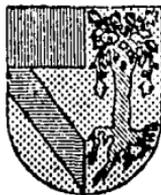


308917

5

2ij



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

con estudios incorporados a la
Universidad Nacional Autónoma de México

**SISTEMAS DE MANUFACTURA INTEGRADOS
POR COMPUTADORA**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL

presenta

LUIS OLAGUIBEL MARQUEZ

1 9 8 6



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	
Introducción	1
CAPITULO II	
Ventajas y Desventajas de los SMICs	9
CAPITULO III	
Historia de las Computadoras en las Empresas de Manufactura	30
CAPITULO IV	
Planeación de un Sistema de Manufactura In- tegrado por Computadora	47
CAPITULO V	
Involucramiento de Recursos en un SMIC	66
CAPITULO VI	
Conceptualización de la Manufactura como un Proceso de Información	88
CAPITULO VII	
Criterior para Selección de Equipo	105
CAPITULO VIII	
La Capacitación para un SMIC	119
CAPITULO IX	
La Base de Datos de un SMIC	135
CAPITULO X	
Sistema de Manejo de Materiales	151

CAPITULO XI

Sistema de Información de Planta 158

CAPITULO XII

Sistemas Jerárquicos en la Organización 170

GLOSARIO 205

CAPITULO I

INTRODUCCION

INTRODUCCION

¿QUE ES UN SMIC?

Un Sistema de Manufactura Integrado por Computadora -SMIC- comúnmente se percibe como un sistema CAD/CAM totalmente integrado, cubriendo todas las actividades, desde la planeación y diseño de un producto, hasta su manufactura y embarque. Es un concepto que combina tecnologías existentes con la posibilidad de manejar y controlar una empresa completa. Es la filosofía que está detrás de la posibilidad de la fábrica del futuro.

Algunos elementos de tal sistema son la inteligencia artificial, planeación del proceso por computadora, control numérico con computadora, tecnología y manejo de bases de datos, sistemas expertos, sistemas flexibles de manufactura (FMS), flujo de información, conceptos 'justo a tiempo' (JIT), planeación de requerimientos de materiales y robótica.

Aunque este listado de elementos claves para un SMIC nos da una idea del contenido y la dirección en que estos sistemas evolucionan, no nos proporciona una visión clara del sistema último. Una inspección a las siglas SMIC puede ser más reveladora.

Sistemas de Manufactura Integrados por Computadora, SMICS., "computadoras y "manufactura" son las palabras clave y son generalmente comprendidas; es precisamente la "integración" de estas en un "sistema" que nos presenta el principal problema. El objetivo de un SMIC sería la optimización de la totalidad de la empresa, en vez de optimizar componentes individuales, que es lo que resulta en las llamadas 'islas de automatización'.

Es generalmente aceptado que no existe un verdadero SMIC actualmente (ENERO 85). Aunque algunas empresas afirman estar desarrollando e implementando tales sistemas, a menudo el resultado son 'islas de automatización', mayores, pero nada más. De hecho algunas compañías han encontrado que el implementar estos sistemas sofisticados ha requerido de grandes inversiones de capital, en equipo, en personal y en muchas ocasiones el resultado es simplemente la habilidad de la empresa de manufactura de darse cuenta que su sistema no funciona óptimamente.

Lógicamente, existen dos componentes principales para tales sistemas: El hardware y el software. Y es precisamente la integración de estos componentes en un sistema lo que crea el principal reto. El SMIC ideal es claramente un objetivo complejo cuya realización requerirá una filosofía y un punto de vista nuevos para la manufactura.

UNA PERSPECTIVA.

Un SMIC requiere de una nueva perspectiva por parte de la dirección -tal vez una nueva filosofía. Una buena implementación requiere de una comprensión general de los costos y beneficios esperados y del horizonte de tiempo en que se pueden esperar que ocurran. Las estimaciones de costo deben incluir la planeación del software, la operación y el personal además del hardware. El tiempo de instalación de tal sistema es extenso, con un tiempo de recuperación largo.

La magnitud de tal proyecto requiere de un compromiso absoluto por parte de la dirección del tiempo y recursos necesarios, además de aceptar los cambios que introducirán los nuevos puntos de vista. Antes de asumir este compromiso, la dirección necesita revisar la cuestión de la compatibilidad de un SMIC con el ambiente computacional de su empresa.

No todas las compañías requerirán de un SMIC en los próximos 15 años.

Varias empresas (mundialmente hablando) ya han lanzado una búsqueda para un verdadero SMIC y se han topado con que los sistemas actualmente disponibles se quedan cortos al tratar de proveer todas las capacidades requeridas. Las circunstancias son muy similares a aquéllas al inicio de la era del MRP (Material Requirement Planning) en que el sistema ideal se ha visualizado, pero no está aún disponible.

Yendo aún más hacia atrás en el tiempo, es aparente que la búsqueda del sistema de hoy se inició con el advenimiento de la computadora moderna. Estas tuvieron un impacto admirable en el ambiente de manufactura; un vistazo sobre este impacto nos da una valiosa información en el éxito potencial de estos nuevos sistemas.

La era de los sistemas de información administrativos y de planeación de requerimientos de materiales nos proporciona muchos fundamentos para los sistemas del mañana, así como numerosas lecciones. El desarrollo de un sistema de manufactura totalmente integrado por computadora podría beneficiarse de estas valiosas experiencias.

Una lección valiosa del pasado es la necesidad de proveer un programa de educación substancial que cubra todos los niveles dentro de la empresa. A menudo es necesario empezar esta fase educativa antes de la implementación del sistema. El elemento humano es a menudo el factor decisivo de la exitosa adopción de un nuevo sistema.

Los fracasos del pasado han reafirmado la importancia de las etapas de planeación. Planear un SMIC requiere de nuevos puntos de vista para identificar las necesidades de la

empresa y calcular los requerimientos de información de una manera realista. Entonces un énfasis especial se requiere para incorporar una integridad de datos suficiente al sistema y un manejo de bases de datos moderno al mismo. Básicamente, es necesario para permitir el desarrollo de un plan completo en un horizonte de tiempo determinado. Tal plan también debe ser flexible, ya que el elevado ritmo del desarrollo tecnológico puede aportar nuevos avances durante la fase de implementación.

Esta flexibilidad es significativa, ya que no todos los elementos de un SMIC existen ahora en su forma deseada. Se cree, sin embargo, que el conocimiento existe para el desarrollo de muchos de estos componentes faltantes.

Por ejemplo, parece lógico que una interfase financiera y de ventas puedan ser desarrolladas con la asignación de recursos necesarios. Aún más, podría ser factible crear la capacidad para realizar la planeación de recursos precisamente. La programación de piso de planta es actualmente un punto polémico, aunque parece posible que un sistema exitoso pueda ser diseñado en un futuro cercano.

Por otro lado el eslabón entre CAD y CAM, y la planeación del proceso apoyado por computadora es todavía un producto de nuestra imaginación.

Finalmente estos elementos serán desarrollados e implementados, sin embargo, se le debe dar mucha consideración a tales componentes faltantes de un SMIC en el desarrollo de estos sistemas. Estas incógnitas aumentan la necesidad de un compromiso y una participación fuertes en la dirección en tal proyecto. El papel de la dirección debe ser examinado minuciosamente y puede ser necesaria una reorganización para asegurar el éxito.

El progreso hacia los SMIC se basa alrededor de la necesidad de la compañía manufacturera para capturar, analizar y reportar, precisa y eficazmente, la información. Con la proliferación de la información de manufactura en la actualidad esto se puede convertir en un problema inmanejable. Este dilema clásico de la información requiere un minucioso estudio durante la fase de planeación para asegurar la integridad del sistema. Es precisamente la falta en este aspecto la que ha causado el fracaso de muchos sistemas de manufactura en el pasado.

La evolución natural de los nuevos conceptos de manufactura, aunada con los avances de la tecnología manufacturera, presenta excelentes oportunidades para la compañía del mañana. El fabricar un producto de alta calidad, de bajo costo con una filosofía justo a tiempo se ha convertido en una meta común en la industria. La manufactura a un nivel competitivo mundial tendrá que incorporar selectivamente sistemas existentes de hardware con estos nuevos conceptos y las tecnologías en un sistema integrado.

La experiencia ganada de la implementación de los sistemas flexibles de manufactura actuales ha impuesto una gran importancia a la selección y configuración de equipo de producción y manejo de materiales. Tales sistemas a menudo han utilizado metodologías de grupos tecnológicos para desarrollar células para aprovechar ventajas de características de diseño comunes. Estos tipos de implementación han reforzado la necesidad de integración.

En el camino hacia el SMIC, será necesario alterar la muy común práctica de definir como óptima la primera solución que funciona, en vez utilizar un enfoque integrado para desarrollar una 'buena' solución que sea compatible con el sistema computacional total. Tales sistemas de manufactura

integrados por computadora están siendo actualmente discuti
dos y desarrollados por el sector industrial.

La fábrica automatizada del futuro claramente se acerca; la pregunta es si estaremos listos para aprovechar el concepto con el compromiso y conocimientos necesarios para asegurar su éxito.

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- HALEUI, GIDEON,
The Role of Computers in Manufacturing Processes,
John Wiley and Sons Inc., 1980.
- HOUTZEEL, ALEXANDER,
"Computer Assisted Process Planning Minimizes Design and
Manufacturing Costs",
Industrial Engineering, Noviembre, 1981.

CAPITULO II

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SMICs

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SMIC'S

Imagine una fábrica metal-mecánica, que maquina metales, fabrica partes y ensambla artículos con muy pocas personas operando las máquinas. Imagine un ambiente donde se manufacturan piezas sin los largos tiempos de preparación tradicionales y los grandes volúmenes de producción involucrando una gran cantidad de componentes. En esta fábrica, las piezas son contadas, inspeccionadas y transportadas automáticamente.

Hace tan sólo una década esto se hubiese calificado como ficción. Pero ahora existen estas fábricas en el Japón y más recientemente en los EEUU. ¿Cuál es su secreto?

El empuje detrás de estas compañías es el concepto SMIC. Para muchos ejecutivos de empresas manufactureras, el concepto SMIC representa una posibilidad para abatir costos de manufactura y lograr una gran competitividad.

Ya que ahora mismo existe una gran parte de la tecnología necesaria, los directivos actuales se encuentran con el reto de integrarlo todo y hacerlo que funcione de una manera práctica; de planear e implementar una estrategia SMIC que convertirá una ventaja competitiva en una 'salud' a largo plazo para sus empresas.

Similarmente a los enfoques tradicionales de manufactura, el propósito de un SMIC es transformar a los diseños de productos y materiales en productos comercializables a mínimo costo en el mínimo período de tiempo. Pero a diferencia de esas filosofías manufactureras tradicionales, los SMIC se basan en el concepto de que la dirección debe buscar la optimización de la 'totalidad' de la empresa más que sus funciones o elementos individuales. Además, el proceso en un

SMIC comienza con el diseño del producto y termina con su embarque al cliente. Con un SMIC la acostumbrada división entre el diseño y la manufactura desaparece.

Por ejemplo en una empresa con gran volumen de producción, la distribución de planta a menudo agrupa procesos y máquinas similares como en la figura 1. Esto requiere de tiempo extra para mover los materiales y programar las máquinas. - Un SMIC sin embargo, generalmente utiliza conceptos de manufactura de flujo (flow shop). Figura 2. Con un diseño -- 'flow shop' - en serie- las máquinas se distribuyen en secuencia de operación, aunque esto se admite que resta flexibilidad.

Estos arreglos se llaman Células de fabricación. La planta típica incluye un número de células independientes y cada una de estas celdas incluye las máquinas requeridas para producir o ensamblar una pieza con una mínima intervención humana.

Una célula de fabricación totalmente automatizada se llama Sistema Flexible de Manufactura (FMS). Estos sistemas generalmente incluyen Robots, controladores programables, máquinas de control numérico directo y sistemas de manejo de materiales automatizados.

Un SMIC también difiere de los sistemas de manufactura tradicionales en el papel dinámico que juega la computadora en el proceso de un SMIC- Los sistemas de manufactura integrados por computadora están apoyados en una red de sistemas computacionales concatenados por un sólo juego de bases de datos integrado.

Utilizando la información de estas bases de datos, un SMIC puede dirigir actividades fabriles, registrar resultados y

mantener datos precisos. Por lo tanto, los sistemas computacionales y las bases de datos están diseñadas para soportar las varias funciones de un SMIC. Figura 3.

El implementar un sistema de manufactura integrado por computadora acarrea un cambio dramático en la filosofía manufacturera. Ya que este cambio afectará a toda la organización, es importante estar preparado para la transición y los problemas que puedan surgir. Se deben considerar cuatro áreas importantes al implementar un SMIC:

- Hardware y equipo
- Requerimientos de personal
- Costos de implementación
- Compromiso de la Alta Dirección

HARDWARE Y EQUIPO.

El corazón de un SMIC es la integración de las siguientes funciones: Diseño, manufactura, distribución y finanzas de un sistema coherente apoyado por computadores. Esta red integrada se compone de tres principales elementos: Computadoras, bases de datos y controladores programables. La relación entre estos componentes se aprecia en la figura 4.

Un sistema integrado por computadora generalmente debe incluir dos grandes bases de datos: a) La base de datos de manufactura recopila datos de la computadora de automatización del proceso y el controlador del proceso. La información se usa para reportar las actividades de taller y para planear y dirigir nuevas actividades; b) La base de datos del producto es usada por el equipo programable para realizar actividades tales como el maquinado, la inspección el conteo, etc.

Típicamente las ocho funciones clave de un SMIC se distribuyen a través de varias computadoras para maximizar eficiencia y efectividad de costo y minimizar el riesgo de fallo de equipo. La relación entre este equipo y las funciones a desempeñar se ilustra en la figura 3.

Cuatro de las ocho funciones de un SMIC -Planeación y control de la producción, Planeación y control del mantenimiento, Manejo de la Distribución y Contabilidad y Finanzas- son realizadas en una computadora mainframe grande, actuando como Host. El plan maestro de la producción, por ejemplo, se desarrolla en esta computadora y se transfiere periódicamente a la computadora de automatización del proceso la cual programa y dirige el flujo de bienes a través de estaciones y células de trabajo. Esta transferencia de información se conoce como 'downlink' o 'download'.

El dibujo y el diseño, la automatización del proceso, el control del proceso y el manejo y almacenamiento de materiales se realizan en computadoras satélites. Las funciones de dibujo y diseño (CAD) se realizan, dada la tecnología actual, en una computadora mainframe o una mini computadora grande, aunque existe una tendencia hacia la utilización de una red de 'supermicros', dada su creciente capacidad, para estas funciones.

La información de diseño y proceso generada por las funciones CAD/CAM se almacena en la base de datos del producto. La información CAM se usa para dar instrucciones operativas a la maquinaria.

La función de automatización del proceso utiliza una mini-computadora o mainframe para capturar datos, programar eventos en la manufactura y comunicar estos eventos a la base de datos de la manufactura. Esta comunicación se conoce co

mo 'uplink' o 'upload', debido a su ascendencia en la jerarquía computacional. Se usan dispositivos o sensores y medidores especiales para recopilar esta información.

Se utilizan, por ejemplo, lectores de barras a base de rayos laser para leer información tal como la identificación de una pieza o su localización, impresa en clave de barras en embalajes o contenedores.

Esta tecnología es mucho más confiable, eficiente y rápida que las tarjetas de inventario, las etiquetas u otros sistemas de identificación basadas en papeleo.

La función de control del proceso utiliza controladores programables y dispositivos sensores para controlar las operaciones. Estos sensores recopilarán datos que pueden ser usados para un análisis. Para controlar la calidad se pueden utilizar máquinas medidoras de coordenadas, o inclusive, inspectoras ópticas que comparan una imagen ideal con la real percibida. Si surge un problema, el controlador del proceso puede notificar a un operador del problema y parar el proceso.

Los controladores programables también se usan para realizar funciones controlables numéricamente tales como el maquinado, la fabricación y la inspección. En el pasado, eran necesarias habilidades especiales de programación para la utilización de este tipo de equipo. La tendencia actual sin embargo, es hacia el desarrollo de equipo más amigable y lenguajes de programación compatibles con la manufactura.

Los sistemas de manejo y almacenamiento de materiales pueden almacenar y recuperar partes, ensambles y productos terminados. Estos sistemas de almacenaje mecanizados a menudo sirven como eslabones entre células de manufactura. Por --

ejemplo, puede existir un pequeño almacén entre las funciones de maquinado y ensamble. El sistema automatizado recuperaría las partes del almacén que fuesen requeridas en las operaciones de ensamble. Para operar eficientemente, se utiliza un sistema computacional para mantener la información y optimizar las actividades de almacenamiento y recuperación.

Con la tendencia hacia conceptos de manufactura de flujo, - habrá menos necesidades de los sistemas automáticos de almacenaje y recuperación para material en proceso. Sin embargo estos sistemas son aplicables en un ambiente de distribución donde se mantiene un inventario de producto terminado.

REQUERIMIENTOS DE PERSONAL.

El implementar un SMIC afectará a todos los niveles de personal dentro de la empresa. Cambiará la naturaleza de la mano de obra capacitada. Así el trabajo de un obrero que prepara una fresa y monitorea el proceso, por ejemplo, cambiará significativamente.

Para acomodar las nuevas máquinas automatizadas, el operador debe añadir la preparación del controlador a su lista de tareas, mientras eliminará otras comunes tales como cambiar da dos o buriles. En otros casos el operador puede ser eliminado, ya que la máquina se ciclará automáticamente.

Un SMIC también requerirá de cambios en los enfoques motivacionales usados por la dirección. En el pasado, se usaron - incentivos para alentar al operador individual a ser más pro ductivo. Con el nuevo énfasis de optimizar el proceso completo, los programas de incentivos que abarquen a toda la -- compañía tendrán que utilizarse, con ciertas desventajas, --

por supuesto.

Los sistemas de manufactura integrados por computador, cambiarán las responsabilidades de los puestos gerenciales. Una comprensión de las tecnologías y filosofías manufactureras actuales es indispensable para ellos. Otro requerimiento será la capacidad de comunicar tácticas y estrategias efectivamente y motivar a sus colaboradores al trabajo de grupo y a aceptar cambios. Saber cómo aplicar técnicas de grupos tecnológicos al diseño, distribución de planta y problemas de manufactura exigirá una flexibilidad mental de especialistas multifuncionales.

Ya que los SMIC dan énfasis a la información oportuna y precisa, el papel de los actuales servicios de informática cambiará significativamente. El software para un SMIC requerirá de funciones mucho más complejas que las actividades tradicionales de procesamiento de transacciones o movimientos y reportes. El software tendrá que ser capaz de programar, analizar y proveer una notificación oportuna de los problemas en el piso de la planta. El personal de informática necesitará la capacidad de diseñar este complejo software y sus bases de datos. Estas tendrán que ser adecuadas para apoyar una manufactura en serie o de flujo.

Si el SMIC va a ser implementado en un horizonte de tiempo aceptable, el personal de informática tendrá que tomar ventaja de los últimos desarrollos tecnológicos de software tales como los lenguajes de cuarta generación y los generadores de aplicaciones.

COSTOS DE IMPLEMENTACION.

Los costos para la implementación de un SMIC caen en cuatro categorías básicas: Hardware Computacional, Equipo, Software

y Personal. El costo del hardware computacional puede ser difícil de estimar ya que muchas variables dependen del entorno y situación particular de una empresa. Estas variables pueden incluir el volumen de movimientos, los requerimientos de las bases de datos y de comunicación.

Por ejemplo, una computadora mainframe (HOST) oscilará en precio de los \$ 150,000.00 US a más de \$ 2'000,000.00 US. La pequeña mainframe o la minicomputadora grande necesaria para las funciones CAD/CAM costaría de entre \$ 20,000.00 y \$ 200,000.00US. Una minicomputadora adicional variando en precio entre \$ 30,000.00 y \$ 100,000.00 US también será requerida para la automatización del proceso.

El equipo periférico adicional tal como unidades de disco y terminales, aumentarán el costo de la computadora en un 50% y el equipo de gráficas requerido para las funciones CAD/CAM añadirán de \$ 20,000.00 US a \$ 50,000.00 US al costo.

El costo del equipo misceláneo también deberá ser considerado al estimar el costo de un SMIC. En muchos casos el equipo existente puede ser adaptado a controladores programables. Este enfoque puede costar varios miles de dólares por máquina. Un nuevo sistema flexible de manufactura puede ascender a varios millones de dólares. Los Robots varían en precio de \$ 200,000.00 US a \$ 15,000.00 US. Los Robots para soldar, por ejemplo, costarán \$ 160,000.00 US mientras que uno de manipulación de materiales, unos \$ 60,000.00 US. La instalación y accesorios pueden añadir tanto como un 100% al costo total del robot.

El equipo usado en la función de control del proceso, requiere de un microprocesador con los sensores apropiados. Estos sistemas pueden variar desde varios dólares a varios miles de dólares por cada estación.

COSTOS DE SOFTWARE.

Los costos de software incluyen el precio de compra de software disponible comercialmente más los costos para modificar o desarrollar un software especializado. Existen paquetes disponibles de software apropiados para muchas de las funciones de un SMIC. El software comercial a menudo resulta con una mayor integridad de datos y capacidad funcional y es implementado más fácilmente que los sistemas especiales (Custom).

Sin embargo, el software comercial normalmente requiere de modificaciones para ajustarse a necesidades específicas, y el número de opciones de software para algunas funciones - SMIC tales como control de proceso y automatización de proceso es algo reducido. En consecuencia, estos sistemas son convenientemente desarrollados específicamente por el usuario o proveedores de software.

El software variaría en precio entre los \$ 20,000.00 US y los \$ 250,000.00 US. Los sistemas amplios de Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP) que incluyen contabilidad de costo, compras, ingeniería, planeación de requerimientos y control de inventarios varían en precio de los \$ 200,000.00 US y los \$ 500,000.00 US para una computadora grande y de \$ 20,000.00 US a \$ 50,000.00 US para una 'mini'. El Software para la planeación financiera, distribución y facturación pueden ir desde los \$ 1,500.00 US a los \$ 100,000.00 US dependiendo de los atributos seleccionados y el entorno de hardware computacional.

Es difícil estimar los costos de software precisamente por el gran rango de precios y por todas las variables que pueden afectar dramáticamente este costo. Cualquiera que fuera la selección de Software, tendrán que asignarse tiempo y

dinero adicionales para asegurar que el software quede integrado correctamente.

En la actualidad, no existe un proveedor único que ofrezca todo el software necesario para un SMIC. Es más, los estándares de comunicación de datos en la industria son prácticamente inexistentes. El asegurarse de la integridad de datos en un entorno de hardware y software heterogéneo, por ejemplo, puede convertirse en el desarrollo de software especial relativamente complejo.

La implementación de un SMIC involucrará costos de factor humano de dos tipos básicamente: (1) las habilidades del personal actual que deban ser aumentadas; (2) El personal profesional adicional que tendrá que ser contratado.

El enseñar la nueva filosofía empresarial al personal actual es una parte importante de una estrategia efectiva para la implementación de un SMIC. Esto se logra a través de cursos de capacitación de diversa índole. Los técnicos y la mano de obra capacitada también deben ser entrenados formalmente en el uso del nuevo equipo.

Ya que estos costos son bastante considerables, es importante establecer guías y métodos para la planeación de los costos relacionados con un SMIC. Los requerimientos de personal deben identificarse al principio del proyecto. Esto asegurará un staff adecuado para el proyecto así como proveer datos para el análisis costo/beneficio general del proyecto. Una organización también puede necesitar la contratación de personal adicional para reforzar las áreas técnicas más débiles.

Los costos de hardware, software y equipo deben ser controlados a través de lineamientos y procedimientos establecidos.

COMPROMISO DE LA DIRECCION.

En años recientes, muchas nuevas tecnologías han sido usadas por la dirección para incrementar productividad de varios grupos de trabajo. En general, la dirección revisará y aprobará proyectos y adquisiciones de materiales pequeños basados en las recomendaciones de estos grupos. Este proceso de aprobación normalmente retrasa la implementación, lo cual causa una desmotivación para el colaborador o empleado. Desafortunadamente esto ha causado indiferencia, antagonismo e incluso enemistad obrero-patronal. Como resultado, -- las operaciones son ineficientes. Esto implica un nuevo compromiso. La dirección debe:

- Comprometerse a la nueva filosofía manufacturera de los SMICs.
- Destinar un soporte financiero adecuado.
- Autorizar y reconocer el inicio de la implementación de un SMIC.
- Aceptar riesgos a corto plazo a cambio de mejoras a largo plazo.

Un fuerte compromiso a todo nivel es esencial, ya que los cambios afectarán a todos en la empresa. Si el compromiso decae, las personas pierden interés, surgirán nuevos proyectos y los beneficios de la implementación no se realizarán. Se pueden reducir significativamente los riesgos y costos con una planeación juiciosa y el uso de profesionales experimentados que estén convencidos del concepto SMIC. Un SMIC, como cualquier otro sistema, debe ser cuidadosamente planeado, diseñado e instalado.

En la etapa de planeación, se distribuyen las operaciones y los movimientos de materiales, se identifica el equipo nuevo, se definen los requerimientos de información, se sugieren los costos y beneficios, y se organiza el equipo de pro

yecto para realizar el SMIC. Se definen los sistemas y sus operaciones y se establece el horizonte de tiempo para el proyecto.

La etapa final de la implementación de un SMIC involucrará el desarrollo de software, instalación de hardware, pruebas al sistema y capacitación de personal.

La implementación de un SMIC completo usualmente requerirá de varios años, costos significativos y un gran esfuerzo, - debido a esto, el plan incluye proyectos con etapas en el - tiempo cuya prioridad se basa en beneficios, necesidad y -- costos. En muchos casos el plan incluirá un proyecto piloto que permitirá a los miembros del equipo del proyecto diseñar e implementar un sistema en un área pequeña controlable antes de proceder con áreas mayores y más complejas. - Un buen proyecto piloto es, por ejemplo, las operaciones de ensamble o maquinado. Según se implementa cada área, se requieren pruebas extensivas para asegurar sistemas consistentes y de buena calidad.

BENEFICIOS.

Los beneficios derivados de un SMIC son impresionantes: Inventarios reducidos, menor desperdicio, mayor control sobre la calidad, mayor productividad, menor costo de personal y uso más eficiente de la maquinaria.

Debido a que en un sistema integrado por computadora se utilizan conceptos de manufactura de flujo, el inventario de trabajo en proceso se reduce y las colas son mucho más cortas. Se trataría de implementar técnicas 'justo a tiempo' (just in time) para reducir inventarios de materia prima. - El inventario de producto terminado también se reduce ya -- que los niveles de producción son más flexibles con un SMIC.

Un nivel de servicio adecuado puede mantenerse con un inventario de producto terminado menor ya que los tiempos de preparación de la producción serán menores.

Para ajustar el nivel de producción de una empresa para variación estacional de demanda, por ejemplo, es más fácil -- con un sistema integrado, ya que es un proceso más automatizado que la manufactura tradicional con preponderancia en la mano de obra, y es más fácil modificar las tasas de producción de maquinaria que ajustar el número de personal calificado que labora, qué tan intensamente trabajan, o qué tanto trãbajan.

El equipo de precisión y las bases de datos integradas y actualizadas usadas en un SMIC ayudan a reducir el desperdicio y controlar la calidad de los productos. Debido a su naturaleza, en los sistemas de manufactura integrados por computadora, el riesgo del error humano se reduce. Y debido a que lotes menores de material fluyen a través de colas más pequeñas, los problemas de calidad se detectan y aíslan más rápidamente de lo que serían en un entorno manufacturero tradicional.

Con el tiempo un SMIC también abatirá el costo del personal. Según crezca el número de tareas que se sistematizan o se hacen más de procedimiento y más actividades se automaticen, menos material se requerirá. Sin embargo es importante notar que las tareas del personal restante cambiarán drásticamente con la implementación del SMIC. Debe considerarse el costo de la capacitación de este personal y el aumento de la fuerza de trabajo con nuevo personal técnico.

En la medida que los tiempos de preparación de diversas máquinas se reducen y el flujo de materiales se estabiliza, la cantidad de tiempo en que una máquina trabaja directamen

te y la cantidad de productos fabricables en un lapso de tiempo determinado, aumentarán. El programa de mantenimiento preventivo de un SMIC también debiera incrementar la productividad y reducir fallas en la maquinaria. Los problemas en la maquinaria serán más fácilmente identificables y corregidos cuando el mantenimiento sea de rutina y cuidadosamente documentado.

Para sacar el mejor provecho de un SMIC, es importante que la compañía se fije metas para varios factores operativos clave. Las empresas que han intentado este tipo de sistemas, y que lo están implementando, escogen de 15 a 30 factores del SMIC para ser monitoreados.

Unos excelentes ejemplos de estos factores son los inventarios y los tiempos de entrega de los proveedores. Los inventarios son un activo no-productivo que son susceptibles a robo, daño u obsolescencia. Así, la reducción de inventarios es un objetivo del SMIC. Los tiempos de entrega de proveedores también se pueden reducir aplicando programas para proveedores. Ya que existen tiempos de entrega del orden de 3 y 4 meses, un gran volumen de estos se mantienen a mano para 'durar' este período. Un SMIC proveerá de información precisa acerca de los artículos clave y de los proveedores que ofrezcan los mejores tiempos de entrega o, aún mejor, justo a tiempo. En el caso de la famosa marca de maquinaria Caterpillar, los tiempos de entrega promedio se redujeron de once semanas a once días aunque el objetivo sigue siendo la reducción a cinco días.

Cuando se considera que el costo de los materiales comprados usualmente representa del 40 al 50% del costo de lo vendido, una reducción del 90% en los tiempos de entrega promedio representa una reducción significativa en el valor del inventario. En estas compañías GRANDES, esto, tan sólo, --

justifica el costo de un SMIC. Es posible lograr reducciones similares en los inventarios de producción en proceso y producto terminado.

