

**UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA
IZTAPALAPA**

DIVISION:

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

**AUTOMATIZACION INTEGRADA DE LA
FABRICACION Y LOS SERVICIOS**

**TESINA QUE PARA OBTENER EL TITULO
DE LIC. EN ADMINISTRACION**

PRESENTA:

GISELA CAÑAS VILLANUEVA

MATRICULA: 92226141

ASESOR:

MTRO. ALFREDO ROSAS ARCEO

ABRIL, 1997.

Alfonso
V. B.

16 / ABRIL / 97

DEDICATORIA

A DIOS MI SEÑOR
POR PERMITIRME LA VIDA
PARA CONCLUIR ESTE TRABAJO,
PORQUE ES ESCUDO ALREDEDOR DE MI,
MI GLORIA Y EL QUE LEVANTA MI CABEZA.

A MI MADRE Y ABUELITA QUERIDAS
POR TODOS LOS AÑOS DE APOYO, COMPRENSION, AMOR Y
CONSEJOS, PORQUE GRACIAS A USTEDES PUDE CUMPLIR
UNO MAS DE MIS SUEÑOS Y PORQUE HAN ESTADO CONMIGO
EN LOS MOMENTOS MAS DIFICILES DE MI VIDA. GRACIAS
POR SU PACIENCIA Y ESmero, Y POR DARME LA OPORTU-
NIDAD DE DEMOSTRARLES CUANTO LAS AMO. SON LO MAXIMO.

A MI BISABUELITA TATILUPE
CON TODO MI CORAZON, PORQUE SIEMPRE QUISISTE
VER ESTE SUEÑO TERMINADO.

A MIS HERMANOS
DANIEL Y XAVIER. GRACIAS POR SER TAN LINDOS
SIEMPRE ESTAREMOS JUNTOS.

A ALBERTO RAMIREZ M.
PORQUE MUCHO DE ESTE TRABAJO LO DEBO A TI.
GRACIAS POR TU APOYO INCONDICIONAL, POR TU
PACIENCIA, DESEOS DE AYUDARME Y POR ENSEÑARME
CON AMOR MUCHO DE LO QUE AHORA SE.

AL MTRO. ALFREDO ROSAS ARCEO
SIN CUYO ASESORAMIENTO, HUBIERA SIDO IMPOSIBLE
TERMINAR ESTA TESINA. GRACIAS POR SUS CONSEJOS,
PACIENCIA Y SOBRE TODO POR LA CONFIANZA QUE TUVO EN MI.

INDICE

| | PAGINA |
|---|--------|
| INTRODUCCION | 1 |
| | |
| CAPITULO I | |
| <i>La automatización del subsistema de operaciones.</i> | 3 |
| 1.1. Antecedentes de la automatización. | 3 |
| 1.2. Automatización de bajo costo. | 11 |
| 1.3. Tecnología de grupos (TG). | 12 |
| 1.4. Automatización flexible. | |
| 1.5. Manufactura sincronizada. | 21 |
| | |
| CAPITULO II | |
| <i>La automatización de la fabricación.</i> | 23 |
| 2.1. Máquinas herramientas de control numérico (CN). | 23 |
| 2.2. Máquinas herramientas de control computarizado (CC). | 25 |
| 2.3. Robots industriales. | 26 |
| 2.4. Sistemas flexibles de fabricación (SFF). | 30 |
| | |
| CAPITULO III | |
| <i>La automatización integrada de la fabricación.</i> | 34 |
| 3.1. El concepto de Sistemas de Manufactura Integrados por Computadora (SMIC). | 34 |
| 3.2. El concepto de SMIC y el diseño organizativo. | 36 |
| 3.3. La integración técnica en SMIC. | 40 |
| 3.4. Diseño Asistido por Ordenador (DAC) e Ingeniería Asistida por Ordenador (IAC). | 41 |
| 3.5. Manufactura Asistida por Computadora (MAC). | 46 |
| | |
| CAPITULO IV | |
| <i>La implementación del SMIC.</i> | 50 |
| 4.1. La implementación del SMIC y la estrategia de recursos humanos. | 50 |
| 4.2. Principios generales para la implementación eficaz de un SMIC. | 51 |
| 4.3. Problemas organizativos que dificultan el éxito del SMIC. | 52 |

M.C.
 IT-657/02.

| | |
|--|-----------|
| 4.4. Problemas tecnológicos que dificultan el éxito del SMIC. | 53 |
| 4.5. Valoración de las oportunidades de inversión en SMIC. | 54 |
| CAPITULO V | |
| <i>La automatización de los servicios.</i> | 56 |
| 5.1. Analogías en el diseño de servicios y manufacturas. | 56 |
| 5.2. Principales modalidades de automatización en los servicios. | 57 |
| §.2.1. Intercambio electrónico de datos. | 57 |
| 5.2.2. Servicios de información electrónica On-Line. | 59 |
| 5.2.3. Sistemas de mensajería electrónica. | 60 |
| 5.2.4. Sistemas de comunicación e información conectados. | 61 |
| 5.2.5. Código de barras. | 61 |
| 5.2.6. Sistemas informatizados para la gestión de la superficie de ventas. | 62 |
| CAPITULO VI | |
| <i>Caso práctico en la empresa IBM.</i> | 63 |
| Introducción | 63 |
| Antecedentes | 64 |
| Análisis | 65 |
| Objetivos | 67 |
| Comparación económica | 67 |
| Resultados | 71 |
| Conclusión del caso práctico | 73 |
| CONCLUSIONES | 75 |
| BIBLIOGRAFIA | 77 |

| |
|--|
| <p>TEMA: AUTOMATIZACION INTEGRADA DE LA FABRICACION Y LOS SERVICIOS</p> |
|--|

OBJETIVO:

Destacar la importancia de los sistemas de manufactura integrada por computadora en las tendencias actuales de producción dentro de las empresas productoras de bienes y servicios.

