores necesarios, estos pueden ser reasignados un vez de despedidos.

Para realizar una operación de montaje en un modelo diferente, puede requerirse simplemente que se tome una parte diferente y una herramienta de mano distinta. El submontaje requiere por lo general más capital, mientras que el equipo no es muy flexible por naturaleza. La fabricación exige más capital, ya que las máquinas herramienta tales como prensas, troqueladoras, fresadoras y máquinas de molde por inyección son de mayor costo.

En el sistema Justo a Tiempo, generalmente se procesan modelos mezclados en las etapas de submontajes y fabricación, pero las empresas norteamericanas rechazan esa idea.

PRODUCCION DE MODELOS MEZCLADOS.

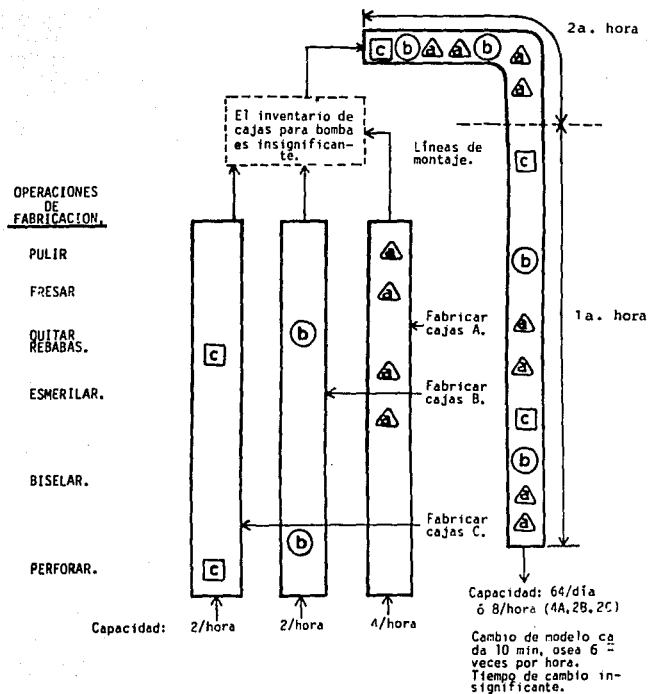


FIG. 4.7

FIGURA 4.7.

La figura 4.7 representa una línea de montaje de bombas de modelos mezclados, además de las líneas de fabricación para maquinar las cajas en las cuales se montan las bombas. (No se muestran otras líneas de submontaje y fabricación que proporcionarían bombas, juntas, tornillos, etc., a la línea de montaje).

La capacidad de la línea de montaje es de 64 bombas por día, es decir, 8 por hora: 4 bombas del modelo "a", 2 del modelo "b" y 2 del modelo "c". Las del modelo "a" son pequeñas y sencillas, de manera que se pueden hacer dos en el tiempo que se requiere para hacer una "b" o una "c". Por lo tanto, la secuencia de montaje de los modelos mezclados es :
aabcaabcaabcaabc.....

Hay un cambio de modelo cada diez minutos, o sea seis veces por hora, y el tiempo para efectuar el cambio es insignificante. La figura muestra la producción correspondiente a dos horas de proceso en la línea de montaje de las bombas.

Hay una línea de fabricación por cada uno de los tres modelos de cajas para bombas. La fabricación consiste en lo siguiente:

- 1.- Perforar agujeros para los tornillos en las piezas vaciadas de fierro donde se va alojar la bomba.
- 2.- Biselar.
- 3.- Esmerilar.
- 4.- Quitar rebabas.
- 5.- Fresar.
- 6.- Pulir.

Cada una de las tres líneas de fabricación está equipada y tiene el personal necesario para trabajar uniformemente durante toda la jornada, entregando cajas al mismo ritmo ~~que el con que se utiliza en la operación de montaje.~~ 4a, 2b y 2c por hora. Prácticamente no hay inventario de cajas, puesto que se utilizan tan pronto como se preparan.

El equilibrio de la línea es un reto especial en las operaciones con modelos mezclados, porque los distintos modelos pueden tener un contenido diferente de trabajo. Por ejemplo, un modelo grande puede requerir más minutos de mano de obra y tiempo de máquina que un modelo pequeño. La línea tendría que funcionar a la velocidad requerida por el modelo más lento, lo cual implicaría algo de tiempo ocioso en cada estación cuando va pasando el modelo pequeño. Para equilibrar la línea, las posibilidades son trabajar dos modelos pequeños por cada modelo grande, o tres por cada dos grandes, etc.

La configuración de modelo mezclado en una sola línea disminuye radicalmente el número de estaciones, la cantidad de equipo y el espacio necesario, comparado con las líneas especializadas múltiples. El inventario se reduce porque hay existencias al final de una sola línea en lugar de inventarios de protección al final de varias líneas especializadas. Además, a los procesos de más adelante les resulta más fácil comunicarse o interactuar físicamente con una sola línea, ventaja que facilita la introducción del Kanban o la unión física de los procesos.

Una sola línea simplifica también la interacción con los centros de trabajo anteriores y puede reducir los inventarios de las partes que provienen de esos centros. También es posible necesitar menos supervisión y control de talleres, ya que los trabajadores permanecen en una sola línea. Con líneas especializadas múltiples, en cambio, es común que los trabajadores sean transferidos de una línea a otra durante el día para que hagan modelos diferentes.

4.6.5 Líneas de producción automatizadas.

En una fábrica orientada hacia la producción Justo a Tiempo es natural que se considere a los dispositivos de tomar y colocar, así como los manipuladores automáticos (seudorrobots) como medios avanzados para reducir más aún los inventarios de protección, poniendo así en marcha otra ronda de beneficios Justo a Tiempo.

La posibilidad que ofrece el seudorobot será atractiva si se compara con los nuevos mejoramientos de las herramientas manuales, los controles, los sistemas de alimentación de partes, los accesorios, el mantenimiento preventivo y otras soluciones igual de sencillas. Es decir, que cuando se han proporcionado todas las ayudas posibles para mejorar la eficiencia, el trabajador sigue teniendo problemas para mantener el ritmo de trabajo y por lo tanto, se comienzan a automatizar las tareas del trabajador. Las tareas pesadas, peligrosas o monótonas son los candidatos probables a la automatización, los dispositivos de tomar y colocar y los manipuladores manuales a menudo resultan la manera obvia y menos costosa de automatizar. Con frecuencia pueden trabajar más rápidamente, con menos errores y casi siempre en forma más estable, lo cual resuelve los problemas expuestos cuando se retira inventarios o trabajadores. En las fábricas Justo a Tiempo avanzadas del Japón se está volviendo cosa común el ver, a lo largo de las líneas de producción, una mezcla de seres humanos y robots sencillos o seudorobots.

Si bien los dispositivos de tomar y colocar y los manipuladores manuales pueden mejorar el rendimiento del Justo a Tiempo en una línea de producción, carecen de la flexibilidad necesaria para cambiar de un modelo a otro. y, como se sabe, las líneas de producción de modelos mezclados son superiores a las de un solo modelo. Los auténticos robots tienen la flexibilidad necesaria; un robot puede "sentir" o "ver" automáticamente, o se le puede decir qué modelo se encuentra en la estación de trabajo. Se le puede programar para que ajuste dimensiones, velocidades y herramientas para que tome componentes distintos cuando tiene que trabajar en un modelo diferente.

La administración Justo a Tiempo de la producción expone los cuellos de botella de la productividad y dispone del talento de ingeniería necesario de línea y de asesoría, para aliviar esos cuellos de botella. A veces, los robots serán la solución.

Los robots son particularmente atractivos, porque alivian la escasez de mano de obra y no están sujetos a los aumentos de salario basados en la antigüedad que los trabajadores humanos exigen año tras año.

4.7 COMPRAS "JUSTO A TIEMPO"

El sistema Justo a Tiempo no se limita a la producción dentro de la fábrica. Los inventarios comprados se consideran tan malos como los que se guardan en la planta. Por lo tanto, el concepto Justo a Tiempo, aplicado a las compras, se traduce en retiros o autorizaciones y entregas frecuentes.

En la tabla siguiente se resumen, en forma de lista, diversas características y beneficios de las compras "Justo a Tiempo".

Tabla 4.1 Compras "Justo a Tiempo": Características y Beneficios.

Características JII.

Cantidades:

- Ritmo estable de producción (un requisito conveniente)
- Entregas frecuentes en cantidades pequeñas.
- Contratos de largo plazo; por ejemplo, pedidos generales
- Papeleo mínimo para la entrega.
- Cantidades variables de una a otra entrega pero fijas por lo que respecta a toda la duración del contrato.
- Se estimula a los proveedores para que reduzcan sus lotes de producción.

Calidad:

- Especificaciones mínimas.
- Se ayuda a los proveedores a satisfacer los requisitos de calidad. (fomento de proveedores).

- Relaciones más estrechas entre el personal de control de calidad de compradores y proveedores.
- Se estimula a los proveedores para que recurran al control de procesos en vez de a la inspección.

Proveedores.

- Pocos proveedores.
- Proveedores cercanos.
- Empleo activo del "Análisis del Valor" para permitir que los proveedores elegidos se vuelvan, y sigan siendo, competitivos en materia de precio.
- Operaciones repetidas con los mismos proveedores.
- Concurso competitivo limitado principalmente a los nuevos números de parte.
- Oposición de la fábrica compradora a la integración vertical y a la eliminación consiguiente de las operaciones del proveedor.
- Se estimula a los proveedores para que hagan extensiva la compra "Justo a Tiempo" a sus proveedores.

Remesas:

- Programación de la carga por recibir.
- Obtener control mediante el empleo de transportes propios o contratados, almacenes contratados y remolques para consolidar y almacenar la carga siempre que sea posible, en vez de recurrir a transportistas públicos.

Beneficios VII.

Calidad:

- Prompta detección de los defectos, puesto que las entregas son frecuentes.

- Pronta corrección de los defectos ya que las preparaciones del proveedor son frecuentes y los lotes son pequeños.
- Menos necesidad de inspección (de lotes), puesto que se estimula el control de procesos.
- Mejor calidad de las partes compradas (y de los productos de los cuales forman parte).

Costos de las partes:

- Bajo costo de manejo de inventario.
- Bajo costo de desperdicios, porque los defectos se detectan a tiempo.

Diseño:

- Pronta respuesta a los cambios de ingeniería.
- Innovaciones de diseño, puesto que los proveedores son expertos y no se ven paralizados por las especificaciones restrictivas.

Eficiencia administrativa:

- Menos solicitudes de cotizaciones.
- Pocos proveedores con quienes contratar.
- Contratos negociados con frecuencia.
- Papeleo mínimo para la entrega.
- Distancias cortas de recorrido y de comunicación telefónica y por lo tanto, costos más bajos.
- Fácil recuento de las partes recibidas si los proveedores usan contenedores estándar.
- Identificación confiable de los pedidos que llegan, si los proveedores marcan debidamente los contenedores.