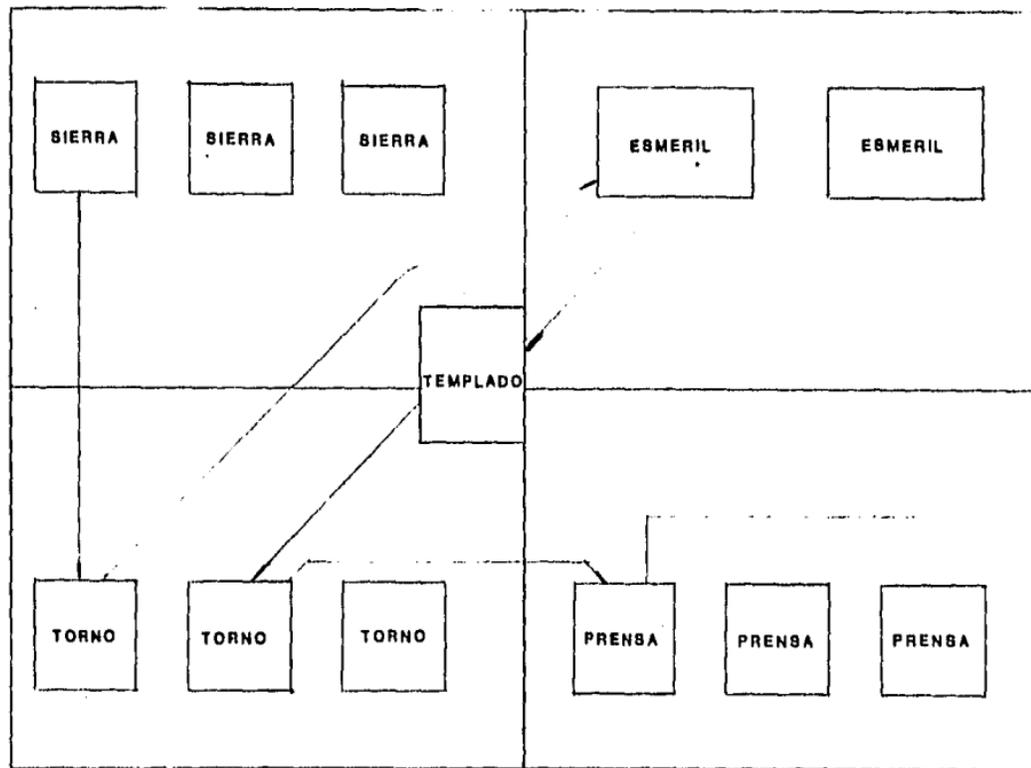


FIGURA 1

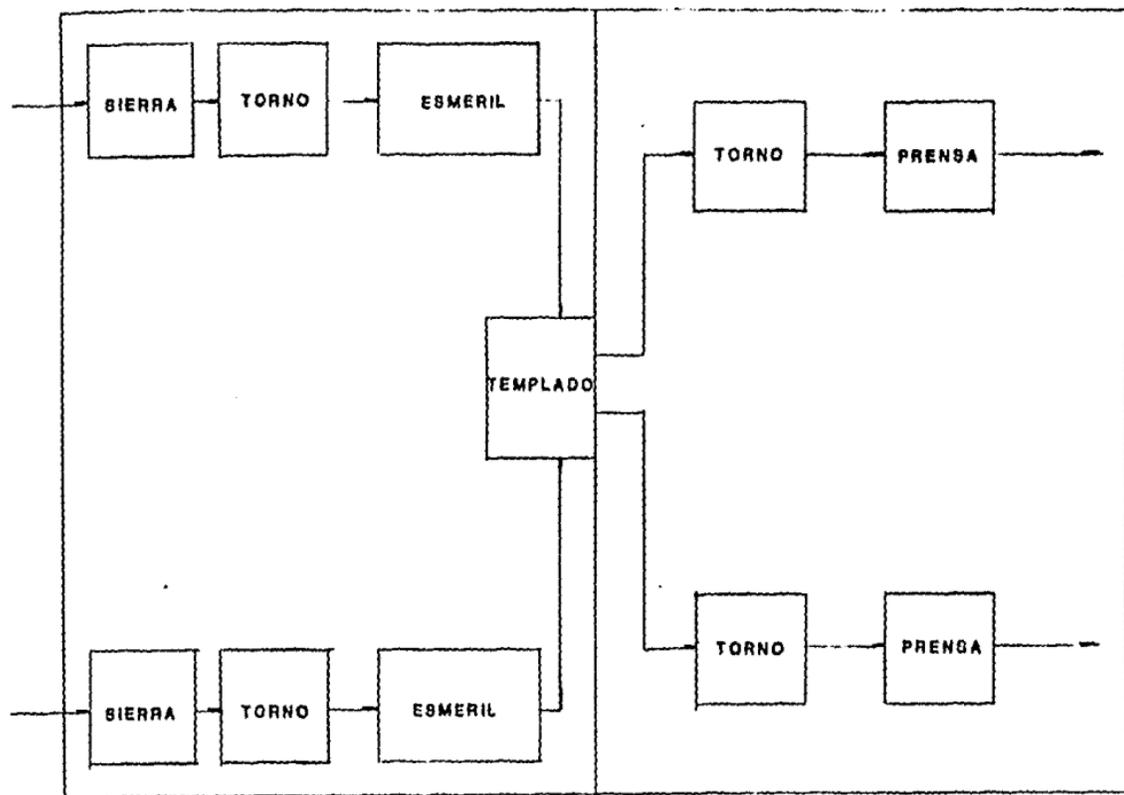


FIGURA 2

FIGURA 3

FUNCION	DESCRIPCION	HARDWARE
Dibujo y Diseño (CAD/CAM)	Diseño y dibujo automatiza- do de los productos	Minicomputadora Mainframe
Programación y Control de la Producción	Planeación maestra junto - con el manejo y planeación de requerimientos de mate- riales	Mainframe Host
Automatización del Proceso	Control numérico directo - del proceso, inspección y pruebas.	Controlador Programable Minicomputadora
Control del Proceso	Monitoreo de la actividad del equipo y reporte de con- diciones que requieren aten- ción humana.	Controlador Programable
Almacenamiento y Manejo de Materia- les	Almacenamiento automatizado de partes y productos.	Minicomputadora
Programación y Control del Man- tenimiento	Programación del manteni- - miento preventivo y el re- porte de fallas en el equi- po por causas. Inventario de refacciones.	Mainframe Host
Manejo de la Distribución	Procesamiento de órdenes, reporte de ventas y factura- ción. Almacenaje y Trans- portación.	Mainframe Host
Contabilidad y Finanzas	Reporte de resultados de -- operación, pronósticos y análisis de costos.	Mainframe Host

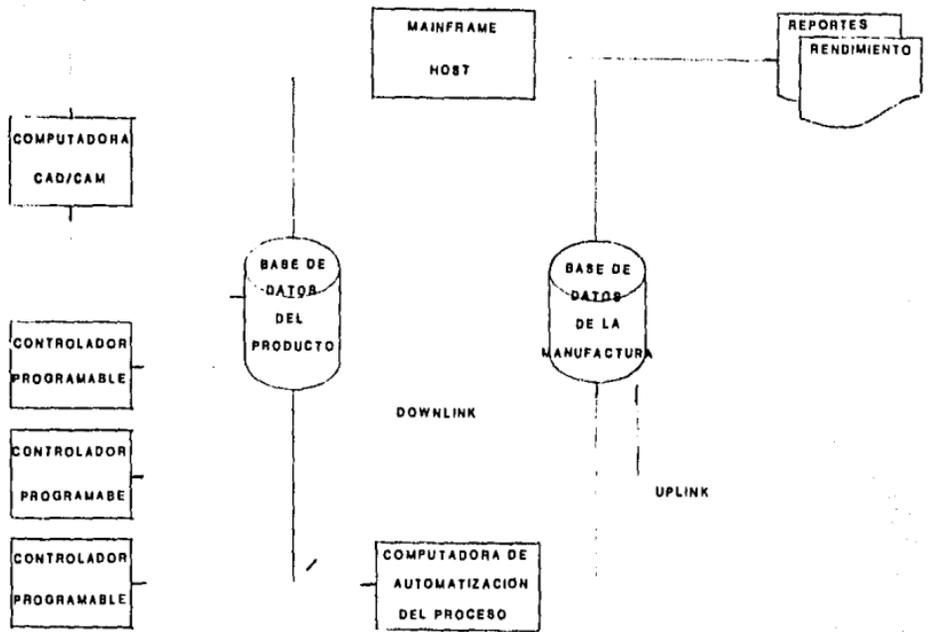


FIGURA 4

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- BYLINSKY, GENE.
"The race to the Automated Factory",
Fortune, Febrero 21, 1983, pp. 51-64.
- DORF, RICHARD C.
Robots and Automated Manufacturing,
Reston Publishing Co., 1983'
- LOFGREN, GUNNAR,
"Automatic Guided Vehicles Perform as Production Line
Systems",
Industrial Engineering, Noviembre 1981, pp. 36-43.
- FITCH, JAMES C., Y BRYCE, WALTER P.,
"Developing Automated Applications: How to Identify and
Implement High Yield Projects",
Industrial Engineering, Noviembre, 1981, pp. 47-56.
- HOUTZEEL, ALEXANDER,
"Computer-Assisted Process Planning Minimizes Design and
Manufacturing Costs",
Industrial Engineering, Noviembre, 1981, pp. 60-64.
- GROOVER, MIKELL P., Y HUGHER, JOHN E.,
"Job Shop Automation Strategy Can Add Efficiency to Small
Operation Flexibility",
Industrial Engineering, Noviembre, 1981, pp. 67-76.
- GROOVER, MIKELL P.,
Automation, Production Systems and Computer Aided Manu-
facturing,
Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1980.

C A P I T U L O I I I

HISTORIA DE LAS COMPUTADORAS EN LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA

HISTORIA DE LA COMPUTADORA EN LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA

Las más tempranas aplicaciones de la computadora en las industrias y en las actividades relacionadas con la manufactura fueron primordialmente en las áreas de administración y finanzas. Estas aplicaciones iniciales fueron experiencias formativas que requerían proyectos que involucran ahorros - tangibles.

La reducción de costos administrativos contribuyó a estos proyectos. Esta reducción también contribuyó a aplicaciones relativamente directas de procedimientos bien documentados en el área de manufactura; por el otro lado, los procedimientos no estaban claramente desarrollados o documentados.

Estas aplicaciones administrativas también requerían cálculos que eran consistentes y que eran compatibles con las capacidades, entonces disponibles, del hardware y el software. Los cálculos administrativos como nómina, libro mayor, etc., aportaron cálculos repetitivos y bien definidos que eran relativamente triviales y se prestaban directamente al procesamiento en serie o secuencial. Este proceso en serie fue un atributo clave, ya que las computadoras de antaño eran incapaces del acceso de datos totalmente aleatorios (random) de grandes volúmenes de datos.

Antes de que las computadoras pudieran ser aplicadas exitosamente en el área de la manufactura, la capacidad técnica de las computadoras tendría que avanzar al grado en que éstas pudieran manejar grandes volúmenes de datos en una manera no-secuencial, y las disciplinas y técnicas de la manufactura estuvieran mucho más definidas.

Operacionalmente, tenía mucho sentido el efectuar las apli-

caciones iniciales en el área administrativa, con su disciplina bien definida y sus operaciones secuenciales. Estas aplicaciones a menudo se hacían en pequeños departamentos e inicialmente no estaban integrados unos con otros. Las computadoras de los 1950's eran relativamente lentas y costosas, y el costo de usar una computadora en esas etapas tempranas de desarrollo, limitaban su aplicación para la mayoría de las empresas.

Organizacionalmente hablando, fue natural que los recién creados departamentos de procesamiento de datos y sistemas, estuvieran subordinados a la dirección de finanzas o administración, en aquellos días en que las aplicaciones se limitaban a las administrativas. Sin embargo, esta estructura ha causado muchos problemas en años recientes en muchas industrias tratando de implementar sistemas de manufactura integrados por computadora. Fundamentalmente se encontró que el uso inicial de computadoras era mucho más fácil en aplicaciones administrativas que en la poca definida área industrial.

LA ERA DE LA TARJETA PERFORADA

La tarjeta perforada provee una forma reusable de datos que pueden ser analizados y manipulados con diversos equipos: Contadoras, sorteadores, lectoras, perforadoras, etc. Tuvo una gran aceptación y fue muy utilizada en aplicaciones administrativas y financieras durante los 50's y 60's. Aunque éstas tienen poco parecido con las aplicaciones computacionales como las conocemos ahora, representan los orígenes de los sistemas computacionales actuales.

Un uso primitivo de las tarjetas perforadas en la manufactura fue visto predominantemente en su inclusión en la requisición de materiales, reportes de mano de obra, y avance pa-

ra las órdenes de fabricación y/o lotes de producción. Estas tarjetas a menudo se perforaban en el papel de los documentos de manufactura, tales como listas de partes o curso-gramas, También se utilizaron en sistemas simples de conta-bilidad de inventarios. Se hicieron intentos limitados pa-rra utilizar tarjetas perforadas para listas de materiales -desglosadas. Sin embargo, esto fue técnicamente imposible desde un punto de vista de trabajo y esfuerzo.

Durante el mismo período, se introdujeron computadoras al -área de manufactura en empresas con requerimientos fuertes de ingeniería. Esto fue parcialmente debido a la introduc-ción del FORTRAN y a la disponibilidad de computadoras de ingeniería de costo relativamente bajo. Un equipo típico -de este periodo fue la clásica IBM 1620.

Aunque las computadoras disponibles en ese tiempo fueron --compatibles con las actividades ingenieriles, la evolución de las computadoras influyó negativamente en su uso en la parte logística de la manufactura. Las computadoras de en-tonces fueron principalmente máquinas de palabra binaria --con capacidades de entrada/salida muy limitadas. Estaban conectadas principalmente con impresoras, lectoras de tarje-tas y cintas magnéticas, las cuales estaban acopladas - --idealmente para las operaciones secuenciales previamente --mencionadas. Además los lenguajes disponibles en ese momen-to, simplemente no eran apropiados para los tipos de tareas requeridas en el entorno de la manufactura.

El ambiente de la producción y el control de inventarios en ese tiempo requería de trabajo de procesamiento de grandes cantidades de datos, no trabajo orientado a la ingeniería. Luego entonces, los principales obstáculos para una imple-mentación exitosa a los sistemas de manufactura eran la tec-nología del hardware- lenguajes de programación inadecuados

y la incapacidad de manejar el acceso aleatorio de datos.

CONTROLES PRE-COMPUTADORA

Gradualmente, los sistemas de captura de datos manuales iniciales evolucionaron con artefactos para la entrada numérica de las áreas de control de la producción y control de inventario. Esto se logró al conectar perforadoras de tarjetas al equipo central. Aunque tales sistemas no utilizaban realmente a la computadora, resultaron ser benéficos en el seguimiento de avances de órdenes de producción dinámico y actividades de despacho de inventarios centralizados.

Inclusive se hicieron intentos por algunas empresas, principalmente fabricantes de bienes duraderos hechos a la medida y con un gran plazo de entrega, para desglosar manualmente listas de materiales para la manufactura de componentes y requerimientos de compras. El resultado, a menudo llamado "programa trimestral", ya que el tiempo requerido para el desglose manual de las listas de materiales, imposibilitaba su realización con mayor frecuencia.

Algunas otras compañías utilizaron equipo de manejo de tarjetas perforadas no-computacionales para desarrollar un método alternativo para desglosar listas de materiales al simplemente calcular requerimientos generales. El método del desglose de nivel por nivel que resultaba en una totalización general de los requerimientos de materiales no era -- práctica en aquellos equipos de tipo no computacional.

Durante este lapso, los conceptos iniciales de los sistemas de manufactura estaban en desarrollo por usuarios con un -- gran tiempo de entrega. Desafortunadamente, los fabricantes con un corto período de entrega no contaban con el tiempo o la capacidad computacional para generar la información

de control de manufactura requerida. Tales fabricantes a menudo utilizaban un punto de reorden manual o sistemas del tipo minimax o maximax para reabastecer componentes individuales en vez de utilizar requerimientos derivados de la lista de materiales.

Un método computacional exitoso de aquellos tiempo para el manejo de inventarios surgió a partir de las técnicas desarrolladas por compañías distribuidoras para controlar la distribución del inventario de producto terminado. Tales inventarios estaban siendo manejados utilizando conceptos de control estadístico de inventarios y modelos de punto de reorden.

Se desarrollaron algunos sistemas de reaprovisionamiento de inventarios los cuales, utilizaban el análisis ABC, EOQ, -- conceptos de punto de reorden, pronósticos con ajuste exponencial y estacional y técnicas estadísticas para tratar con stocks de contingencia, etc. Tales sistemas se adaptaron fácilmente a los sistemas computacionales existentes y aportaron un nuevo uso a estos.

Desafortunadamente, la técnica era tan deseable que muchos consultores y fabricantes intentaron aplicarlo a inventarios de componentes de fabricación discretos, con resultados desastrosos en algunos casos. Con ello se demostró que en realidad era necesaria una técnica, pero que era una herramienta equivocada para tales circunstancias.

LOS PRIMEROS SISTEMAS COMPUTARIZADOS

Al final de los 50's y principio de los 60's surgieron por primera vez, computadoras con capacidades que permitían que emergieran los conceptos de procesamiento de datos, a un relativo bajo costo. Estos nuevos sistemas llegaron con nue-

vos dispositivos de entrada/salida extremadamente rápidos y de gran capacidad, y con lenguajes de programación comerciales y no orientados a la ingeniería. Al no estar sujetos exclusivamente al procesamiento secuencial, abrieron el campo para aplicaciones de manufactura computarizadas.

Las primeras en surgir de estas aplicaciones fueron la preparación de documentos de fabricación y mecanización en tarjetas pre-perforadas para los reportes de órdenes, mano de obra y materiales. Durante este tiempo, un número limitado de compañías realizaban desgloses de listas de materiales, utilizando sistemas con cintas de memoria secuenciales. Esto frecuentemente significaba un número considerable de pasadas de lectura en la cinta.

Con el desarrollo de memoria con acceso directo, tales sistemas a menudo fueron convertidos para aprovechar esta capacidad de realizar un desglose directo de la lista de materiales. La adición de este nuevo dispositivo de acceso directo, repentinamente trajo a un gran número de fabricantes un equipo adecuado y de costo razonable para el procesamiento de datos. Aunque el poder de las computadoras al fin había llegado al punto al cual era posible su uso en el ambiente de la manufactura, existía poco, si de hecho existía, software disponible.

Al final de los 60's se vio la llegada de la minicomputadora, producida por fabricantes tales como Hewlett-Packard y DEC. Aunque las computadoras carecían de software de aplicación fueron generalmente aceptadas por la comunidad técnica e ingenieril por su capacidad de computación y fueron rápidamente adoptadas para una amplia gama de aplicaciones ingenieriles y de monitoreo y control de procesos.

Estas fueron las llamadas "islas de automatización" aisladas

das, aunque bien justificadas que emergieron en fábricas en la mayoría de los países industrializados, predominantemente en las industrias de proceso y flujo continuos y fabricación en serie (flowshop) (petroleras, químicas, farmacéuticas, bienes de consumo, etc.).

Durante esta fase, la computarización de los sistemas de manufactura fue lenta, principalmente debido a la carencia de software. Un buen número de compañías intentaron generar - su propio software y procedieron a implementar tales sistemas. Las principales áreas de aplicación fueron la contabilidad de inventarios, planeación de requerimientos (posteriormente convirtiéndose en MRP), y en algunos sistemas - avanzados, la programación de operaciones y planeación de - requerimientos de capacidad.

EL CONCEPTO COPICS

Durante los 60's, la IBM llevó a cabo el desarrollo de un concepto generalizado para un sistema de producción y control de inventarios. Este concepto fue anunciado al final de los 60's y fue publicado subsecuentemente por la compañía al inicio de los 70's en 8 volúmenes.

Es importante reconocer que el desarrollo del Communication Oriented Production Information and Control System, (COPICS) (Sistema de Información de Producción y Control Orientado a la Comunicación), no involucró ninguna creación de software; sin embargo, sí aportó una vista detallada del flujo de datos en una organización manufacturera con un sistema integrado consistente en: Pronósticos de ventas, Control de datos de Diseño de Ingeniería, Control de Inventarios, Planeación de requerimientos, Compras, Planeación de Operaciones, etc. En este sentido esto fue una gran aportación al subsecuente desarrollo de los SMICs.

Este concepto aportó una estructura y definió los límites - que permitieron el desarrollo inteligente del software para el control de sistemas de manufactura. El software que surgió, de hecho, en el par de años subsecuentes incluía el -- Bill of Materials Processor Program, (BOMP) (Programa para el Procesamiento de la Lista de Materiales).

El BOMP fue un verdadero logro en concepto de almacenamiento y acceso de datos (utilizaba la técnica de un archivo -- concatenado). Aunque este concepto representaba un gran - avance con la lista de materiales, no llegaba a ser una base de datos como la conocemos actualmente.

Estos sistemas de software lograron una aceptación inmediata y un uso generalizado en un gran número de operaciones - de manufactura. Aunque la planeación de requerimientos era sólo una faceta del concepto original COPICS, los sistemas que se estaban implementando se conocían como sistemas MRP (Material Requirement Planning).

La década de los 70's vió la llegada, de una manera generalizada, del lenguaje de programación COBOL y una explosión de los conocimientos acerca de los sistemas MRP, fomentada por algunos sistemas exitosos y un grupo considerable de - consultores fueron prominentes en la 'lucha' del MRP del final de los 70's.

Esta 'lucha' resultó en un gran número de implementaciones de sistemas MRP y en una vasta cantidad de experiencia, -- principalmente a través de fracasos. La era de las computadoras había llegado y los diversos fabricantes estaban - impacientes por aprovechar esta ventaja. Desafortunadamente, varias de estas aplicaciones de sistemas MRP fueron calificadas posteriormente como fracasos.

Durante este mismo período, el crecimiento de las minicomputadoras fue exponencial. Sin embargo, fue principalmente en "islas de automatización" aisladas que finalmente tendrían que ser incorporadas unas con otras para lograr un verdadero SMIC.

La computarización inicial de sistemas de producción y control de inventarios consistió de un número limitado de programas de aplicación ofrecidos por un número relativamente chico de vendedores de software. Varias compañías basaron sus sistemas en el software BOMP disponible entonces, utilizando algunos de los programas de contabilidad de inventarios y planeación de requerimientos de materiales disponibles y luego generaron una cantidad significativa de software propio para complementar los anteriores. El concepto COPICS fue ampliamente usado como modelo o arquitectura para lo que ahora se llama sistemas de manufactura.

En esta etapa, los sistemas de manufactura de la mayoría de las compañías, no incluían funciones de diseño de ingeniería o de automatización de planta. Las pocas excepciones tendían a ocurrir en un pequeño grupo de empresas de 'punta de lanza', tecnológicamente hablando, y en plantas con procesos altamente automatizados que eran muy orientados a la producción en serie (flow shop).

EXPLOSION DEL USO DE LAS COMPUTADORAS

La segunda mitad de los 70's y el principio de los 80's trajo consigo un aumento verdaderamente dramático en el desarrollo, aceptación e implementación de sistemas de control de la producción e inventarios, desafortunadamente, no todos estos sistemas han sido exitosos.

Esta repentina explosión de sistemas de manufactura computa

rizados puede atribuirse directamente al desarrollo de la nueva tecnología (de hardware y software) y al reconocimiento, por parte de la industria, de que tales sistemas eran vitales para el éxito de sus empresas. La relación precio/potencia de los componentes de hardware computacionales experimentaba una mejoría aproximada del 20% anual compuesto a través del tiempo.

Los proveedores de hardware y software computacional reconocieron al área de la manufactura como un objetivo y oportunidad de mercadeo para ventas subsecuentes.

Simultáneamente, la comunidad de consultores y proveedores computacionales selectos empezaron a difundir varios sistemas de manufactura.

El número de sistemas comercialmente disponibles se incrementó de relativamente pocos a principios de los 70's, a un gran número diez años después. Un estudio de los sistemas de manejo de la producción comercialmente disponibles publicada por CAM-I en 1981 enlistó 283 sistemas computarizados disponibles. La mayoría de estos sistemas estaban siendo diseñados y comercializados por compañías de software y sistemas más que por fabricantes de computadoras.

Aunque se ha publicado mucho con respecto al alto costo de los sistemas de manufactura computarizados, la mayoría de los sistemas en esos reportes estaban abajo de los \$50,000.00 US, sin embargo esto no incluye el costo del hardware o el costo de modificaciones al software requeridos para efectuar aplicaciones específicas.

Un hecho interesante es que la mayoría de los paquetes no aparecen como genéricos, ya que el número de usuarios de cada sistema a menudo es relativamente reducido.

Esta disponibilidad comercial repentina de un gran número de sistemas de manufactura computarizados fue complementado con el surgimiento de una extensa gama de software y -- hardware computacional, en especial a partir de 1980. Al mismo tiempo, la mejoría de la relación precio/potencia fomentaba una explosión similar de aplicaciones en el diseño apoyado en computadora y la automatización de planta.

La adquisición e implementación de un sistema de planeación de requerimientos, se convirtió en una meta inmediata de -- virtualmente todos los fabricantes competitivos a nivel mundial. Las excepciones fueron los fabricantes de lotes por órdenes de fabricación (Job shop) que no utilizan listas de materiales y su principal preocupación era la programación detallada de actividades para apoyar sus esfuerzos para satisfacer a un cliente determinado.

Junto con esta implementación de gran número de sistemas - durante la última mitad de los 70's, se observó que muchos de estos sistemas realmente no cumplían las expectativas de aumento de productividad y control. La tasa de fracasos -- era tan alarmante, que ocasionó que los usuarios, consultores y académicos trataran de aislar las razones para ello.

El resultado de este estudio fue una nueva comprensión de lo que era un sistema de manufactura. Esto identificó la necesidad de brindar una mayor atención 'aguas arriba' de un sistema tradicional MRP hacia el plan maestro de producción y 'aguas abajo' hacia compras, administración de la - capacidad y control de 'piso de planta'.

También mostró la necesidad de retroalimentación (feedback) oportuno y preciso, dentro del sistema. Adicionalmente, este nuevo concepto puso un énfasis renovado en la exactitud de la lista de materiales y control de inventarios.

tradictoria.

Se llegó a la conclusión de que los sistemas de manufactura y financieros existentes eran totalmente inadecuados para permitir a las empresas competir exitosamente en el ambiente de manufactura internacional.

Una razón para esta falta de previsión puede ser que históricamente, muchos ejecutivos, aunque competentes, han sido intimidados por la tecnología y han supuesto que el procesamiento de datos y los sistemas de información eran funciones puramente técnicas. Tales ejecutivos a menudo abdicaban fundamentalmente su responsabilidad a técnicos en computación, quienes, aunque competentes, técnicamente, no estaban suficientemente preparados e incorrectamente situados en la organización para tomar un papel de liderazgo efectivo.

FORMULACION DE UN SMIC.

Un resultado de estos descubrimientos y su subsecuente análisis, es que en los últimos dos años la dirección tomada por el ambiente industrial es la de los sistemas de manufactura integrados por computadora. La disponibilidad de equipo computacional poderoso con costos razonables, ayudará a los SMIC a ser un objetivo alcanzable.

Aunque el concepto ha sido en alguna forma definido, ni se ha logrado una arquitectura o diseño total del sistema, ni el software de integración está disponible; un gran número de problemas aún esperan resolución.

Por ejemplo, se sabe que los sistemas de ingeniería y manufactura, deben integrarse. Esto ha fijado la atención en la necesidad de crear la habilidad de manejar las diferen-

cias que existen entre varios tipos de datos en la ingeniería y los datos de manufactura subsecuentes derivados de ellos. Las soluciones que se persiguen actualmente interconectarían a estos sistemas disímbolos de tal modo que los datos sean compartidos por ellos. Como mínimo, una implementación exitosa requerirá que sea desarrollado un sistema de exclusivamente software diseñado para la comunicación.

Aunque existen numerosos ejemplos de sistemas de bases de datos integradas para la producción e inventarios, muy pocos de estos han sido conectados exitosamente con sistemas de ingeniería para lograr una generación automática de listas de materiales y aún menos incluyen sistemas geométricos CAD/CAM que permitiría una automatización 'aguas abajo' de las funciones de planeación del proceso y ejecución. Estos problemas y muchos otros tendrán que ser resueltos antes que exista un verdadero SMIC. Aunque la necesidad para tales sistemas ha sido claramente definida, aún existen barreras significativas para un desarrollo e implementación exitosos. Existe una marcada falta de liderazgo ejecutivo que tenga la previsión para mirar más allá del SMIC como un reto puramente técnico y verlo como el reto administrativo -- que verdaderamente es.

También se está encontrando que el estilo operacional actual de la mayoría de las compañías hará sumamente difícil el justificar el gasto de recursos necesarios para desarrollar e implementar tales sistemas exitosamente. Típicamente, los horizontes de tiempo en su planeación son demasiado cortos, y las técnicas tradicionales presupuestarias no se prestan para tales proyectos masivos a largo plazo.

Además también es difícil estimar precisamente los beneficios que uno obtendría de un sistema verdaderamente integrado. Esto sugiere que la dirección tendrá un papel clave en

promover el desarrollo e implementación de sistemas futuros.

IMPLICACIONES FUTURAS.

Un vistazo al progreso hacia la manufactura computarizada - de los últimos 30 años nos revela los pasos agigantados que se han hecho en dirección del sistema de control de manufactura ideal. Desde las tarjetas perforadas de los 50's hasta el concepto de un sistema de manufactura verdaderamente integrado por computadora de los 80's. Se han dado pasos - fenomenales en tecnología y en nuestra habilidad para controlar ambientes industriales.

Una revisión cautelosa de nuestro estado actual nos revela que el concepto para un SMIC se ha desarrollado, pero nuestra situación actual no es muy diferente de aquellas de los 60's después de que la IBM anunciara su concepto COPICS. - El derrotero ahora parece claro, pero los medios para lograr el objetivo final todavía cluden tanto al usuario como al teórico.

Aunque los obstáculos sean grandes y numerosos, el panorama es muy prometedor. El problema y el objetivo han sido definidos claramente; se han desarrollado muchos de los conceptos que se necesitan para llegar satisfactoriamente al objetivo, y muchos de los problemas restantes están siendo discutivos y resueltos en este momento.

Es claro que el futuro de la manufactura en el mundo depende del desarrollo exitoso de estos sistemas.

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- SADOWSKI, RANDALL P.,
"History of Computer Use in Manufacturing Shows Need for
Integration",
Proceedings 1979 Spring Annual Conference, AIIE, Mayo
1979, pp. 338- 362.

CAPITULO IV . . .

PLANEACION DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA

INTEGRADO POR COMPUTADORA

PLANEACION DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA INTEGRADO POR COMPUTADORA

Enfrentados con la necesidad de planear un planta de manufactura integrada por computadora, los ingenieros industriales están empezando a juzgar la magnitud del reto que en-frentan. El nivel de la tecnología computacional de hoy requiere un énfasis mayor en la integración que el que ha habido en una amplitud que va desde el diseño conceptual de un producto hasta su ensamble final y distribución y en profundida desde el director del consejo hasta el maquinista - en la planta.

PLANTEAMINETO DEL PROBLEMA

El proceso del plantamiento del problema pudiera ser como sigue: Se sabe qué es lo que motiva a la empresa a modernizarse y se conocen las áreas específicas más propensas a - ser modernizadas. Pero, ¿cómo hacerlo y cómo empezar?

Se debe, desde luego, emplear un enfoque estructurado y - aprovechar experiencias que han funcionado en implementaciones pasadas de tecnología computacional. Pero ahora uno se encuentra con un nuevo nivel de tecnología -CAD, CAM, robótica, FMS, MRP, sistemas de toma de decisiones, etc.- que requieren de una visión más amplia y una comprensión profunda del entorno (sistemas, organizaciones y tecnologías - existentes), particularmente cuando el objetivo es inte-grar estas tecnologías. Esta integración resultante trascenderá fronteras organizacionales así como niveles jerárquicos en la empresa.

Para abordar estos problemas se necesita un panorama, un 'enfoque de sistemas', de todo el entorno para obtener las relaciones existentes entre las partes de la empresa (hombre-

hombre, hombre-máquina, máquina-máquina) para planear la evolución de la máquina de hoy a la del futuro.

PUNTO DE VISTA

El primer paso en la planeación de un SMIC, es el establecimiento de un punto de vista desde el cual se analiza el sistema y el entorno de interés.

Teniendo en cuenta que un sistema se define como una colección de objetos (personas, máquinas, instalaciones, etc.) y un juego de normas que los dirigen en su trabajo conjunto para el cumplimiento de objetivos determinados. Este punto de vista se forma al definir la amplitud del panorama (horizonte) que establece lo que abarcará el análisis, la perspectiva con la cual se abordará (operacional, Funcional, - etc.), y un objetivo para el proyecto.

Al elegir el horizonte, por lo menos se debe escoger un nivel arriba del nivel de interés. Es importante que se establezca este nivel de interés en una fase temprana en la vida del proyecto, ya que es crucial una comprensión generalizada de éste para el arranque y provee de una base para la continuidad e hilatura de ideas en las discusiones, diseños y análisis subsecuentes. El nivel de interés debe analizarse desde el próximo más alto, ya que el éxito de cualquier sistema apoyado en computadoras depende no sólo de su habilidad para comunicarse con su entorno.

Una organización se define como un conjunto de agrupamientos de personas y equipo junto con sus responsabilidades asignadas y relaciones de autoridad.

Un problema al analizar una organización a través de su organigrama o arquitectura de su sistema computacional es que

usualmente tiene un período de validez muy corto. El otro gran problema es con la limitación de la información que proporcionan. Los organigramas pueden caracterizar a organizaciones y sus funciones implícitas, pero no explican como interactúan las organizaciones (transmisión de información informal, etc.), y la arquitectura del sistema computacional identifica sistemas y la información que fluye entre ellos, pero contiene poca información del flujo real del producto o qué es lo que los sistemas hacen ó no hacen hacia la producción de los bienes y/o servicios que son producto de la empresa.

Aún más, ninguna de estas perspectivas aborda la interacción entre organizaciones-usuarios y los sistemas; finalmente, las arquitecturas computacionales son esotéricas en que sus representaciones tienen poco significado o sentido más que para algunas personas que tienen experiencia particular en este tipo de material.

Es importante aceptar que un SMIC no será el resultado de una persona o inclusive un grupo de personas, sino que requerirá de un esfuerzo colectivo que tome experiencia de todas las disciplinas o departamentos de todos los niveles jerárquicos de la empresa. Por lo tanto, es necesario que el punto de vista escogido sea significativo y de fácil comprensión para todos los participantes, sin importar su procedencia.

El punto de vista que es más descriptivo de una empresa, en cuanto a lo que se debe hacer para lograr un producto terminado, es la representación funcional; si fuera desarrollada cuidadosamente, sin sesgos organizacionales o de sistemas, la representación deberá capturar una descripción del negocio que cambiará muy poco, aún, nada, a través del tiempo.

Esto se debe a que, no importando los cambios en la línea de producción, la estructura organizacional, la configuración de sistemas, etc., las funciones de administración diseño y manufactura siempre tendrán que llevarse a cabo. - Las funciones dentro de la empresa nunca cambian, únicamente lo hace la manera en que se llevan a cabo continuamente. Las características fijas de una representación funcional - proporcionan una perspectiva única de la empresa desde la cual se puede dirigir la evolución continua hacia un SMIC y más allá.

Una representación funcional puede ilustrar de qué funciones es responsable una organización y qué otras organizaciones están involucradas en llevar a cabo esas funciones; así mismo, las funciones que se apoyan en varios sistemas, también pueden identificarse, y mostrar las relaciones existentes o potenciales entre distintos sistemas.

El paso final en el establecimiento de un punto de vista es en la definición de un objetivo. Este objetivo puede variar desde comprender el sistema existente a formular un sistema propuesto, o enfocarse a un área problemática, o identificar sistemas y/o organizaciones afectadas.

El equipo que planea el proyecto debe establecer los siguientes puntos:

- Que si la representación mostrará un entorno actual o futuro.
- Cuál será el énfasis del análisis.
 - Integración de sistemas
 - Interrelaciones de organizaciones
 - Interrelaciones de sistemas/organizaciones

- Diseño de sistemas
- Diseño de organizaciones

- La amplitud del sistema

- El objetivo del esfuerzo

- La fuente primaria de información

- Los usuarios

Una vez establecido este punto de partida común, es importante que el objetivo se determine de una manera simple, -- concisa y realista.

EVALUANDO LA SITUACION ACTUAL

El siguiente paso en este proceso parte del punto de vista anteriormente establecido como un marco de referencia para la definición del entorno y la consideración de cambios en él. El entorno se define con la elaboración de dos modelos, uno que muestra los principales elementos de un área de interés determinada y las relaciones entre ellos (el modelo de nivel de interés); y otro que expone las relaciones del área de interés con sus alrededores (el modelo de amplitud de interés).