HIPOTESIS:

Si las filosofías actuales de producción tienden a un sistema flexible de fabricación, entonces el sistema de manufactura integrada por computadora es esencial para producir de manera flexible un bien o servicio de modo que la empresa asegure su participación en el mercado e incremente su ventaja competitiva.

JUSTIFICACION:

Actualmente las empresas tienden a una globalización y para poder competir en el primer mundo y considerarse una empresa de manufactura de clase mundial debe de disponer de la tecnología más avanzada para lograr sus objetivos como el uso de robots industriales, el uso de controladores lógicos programables y de tecnologías del tipo SMIC.

Al hablar de todo esto es necesario hablar del Tratado de Libre Comercio (TLC), ya que desde el siglo XX, México realizó profundas transformaciones. De la revolución de 1910 emergió un país dinámico y pujante que transitó de una economía, predominantemente agrícola, a una industrial que ocupa hoy el decimoquinto lugar entre las naciones del mundo.

Gracias a la apertura comercial realizada en la década de 1980, México se convirtió en un exportador de productos no petroleros. Las exportaciones totales de México,

incluyendo maquila, ascendieron a 41,122 millones de dólares en 1990, y para 1996 las exportaciones ya habían aumentado a 176,890 millones de dólares.

De ese total, el 73% se dirigió a Estados Unidos, lo que hace de México su tercer socio comercial después de Canadá y Japón.

En 1990, las principales exportaciones de México a Estados Unidos, por su valor, fueron combustibles, turbinas y artefactos mecánicos, material eléctrico, legumbres y hortalizas. México es primer proveedor a Estados Unidos en televisores de color, radio-grabadoras, conductores eléctricos aislados, aparatos eléctricos, ganado bovino, cobre, tequila, zinc, entre otros productos.

Así que, con un TLC entre México, Canadá y Estados Unidos se crea la zona de libre comercio más grande del mundo con 356 millones de habitantes y un producto interno bruto (PIB) de seis millones de millones de dólares, que supera a la comunidad Europea y a la Cuenca del Pacífico.

La competencia internacional se agudiza, los países se agrupan para sumar esfuerzos y los que no lo hagan se atrasarán. La Revolución Científica y tecnológica permite producir mayores cantidades de bienes, mejor hechos y más baratos que compitan en todos los mercados y para lograrlo necesitan:

- Reglas claras y permanentes que aseguren un clima de confianza.
- Acceso a tecnologías variadas.
- Sumar y aprovechar las ventajas de cada país.
- Especialización en la producción de ciertos productos.
- Mercados amplios que permitan bajar el costo por unidad producida.

Los países que no se incorporen a esta nueva dinámica de cambio corren el riesgo de quedarse solos, sin nuevas tecnologías, fuera de las corrientes de inversión y sin acceso a los grandes mercados. Ello se traducirá en falta de empleos, bajo salarios y productos caros o de mala calidad. Por todo lo anterior considero importantísimo hablar de algo nuevo e innovador que se pueda llevar a cabo en las empresas mexicanas que cuentan con los recursos materiales, económicos y humanos para poder tener una tecnología de punta.

INTRODUCCION

La presente tesina es un trabajo que trata un tema reciente, amplio e interesante que las grandes empresas a nivel mundial están implementando dentro de sus sistemas productivos: La automatización integrada de la fabricación y lo servicios.

El título por sí solo nos dice mucho, sin embargo es necesario analizar la forma en que se lleva a cabo y cuáles son los elementos necesarios que se requieren para poder lograr una automatización integrada excelente.

El capítulo I, se inicia con la automatización del subsistema de operaciones en donde se mencionan antecedentes de la automatización, automatización de bajo costo, tecnología de grupos, automatización flexible y manufactura sincronizada. En este capítulo veremos como la manufactura ha envuelto desde un simple y relativo sistema de producción de herramientas dentro de un taller de trabajadores individuales hasta un moderno y reciente sistema de fábrica altamente mecanizado por la fuerza de trabajo.

En el capítulo II, se habla de la automatización de la fabricación, una vez conocidos los antecedentes a la misma, se describe lo que son las máquinas herramientas de control numérico, computarizado, robots industriales cuyo tema es muy interesante y nos ofrece una variedad de alternativas para nuestra producción y también están los sistemas flexibles de fabricación, término que ha sido ocupado para llamar a una amplia variedad de sistemas productivos con diferentes capacidades y características.

El capítulo III, se refiere a la automatización integrada de la fabricación en donde entra el concepto de los sistemas de manufactura integrados por computadora (SMIC) su integración, el diseño organizativo así como el diseño asistido (DAC) computadora y la ingeniería asistida por computadora (IAC). Todo lo anterior forma parte fundamental de la base de esta tesina, es decir todo gira sobre el SMIC, su desarrollo e interfases.

Una vez estudiados los conceptos anteriores y analizadas algunas ventajas y desventajas el capítulo IV menciona la implantación del SMIC, la estrategia que utilizan los recursos humanos, los principios generales para una implantación eficaz, los problemas organizativos y tecnológicos, así como también la valoración de oportunidades de inversión en SMIC.

Es importante tomar en cuenta la importancia de la flexibilidad de las operaciones para la competitividad de la empresa que se ha manifestado durante la década pasada de acuerdo a la tasa de cambio tecnológico y económico que se ha acelerado, y muchos mercados y consumidores se han hecho ya internacionales.