Productividad:

- Menos corrección.
- Menos inspección.
- Menos retrasos debido a partes que no corresponden a las especificaciones, a las entregas tardías o a los faltantes.
- Menos compras, control de producción, control de inventario y supervisión, con más partes confiables y manejo de cantidades más pequeñas.

Las características Justo a tiempo se dividen en cuatro grupos:

- 1) Cantidades: productos elaborados, elementos, contratos celebrados y documentos de compra.
- 2) Calidad: especificaciones, coordinación y control.
- 3) Proveedores: número, ubicación, importancia, años en el negocio y asistencia y asesoría ofrecidas.
- 4) Remesas: cargas por recibir y sistemas de almacenaje.

Los beneficios Justo a Tiempo se dividen en cinco grupos:

- 1) Costo de las partes: manejo y desperdicio.
- 2) Calidad: detección, corrección, control de procesos y calidad general.
- 3) Diseño: tiempo de respuesta e innovación.

- 4) Eficiencia administrativa: pocos proveedores, cotizaciones y contratos, papeleo mínimo para acelerar y entregar, comunicaciones y recepción simplificadas.
- 5) Productividad: menos corrección, inspección y demoras relacionadas con las partes, así como más apoyo del personal.

Las características Justo a Tiempo de la tabla 4.1 están relacionadas entre sí y los beneficios Justo a Tiempo mencionados en la tabla tienden a aumentar a medida que se implantan más características de la compra Justo a Tiempo.

Con Justo a Tiempo, también los proveedores se benefician, sobre todo con los contratos de largo plazo y las relaciones estables con la fábrica compradora, elementos importantes de la compra Justo a Tiempo. Haciendo las partes en forma continua, y no por lotes, el proveedor obtiene ventajas en cuanto a inventario, calidad y desperdicio: los defectos se detectan a tiempo y habrá menos unidades defectuosas que desechar o corregir.

Se lograrán otros beneficios de inventario si el proveedor inicia también las compras Justo a Tiempo con sus proveedores.

Los beneficios de la compra Justo a Tiempo son mayores en el caso de los materiales que se usan diariamente. En el caso de los que se usan en forma irregular, sólo se puede llegar a las compras frecuentes en cantidades pequeñas de manera limitada.

En la compra industrial, la tarea del agente de compras consiste en encontrar buenos proveedores, celebrar convenios y luego vigilar para garantizar su cumplimiento. Esto implica normalmente una pequeña dosis de labor de convencimiento: por ejemplo, inducir al proveedor a ajustarse a las necesidades de calidad, entrega y servicio de la empresa compradora.

Es cosa común que un convenio Justo a Tiempo de compra requiera muy poco papeleo. Por ejemplo, la orden de compra (OC) o el contrato puede especificar (además del precio y los datos de ingeniería) simplemente una cantidad total que se entregará durante un periodo de varios meses de acuerdo con un programa de producción a largo plazo que proporciona la fábrica compradora.

Otra característica notable del sistema Justo a Tiempo de compra industrial, es la simplicidad en las especificaciones del producto por el cual concursan o que van a proporcionar los proveedores.

Las especificaciones mínimas contribuyen a la compra Justo a Tiempo porque las demoras relacionadas con la especificación y las interrupciones del trabajo se pueden resolver rápidamente y sin muchas formalidades en la planta del proveedor. En la fábrica del usuario, las especificaciones mínimas mejoran también la producción Justo a Tiempo, porque los capataces, los ingenieros y el personal de control de calidad pueden resolver algunos problemas de diseño a medida que se presentan en la planta. Al proveedor le resulta más fácil seguir produciendo y entregando continuamente en pequeñas cantidades.

La compra Justo a Tiempo, al igual que la producción Justo a Tiempo, considera los obstáculos que se oponen a la reducción del tamaño del lote como un reto más bien que como algo insuperable. La compra Justo a Tiempo trata de asegurar entregas constantes y confiables a fin de evitar los costos excesivos del manejo de las mercancías que llegan anticipadamente o que se quedan atoradas en algún punto del sistema de transportación (en una espuela de ferrocarril), en el punto de distribución de las cargas, en un camión a medio llenar y, cosa tal vez más importante, evitar las interrupciones en la fábrica compradora cuando los materiales llegan con retraso.

Los convenios de compra Justo a Tiempo no especifican fechas de embarque, sino fechas de entrega.

Otra manera de reducir los problemas de programación de la carga por recibir, es tratar de operar con proveedores agrupados y no diseminados de manera que la carga se pueda consolidar diariamente (o con más frecuencia) por camiones o furgones enteros que resulten más económicos. Las agrupaciones de proveedores permiten también una mejor utilización de los transportes contratados o de los propios camiones de la compañía, así como el uso de los remolques como almacenes portátiles. Estas medidas mejoran el control de los programas de carga y permiten evitar las incertidumbres que implica tratar con los almacenes de distribución de cargas.

El beneficio más evidente de las compras Justo a Tiempo es deshacerse del inventario de alguien más, ya sea del proveedor o del comprador; en términos monetarios, significa reducir los propios costos de manejo: El costo del capital paralizado en inventario más el costo de almacenamiento.

Los lotes más pequeños implican más pedidos que procesar por año y por lo tanto, más papeleo y costo de procesamiento. Por el medio en el cual funciona mejor la compra Justo a Tiempo es aquel en el que los programas de producción del comprador son relativamente estables, de manera que la demanda de materiales comprados es constante y predecible; además, la excelencia y la lealtad del proveedor se estimula haciendo pedidos más importantes y constantes a un número más pequeño de proveedores y los convenios de compra a largo plazo permiten las entregas frecuentes con un número de papeleo. Con una demanda constante, pocos proveedores y contratos de largo plazo, los costos de papeleo pueden ser más bajos y no más altos.

Cuando la fábrica de un proveedor está geográficamente cerca de la fábrica compradora, hay muchos beneficios de coordinación además de las ventajas de costo de transporte.

Tal vez los beneficios que ofrece la mejor coordinación en los aspectos de ingeniería y calidad sean aún más significativos. Cuando la planta del proveedor está cerca, los ingenieros y el personal de control de calidad se visitarán frecuentemente en sus respectivas fábricas. Las cuestiones de ingeniería pueden ser resueltas con rapidez y los posibles problemas de calidad se pueden cortar de raíz.

Como ya se dijo, el concepto general Justo a Tiempo parece depender tanto de que se impida la producción de grandes lotes defectuosos como de que reduzcan los inventarios. Así ocurre cuando el sistema Justo a Tiempo se aplica a las partes que se compran a los proveedores, lo mismo que a las que se hacen en la propia fábrica. En el caso de las partes compradas, las entregas frecuentes garantizarán que los defectos serán detectados a tiempo; pero, si las fábricas están a mucha distancia, intervienen las ventajas económicas de la transportación por remolque o furgón entero y esto excluye la posibilidad de que el comprador descubra las partes defectuosas antes de que se fabrique y se remita una gran cantidad de ellas. Asimismo, la falta de coordinación en cuestiones de ingeniería y control de calidad dará lugar probablemente a que se presenten condiciones inconvenientes con relativa frecuencia y a que la solución de los problemas sea poco efectiva.

El empleo de especificaciones mínimas se relaciona con todo esto. Estando libres de especificaciones restrictivas, el personal de ingeniería del proveedor y del comprador, se mantiene en contacto frecuente para decidir que características del producto son realmente indispensables, y se pueden establecer maneras innovadoras y económicas de pasar por alto algunas dificultades de producción y calidad con pocas demoras y papeleo.

Así pues, una de las virtudes de la proximidad geográfica es que el proveedor tiende a adquirir categoría por su pronta respuesta en materia de calidad y diseño. El riesgo de que a un proveedor se le cancele su contrato, después del gasto que implica construir su fábrica cerca del comprador, disminuye porque el comprador dependerá cada vez más de la cantidad y la buena disposición del proveedor.

El "Análisis del Valor" puede adquirir nueva vitalidad en conexión con la compra Justo a Tiempo. Al negociarse un convenio de compra Justo a Tiempo, el proveedor en potencia recibe los diseños del comprador con especificaciones mínimas y vuelve posteriormente con el precio que propone. Si el precio es demasiado alto, el comprador puede visitar la fábrica del proveedor para examinar detalladamente el precio, lo cual es un análisis informal del valor.

La finalidad es ver dónde están precisamente los costos elevados del proveedor, y muchas veces el comprador podrá modificar incluso las especificaciones mínimas a fin de ahorrarle algo de dinero al proveedor, con lo cual bajará el precio. Análogamente las especificaciones flexibles estimulan el análisis del valor sobre la marcha dentro de la propia fábrica compradora.

En una planta Justo a Tiempo, los ingenieros de diseño no están confinados en sus oficinas. Se van a los talleres, donde pueden planear pequeños cambios de diseño junto con los capataces.

Una regla general del sistema de compras de las empresas que no tienen el sistema Justo a Tiempo es tener siempre por lo menos dos proveedores para cada parte que se compre. Las compañías o empresas Justo a Tiempo, en cambio, esperan poder llegar a comprar una parte determinada a un solo proveedor, pero que sea bueno y preferiblemente que realice pocas operaciones con otras compañías compradoras.

FUGURA 4.8

El enfoque de planta tradicional tiene una sola Área de recibo donde nada se mueve hasta ser inspeccionado y aprobado. Después, el material se enviará a un área central de almacén y de ahí se tomará otra vez para surtir las líneas de producción. Cuando se termina una operación, las piezas trabajadas se convierten en inventario en proceso.

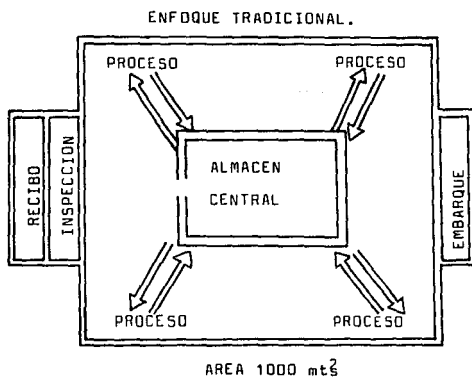
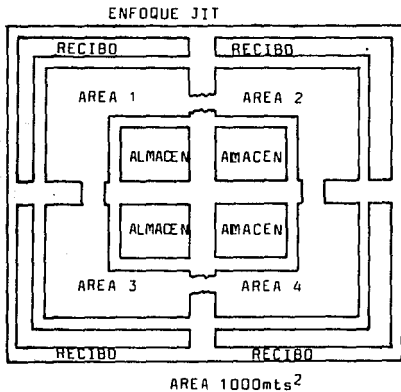


FIGURA 4.9

El enfoque del JIT empieza por comprar material ya aprobado, que no requiere inspección, hay múltiples muelles de recibo que permiten al material ir a donde se necesita tan pronto llega, sin tener que dar la vuelta por los almacenes centrales. Cuando una operación se termina, las piezas van inmediatamente a la siguiente operación; el material facilita la operación, no la entorpece.