MODELO PANORAMICO

Es recomendable el desarrollar primero el modelo panorámico, La metodología a seguir debe ser una bien determinada, estar bien documentada y estar disponible. Esto se debe a que las metodologías no dominadas, distraerán la atención del equipo de planeación del proyecto.

Los participantes deberán incluir a un experto que sea una autoridad en el entorno que abarca al modelo panorámico y debe estar motivado hacia el mismo objetivo que el equipo. También es recomendable que dos o a lo más tres personas, estén involucradas en el desarrollo del modelo, pero que sea criticado constructivamente por el mayor número posible de personas interesadas.

El modelo panorámico típicamente ilustra funciones con sus afluentes, efluentes y mecanismos de control. La 'función central' del modelo cubre al objeto de interés, ya sea la empresa completa o parte de ella. Una vez que se representa la función central, se identifican las entradas, salidas y controles asociados con esa función y sus subfunciones. (figura 5).

Por ejemplo, en la figura 5, la función central representa una empresa entera subdividida en cuatro funciones. Las líneas entrando y saliendo a la función central, representan la interfase entre la empresa y el mundo exterior. Las fuentes y destinos de esas líneas también se dividen en cuatro subfunciones; cada una muestra su relación con la función central.

Colectivamente, el modelo proporciona un panorama de la compañía y su relación con el mundo exterior, el grado de detalle de las interrelaciones entre las funciones depende del objetivo del esfuerzo y del auditorio del modelo. Este modelo debe proveer una mejor comprensión y apreciación del impacto que tiene la función central en su entorno y viceversa. Puede hacer, si se desea, un análisis más profundo de la interacción entre la función central y las demás funciones. Esto podría involucrar información cronológica, información volumétrica, índice de fuentes y destinos de líneas, etc.

No obstante qué análisis se realicen la intención del modelo es la creación de una comprensión común generalizada de la función central dentro del panorama, para los involucrados en la labor de planeación.

MODELO DE NIVEL DE INTERES

Este modelo de profundidad aumenta la información contenida en el modelo Panorámico a través del detallado más específico de la función central para proporcionar una mejor visión de sus subfunciones y cómo se relacionan. Igual que en el anterior, los participantes deben incluir a un experto, ser miembros del equipo de planeación y estar limitados en número mientras que los revisores del modelo deben ser tan numerosos como sea posible.

El modelo de nivel de interés requerirá típicamente de un experto para cada subfunción principal, ya que se espera que cada uno tenga una mayor cantidad de detalles que tratar. Es importante que estos expertos tengan la misma motivación que los demás participantes. El desarrollo de modelo puede enfocarse de muchas maneras, y aunque en general es difícil recomendar un enfoque en particular, se recomienda una metodología que vaya de lo general a lo particular (de arriba a abajo).

Es así mismo recomendable, que el detallado de cualquier función de cualquier nivel sea limitada a seis subfunciones para asegurar su facilidad de manejo y minimizar la complejidad del modelo. El detallado o descomposición se debe continuar hasta que el nivel sea adecuado para permitir al grupo de planeación asegurar la consecución del objetivo.

En la figura 6 se muestra un ejemplo de la descomposición nivel por nivel, ilustrando sólo las funciones (sin incluir

líneas de flujo de información). De esta representación de árbol, se procede a hacer un diagrama para cada uno de los nodos, hasta conseguir el nivel deseado. El diagrama de la figura 7, por ejemplo, es el siguiente nivel de detalle para una de las subfunciones de la función central de la figura 5.

Una vez que el árbol se ha desarrollado completamente, los diagramas se integran en el nivel de detalle seleccionado para crear un sólo diagrama completo de la función central tal como en la figura 8.

Cabe hacer una nota acerca de la 'dirección o 'administración de imagen' que se maneja en las figuras: Es importante comprender lo que esta función, normalmente no definida, -- significa para la planeación de una organización o sistema. Ya que la función de manejo de imagen influye la toma de decisiones en todos los niveles directivos y administrativos; esto debe anticiparse para la planeación de un SMIC.

La figura 8 es una vista detallada del área de interés sin sesgos hacia la estructura organizacional y/o configuración del sistema computacional. Sin embargo, para completar la 'evaluación de la situación actual', una o más de estas estructuras debe superponerse en el diagrama, dependiendo del objetivo del análisis. Puede resultar que se necesite más detalle o que sólo las líneas que muestran flujo de información son de interés y omitir las que muestran flujo de materiales o viceversa. Se pueden hacer muchas distintas modificaciones para enfocar el diagrama hacia un análisis determinado, y una representación funcional facilita esto.

Una representación funcional permite la flexibilidad requerida para acomodar distintos enfoques de planeación. Es -- más, ya que no cambia con el tiempo, nos proporciona un me-

dio de comparación para evaluar resultados de los cambios hechos en la manera de realizar esas funciones.

Como un ejemplo, supongamos que el interés inmediato es la integración de un sistema CAD/CAM, con el objeto de reemplazar los actuales sistemas y procedimientos con el nuevo sistema. Al evaluar la situación actual, se establecen los sistemas existentes y como apoyan al entorno actual.

Refiriéndonos a la figura 8, es aparente que se necesita -- una representación funcional más detallada para representar las relaciones entre los sistemas y el entorno. Para desarrollar este detalle, lo mejor es ir al árbol de la figura 6 y extender el árbol en esas áreas de interés, y entonces relacionar los sistemas actuales al árbol extendido, como en la figura 9. Para mejorar aún más la representación, se pueden agregar las organizaciones o individuos responsables para llevar a cabo esas funciones en una superposición (figura 9). El diagrama permitirá la comprensión de las relaciones funcionales entre los sistemas y entre los sistemas y los usuarios.

Quando tenemos una representación funcional adecuada, se procede a crear, desarrollar y graficar las funciones de información. Como ejemplo, requerimos aún más detallado de funciones para una mejor comprensión de la función que relaciona al sistema de ingeniería de diseño y al sistema de planeación del proceso.

En la figura 9, la función 'Desarrollar Diseño Detallado' - se desarrolla al próximo nivel de detalle y, en el proceso, se determina que existen tres subfunciones que establecen la relación: creación de datos de diseño, creación de datos de coordinación de herramienta y creación de prototipos.

Utilizando la misma función ejemplo, se podrían investigar las relaciones de información al desarrollar diagramas como la figura 7 para esta parte del árbol, que podría mostrar la siguiente información siendo comunicada entre estos sistemas: Datos de planos de diseño final, documentación de di seño final, lista de partes, geometría de partes, datos y diseño de herramienta, órdenes de producción, órdenes de ma teriales y problemas anticipados de manufactura.

El análisis continúa hasta que el grupo de planeación tenga una comprensión amplia de los sistemas actuales y sus relaciones entre sí y con sus usuarios. Entonces se pueden -- identificar los problemas y necesidades asociados con los - sistemas actuales y sus usos.

No obstante qué objetivo se escoja, el árbol y los diagramas funcionales son fundamentales para cualquier análisis del entorno, ya sea sistemas, organizaciones, flujo de información o productos, etc.

ESTABLECIENDO EL PLAN

El siguiente paso es proponer un diseño para un nuevo siste ma. De nuevo se deben identificar las funciones que el -- sistema propuesto apoyará. Si la documentación del análi sis del sistema actual se ha llevado hasta como en la figu ra 9, ya se tiene la mayoría de la información necesaria pa ra analizar el sistema propuesto.

Si hasta este punto la dirección y los ríos no han estado - participando activamente, ahora deberían integrarse al esfuerzo de planeación. Su participación en el diseño de un nuevo sistema es crítico para su implementación.

También es necesaria la unificación de criterios en cuanto -

al objetivo del esfuerzo y del análisis del sistema actual. Es difícil estar de acuerdo en cambiar algo conocido si no existe el consenso en lo que se supone conocido. Como antes el número de individuos responsables del desarrollo del modelo debe ser pequeño; pero en este punto, la representación de los intereses del usuario es esencial. El grupo de revisión, también aquí, debe ser tan grande como sea posible, y debe incluir a la dirección.

Refiriéndose a la figura 9, considere las líneas conectadas al sistema CAD/CAM. Sin importar el número de variantes en los nuevos diseños, es importante primero conocer a fondo cada alternativa antes de compararla.

Cada diseño puede relacionarse con el entorno como en la figura 9. Entonces, antes de hacer el intento de evaluar el rendimiento de cualquier diseño, se deben contestar las siguientes preguntas:

- ¿El nuevo diseño reemplazará parcial o completamente a -- los sistemas existentes?
- ¿Cómo afectará esto a los usuarios?
- ¿Cuál será el efecto en otros sistemas?

Las respuestas a estas preguntas no sólo ayudarán a una mejor comprensión de los distintos diseños, sino que también asistirán en la identificación de sus defectos o problemas.

También los costos asociados con un nuevo sistema a menudo dependen más en sus efectos en el entorno (usuarios y otros sistemas) que en el equipo que se selecciona.

Más importante que lo anterior, es mantener en mente que el

éxito de cualquier sistema dependerá en los usuarios y que, entonces, es vital su participación en la evaluación del presente como en el establecimiento de un plan para el futuro.

El diagrama de árbol puede usarse como punto de partida para análisis posteriores en los sistemas. Los flujos de información o materiales también se pueden explorar basados en la estructura de árbol. Por ejemplo, los diagramas de diseño de sistemas pueden compararse con los diagramas del modelo del entorno. De cualquier modo, la representación funcional permite al grupo de planeación:

- Integrar los prospectos de diseño al entorno.
- Identificar las interfases del sistema con los usuarios.
- Analizar los cambios que impondrán los sistemas propuestos a los sistemas existentes.
- Comparar los sistemas nuevos con los que los reemplazarán

Una representación funcional puede usarse una y otra vez para evaluar el presente o planear el futuro. Es un enfoque estructurado que enfatiza la comunicación entre las personas involucradas para establecer una unificación de criterios en cuanto a las personas y las posibles soluciones.

La filosofía inherente en el proceso descrito arriba es la de primero ver todo el panorama, y luego subdividirlo en la medida que sea necesario para conseguir el objetivo. El fuerte de esta filosofía radica en que la integración por computadora no es el esfuerzo de un hombre, su éxito depende del grado en que los criterios estén unificados en todas las personas involucradas.

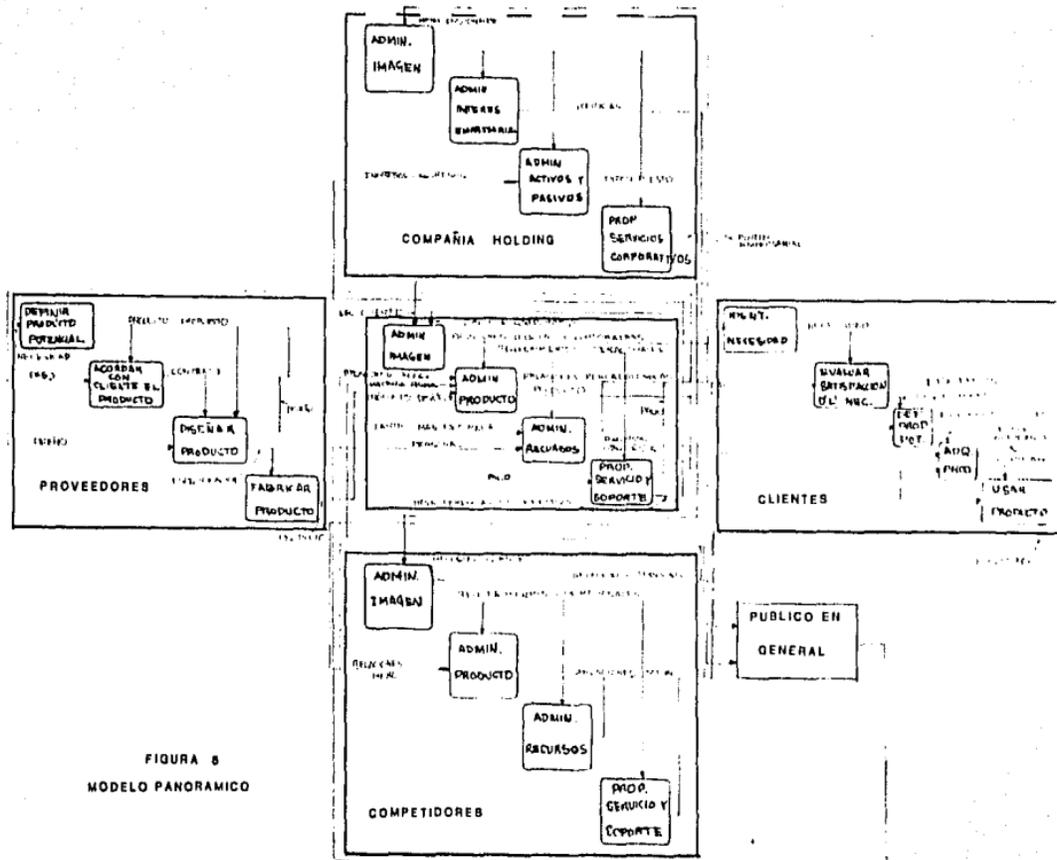
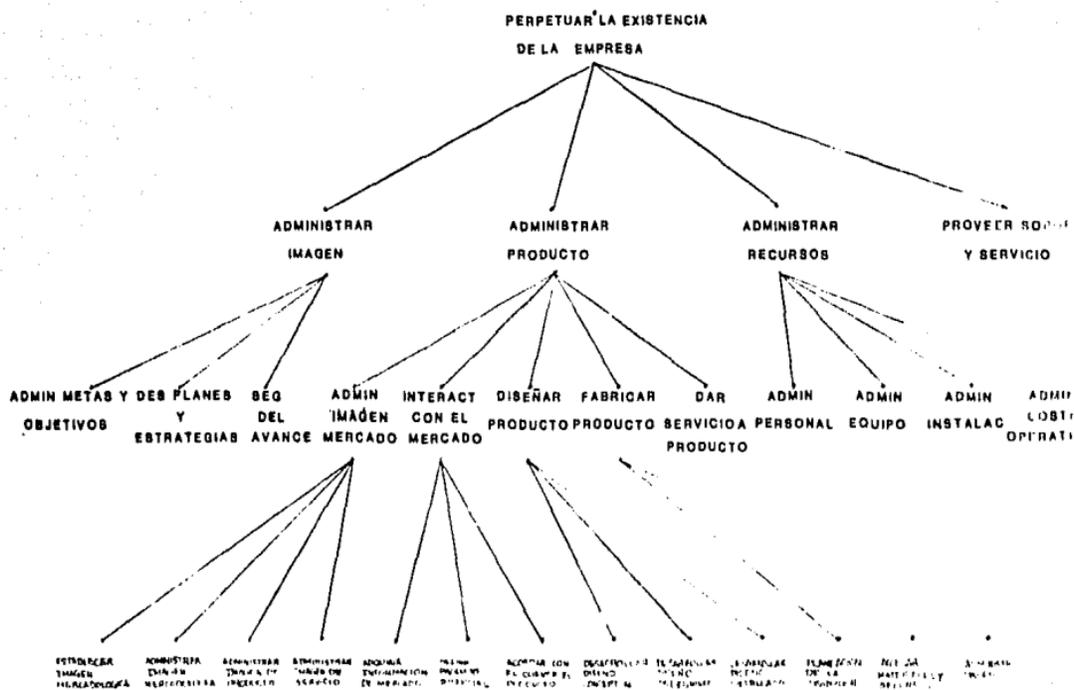


FIGURA 8
 MODELO PANORAMICO



**FIGURA 8
REPRESENTACION DE ARBOL**

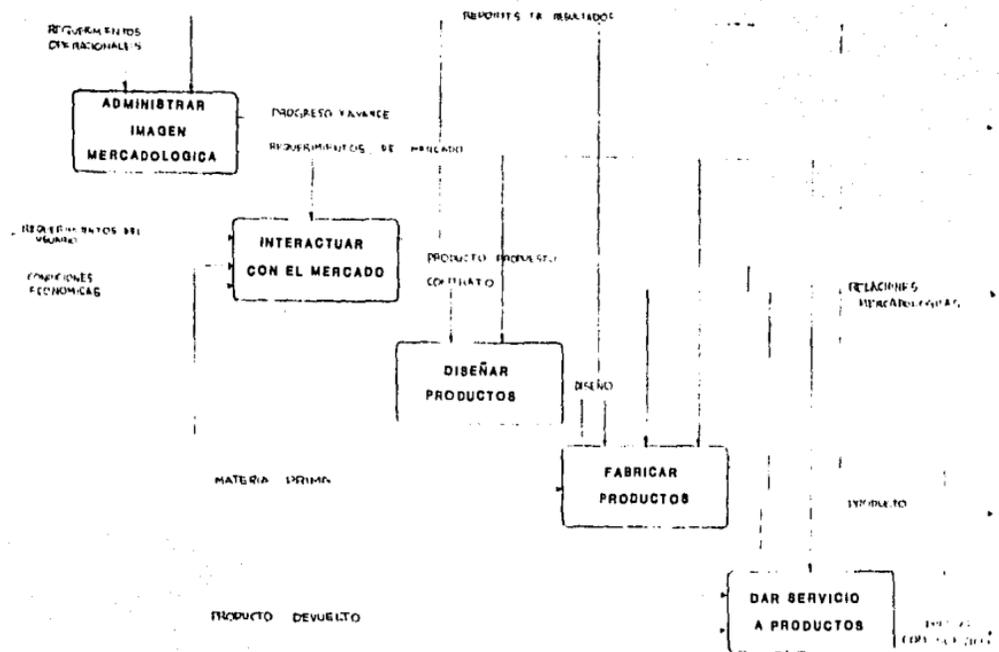


FIGURA 7
ADMINISTRAR PRODUCTO

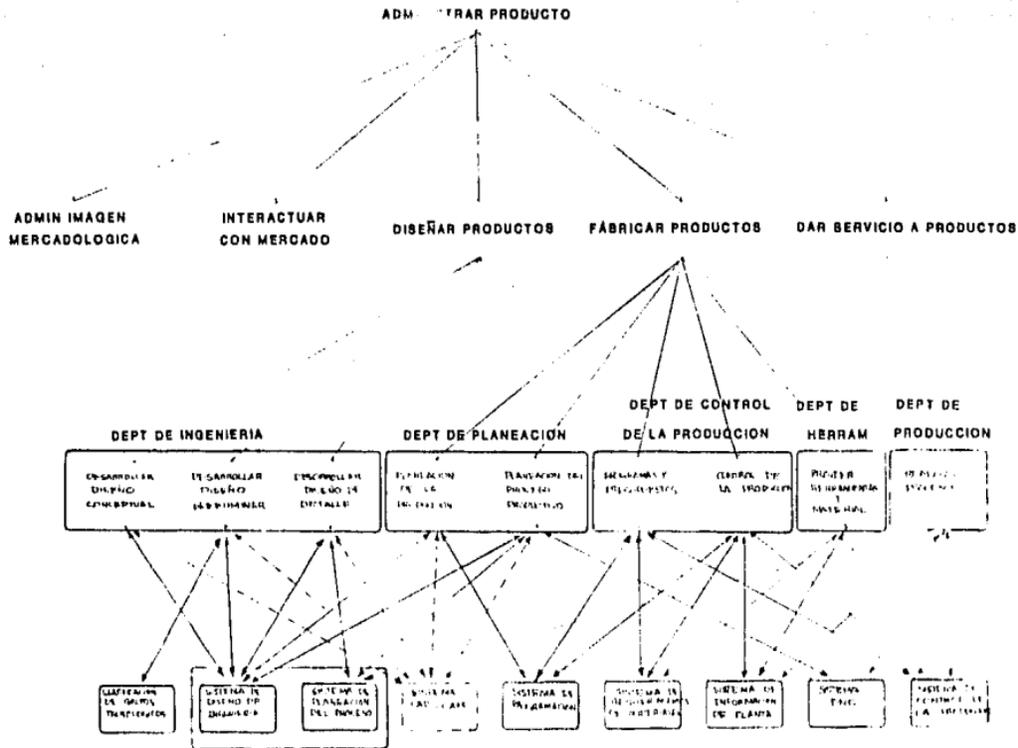


FIGURA 9 ARBOL EXTENDIDO

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- ARQUITECHTURE PART II.
Integrated Computer Aided Manufacturir (ICAM) Report
AFWAL-TR-81-4023, AFWAL/MLTC,
Wright Patterson AFB, OH 45433, 1981

- ASHBY, W. ROSS,
An Introduction to Cybernetics
New York, Wiley, 1956.

CAPITULO V

INVOLUCRAMIENTO DE RECURSOS EN UN SMIC

INVOLUCRAMIENTO DE RECURSOS EN UN SMIC

La integridad de un sistema ha sido definida como la medida en la cual el sistema funciona como fue diseñado. Un término usado generalmente para describir la integridad de un sistema es la credibilidad. La integridad, o credibilidad, es o no un atributo de un SMIC; de hecho no existen puntos intermedios, en cuanto a la confianza del usuario se refiere.

Si los usuarios creen en el sistema, ellos harán un esfuerzo real para dar mantenimiento a la base de datos y usarán los reportes generados por el sistema para la toma de decisiones.

Si, por otro lado, ellos no confían en el sistema, no estarán motivados a dar el mantenimiento adecuado y no utilizarán sus reportes para la toma de decisiones.

Un sistema al que le falta credibilidad se caracteriza por lo siguiente:

- Los usuarios se frustran y pueden manifestar abiertamente su falta de confianza a las salidas generadas.
- Los usuarios ignoran algunos o todos los reportes y basan sus decisiones en información procedente de fuentes externas al sistema.
- Partes del sistema, si no es que todo, son deshechadas o reemplazadas con "sistemas naturales" creados por usuarios de línea para realizar sus tareas.
- Existirán relaciones poco armoniosas entre el personal del departamento de Sistemas de Información y los usuarios.

rios que hacen difícil resolver problemas actuales de integridad y reducen el soporte para futuros sistemas de información.

INVOLUCRAMIENTO DEL USUARIO

El involucramiento del usuario en el diseño, mantenimiento y operación de cualquier sistema de información está directamente relacionado con el nivel de integridad del sistema que se logrará. Ya que los sistemas de información de manufactura están tan interrelacionados con otras funciones dentro de la organización, el impacto del involucramiento del usuario es considerable.

Un enfoque de equipo que involucra individuos de cada área funcional, así como especialistas en sistemas y programación, de un alto grado de integridad al sistema. Los usuarios representativos proporcionan el conocimiento 'know how' en términos de teoría y prácticas operantes. Los diseñadores del sistema actúan como catalizadores para ayudar a los usuarios a definir objetivos, lógica, algoritmos y procedimientos. Más tarde en el proceso de desarrollo el diseñador aplica la tecnología y/o metodología disponible al sistema.

DISENO CONCEPTUAL

Los cimientos conceptuales de un sistema de información de manufactura deben ser sólidos si el sistema ha de contar con integridad. Por ejemplo, un sistema de planeación de capacidad que no toma en cuenta a la totalidad de las restricciones de capacidad principales, no va a tener credibilidad.

Desde un punto de vista puramente funcional, la responsabi-

lidad de la integridad recae sobre los usuarios involucrados en la especificación del sistema. Sin embargo, el equipo de diseño entero participa durante la fase de conceptualización al contribuir, estudiar y probar conceptos.

Aunque la fase del diseño conceptual involucra principalmente la definición a gran escala del sistema propuesto, las consideraciones de detalle no pueden ignorarse completamente. Los especialistas del sistema de información en el equipo deben guiar la factibilidad de los conceptos desarrollados. Se lograría muy poco si se diseñara un sistema que no pudiera ser implementado.

La aparición del sistema de información de manufactura 'enlatados' o de 'paquete' en el mercado ha instado a muchas organizaciones a ignorar el diseño conceptual de un sistema y a aceptar la solución del vendedor del software, asumiendo que el vendedor ha realizado, de hecho, un diseño conceptual a conciencia y que es compatible con la organización de manufactura real.

En general, los sistemas deberían ser diseñados de acuerdo a la organización, pero algunos paquetes de software forzan una cierta adaptación por parte de la organización. Se pueden reducir problemas de compatibilidad y conformidad con paquetes de software, si antes se desarrolla el diseño conceptual y luego se selecciona un paquete que cumpla con los criterios resultantes.

El punto de vista usado durante el diseño conceptual no es tan importante como el reconocer que este paso es crucial y debe preceder a cualquier diseño en detalle o a cualquier selección de detalle. Finalmente la integridad del sistema depende de la validez del diseño conceptual y de su compatibilidad con la organización de manufactura.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Numerosas consideraciones de diseño influyen en la integridad de los sistemas de información de manufactura. Algunos de los más importantes son los siguientes:

- Participación de Datos: Los datos que conforman un sistema de información deben estar integrados con los datos que dan soporte a todas las funciones asociadas en la compañía. La propiedad tradicional de archivos en cada departamento debe ser superada y los datos de toda la organización deben considerarse como un recurso compartido.

- Flexibilidad: El sistema debe estar diseñado para ser flexible a largo y corto plazo. Una técnica popular usada en el desarrollo de sistemas de información es el usar prototipos. El usar prototipos es un proceso repetitivo que permite al equipo de diseño programar, probar y refinar una aplicación. Ayuda a identificar fallas en el diseño de una manera temprana y así permite hacer los cambios necesarios antes de la implementación, cuando los costos se hacen prohibitivos.

- Manutención: Los sistemas de manufactura son creaciones dinámicas que deben cambiar según que se hagan disponibles nuevos conceptos y técnicas. Por esta razón, el sistema debe diseñarse y programarse con su mantenimiento en mente.

Existen numerosas herramientas para mejorar el mantenimiento. Estas incluyen sistemas de manejo de bases de datos -- (DBMS), diccionarios de datos, directorios de bases de datos, lenguajes de cuarta generación, generadores de aplicaciones, programación modular o estructurada y generadores de documentación.

- Documentación: La documentación del sistema es esencial para el soporte, mantenimiento y mejoría continua de cualquier sistema de información. Sin una documentación adecuada la integridad del sistema de información será marginal y sujeta a una seria degradación durante los odos de ro tación personal.

La documentación requerida incluye la descripción de los -- programas básicos, la distribución de entradas y salidas, las consideraciones de restart/recovery, y las consideraciones de seguridad y listados actuales de los módulos de programas. Es deseable tener una narrativa describiendo al - sistema total y las interrelaciones de tareas y programas in dividuales. Es, también de gran ayuda, un diagrama de flujo a gran escala que muestre el sistema entero; sin embargo, no siempre es posible, dada la complejidad de algunos sistemas. Los elementos de la documentación de sistemas deben - ser combinados con precedimientos del usuario para producir sus manuales.

- Entradas/Salidas: El medio, el formato y el contenido de los reportes de un sistema de información de manufactura - pueden tener un impacto significativo en la integridad del sistema. Los procedimientos de captura de datos y comunicaciones hombre/máquina deben ser de un diseño ergonómicamente bueno.

El sistema debe soportar comunicación interactiva, requi-- riendo un mínimo de entrada de datos. Por ejemplo, se pueden usar los códigos de barras y elementos magnéticos para reducir los requerimientos de entrada de datos al mismo tiem po que se mejora la precisión.

El sistema debe ser capaz de manejar una conversación lógica que logre la transacción deseada en el lenguaje y tecno-

logía del usuario. Son esenciales los sistemas amigables y los tiempos de respuesta cortos.

- Oportunidad: En la medida de lo práctico, la entrada de las transacciones debe ser en línea. Es importante que las preguntas y salidas sean lo más actualizadas posible.

ENFOQUE DE LA BASE DE DATOS

Tal vez el factor más importante que afecta al desarrollo y evolución de sistemas de información de manufactura basados en computadora durante la última década, ha sido el advenimiento de los sistemas de manejo de bases de datos (DBMS). Estos paquetes de software unidos con la disponibilidad de equipo de computación de relativamente bajo costo, ha puesto a los sistemas de manufactura automatizados al alcance de la mayoría de las compañías manufactureras medianas.

Esto no significa que el uso de un DBMS es la respuesta a todos los problemas asociados con la creación de sistemas de información de manufactura. Un DBMS efectivo es, sin embargo, una herramienta esencial que provee numerosos beneficios de diseño y productividad. La aceptación general de esta herramienta ha creado una nueva metodología de diseño, usualmente referida como el enfoque de base de datos.

Las ventajas del enfoque de base de datos en el diseño de sistemas son:

- Un DBMS simplifica y estandariza el acceso a la información de una organización. Debido a que la lógica de acceso de archivo residen en el modelo de descripción de la base de datos, en lugar de, en los programas de aplicación individuales, los programadores y diseñadores no necesitan estar familiarizados con una variedad de métodos de acceso.

Además, un DBMS proporciona estructuras de datos estándar que aseguran que los elementos de información poseen atributos y nombres idénticos en todos los programas de aplicación.

- La concentración de lógica de acceso de archivos en un DBMS ofrece ventajas significativas con respecto a los nuevos equipos de computación o sistemas operativos transitorios. La mayoría de los cambios en la configuración de la computadora en el ambiente, pueden ser logrados sin afectar los programas de aplicación existentes.

- La independencia de datos propia de un DBMS significa que los programas que lo usan pueden acceder únicamente los campos de datos que son requeridos, que de otra manera se tendría que leer todo un registro. Aunque un DBMS obtiene un registro entero físicamente de la memoria en disco, sólo los campos requeridos son enviados al programa en turno. - Las características físicas del registro, tal como la longitud y factores de bloqueo, pueden cambiar, sin afectar los programas de aplicación existentes.

- Un objetivo de un DBMS es integrar la base de datos corporativa; esto es, proveer un método que permita el acceso a todos los registros asociados. Un beneficio directo de esta integración es la precisión forzada que impone el DBMS al establecer las relaciones entre los registros. Los campos de datos que son clave en la base de datos se revisan para asegurar la integridad de las relaciones de los registros.

- Idealmente el uso de un DBMS debe reducir la redundancia de datos. En un ambiente de base de datos, los datos están mancomunados y estructurados para su uso óptimo. Cada ele-

mento de datos único aparece sólo una vez en esta estructura e idealmente se elimina el problema de reportes incongruentes entre sí.

- Finalmente, el uso de un DBMS permite a los sistemas ser construidos en una forma evolutiva. En un ambiente de base de datos, no es necesario predeterminar los requerimientos de datos y estructuración para sistemas futuros relacionados. El diseñador se puede concentrar en el sistema actual a desarrollar y confiar que las decisiones de diseño actuales no crearán problemas para los sistemas futuros.

La figura 10 muestra el ambiente de base de datos en donde todos los departamentos comparten la información mancomunada, no redundante, de la compañía. También se muestra el aislamiento de los sistemas individuales del equipo de computación, con todos los accesos de datos siendo procesados en línea por el DBMS.

El nivel de integridad que el ambiente de base de datos asegura es estructural únicamente. El DBMS no garantiza la precisión o calidad de los elementos de datos individuales dentro de los registros y archivos. La responsabilidad de la entrada de datos debe estar tan cerca como sea posible a la fuente de los mismos. El mantenimiento de la base de datos debe llevarse a cabo a través de terminales interactivas por personal que conoce y entiende la información que está capturando.

Las personas asignadas a esta tarea deben percatarse de la importancia de los datos precisos y de su responsabilidad para la integridad de los archivos, registros u otros elementos de datos que mantienen. Sin un compromiso por parte del usuario, ningún esfuerzo de edición o control producirá un nivel de integridad aceptable.

Deben implementarse procedimientos estrictos de edición - para todos los datos que entran al sistema. Ocasionalmente algunos equipos de diseño pedirán una edición reducida - para evitar una disciplina de datos no ameritada por información provisional o experimental. Existirán algunos casos en los que tales argumentos deben prevalecer. Si la información es lo suficientemente superflua que cualquier valor puede ser aceptable, es de dudarse si tal elemento de información debería existir en la base de datos.

Las técnicas de edición de datos deben incluir los siguientes criterios, donde sea aplicable:

- Pruebas de rango: El rango generalmente se prueba al establecer valores mínimos y máximos para un elemento de información específico. Este tipo de lógica puede ser usado en información tanto numérica como alfanumérica. Además, las pruebas de rango pueden ser hechas más dinámicamente al relacionar la información directamente con otra información ya existente en la base de datos.

- Búsqueda en tablas: Varios elementos de datos deben contener uno de una serie de valores conocidos; por ejemplo, identidad de almacén, unidad de medida, etc. Aunque se pueden usar tablas internas o externas para validar los elementos de datos, cuando sea posible, deben usarse tablas externas para permitir cambios de edición sin requerir modificaciones de programación.

- Búsqueda en la base de datos: La búsqueda en la base de datos está estrechamente relacionada con la búsqueda en tablas. La interrogación de una base de datos para propósitos de edición puede tener distintas formas. Una edición simple puede consistir en leer una parte de un registro para asegurar que un dato ingresado existe o no. Una edición

más compleja podría requerir el rescate de archivos múltiples de la base de datos.

- Datos requeridos: En muchas aplicaciones de mantenimiento de base de datos, especialmente cuando se involucra a las ediciones de registros, se requieren ciertos elementos de datos; si estos elementos se omiten, el usuario es informado de la omisión, y el elemento de datos (o posiblemente todo el registro) no es procesado.

- Pruebas alfanuméricas: En algunos, la única prueba que se puede aplicar a un campo es una comparación alfa, numérica o alfanumérica. Este tipo de edición puede ser llevada a cabo por software o hardware.