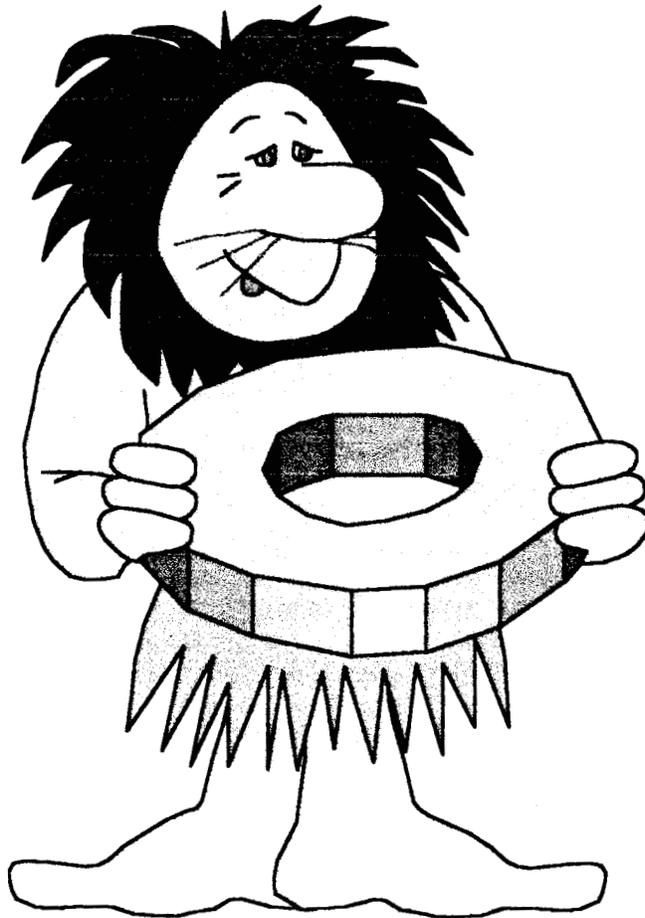
El capítulo V, nos habla de la automatización de los servicios, una vez visto el SMIC y todo su entorno es fácil de ver las analogías en el diseño de servicios y manufacturas, las principales modalidades de automatización en los servicios, el intercambio electrónico de datos, los servicios de información electrónica on-line, los sistemas de mensajería electrónica, los sistemas de comunicación e información conectados, los códigos de barra y los sistemas informatizados para la gestión de la superficie de ventas.

En dicho capítulo se destaca una diferencia crucial entre la manufactura y los servicios que es el mayor número de actividades involucradas en la generación de los servicios. La falta de estandarización es, precisamente, el motivo principal del retrasado progreso que existe en la automatización de los servicios actual. No obstante, la creciente flexibilidad está permitiendo tener mejores resultados en ciertas áreas.

Finalmente el capítulo VI, explica a ustedes el caso práctico realizado en la empresa IBM, siendo ésta uno de las pocas compañías a nivel mundial que está implementando el SMIC en sus procesos productivos, se da una breve introducción de la empresa, antecedentes, el análisis, los objetivos que persigue así como una comparación económica con sus resultados. Espero sea claro mediante este ejemplo que realmente se aplica el SMIC, sin embargo, hay que enfrentar una serie de obstáculos para poder pulir los pequeños detalles que aún IBM con la magnitud de poder que tiene, debe saber resolver. El capítulo pone en práctica todos los conocimientos adquiridos y los capítulos anteriores, aquí se ilustra la forma en que IBM logra una eficiencia económica, productiva y en su personal mediante la implantación de un SMIC.

CAPITULO I

LA AUTOMATIZACION DEL SUBSISTEMA DE OPERACIONES



CAPITULO I

LA AUTOMATIZACION DEL SUBSISTEMA DE OPERACIONES

1.1. ANTECEDENTES DE LA AUTOMATIZACION

HISTORIA DE LA MANUFACTURA

La manufacturá es el proceso por el cual las materias primas son fabricadas y ensambladas en productos terminados. La manufactura ha envuelto desde un simple y relativo sistema de producción de herramientas dentro de un taller por trabajadores individuales hasta un moderno sistema de fábrica altamente mecanizado por la fuerza de trabajo. Esto nos lleva a la manufactura en los Estados Unidos, la cual en sus primeros años en muchos aspectos recapitula la duración del desarrollo en Europa y sus paralelos a través de los siglos XIX y XX.

LA MANUFACTURA COLONIAL

A través del periodo colonial las materias primas producidas por los consumidores locales fueron en su mayoría para la casa o el taller de manufactura. Particularmente en las áreas rurales, el hilar o entretejer cosas hechas de lana fue común en la mayoría de las casas, como lo fue el hacer zapatos. Las demandas del consumidor en los pueblos coloniales fueron usualmente suplidas por las importaciones o por los hombres calificados en artesanías que trabajaban en pequeños talleres, quienes producían una variedad de utensilios, tales como, trajes sastres, jabón, velas, papel y vino.

El único poder disponible para la manufactura colonial, aparte de la fuerza ejercida por los hombres o animales, venía de el molino de agua, el cual fue usado principalmente en la producción de harina o madera.

DE LA REVOLUCION A LA GUERRA CIVIL

La revolución americana tuvo un pequeño impacto en la organización de la manufactura. Para fines del siglo XVIII, sin embargo, las fuerzas de cambio fueron teniendo fuerza mientras la ciudad volteaba su atención a el desarrollo de fuentes domésticas de productos y a la exploración del potencial económico de la región más allá de la costa del Atlántico.

Por 1860, la migración había alcanzado la costa del Pacífico y había empezado a expandirse en las áreas más prolíferas en el interior. Una creciente marea de inmigración más un alto rango de nacimientos domésticos combinados con una creciente población de 3.9 millones en 1790 a 31.5 millones en 1860 provocó un cambio, ambos aspectos: el crecimiento de la población y su movimiento hacia el oeste abrió oportunidades económicas para los estados del este.

En contra de este historial de la manufactura empezó a expandirse y adquirir algunas de sus modernas características. Muchos de los estímulos para su desarrollo vino de la Gran Bretaña, la cual estaba a mitad de la Revolución Industrial. Ciertas técnicas básicas de manufactura desarrolladas por los británicos durante ese periodo, notablemente el sistema de fábrica de la organización industrial y el uso de la gasolina para la energía, probó la adaptabilidad especialmente en la situación en que se encontraba Estados Unidos.