V. ANALISIS DE UN CASO REAL DE NUEVOS SISTEMAS PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA MEXICANA.

La empresa donde se realizó el caso práctico, pertenece a una corporación en donde se dedican a fabricar rines de aluminio.

Es una empresa cien por ciento mexicana, que actualmente fabrica una gran variedad de modelos de rines; éste estudio mostrará un panorama más real sobre la filosofía del "JUSTO A TIEMPO".

En virtud de que la empresa aún se encuentra en un proceso de aprendizaje e integración y dado que la planta está trabajando en base a la instalación de la filosofía "JUSTO A TIEMPO" el alcance de este estudio es solamente para el área de maquinado, proceso que contiene las operaciones de barrenado, torneado, maquinado, inspección y prueba hidrostática.

Esta filosofía significa un cambio en la forma de pensar y de actuar de toda la gente involucrada en producción. A éste programa se le está dando un seguimiento, quedando todavía cosas por hacer, tal como elaborar un plan de trabajo con los proveedores.

Los beneficios que señalaremos más adelante son reales.

Consideramos importante hacer una descripción del proceso de fabricación de un rín de aluminio, pues ayuda a la mejor comprensión del caso.

5.1 PROCESO DE FABRICACION.

5.1.1 Preparación de la Materia Prima.

La aleación de aluminio utilizada en el moldeo de ruedas y que se funde en los hornos basculantes de crisol, recibe un tratamiento basado en las operaciones que se describen a continuación:

- Pre calentamiento de la carga.

- Carga de crisol.

- Recarga.

- Cobertura.

- Mantenimiento.

- Pre calentamiento.- Todo material que vaya a cargarse en los hornos debe pre calentarse a fin de evitar la introducción de humedad al metal fundido, evitar la formación excesiva de escoria y prolongar demaciado el tiempo de operación. El tiempo mínimo de pre calentamiento será de ocho minutos.

- Carga de crisol.- Antes de cargar el crisol, se raspan las paredes interiores del crisol para eliminar las capas de óxidos que se han formado; las cuales se sacarán del fondo por medio de una espumadera perfectamente pintada, seca y pre calentada, depositándolas en los lingotes.

La carga del crisol puede efectuarse cuando el crisol esté vacío o con un sobrante o caldo líquido.

Cuando el crisol esté vacío la carga se colocará siempre teniendo en el fondo del crisol una cama de metal de fácil fusión o bien pedazos de lingotes, a fin de amortiguar la caída de la carga pesada contra el fondo del crisol.

Nunca forzar a que entren más lingotes, ya que el aluminio se dilata o crece más que el crisol al calentarse y llegaría a agrietario.

Los lingotes se deslizarán sobre las paredes del crisol evitando golpearlas.

Nunca dejar caer la carga dentro del crisol.

Cuando el crisol tenga un sobrante o caldo líquido la carga del complemento sólido se hará observando las siguientes precauciones:

- No cargar tal cantidad de material precalentado que ocasione la solidificación del sobrante líquido.
- Nunca dejar enfriar el sobrante líquido.
- No dejar caer la carga sólida en el sobrante líquido.
- Evitar que la carga golpee las paredes del crisol.
- Usar tenazas para cargar los lingotes al crisol.

- Fusión.- Para los dos casos, una vez cargado el crisol con la carga sólida precalentada se inicia su fusión y cuando el metal tenga un aspecto pastoso se procede al recargue.

- Recarga.- Generalmente después de que funde la primera carga hay que agregar más material sólido precalentado a fin de tener la capacidad total del crisol. En este recargue, deberán observarse las mismas precauciones que en el caso del crisol con sobrante o caldo líquido.

- Cobertura.- Una vez completada la carga total del crisol y con el metal aún pastoso (+ 570 grados centígrados), se cubre con fundente a fin de protegerlo de la oxidación. La temperatura máxima de operación será de 715 + 10 grados centígrados.

- Mantenimiento.- Cuando el horno de crisol basculante esté lleno y no se vaya a transferir a los crisoles de las máquinas de moldeo, deberá mantenerse la superficie del metal fundido con fundente.

Vigilar que la temperatura del metal se mantenga entre 715 y 725 grados centígrados.

5.2 COMPOSICION DE LA CARGA DE HORNOS DE CRISOL BASCULANTE

- Centros o colados (libre de filtros o fibras)	35 Kg.
- Rueda chatarra (fundición o maquinado, 6 pzas.)	60 Kg.
- Lingote de rebaba (3 lingotes)	35 Kg.
- Lingote de ALCOA (21 lingotes)	285 Kg.
	<hr/>
	415 Kg.

Cuando exista lingote de ALUMSA, la carga constará de:

- Centros o colados (libres de filtros o fibra metálica)	35 Kg.
- Ruedas chatarra (fundición o maquinado, 6 pzas)	60 Kg.
- Lingote de rebaba (3 lingotes)	35 Kg.
- Lingote de ALCOA (7 lingotes)	98 Kg.
- Lingote de ALUMSA (15 lingotes)	190 Kg.
	<hr/>
	418 Kg.

NOTA: ALCOA Y ALUMSA son los principales proveedores de Aluminio. el peso de los lingotes es de entre 13 y 14 Kgs.

5.3 TRANSFERENCIA DE METAL FUNDIDO DE LOS HORNOS DE FUSION A LAS MAQUINAS MOLDEADORAS.

La olla de transferencia debe estar limpia de los escurrimientos de la vaciada anterior y precalentada a una temperatura que las paredes de la olla tengan un color rojo cereza o mate.

Todas las herramientas utilizadas en esta operación deberán estar limpias, perfectamente pintadas, secas y precalentadas. La temperatura del metal fundido que llene la olla deberá ser de 715 ± 10 grados centígrados (1330 grados fahrenheit).

El nivel del metal fundido en la olla de transferencia será siempre de 6 pulgadas abajo del borde superior. Una vez llena la olla se procede a la preparación del metal, antes de llenar los crisoles de las máquinas

La preparación consistirá en desgasificación, modificación del silicio y limpieza.

Desgasificación.- Se efectuará una vez que la olla de transferencia esté llena, con una espumadera se limpiará la superficie del baño de escoria y con campana previamente precalentada y pintada se introducirán (6) pastillas de hexaclorotano dejando la campana en el fondo de la olla, una vez que cesa la reacción se saca la campana y se vuelven a introducir con la campana otras seis pastillas, manteniéndola en el centro y fondo de la olla hasta que cesa la reacción, momento en el cual se saca.

Una vez que se ha desgasificado se procede a la modificación del silicio y a la limpieza.

Modificación del silicio.- La modificación del silicio puede efectuarse con:

- Sodio metálico.
- Mezcla de sales que desprendan Sodio.
- Aleación de aluminio - estroncio - silicio.

(Al - Sr - Si)

El procedimiento consiste en agregar con campana pintada y precalentada, el sodio o sales que desprendan sodio, hasta el fondo de la olla y sacarla cuando no haya reacción.

En el caso de utilizar lingote de Al-Sr-Si, éste deberá agregarse también después de desgasificar, ya sea utilizando campana o tenaza pintada y precalentada.

El objetivo de ésta modificación es aumentar la resistencia a la tracción del material así como una modificación morfológica con el fin de obtener un menor desgaste de las herramientas al momento de maquinarse.

Limpieza.— Una vez efectuada la desgasificación y modificación, se procede a la limpieza de la escoria que flota sobre el metal líquido, con espumadera limpia, perfectamente pintada y precalentada, colocando la escoria en la lingotera.

El canal utilizado para llenar el crisol de la máquina debe estar precalentado, pintado y limpio de escurrimientos anteriores.

Una vez desgasificado y limpiado el material se toma una muestra para inspeccionarla (porosidad).

5.4 PREPARACION DE LA MAQUINA PARA MOLDEO DE RUEDAS.

- 1.- Precalentar crisol a 650 grados centígrados + 20
- 2.- Mientras se precalienta el crisol de la máquina preparar molde para montarlo, revisando enfriamientos, mangueras y conexiones.
- 3.- Montar molde en la máquina.
- 4.- Precalentar molde con quemadores a una temperatura de 400 grados centígrados + 20.
- 5.- Poner junta de cordón de asbesto del crisol y taparlo.

- 6.- Ajustar tubo de inyección con la tapa de crisol, usando cordón de asbesto para evitar fuga de aire.
- 7.- Colocar funda de termo por dentro del crisol, usando cordón de asbesto para evitar fuga de aire.
- 8.- Colocar dentro de la funda el termopar.
- 9.- Revisar el correcto funcionamiento del termopar y controlador.
- 10.- Cuando el molde tenga una temperatura de 400 grados centigrados + 20 pintar gajos y frente del macho (campana) con pintura amarilla.
La hembra y el centro del macho pintarlos con pintura gris.
- 11.- Lubricar botadores y correderas.
- 12.- Una vez que el crisol tiene una temperatura de 650 grados centigrados agregar aluminio líquido con una temperatura de 680 grados centigrados hasta una altura de 8 centímetros (3 pulgadas) abajo de la parte superior del crisol.
- 13.- Ajustar el controlador de temperatura del crisol de la máquina a 680 grados centigrados.
- 14.- Bajar máquina para que el molde se cierre en el tubo de inyección, usando cordón de asbesto para sellar.
- 15.- Precalentar con quemador, la colada de la hembra a una temperatura de 500 grados centigrados + 20.
- 16.- Revisar que la presión del aire que llega a la máquina sea de 6 Kg/cm² (85 Lb/Pulg²).
- 17.- Normalizar el molde inyectando aluminio. Los tiempos de inyección y solidificación durante la normalización y el número de piezas se dan a continuación:

RUEDA	TIEMPO DE INYECCION EN SEGUNDOS	TIEMPO DE SOLIDIFICA- CION EN SEGUNDOS
Primera	30	15
Segunda	45	15
Tercera	60	30
Cuarta	90	45
Quinta	120	60

Después de sacar cada rueda, con varilla revisar que el tubo de inyección no esté tapado.

18.- Una vez normalizado el molde, se moldean tres ruedas más y se examinan, si no presentan defectos de llenado, abrir el sistema de enfriamiento con la llave maestra, evitando mover las llaves individuales.

5.5 MANTENIMIENTO DE ALUMINIO FUNDIDO EN EL CRISOL DE LAS MAQUINAS MOLDEADORAS.

El metal en el crisol de la máquina debe tener 680 \pm 10 grados centígrados. Debe escorearse en cada turno para reducir la posibilidad de inyectar óxidos o impurezas, las herramientas utilizadas para escorear deben estar limpias, secas, perfectamente pintadas y precalentadas; la escoria sacada se depositará en lingotera.

Una vez escoreado se cubrirá con alu-bass la superficie del metal líquido que está en el crisol de la máquina a fin de evitar la oxidación del metal por estar en contacto con aire a presión, la cantidad de fundente empleada no será mayor de 500 gr. repartiéndolo uniformemente sobre toda la superficie del metal.