- Condicionales: Si un elemento de datos tiene un número de opciones válidas limitado y relativamente estático, puede no ser deseable la creación de rutinas en tablas. En estos casos, se puede escribir directamente en el software una lógica simple condicional.

- Relaciones de conjuntos: Este tipo de edición se usa cuando la validez de un elemento de datos depende de su pertenencia a uno o más conjuntos. La fuente de los elementos de datos que constituyen un conjunto puede variar desde valores recién capturados hasta valores ya existentes en la base de datos. El objetivo de una edición de conjunto es el asegurar que cada elemento de datos es válido por su relación con otros elementos en el conjunto.

CONTROLES

Los procedimientos de edición anteriores representan las rutinas más comúnmente encontradas en los sistemas de procesamiento de datos en la actualidad. La mayoría de los

sistemas de manufactura los contienen, tanto sencillos como en combinación. Su propósito primordial es el establecer un proceso de filtrado estricto para la información -- que entra al sistema.

Aunque este proceso promueve la 'razonabilidad' de los datos entrados, no garantiza el nivel requerido de precisión. Para lograr una medida final de información, se pueden diseñar juegos completos de controles, con el objeto de prevenir lo siguiente:

- Error del Usuario: Sin importar la extensión a la cual la información sea editada por el DBMS y los programas de aplicación, los usuarios cometerán errores y capturarán datos incorrectos. El potencial de error es probable que sea mayor en un sistema de línea que en uno por lotes debido al número de usuarios. Sin embargo, no es verdad que los sistemas en línea sean de menos precisión. Ya que la captura de datos es cercana al usuario, pueden ser mejores la corrección de errores y la oportunidad de la captura.

- Crimen Computacional: En los sistemas de información de manufactura, se deben tocar por lo menos dos áreas de seguridad. Primero, como son generalmente integrales con la captura de órdenes y captura de envíos/facturación, son -- vulnerables a manejos fraudulentos de productos o dinero.

Segundo, como algunas compañías se hacen dependientes de sistemas basados en computadoras para la información de productos, cantidades y fechas de producción, están abiertas a sabotajes interno y externo, se deben establecer planes de contingencia y controles apropiados para limitar los riesgos de fallas de seguridad.

- Errores de Datos en Hardware y Software: Se deben imple-

mentar suficientes controles para asegurar que los errores intermitentes de hardware o software (bugs) no resultarán en pérdida o daño a la base de datos. En la medida en que los sistemas de información de manufactura se hacen más en línea, la complejidad de los programas aumenta y la probabilidad de los errores sutiles dentro de la lógica del programa aumenta. Estos "bugs" pueden resultar en registros dañados o inclusive perdidos.

Los daños causados por el hardware computacional actual no son muy comunes; sin embargo se pueden omitir algunos datos o ser capturados dos veces como un resultado de problemas de hardware.

- Errores Computacionales de Operaciones: En la mayoría de los sistemas de procesamiento de datos, existe un considerable campo para errores de los operadores de la computadora. Se deben implementar una variedad de controles para asegurar que las desviaciones serán detectadas y corregidas antes de que el error tenga un efecto serio. Estos controles deben detectar al problema a más tardar a nivel de procesamiento de datos para evitar problemas de credibilidad asociados con la exposición al usuario.

CONTROL DE LOTES

El control de lotes es uno de los métodos más efectivos para asegurar la precisión de la información. Estos controles han estado presentes desde los esfuerzos más antiguos de procesamiento de datos y aunque tiende a estar presente con mayor frecuencia en sistemas de lotes, pueden usarse bastante efectivamente en sistemas modernos en línea.

Los controles se aplican al pasar el documento fuente a través de un punto de control en el cual un total se calcula -

en un campo numérico apropiado. Cuando un campo lógico no está disponible para balancear, un total ficticio puede ser generado mediante la adición de números de cuenta, números de vendedor o cualquier otro valor numérico.

Los totales del lote establecidos por un grupo de documentos fuente acompañan a la información a través de todo el proceso de captura. Los totales pueden corregirse en el lote de información en cualquier punto para asegurar precisión.

Los controles para lotes en un ambiente en línea son ligeramente diferentes. Los controles de lote computados están normalmente incluidos en el programa en línea, y después de la entrada de la totalidad de los datos, el programa suma las transacciones y compara los reales con los controles. Si cumplen, el batch se acepta; de otra manera el usuario se guía a través de un procedimiento de localización y corrección de errores.

Aunque los controles de lotes tienden a ser más comunes en las aplicaciones financieras, pueden usarse efectivamente en aplicaciones de manufactura tales como control de inventario, manejo de materiales y trabajo en proceso.

CONTROL DE TRANSACCIONES

Las transacciones o movimientos individuales son más comunes que los controles de lote. Esto se debe a la naturaleza interactiva en tiempo real de los sistemas modernos. Estos controles se establecen principalmente para asegurar que el usuario digita una entrada precisa o por lo menos razonable. Estos controles emplean muchas de las técnicas de edición mencionadas anteriormente.

En la mayoría de las aplicaciones individuales en línea, el proceso de edición se suplementa por la verificación pasiva del operador. La edición pasiva normalmente involucra la expansión de campos de datos en clave a campos que incluyen información descriptiva adicional.

Por ejemplo, el usuario puede digitar una clave para la materia prima en el proceso de cambiar el costo del material. El programa debe rescatar el registro de la materia prima y mostrar los elementos de datos que pueden ser modificados. Esto da al usuario una oportunidad de verificar que fue especificada la clave de la materia prima correcta. En general los campos de siglas o en clave deben acompañarse de información descriptiva cuando sea posible.

Otro tipo de edición pasiva preferida como una edición 'suave', identifica un error de transacción potencial a través de un mensaje de advertencia o una pregunta. El operador puede entonces hacer una corrección, si existe un error o confirmar la transacción como correcta.

FALLAS DEL EQUIPO

Los sistemas de computación modernos y sus periféricos son, en general, confiables. Sin embargo, las máquinas fallan y esto debe considerarse en el diseño de los sistemas de manufactura, si se ha de mantener la integridad.

La clave para la disponibilidad de equipos es la redundancia. Los componentes críticos del sistema deben de respaldarse para garantizar que la falla no perjudicará severamente las operaciones de manufactura. En los sistemas modernos de manufactura, la operación depende tanto de las computadoras, que una falla aunque sea de corta duración, es notoria, y si es larga, es desastrosa.

Deben considerarse las siguientes ideas sobre redundancia de equipo:

- Si una localidad cuenta con un número considerable de terminales, conviene administrarlas utilizando dos controladores en vez de uno, con la mitad del número de las terminales manejadas por cada controlador. Así, si un controlador falla, sólo la mitad de las terminales estará fuera de servicio.

- Debe considerarse la redundancia en las líneas de comunicación telefónicas o el uso de líneas de respaldo eventuales.

- Una línea de comunicación requiere de un modem a cada extremo para dar soporte a la transmisión de datos entre la computadora y las terminales. Debe mantenerse un número razonable de 'refacciones' para cubrir las posibles fallas del modem.

- Debe considerarse la redundancia en el equipo de computación. Esta es una opción algunas veces ignorada por suposiciones preconcebidas, y a veces, incorrectas, concernientes al costo.

La atención a las cuestiones de disponibilidad de sistemas tales como la redundancia, respaldo y planeación de contingencia, reduce, pero rara vez elimina las fallas. Para manejar la inevitable 'caída' del sistema, se necesitan procedimientos alternos de procesamiento para habilitar la continuidad de trabajo, aún de una manera degradada.

Algunos enfoques comunes incluyen el registro de las transacciones para una entrada en línea posterior o el uso de -

una terminal que permita la entrada 'off line' y el almacenamiento y subsecuente transmisión de datos (terminal inteligente).

FALLAS DEL SOFTWARE

Los programas computacionales, ya sean en línea o por lotes, pueden interrumpirse anormalmente por una variedad de errores. Cada programa en el sistema debe diseñarse de tal manera que la terminación en cualquier punto no resultará en datos perdidos o en un mantenimiento incorrecto de la base de datos; para lograr esto, el módulo de aplicación debe crear un punto de prueba al final de cada transacción lógica que pueda servir como punto de recuperación.

El problema de la recuperación debe analizarse a nivel de todo el sistema. Cada terminal de una red debe ser capaz de recuperación a nivel transacción; esto es, recuperación hasta e incluyendo la última transacción completa. Los sistemas que requieran la re-entrada de numerosos movimientos después de una falla tienden a perder la confianza del usuario, y por lo tanto, su integridad.

DIAGNOSTICOS DE ARCHIVOS

La mayoría de las organizaciones de procesamiento de datos, tienen un administrador de la base de datos (DBA). Una función de este sistema, es el monitoreo de los diversos archivos que forman la base de datos de la organización. Esto se hace a través de rutinas de software que revisan los archivos, buscando condiciones no válidas de información o relaciones entre registros. Este monitoreo permite al DBA localizar problemas dentro de la base de datos e implementar soluciones antes que la integridad del sistema se vea seriamente afectada.

Además de las revisiones continuas que realiza el DBA, puede diseñarse el software de aplicación para realizar revisiones de integridad en la base de datos, por lo menos superficialmente. En el ambiente de base de datos, se pueden rescatar registros a través de distintos caminos o eslabones; estos eslabones constituyen relaciones físicas entre los registros.

Si estos eslabones o apuntadores se dañan, puede ser imposible rescatar el registro a través del camino dañado; sin embargo el registro puede ser accesible utilizando otro camino.

Esto significa que dos programas de aplicación distintos podrían obtener diferentes resultados si utilizan distintas trayectorias en sus búsquedas.

Aunque esta característica aparece como un problema, puede ser usada con ventaja por el diseñador del sistema, utilizando diferentes caminos de eslabones a través de distintas aplicaciones y salidas de programas correlacionantes en puntos de control apropiados. El software de hecho realiza una auditoría de los archivos dentro de la base de datos.

OPERACIONES COMPUTACIONALES

El control de las operaciones computacionales empieza con un personal motivado y capacitado. Este personal debe tener una comprensión sólida de los aspectos operacionales de los sistemas que usan y deben ser capaces de resolver fallas en el software y hardware, lo cual es particularmente importante cuando las condiciones requieren de la ejecución de procedimientos de recuperación y/o de reanudación.

Ya que los operadores son humanos, se espera que cometan --

errores, así que deben emplearse procedimientos automáticos donde sea posible. Para los procedimientos que deban ser manuales, debe disponerse de una documentación clara y concisa de la operación. El diseñador del sistema debe buscar crear un ambiente operacional que ofrezca pocas oportunidades al error humano.

ADMINISTRAR PARA LA INTEGRIDAD

Finalmente, la integridad de un sistema de información de manufactura depende de la dirección. Durante la etapa de diseño, el énfasis dado a la integridad de sistemas es normalmente una medida directa de cuán importante es a ojos de la dirección.

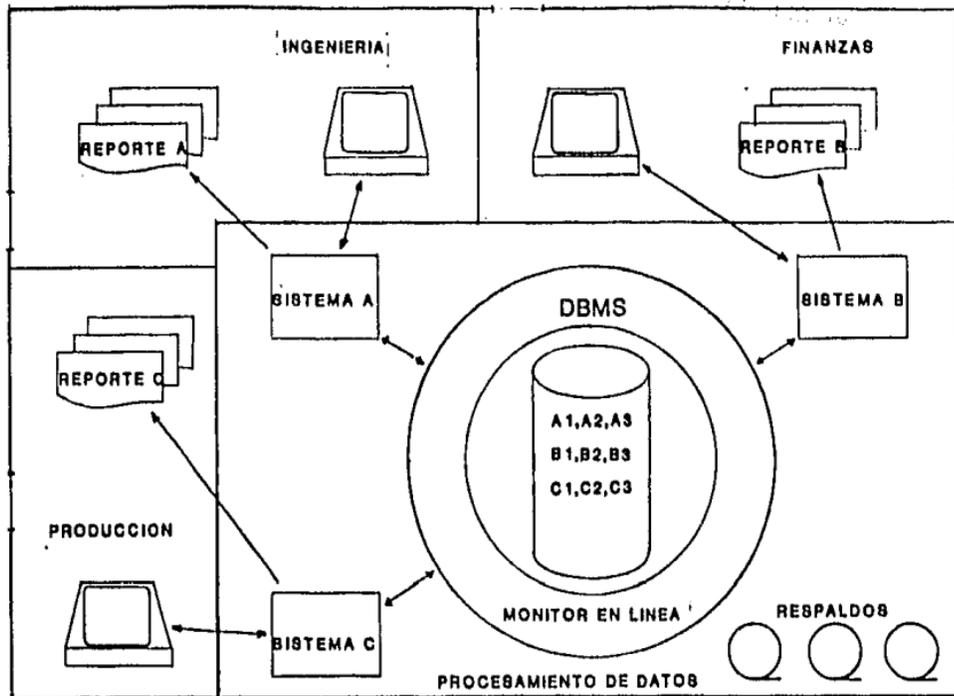
El apoyo de la dirección del tiempo y esfuerzo adicional para diseñar un sistema con integridad, no se puede suponer. A menudo los directivos clave se sienten incómodos con el tiempo extra que el equipo de diseño invierte revisando y probando diseños conceptuales. Estas personas, así como el equipo de diseño deben estar convencidas de que el tiempo adicional invertido en el diseño balanceado por ahorros de tiempo en las etapas de programación e implementación.

Más allá del diseño y la implementación, es vital el interés continuo de la dirección en la integridad del sistema. Típicamente la integridad de un sistema de información se deteriora a través del tiempo.

Para contrarrestar esta tendencia, la dirección debe establecer mecanismos de retroalimentación y control para el monitoreo de la integridad global del sistema. Esto puede lograrse al medir salidas específicas, y correlacionar las acciones recomendadas por el sistema y las decisiones reales hechas y así determinar la confianza del usuario. Cuando -

se observa una baja significativa en la integridad del sistema, se puede llevar a cabo una acción correctiva.

La integridad del sistema es un aspecto fundamental de un SMIC exitoso. La integridad o credibilidad no ocurre automáticamente como un subproducto del proceso de diseño e implementación. La dirección y el equipo de diseño deben reconocer la importancia de la integridad del sistema y planear su desarrollo y control.



AMBIENTE DE BASE DE DATOS FIG. 10

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- BOOTH, GRACE M.,
The Design of Complex Information Systems,
McGraw Hill Inc., 1963.

- CARDENAS, ALFONSO F.,
Data Base Management Systems,
Allyn and Bacon Inc., 1979

- HALEUI, GIDEON,
The Role of Computers in Manufacturing Processes,
John Wiley and Sons Inc., 1980

- ORLICKI, JOSEPH,
The Successful Computer System,
McGraw Hill Inc., 1979.

C A P I T U L O VI

CONCEPTUALIZACION DE LA MANUFACTURA COMO UN PROCESO DE INFORMACION

CONCEPTUALIZACION DE LA MANUFACTURA COMO UN PROCESO DE INFORMACION

El crecimiento del número de trabajadores directamente relacionados con la producción en los últimos treinta años, en los países industrializados, ha permanecido relativamente constante mientras que el crecimiento de trabajadores no relacionados con la producción, en las empresas de manufactura, se ha incrementado de 16.5 a 30%.

De acuerdo con esta tendencia, está el crecimiento del costo indirecto de la manufactura o fabricación, en relación con el costo directo, de un nivel cercano al 50% en 1955 a más del 100% en la actualidad y con una tendencia acelerada al crecimiento (Figura 11).

Un análisis de la distribución o composición de estos costos indirectos muestra que la mayoría están en la mano de obra indirecta y en los materiales indirectos. (Tabla 1). Una evaluación rápida de este problema de productividad nos lleva a la conclusión de que la productividad de la mano de obra directa ha tenido que aumentar drásticamente durante los últimos 30 años para contrarrestar la creciente carga de los costos indirectos.

Ya que la automatización total del proceso productivo no afectará significativamente a la estructura del costo indirecto, debemos concluir que esta automatización del proceso productivo no reducirá significativamente los costos de manufactura. Para hacerlo se debe también atacar a los elementos responsables de los costos indirectos.

Es conveniente aclarar lo que representan esos costos. Alrededor del 50% de estos son atribuibles a costos de empleados de oficina (white collar). Estas personas se ocupan -

de la creación, análisis, transmisión y administración de la información necesaria para el soporte de la producción.

Los implementos tecnológicos que mayor oportunidad tienen de incrementar la eficiencia de la manufactura son aquéllos que puedan realizar mejoras importantes en la efectividad de la creación y uso de la información. De manera que se incremente la efectividad de esta creación y uso de la información, se debe resolver el llamado 'dilema de la información'. Sólo a través de esta solución que se podrán reducir los costos indirectos de una manera significativa.

EL DILEMA DE LA INFORMACION

En el ambiente de la manufactura, el dilema de la información puede establecerse como:

- Tener una gran cantidad de datos, pero no poseer información.
- Tener mucha información pero no conocimiento.
- Decidir qué información se debe almacenar digitalmente, y cuál no.
- Decidir qué hacer con la información: Cómo manejarla y cómo representarla.
- Decidir qué es la información: Cómo construirla de los datos que podemos almacenar, cómo usarla para la toma de decisiones y cómo transferir el conocimiento.

Aunque este dilema informativo puede manifestarse en una larga lista de problemas específicos, los antes mencionados son todos el resultado de la gran cantidad de datos e infor

mación disponible para la toma de decisiones. Este aumento es reciente y está directamente relacionado con el advenimiento de la computadora. Para resolver este problema, es necesario aceptar que la información es un recurso de la empresa y debe administrarse y controlarse como otros recursos tales como los inventarios o la capacidad instalada. Y como estos otros recursos se deben entender qué es, cuáles son sus componentes y sus relaciones, y cómo se relaciona con las actividades productivas, para poder administrarla.

A partir de esto, debe surgir un modelo o diseño del deber ser del sistema de información. Primero es la comprensión de lo que es la información y luego determinar la estructura de la información en el sistema de manufactura actual.

LA MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA

El análisis más exhaustivo de las funciones en la manufactura responsables por el costo indirecto se ha realizado bajo el programa ICAM de la Fuerza Aérea de los E. U. (Integrated Computer Aided Manufacturing). El programa ICAM y sus participantes y contratistas han intentado tomar un enfoque de sistemas total durante sus proyectos de análisis de necesidades y de definición de requerimientos.

Los resultados de estas actividades reflejan el enfoque de sistemas y se prestan más para la investigación del dilema informativo que aquéllos de otros grupos con un horizonte más reducido.

Por ejemplo, el programa ICAM, en 1978, hizo la siguiente distinción entre manufactura y producción:

"La producción es la realización misma, el acto físico de hacer lo que es necesario para realizar el producto. Esto

incluye la alteración de la forma de los materiales, el ensamblaje y la inspección".

"La manufactura es la conversión de un diseño en un producto terminado. La manufactura entonces incluye la planeación, programación y la consecución de los elementos que fuesen necesarios para la elaboración del producto".

Esto nos indica que la producción o la realización misma de un producto es un subconjunto de la manufactura; en este contexto, la integración de la manufactura significará:

- Lograr el balance en: niveles de inventario, utilización del proceso, distribución de planta y flujo de materiales.
- Estructuras de planeación y control efectivas.
- Información compartida.
- Flexibilidad.

De estos cuatro puntos, la ingeniería industrial clásica sólo ha estudiado los primeros dos; la manufactura integrada por computadora tratará a los restantes.

Ya que la tecnología que más factiblemente haga más eficiente la manufactura es una que lleve a cabo mejoras importantes en la eficacia de la creación y uso de la información.

Aunque esto involucre la automatización del proceso productivo, esta automatización no debe ser el principal elemento de la implementación de un SMIC. Si se instala la automatización sin una visión integrada del problema del manejo de la información, el resultado serán las famosas 'islas de automatización', las cuales tendrán una flexibilidad limitada

debida a su limitada capacidad de compartir información.

CARACTERISTICAS DE LA INFORMACION DE MANUFACTURA

La palabra 'información' a menudo se confunde con 'datos', 'conocimiento', o 'habilidad'. Y aunque estos términos están relacionados, no son lo mismo. Si interpretamos cualquier comunicación como un mensaje, entonces 'datos, información, conocimiento y habilidad' se refieren a la creación, movimiento, almacenamiento y uso de mensajes, respectivamente.

Para diferenciar a estos conceptos, se debe estar consciente de los siguientes, también: 'sintaxis', 'semántica' y 'pragmática'. Estos conceptos provienen de la gramática y son el resultado del análisis de la comunicación verbal y escrita.

Los conceptos de sintaxis y semántica, también son usados extensivamente en las ciencias computacionales.

La SINTAXIS se encarga de la forma en que un mensaje se comunica y no del contenido del mismo. Esto incluye el conjunto de símbolos o caracteres, las reglas gramaticales y los protocolos usados para transmitir, codificar y almacenar un mensaje.

Un ejemplo en la manufactura sería una clave universal del producto. Con un conjunto simbólico que va del cero al diez, codificadas usando cuatro barras verticales de anchura variable.

Las reglas gramaticales especifican que el primer dígito -- identifique el tipo de producto, los siguientes cinco dígitos, el fabricante, y los últimos cinco dígitos son un identificador de producto único asignado por el fabricante. Es

te identificador es seguido por un 'total' para fines de chequeo de la lectura. Además, los números se codifican en una manera distinta para el lado derecho o izquierdo del artículo para prevenir una lectura incorrecta si se leyera en sentido contrario.

La SEMANTICA se encarga del significado de un mensaje y nos permite el uso de una definición 'en la que se está de acuerdo' para interpretar correctamente el mensaje. Incluye las relaciones dentro del mensaje y la base de referencia con la que se debe interpretar el mensaje. La semántica nos permite determinar cuál base de referencia se debe usar con un mensaje particular y si el mensaje es consistente. Un ejemplo puede ser la palabra 'manufactura'. En la definición del diccionario RIODUERO de la lengua Castellana, -- 1979, la manufactura significa 'el hacer objetos (o materiales), especialmente por máquinas y en gran escala".

Sin embargo si usamos la definición ICAM, entonces la manufactura, es '...la conversión de un diseño en un producto terminado...'. Luego, al cambiar la base de referencia se le da un distinto significado a un mismo mensaje.

La PRAGMATICA se encarga de las relaciones del mensaje con el sistema de manufactura en sí e incluye el propósito, intención y oportunidad, y es la base respecto a la cual se determina la utilidad del mensaje. aunque se entienda la sintaxis y la semántica de "año-hombre", si se recibiera "año-hombre" como un mensaje singular sin propósito o intención, no se podría relacionar con alguna cosa y por lo tanto no tendría utilidad.

La pragmática, entonces, se encarga del contexto, pero, en nuestro caso, en el nivel del sistema de manufactura, se trata de relacionar a un mensaje con alguna propiedad del

sistema, y asociar un tiempo y propósito con él.

DEFINICION DEL CONOCIMIENTO

Ahora se pueden definir datos, información y conocimientos. Los datos son el aspecto sintáctico de un mensaje, la información es el aspecto semántico, y el conocimiento es el aspecto pragmático de los mensajes. El conocimiento se asocia con la utilidad de la información.

Los procesadores de datos, entonces, están nombrados correctamente y tratan sólo con la sintaxis y algunos casos con la semántica.

El procesamiento actual de datos maneja los datos efectivamente, pero no así con la información, ya que no cuenta con las bases de referencia necesarias para procesar información. El conocimiento normalmente es procesado y almacenado por el personal en un sistema de manufactura; ellos utilizan su 'habilidad' para darle utilidad a la información. La habilidad, entonces es el uso efectivo del conocimiento.

Además, el valor de un mensaje está directamente relacionado a su edad, accesibilidad, e integridad. El conjunto total de datos, información, conocimiento y habilidad representa un modelo de un sistema de manufactura. Ya que este modelo se usa para la toma de decisiones, debe reflejar el estado actual del sistema de manufactura o se harán decisiones incorrectas.

Ya que la manufactura es dinámica, los mensajes deben también serlo. Entre más viejo sea un mensaje, menos probable es que esté representando el estado actual del sistema. Entonces el valor de un mensaje disminuye con su edad.

La accesibilidad a datos, información, conocimientos y habilidad de manufactura se determina por su disponibilidad y posición. Los mensajes se distribuyen en las bases de datos computacionales, archivos manuales y con empleados, vendedores y clientes. La posición de un mensaje afecta su -- disponibilidad a la vez que afecta la accesibilidad. Los - mensajes inaccesibles evitan su uso en la evaluación del es tado actual de la compañía y disminuyen su valor.

La integridad y la exactitud están relacionadas; aunque - existen mensajes accesibles y actuales, de manera de parti cipar en la toma de decisiones se debe conocer su grado de integridad y exactitud. Los mensajes no-íntegros e inexac tos serán valiosos hasta cierto punto si se sabe qué tan in completos o qué tan inexactos son.

Aunque aquí se ha utilizado la palabra mensaje para hablar de 'datos, información y conocimiento', en general se perci be al termino 'información' como englobando estos tres con ceptos. Para evitar confusión, se usará la palabra información para hablar colectivamente de las definiciones separa das de datos, información y conocimiento.

El determinar la actualidad, accesibilidad, exactitud e in tegridad de la información de manufactura de manera que pue da ser usada en la toma de decisiones, se ha convertido en un problema agudo dada la rápidamente creciente cantidad de información que potencialmente es relevante en una decisión de manufactura. Aunque una mejor decisión puede tomarse -- con una mayor cantidad de información, en la medida que se adquiere más información, en general se hacen peores deci siones ya que no se puede evaluar la actualidad, accesibilidad, integridad y exactitud.

Apenas se ha venido reconociendo que la información es un -

recurso de la empresa y debe manejarse de acuerdo a eso. Los hábitos de manejo de información actuales han evolucionado a través de las empresas de manera totalmente descontrolada, con la mayoría de los sistemas diseñados aplicados solamente a las actividades de procesamiento de datos.

Un SMIC requiere que la información de manufactura se aprecie como un recurso empresarial englobando almacenamiento y procesamiento manual y computacional y que su manejo debe estar basado en un diseño y no en la casualidad.

MODELADO DE LA INFORMACION.

Para construir un SMIC efectivo para ayudar en el manejo de la información, se debe tener una idea clara del sistema de información de manufactura.

A través de un modelo se capta la estructura y propiedades del sistema real y después, al estudiar el modelo, se determinan las relaciones entre las entradas y las salidas.

Aunque se han desarrollado modelos de flujo de datos para modelar relaciones de información, se han hecho con las relaciones funcionales del sistema dadas (este modelado aparece en el capítulo 4).

El modelo funcional proporciona un contexto desde el cual se puede construir un modelo de relaciones de información. Típicamente existen las técnicas de flujo de datos, o la de Chen, de entidad/relación y modelos de red semántica de datos.

Una herramienta especialmente diseñada para modelar relaciones de información de los sistemas de manufactura, fue desarrollada para el programa ICAM por la Hughes Aircraft Corp.

-el IDEFI (Information Modeling Methodology). Esta Tecnología fue desarrollada como una extensión de las técnicas previamente mencionadas de flujo de información y combina las mejores características de las técnicas de Bachman y Cheng con una construcción de red semántica de datos.

El IDEFI se ha utilizado para producir un modelo de información genérica para la manufactura en el ramo aeroespacial (MFGI). El MFGI es el único modelo de relaciones de información de dominio público en un sistema de manufactura de lotes de producción.

El IDEFI se usa para modelar los objetivos, tales como partes, procedimientos, instalaciones, datos conceptos, etc. (las cuales se denominan como 'entidades') en un ambiente de manufactura específico; proporciona un medio para escribir las características de un objeto individual, tales como un número de parte, nombre, longitud, posición, etc. (referidos como atributos).

También proporciona un medio para describir las relaciones entre objetos. Con estas capacidades, un ingeniero, analista o administrador puede describir la información dentro de un sistema y las relaciones del mismo.

El IDEFI difiere de los modelos de flujo de datos en que el esfuerzo de modelado se encamina a determinar la existencia de clases de objetos con asignación de descripciones específicas que identifican objetos únicos dentro de una clase, en vez de enfocarse a operaciones en relaciones entre objetos específicos.

Entonces, IDEFI puede modelar fácilmente partes y herramientas y sus relaciones. Los modelos se desarrollan por fases empezando con una identificación inicial de las clases de -

objetos seguida de definiciones de características y relaciones generalizadas.

A esto le sigue un proceso de refinamiento que termina en un modelo explícito que ha sido comprobado; este desarrollo en fases permite al modelo cubrir una gran área del negocio mientras da al equipo de desarrollo flexibilidad de enfocarse en áreas específicas, relevantes a problemas actuales.

El IDEFI es una herramienta muy poderosa, pero conceptualmente simple para la descripción de relaciones de información complejas tales como las que se dan en organizaciones del tipo material o la información común descriptiva de partes usadas por el diseño y la manufactura. Y como tal, representa una herramienta clave para el apoyo de la definición y planeación de un SMIC. Un ejemplo de este modelo de relaciones de información, en la figura 12, es un modelo IDEFI en su fase final de desarrollo. Es una requisición de componentes de MFGI. El modelo muestra que una parte específica puede usarse en varios requerimientos de componentes, que el cursograma de un artículo tiene varios requerimientos de componentes, requiere las especificaciones de los mismos, requiere el lote de partes del componente, etc.

El modelo completo tiene aproximadamente 300 tales submodelos interrelacionados; muestra los principales objetos de información y las relaciones entre ellos. El modelo también incluye las listas de atributos que describen los principales objetos de información.

DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACION

Los modelos de relaciones de información se usan para cap--

tar el estado actual del sistema; estos modelos captan los objetos de información primarios, las características que los distinguen y las relaciones que existen entre ellos.

Esto, junto con el modelo de representación funcional nos permite determinar:

- ¿Cuáles funciones son redundantes y superfluas?
- ¿Cuáles funciones tienen acceso a información que no necesitan?
- Los tipos de proceso de información requeridos por una función.
- Los objetos de información y las relaciones que deben accerse para realizar el procesamiento de datos.
- Las implicaciones de un error de procesamiento.

El resultado de estos análisis se incorporan en nuevos modelos, o proformas, que describen cómo debería de operar el sistema, estos modelos tienen relaciones funcionales y de información que son el resultado del diseño ingenieril.

El diseño identifica funciones que son candidatos para computarización o automatización y funciones que se hacen mejor manualmente. Las tareas de procesamiento de información son reorganizadas para balancear el sistema.

Las relaciones que siguen los fragmentos de información se establecen cuidadosamente para ayudar al control de acceso. Además se identifica la información crítica y se asignan atributos adicionales a los objetos de información para ayudar a determinar su edad, integridad y exactitud.

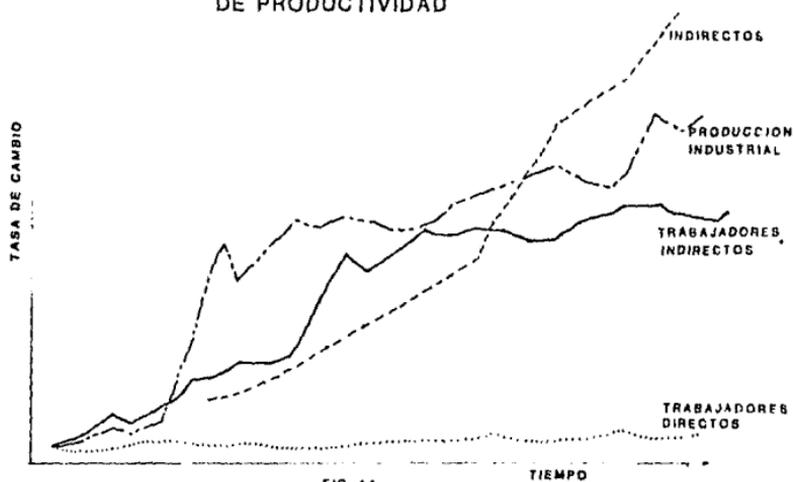
La utilización de la información de técnicas de modelado relacional, nos permite usar una metodología para diseñar un sistema en donde se pueda aplicar efectivamente un SMIC. - El uso de la computadora sin una cuidadosa determinación de donde se debe aplicar y las implicaciones de su aplicación pueden no producir un sistema significativamente mejorado. - Esto sólo puede agravar una mala situación al alimentar el dilema de la información.

PUNTOS NEGATIVOS

Aunque las herramientas de modelado de información se han usado para analizar y diseñar sistemas de manufactura, son de tan reciente creación que todavía se está aprendiendo su correcta aplicación; ya que permiten el modelado de la principal actividad de la manufactura, es claro, que pueden hacer una contribución significativa en la mejoría de productividad.

Sin embargo, en una década, ya deben estar perfeccionados todos estos métodos y tal vez se resuelva el dilema de la información.