La relativa escasez de la labor en el nuevo mundo comparada con la adecuada fuerza de trabajo en Gran Bretaña hizo el sistema de fábrica particularmente atractivo para los empresarios americanos.

PRINCIPIOS DEL SISTEMA DE FABRICA EN LOS ESTADOS UNIDOS

En 1790, Samuel Slater, un empleado eventual de Richard Arkwright quien había aprendido los métodos más recientes para el hilado mecanizado del algodón en Inglaterra, construyó exitosamente el equipo para una fábrica de hilar en Pawtucket, R.I.

El éxito de Slater no sólo lanzó la industria textil del algodón doméstico sino que además estableció el modelo para el futuro crecimiento de la manufactura en los Estados Unidos. El progreso inicial fue lento, sin embargo, como era difícil adquirir los modelos de las primeras máquinas para la producción de la fábrica, el trabajo fue escaso, y el capital necesario para empezar inclusive un molino pequeño no fue fácil de obtener.

Para mitad de siglo la mayoría de estos problemas habían sido superados. Encarada con una escasez de fondos acumulados, los empresarios adoptaron la corporación como un recurso para obtener capital.

Un grupo expansivo de mecánicos habilitados incrementó la disponibilidad de la maquinaria, y sueldos más altos atrajeron a los trabajadores a operar las máquinas. Para este

periodo, el sistema de fábrica había sido extendido en la producción de madera, harina, zapatos, papel y hierro.

Primariamente dependiendo del poder del agua para la energía, el movimiento fue confinado ampliamente hacia Massachusetts, Connecticut, Rhode Island y Pennsylvania.

A principios de 1810, la presión de economizar sobre el uso del trabajo, particularmente el trabajo habilitado, había causado dos innovaciones técnicas: -un proceso continuo de manufactura y una producción de partes intercambiables- que fueron para distinguir los métodos de manufactura de los Estados Unidos de aquéllos seguidos fuera de los Estados Unidos.

PRODUCCION DE UN PROCESO-CONTINUO

Un proceso-continuo de manufactura, en el cual la producción está tan arraigada que los materiales se mueven suavemente a través de procesos sucesivos, fue originado por Oliver Evans, quien en 1784 introdujo el sistema en un molino de harina que había construido en Delaware. Con el fin de reducir al mínimo la cantidad de labor envuelta en el proceso del molino, Evans diseñó un sistema transportador de potencia que movía el grano de una máquina a otra y de un piso a otro. Este proceso se volvió subsecuentemente una característica de las operaciones de la fábrica.

PARTES INTERCAMBIABLES

A pesar de que la idea de intercambiabilidad fue de origen Europeo, no fue hasta el siglo XIX que los creadores de brazos en Connecticut Eli Whitney y Simeon North empezaron los experimentos que los condujeron a la manufactura de las partes intercambiables, en un intento por mejorar los métodos largamente establecidos de producir armas de fuego.

Los brazos habían sido hechos previamente con herramientas por artesanos individuales; las partes de componentes no fueron intercambiables, y cada arma tenía que ser individualmente ajustada.

Así que el rompimiento de una parte de una pistola significaba que una nueva pieza tenía que ser hecha y ajustada por un experto.

Whitney y North revolucionaron el proceso de hacer armas y partieron los costos de trabajo en dos formas: entrenaban a cada trabajador para especializarlo en una parte

separable del arma, y desarrollaron herramientas y equipo de manejo poderoso capaz de cambiar lo rutinario en componentes intercambiables.

Para 1850, los avances impresionantes habían sido hechos en mejorar la velocidad y la exactitud de las máquinas utilizadas anteriormente por Whitney y North. Muchas de estas mejoras venían de la expansión de la industria máquina-herramienta, la cual para mitad de siglo estaba preparada para suplir las máquinas estandarizadas o para construir equipo especial para los clientes.

El sistema de manufactura de partes intercambiables había sido además extendido a la producción de relojes, equipo de agricultura y máquinas de tejer.

A pesar de seguir subordinada a la agricultura, la manufactura por 1860 había ganado claramente un lugar seguro en la economía de los Estados Unidos. En ese año, de acuerdo a los censos, 140,000 establecimientos manufactureros, la mayoría de ellos todavía pequeños emplearon 1.3 millones de trabajadores, 20% de la fuerza de trabajo entera de la nación, y contribuyeron con más de \$854 millones del producto nacional que era de aproximadamente \$4.2 billones.

1860-1920

Durante el periodo entre la guerra civil y el final de la Primera Guerra Mundial, la economía de Estados Unidos adquirió la mayoría de sus modernas características. El cambio que permanece sobre todos los demás fue el cambio de una economía agrícola a una economía industrial, un cambio que para 1890 hizo de los Estados Unidos la nación industrial líder en el mundo.

En gran parte, el cambio reflejó la influencia de la manufactura en diversas mejoras en la tecnología. Una mejora fue la introducción de métodos más flexibles y eficientes de usar la energía, notablemente la expansión y adopción de la alta presión y la utilización de la electricidad.

Estos desarrollos no solo relevaron a los manufactureros de la necesidad de colocar sitios de agua sino que además hicieron del carbón el principal recurso de energía para la producción industrial.

Un segundo factor fue un proceso improvisado de producir metales, particularmente el hierro y el acero, los cuales incrementaron la calidad de los materiales usados en la construcción de la maquinaria y equipo y en la fabricación de las materias primas.

Un tercer desarrollo fue el largo crecimiento de la industria máquina herramienta que suplió las máquinas adaptadas a los requerimientos de incrementar las operaciones de manufactura complejas.

La mejora final fue la gran escala de la tecnología de producción en masa de Henry Ford, quien en 1914 había combinado partes intercambiables y manufactura fluida continua para establecer lo que es popularmente conocido como la línea de ensamblaje.