Durante la operación de escorreado se sacará la muestra para determinar la cantidad de gas en el metal

La pieza moldeada pasa a la primera inspección de calidad en el departamento de FLUROSCOPIA, en donde pasa a través de una pantalla observándose detalladamente, para poder determinar su grado de porosidad. En ésta inspección es en donde se decide aceptar, o no, la pieza moldeada, dependiendo del grado de porosidad del rin.

La rueda aceptada pase al departamento de troquelado.

Una vez troquelada, la pieza es trasladada al área de revelado de esfuerzos, en donde es tratada térmicamente.

Al terminar el tratamiento térmico de un lote de 200 ruedas, se toman cinco muestras al azar y se envían al laboratorio para determinar su límite elástico, límite de cedencia, elongación, dureza y su microestructura.

El equipo empleado para determinar éstas características es un máquina universal, una máquina de dureza, un microscopio y equipo auxiliar.

La siguiente operación es la de maquinado, la cual será explicada más adelante, ya que es el área de estudio de este caso práctico.

Al salir un rin del área de maquinado pasa al Área de acabado, procediendo a preparar la superficie del rin, limpiando con un equipo de aspersion (manguera con boquilla, saliendo agua a presión).

Existen seis tanques distribuidos en forma de carrusel por los cuales la rueda va pasando de tanque en tanque.

Tanque No. 1.- Desengrase del rin con agua y jabón a una temperatura de 50 grados centigrados.

Tanque No. 2.- Enjuague en agua caliente.

Tanque No. 3.- Fosfatizado del rin con fosfato de hierro

Tanque No. 4.- Cromatizado agregando ácido crómico en el rin.

Tanque No. 5.- Enjuague con agua fría.

Tanque No. 6.- Enjuague con agua des-ionizada.

Después de pasar por los tanques, el rin es secado y se procede a la aplicación de pintura.

Método de aplicación de pintura .- Se utilizan dos pintores

Pintor No. 1.- Da una mano húmeda a las cuatro ruedas de la siguiente forma: de izquierda a derecha de arriba hacia abajo y una mano briceada de arriba hacia abajo por el lado izquierdo.

Pintor No. 2.- Dará una mano húmeda, retoque de izquierda a derecha y de derecha a izquierda, en forma de péndulo, de abajo hacia arriba disparando dentro de los birlos la pistola una vez.

Terminada la operación de pintura el rin es transportado al área de polimerizado en donde es secado a una temperatura de 180 ± 10 grados centigrados por aproximadamente 45 minutos.

El proceso de fabricación termina al ser llevada la pieza (rin) al almacén de productos terminados.

Como antes se mencionó, el estudio se enfocará al área de maquinado.

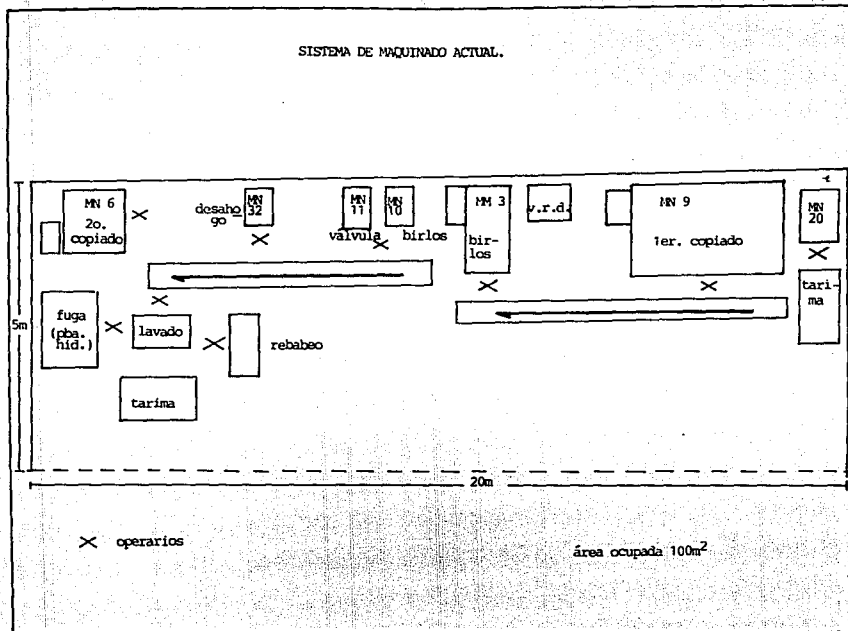
5.6 DISEÑO DEL MÓDULO DE MAQUINADO.

En esta fase del estudio se hizo un análisis del proceso de maquinado de los diferentes modelos de rines de aluminio, éstos fueron agrupados en forma de familias. Se cubrieron algunos problemas de herramientas y maquinaria; quedando algunos detalles menores por concluir como algunas alternativas del método de proceso.

Primero que nada describiremos las diferentes operaciones que se realizan en el maquinado:

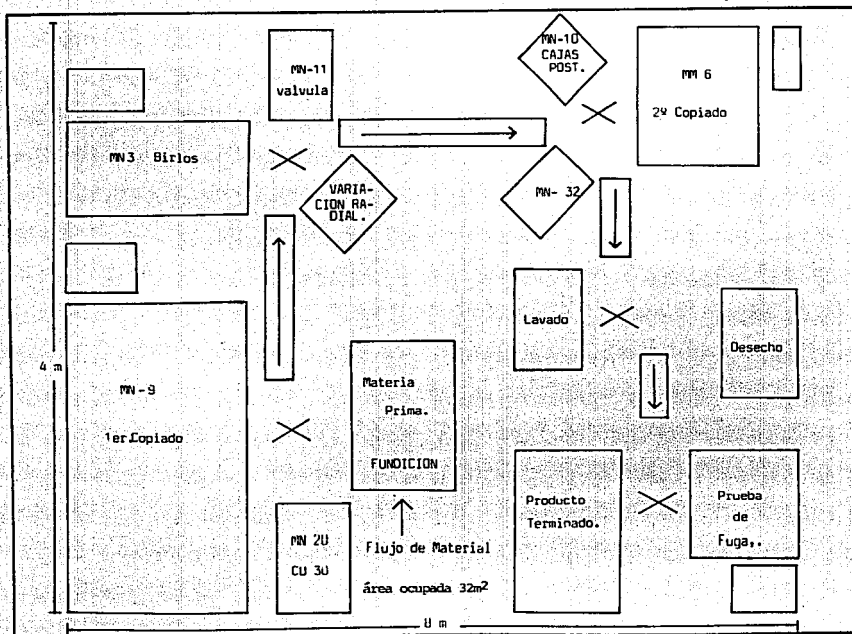
- Barrenado de diámetro piloto.
- Torneado, copiado de cama, campana y asiento.
- Inspección de variación radial y axial.
- Barrenado de agujeros para birlos.
- Barrenado de agujeros para válvula.
- Maquinado de cajas posteriores para agujeros de birlos
- Torneado, copiado frontal, desbaste y rolado.
- Barrenado de ranura.
- Barrenado de diámetros de desahogo.
- Torneado, copiado frontal, acabado con diamante.
- Maquinado de caja emblema.
- Prueba hidrostática.

SISTEMA DE MAQUINADO ACTUAL.



MODULO DE MAQUINADO
(SISTEMA NUEVO)

× operarios



151

PASILLO

Al recibir la rueda se procede a verificar los puntos de localización del diámetro piloto, auxiliándose con planos de fabricación y calibradores, ya que es la parte principal de la rueda, por ser la guía para realizar todo el maquinado.

Una vez verificados los puntos de localización se procede a iniciar el maquinado, haciendo en primera instancia el barrenado del agujero piloto y el chaflán del agujero piloto, siguiendo el torneado, copiado de cama, campana y asiento; terminando estas operaciones, se realiza la inspección de variación axial y radial, después de pasar la inspección se realiza el barrenado de agujeros para birlos, el barrenado para agujero de válvula, el maquinado de cajas posteriores para agujeros de birlos, el torneado, el copiado frontal, desbaste y rolado de la pieza, procediendo después al barrenado de ranuras y de diámetros de desahogo.

Terminadas estas operaciones la pieza pasa al torneado, y al copiado frontal acabado con diamante.

Por último se hace el maquinado de la caja emblema.

Cabe mencionar que el proceso del maquinado es igual para cualquier modelo de rin, únicamente se hacen cambios en las máquinas dependiendo de las dimensiones y del tipo de rin según sea el modelo.

Antes de salir del área de maquinado, el rin es llevado a la prueba hidrostática para observar si tiene alguna fuga, en caso de tener fugas es regresado para volver a maquinar, de lo contrario pasará al área de acabado.

El objetivo que se busca al instalar un módulo de producción en el área de maquinado, es aumentar la productividad mediante la reducción de la mano de obra, el inventario, mejor utilización del espacio, etc.

Al estudiar el proceso de maquinado actual, se observó que cada operación por lo general le correspondía a un operario (ver tabla No. 5.1), sumando nueve trabajadores, que realizaban sus actividades en un área de 100 M² aprox.

Se hicieron varios cambios en lo que respecta a la distribución de las máquinas, tratando de que el flujo de material corriera en forma de línea recta reduciendo las distancias entre cada máquina.

Los obreros tuvieron sesiones de capacitación, enseñándoles el funcionamiento de cada una de las máquinas, obteniendo obreros más flexibles y consecuentemente, un obrero podría realizar más de una operación durante el proceso. En la tabla No. 5.1 se observa la comparativa del proceso actual con el proceso nuevo.

A continuación se lista una guía básica para aumentar la eficiencia, no sólo del módulo de maquinado, sino de todas las áreas que integran el proceso de fabricación.

5.7 GUIA BASICA PARA LOS OPERADORES.

- 1.- Mira y piensa.
 - Inspecciona lo que haces.
 - Calidad es más importante que cantidad.
- 2.- Participa con ideas para mejorar.
- 3.- Si tienes algún problema en tus procesos, para inmediatamente y comunícaselo a tu líder de equipo.
- 4.- Tu máquina es parte de tu responsabilidad.
 - Revisala diariamente antes de empezar a trabajar.
 - Asegurate de que mantenimiento cumpla con su parte.
- 5.- Aprende a realizar los cambios de parte en tu máquina, para los diferentes modelos de rin que se corran en tu módulo.
- 6.- Trabaja en equipo, tú dependes de ellos y ellos dependen de ti.