TASAS DE CAMBIO EN LOS FACTORES DE PRODUCTIVIDAD



DISTRIBUCION DE INDIRECTOS

ELEMENTO INDIRECTO	1940	1960	1977
IMPUESTOS	6.7	11.4	23.0
DEPRECIACION	3.2	3.0	3.1
SEGUROS	.4	1.0	3.2
RENTA	.5	2.3	6.9
M.O. INDIRECTA	11.8	22.6	48.8
MATERIAL INDIRECTO	7.9	11.0	21.0
TELEFONO ELECTRICIDAD	.5	.8	2.0
INDIRECTOS	30%	52%	107%

TABLA 1

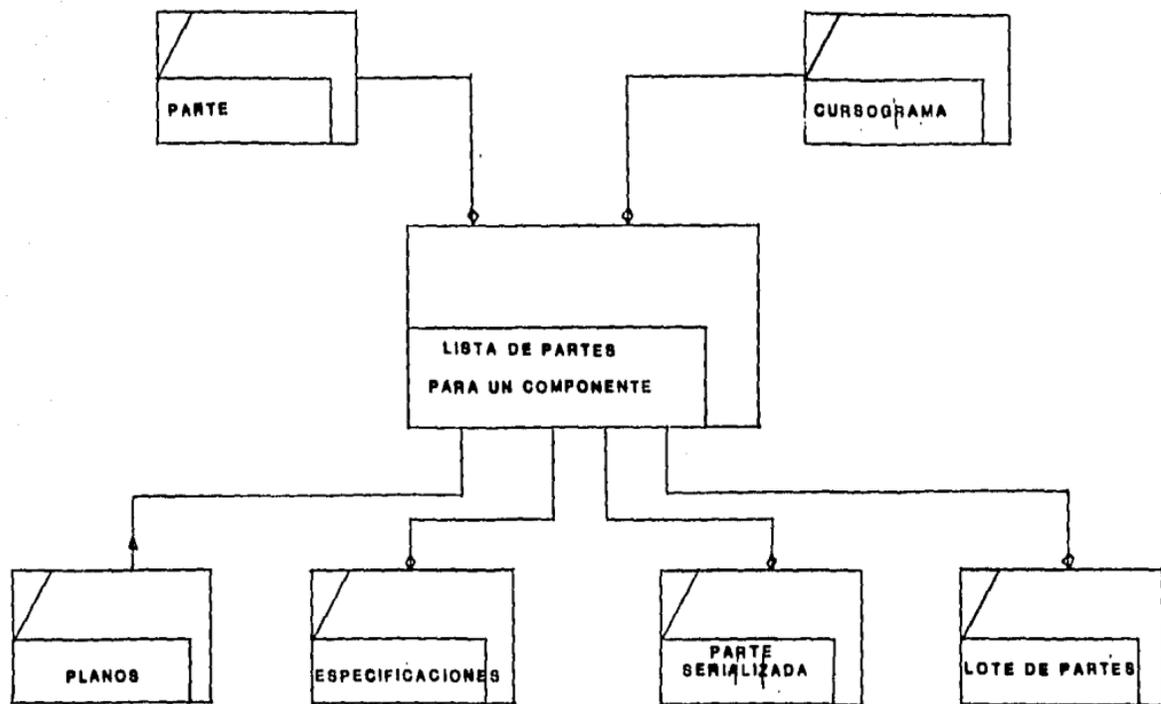


FIG 12

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- BERTRAND, J. W. M. Y WORTMANN, J. C.,
Production Control and Information Systems for Component
Manufacturing Shops,
Elsevier Scientific Publishing Co., New York, 1981.
- HITOMI, K.,
Manufacturing Systems Engineering,
Taylor and Francis Ltd., London, England, 1979,
pp. 253-280.
- YOUNG, ROBERT E.,
ICAM Technology Transfer: IDEFI-Information Modeling,
Dept. of Ind. Eng., Texas A M University, College Station,
Tx., 1983.
- MICHAEL, DONALD N.,
"Too Much of a Good Thing? Dilemmas in an Information
Society",
Proceedings-Spring Annual Conference, IIE, 1983.

C A P I T U L O V I I

CRITERIOS PARA SELECCION DE EQUIPO

CRITERIOS PARA SELECCION DE EQUIPO

Los sistemas de manufactura integrados por computadora pueden mejorar la posición competitiva de una empresa significativamente. Los beneficios son muchos y variados: la productividad, la calidad y la satisfacción del cliente aumentan; se mejora el control directivo, y se utilizan más eficientemente los activos.

Sin embargo, la fábrica integrada del futuro no está a la venta por ninguna casa de software o hardware; ningún sistema CAD/CAM disponible comercialmente es capaz de convertir automáticamente un diseño en un producto terminado.

Inclusive en Japón, en E.U., Alemania, etc., menos del 55% de las máquinas herramientas actuales son de control numérico.

Las razones para una lenta implementación de un SMIC son obvias. La tecnología de la computación parece cambiar a diario; los vendedores a menudo hablan en FORTRAN o en algún argot supertécnico en lugar de español o inglés, etc., y esperan que los miembros del sector industrial se conviertan en expertos en computadoras, en vez de que sea al contrario.

Los fabricantes también contribuyen a esta lentitud; a través de su resistencia a involucrarse en planes a largo plazo, al aplicar métodos de justificación económica estándares de corto plazo a estas nuevas tecnologías, y dejando a la automatización en manos de la gerencia media en lugar de hacer a la manufactura integrada una variable importante en la toma de decisiones de la alta dirección.

A pesar de todo esto, el desarrollo de los SMICs continúa de una manera evolucionaria, no revolucionaria. Tal vez no

sea tan difícil el lograr algunos beneficios de un SMIC como parece. La clave radica en "pensar en grande - empezar en chico".

Todos los componentes de un SMIC existen en la actualidad, y pueden empezar a proporcionar los variados beneficios de un SMIC paso a paso. Los beneficios completos no se lograrán hasta que el sistema esté completo e integrado.

Entonces serán aprovechadas las ventajas de las comunicaciones a todo lo alto y lo ancho de la empresa. A continuación se muestra una vista a los componentes de un SMIC:

HARDWARE EN COMPUTACION

Existen 4 grandes categorías de producción industrial: Procesos de flujo continuo, Producción en serie de productos discretos, Producción de lotes, y Producción por órdenes de fabricación. Cada una de estas posee atributos, ventajas, requerimientos y desventajas únicas, y como resultado, su integración por computadora será distinta. Antes de decidir qué hardware de computación se necesita, lo mejor es empezar por aceptar que en la mayoría de las empresas manufactureras se utiliza alguna forma de la "jerarquía computacional de los 4 niveles".

Pocas empresas instalan una jerarquía completa de un sólo golpe, pero cuando se compran una o más computadoras, el tipo de hardware comprado debe adecuarse a la parte de la jerarquía que le corresponde, o a qué nivel ocupará una vez que se ocupen los otros niveles de la jerarquía. Esto es necesario para una planeación adecuada de un sistema futuro y para adecuar el hardware computacional a su principal función y las aplicaciones específicas que soportará.

En varias empresas 'grandes' existirá una computadora main frame, la cual está muy adecuada a aplicaciones financieras o procesamiento de lotes de grandes volúmenes de datos. Sin embargo, en muchas plantas manufactureras el nivel superior jerárquico computacional es un sistema de planeación de recursos basado en una computadora de proceso en línea.

Un sistema de planeación de recursos puede manejar una gran cantidad de datos, sin embargo está orientado hacia las terminales, con docenas o cientos de terminales distribuidas entre usuarios a través de toda la organización para el uso interactivo del sistema.

El siguiente nivel hacia abajo es el sistema de control de manufactura asignado con tareas tales como: control de inventario, compras, control de proceso, y control de calidad. Inmediatamente después, está el nivel del sistema de monitoreo y supervisión, donde la selección de hardware puede ser un sistema por transacción o de tiempo real.

El último nivel está dedicado al control de equipo de manufactura. Aquí, las computadoras están directamente conectadas con equipos tales como, controladores numéricos, controladores programables o sensores y transductores que permiten a los computadores digitales comunicarse con el mundo análogo de los procesos físicos.

El nivel de control de equipo es donde típicamente se utilizarían computadoras en tiempo real, pero donde no es necesaria una respuesta casi instantánea, se pueden usar microprocesadores de 8 bits y hasta computadoras personales.

En esta jerarquía de cuatro niveles no se han incluido los sistemas de ingeniería integrados por computadora CAD/CAM ya que los sistemas de ingeniería de diseño de producto ne-

cesitan estar enterados de datos de la jerarquía de manufactura, tales como la lista de materiales, plan maestro de la producción y "lo que necesita saber acerca del equipo, herramienta y capacidades antes de que se diseñe un producto".

A su vez los sistemas de ingeniería, que son computadoras más poderosas de 16 ó inclusive de 32 bits, deben ser capaces de comunicar información a los niveles de control de manufactura y de supervisión.

El nivel de control de manufactura tiene que recibir la lista de materiales actualizada, datos del proceso, planos, diagramas e información de grupos tecnológicos. El sistema de monitoreo y supervisión requiere información en los límites o restricciones de diseño, junto con todas las especificaciones y, en caso de que el sistema de ingeniería tenga la capacidad, las cintas de control numérico ya perforadas.

Se facilita mucho la compra del hardware de computación, -- cuando se tiene una idea clara de 'qué funciones va a tener este computador, dentro del SMIC que tendrá la compañía en N años', 'que función tendrá este computador ahora', y 'con qué otros sistemas se comunicará, aunque estos todavía no existan'.

Una computadora dentro de un SMIC puede necesitar comunicarse en algunos de los siguientes:

- El Entorno Físico.- A través de sensores, transductores, acelerómetros y otros aparatos de captura de datos, monitoreo y control.
- La Maquinaria.- Además de lo anterior esto puede significar una conexión directa a los controladores numéricos o -- hasta perforadoras de cinta de control numérico.

- La Instrumentación.- Literalmente, cientos de sistemas electrónicos de medición e inspección ahora tienen la capacidad de ser conectados a equipo de computación.
- Otras Computadoras.- Esto cubre una gran gama, desde microprocesadores integrados en las máquinas herramientas, hasta controladores programables, controladores de robots, PCs, etc.
- Personal.- A través de las terminales y otros periféricos que usan las personas para interactuar con computadoras. Los SMIC deberán aprovechar la nueva tendencia de proveedores de proporcionar hardware más amigable.

En la actualidad casi toda la gente puede dibujar una gráfica en una computadora, imprimir información en una impresora, usar una hoja de cálculo electrónica, crear una carta, etc., con sólo un entrenamiento básico.

Una vez que se sabe a qué se necesita conectar un SMIC, o qué hará la gente con él (ahora y en el futuro), las selecciones de hardware restantes son casi automáticas. No todas las computadoras o todos los periféricos, pueden fácilmente conectarse a todo lo que tengamos en mente. Conviene verificar primero.

SOFTWARE

Es común, en la actualidad que si una persona trata de comprar su primera computadora personal, que los expertos le aconsejen definir qué se quiere hacer con ella primero, después buscar el software que le permita realizar aquello que desea hacer, y por último comprar la computadora que sea compatible con ese software.

Esto puede parecer simplista, y seguramente existen varios argumentos en contrario, sin embargo, esta misma 'guía' puede aplicarse para el software de un SMIC.

Existen dos selecciones básicas en el software, el software operativo y el software de aplicación. Cronológicamente la primera selección será determinada por el lugar de la jerarquía computacional, anteriormente expuesta, donde será dado el primer paso hacia la implementación de un SMIC. Si hay interés, por ejemplo en un sistema de control de equipo, -- probablemente tendrá que ser una computadora con procesamiento en tiempo real. Eso significará un sistema operativo de tiempo real (no es sólo la arquitectura de la computadora la que hace al sistema de tiempo real; el software operativo que maneja el CPU de la computadora, los recursos de memoria y de entrada y salida, y los enfoca en una tarea de terminada, es tan necesario para el objetivo de la computadora como su velocidad de ejecución, tiempo de ciclo y otras especificaciones de rendimiento del hardware).

De hecho, son los sistemas operativos los que 'afinan' a una computadora hacia su papel principal en la vida, y hacia las aplicaciones que apoyará. Las personas que han participado en equipos de automatización, y han seguido el proceso, saben que no existe una computadora ni sistema operativo "unitalla". Cada una debe ser seleccionada de acuerdo a su mejor acoplamiento para cierto tipo de tareas, más que para otras.

El software para aplicación para un SMIC está entrando al mercado con un ritmo muy acelerado, de hecho, en los E.U. como categoría o sector de negocios, creció 40% en 1984.

El paquete fundamental de software es el de Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP), que últimamente está --

siendo seguido por el de Planeación de Requerimientos de Recursos (MRP-II).

Existe software para la automatización de planta, Administración del mantenimiento, Control de Calidad, Distribución, etc. El software de manufactura es un mercado de compradores. Pero claro, existe una gran cuestión: Los paquetes de software, como las computadoras, necesitan estar integradas si el SMIC va a ir más allá de las primeras "islas de automatización" aisladas.

Ya que se implementen aplicaciones desarrolladas en la misma empresa, utilizando programadores propios, u obtenidos completamente terminadas (vuelta de llave) (turnkey) de un proveedor de sistemas, primero se debe estar seguro de (1) no se está comprando un sistema especial (custom) tan rígidamente diseñado que no se pueda adaptar a cambio en el futuro fácilmente, y (2) que los varios 'módulos' de software puedan comunicarse unos con otros.

No obstante donde se compren los paquetes de software para un sistema se debe estar seguro de que el vendedor pueda demostrarlo, y dar nombres de otros usuarios.

REDES Y BASES DE DATOS

Ahora, en la actualidad, es bastante común la creación de redes de prácticamente cualquier tamaño y forma -siempre y cuando se estén conectando computadoras de una misma marca. Se están desarrollando actualmente sistemas abiertos, que permiten eslabonar varias computadoras de distintos orígenes.

Pasarán todavía unos años antes de que las redes de distintas marcas de computadoras sean una realidad, pero existe -

un camino:

Varios fabricantes de computadoras se han comprometido consigo mismos al proveer productos para redes que cumplan con la Organización Internacional de Estándares y Medidas (ISO). Esta organización desarrolló un modelo para sistemas abiertos, al que los fabricantes se apegarán.

Si se empieza a implementar el sistema con uno de los fabricantes que están en esta convención, será posible añadir -- equipos de otras marcas según evolucionen los equipos que se adhieren a estos estándares.

La tecnología de bases de datos también está en evolución, - pero no se necesita demorar la implementación para obtener las ventajas de estos sistemas.

Los sistemas de manejo de bases de datos (DBMS) han existido ya por años, permitiendo a los fabricantes integrar varios archivos en una sola base de datos, donde la información puede accesarse de muchas maneras distintas.

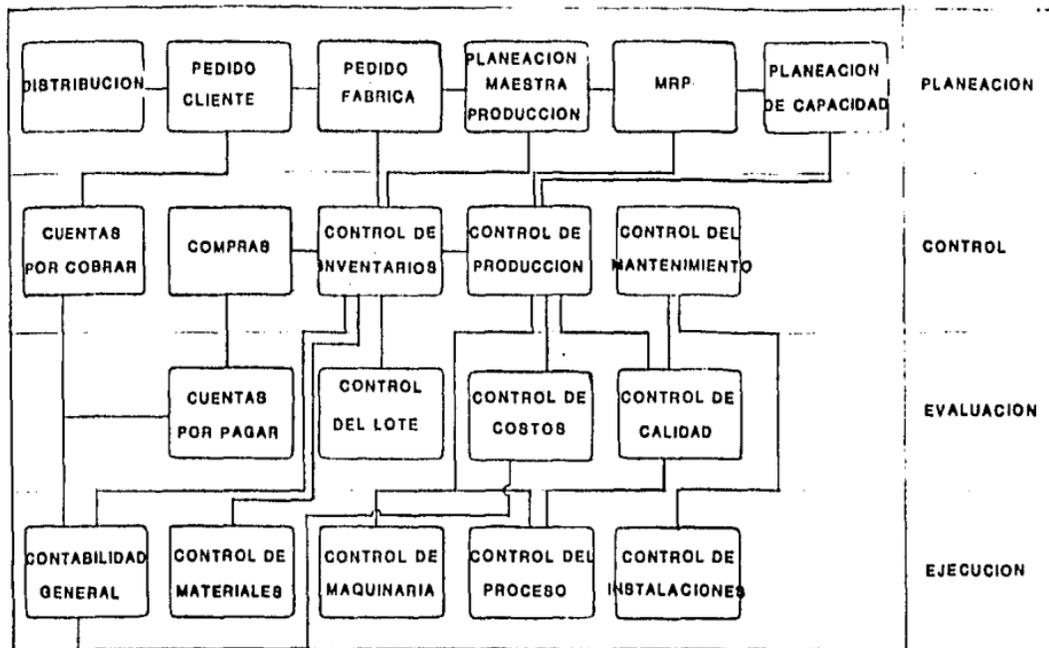
Así es, que se necesita identificar cuál va a ser la computadora Host donde se encontrarán las bases de datos y sobre la cual las demás computadoras podrán añadir, compartir y actualizar información. entonces la base de datos física - podrá estar colocada en un sistema específico, aunque lógicamente podrá ser usada por cualquier usuario autorizado lo calizado en cualquier lugar de la red. No todos los provee dores venden sistemas con la misma flexibilidad, con claves (passwords) para la seguridad de los datos, con acceso remo to a las bases de datos, con capacidad de respaldo para ase gurar la integridad de los datos, etc.

La implementación de un SMIC debe empezar con un análisis -

de aplicaciones y la creación de equipo interno de implementación. Una tendencia reciente es que el proveedor de equipo computacional proporcione ayuda y asistencia durante las etapas de planeación e implementación; si una empresa no dispone, no posee, o no puede adquirir el personal para asignar una implementación bien planeada, esto puede solicitarse a un proveedor de computadoras.

Un SMIC no es trivial, tampoco es imposible. Especialmente si se avanza paso a paso.

INTER COMUNICACIONES DE LAS APLICACIONES DE SOFTWARE



JERARQUIA COMPUTACIONAL EN LA MANUFACTURA

APLICACION MANUFACTURERA	JERARQUIA COMPUTACIONAL POR FUNCION	CAD/CAM
MERCADOTENIA & DISTRIBUCION PLANEACION FINANCIERA PLANEACION DE MANUFACTURA	PLANEACION DE RECURSOS	
COMPRAS CONTROL DE INVENTARIOS CONTROL DE CALIDAD CONTROL DE MANTENIMIENTO	CONTROL DE MANUFACTURA	INGENIERIA APOYADA POR COMPUTADORA
MON & CON DEL PROC MON & CON DE INSTAL MON & CON DE MAQUINARIA INSPECCION Y PRUEBAS	CONTROL DE SUPERVISION Y MONITOREO	
CONTROLADORES NUMERICOS CONTROLADORES PROGRAMABLES CONTROLADORES DE ROBOTS MICROPROCESADORES	EQUIPO DEDICADO AL CONTROL DIRECTO	

COMPONENTES DE UN SMIC

SOPORTE DE IMPLEMENTACION
SOFTWARE DE APLICACION
REDES
BASE DE DATOS
SISTEMA OPERATIVO
HARDWARE COMPUTACIONAL

TIPO DE SISTEMA COMPUTACIONAL	TIEMPO DE RESPUESTA
PROCESAMIENTO POR LOTES	SEMANAS
	DIAS
PROCESAMIENTO POR TRANSACCIONES	HORAS
	MINUTOS
	SEGUNDOS
PROCESAMIENTO EN TIEMPO REAL	FRACCIONES DE SEGUNDOS

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- GUNN, THOMAS G.,
Computer Applications in Manufacturing,
Industrial Press, New York, 1981.

- GROOVER, MIKELL P.,
Automation, Production Systems and Computer Aided
Manufacturing,
Prentice Hall Inc., 1980.

- GROSS, JERRY L.,
The International Standards Organization Open Systems
Interconnect Model,
HP Newsletter, Hewlett Packard Co., Fall 1984.

CAPITULO VIII

LA CAPACITACION PARA UN SMIC

LA CAPACITACION PARA UN SMIC

La manufactura integrada por computadoras abarca un número de tecnologías que seguramente cambiarán a las empresas manufactureras internacionalmente competitivas para la última década de este siglo. Los conceptos de un SMIC y sus realizaciones en software y hardware computacional y de manufactura, han empezado ya el cambio de la apariencia física y prácticas operacionales de varias fábricas en el mundo, y muchos autores en el medio lo han calificado como un avance esperado.

Sin embargo, la experiencia de las compañías que han invertido en la manufactura integrada por computadora no ha sido uniformemente positiva; muchas se han retrasado considerablemente en obtener beneficios por su inversión, y otras seguramente no lo conseguirán.

La razón para este éxito no generalizado es la falta de comprensión, algunas empresas que tratan de implementar un SMIC no siempre identifican sus metas, por lo tanto, un requisito para la toma de decisiones respecto a un SMIC y respecto a la implementación de este, es la capacitación de la dirección, de la gerencia y los operadores técnicos.

EL PAPEL DE LA CAPACITACION DIRECTIVA

La manufactura integrada por computadora cubre una variedad de aplicaciones computacionales en el proceso productivo -- desde el diseño del producto hasta la distribución del mismo ya terminado. En algunos casos limitados se usa el término 'integrado' para referirse a sólo una fase de la producción, tal como el diseño apoyado por computadora (CAD), la robótica, o el control automático del proceso.

Sin embargo, las aplicaciones más avanzadas y prometedoras involucran la unión de dos o más fases del proceso productivo con software o bases de datos comunes, como se ha mencionado en otros capítulos.

Las implicaciones de la manufactura integrada por computadora pueden diferir profundamente de la experiencia pasada -- del personal técnico y administrativo; a esto se debe la necesidad de reeducación. Un gran número de administradores y directivos ven el advenimiento del SMIC como una repetición histórica de la aparición de la computadoras en la contabilidad y finanzas, es decir, fueron posibles la reducción de tareas secretariales, y una mayor precisión y velocidad en el reporte de información.

En la manufactura, sin embargo, la influencia de la computadora es mucho más amplia y compleja, debido a la integración de distintas fases en el proceso productivo.

Algunos expertos en el nuevo campo de la 'estrategia manufacturera' han descrito a los efectos de esta integración -- como una gran arma competitiva del futuro cercano. Por ejemplo, la aplicación de un SMIC puede usarse para crear una planta muy 'enfocada', lo que da un nuevo significado al concepto de un producto de bajo costo y alta calidad. -- La planta de lavavajillas de General Electric en Kentucky, USA sería un buen ejemplo de este tipo de estrategia.

En otro caso por ejemplo, se pueden integrar centros de máquinas de propósito múltiple altamente flexibles por un sistema de computación maestro para crear un sistema de manufactura flexible, que pueda cambiar o inclusive individualizar características del producto en respuesta a condiciones cambiantes del mercado. El FMS de Deere y Compañía en Waterloo, Indiana sería un ejemplo de este último.

INTEGRACION FUNCIONAL VS. ESPECIALIZACION DEL TRABAJO

Aunque la manufactura integrada por computadora confiere -- nuevos poderes a la producción y crea nuevas eficiencias, -- esto demanda nuevas habilidades y conocimientos para usarla y controlarla.

La persona administrativa o técnica típica que trabajará -- con un SMIC necesitará una base más sólida de conocimientos acerca de la empresa y de la producción. Como el artesano anticuado que maneja un pequeño taller, él debe conocer tan to los aspectos técnicos del negocio, como los aspectos administrativos de la manera en que las partes del proceso -- productivo se intercalan entre sí. De hecho debe saber cómo afecta la integración de todos estos elementos a los resultados.

La manufactura integrada por computadora está formada por -- tres tipos de integración según Thompson y Scalpone:

-La Integración de la Información: Los sistemas de diseño, planeación y control se conectan a través de software compatible y bases de datos comunes.

-Integración de Hardware/Equipo: El producto transita más -- rápida y fácilmente a través de las fases del ciclo productivo, a través de las operaciones dentro de una célula de -- manufactura. De esta manera, el flujo físico del producto usando un SMIC empieza a parecer un proceso de flujo continuo.

- Integración de la Acción Humana: Ya que las fases del -- proceso productivo están interactuando más de cerca, los -- distintos departamentos funcionales deben unificar crite---

rios en prioridades y actuar de una manera coordinada. Así mismo, un problema de una área, tal como diseño del producto o calidad, puede afectar a ventas, mercadeo, ingeniería, control de calidad, programación, etc. Por lo tanto, un só lo problema en un ambiente de manufactura integrada, es a menudo, multilateral.

INTEGRACION DE LA ACCION HUMANA

El personal administrativo y técnico, encontrarán este tipo de integración como uno muy difícil de ajustarse. Aunque de hecho, intelectualmente se acepte la noción de un en foque generalista multi-disciplinario hacia la planeación - de un SMIC o análisis de problemas multilaterales, existirá una enorme resistencia hacia la práctica real de estos conceptos, y es fácil visualizar la fuente de estos problemas.

La creencia de que los problemas, especialmente los relacionados con la producción, deben atacarse con un conocimiento y habilidades especializados se remota hasta la edad media con el advenimiento de los gremios de artesanos. El concepto de especialización en el trabajo fue subsecuentemente -- propuesto como ciencia por Frederick Taylor con su "Principios de la Administración Científica".

Aún más, la noción de los problemas técnicos 'pertenecen' - al especialista técnico se deriva lógicamente del clásico de Max Weber "Principios de la Burocracia Ideal", el cual - siguen la mayoría de las organizaciones modernas, conscientemente o no. Estas creencias hacen que la dirección vea las oportunidades y problemas de la manufactura integrada por computadora como cuestiones estrechas, técnicas e inclu sive triviales.

Como resultado, la dirección puede errar en no dar la sufi-

ciente prioridad a las decisiones concernientes a la manufactura integrada por computadora, asignar la responsabilidad para un proyecto de esta envergadura a un nivel jerárquicamente bajo, o asignar a un equipo de proyecto con una combinación de conocimientos muy estrecha.

Debido a esto, la capacitación de la dirección no es sólo deseable sino obligatoria para asegurar el éxito de un SMIC.

PAPEL DE LA EDUCACION.

Ya que la manufactura integrada por computadora requiere y/o crea los tipos de integración mencionados, se encontrará con una fuerte oposición por parte de un buen porcentaje de la organización, quienes lo calificarán de cambio radical. Inclusive algunos miembros técnicos de la gerencia pueden ver este tipo de manufactura como una compleja amenaza a métodos familiares de trabajo, procedimientos establecidos, y 'territorios' de autoridad. Ellos se resistirán al cambio, y, para ellos, justificadamente.

Se puede aprender mucho de la capacitación del personal para la manufactura integrada por computadora al examinar el ambiente educativo de compañías que han tenido una experiencia positiva en sus esfuerzos para implementar este tipo de manufactura. En algunos reportes generados por varios de los directivos de estas compañías, surgieron varios factores.

Primero, las aplicaciones o implementaciones de la manufactura integrada por computadora exitosas, ocurrieron en pasos evolucionarios de tamaño reducido, no por la imposibilidad de la planeación de un gran paso, sino porque la experiencia y dominio de los primeros pasos influyen directamente en el éxito de los pasos subsecuentes.

Lo que se aprende en los primeros pasos es el como ASEGURAR que la organización y su gente se beneficiarán a partir de sus errores. Los errores se analizan objetivamente y son anticipados por los planificadores en etapas subsecuentes. Se debe unir una planeación cuidadosa con una mentalidad -- abierta y una voluntad de hacer cambios si son necesarios. Los planificadores aprenden qué tan flexible debe ser un -- plan.

En segundo término, el progreso más rápido se da en compañías donde el analfabetismo computacional está confinado sólo a unos cuantos, y el personal se siente a gusto, o inclusive, no a disgusto por la presencia de una computadora en la cercanía. Estas compañías son las que utilizan la computadora para una variedad de aplicaciones, por lo que la manufactura integrada por computadora es un paso incremental y no un cambio radical.

Por último, una gran parte del personal administrativo ha - participado en proyectos exitosos de este tipo. Por ejemplo, un comité o equipo de dirección de este tipo de proyectos puede estar presidido por un directivo de alto nivel e incluir representantes de funciones diversas, tales como la ingeniería, la planeación de la producción, los recursos humanos, la mercadotecnia, etc.

Algunos estudiosos del comportamiento han señalado que la - participación en el cambio es un método para vencer la resistencia al cambio y crear actitudes positivas hacia el - mismo, La participación ofrece una oportunidad para enfrentar el cambio directamente y proveer a otros miembros del grupo con la información necesaria.

Por ejemplo, cómo afectará al diseño de nuevos productos el proyecto durante su implementación? Cómo se afectará el --

servicio al cliente? Cómo se deberá ajustar el contrato colectivo para acomodar a las nuevas tareas a desempeñar? -- Las respuestas a estas preguntas deben surgir de la discusión mutua del equipo del proyecto.

Una compañía citó la experiencia de la implementación de un sistema MRP por un equipo externo. El equipo externo corporativo invirtió un gran esfuerzo en desarrollar el sistema y en desarrollar y presentar sesiones educativas para el personal de la empresa. Sin embargo, cuando se alcanzó la primer meta del proyecto, el personal de la empresa se negaba a utilizarlo. Al investigarse el asunto, se encontró que el sistema educativo fue unilateral, ya que las personas del equipo externo no se habían preocupado por investigar los problemas característicos y particulares de la empresa, para asegurar la aceptación y el éxito del sistema.

EDUCACION EN CADA FASE DEL PROYECTO

Las necesidades de capacitación ocurren en cada fase del desarrollo e implementación de un SMIC. El anticipar estas necesidades y prepararse para hacerles frente es una parte necesaria en la planeación del esfuerzo completo.

1.- Etapa de Presupuesto Financiero y Aprobación.

Antes de evaluar las proyecciones financieras, la alta dirección debe formar un equipo de alto nivel que estudie las oportunidades y amenazas de la empresa en relación con cambios en la tecnología de manufactura. Este grupo debe estudiar y revisar reportes que evalúen cómo la tecnología de manufactura puede afectar a la empresa en áreas tales como la mercadotecnia, las finanzas, el factor humano, el manejo de materiales, etc.

El propósito de este grupo debe ser el desarrollo de una -- comprensión de la tecnología en el nivel de alta dirección, de manera que se tenga un marco de referencia para evaluar las proposiciones de requerimientos de capital.

Por la misma razón, una falta de comprensión en el más alto nivel directivo puede resultar en un desperdicio de tiempo, esfuerzo y dinero.

2.- Etapa de Planeación del Proceso.

Un error común en esta etapa es el retraso de los programas de capacitación formal hasta etapas posteriores del proyecto. Esto ocurre a través de la creencia de que las personas fuera del equipo del proyecto no 'necesitan saber' hasta el arranque del mismo, y que los programas de capacitación son fácilmente preparables.

La experiencia con los SMICs, sin embargo, ha probado que esta práctica es errónea en ambos casos. Antes que nada, - el número de personas que se involucran en el proyecto debe tender a aumentar y de extenderse hacia abajo en la organización, jerárquicamente hablando, a medida que el proyecto se desarrolla. El proyecto afectará al personal de las funciones operativas y administrativas desde muy temprano y es tas personas deben prepararse para proporcionar el 'apoyo - informado' necesario para el éxito del proyecto.

Además, los programas de capacitación efectivos y eficientes son aspectos que requieren de mucha atención y tiempo - de preparación. Esto se debe a la necesidad de fijar objetivos para la capacitación y entrenamiento, para decidir -- qué debe incluir cada programa y para montar y conducir los mismos. A menudo, el paquete de esta última tarea cae en - los hombros del equipo del proyecto, ya que los profesiona-

les de la capacitación raramente pueden desarrollar estos programas sin una considerable ayuda por parte de los expertos en la materia.

Otro error de planeación es la escasez de recursos en el presupuesto del proyecto para la capacitación. Las compañías que han tenido experiencia en estos asuntos señalan que del 5 al 15% del costo del proyecto debe ir al renglón de capacitación.

Es común que la necesidad de mayor entrenamiento se descubre al tratar de mantener el sistema o al entrenar a usuarios adicionales.

3.- Arranque del Proyecto.

El arranque de un proyecto es invariabilmente un período de frustración. Los diseñadores de los sistemas y los usuarios empiezan a conocer las expectativas de cada quien y ambos se enteran de qué puede hacerse y de qué no. Un objetivo principal de la capacitación debe ser acelerar este proceso y evitar la repetición de errores costosos.

Algunas compañías aceleran el proceso de aprendizaje para aquéllos que están involucrados a través de una aplicación pequeña 'piloto' o sistemas prototipo. Aunque de menor escala, estas aplicaciones pueden servir como 'simuladores' para entrenar a los equipos que llevarán a cabo las mayores etapas.

Un beneficio empresarial importantes es la valiosa experiencia ganada durante el arranque, y esta experiencia debe registrarse y almacenarse en manuales y archivos. El objetivo es capturar, estudiar y diseminar las lecciones de manera de facilitar el progreso futuro.

Por otro lado, las compañías en que la dirección tome actitudes de crítica hacia los errores o exija éxitos a corto plazo sólo logrará desanimar a la discusión abierta de los problemas, condenando a la organización a repetir errores.

4.- Etapa de Seguimiento.

Suponiendo que el arranque fue adecuado, la cuestión clave en lograr un estado operacional duradero es normalmente el mantenimiento del sistema. Es una verdad que los sistemas complejos pueden fallar, y esto es especialmente cierto para aplicaciones de manufactura integrada por computadora -- que involucran Sistemas Flexibles de Manufactura (FMS) y líneas de transferencia altamente automatizadas. La principal tarea para las personas que mantengan al sistema es la minimización de fallas por cualquier motivo.

El simplemente asignar la responsabilidad del mantenimiento del sistema a un grupo de personas puede hacer fracasar la solución del problema. Ya que tanto el personal de mantenimiento/apoyo como los usuarios/operadores deben contar con un conocimiento mínimo común previo para garantizar la integridad del sistema.

Por ejemplo, cuando una aplicación de manufactura integrada por computadora involucra complejos de maquinaria de control numérico o un FMS, el personal de mantenimiento requerirá de capacitación en la lógica del sistema y parámetros operacionales, así como en varias disciplinas de mantenimiento (electricidad, mecánica, electrónica, etc.). Del mismo modo, los operadores de producción deben estar capacitados técnicamente para diagnosticar y prevenir los problemas más sencillos dentro del sistema.