Estos avances fueron manifestados por la proliferación de industrias mecanizadas, las cuales por la Primera Guerra Mundial fueron produciendo enormes cantidades de productos estandarizados desde carne, pan, frutas y vegetales enlatados, y bebidas en lata, ropa, relojes, despertadores, máquinas de escribir, bicicletas y maquinaria para granja.

Entre 1860 y 1920 el empleo de las fábricas alcanzó de 1.3 millones por debajo de 10 millones, mientras que medido en términos de valor agregado, creció de \$854 millones a \$24 billones. Por 1890 el sector de la manufactura había sobrepasado la agricultura como un generador del ingreso nacional; por 1920 cerca de una tercera parte del valor agregado fue más del doble que la agricultura. Este crecimiento no hubiera sido posible sin la expansión correspondiente del mercado. Básico a esta expansión fue el incremento de la población de 31.5 millones a más de 104 millones y un incremento en el ingreso per capita.

No menos importante, un gran mercado doméstico común fue la expansión de la red del ferrocarril que unió a los consumidores y los productores cientos e inclusive miles de kilómetros aparte. El abuso de la expansión de la fuerza de trabajo, tales como de 12 a 14 horas de jornada laboral y el trabajo de los niños, marcaron además esta fase de desarrollo industrial. El resultado fue el incremento y la proliferación de una fuerte unión de trabajo.

A pesar de las fluctuaciones en empleo y producción, la manufactura creció impresionantemente durante los siguientes años a la Primera Guerra Mundial. En 1977 la fuerza de trabajo de la manufactura de 20 millones fue más del doble para 1920 y se había expandido de \$24 billones a \$129 billones.

Ambas cosas, el crecimiento y la estructura de la manufactura fueron modificadas y fortalecidas por la introducción de un número de innovaciones importantes, las cuales en algunos casos dirigieron la creación de nuevas industrias y en otros las mejoras en la eficiencia productiva de las viejas.

Un crecimiento en la industria de poder eléctrico engendró una batalla impresionante de productos operados y consumidos eléctricamente, incluyendo radios, televisores, colchas, y congeladores. La combustión interna en sus varias formas -gasolina, gas y diesel- encontró aplicaciones crecientes en la industria del transporte terrestre y marítimo.

De mucha importancia es su impacto industrial fueron los desarrollos en el campo de la Química y la Ingeniería Química. Algo importante de estos desarrollos fue la introducción de métodos por los cuales productos tales como fertilizantes y caucho podían ser producidos artificialmente. Aún más innovador fue la introducción de la tecnología para la manufactura sintética de una gran variedad de materiales completamente nuevos como: las bien conocidas fibras sintéticas como el rayón y el dacrón; así como los plásticos, los cuales fueron usados en la fabricación de un sin número de productos industriales y de consumo.

Aumentando la mecanización del trabajo, un factor esencial de la evolución de los métodos de manufactura durante esos años, especialmente de la tecnología de producción en masa, fue la iniciada por Ford para la producción de refrigeradores, lavadoras y aviones los cuales requieren una exactitud en el ensamblaje. La innovación con la más grande implicación para el futuro de la manufactura en masa a gran escala fue la extensión durante los años 50's de la automatización, controles automáticos sobre procesos de manufactura. El resultado lógico de un largo camino por incrementar el uso de la maquinaria ahorrando trabajo. Plenamente desarrollada, la automatización envuelve el movimiento de materiales a través de una secuencia de producción completa bajo una guía y control de una computadora.

Un importante desarrollo en esta área en los años 70's fue el robot industrial, una máquina controlada por computadora que podía reemplazar el trabajo humano en repetitivas y difíciles tareas, tales como las soldaduras autógenas, la pintura con spray y los manejos de materiales.

Para 1970 la manufactura en Estados Unidos había empezado a sufrir con los factores que habían terminado con la dominación industrial Británica cerca de un siglo anterior: "un envejecimiento" en la planta física. El relativo paso lento de la modernización en los Estados Unidos dejó a la nación con plantas y maquinarias obsoletas comparadas por ejemplo con Japón y Alemania Occidental, quienes habían sido forzados a reconstruirlas casi completamente después de la Segunda Guerra Mundial. Los japoneses en particular, fueron rápidos para ponerse al margen en la nueva tecnología de manufactura; por 1981, por ejemplo, emplearon completamente la mitad de los robots industriales del mundo y fueron rápidamente superando a Estados Unidos en el nuevo campo de microelectrónicos, una invención de los E.U.A.

La tecnología moderna, junto con unas políticas de relaciones de trabajo innovadoras, impulsaron a los japoneses y alemanes a mostrar extraordinariamente rangos de crecimiento y productividad absolutos, mientras que en los Estados Unidos el crecimiento de la productividad se dejó caer bajo cero en 1979.

La manufactura después de la Segunda Guerra Mundial fue un cambio dramático de los recursos para el sector público de la economía tales como, tratados, transportación y comunicaciones. Esto tuvo el efecto de no ocupar empleados y escasear de fondos para el sector de la manufactura, así como incrementar las dificultades de la modernización. Además de que se veía posible que los Estados Unidos serían gradualmente reemplazados como el productor más grande del mundo en muchas áreas de la manufactura, y al mismo tiempo, las industrias de servicio indicarían el modelo que sería seguido por otras economías industrializadas.

LOS RECIENTES 90's Y MAS ALLA

Originalmente las computadoras habían sido usadas en fábricas casi completamente para el control de flujo de materiales. Otros dispositivos de fábrica automatizados tales como robots, fueron confinados para representar repetitivas y relativas acciones simples tales como las soldaduras autógenas. La mayoría de los procesos de manufactura fueron todavía realizados por manos humanas.

Hoy en día, utilizando tecnologías avanzadas que comienzan con el diseño de computadora de partes de productos ensamblajes completos pueden ser controlados por

computadora, un desarrollo conocido como Sistema de Manufactura Integrado por Computadora (SMIC).