TABLA 5.1

OPERACION	PROCESO ACTUAL	OPERARIOS	OPERACION	PROCESO NUEVO	OPERARIOS
10	Barrenado diámetro piloto	1	10	Torneado, copiado de cama campana, asiento y diámetro piloto	1
20	Torneado, copiado de cama, campana y asiento	1	20	Inspección de variación radial y axial	1
30	Inspección de variación radial y axial	1	30	Barrenado de agujero de válvula	1
40	Barrenado de agujero para birlos	1	40	Barrenado de agujero para birlos	1
50	Barrenado de agujero para válvula	1	50	Barrenado de ranura	1
60	Maquinado de cajas posteriores para agujero de biglos	1	60	Torneado, copiado frontal, desbaste rolado de centro, acabado con diamante y maquinado de caja emblema	1
70	Torneado, copiado frontal, desbaste y rolado	1	70	Prueba hidrostática	1
80	Barrenado de ranura	1			
90	Barrenado de diámetro de desahogo	1			
100	Torneado, copiado frontal acabado con diamante	1			
110	Maquinado de caja emblema	1			
120	Prueba hidrostática	1			

CONTINUACION TABLA 3.1

PROCESO ACTUAL	PROCESO NUEVO	EXPERIENCIAS
Operarios: 9	Operarios: 5	Operarios: 4
Tiempo std: 12.65 min	Tiempo std: 7.72 min	Tiempo std: 4.93 min
Piezas/hora: 36	Piezas/hora: 36	Piezas/hora: 60
Cambio de modelo: 8 hrs.	Cambio de modelo: 2 hrs.	Cambio de modelo: 6 hrs.
Area (m ²): 100	Area (m ²): 32	Area (m ²): 68

7.- Mantén limpia tu área de trabajo.

8.- Aprende a manejar las demás máquinas de tu módulo.

5.8 RESPONSABILIDADES DEL SUPERVISOR DEL MÓDULO.

5.8.1 Producción.

- Controlar la producción del módulo
- Entrenar a los operadores en el uso correcto de las máquinas y herramientas.
- Mantener actualizada la documentación del módulo (gráficas, reportes en el tablero, etc.).
- Tener una junta diaria de cinco minutos con el equipo del módulo, para discutir el estado de éste, y motivar a la gente.
- Reportar al líder del grupo el estado del módulo y sugerencias para mejorar.

5.8.2 Cambios de Parte.

- Determinar cuándo comenzar con un cambio de tipo de rin, en base a la programación.
- Preparar todo el herramental necesario, y llevarlo al módulo antes de comenzar el cambio.
- Coordinar el cambio de número de parte.
 - * Avisar a los operadores.
 - * Supervisar el cambio.
 - * Ayudar y entrenar a los operadores en el cambio de cada máquina, según sea necesario.
 - * Registrar el tiempo.

- Asegurarse de que sean los operadores quienes realicen las muestras de producción requeridas por control de calidad.
- Entregar las muestras a control de calidad después de completar el cambio de modelo.
- Avisar a los operadores de que está aprobado el cambio de modelo, para que reanuden la producción.
- Entrenar continuamente a todos los operadores en las técnicas de cambio de modelo.

5.8.3 Mantenimiento Preventivo.

- Discutir diariamente problemas de mantenimiento con los operadores.
- Definir causas de problemas de mantenimiento y aislar las máquinas problema.
- Identificar acciones correctivas y preventivas requeridas (conjuntamente con el equipo).
- Documentar las acciones propuestas y entregárselas al líder de equipo.
- Durante el tiempo muerto del módulo, discutir con los operadores el porqué del problema y que se puede hacer para prevenirlo.
- Dar entrenamiento sobre mantenimiento o de cómo hacer un cambio de modelo.

5.8.4 Limpieza.

- Asegurarse de que los operadores mantengan limpia y ordenada su área de trabajo.
- Mantener libres los pasillos, ordenar en el interior del módulo el material al igual que las piezas rechazadas.

5.8.5 Manejo de Materiales.

- Mantener con suficiente material las estaciones de trabajo de los operadores.

5.9 RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron al instalar un módulo o célula de manufactura en el área de maquinado, son muy significativos.

A continuación se hace una comparativa entre el sistema actual y el sistema nuevo.

5.9.1 Mano de obra.

Se trabaja tres turnos de ocho horas cada uno.

El número de operadores que trabajan en el área de maquinado utilizando el sistema actual, es de nueve. Trabajando un total de 216 horas diarias.

Al trabajar con el diseño del módulo de maquinado, el número de operarios utilizado fue de cinco, trabajando un total de 120 horas diarias.

Comparando los dos sistemas de maquinado se puede observar la reducción del número de operarios de nueve a cinco, y consecuentemente se reducirán las horas diarias de trabajo. Cabe mencionar que ésta reducción de mano de obra no afecta en ningún momento la producción, en virtud de tener el mismo número de piezas maquinadas, que es de 36 por hora. (ver tabla 5.1).

5.9.2 Espacio.

Al implantar una nueva distribución del área de maquinado, se obtuvo una reducción del espacio ocupado del 68 %, área que podrá ser utilizada en un futuro, dependiendo de las necesidades de la empresa.

5.9.3 Inventario.

El inventario se divide en dos tipos:

- Inventario de aluminio primario.
- Inventario de aluminio secundario.

La reducción del inventario se muestra en las gráficas A y B. Se puede observar que el objetivo en los dos casos es tener un inventario de 50 toneladas mensuales, y como, poco a poco, han ido cumpliendo dicho objetivo, utilizando la filosofía Justo a Tiempo.

5.10 OTROS BENEFICIOS.

5.10.1 Flujo de Materiales.

Debido a la reducción de espacio y a la creación de módulos, las distancias que tienen que recorrer los materiales a través del proceso fueron reducidas significativamente.

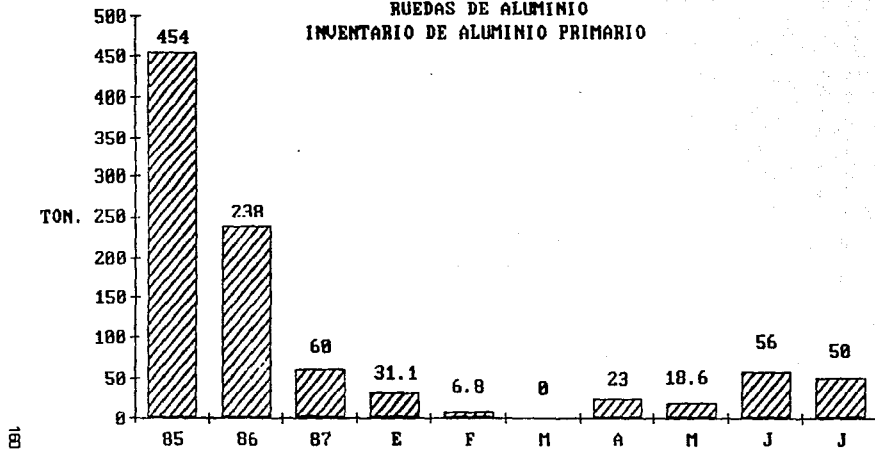
5.10.2 Control de Inventarios.

Con la minimización del inventario en proceso, se redujo considerablemente el control de materiales a través del proceso, así como el trabajo de conteos físicos de materiales.

5.10.3 Mejor Utilización de la Capacidad de las Máquinas.

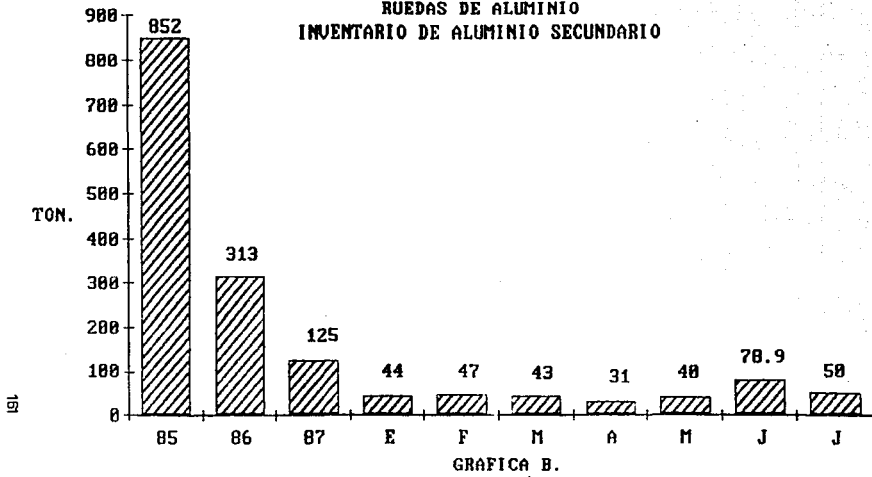
Debido a la sincronía de manufactura, la capacidad de las máquinas es usada eficientemente, ya que las máquinas del módulo cuentan con un ciclo, marcando el tiempo del ciclo, la operación más lenta. Esto ayuda al enfoque de la productividad de cada máquina.

GERENCIA DE PRODUCCION
RUEDAS DE ALUMINIO
INVENTARIO DE ALUMINIO PRIMARIO



GRAFICA A.

GERENCIA DE PRODUCCION
RUEDAS DE ALUMINIO
INVENTARIO DE ALUMINIO SECUNDARIO



5.10.4 Supervisión.

Al reducir el área de proceso, el área de supervisión es reducida; con el funcionamiento de los módulos la visibilidad dentro de la planta aumenta.

5.10.5 Comunicación.

Aumenta la comunicación entre los trabajadores, ya que se cuenta con equipos por módulos, donde su área de trabajo es la necesaria para formar un producto terminado.

5.10.6 Calidad.

Los problemas de calidad son detectados inmediatamente, por lo que se pueden dar acciones correctivas antes de incrementar el inventario de piezas defectuosas.

5.10.7 Motivación del Trabajador.

Al contar con equipos en el módulo, el operador se siente responsable para con éste y es la misma gente del equipo la que empuja a mejores resultados. El operador es tomado más en cuenta ya que es la fuente principal de calidad. Con las juntas diarias se busca la participación de cada operador y la integración de cada equipo.

5.11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Una vez eliminado el inventario en proceso e implantado el módulo de maquinado, se puede apreciar el exceso de mano de obra que se tenía originalmente, por lo que ahora se puede trabajar con sólo el personal necesario para satisfacer las necesidades.

En virtud de que ésta filosofía es de continuo mejoramiento, se recomienda hacer pruebas, quitando un operador del módulo, ver los problemas que se susciten y ver cómo es posible ideárselas sin él; y así hasta que se llegue a un flujo totalmente automatizado e integrado, partiendo de la base de primero simplificar y luego automatizar.

En lo referente a los empleados se recomienda el contar con gente que conozca toda la empresa y no sólo un área específica, así como el tratar de reducir niveles y jerarquías.

Para empezar a romper barreras entre departamentos y jerarquías es recomendable formar círculos de calidad, mezclando personal de diferentes departamentos, con el fin de resolver más rápido problemas existentes o enfocarse a algún punto a mejorar.

Con éste módulo se trabaja de una manera sincronizada la cual no deja que haya material en proceso y mejora la calidad del producto. Se debe buscar el diseño más eficiente de una máquina, que proporcione flexibilidad al proceso y que reduzca el tiempo de fabricación.

Cada vez que en el módulo se para una máquina, la producción de todo el módulo deberá parar, esto con el fin de no acumular inventario, el mantenimiento deberá ser dado al momento.

A medida que vayan surgiendo nuevos problemas que causan tiempos muertos en el módulo, el programa de mantenimiento preventivo deberá ser actualizado, el objetivo es tener cero tiempos muertos. Se debe buscar la intervención de los operadores en el mantenimiento, ya que ellos son los que operan las máquinas y son los que en un momento dado conocen más la causa de los problemas.