Es la experiencia hasta ahora, que inclusive en plantas sin

dicalizadas donde el personal productivo se supone que no debe hacer trabajo de mantenimiento, intenta, sin embargo, arreglar el equipo altamente automatizado y experimentan con ajustes para 'mantener la línea funcionando'. Es mejor entonces, que esto se realice con un conocimiento adecuado de las consecuencias.

Inclusive cuando la aplicación consiste de un sistema computacional únicamente, el usuario debe comprender la lógica del sistema de manera que lo pueda usar, para que mantenga la integridad de los datos, diagnostique las fallas en el sistema y evalúe las reparaciones o modificaciones al mismo. En este ambiente de altos niveles de conocimientos, la distinción clásica entre el personal de línea y staff se convierte en una cuestión de grado.

EL ENFOQUE EDUCATIVO

El enfoque educativo integral para un proyecto de manufactura integrado por computadora se resume en la figura 13. Está implícito en el diagrama la suposición de que los implementadores del SMIC deberán capacitar por lo menos un nivel jerárquico abajo del personal que está activo en el proyecto en cada etapa de este. Esto asegurará la preparación en el próximo nivel que resultará afectado y ayudará a aclarar problemas por adelantado, antes de que afecten negativamente al programa de implementación.

El segundo concepto implícito en la figura 13 es el de la capacitación tecnológica, inclusive a nivel de trabajador sindicalizado. Esta capacitación debe dejar claro que este nuevo tipo de manufactura afectará el servicio al cliente, la calidad, la productividad, etc. El hacer esta conexión aumentará la credibilidad para el proyecto, lo elevará arriba de un árido ejercicio técnico y lo hará relevante a to--

dos los niveles de la empresa.

LA CALIDAD EN LA CAPACITACION

Un número de pasos adicionales ayudarán a asegurar la calidad de la capacitación en todos los niveles de la empresa:

1) Planear las actividades de capacitación y orientación en paralelo con la planeación del proyecto: Cada paso o meta en el proyecto deberá tener un paso correspondiente en el área de capacitación, orientación o entrenamiento.

Cada uno de estos programas debe tener por lo menos un objetivo definido. Es posible argumentar que es mejor capacitar a demasiada gente que a demasiado poca y que también -- que es mejor hacerlo demasiado pronto que demasiado tarde.

2) Hacer la capacitación interactiva: El evitar cursos técnicos o conferencias que permiten una muy reducida participación del auditorio es importante. Las sesiones de capacitación deben fomentar la discusión activa entre los propo-- nentes del sistema y los que deberán operarlo, de tal manera de que ambos resulten beneficiados del intercambio de información. No se debe usar a los programas de capacitación para 'vender' algo que resulte de valor cuestionable, ya -- que esto sólo desacreditará al proceso de capacitación.

3) Asegurar un flujo constante de ideas frescas a través de varios recursos pedagógicos. Tal vez el mayor error que se hace en las compañías que tratan de implementar alguna aplicación para un SMIC es el de la dependencia y/o confianza que se pone en el proveedor del nuevo equipo y/o sistema pa-- ra dar la capacitación requerida. Rara vez tendrá un pro-- veedor de software o hardware un programa de capacitación individualizado para la aplicación específica que una empre

sa requiere, así que es riesgoso depender de esa sola fuente.

Los programas educativos desarrollados internamente, probablemente tendrán una apariencia menos profesional que los programas de proveedores, pero podrán impartir una información más útil y crear una mayor discusión. También se debe considerar el suplementar los programas antes discutidos con algunos de los siguientes puntos:

- Visitas a plantas con alguna implementación hacia un SMIC.
- Seminarios por consultores externos.
- Consultas a asociaciones profesionales.
- Programas conjuntos con universidades.

4) Formar un grupo de personas que compartan intereses profesionales similares: Un grupo de profesionales que compartan el interés en la manufactura integrada por computadora o que estén llevando a cabo proyectos similares pueden ser uno de los mejores lugares en donde buscar opiniones para planes o ideas.

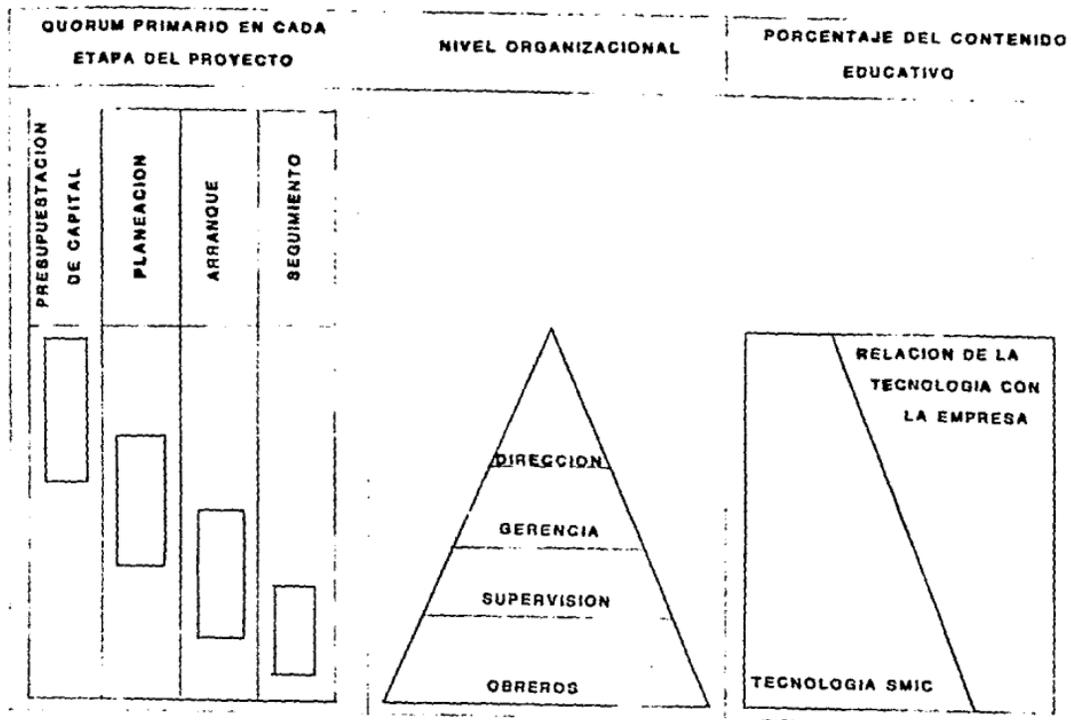


FIG 13

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- TAYLOR, FREDERICK W.,
"The Principles of Scientific Management"
Bulletin of The Taylor Society, Diciembre, 1916; reproducido en Making, Ames, and Grodsky (Eds.), Classics of Industrial and Organization Psychology, Oak Park: Moore Publishing Co., 1980.
- WEBER, MAX,
The Theory of Social and Economic Organization,
Trans. by Henderson and Parsons, New York, Oxford, 1937.
- THOMPSON, HARRY AND SCALFONE,
"Managing the Human Resource in the Factory of the Future"
Human Systems Management,
Diciembre, 1935.

CAPITULO IX

LA BASE DE DATOS DE UN SMIC

LA BASE DE DATOS DE UN SMIC

METAS DE LAS BASES DE DATOS

Las metas de una Base de Datos de un SMIC ideal son el almacenamiento y el acceso de toda la información requerida en las tres áreas siguientes: 1) Diseño e Ingeniería, 2) Manufactura y Planeación de la Producción, y 3) Operaciones Administrativas y Contables.

Esta meta general puede lograrse a través de combinaciones adecuadas de hardware, software, personal y procedimientos organizados en un sistema que proporcione las herramientas adecuadas para:

- 1) Definir la información necesaria.
- 2) Capturar la información necesaria.
- 3) Localizar la información necesaria.
- 4) Accesar la información necesaria.
- 5) Comunicar la información necesaria.
- 6) Actualizar la información necesaria.

DEFINICION. La información almacenada en la Base de Datos debe ser significativa tanto para la computadora como para los usuarios humanos. La computadora debe conocer el formato que los datos deben seguir (tal como el número de caracteres), la organización de la estructura de datos (tal como las jerarquías) y las restricciones para guardar la integridad del sistema.

Hablando de una manera general, la computadora necesita conocer la sintaxis de la información, mientras que el usuario necesita conocer la semántica. La figura 14 presenta algunos ejemplos de esto.

La función de definición es una parte clave de una Base de Datos, debido a que requiere un conocimiento preciso y completo de toda la información necesaria, normalmente necesita un modelo conceptual completo y detallado de la empresa que muestre el flujo de información entre la gente, el hardware y el software.

CAPTURA. El sistema de la Base de Datos debe proporcionar la entrada de datos provenientes de un dispositivo mecánico o de operadores humanos. Estrictamente, esta función puede considerarse como parte de la función de actualización; sin embargo a menudo se le considera apart. En cualquier caso, debe estar sujeta al mismo control que la función de actualización, incluyendo lo referente a integridad, privacidad y seguridad.

LOCALIZACION. Una gran parte de la actividad humana dentro de una empresa manufacturera se destina a la búsqueda de información (Estudios profesionales en los EU indican del 10 al 30% como promedio). Esto hace a la localización de información una función principal de una Base de Datos. En muchos casos la Base de Datos computarizada proporcionará la información misma en vez de su ubicación dentro de ella; sin embargo, el proporcionamiento de esta última es una alternativa valiosa, particularmente en sistemas que constan de hardware y software heterogéneos.

ACCESO. Esta función llena el objetivo básico de una Base de Datos, al extraer la información necesaria de donde quiera que se encuentre (de una persona o una máquina) y la muestra a quien lo solicita. Esta función de acceso responde a una petición que debe formularse en el lenguaje correcto.

Esta petición debe descifrarse y revisarse por validez y au

torización. El sistema deben entonces localizar la información necesaria, accederla y finalmente presentarla a quien la solicitó. Esto representa una parte importante de las operaciones llevadas a cabo por los DBMS (Data Base Management Systems) comerciales.

COMUNICACION. Esta se considera normalmente como parte de la función de acceso. Sin embargo, el SMIC debe ser capaz de comunicar la información solicitada a aquéllos además del solicitante original (persona o máquina). A manera de proveer esta flexibilidad el sistema debe permitir la especificación del flujo de información como parte de la definición original y/o parte de la petición.

ACTUALIZACION. Esta es una función esencial de cualquier sistema de Base de Datos ya que es necesario actualizar la Base de Datos para reflejar el sistema real que modela. -- Aún en el caso de un sistema puramente estático, la actualización sigue siendo necesaria para la carga inicial, la cual puede ser considerada como la actualización de una base de datos vacía a una llena.

Desde el punto de vista de la Base de Datos, la actualización representa una operación muy delicada, ya que puede violar la integridad del sistema. Así es que un sistema completo de Base de Datos debe permitir 1) la especificación, 2) verificación y 3) acción en el caso de violación de restricciones de integridad del sistema.

Algunas de estas funciones todavía no son muy claras para nadie y representan áreas de investigación importantes. -- Además, cabe señalar que las funciones mencionadas anteriormente pueden ser iniciadas manualmente (por operadores humanos) o automáticamente (por varios dispositivos del sistema). El SMIC completamente automatizado debe permitir esto

último, que es precisamente donde se originan muchos errores de integridad actualmente, según se explica a continuación.

Finalmente, es conveniente señalar que las funciones descritas arriba corresponden a una Base de Datos 'informativa' normal. Tal Base de Datos está diseñada para modelar el estado actual de un universo, es decir, sus propiedades estáticas, más que su comportamiento dinámico. Una empresa de manufactura (y de hecho muchos otros tipos de empresa) también requiere de acciones especiales que se lleven a cabo en respuesta a varios sucesos. Tales Bases de Datos de -- 'acción' aún no están disponibles comercialmente, aunque re presentan una parte esencial de un verdadero SMIC completo.

La Base de Datos ideal para un SMIC, que satisfaga todas las funciones anteriormente mencionadas, puede representarse gráficamente como en la figura 15. Esta Base de Datos puede ser, de hecho, una sola base de datos integrada o una serie de Bases de Datos distribuidas geográfica y/o funcionalmente utilizando software y/o hardware heterogéneo u homogéneo.

No obstante, tal complejidad interna debe ser transparente a los usuarios que sólo deben estar enterados de 'una sola base de datos' aparente, para todo el SMIC. La Base de Datos debe acomodar a los usuarios humanos, los programas internos y los sistemas externos que puedan accederla.

Los usuarios individuales pueden usarla para hacer peticiones de información ad hoc o solicitar reportes periódicos u automáticos. También pueden solicitar transferencias de información a varias partes del SMIC, así como utilizarla para crear sus propias Bases de Datos privadas (tales como para un CAD), y para pedir comunicación en dos sentidos entre

su Base de Datos y la Base de Datos Central.

El SMIC puede automáticamente acceder y/o actualizar información, transferirla y en general, manipularla según necesite. Esta puede ser usada para realizar la programación de la producción dinámicamente y para controlar las acciones de toda la planta, hasta robots y máquinas de control numérico individuales.

PROBLEMAS TIPICOS

Todo lo anterior es referente a un sistema de Base de Datos ideal. No existe tal sistema en la actualidad, ni en un futuro cercano, aunque un número de empresas se acercan cada vez más.

Los principales problemas son los siguientes:

A) Problemas en las Bases de Datos Múltiples:

- Hardware Heterogéneo
- Software Heterogéneo
- Modelos Heterogéneos
- Complejidad para la Conversión de Datos.

B) Problemas en una Base de Datos Unica Global:

- Tamaño
- Diversidad de Información
- Diversidad de Usuarios
- Dificultades de Actualización
 - Propagación Automática de Actualizaciones
 - Restricciones de Integridad
 - El CAD como una Actualización
- Requerimientos de Rendimiento (performance)

- Requerimientos de Gráficas de Entrada/Salida
- Requerimientos de Capacidad de Computación Numérica Intensiva.
- Facilidad y rapidez de arranque de un Sistema de Base de Datos para un SMIC
- Facilidad y rapidez de modificación de un Sistema de Base de Datos para un SMIC
- Control de Seguridad, Integridad y Privacía
- Distribución de Datos.

A) Problemas de Bases de Datos Múltiples.

Actualmente, la mayoría de las empresas que hacen uso de la computadora utilizan varias de Bases de Datos individuales. En un buen número de casos estas operan en hardware y/o --- software heterogéneo.

Desafortunadamente la transferencia -automática- de información entre estas Bases de Datos es generalmente imposible. Normalmente son los operadores humanos los que accesan datos de una de las Bases de Datos y los transfieren a otra.

Si tal transferencia se hace lo suficientemente frecuente y con el mismo tipo de datos-, se pueden desarrollar programas especiales para facilitar o inclusive, para efectuar la transferencia de información. Esto requiere un esfuerzo -considerable de programación si se desea efectuar la transferencia de diversos tipos de datos entre las Bases de Datos. Aún más, las Bases de Datos múltiples a menudo contienen información redundante. Tal redundancia es a menudo -desconocida por los usuarios, así que las actualizaciones son complicadas y si son incompletas, pueden crear inconsistencias que acabarían con la integridad del sistema.

Por otro lado, el convertir una colección de Bases de Datos múltiples en una sola Base de Datos integrada generalmente representa un esfuerzo formidable, que algunos han citado como de varios millones de dólares y docenas de años-hombre. Además esto necesariamente implicaría una interrupción del servicio normal de las Bases de Datos, tal vez por un largo período. Así la mayoría de las empresas rehuyen esta tarea.

Finalmente, el desarrollo de una Base de Datos integrada, requerida por un verdadero SMIC, pudiera crear un monstruo monolítico tan grande y complejo que requeriría de un esfuerzo enorme para utilizarlo y mantenerlo, y su tiempo de repuesta pudiera ser largo.

Los expertos en la materia han llegado a la conclusión de que la conversión de Bases de Datos múltiples en una sola, es una tarea peligrosa y con pocas posibilidades de éxito.

Por lo tanto sólo queda el difícil problema de proporcionar 'puentes' automáticos o humanos entre varias Bases de Datos distintas. Este es un problema al que debe enfrentarse - cualquier interesado en planear un SMIC y probablemente sea el responsable de la mediocridad de los SMIC parciales que existen a la fecha.

B) Problemas de las Bases de Datos Globales.

- El tamaño de la Base de Datos de un SMIC de una empresa manufacturera intermedia será, fácilmente, de centenares de millones de registros, lo que requiere un almacenamiento en disco muy grande (de decenas de centenares de gigabytes).

- La diversidad de datos en un SMIC es extensiva. Por lo que el sistema debe acomodar un número considerable de for-

matos y estructuras de datos.

- La diversidad de usuarios en un SMIC exige una variedad de interfaces de usuario que acomode tanto a ingeniero que deseen llevar a cabo análisis numéricos complejos, como a personal administrativo que deberá procesar archivos de personal o listas de precios.

- El problema de la actualización se hace bastante más complejo en el ambiente de un SMIC- Se deben utilizar restricciones de integridad de todo tipo. Además a los diseñadores de la empresa se les debe permitir la violación de -- restricciones por lo menos temporalmente hasta que lleguen a un punto en que empiecen a integrar y consolidar varios análisis y diseños preliminares. Los cambios de ingeniería son un problema serio, ya que el sistema debe ser capaz de propagar estos cambios automáticamente a donde sea requerido mientras cumpla con todas las restricciones de integridad.

- Los requerimientos de rendimiento (performance) pueden variar de décimas de segundos a horas. Esto puede requerir software y hardware sofisticados y poderosos.

- Los requerimientos de gráficas para la entrada/salida pueden exigir una variedad de terminales gráficas, que a su vez introducen nuevos problemas de comunicación entre los distintos modelos individuales de CAD.

- Las necesidades de ingeniería a veces llegan a cálculos numéricos complejos, que requieren una gran capacidad de computación.

- El sistema debe poder ser arrancado y modificado con facilidad y rapidez (relativamente hablando) de tal manera que

· la empresa pueda continuar sin interrupciones dañinas.

- Los controles de seguridad, integridad y privacidad se convierten en un requisito importante, ya que todos utilizan - el sistema. Además, las violaciones pueden ocasionar daños graves.

- Una gran cantidad de datos/información, podrá distribuirse geográficamente en distintas localizaciones dentro de la empresa.

Todos estos problemas han sido encontrados en otro tipo de empresas que han buscado la integración, aunque aparecen - más graves en la manufactura, debido a su complejidad. Sin embargo, un problema nuevo surge aquí: La necesidad de integrar datos de texto y datos en forma gráfica.

Los datos de tipo numérico y alfanumérico (como en la figura 14) pueden codificarse en formatos para su lectura por computadora y pueden procesarse sin mayor problema, no así, con los datos gráficos.

Es esencialmente cierto que los datos gráficos tales como un plano o fotografía, o inclusive un modelo sólido en tres dimensiones puede codificarse en datos asequibles a una computadora, que pueden mostrarse en una terminal de gráficas. Sin embargo, la cantidad de información semántica contenida en tales imágenes es prácticamente sin límites, y no puede extraerse -automáticamente- por medio de la computadora.

Así, por ejemplo, dado el dibujo mostrado en la figura 16, la manufactura podrá hacer las siguientes preguntas:

- El diámetro es mayor en el extremo de la pieza?
- Existe alguna ranura o barreno?

- Se requiere algún maquinado (torneado) interno?

Como el dibujo está representado dentro de la computadora - como una serie de líneas, círculos, etc., las respuestas a las preguntas anteriores requieren de algoritmos relativamente complejos. Sin embargo, aún que estuviéramos dispuestos y fuésemos capaces de programar tales algoritmos, nunca tendríamos la certeza que la manufactura no haría otra pregunta inesperada para la que no se estuviera preparado.

La situación es análoga al problema de responder preguntas inesperadas acerca de un documento almacenado en la computadora como un 'string' de caracteres. Se puede almacenar fácilmente a una novela en una computadora, pero cómo podemos contestar preguntas como:

Quién es el asesino?

Dónde está el botín?

Por supuesto el número de tales preguntas es ilimitado.

Actualmente tales interrogantes las contesta un ingeniero - que interpreta los datos gráficos. El problema es precisamente la automatización de esa interfase humana. Hasta ahora el problema está abierto a consideración.

A pesar de todos estos aspectos negativos, no es difícil -- conservar el entusiasmo. Se debe considerar al desarrollo de una Base de Datos para un SMIC como un proyecto a largo plazo el cual se planea para un futuro eventual. Este campo del conocimiento humano es uno de los de mayor tasa de crecimiento en la actualidad. Sin embargo siguiendo la filosofía de "Pensar en Grande, Empezar Pequeño" se puede lograr algo en el futuro inmediato, siguiendo la planeación de arriba a abajo en la empresa y una implementación de aba

jo a arriba.

Así, se puede empezar a desarrollar una Base de Datos para un SMIC de manera que sea conveniente y factible ahora y a la cual se seguirá añadiendo sin que se contraponga a lo es tablecido.

EJEMPLO DE DEFINICION DE PARTE

+ - CLASE DE ENTIDAD	PARTE
+ - ID. DE ELEMENTO	NUM. PARTE
+ - NOMBRE DE ELEMENTO	DESCRIPCION
- FORMATO ID.	15 CHAR. ALFANUMERICOS
- FORMATO NOMBRE	15 CHAR. ALFANUMERICOS
- CLAVE GRUPO TEC.	13 CHAR. ALFANUMERICOS
+ - ESTRUCTURA	JERARQUICA

- INFORMACION PARA LA COMPUTADORA

+ INFORMACION PARA EL USUARIO

FIG 14

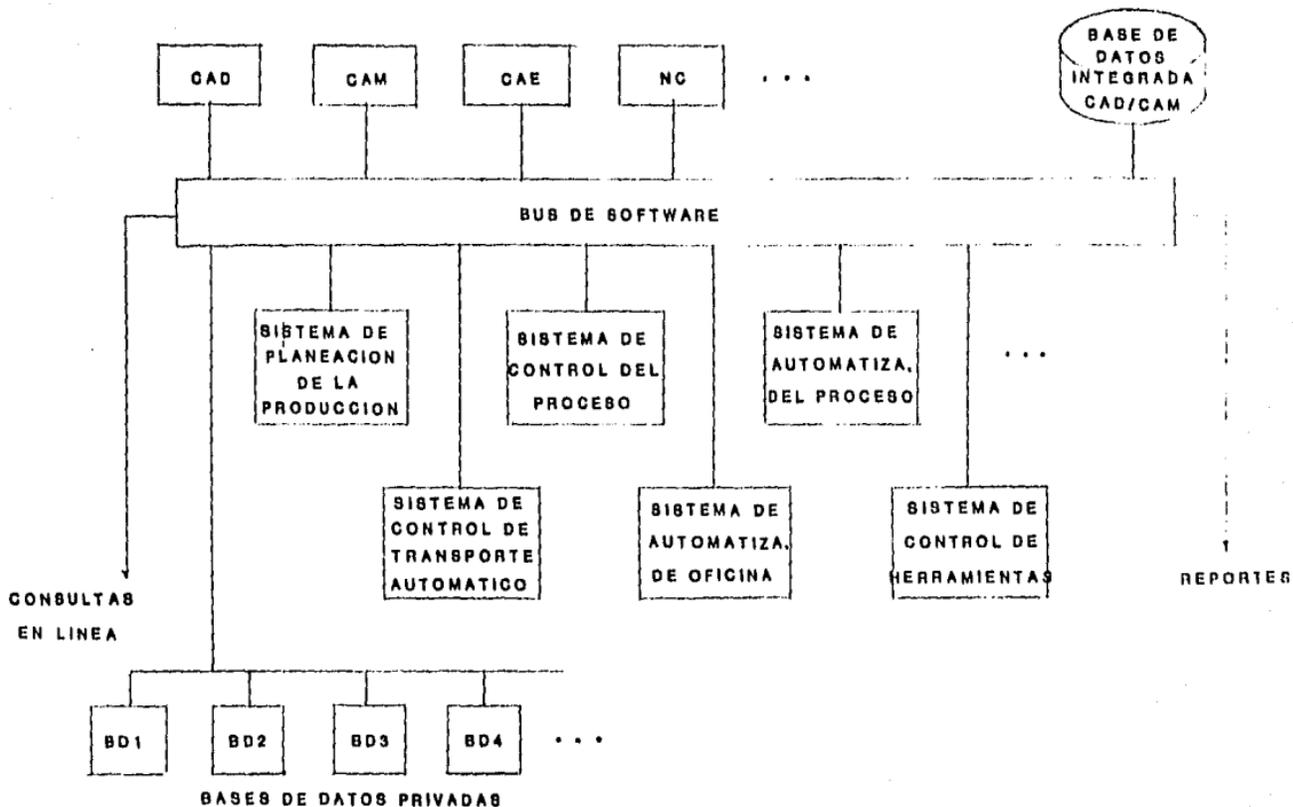
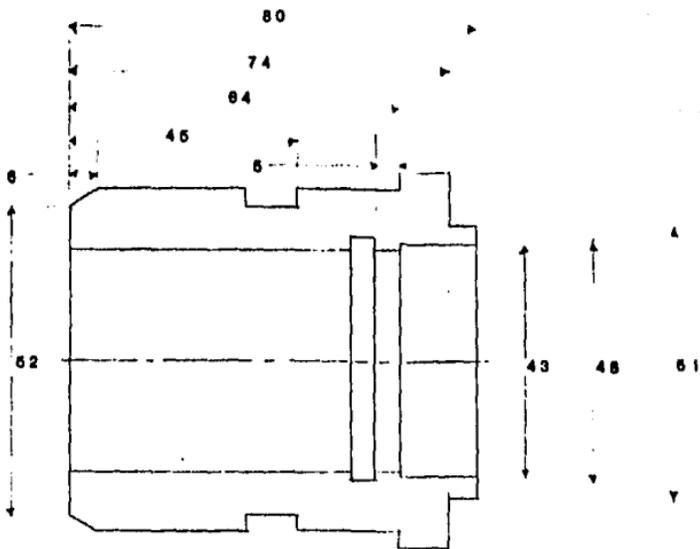
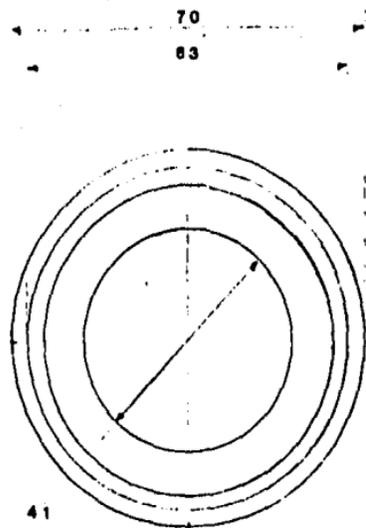


FIG 15



EJEMPLO DIBUJO COMERCIAL TIPO

FIG 10

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- BARASH, M. AND J.J. TALAVAGE,
"Information and Control in Computerized Manufacturing Systems",
Proceedings, International Institute of Manufacturing Studies, Fall Conference, Tokio, Japan, 1977.
- CARNAHAN, C., DENNO, S., KORDELLA, K., PHILIPPART, N., WASSEL, L.,
"Software Development for a Computer Aided Manufacturing System",
Senior Design Project, Department of Industrial Engineering and Operations Research, Wayne State University, Detroit, Michigan, 1979.
- GROOVER, MIKELL P.,
"Automation, Production Systems and Computer Aided Manufacturing"
Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1980
- HITOMI, K.,
Manufacturing Systems Engineering,
Taylor and Francis Ltd, London, England, 1979.

CAPITULO X

SISTEMA DE MANEJO DE MATERIALES

SISTEMA DE MANEJO DE MATERIALES

El manejo de materiales últimamente ha recibido una atención considerable por parte de ingenieros, directivos y la prensa especializada. Esto ha resultado en una mejor comprensión del papel que este jugará en los nuevos sistemas de manufactura. Con esta comprensión ha venido una ampliación de las definiciones de este elemento.

El manejo de materiales fue definido, un tanto estrechamente, como manejar material. Esto ha llegado a ser: "Utilizar el método adecuado para proveer la cantidad correcta de material en el lugar, en el tiempo, con la secuencia, en la condición y con el costo adecuado".

Otra definición es la de "El manejo, almacenamiento y control de materiales" con un énfasis especial en lo último. La capacidad de controlar físicamente el material, en términos de su orientación y transferencia entre personas y/o tipos de equipo -y la capacidad de controlar material a través de sistemas de información de manufactura- han transformado al manejo de materiales de una operación de mano de obra intensiva a una operación de alta tecnología.

Esta información corregida y aumentada del manejo de materiales es el resultado de tomar el enfoque de sistemas de una importante función tradicional. Al tomar este punto de vista de otras tales funciones, resulta en definiciones -- traslapadas, las cuales no son mutuamente excluyentes.

Por ejemplo, las definiciones de control de calidad, control de la producción, control de inventarios, compras, distribución y manufactura, cubren la mayoría de los elementos de manejo de materiales.

El reconocimiento de la existencia e importancia de las interrelaciones de interdependencias de funciones que tradicionalmente se han tratado por separado, da como resultado un énfasis marcado en el diseño de sistemas de manufactura integrados.

Debido a que el sistema de manejo de materiales proporciona un eslabón físico entre varios centros de costo, sistemas flexibles de manufactura, etc., se puede argumentar que este sistema es un factor integrador de la fábrica.

ESLABONES DE INFORMACION

Aunque el sistema de manejo de materiales puede servir como integrador físico de un sistema de manufactura, es aparente que los eslabones de información en los sistemas de manufactura integrados proporcionan ventajas aún mayores que los eslabones físicos.

El impacto de los sistemas integrados por computadora en los sistemas de manejo de materiales es dramático. Evidencia de esto es la tendencia hacia la reducción en las cargas individuales en los sistemas de transporte de materiales y hacia el almacenamiento distribuido. La presión por inventarios en cero, aunado con la capacidad de controlar material, han resultado en nuevos enfoques del manejo de materiales.

Una ventaja importante del SMIC es la disciplina que impone al sistema de manufactura, una disciplina que es mucho mayor que la que exige un sistema manual.

Además, las ventajas de estos eslabones de información proporcionados por el SMIC ocasionan que se reevalúe la importancia de los eslabones físicos del sistema de manejo de ma

teriales, al grado que se proporcione el control a través del SMIC, existe una menor necesidad de que ese control se ejerza a través del sistema de manejo de materiales. En consecuencia, un SMIC puede alojar alternativas de manejo de materiales menos sofisticados.

Este sistema de manejo de materiales asume el importante papel de proveer la disciplina física necesaria para el movimiento y almacenamiento de materiales de manera que el sistema de control realice su tarea efectivamente. El sistema que satisfaga estos requerimientos debe tener unos parámetros de diseño adicionales. Sin embargo, se continuará con los elementos básicos de los sistemas de manejo de materiales tradicionales. Así los contenedores (recipientes), los sistemas de almacenamiento y los de transportación son necesarios.

SISTEMAS DE CONTENEDORES

Ya que el tamaño de lotes pequeños incrementan la flexibilidad de programación de la producción, los contenedores deben reducir su tamaño para facilitar la transferencia automática de lotes pequeños.

Gracias al uso de lotes reducidos y de programación muy apretada (justa) de su movimiento a través del proceso, el flujo discreto empieza a aproximarse a un flujo continuo.

Los contenedores con huellas o bases comunes o modulares contribuyen a facilitar el manejo automático de materiales. Sin embargo los contenedores deben identificarse para un seguimiento automatizado del contenedor a través del proceso de manufactura.

La identificación puede ser reprogramable, además, puede

incluir uno o más de los siguientes datos:

- Número de contenedor
- Número de parte
- Número de lote
- Número de serie
- Número de operación
- Número de destino
- Instrucciones de manufactura

Dentro de un SMIC los contenedores pueden ser medios de comunicación de información efectivos.

SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO.

Los objetivos tradicionales del diseño de los sistemas de almacenamiento han incluido al uso eficiente de espacio y personal. Estos no han perdido importancia, sin embargo, para que el sistema de almacenamiento sea una parte integral de un sistema de manufactura, se deben incluir las funciones de entrada y salida.

Tales funciones deben:

- Asegurar la precisión y exactitud de su contenido.
- Mantener un control preciso de la ubicación de cada contenedor dentro del sistema.
- Ser capaces de presentar cualquier contenedor de manera oportuna para su despacho a las estaciones de trabajo.

La capacidad de respuesta del sistema a una requisición de materiales debe medirse en minutos no en horas o turnos. La capacidad de Entrada/salida (throughput) del sistema debe ser suficiente para manejar demandas pico sin reducir la capacidad de respuestas.

Los requerimientos de diseño aquí señalados indican que los sistemas de almacenamiento para materia prima, refacciones, producción en proceso y producto terminado no pueden optimizarse por separado.

SISTEMAS DE TRANSPORTACION

Al igual que los sistemas de almacenamiento, los de transportación deben ser capaces de responder rápidamente a las instrucciones de despacho. En un sistema de manufactura bien diseñado, el material puede encontrarse en almacenamiento, en la estación de trabajo o en tránsito.

Ya que las 'colas' en las estaciones de trabajo son caras, entorpecen el tránsito y el trabajo y normalmente están -- limitadas a longitudes muy pequeñas, el sistema de transportación debe ser capaz de mover materiales rápidamente a uno de un gran número de posibles destinos. Este sistema -- también debe ser capaz de acomodar demandas pico de manera de prevenir la escasez de materiales en las estaciones de -- trabajo.