En su nivel más simple el diseño por computadora produce partes que son más baratas y más fáciles de ensamblar, sin embargo, las computadoras pueden ayudar en una manufactura de mayor calidad, partes que duren más tiempo que seguidas pueden ser robóticamente ensambladas.

Como la maquinaria es automatizada, la flexibilidad en los incrementos de manufactura, permite una amplia variedad de productos cambiantes que toman lugar en corto tiempo sin los retoques que alguna vez fueron necesarios. Las unidades de manufactura más pequeñas comprueban ser más efectivas que las empresas cavernarias del pasado. La instalación del SMIC es costosa, pero la manufactura encuentra que se paga por sí sola rápidamente, mientras que los costos del trabajo se precipitan.

No obstante que las implicaciones del SMIC para el futuro de los Estados Unidos y su fuerza de trabajo no son claras, el valor de la técnica como una herramienta de manufactura ya está siendo probada.

Guiadas por la competencia internacional y asistidas por la aplicación de las tecnologías de la información, numerosas empresas manufactureras y de servicio han concentrado sus esfuerzos durante esta década y la anterior en la consecución de la automatización e integración. La primera supone la sustitución de personas por máquinas para la realización de la misma función, mientras que la segunda busca la reducción o eliminación de los puntos intermedios entre las entidades físicas u organizativas.

El proceso de automatización no supone ninguna novedad en sí, pues las mejoras en la fabricación basadas en el mismo han acompañado muchas de las relevantes mejoras de productividad acaecidas desde la revolución industrial. Por tanto, el uso de formas y niveles de automatización adecuados es, y ha sido siempre, un aspecto crucial en el diseño de los procesos productivos. La novedad, en este caso, radica en la fusión o integración de ordenadores y máquinas para generar sistemas que no sólo son altamente productivos sino que, además, son flexibles.

En la mayoría de las industrias de proceso continuo o repetitivo, la automatización e integración han sido un elemento crítico durante décadas. Sin embargo, en los entornos de la

fabricación por lotes, lo mismo que en los de generación y prestación de servicios, la preocupación por ambas orientaciones es muy reciente (Hill, 1991, pág. 160).

Dentro de la automatización del subsistema de operaciones existen varios conceptos básicos que hay que analizar para entenderla mejor.

1.2. AUTOMATIZACION DE BAJO COSTO

Cuando los volúmenes de fabricación no son lo suficientemente elevados como para dar trabajo a varios operarios en una línea, se debería emplear una línea menor que pudiera dar ocupación a uno solo; este operario trabajaría simultáneamente con varias máquinas diferentes con el fin de alcanzar un flujo de proceso lineal. Este concepto se denomina: "*Un trabajador, múltiples máquinas*" (UTMM).

Al decidir sobre las tecnologías a emplear, los directivos no deberían nunca de asumir que la mejor decisión es la mayor automatización posible. La automatización supone una gran inversión en activos productivos, lo que conduce al consiguiente incremento de los costos fijos; también puede suponer un aumento de los costos de mantenimiento y una disminución de la flexibilidad de los recursos. Sin embargo, en el caso de que la repetibilidad sea lo suficientemente alta, los beneficios de la automatización sobrepasarán sus inconvenientes. Entre estos beneficios se encuentran la mayor productividad de la mano de obra, una consistente calidad superior, ciclos de fabricación más cortos, aumento de la capacidad, reducción de los inventarios, mayores ventas y la posibilidad de repartir los costos fijos entre un mayor número de artículos. Los altos volúmenes de fabricación característicos de las plantas enfocadas hacia productos, incrementan la repetibilidad y hacen que la automatización sea una opción atractiva.

Cuando se dedica una línea de producción a un determinado producto, los flujos de ésta simplifican la gestión de los materiales, se eliminan los lanzamientos y descienden los costos de mano de obra; hay una menor necesidad de desacoplar las operaciones sucesivas, facilitando la eliminación de inventarios. Los japoneses aluden a estos entornos como de "operaciones solapadas", en los que los materiales se mueven directamente de una operación a la siguiente sin tener que hacer colas o esperar. Por desgracia los volúmenes de fabricación no son siempre lo suficientemente elevados como para justificar la creación de una línea

dedicada a un solo producto. En tales casos, los directivos deberían considerar los beneficios asociados a la repetibilidad, que se podrían alcanzar utilizando la automatización del bajo costo, la tecnología de grupos (TG), o la automatización flexible.

1.3. TECNOLOGIA DE GRUPOS

Una segunda posibilidad de conseguir alta repetibilidad con procesos de bajo volumen la ofrece la *tecnología de grupos*. Esta técnica, agrupa, en familias o en grupos, piezas o productos que reúnen características similares, asignando posteriormente grupos de máquinas para la producción de cada una de aquéllas. Las familias se pueden crear en base al tamaño, la forma, las rutas de proceso, etc; el objetivo es encontrar un conjunto de productos o necesidades de fabricación similares y minimizar el cambio de máquinas o los lanzamientos.

El siguiente paso consiste en organizar en áreas separadas llamadas *células* más que agrupar por su semejanza máquinas similares, lo que se pretende es agrupar aquéllas que permitan crear una pequeña línea de fabricación o de ensamblaje. De esta forma, las máquinas de cada célula requieren tan sólo ajustes menores para adaptarse a las necesidades de los diferentes lotes de cada familia simplificando considerablemente los cambios de éstas para los productos.

Al simplificar también las rutas de fabricación, las células basadas en la tecnología de grupos reducen el tiempo que cada lote de pedido pasa en el taller; las colas de artículos esperando a ser procesados son disminuidas considerablemente e incluso eliminadas en algunos casos.

La tecnología de grupos permite obtener economías en el diseño y en la fabricación. Así, en el diseño de un nuevo producto se puede aprovechar la existencia de semejanzas o elementos comunes con los de otros ya existentes, consiguiendo importantes ventajas en eficiencia, calidad y tiempo necesario para completar el ciclo del diseño.