Por medio de la eliminación de los tiempos muertos, el control de la producción es más sencillo.

TABLA 5.2 IMPLEMENTACION FILOSOFIA JUSTO A TIEMPO.

PUNTO	ACCIONES	DESCRIPCIONES	1986	1988	GLOBAL
1	Calidad total (cero desecho)	% desecho	24.6	23.01	-----
2	Eliminación de desperdicio	Material a remover (kg)	3.63	2.33	-----
3	Elevar la calidad de los trj bajadores (obreros flexibles)	No. obreros flexibles	-----	44	213 directos
4	Comprar materias que estemos seguros estén bien	No. mat'1 con certificado	18	26	52 materiales
5	Usar el mantenimiento predictivo, para optimizar la confiabilidad de las máquinas	No. de maq. con mantenimiento - predictivo	-----	-----	125 máquinas
6	Acomodar las - máquinas en células de producción	No. de células	-----	7	8 líneas
7	Reducir los - tiempos de cambio de modelo	hrs. x cambio	8	4	-----
8	Fomentar la participación de tg dos los empleados en la planta	No. de reconocimientos - al año	-----	7	143 empleados
9	Hacer una buena planeación (cumplir al 100% a los clientes	% Cumplimiento a clientes	86	98	-----

CONTINUACION TABLA 5.2

PUNTO	PROBLEMA	EXPOSICIONES	1986	1988	GLOBAL
10	Diseños y fabricación de materiales que faciliten los cambios de modelo y la producción	Ruta crítica (días)	5	2.5	-----
11	Entregas más frecuentes (proveedores de aluminio)	Veces al mes	1	8	-----
12	Rotación de inventarios (aluminio)	Veces al año	12	96	-----

VI. LA FABRICA AUTOMATIZADA DEL FUTURO.

Manufactura Integrada por Computadora, Máquinas de Control Numérico, Robótica, Sistema de Manufactura Flexible, Sistema de Manufactura Celular, Sistema Justo a Tiempo, Inspección Automatizada, Procesos de Control por Computadora; son conceptos que actualmente están dirigidos hacia una misma meta: la completa automatización de la " Fábrica del Futuro".

Existen varias tendencias aplicadas a la manufactura, encaminadas a lo que será el futuro de la fábrica. Estas tendencias son el resultado del deseo de encontrar nuevas formas de incrementar la productividad.

Estas tendencias incluyen:

1.- Productos con ciclos de vida cortos.- Una de las tendencias desarrolladas está encaminada a superar la presión competitiva existente entre las compañías, para desarrollar y producir nuevos productos, cada vez más complejos, en menor tiempo, como son automóviles, aviones, computadoras, equipos de audio y video, máquinas, herramientas, etc.

El uso de los sistemas CAD/CAM, hace posible complementar el análisis, la evaluación y la documentación del diseño de éstos tipos de productos en menos tiempo, en comparación con los sistemas tradicionales (manuales).

2.- Incremento de la calidad y confiabilidad.- Los japoneses han demostrado que es posible manufacturar productos de alta calidad con bajos costos, ante lo cual los productores americanos han tenido que responder fabricando productos con mayor calidad. Cuando las consecuencias de la pobre calidad de un producto se hacen presentes, (menos adaptación del consumidor, reducido volumen de ventas, unidades de costo muy altas, problemas de servicio, etc) es necesario elevar la calidad de los productos manufacturados.

3.- Nuevos materiales.- Nuevos materiales están siendo seleccionados por los diseñadores de nuevos productos.

En la industria automovilística esta tendencia está ejemplificada por el uso de materiales plásticos, fibra de vidrio, etc., en lugar del acero convencional. Las ventajas de materiales nuevos incluyen un menor peso y más flexibilidad. Considerando el tamaño del mercado automovilístico cada año, y la calidad de material requerido por el producto, el impacto de esta sustitución de materiales en la economía es substancial.

La industria aeronáutica es otra área donde se está aplicando la sustitución de materiales, los cuales están siendo usados con gran frecuencia en el diseño y aplicaciones tradicionalmente satisfechas por metales. Estos materiales no tradicionales deben ser modelados por técnicas de proceso que son completamente diferentes de aquellas usadas en trabajos con metales.

Hay cambios significativos en la industria manufacturera para tratar con esas nuevas tecnologías.

4.- Aumento en el uso de la electrónica.- Previendo un punto de vista entre expertos de manufactura electrónica, se observa que el ser humano está siendo eliminado de la participación directa en la manufactura de productos microelectrónicos. Esto significa automatización.

5.- Presión para reducir inventarios.- Durante los últimos años 70's y casi todos los 80's, el interés de reducir inventarios se incrementó a niveles históricos. Las compañías se dieron cuenta que había un alto costo de investigación asociado con los inventarios. Se hicieron consideraciones de todo tipo para reducir inventarios.

El costo del inventario en proceso puede ser importante cuando el valor del producto es alto y el tiempo de manufactura es largo.

Algunas de las siguientes tendencias son el resultado de esta presión para reducir inventarios:

A) Fuentes Externas.- Es un método usado por muchas compañías para contratar la fabricación de ciertos componentes de sus productos, en lugar de producir esos componentes ellos mismos. Encuentran más conveniente y menos caro recurrir a otras compañías que produzcan los componentes. En muchos casos, las grandes firmas continúan haciendo el ensamble final del producto en sus propias plantas, donde pueden mantener un mejor control sobre la calidad del producto.

Las ventajas de éste método incluyen la reducción de los problemas laborales en la manufactura, eliminación del equipo que es pobremente utilizado, aumento de investigaciones en nuevas técnicas de manufactura, reducción del inventario y el trato con compañías expertas en la tecnología de la manufactura.

La desventaja de contratar otras compañías es el riesgo de perder el control de la calidad y la entrega de los componentes.

La alternativa para las grandes firmas es adquirir experiencia en quizá una gran variedad de tecnologías de proceso, con el riesgo de que algunas de esas tecnologías se conviertan en obsoletas.

B) Producción Justo a Tiempo.- El concepto de Justo a Tiempo, es el significado de reducción de inventarios en materiales y partes compuestas. Con JIT una gran compañía que hace un producto ensamblado requerirá que sus proveedores estén dispuestos a entregar los componentes necesarios para el producto dentro de un intervalo de tiempo corto, antes del proceso de ensamble. El intervalo puede ser un día o menos, dependiendo de la veracidad del proveedor para hacer entregas por catálogo. Idealmente los componentes son entregados inmediatamente antes de que sean necesitados para su ensamble.

El beneficio de una compañía con una política JIT con sus proveedores, es que los inventarios están dramáticamente reducidos.

C) **Manufactura Punto de Uso.**— Una aproximación relativa al JIT es la Manufactura Punto de Uso, la cual es usada en fábricas donde la producción de los componentes y el ensamble del producto final están realizados ambos al mismo tiempo. La manufactura punto de uso significa que las estaciones de trabajo hacen los componentes que están localizados a lo largo de la línea de producción inmediatamente antes de las operaciones de ensamblado. En esta forma, los componentes fluyen directamente dentro de las estaciones de trabajo, lo cual es de significativa importancia, ya que el tiempo comprendido entre la fabricación de las piezas y cuando son vendidas es mínimo.

El riesgo sufrido por la compañía, es que si una de las operaciones de producción fallara, causaría que la línea de ensamble dejara de producir. Para reducir el riesgo, un pequeño lote de partes es mantenido entre la estación de trabajo que hace las partes y la estación que las ensambla.

D) **Uso de la Computadora en la Manufactura.**— La Manufactura Integrada por Computadora es el término que se ha venido manejando sobre la última década. Ha habido un creciente interés en la implementación de computadoras para planear, controlar y administrar las operaciones de manufactura. No hay señal de que esta tendencia sea disminuida en un futuro.

Estas tendencias están dominando el camino hacia el futuro de la fabricación integrada por computadora.

6.1 EL FUTURO DE LA FABRICA AUTOMATIZADA.

El concepto de la fábrica automatizada del futuro es usualmente aplicado en el contexto de la manufactura de productos que son hechos en remesas chicas o medianas.

La fábrica del futuro tendrá que realizar las funciones básicas de manufactura: ensamble, almacenamiento, inspección, control, etc., apoyadas en sistemas computarizados.

El objetivo de la fábrica automatizada es lograr un nivel integrado de operaciones, similar al que existe comúnmente en la producción controlada por computadora.

En la industria manufacturera, los problemas complejos son encontrados en el logro del mismo nivel de automatización, ya que a las dificultades encontradas en el proceso, ensamble, mano de obra e inspección, se suman además, la fabricación de productos diferentes.

Lo que hace a la manufactura difícil, es que al fabricar una gran variedad de productos diferentes, la información procesada para cada producto es demasiada, ya que cada componente del producto tiene su especificación geométrica (un diseño de ingeniería o un modelo geométrico en una base de datos CAD), definición, material y una hoja de ruta del proceso. Por el producto en sí mismo hay partes listas, operaciones específicas, diseños de ensambles, etc.

Los catálogos de producción deben ser formulados, los materiales deben ser ordenados, el trabajo y el equipo debe ser planeado. Multiplicando éstos datos por el número de diferentes productos manufacturados en la planta y la información que debe ser generada y administrada, obtenemos una cantidad considerablemente grande de información.

6.2. EL SISTEMA DE INFORMACION EN LA FABRICA AUTOMATIZADA.

Una de las características que distinguirá a la fábrica automatizada, es el alto nivel de información procesada y la administración de una base de datos será requerida para operarla. Al mismo tiempo parece razonable que todos los datos e información requeridos para operar la planta deben ser contenidos en una base central de datos.

Una de las razones del por qué la base de datos de la fábrica será muy grande, es que debe ser capaz de sostener no sólo datos alfanuméricos (el medio común en la actualidad en base de datos muy grandes), sino también ser capaz de almacenar, procesar, transmitir y exponer datos gráficos.

Los sistemas de computadora deben ser capaces de soportar el diseño de ingeniería y las funciones de análisis, y generalmente el tiempo consumido en computaciones numéricas que están asociados con esas funciones, así como las aplicaciones tradicionales del proceso de datos. En otras palabras, el sistema de información de una amplia corporación debe poseer capacidades para procesar datos usualmente encontrados solo en sistemas CAD/CAM.

Esta capacidad de sostener datos geométricos dará la oportunidad de una comunicación directa de las especificaciones del producto entre los sistemas de computadora de la empresa cliente y sus proveedores. En lugar de comprar información en la forma de documentos que requieren la interpretación del ser humano, la forma de comunicación será digital sin necesidad de que la gente lea y analice cada artículo.

Los sistemas de información del futuro tendrán la capacidad de interpretar mejor los datos que los sistemas convencionales. En lugar de sólo realizar cálculos repetitivos de los datos, el sistema será capaz de entender el significado inherente de los datos. Serán capaces de tomar decisiones e iniciar acciones en la compañía, para el tiempo de ejecución de procedimientos que deben ocurrir durante el ciclo de manufactura.