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- APPLE, JAMES M. AND STRAHAN, BRUCE A.,
" Proper Planning and Control-The Keys to Effective Storage",
Industrial Engineering, Abril, 1981.
- GUNN, THOMAS G.,
Computer Applications in Manufacturing,
Industrial Press Inc., New York, 1981.
- HARRINGTON, JOSEPH, JR.,
Understanding the Manufacturing Process,
Marcel Dekker Inc., New York, 1984.
- NIASBITT, J.,
Megatrends,
Warner Books, New York, 1982.
- TOMPKINS, JAMES A., AND WHITE, JOHN A.,
Facilities Planning,
John Wiley and Sons Inc., New York, 1982.

C A P I T U L O X I

SISTEMA DE INFORMACION DE PLANTA

SISTEMA DE INFORMACION DE PLANTA

La necesidad de un sistema de información de planta (SIP) radica en la retroalimentación precisa y oportuna que puede brindar a los sistemas jerárquicamente mayores como los de Control de la Producción o el de Planeación de Recursos de Manufactura (MRPII).

Un SIP diseñado adecuadamente proporciona información acerca de los resultados de la producción, estos resultados -- son utilizados más tarde para planeaciones posteriores.

Un SIP adecuado debe asumir su papel como integrados, canalizando datos esenciales a todos los sistemas de nivel superior que requieren información de planta. Para lograr la aceptación del usuario, tan importante, este sistema debe ser también confiable, eficiente y amigable.

Este tipo de requerimientos hacen que la instalación y diseño de un SIP sea una tarea compleja.

Un SIP contiene 3 elementos principales: 1) un medio de capturar la información de planta requerida; 2) un medio de organizar los datos capturados; 3) un medio de comunicar la información a los sistemas relevantes. Cada uno de estos elementos debe considerarse en el proceso de diseño para un SIP integrado.

Los dispositivos de captura de datos de un SIP se usan para registrar datos acerca de los eventos en la planta. -- Hasta ahora se usaba a la memoria del supervisor, el papel y el lápiz, como los medios con que se registraban los datos de la planta. Los sofisticados sistemas de hoy, utilizan dispositivos controlados por computadora para estas funciones. El sistema del mañana seguirá enfocándose a la

reducción de interacciones directas hombre/máquina.

El nivel de proceso de un SIP también es ideal para la auditoría y edición iniciales de los datos. Este chequeo de datos de conformidad física y lógica previene interrupciones a niveles superiores y resulta en la detección y notificación inmediata a errores de captura.

La información que se alimenta al SIP de la planta debe organizarse en una manera tal que resulte apropiada para su uso por los sistemas de planeación y control de niveles superiores.

Para esto se debe proporcionar los medios para sortear, - combinar, agregar o resumir a los datos brutos de acuerdo con las necesidades de entrada de los otros sistemas.

Los usuarios de esta información pueden ser tanto personas como sistemas. Los supervisores de la planta pueden usar esta información procesada antes que pueda ser usada por otros sistemas. Por lo tanto este sistema permite el logro de una Base de Datos unificada de información de planta.

DISEÑO DE UN SIP GENERICO

Cada fábrica y empresa tiene sus principios y filosofías particulares acerca de las operaciones de manufactura que influyen los requerimientos de datos de planta en términos de captura, procesamiento y distribución. Además, cada empresa manufacturera posee características únicas con respecto al volumen y ritmo de producción, variedad de productos y complejidad de manufactura, lo que obliga a necesidades de información de planta diversas.

Por último, cada compañía tiene distintos atributos físicos y organizacionales que influyen la 'acceptabilidad' de un sistema de hardware/software particular como solución a un problema. No obstante todos estos elementos de diversidad, los elementos básicos de un SIP pueden diseñarse de una manera genérica. Como ejemplo se dará un diseño para un ambiente de manufactura por lotes.

DISEÑO FUNCIONAL

La información de planta se captura con dos fines principales: 1) Para describir el estado de entidades tales como máquinas, operadores, órdenes de producción, etc.; 2) Para registrar la ocurrencia de eventos tales como la terminación de una operación, inicio de un mantenimiento, etc. El diseño funcional de un SIP genérico define los diferentes tipos de entidades que existen en una planta en particular, y los eventos importantes que puedan ocurrir. En la figura 18 se ilustran las entidades de un ambiente de manufactura.

De esta lista genérica de eventos y entidades, una empresa manufacturera puede seleccionar aquéllas que estime importantes. En general, es recomendable la instalación gradual de capacidades de un SIP.

Por ejemplo, una empresa que actualmente captura tan sólo transacciones laborales (m.o.), pudiera implementar un SIP que capture datos de operadores de maquinaria y eventos de producción, tales como el comienzo y final de una orden de fabricación. Las mejoras subsecuentes podrían ser la adición de eventos de preparación de maquinaria o del estado de las mismas.

Se pueden agregar entidades y/o eventos adicionales según

se implementen sistemas de control más sofisticados que requieran de información adicional de planta. El diseño funcional permite la integración sencilla de nuevos eventos y entidades den el proceso de captura de datos.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE DATOS

La estructura de datos se refiere a la manera en que los elementos de datos individuales, tales como número de máquina, identificador de operación, etc., se relacionan entre sí. En la figura 19 se muestra una parte de la estructura de datos diseñada para un SIP genérico.

La flexibilidad en el diseño de la estructura de datos es muy importante; esta estructura debe organizarse de tal manera que la información pueda accederse, sortearse, o agregarse de varias maneras o formatos. Las necesidades nuevas, no anticipadas, son algo casi seguro en el futuro, y un diseño fijo dificultará esta nueva integración, mientras que uno flexible alentará nuevas aplicaciones. La estructura ilustrada en la figura 19 contiene las uniones necesarias para definir todas las relaciones de datos potenciales.

Cualquier implementación dada puede ser sólo un subconjunto de esas relaciones; ellas están, sin embargo, definidas y por lo tanto, disponibles cuando se requieran.

IMPLEMENTACION DE HARDWARE

El componente del sistema, hardware, es una consideración esencial para el diseño de un SIP, aunque no central. Esta opinión no parecen compartirla los proveedores de hardware.

Los papeles principales del hardware en un SIP son: 1) - Como dispositivos automáticos de captura o adquisición de datos; 2) Como procesadores que controlan el SIP; y 3) - Como redes de comunicación que transmiten datos de los puntos de captura a los puntos de procesamiento.

- Hardware de Captura de Datos. Una serie de dispositivos de captura de datos pueden tomar parte en un SIP; los más conocidos son los de codificación de barras, codificación magnética, teclados, reconocimiento óptico, y reconocimiento oral. Los dispositivos de codificación de barras y magnéticos comparten varias ventajas:

. Los datos están implícitos en las "etiquetas" de barras o magnéticas, eliminando errores de entradas.

. La captura es rápida y amigable al usuario. Varios dígitos alfanuméricos pueden incorporarse con redundancia vertical u horizontalmente en la etiqueta.

. Son muy fáciles de usar ya que requieren de muy poca capacitación y una mínima interacción directa con computadoras.

. Su costo es relativamente bajo, lo que permite una colocación optimizada de dispositivos de entrada de datos cercano a las estaciones de trabajo existentes.

Varios tipos de terminales con teclados proporcionan una mayor flexibilidad que los dispositivos de barras o magnéticos; ofrecen también una retroalimentación instantánea al operador, aunque la oportunidad para un error se incrementa al permitir entrada de datos a discreción.

El reconocimiento óptico ha superado los obstáculos técni-

nicos iniciales y rápidamente se ha convertido en un factor importante en la industria de la captura automatizada. Una ventaja inmediata de este tipo de captura es la aceptación expedida del sistema por parte del usuario debido a su compatibilidad con el ser humano.

Los sistemas de reconocimiento de voz proveen un tipo más de captura de datos; la investigación y el desarrollo en esa dirección está trayendo su confiabilidad y versatilidad más cerca de los límites aceptables para un SIP. Una ventaja del reconocimiento de voz es la libertad en que -- quedan las manos del operador, así, el individuo puede continuar con su trabajo mientras registra datos a través del SIP.

Existen dispositivos de captura de datos directa que emplean los principios de los sensores directos. Tales aparatos son apropiados para aplicaciones tales como el control de partes o el monitoreo del rendimiento de la máquina, etc.

Esta tecnología no es todavía común en aplicaciones industriales por el tiempo y esfuerzo necesario para instalar e implementar tales dispositivos. Además, cada aplicación tendría que especializarse para cada tarea específica. En un gran número de casos, las necesidades de información de planta no requieren de ese nivel de detalle.

Sin embargo, en aplicaciones específicas, tales como los Sistemas Flexibles de Manufactura, tal captura, en tiempo real, precisa, exacta y detallada, es crítica para la operación efectiva del sistema.

- Ambiente de Planta. La selección de un tipo particular de Hardware de captura de datos depende de un gran número

de factores. Uno de los más importantes, para el buen funcionamiento del sistema, es el ambiente de la planta. El SIP está compuesto de equipo computacional que puede no estar operando en un ambiente de computación típico (oficinas o cuartos de computación). Algunos elementos del SIP operan bajo condiciones de trabajo hostiles.

Algunos de los factores ambientales a considerar en la selección de dispositivos de captura de datos son:

- Partículas -- Humo, carbón, virutas, etc.
- Vibración -- Grandes máquinas o equipo de manejo de materiales.
- Campos electromagnéticos -- Campos magnéticos inducidos por la operación de grandes máquinas y/o sus controles.
- Limpieza general -- Polvo o grasa en el aire ó llevadas por los operadores.

Los fabricantes de hardware han reconocido las necesidades especiales de las computadoras en el ambiente de manufactura, y a menudo producen terminales modificadas con protección adicional y componentes de trabajo pesado.

- Ambiente de los Sistemas. Además del ambiente físico de una planta productiva, el diseño de hardware en un SIP está influenciado por los sistemas existentes, tanto computacionales como organizacionales, con los que el SIP tendrá que operar.

Como ya se mencionó antes, las necesidades de los sistemas de planeación y control de niveles jerárquicos superiores definen los requerimientos para los cuales se captura la -

información. Sin embargo, el ambiente del sistema impone otras restricciones y parámetros al hardware del SIP.

De manera de asegurar diseños costeables, los costos deben examinarse en tres niveles: Por transacción, por terminal y por costo total. Los datos que serán capturados por el sistema influenciarán la selección de equipo; es mucho menos importante tener un dispositivo muy rápido para un volumen diario de 2 transacciones que para uno de 200.

Finalmente, si la información capturada es crítica para las operaciones, la confiabilidad del hardware debe considerarse, a través de sistemas redundantes o de respaldo en el diseño del sistema.

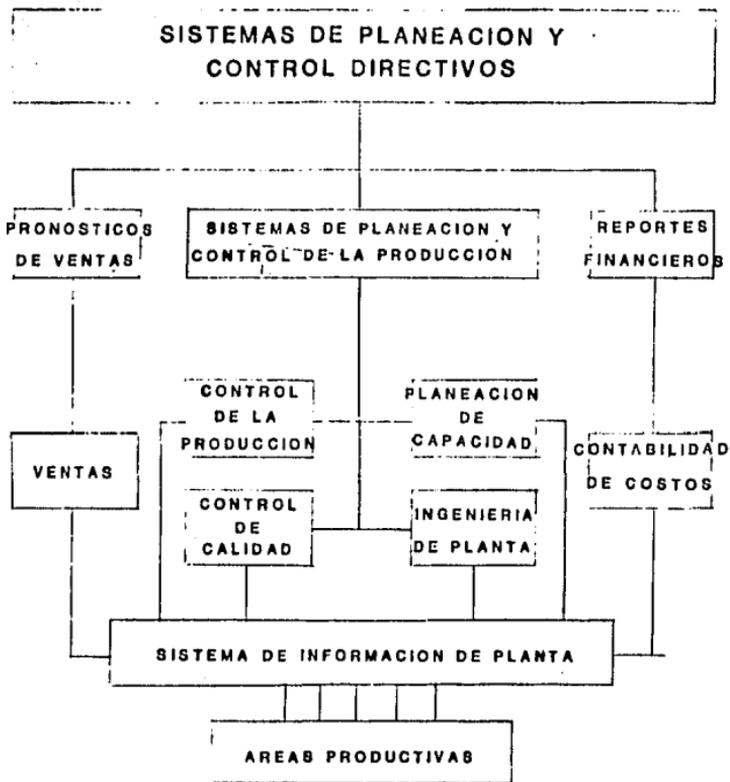


FIG 17

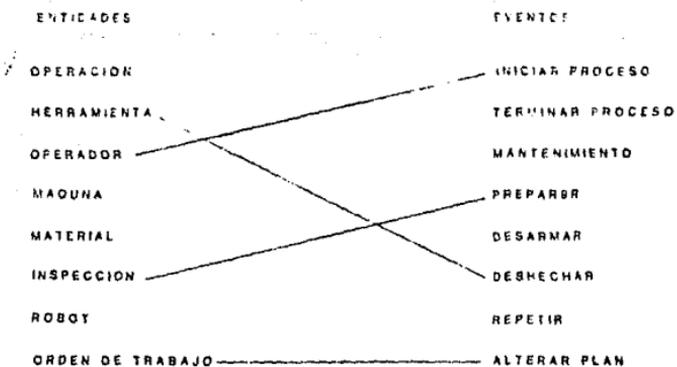


FIG 18

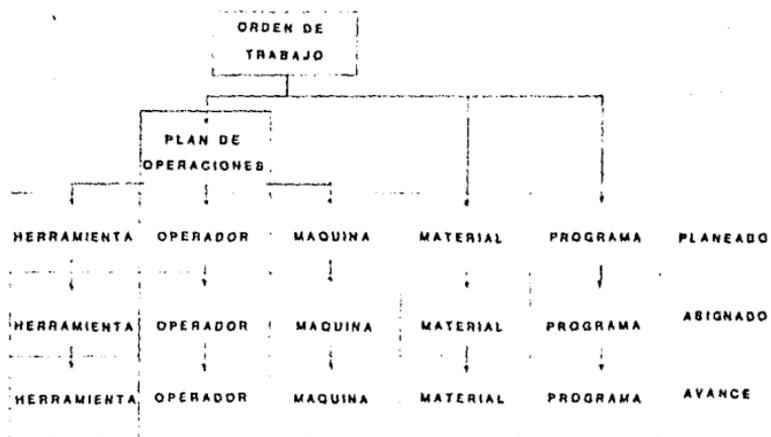


FIG 19

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- YOUNG, ROBERT E.,
"Software Control Strategies for Use in Implementing
Flexible Manufacturing Systems",
Industrial Engineering, Noviembre, 1981.

- WANG, T. L.,
" Distributed System Provides Ideal Environment for
Full Integration of CAD/CAM",
Industrial Engineering, Noviembre, 1981.

- GROOVER, MIKEL P.,
Automation, Production Systems and Computer Aided
Manufacturing,
Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1980.

C A P I T U L O X I I

SISTEMAS JERARQUICOS EN LA ORGANIZACION

SISTEMAS JERARQUICOS EN LA ORGANIZACION

Es importante reconocer que las organizaciones humanas no son mecanismos claramente entendidos ni predecibles. El hecho que dentro de la organización cada miembro tenga una capacidad de tomar decisiones y una voluntad determinadas, hace casi imposible el diseño determinístico que se podría hacer con maquinaria, por ejemplo.

Existe, sin embargo, una teoría que hace un poco más claro el comportamiento de las organizaciones, al estructurarlo y formalizarlo. Esta es la teoría de sistemas jerárquicos. Es obvio que las organizaciones humanas, y aún más, las grandes, llevan una jerarquía.

Con el fin de estructurar un poco este campo, tan útil en el análisis y diseño de sistemas administrativos y de información, los cuales son el corazón de un SMIC, se identificarán a continuación los conceptos estructurales que serán el sujeto de estudios posteriores.

QUE ES UNA JERARQUIA DE NIVELES MULTIPLES

Toda jerarquía posee: 1) Un arreglo vertical de subsistemas los cuales forman al sistema entero, 2) La prioridad de acción o derecho de intervención de subsistemas relativamente superiores en el desempeño real de los niveles inferiores.

ARREGLO VERTICAL

En cualquier jerarquía existirá un arreglo vertical de subsistemas, que consisten de una familia de subsistemas interactivos, como en la figura 20.

Las entradas y salidas pueden ambos distribuirse a todos los niveles, aunque el intercambio con el ambiente normalmente se lleva a cabo en los niveles más bajos.

DERECHO DE INTERVENCION

La operación de subsistema se ve influenciado directa y explícitamente por los niveles superiores, lo más común es que esta influencia proceda del nivel inmediato superior.

Esta influencia es forzosa para los subsistemas de niveles bajos y refleja una prioridad de importancia para las acciones y metas de los niveles superiores; esta influencia se conoce como intervención. En sistemas en línea, la intervención normalmente aparece como el cambio de parámetros para los subsistemas de niveles inferiores. En sistemas off-line la intervención implica un procedimiento secuencial para llegar a soluciones en niveles distintos: El problema (o algoritmo de solución) en cualquier nivel depende de la solución del problema en el nivel superior, en el sentido de que existe un parámetro no especificado en el primero que representa la solución del segundo.

El problema en el nivel interior se define sólo después de que el problema del nivel superior sea resuelto.

INTERDEPENDENCIA DE RENDIMIENTO

Aunque la prioridad de acción se orienta hacia abajo a manera de órdenes, el éxito del sistema total, y de hecho de las unidades de cualquier nivel, depende del desempeño de la totalidad de las unidades en el sistema. Ya que la prioridad de acción tácitamente supone que la intervención precede a las acciones de las unidades inferiores, el éxito de una unidad superior depende de la acción, o mejor di

cho, del resultado del desempeño de las unidades inferiores. El rendimiento, por lo tanto, puede verse como una retroalimentación y una respuesta a la intervención; y se orienta hacia arriba, figura 20.

TIPOS BASICOS DE JERARQUIAS

A continuación se clasifican los sistemas jerárquicos. Como es común en la ciencia, la clasificación no debe entenderse como una división; enfatiza las diferencias, más que excluye las posibilidades de que un sistema pertenezca a más de una clase.

Existen tres conceptos de niveles:

- i) El nivel de descripción o abstracción.
- ii) El nivel de complejidad de decisión.
- iii) El nivel organizacional.

Para distinguir entre estas nociones de niveles, se usarán los términos 'estratos', 'capas' y 'escalafones' respectivamente.

ESTRATOS: Niveles de Descripción o Abstracción.

Los sistemas verdaderamente complejos evaden a las descripciones completas y detalladas. El dilema está entre la simplicidad en la descripción, que es uno de los requisitos para la comprensión y la necesidad de tomar en cuenta los numerosos aspectos de un sistema complejo.

Una descripción jerárquica resuelve este problema. Al describir al sistema a través de una familia de modelos, cada uno abarcando al comportamiento del sistema en un nivel de abstracción distinto. A estos niveles de abstrac-

ción se les llama estratos.

En cada estrato en la jerarquía de las estructuras, existe un conjunto distinto de variables, las cuales permiten el confinamiento del estudio a un nivel de abstracción determinado. La separación de los estratos permite que el estudio del comportamiento de los sistemas sea conducido más eficientemente y con un grado de detalle considerable. Sin embargo, no puede justificarse una separación completa, y el ignorar la interdependencia de los distintos estratos no puede más que acarrear una comprensión incompleta del comportamiento del sistema como un todo.

A continuación se listan una serie de características importantes de los estratos, mostradas en la figura 21:

- La selección del estrato, en términos del cual se describe un sistema dado, depende del observador, de su conocimiento y de su interés en la operación del sistema, aunque para muchos sistemas existan algunos estratos que aparecen como naturales.
- Los contextos en los cuales se describe la operación de un sistema en distintos estratos, en general no se relacionan entre sí, los principios o leyes usados para caracterizar al sistema en cualquier estrato, generalmente no pueden derivarse de los principios usados en otro estrato.
- También existe una interdependencia asimétrica entre el funcionamiento de un sistema en estratos diferentes.
- Cada estrato cuenta con su propio conjunto de términos, conceptos y principios.
- La comprensión de un sistema se incrementa en la medida

que se trasciende de estrato a estrato. Al bajar en la jerarquía, se obtiene una explicación más detallada, mientras al subir, se obtiene una comprensión más profunda del significado.

CAPAS: Niveles de Complejidad de Decisión.

Existen dos puntos extremadamente triviales, pero a su vez, profundamente importantes en casi cualquier situación de toma de decisiones:

i) Cuando es tiempo de tomar la decisión, el tomar la decisión e implementarla no se pueden posponer.

ii) La incertidumbre correspondiente a las consecuencias de la implementación de varias acciones alternativas, y la falta de conocimientos suficientes de las relaciones involucradas, impiden la descripción completa formal de la situación, la cual es necesaria para una selección racional de una alternativa de acción.

En situaciones de toma de decisiones complejas, la solución del dilema se busca con un enfoque jerárquico. Se define una familia de problemas de decisión cuya solución se buscará en una forma secuencial, en el sentido de que la solución de cualquier problema en la secuencia, determina algunos parámetros en el problema subsecuente. Este arreglo se presenta en la figura 22 en la que cada bloque representa una unidad de toma de decisiones. Tal jerarquía se conoce como jerarquía de capas de decisión, y al sistema de toma de decisiones completo, se le llama sistema de decisión de capas múltiples.

Un ejemplo es la llamada jerarquía funcional en la toma de decisiones o el control. Esta jerarquía emerge en una ma-

nera natural, en referencia a tres distintos aspectos de un problema de decisión bajo incertidumbre:

i) La selección de estrategias a ser usadas en el problema decisivo.

ii) La deducción o eliminación de incertidumbre.

iii) La búsqueda de una acción preferible o aceptable bajo condiciones específicas.

Esta jerarquía funcional contiene tres capas, figura 23.

1.- Capa de Selección.

La tarea de esta capa, es elegir una acción m . La unidad de decisión en esta capa acepta información externa y aplica un algoritmo (especificado por capas superiores) para derivar una selección de acción. El algoritmo puede definirse como un conjunto de soluciones T , dando una solución para cualquier conjunto de condiciones iniciales o indirectamente a través de una búsqueda. Por ejemplo, suponiendo que está dada una función P y una función de evaluación G , y que la selección de acción, m' , está basada en secuencias P es un mapeo $P: M \times U \rightarrow Y$ donde M es el conjunto de acciones alternativas, Y el conjunto de consecuencias, mientras que U es el conjunto de incertidumbres que pueden reflejar de una manera fiel toda la ignorancia en la relación entre la acción m y la consecuencia y . Similarmente la función de evaluación es un mapeo $G: M \times Y \rightarrow V$, donde V es el conjunto de valores que pueden asociarse con el desempeño del sistema. Si U tiene un sólo elemento o es vacío, o sea, que no existen incertidumbres con respecto a la consecuencia para una m dada, la selección puede basarse en la optimización: encontrar m' en M , tal que el valor

$v' = G(m', P(m'))$ sea menor que el valor $v = G(m, P(m))$ para cualquier m en M . Si U es un conjunto mayor, se tienen que desarrollar otros procedimientos para la selección de una acción apropiada, y pueden ser necesarios otros mapeos adicionales a P y G . Resumiendo, para definir el problema de la selección para la primer capa, es necesaria la especificación del conjunto de incertidumbre U y las relaciones necesarias P , G , etc. Estas proporcionan las unidades en las capas superiores.

2.- Capa de Aprendizaje o Adaptación.

La tarea de esta capa es la especificación del conjunto de incertidumbre U para usarse en la capa de selección. Este conjunto debe englobar toda la ignorancia acerca del comportamiento del sistema y reflejar todas las hipótesis acerca de las posibles fuentes y tipos de incertidumbres. U se deriva a partir de la observación y la comunicación. La meta inherente de esta capa es la reducción de este conjunto U , de manera de simplificar el trabajo de la capa de selección.

3.- Capa Auto-Organizativa.

Esta capa debe seleccionar estructuras, funciones y estrategias que deben ser usadas por las capas inferiores, de manera que aún pueda perseguirse objetivo general. Puede cambiar las funciones P y G en la primer capa si no se ha logrado un avance satisfactorio, o puede cambiar la estrategia de aprendizaje de la segunda capa si la estimación de incertidumbre resulta ser no realista.

SISTEMAS DE ESCALAFONES MULTIPLES.

Para esta noción de jerarquía es necesario que:

i) El sistema consista de una familia de subsistemas interactivos reconocidos explícitamente.

ii) Algunos de estos subsistemas se definan como unidades de toma de decisiones.

iii) Las unidades de decisión estén ordenadas jerárquicamente, en el sentido de que algunas de ellas estén influenciadas o controladas por las otras unidades de decisión.

En la figura 24 se muestra un diagrama de tal sistema. Un nivel de tal sistema se llama escalafón. Estos sistemas se llaman de escalafones múltiples o de objetivos y metas múltiples, ya que varias de las unidades de decisión que forman al sistema cuentan con metas conflictivas. Este conflicto aparece no sólo como resultado de la evolución y la composición del sistema, sino que puede demostrarse que es necesario (hasta cierto punto y en un sentido dado) para la operación eficiente del sistema total.

Una característica importante de los sistemas de objetivos y niveles múltiples que los distingue de los sistemas de decisión multivariados, conceptualmente más sencillos, es que las unidades de niveles superiores condicionan, más no controlan completamente las actividades de las unidades relativamente inferiores. Las unidades de decisión inferiores deben tener cierta libertad de acción para seleccionar sus propias variables de decisión.

En los sistemas humanos, particularmente, el uso de los recursos disponibles para la toma de decisiones puede economizarse sólo si se proporciona libertad de acción a los niveles inferiores. Se puede demostrar que es esencial para el uso efectivo de la estructura jerárquica que las unidades de decisión posean una libertad de acción determinada;

debe establecerse una subdivisión adecuada del esfuerzo de decisión entre las unidades de distintos niveles. Sólo en tonces puede justificarse la existencia de una jerarquía.

Se pueden acomodar a los sistemas de toma de decisiones en las siguientes categorías, mostradas en la figura 25:

- Sistemas de nivel y objetivo unitario.
- Sistemas de nivel o objetivos múltiples.
- Sistemas de objetivos y niveles múltiples.

En la primer categoría, se define un objetivo para el sistema completo, y todas las variables de decisión se seleccionan de manera de alcanzar tal objetivo.

Los sistemas en la categoría de un solo nivel y con objetivos múltiples consisten en una familia de unidades de decisión, cada una con su propia meta u objetivo. Estos últimos no son necesariamente conflictivos, ya que una sub-familia de unidades de decisión pueden formar una coalición. Sin embargo, puede existir un conflicto entre las unidades de decisión, pero ninguna tiene el poder de resolverlo.

Por último, los sistemas de objetivos y niveles múltiples se caracterizan por la existencia de una relación jerárquica entre las unidades de decisión del sistema. La existencia de una unidad suprema es la característica principal de estos sistemas; el problema de decisión para la unidad superior es un problema específico de los sistemas de niveles múltiples.

Refiriéndose a la clasificación anterior, resulta aparente que es necesaria una nueva teoría para tratar a los siste-

mas de niveles múltiples. Se puede argumentar que la teoría de control, según se concibe actualmente, trata únicamente con problemas de decisión de un solo nivel y de un solo objetivo (aunque con multiplicidad de variables y con una complejidad considerable), mientras que para los sistemas de objetivos múltiples y de un nivel se cuenta con la teoría de juegos y la teoría de equipos. Ninguna de estas teorías está completa y sin duda falta mucha investigación para desarrollar, por ejemplo, métodos prácticos (algoritmos numéricos) para el control de sistemas con un solo nivel y objetivo o para comprender la naturaleza y efectos de los conflictos en sistemas de un nivel de objetivos múltiples.

Todavía no se desarrolla una teoría que trate con los sistemas de niveles y objetivos múltiples.

Es conveniente recordar que el concepto de estrato se utiliza para propósitos y modelado; el concepto de capas se utiliza respecto a la descomposición vertical de un problema de decisión en sub-problemas; el concepto de escalafones se refiere a la relación múltiple entre las unidades de decisión que componen un sistema.

DISENO DE UN SISTEMA DE ESCALAFONES MULTIPLES

Suponiendo la necesidad de construir un sistema organizacional, el primer problema en el diseño de tal sistema consiste en la asignación de tareas que tendrán que desempeñar los distintos niveles o unidades individuales. Un punto de partida razonable es el 'enfoque de sistemas' del sistema completo, utilizando los conceptos de estratos y capas jerárquicos. Un modelo estratificado del sistema completo se deriva por un lado, mientras que la función general se descompone en capas por el otro. Figura 26.

En este modelo se debe enfatizar que no existe una correspondencia uno a uno entre los escalafones, capas o estratos. Las funciones para más de un escalafón pueden definirse al usar el modelo del mismo estrato, mientras que la toma de decisiones de una capa determinada puede distribuirse a través de varios escalafones. Aún más, la función de un escalafón, puede contener elementos de problemas de más de una capa de decisión.

UNIDADES DE CAPAS MÚLTIPLES EN LOS SISTEMAS DE ESCALAFONES MÚLTIPLES

El concepto de capas múltiples se presenta en referencia a un problema de toma de decisiones dado que no necesariamente debe ser el problema global en ningún sentido, sino que puede ser el problema de decisión de una unidad, la cual es miembro de un sistema mayor. Como ejemplo, se muestra un sistema de dos niveles en la figura 27 en donde cada una de las unidades de decisión utiliza el concepto de capas múltiples para resolver su propio sub-problema local.

UNIDADES DE DECISION COMPLEJAS EN UN SISTEMA DE CAPAS MÚLTIPLES

Si se considera un sistema de decisión de capas múltiples formado con respecto a una familia de sub-problemas cuyas soluciones implican la solución del problema original. Cada uno de los sub-problemas pueden ser bastante complejos, y puede resultar ventajoso organizar su solución utilizando un concepto de capas múltiples o inclusive formar un sistema de escalafones múltiples separado encargado de la solución del sub-problema particular, si los recursos y el tiempo favorecen tal sofisticación. (Figura 28).

A continuación se presentan algunas características pro-

pías a este tipo de sistemas:

i) Una unidad relativamente superior está involucrada con una porción mayor o con aspectos más generales del comportamiento global del sistema.

ii) El período de decisión de una unidad superior es mayor que el de unidades inferiores.

iii) Una unidad superior está involucrada con aspectos más lentos del comportamiento global del sistema.

iv) Las descripciones y los problemas para los niveles superiores son menos estructuradas, con una mayor incertidumbre y más difíciles de formalizar cuantitativamente.

COORDINACION

El progreso en el desarrollo de una teoría de sistemas jerárquicos se espera que sea hecho paso a paso, en los cuales algunos problemas característicos específicos para sistemas de niveles múltiples sean resueltos.

Un problema crucial para ese progreso es las relaciones entre niveles y, en particular, la coordinación.

- Interdependencia de los niveles.

La relación entre la unidad superior y una de las inferiores es tal que la acción (éxito) de una dependen de la -- otra, según se ilustra en la figura 29. Ya que ambas son unidades de decisión, el problema de la decisión, en general, de la unidad inferior depende de la acción de la unidad superior a través de un parámetro; a su vez, el problema de la unidad superior depende de la acción o respuesta

de la unidad inferior. Aunque esto parezca un círculo vicioso, el dilema se resuelve a través de la prioridad de acción de la unidad superior. Es importante reconocer que la relación entre las unidades superior e inferior es dinámica y cambia con el tiempo.

- Temporalidad de la intervención.

Refiriéndose al tiempo de decisión de la unidad inferior, el instante en la que la decisión inferior se toma y se empieza a implementar, existen básicamente dos instantes cuando la unidad superior puede comunicar su decisión coordinadora a las unidades inferiores.

La unidad superior puede intentar coordinar a las unidades inferiores antes de que ellas lleguen a sus propias decisiones. Este tipo de intervención se llama intervención a priori.

Este tipo de intervención se basa en la predicción del comportamiento del sistema completo. La unidad superior en la intervención a priori especifica las funciones de la unidad inferior y, de esta manera, indica como las unidades inferiores participarán en el desempeño del sistema completo. Después que las unidades inferiores hayan aplicado su decisión, y un cierto período de tiempo ha transcurrido, la unidad superior debe de nuevo comunicarse con las inferiores. La unidad superior debe corregir las instrucciones anteriormente mandadas a las unidades inferiores, si las suposiciones en las cuales se basaron las instrucciones, resultan ser correctas.

Al final del período de decisión la unidad superior tiene que confirmar o cambiar los planes de intervención a priori para tomar parte en el éxito del sistema global. A estas

acciones de la unidad superior se les llama intervención a posteriori, o más descriptivamente, intervención de corrección o intervención de recompensa.

Cuando se considera la intervención a posteriori, se debe tener en cuenta que el objetivo no es la consecución de los objetivos de las unidades inferiores sino la búsqueda del objetivo de la unidad superior. El objetivo de la intervención a posteriori no es, en general, corregir las suposiciones o impresiones que tengan las unidades inferiores del comportamiento del resto del sistema, o darles una mayor participación en el logro de objetivos como en la intervención a priori, sino influenciar a las unidades inferiores de manera de mejorar el comportamiento del sistema global, según lo perciba la unidad superior.

- Relaciones de la unidad superior.

Existen dos señales que conectan a la unidad superior con las inferiores. La señal descendiente representa a la intervención y especifica los problemas de decisión para las unidades inferiores, mientras que las unidades ascendentes proporcionan información acerca del nivel inferior a la unidad superior.