Del mismo modo, al agrupar los artículos para su fabricación, pueden configurarse células o centros de trabajo idóneos para la realización de todas las operaciones fabriles requeridas por cada familia de productos, con mínimas pérdidas de tiempo por preparación y cambios de máquinas.

Es especialmente apta para entornos productivos de fabricación por lotes, en los que se produce un volúmen relativamente pequeño de una variedad relativamente amplia de productos; en dicho contexto no puede justificarse la realización de inversiones cuantiosas en equipos universales, encaminadas a la búsqueda de métodos que permitan obtener reducciones en costos (aunque éstos sean infinitesimales en términos unitarios).

Son diversos los factores que han contribuido a la difusión de esta filosofía y cada vez más las empresas que la han implementado, obteniendo ahorros considerables.

En el siguiente cuadro se muestran ambos aspectos, junto con las ventajas e inconvenientes de la TG, los cuales habría que considerar antes de tomar una decisión al respecto.

FACTORES QUE HAN INFLUIDO EN LA DIFUSION DE LA TECNOLOGIA DE GRUPOS (TG), AHORROS VINCULADOS A LA (TG) Y VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTA

| FACTORES QUE HAN FAVORECIDO A LA DIFUSION DE LA (TG) | ALGUNOS AHORROS OBTENIDOS CON LA (TG) |
|---|--|
| <p><i>*Amplia proliferación del número y la variedad de artículos demandados, que conduce a una reducción del tamaño de los lotes.</i></p> <p><i>* Demanda creciente de tolerancias cada vez más estrechas, que lleva a buscar métodos más económicos de alcanzar niveles superiores de precisión.</i></p> <p><i>* Necesidad creciente de trabajar con una mayor variedad de materiales diferentes.</i></p> <p><i>* Mejoras en la eficiencia de la mano de obra, que hacen que el peso de los costos de los materiales sea cada vez mayor en el conjunto de costos de un producto, lo que lleva a que se busquen formas de reducir las tasas de piezas defectuosas y la generación de residuos.</i></p> | <p><i>*50 por 100 en el diseño de nuevas piezas.</i></p> <p><i>*10 por 100 en el número de planos y dibujos.</i></p> <p><i>*60 por 100 en el tiempo dedicado a la ingeniería de proceso.</i></p> <p><i>*20 por 100 en las necesidades de espacio en planta.</i></p> <p><i>*40 por 100 en los inventarios de materias primas.</i></p> <p><i>*60 por 100 en los inventarios de productos en curso.</i></p> <p><i>*70 por 100 en los tiempos de lanzamiento.</i></p> <p><i>*70 por 100 en el tiempo total de proceso.</i></p> |

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA (TG)

| VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|---|--|
| <p><i>Un buen sistema de clasificación y codificación proporciona a la ingeniería de diseño un sistema que le permite:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>*Obtener información sobre piezas similares eficientemente.</i> <i>*Desarrollar una base de datos eficiente que contenga información precisa para el diseño de productos.</i> <i>*Estandarizar los diseños.</i> <i>*Eliminar la duplicación de diseños.</i> <i>*Crear familias de piezas.</i> <i>*Las células de maquinado pueden reducir las existencias de productos en curso, dando lugar a reducciones en las líneas de espera y menores tiempos de proceso.</i> <i>*La utilización de la maquinaria puede verse mejorada.</i> <i>*Los datos sobre las familias de piezas facilitan la mejora de la distribución en planta lo cual a su vez reduce los costos de transporte de los materiales.</i> <i>*Se puede obtener una mayor eficiencia en el aprovisionamiento.</i> <i>*Utilizar una información privilegiada que permite la mejora de la productividad.</i> | <ul style="list-style-type: none"> <i>*La instalación del sistema de clasificación y codificación consume mucho tiempo y suele ser muy cara.</i> <i>*Es esencial que exista una excelente comunicación entre las ingenierías de diseño y fabricación. Sin ella, no debe esperarse conseguir importantes beneficios con la adopción de TG.</i> <i>*La implementación suele resultar muy compleja en cuanto que no existen enfoques estandarizados para ésta ni tampoco unos estándares sobre el propio concepto TG.</i> <i>*La agrupación de máquinas no siempre trae como consecuencia que todas las de un grupo sean adecuadamente utilizadas, esto es, puede que parte de su capacidad esté ociosa, aun cuando los costos fijos totales para las distintas células sean menores.</i> <i>*En ocasiones, la redistribución en planta puede ser muy costosa.</i> <i>*Es posible que los empleados opongan cierta resistencia, en cuanto que la forma y métodos de trabajo cambiarán como consecuencia de la adopción de la TG.</i> <i>*Es necesario tener apoyo de la dirección.</i> |

Junto a estos beneficios tangibles también se han producido mejoras cualitativas, como la ampliación del espacio del entorno manufacturero, la mejora del ambiente de trabajo, una mejora de la calidad y unos mejores diseños de los productos.

Un buen sistema de clasificación y codificación proporciona a fabricación un sistema que posibilita:

- El acceso a los planes de proceso de las familias de piezas.
- El desarrollo de rutinas estandarizadas para las familias de piezas.
- El desarrollo de células de maquinado.

Las rutinas estandarizadas facilitan el desarrollo de grupos de herramientas de grupos de programas de control numérico y de lanzamientos estandarizados para las familias de piezas:

- La planificación y el control de la producción pueden ser sensiblemente simplificados.
- La simplificación del proceso de planificación hace que éste sea más sencillo de entender y por lo tanto, de seguir y controlar.
- La programación de la producción puede verse sensiblemente simplificada.
- Es posible alcanzar una mayor eficacia en la gestión de las operaciones.

La Tecnología de grupos (TG) es un sistema de racionalización de producción. Se basa en un procedimiento de clasificación y codificación de piezas que permite agruparlas en familias de acuerdo con características similares de diseño o fabricación.