Como un ejemplo, un cambio en la ingeniería relacionado con un producto dado, sería automáticamente propagado a través de varias bases de datos que son afectadas por un cambio.

Como otro ejemplo, el deterioro crítico de una máquina requerirá la reelaboración de las partes normalmente hechas en esa máquina a otros centros de trabajo, la planta del sistema de computadora decidirá cómo administrar mejor el problema y el trabajo alrededor de él.

En esencia, el sistema de información usado para sostener la fábrica del futuro se convertirá en "un sistema de administración de conocimientos", tanto como un "sistema de administración de base de datos".

Los sistemas CAD/CAM están siendo usados ampliamente en la industria actual, la tecnología de gráficas asociadas por computadora y técnicas de modelos geométricos serán importantes en los sistemas de información de la fábrica del futuro.

La planeación del proceso es un ejemplo de la inteligencia que será aplicada por los sistemas de computadora, para automáticamente desarrollar la secuencia de los pasos de producción, necesarios para hacer un producto basado en los modelos geométricos solicitados en las bases de datos. La comunicación entre los diferentes elementos de la base de datos distribuidos en la fábrica, será por medio de redes de computadoras.

6.3 PROCESO Y ENSAMBLE.

Las funciones de proceso y ensamble en la manufactura son las operaciones fundamentales que transforman materiales y les agregan valor.

Se considerarán algunos de los cambios que probablemente ocurren en la tecnología de proceso y ensamble.

- A pesar de sus ventajas, la maquinaria está diseñada para satisfacer las necesidades del proceso de manufactura. Las operaciones de la maquinaria del futuro se llevarán a cabo probablemente en velocidades substancialmente más altas que en la actualidad, quizás en el rango de 3000 a 5000 pies/min. (las velocidades convencionales correspondientes a la actualidad están en el rango de 200 a 1000 pies/min). Estos incrementos de velocidad mejorarán la productividad en las operaciones. Los avances en los materiales y la tecnología de máquinas-herramientas hará esas innovaciones posibles.

- El uso de diamante policristalino y otros materiales super duros proveerá la base para el corte de herramientas del futuro. Las máquinas-herramienta poseerán gran rigidez, siendo equipadas con nuevos diseños que permitirán las altas velocidades y tendrán más características automatizadas. Los avances en la tecnología proveerán el uso de herramientas sofisticadas en los sistemas de monitoreo para el control.

- Los sistemas de transportación están prevaleciendo con significancia para resolver problemas.

- En adición a la maquinaria, el uso de procesos en red crecerá en importancia. Los procesos en forma de red son aquellos que se consideran para generar la forma final de la parte en forma simple (o un número limitado de pasos secuentes).

Sus objetivos y ventajas incluyen reducir tiempo de fabricación, número de operaciones de proceso requeridas de la parte y reducir costos de manufactura. Ejemplos de partes de procesos incluyen modelos plásticos, metalurgia, pruebas, etc. En adición, las tecnologías de los nuevos procesos están siendo desarrolladas para formar nuevos materiales, tales como fibra de vidrio, nuevos plásticos y materiales de cerámica.

- Finalmente el crecimiento de la tecnología microelectrónica ha forzado el desarrollo de química especializada, óptica y métodos de proceso físico para crear circuitos integrados a gran escala.

Estos procesos incluyen técnicas fotolitográficas, vapor químico, difusión implantación de iones y electrones, etc.

Es anticipado que algunas de esas tecnologías de proceso encontrarán muchas aplicaciones industriales.

- En el área de ensamble, algunos de los mejoramientos son esperados para hacer una gran conciencia del impacto del diseño del producto en el proceso de ensamble. El diseño de las partes dará la facilidad para el ensamble automático, el número de pasos de ensamble y el costo correspondiente será reducido. El costo total del producto puede ser minimizado por el logro de un balance óptimo entre los costos de componentes y costos de ensamble.

6.4 MANEJO DE MATERIALES.

El manejo de material es un obstáculo significativo que debe ser superado al lograr la automatización de la fábrica del futuro.

Dos áreas problemas serán mencionadas.

- Rutas flexibles para partes diferentes.
- Superficie mecánica del material y sistemas de producción

6.4.1 Rutas flexibles.

El primero de estos problemas implica la capacidad del sistema de materiales para entregar componentes a diferentes áreas de trabajo en la planta, de acuerdo a la ruta particular de la parte.

En el modelo conceptual de la fábrica automatizada, las diferentes partes y productos requerirán su propio grupo de operaciones, y el sistema de manejo debe ser capaz de proveer esas rutas flexibles. Esta flexibilidad logrará usar la computadora para el sistema de manejo de materiales.

El almacén en la planta será el plan de proceso para cada parte, y esta información puede ser convertida dentro de la célula de trabajo correspondiente.

El sistema más flexible de manejo de materiales está en un sistema guiado por vehículo automatizado. A causa de su flexibilidad y capacidad para ser controlado por computadora, es una de las partes de crecimiento más rápido del manejo de materiales en la industria actual.

6.4.2 Superficie mecánica del material y sistemas de producción

Otro problema es la dificultad en la transferencia de las cargas en el sistema de manejo de materiales, células de trabajo de producción y sistemas de almacenamiento en la planta. Se refiere a este problema como el problema de superficie mecánica.

Cada vez que una parte es transferida de un tipo de sistema en la fábrica a otro, la transferencia deberá ser realizada dentro de ciertos requisitos de localización.

El método de transferencia en los sistemas en la fábrica del futuro, probablemente hará uso de partes con tamaños estándar. La base de la tarima será diseñada usando ciertas características estándares y tamaños compatibles con todo el almacenamiento y sistemas de producción en la planta.

La superficie de cada tarima consistirá de un accesorio diseñado para acomodar ciertas familias de partes. Las diferentes tarimas tendrán diferentes accesorios para dirigir las diversas mezclas de productos hechos en la fábrica.

6.5 SISTEMAS DE INSPECCION.

La función de inspección está destinada a ser más automatizada en el futuro. Las tendencias comunes en la inspección automatizada sugieren que la fábrica del futuro sea caracterizada en el área de control de calidad por lo siguiente.

- Métodos de inspección automatizada que permitan el uso del 100 % de la inspección de la producción de salida a diferencia de los procedimientos simples de inspección comunes.

- Procedimientos de inspección que serán integrados dentro del proceso de producción, para formar un sistema de control de alimentación. Los errores de proceso detectados en la inspección serán corregidos en la línea para cerrar al 100 % con un buen producto, y las variaciones en las especificaciones del proyecto de los valores del diseño nominal serán significativamente reducidos.

- Sensores sin contacto.- La visión de las máquinas y otras técnicas ópticas, entrarán al uso extenso en la inspección automatizada.

- Tecnologías de inspección controladas por computadoras que pueden ser adaptadas a la variación de las configuraciones del producto, que crecerán en importancia en la fábrica

automatizada del futuro. Estas técnicas permitirán que las especificaciones del producto puedan ser cargadas del sistema de base de datos CAD/CAM al sistema de inspección, sin la necesidad de un programa especial.

6.6 EL ENFOQUE DE LAS FABRICAS.

El enfoque de la fábrica automatizada será una extensión de los sistemas de manufactura flexible de la actualidad. Muchos de los problemas, tales como: almacenamiento, programación de máquinas-herramientas, catálogos de producción de las herramientas y control de calidad que están encontrados en el diseño y operación de la fábrica del futuro, se podrán solucionar.

Se puede decir que la fábrica automatizada es un Sistema de Manufactura Flexible grande, sin embargo, los problemas de operación y control del sistema de manufactura son significativamente más grandes que la capacidad de producción del sistema.

Existen límites prácticos que deben ser impuestos en el tamaño de la fábrica. La fábrica es la que concentra sus esfuerzos en un limitado, conciso y dirigido grupo de productos, volúmenes y mercados. Practica los principios del Grupo Tecnológico, limitando sus actividades a ciertas familias de productos, los cuales pueden ser producidos usando un grupo limitado de tecnologías de proceso.

La fábrica automatizada usa una versión modificada del principio de estandarización.

Considera limitar la variedad de problemas que deben tratar; existen oportunidades para la estandarización, aún en la producción chica o mediana de diversos productos.

Estas oportunidades incluyen:

- A) Diseños Estándares.- El sistema CAD/CAM tiende a promover la estandarización por construcción dentro del diseño del software. Los componentes del hardware, cierres, tamaños, rincones y muchas otras posibilidades existen para diseñar los productos de acuerdo a los estándares que reducen los problemas en la manufactura y ensamble.
- B) Materiales.- Al existir una selección de productos, la variedad de materiales está limitada a un grupo determinado.
- C) Herramientas (instrumentos).- Muchas fábricas tienden a permitir la variedad de instrumentos para crecer. Esto sería posible si se limitara la cantidad de herramienta y otros suplementos que son usados dentro de la fábrica.
- D) Procesos y Métodos.- La variedad de los procesos de manufactura y métodos incluyen en la práctica a un grupo limitado para su dirección.

6.7 LAS FABRICAS NO AUTOMATIZADAS.

Ciertamente, no todas las fábricas del futuro poseerán las características y capacidades de la fábrica automatizada que se han descrito. Serán probablemente un gran número de plantas de producción en el futuro que aún usarán labor directa para realizar sus operaciones. Estas fábricas de labor intensiva probablemente caerán dentro de las siguientes categorías:

- A) Fábricas Foráneas.- La labor directa será usada para producir bienes en donde las proporciones de trabajo son bajas y las presiones para automatizar no son importantes. En éstos casos el trabajo barato compite con la automatización.

- B) Pequeños Negocios.- Estos son típicamente negocios en los cuales la economía es marginal. Son pequeñas fábricas con servicios de baja capitalización, acomodadas en los mercados de fácil entrada. Estas fábricas tienen alternativas pequeñas para ampliar el trabajo en forma mínima y no proveen los beneficios que son requeridos.
- C) Tecnologías Emergentes.- Los métodos de producción manual serán utilizados en situaciones donde el producto es nuevo y la tecnología del proceso aún no está madura. Porque la tecnología está emergiendo rápidamente, no se presta a sí misma para la automatización.

Estas compañías, las cuáles, debido a las variadas - circunstancias (ej. administración pobre, ambiente competitivo, economía baja, industria incapaz de atraer nuevo capital, etc.) están incapacitadas para invertir en la automatización. Emplean trabajo manual con métodos obsoletos.

En todas estas categorías, los niveles de tecnología serán más bajos, las habilidades, entrenamiento y capacitación de los empleados serán pobres; y los prospectos de la economía serán malos a comparación de aquellas industrias automatizadas.

Todas estas compañías serán probablemente eliminadas.

6.8 PERSONAL EN LA FABRICA AUTOMATIZADA DEL FUTURO.

Que tipo de trabajo hara la gente en la fábrica automatizada del futuro? Es difícil preverlo, lógicamente no se requerirán seres humanos en todas las operaciones de fabricación.