INTERVENCIÓN

Debido a la prioridad de acción, la unidad suprema tiene la amplia responsabilidad de, primero, instruir a las unidades inferiores en el cómo proceder y, segundo, influenciarlas a cambiar sus acciones en caso necesario. La primera responsabilidad corresponde en la teoría organizacional al control estratégico, e involucra a la selección de normas y procedimientos a seguirse bajo varios conjuntos de posibles circunstancias.

Formalmente hablando, esto representa el seleccionar la es tructura para la relación entre unidades superiores e infe riores; a esto se le llama selección de la moda de coordi nación. La segunda responsabilidad corresponde en la teo ría organizacional al control táctico e involucra el ajus te de normas de manera de mejorar el desempeño del sistema. Formalizando, esto corresponde a la selección misma de la variable de intervención o coordinación; esto se conoce -- simplemente como coordinación.

El cómo una unidad inferior se comunicará con otras unida des inferiores y cuáles aspectos del problema inferior son modificables, si fuera necesario, para mejorar el rendi - miento total, determina a la moda de coordinación. Estos dos factores están entrelazados y dependen del tipo de pro blemas que las unidades inferiores y el sistema global tra tan de resolver. A continuación, se presentan algunas ca tegorías principales:

La relación de una unidad con otras en el mismo nivel pue de caracterizarse por su acción y la respuesta del resto - del sistema según influencia a tal unidad. A esta última se le conoce como influencia de interfase. Entonces la -- cuestión es de cómo una unidad dada tomará en cuenta a es ta influencia de interfase. Existen, a este respecto, las siguientes opciones:

i) Coordinación de predicción de interacción.

La unidad superior específica a la influencia de interfase y las unidades inferiores proceden a la resolución de sus problemas de decisión locales bajo la suposición que la in fluencia de interfase será exactamente como se predijo.

ii) Coordinación de estimación de interacción.

La unidad superior especifica un rango de valores para la influencia de interfase, y las unidades inferiores tratan a esta influencia como variaciones dentro de este rango.

iii) Coordinación de estimación de interacción.

La unidad inferior toma a la influencia de interfase como una variable de decisión adicional, ellas resuelven sus problemas de decisión como si el valor de la influencia pudiera ser aleatoria.

iv) Coordinación modelada.

Las unidades inferiores reconocen la existencia de otras unidades de decisión en el mismo nivel; la unidad superior proporciona un modelo relacional a las unidades inferiores de las acciones y respuestas del sistema.

v) Coordinación de coalición.

Las unidades inferiores reconocen la existencia de otras unidades de decisión en el mismo nivel; la unidad superior especifica qué tipo de comunicación se permite entre ellas. Esto forma una relación competitiva entre coaliciones de unidades inferiores.

COORDINACION

La coordinación cuenta con dos aspectos: El aspecto auto-organizacional (cambio de la estructura) y el aspecto de control (selección de órdenes de coordinación para la estructura fija). Suponiendo que se encuentra determinada una moda de coordinación y que la auto organización se re-

fiere a cambios en las funciones y las relaciones usadas en el proceso de coordinación. A estos cambios se les conoce como modificaciones. De manera muy amplia, cualquier problema de decisión se define como una meta y una imagen de la situación de toma de decisiones; a este respecto -- existen dos tipos de modificaciones: modificación de la meta, y modificación de la imagen (para una moda de coordinación determinada).

La tarea total de la unidad superior consiste de:

- i) Seleccionar la moda de coordinación.
- ii) Modificar las funciones estratégicas, en caso necesario.
- iii) Seleccionar la orden de coordinación después de que se tomen las decisiones.

ADQUISICIÓN DE INFORMACION

La información que necesita la unidad superior acerca de los niveles inferiores dependen de su problema particular de decisión y de la imagen (modelo) necesario para solucionar a este.

Lo necesario entonces es un modelo o imagen del comportamiento del nivel inferior. A continuación se mencionan tres puntos de vista para formar modelos o imágenes de los niveles inferiores para las unidades superiores.

La solución trivial a este problema supone que el coordinador posee una representación precisa del comportamiento -- del nivel inferior; el problema de coordinación entonces se reduce al tipo clásico del problema de control: Todo -

es conocido, y el problema es la selección de la mejor decisión. Antes de descartar este punto de vista, se debe notar que, en el contexto de los sistemas sociales, el problema de coordinación no es sólo el encontrar los mejores términos de coordinación, sino también encontrar la manera de implementarlo. Los problemas más serios en la coordinación de sistemas sociales están basados primordialmente en la implementación de la solución que se ha seleccionado en base a consideraciones técnicas, económicas, etc.

Un punto de vista más significativo para la construcción de modelos es el intento de una descripción simplificada de los subsistemas del nivel inferior. Esencialmente este es el punto de partida clásico considerado en la teoría de control. En el contexto de la teoría general de sistemas, tales modelos pueden desarrollarse a través de la agregación de variables, de manera que el objetivo superior no dependa en el conjunto completo de variables inferiores. La desventaja conceptual de esto último es que no toma en cuenta la descomposición del sistema en subsistemas en el nivel inferior.

La selección del modelo para la unidad superior no debe estar basado en una simplificación directa del nivel inferior. Mejor, debería estar basada en el reconocimiento del hecho que el proceso a ser controlado por la unidad superior consiste de una familia de subsistemas interactuantes y, además, que estos subsistemas tienen objetivos propios. A esto se debe que la unidad superior coordine, más que controle, a las unidades inferiores. El modelo, entonces debe basarse en las interacciones de las unidades inferiores. De hecho, de nuevo se llega a una agregación, sin embargo cada unidad inferior debe agregar sus variables locales en variables pertinentes a las necesidades de la unidad superior.

RELACIONES DE LAS UNIDADES INFERIORES

Las unidades inferiores afectan a las unidades superiores directamente al proveerlas de información requerida, o indirectamente a través de la decisión elegida, ya que el éxito final de la unidad superior depende del desempeño de los sistemas del nivel inferior. En el intercambio de información anterior a la toma de la decisión, la unidad superior tiene supremacía sobre las unidades inferiores y puede solicitar la información que desee. Normalmente, esta información se refiere a la decisión que la unidad inferior está a punto de tomar, o más generalmente, se refiere a la evaluación del proceso de decisión inferior. Las unidades inferiores, a su vez, pueden utilizar la información mandada a la unidad superior como una variable de decisión adicional para asegurar una mejor posición para ellas mismas.

Sin embargo, si el proceso es dinámico, y se considera una intervención posterior, las unidades inferiores deben tomar en cuenta que una diferencia importante entre la información suministrada en el período anterior a la toma de decisión y el evento subsecuente real, puede alentar una respuesta desfavorable de la unidad superior.

COORDINABILIDAD

El coordinar a unos subsistemas es influenciarlos de tal manera que funcionen o actúen armoniosamente, tal como debería ser la coordinación de las actividades de individuos o grupos de individuos dentro de las organizaciones. Para hacer operativa esta idea de coordinación se debe definir más explícitamente lo que significa "actuar armoniosamente". En general, esto se hace con respecto a una meta u objetivo; las partes de una organización se coordinan con

respecto a un objetivo global, de manera que éste alcance tal objetivo.

La coordinación de la unidad de decisión superior, que trata de causar un funcionamiento armonioso del sistema de decisión inferior. El éxito de la unidad superior en su tarea se juzga con respecto a una meta u objetivo global dado para el sistema. Ya que las unidades inferiores operan para satisfacer sus metas individuales propias, en general, se desarrolla un conflicto entre ellas y resulta en la no consecución del objetivo global prescrito. La tarea del coordinador es precisamente la reducción de las consecuencias de tal conflicto intra-organizacional si no las de -- eliminarlas del todo.

Se puede afirmar que los objetivos en una jerarquía son -- problemas de decisión. Existen dos nociones de coordinabilidad. Se describirán en el contexto de un sistema de dos niveles. Una es la coordinabilidad relativa a un problema de decisión superior, mientras que la otra noción es la -- coordinabilidad relativa a un problema de decisión global.

Considérese el proceso P . Sea $P(x,D)$ definido por todos los pares (x,D) , donde D es un problema de decisión arbitrario.

$$P(x,D) \equiv x \text{ es una solución de } D$$

Luego el predicado $(P(x,D))$ es verdadero si y sólo si D es un problema de decisión y x es una de sus soluciones.

Sea D_0 el problema de decisión superior dado, y para cada entrada de coordinación (orden) ' y ', sea $D_i(y)$ el problema de inserción específico para la unidad i -ésima de decisión y sea $D'(y)$ el conjunto $[D_1(y), \dots, D_n(y)]$ de estos

problemas.

- Coordinabilidad en Relación al problema Superior de Decisión.

Se puede decir que los problemas de decisión inferiores son coordinables con respecto al problema de decisión superior si y sólo si se cumple la siguiente proposición:

$$(\exists x)(\forall y)[P(x, D'(y)) \rightarrow P(y, D_0)] \dots 1$$

Entonces, la coordinabilidad con respecto al problema de decisión superior requiere que tenga una solución, y que parta alguna entrada de coordinación y, que resuelve el problema, el conjunto $D'(y)$ de los problemas de decisión inferiores también tenga una solución.

La unidad de decisión superior afecta a las inferiores a través de la coordinación. El hecho de que si una intervención de coordinación resuelve el problema de decisión superior puede expresarse en términos de las salidas de las unidades de decisión inferiores.

La dependencia del problema de decisión en las salidas de las unidades inferiores puede expresarse formalmente como:

$$P(y, D_0) \leftrightarrow (\exists x)[Q_0(x, y)] \dots 2$$

donde $Q_0(y, x)$ es un predicado dado definido para todos los pares (x, y) , en Y, X , donde Y es el conjunto de todas las posibles intervenciones de coordinación y X es el producto cartesiano de los conjuntos x_i de decisiones inferiores

$$X = x_1 * x_2 * \dots * x_n$$

La condición 2 simplemente establece que una intervención de coordinación dada y , resuelve el problema superior de decisión si, y sólo si existe una decisión inferior x , correspondiente, tal que la condición expresada por el predicado $QO(y,x)$ se satisfaga. El problema de decisión inferior es, entonces, encontrar y en Y tal que $QO(y,x)$ sea cierta para la decisión x que es la salida de la unidad inferior de decisión. Sustituyendo 2 en 1 llegamos a la proposición:

$$(\exists y)(\exists x)[P(x,D'(y)) \wedge QO(y,x)]$$

como la expresión de la coordinabilidad en relación con el problema de decisión superior.

- Coordinabilidad con Respecto a un Problema Global de Decisión Dado.

El problema de decisión global se define como una norma en términos del proceso completo, por lo que su conjunto de decisión puede tomarse como el objeto de control M . Luego, con la información de retroalimentación fija, las entradas de coordinación aplicadas al proceso global dependen sólo de las decisiones de las unidades inferiores; por esto, sea la entrada de control expresada por el mapeo $pm: x \rightarrow M$. Entonces se puede decir que los problemas de decisión inferiores con coordinables con respecto al problema de decisión global D , si y sólo si la siguiente proposición se cumple:

$$(\exists y)(\exists x) [P(x,D(y)) \wedge P(pm(x),D)]$$

La coordinabilidad con respecto a un problema de decisión global, significa simplemente que el coordinador puede ser hecho influenciar a las unidades de decisión inferior-

res tal que su acción resultante satisfaga el problema - global de decisión dado.

POSTULADO DE CONSISTENCIA

Para el funcionamiento exitoso de un sistema de niveles múltiples, es esencial que las metas de los subsistemas estén en armonía. En particular, la necesidad de la armonía entre el objetivo general de un sistema jerárquico y las metas de sus subsistemas ha sido reconocidas en muchos distintos contextos. Es interesante la frase de Galbraith, quien apuntó la necesidad de la armonía entre tres tipos de metas que pueden reconocerse en la sociedad:

"La relación entre la sociedad en general y una organización debe ser consistente con la relación entre la organización al individuo. Debe existir una consistencia en las metas de la sociedad, la organización y el individuo"

El se refiere a esto como el principio de Consistencia y argumenta su validez en el contexto de cualquier sistema social y en particular en el llamado sociedad industrial.

En un sistema de dos niveles, existen tres tipos de metas, descritos formalmente por tres tipos de problemas decisionales: El global, el superior y el inferior. La congruencia entre estas metas, y conjuntamente, el postulado de consistencia en este contexto, puede formalizarse como -- una proposición lógica de las siguientes observaciones:

i) Las unidades inferiores de decisión de un sistema de dos niveles, son los únicos subsistemas en contacto directo con el proceso. Si ha de lograrse la meta global, tendrá que ser a través de la acción de las acciones inferiores; estas unidades inferiores deben ser coordinables con

respecto al problema de decisión global dado.

ii) La unidad de decisión superior, a través de la coordinación, afecta a las unidades de decisión inferiores, pero de manera que se promueva a su propio objetivo; el coordinador selecciona sus intervenciones para perseguir su propio objetivo. Los problemas de decisión inferiores entonces, deben ser coordinables en relación al problema de decisión superior.

iii) El problema global está esencialmente fuera del sistema de dos niveles. Una de las unidades dentro de la jerarquía se encarga específicamente de la solución del problema global y así de la persecución de los objetivos globales aunque el problema sea definido en términos del proceso general.

De manera de que exista una congruencia entre los problemas de decisión, y por lo tanto de las metas dentro del sistema, la coordinación de los problemas inferiores de decisión con respecto al problema de decisión superior debe estar relacionada con el problema de decisión global.

La relación de consistencia deseada está dada por la siguiente proposición:

$$(\forall y)(\forall x)[(P(X, D'(y)) \wedge Q_0(y, x)) \rightarrow P(X, D'(y)) \wedge$$

$$(P(p_m(x), D))]$$

Al cual se referirá como el postulado de consistencia para un sistema de dos niveles. Si se cumple esta proposición en un sistema de dos niveles dado, se puede afirmar que los problemas o metas de decisión asociados con el sistema son consistentes.

El postulado establece que los problemas de decisión inferiores se coordinan con respecto al problema de decisión global en el momento en que se coordinan con respecto al problema de decisión superior. Si los problemas de decisión del sistema dado de dos niveles son consistentes, el objetivo global se logra cuando la unidad superior de decisión coordina a las unidades inferiores en relación a su propio objetivo.

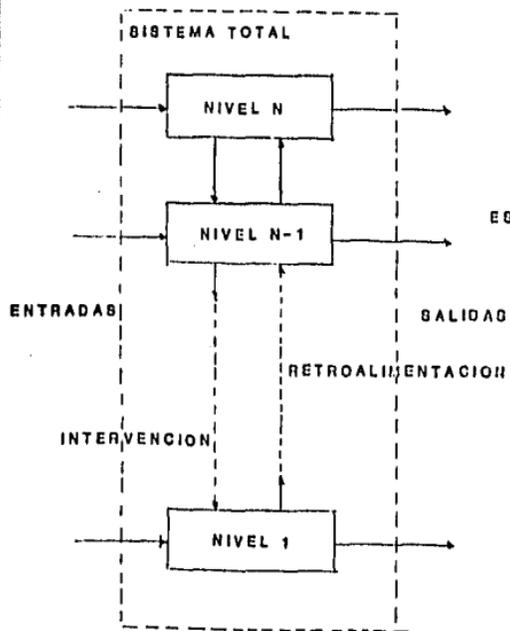


FIG 20

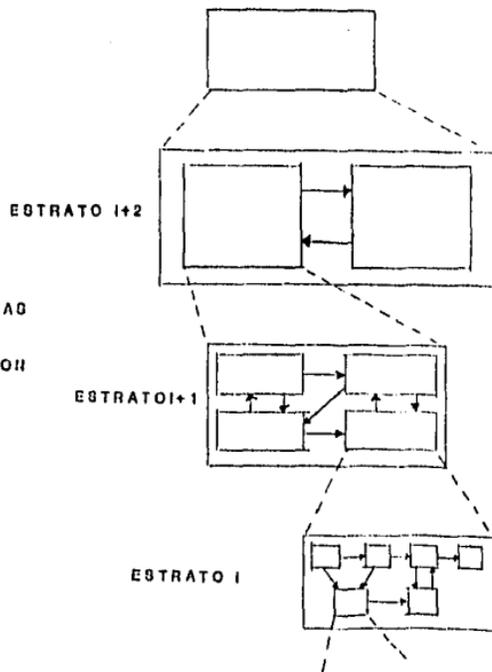


FIG 21

SISTEMA DE TOMA DE DECISIONES

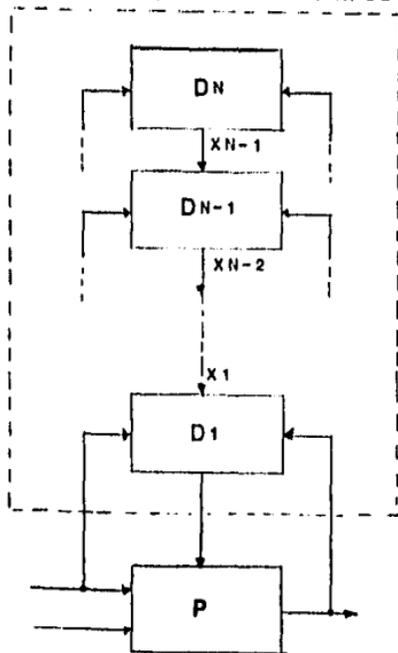


FIG 22

JERARQUIA DE TOMA DE DECISIONES

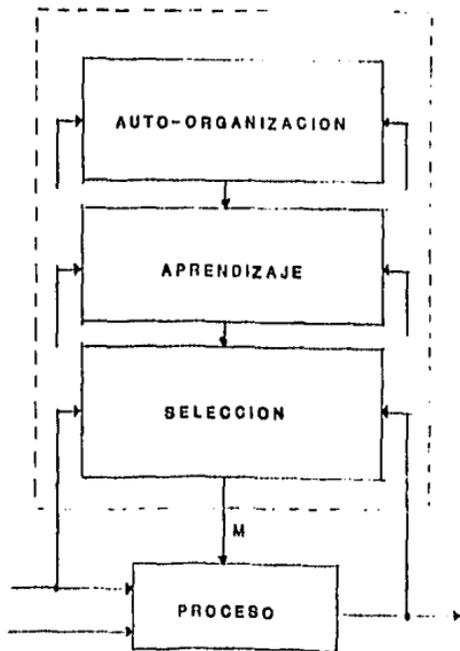


FIG 23

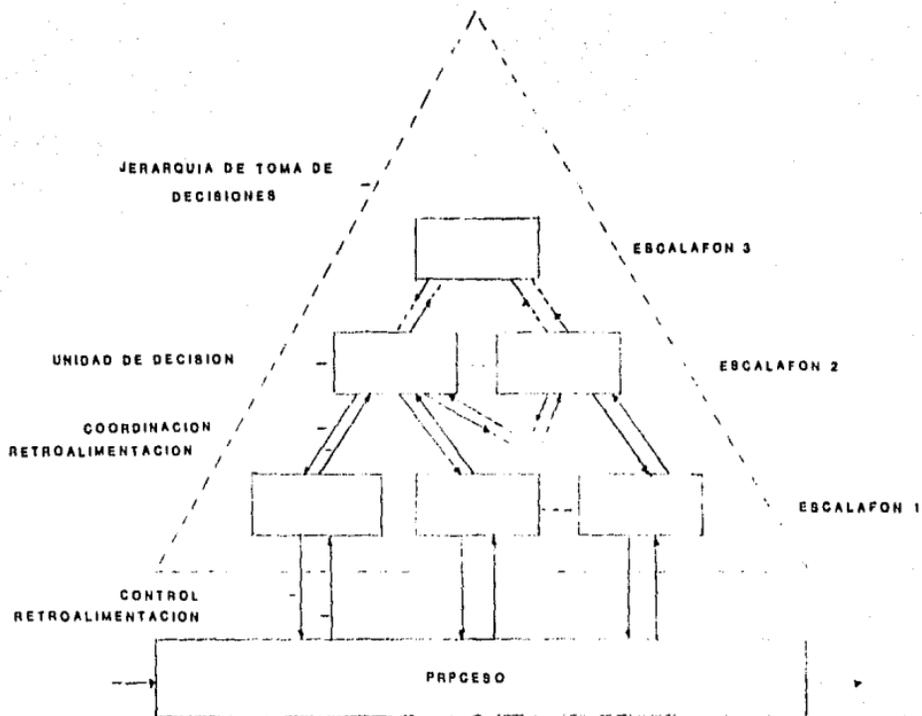
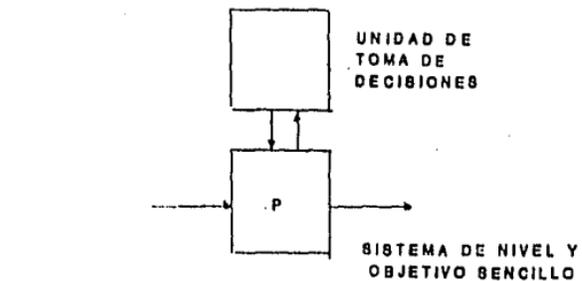
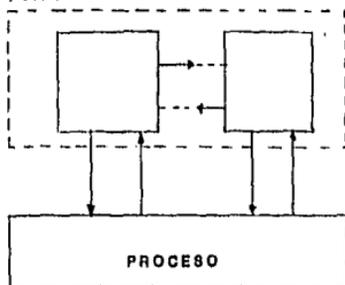


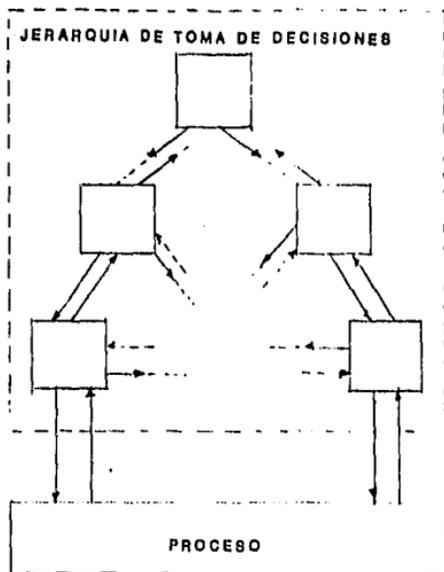
FIG 24



SISTEMA DE TOMA DE DECISIONES

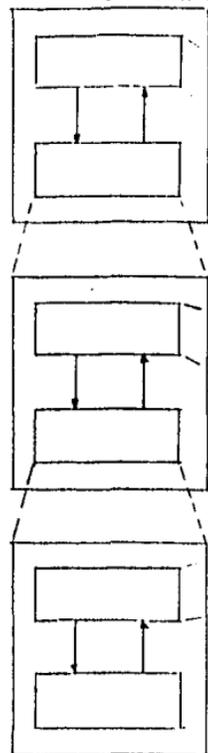


SISTEMA DE UN NIVEL Y DE OBJETIVOS MÚLTIPLES



SISTEMA DE NIVELES Y OBJETIVOS MÚLTIPLES

ESTRATIFICACION DEL SISTEMA COMPLETO



CAPAS DE DECISION DE LA FUNCION COMPLETA

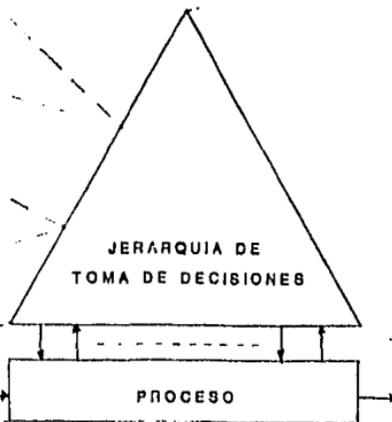
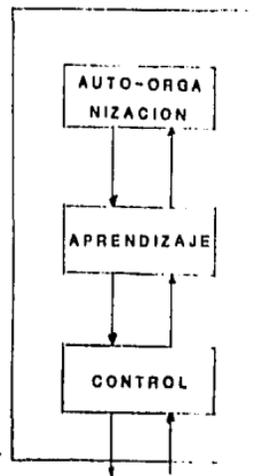


FIG 26

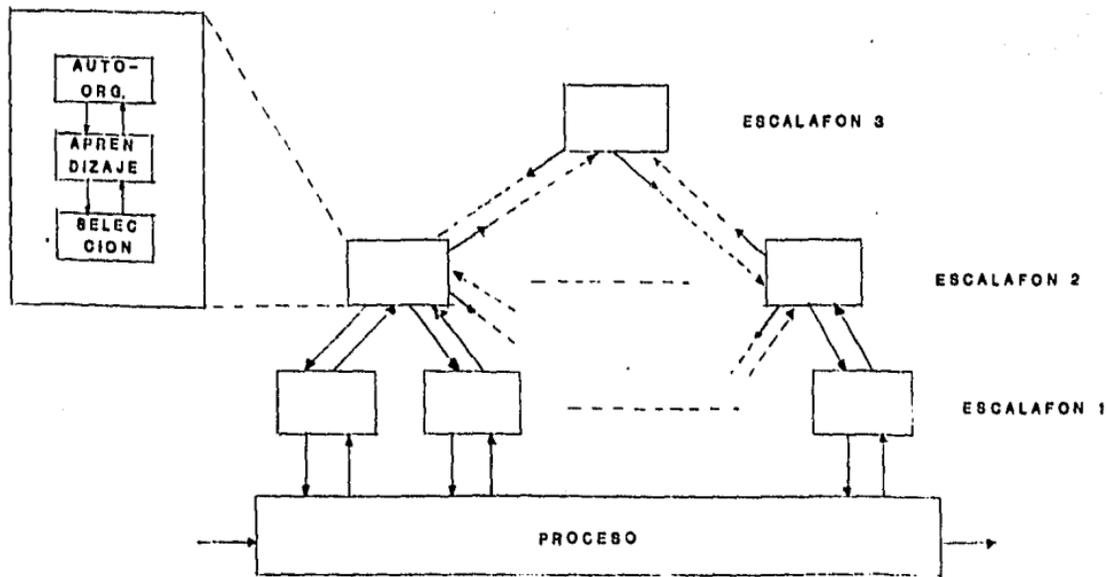


FIG 27

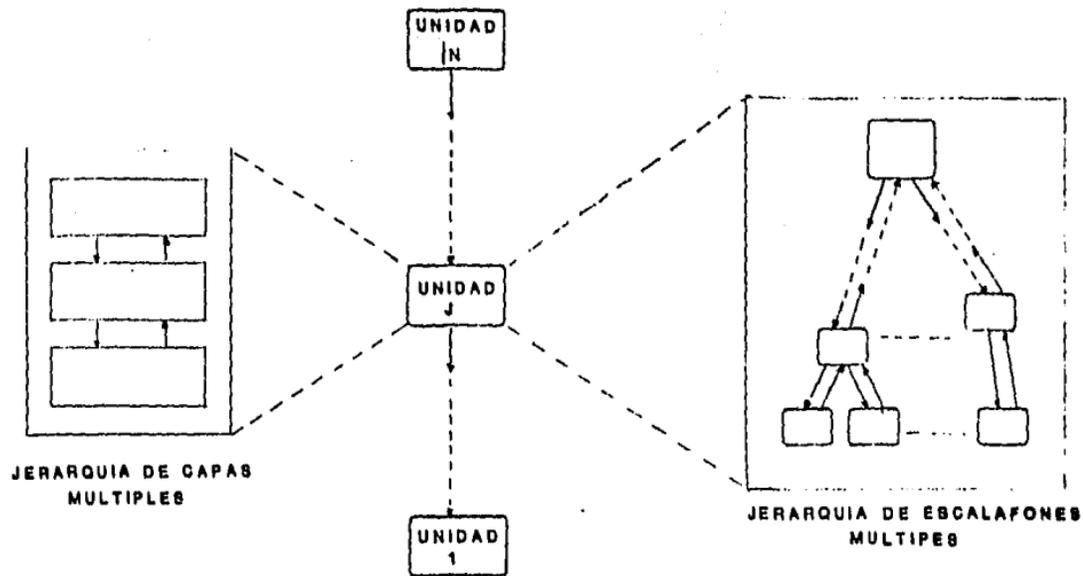


FIG 28

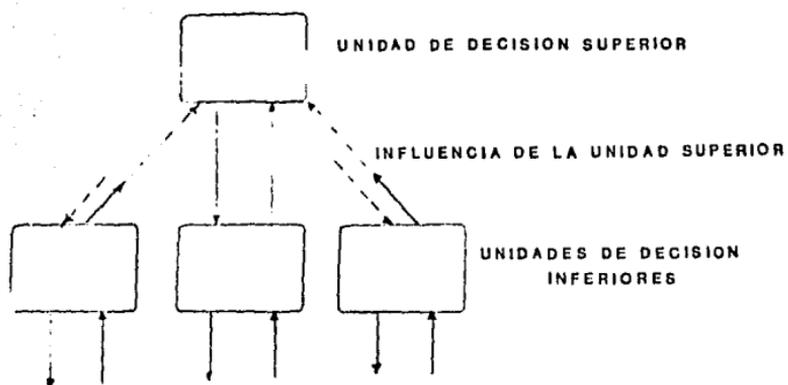


FIG 29

Este capítulo fue preparado utilizando material de:

- MESAROVICH, MD; MACKD D; TAKAHERA Y.
"Theory of Hierarchical Multilevel Systems"
Academic Press, New York, 1970.

G L O S A R I O

GLOSARIO

ABC

Sistema de reorden para materiales a inventarios. Involucra el control muy estricto de los materiales con un movimiento mayor, un control medio sobre materiales de un movimiento intermedio y un control muy superficial sobre materiales de poco movimiento.

BOMP

Bill of Materials Processor Program. Programa procesador de listas de materiales. Un programa una estructura de - datos de archivos ligados. Fue una de las primeras aproximaciones a una base de datos como se conoce actualmente.

Bug

Error intermitente de hardware o software que pueden resultar en pérdida o daño a la información del sistema.

CAD

Computer Aided Design. Diseño Asistido por Computadora. El diseño, ya sea geométrico, funcional, constructivo, estructural, etc., ayudado por computadora. Al hacerlo interactivo, evita la lentitud asociada con esta actividad, al liberar al diseñador de las tareas monótonas y repetitivas y dejarlo concentrar en la función creativa.

CAM

Computer Aided Manufacture. Manufactura Asistida por Computadora. Una vez realizado el diseño del producto, la geometría de la pieza, el uso de la herramienta, la simulación del movimiento de la herramienta, los programas de

control numérico, etc., son generados por este software.

DB

Data Base. Base de Datos. Banco de información, serie de archivos interconectados, de manera de poder hacer sorteos y búsquedas entre ellos de una manera muy ágil, de los datos necesarios.

DBA

Data Base Administrator. Administrador de la Base de Datos Sistema de aplicación que facilita el mantenimiento de la base de datos, tratando de mantener la integridad del sistema.

DBMS

Data Base Mananging System. Sistema de Manejo de Bases de Datos. Sistema que accesa, recupera y almacena información dentro de una base de datos.

DEC

Digital Electronic Corporation. Empresa manufacturera de equipo y hardware computacional.

Downlink

Download

La transferencia de información entre un sistema computacional jerárquicamente alto a uno más bajo.

DSS

Decision Support System. Sistema de toma de decisiones. Sistema computacional dedicado a la manipulación de información con el fin de facilitar la toma de decisiones.

EOQ

Economic Order Quantity. Tamaño Económico del Lote. Método para averiguar el tamaño del lote óptimo para producción, inventarios, tomando en cuenta el costo de la orden, el costo unitario por período de tiempo, etc.

Flow Shop

Tipo de producción en serie. En su extremo asemeja un flujo debido a su continuidad.

FMS

Flexible Manufacturing Systems. Sistemas Flexibles de Manufactura. La combinación de la tecnología de grupos tecnológicos con la automatización. Estas "mini líneas de producción automatizadas" permiten aprovechar las ventajas de la producción en serie, reteniendo cierta flexibilidad de operación para producir variantes de la misma familia de productos.

Hardware

Elementos tangibles, físicamente materiales, de un sistema computacional.

JIT

Just in Time. Justo a Tiempo. Tecnología y filosofía en cuanto al mantenimiento de inventarios nulos, a través de la llegada "justa" de los materiales a la planta productiva.

Mainframe

Computadora-'Grande', de gran capacidad de usuarios y procesamiento. Normalmente sirven de anfitriones o hosts a sistemas computacionales menores. Son la categoría más -

grande de computadoras.

Microcomputadora

Computadora chica, para un sólo usuario, tradicionalmente. Ahora con capacidad para algunos usuarios adicionales con los nuevos sistemas operativos multiusuarios.

Minicomputadora

Computadora de tamaño intermedio. Tradicionalmente referidas como las computadoras más pequeñas que soportan a varios usuarios. Sin embargo ahora las super-micros tienden a borrar esta distinción.

MRP

Materials Requirement Planning. Planeación de Requerimientos de Materiales. La planeación de los requerimientos de materiales a través del tiempo, incluyendo volúmenes, a través del desglose de la lista de materiales.

MRPII

Manufacturing Resource Planning. Planeación de Recursos de Manufactura. La planeación de los requerimientos de volúmenes de recursos a través del tiempo de mano de obra, materiales, energía, etc.

Software

Serie de instrucciones lógicas programadas en algún medio de memoria con algún fin determinado.

SIP

Sistema de información de Planta. Sistema computacional jerárquicamente bajo que permite la captura de datos a nivel de piso de planta.

SMIC

Sistemas de Manufactura Integrados por Computadora.

Uplink

Upload

La transferencia de información entre un sistema computacional jerárquicamente bajo a uno más alto.