Se ha conceptualizado una fábrica en la cual no habrá gente participando directamente en la producción y procesos de ensamble. Pero la gente será requerida para dirigir y mantener la planta.

6.9 MANTENIMIENTO.

Así como las funciones de manufactura son completamente dependientes de las máquinas automatizadas, la confiabilidad y el mantenimiento de aquellas máquinas crecen en importancia. En una fábrica completamente automatizada, un deterioro en una máquina crítica, posiblemente traerá problemas en la planta entera, y técnicos altamente capacitados necesitarán mantener y reparar las máquinas.

6.10 PROGRAMACION.

Los sistemas de computadora y las máquinas de programación deben estar sincronizadas, los datos deben estar completos, etc., mucha de la rutina del programa para el equipo de producción es hecho por inteligencia artificial. No habrá, sin embargo, la necesidad de nuevos programas escritos para computadora.

Es difícil imaginar que el sistema de información de la fábrica y la base de datos permanecerá en una configuración actual, habrá una demanda continua de datos en programas de computadora para incorporar nuevo software dentro de las operaciones de la fábrica.

6.11 INGENIERIA.

El proceso de automatización de la fábrica quizá nunca sea terminado. Habrá una continua necesidad de elevar la producción de las máquinas, y de introducir nuevas técnicas de proceso, tratar de usar nuevas herramientas, etc. Así como los sistemas de información necesitarán de un constante mejoramiento, los sistemas mecánicos en el área de compras necesitarán implementaciones similares.

Se contempla que el personal de ingeniería altamente capacitado encontrará muchas oportunidades en la fábrica automatizada del futuro.

6.12 PLAN DE SEGURIDAD.

Algunas de las funciones de seguridad pueden ser llevadas a cabo por robots y sistemas sensores sofisticados. Habrá probablemente la necesidad de un limitado personal de guardias para vigilar la administración de los sistema de seguridad.

6.13 SUPERVISION DE LA FABRICA.

Alguien debe estar a cargo de la fábrica, habrá personal limitado de ingenieros y administradores, quienes son responsables de las operaciones de la planta.

Quizá cuando la fábrica automatizada del futuro que se está describiendo sea lograda, y todos los problemas tecnológicos asociados con la fábrica hayan sido resueltos, entonces será realístico considerar una fábrica futura con nada de gente. Por ahora, la fábrica del futuro requerirá gente para operar.

6.14 IMPACTO SOCIAL.

La fábrica automatizada traerá consigo una consecuencia social, con su reducido número de empleados y ninguna participación directa en el trabajo de producción.

El impacto es en los trabajadores que no se necesitarán para operar las máquinas y realizar las tareas manuales. Pero otros tipos de trabajo también serán afectados.

No sucederá que todas las compañías inicien repentinamente la automatización de sus fábricas. El proceso de construcción y aprendizaje tomará tiempo. La fábrica automatizada se introducirá gradualmente, y los efectos en la fuerza de trabajo evolucionarán más que revolucionar. Sin embargo, los efectos serán notorios.

6.15 IMPACTO EN EL TRABAJO.

La fábrica automatizada significa la sustitución de seres humanos por máquinas.

Como la automatización es implementada, habrá un cambio en los trabajos de labor directa de la fábrica a trabajos de labor indirecta.

El trabajo de labor directa de la fábrica tiende a estar bien definido, manual y repetitivo. A causa de esas características, el nivel de habilidad requerido para realizarlo es generalmente bajo. El trabajo de labor indirecta en las fábricas es a veces manual pero no tan definido como repetitivo.

Muchas de las clasificaciones de trabajo para labor indirecta requieren habilidad y entretenimiento.

Como se ha visto anteriormente, la necesidad del trabajo de labor indirecta incluirá requisitos de entrenamiento técnico en el mantenimiento, programas de computadora, ingeniería (particularmente en campos eléctricos y electrónicos, industrial, manufactura e ingeniería mecánica) y supervisión.

A causa de las diferencias en los requisitos de habilidad, no es posible que todos los trabajadores, quienes comúnmente califican las posiciones de labor directa en las fábricas convencionales actuales, califiquen las posiciones de labor indirecta en la fábrica automatizada del futuro. Los trabajadores de labor directa en la producción serán removidos.

Algunos de los trabajadores inhabilitados pueden ser entrenados, sin embargo, si las compañías no automatizan sus fábricas en el futuro, no tendrán ninguna prosperidad.

6.16 CAPACITACION Y EDUCACION.

Una respuesta a la medida laboral es la educación. Así como nos movemos hacia una sociedad tecnológica, la importancia de la educación técnica parece clara. Hay dos aspectos a la solución educacional.

- El primero trata con la educación de gente joven aún en la escuela. Es importante que nuestra sociedad entrene a su gente joven en números suficientes para diseñar, construir y operar la fábrica automatizada y tratar con otras tecnologías que serán tan importantes para nuestro progreso y bienestar económico.

- El segundo aspecto de la solución educacional implica la capacitación de los trabajadores.

A continuación, se mencionan algunas preguntas que ayudan a determinar hasta que punto es bueno capacitar a los trabajadores:

- ¿Quién pagaría la capacitación?
- Técnicamente, ¿la capacitación es costosa?
- ¿Debería la compañía introducir la automatización a pesar de lo caro?
- O, ¿Debería el gobierno federal, estatal o local pagar esa capacitación?

Otra dificultad implica las obligaciones del trabajador después de la capacitación, si la compañía provee la capacitación e incrementa el nivel de habilidad y educación del trabajador, es que el trabajador está obligado a permanecer en el mismo trabajo?

Si no hay suficientes trabajos en la comunidad local, está obligado el trabajador a moverse a otra área geográfica para mantener el empleo?. Quizá el trabajador tiene raíces familiares en el área local y prefiere no moverse. El trabajador sentirá que la compañía es responsable de la capacitación que proveería también el empleo en el mismo lugar geográfico.

Con el incremento de la complejidad de la ciencia y tecnología, ¿cuánta capacitación es la que el trabajador recibirá? Dar capacitación a trabajadores a la edad de 50 años, quienes se graduaron hace 25, implicaría un programa de capacitación diferente al que se le daría a personas recién egresadas, con el mismo fin: aprender programas de computadora ó conceptos técnicos y principios operativos de un sistema, o programaciones de máquinas sofisticadas.

Finalmente una pregunta importante en el campo de la educación es: ¿Donde la sociedad conseguirá a maestros y equipo de laboratorio moderno para realizar la capacitación?.

Muchas de las nuevas tecnologías, en las cuales la capacitación es indispensable, aún siguen emergiendo, y los profesores quienes han sido expuestos a una educación en esos campos no están disponibles.

No se tienen repuestas a estas preguntas, no parecen ser fáciles, pero trabajando con mucho énfasis en todas las áreas involucradas, es casi seguro que la automatización de la fábrica, en un futuro no muy lejano, será toda realidad.

6 17 FUERZAS SOCIALES Y ECONOMICAS.

La tendencia hacia la fábrica automatizada parece inevitable en las sociedades industrializadas modernas, como los Estados Unidos, Europa y Japón. Existen varios factores sociales y económicos que tienden a promover el desarrollo de una fábrica.

- La necesidad económica de incrementar la productividad
- El deseo de incrementar la utilización de la máquina.
- El alto costo del inventario en proceso.
- El deseo de reducir los tiempos de manufactura para responder más rápidamente a las demandas del cliente.
- La necesidad de usar materiales tan eficientemente como sea posible .
- La necesidad de aumentar la calidad de los productos fabricados.
- Considerar regulaciones federales para la seguridad del trabajador.

Estos factores constituyen la fuerza de manejo detrás del desarrollo de las líneas de producción, ensamble automatizado, máquinas de control numérico y otros sistemas de producción automatizados de hoy que tienen el ímpetu de avanzar, culminando en la "Fábrica Automatizada Del Futuro".

BIBLIOGRAFIA .

- KOREN YORAM
COMPUTER CONTROL OF MANUFACTURING SYSTEMS
EDITORIAL MC GRAW HILL BOOK COMPANY
U.S.A.
1983

- LEV BENJAMIN
PRODUCTION MANAGEMENT : METHODS AND STUDIES
EDITORIAL ELSEVIER SCIENCE PUBLISHER NORTH HOLLAND
HOLANDA
1986

- CALVET PEREZ RICARDO
TECNICAS JAPONESAS DE FABRICACION
EDITORIAL LIMUSA
MEXICO, D.F.
1987

- KUSIAK ANDREW
FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS: METHODS AND STUDIES
EDITORIAL NORTH HOLLAND
HOLANDA

- GROOVER, M. P.
AUTOMATION PRODUCTION SYSTEMS, AND COMPUTER INTEGRATED
MANUFACTURING
EDITORIAL PRENTICE, HALL-INC.
U.S.A.
1987

- GROOVER, M. P. AND ZIMMERS, E. W.
CAD/CAM : COMPUTER-AIDED DESIGN AND MANUFACTURING
EDITORIAL PRENTICE HALL, INC.
U.S.A.
1984

- TSUKAMOTO, Y.
AN APPROACH TO FUZZY REASONING METHOD IN :
ADVANCES IN FUZZY SETS THEORY AND APPLICATIONS
EDITORIAL NORTH HOLLAND
HOLANDA
1979

- GROOVER, M. P.
AUTOMATION, PRODUCTION SYSTEMS AND COMPUTER
AIDED MANUFACTURING
EDITORIAL PRENTICE HALL, INC.
U.S.A.
1980

- GUSTAVSON, S. O.
FLEXIBLE AND PRODUCTIVITY IN COMPLEX PRODUCTION
PROCESSES
CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE PRODUCTIVIDAD Y
CALIDAD
TOKIO, JAPON
1982

- SCHRUEDER, ROGER G.
ADMINISTRACION DE OPERACIONES
EDITORIAL MCGRAW-HILL
MEXICO.
1983

- AUTOR: RAAFAI ABU ZEID MOHAMMAD
REVISTA: INDUSTRIAL ENGINEERING
ARTICULO: GROUP TECHNOLOGY
NUM: 5
U.S.A.
MAYO 1975

- AUTOR: WILLIS G, ROGER
REVISTA: INDUSTRIAL ENGINEERING
ARTICULO: CUTTING COST COMPETITION WITH COMPUTER
MANUFACTURING SYSTEMS.
NUM: VOL. 16 No.2
U.S.A.
FEBRERO 1984

- AUTOR: GROSS L, JERRY
REVISTA: INDUSTRIAL ENGINEERING
ARTICULO: BUILDING BLOCKS OF CIM
U.S.A.
JUNIO 1984

- HAM YOUNG
GROUP TECHNOLOGY APPLICATIONS FOR HIGHER
MANUFACTURING PRODUCTIVITY
CURSO IMPARTIDO EN LA U.N.A.M. UNIDAD DE FOSTERADO DE
LA FACULTAD DE INGENIERIA
MEXICO, D.F.
1981

- NORDSTROM, C
THE COMPLETE TURNING CELL FOR FMS
PROCEEDINGS OF 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON FMS
U.S.A.
1983