La información general (TG) se utiliza para distintas aplicaciones:

- En sistemas de ingeniería del producto como sistema de localización de piezas similares para evitar el diseño de piezas nuevas sin agotar antes la posibilidad de aprovechar diseños anteriores.

- En ingeniería de proceso o producción para establecer los mismos métodos de fabricación para todas las piezas de una misma familia.

- En producción para organizar el taller en celdas o grupo de máquinas destinadas a la fabricación de todas las piezas herramientas y procesos.

La organización clásica de un taller por agrupamiento de máquinas similares (tornos, fresas, taladros, rectificadoras, etc.) donde la pieza a maquinar se mueve de una sección a otra, se transforma en un grupo de máquinas en celdas que maquinan siempre la misma

familia de piezas. Con ello se obtiene una drástica reducción de tiempos de espera y de las de transporte de piezas entre máquinas.

Las ventajas obtenidas en las empresas que han aplicado esta tecnología son:

- Reducción del tiempo del ciclo por eliminación de tiempo de preparación de máquina.
- Disminución de la obra en curso por eliminación de espera a pie de máquina.
- Reducción de planos de diseño por eliminación de espera a pie de máquina.
- Mejora de la utilización de recursos.

Por otro lado la aplicación de la computadora en el desarrollo de la implantación de la tecnología de grupos simplifica el proceso mediante la codificación interactiva de la pieza, la generación automática de los ciclos de fabricación, la simulación del recorrido de las piezas en las plantas y los cálculos de carga y saturación de máquinas.

FAMILIA DE PIEZAS

Uno de los problemas básicos para el desarrollo de la TG es cómo definir las familias de piezas, es decir, como definir su similitud.

Para el ingeniero de diseño del producto la característica más importante es la forma de la pieza y su tamaño.

Para un ingeniero de producción la similitud se caracteriza por el proceso de fabricación. Dos piezas de igual forma pero de distinto material, -acero, plástico- no son similares desde el punto de vista de fabricación. En cambio piezas de muy diferente forma pueden tener el mismo proceso de fabricación.

1.4. AUTOMATIZACION FLEXIBLE

Para que el conjunto de máquinas y elementos de sujeción, transporte, etc. trabajen automáticamente, según los ciclos de operaciones previstos, hace falta un sistema de coordinación y control de toda la instalación.

Estas operaciones de coordinación incluidas dentro de un sistema de control formado por un conjunto de dispositivos electrónicos -hardware- conectados por medio de una red de comunicaciones y una serie de programas -software- de las distintas secuencias de operaciones a efectuar.

El sistema de control en su aspecto hardware, pero sobre todo en el software, es uno de los puntos más críticos del diseño, instalación y funcionamiento de un sistema de fabricación flexible, cuando más compleja sea la instalación.

Cada sistema de control se debe diseñar de acuerdo con las necesidades propias de cada instalación (Tipo de piezas a fabricar, nivel de flexibilidad y automatización, tamaño del lote, etc.). Existen tres funciones de control:

- Funciones de automatización.
- Funciones de administración de producción.
- Funciones de administración empresarial.

Las funciones de automatización incluyen:

Identificar las piezas y selección en consecuencia los programas de maquinado inspección y transporte.

Monitorear la producción recogiendo los datos necesarios de flujo de materiales, funcionamiento de máquinas, tiempo de operación, etc.

Reaccionar ante las situaciones anormales -rotura de herramientas, falta de materiales, etc.

Las funciones de la administración son:

Establecer la planeación de la producción dinámica e inmediata de todos los elementos del taller de acuerdo con los criterios de optimización seleccionados.

Administrar el transporte entre almacenes, talleres y máquinas de todos los materiales necesarios.

Conocer en todo momento el estado de la producción stocks de materiales en almacenes y en la línea de producción, utilización de máquinas, etc. para determinar las desviaciones respecto al plan previsto.

Reaccionar ante imprevistos y desviaciones desencadenando acciones correctivas para asegurar la ejecución de los programas establecidos.

El sistema de control de manufactura flexible repercute en prácticamente todas las áreas de la empresa y, en general, de importantes cambios en la organización, procedimientos y administración para adaptar el entorno empresarial a las características de fabricación flexible y así alcanzar los beneficios que esta tecnología ofrece.

Las funciones de Administración empresarial de las más importantes son las siguientes:

ADMINISTRACION DE MATERIALES

Desde la creación del plan maestro de producción y cálculo de necesidades a los inventarios y acopio de materiales.

ADMINISTRACION DE RECURSOS

Máquinas, instalaciones, transportes y almacenes. Utilización y necesidades. Planes de inversión. Mantenimiento preventivo, etc.

ADMINISTRACION DE PERSONAL

Organigrama, capacitación, motivación, etc.

ADMINISTRACION TECNOLOGICA

Modificación e innovaciones en el producto, nuevas tecnologías en materiales y procesos, etc.

ADMINISTRACION DE LA CALIDAD

ADMINISTRACION FINANCIERA

Contabilidad, costos, finanzas, etc.

Todas estas quedan afectadas por la implantación de un sistema de manufactura flexible. Su incorporación dentro de un sistema de control general integrado es el objetivo perseguido por el SMIC.

Parte técnica del estudio de implantación es, identificar las piezas a fabricar en cada taller, el tipo de máquinas adecuadas para las mismas y el volumen de producción.

Estudio detallado de formas, dimensiones, operaciones a realizar, herramientas necesarias, dispositivos de sujeción, junto con las capacidades y características de las máquinas que ofrece el mercado, permitirá definir:

-Máquinas herramientas necesarias, capacidades y características. Volúmenes de los almacenes incorporados en herramientas y piezas, así como sistemas de sujeción.

- Necesidades de rediseño y estandarización de piezas para adaptarlas a las nuevas características de producción.

- Necesidades de rediseño de procesos, herramientas y dispositivos de sujeción para las nuevas máquinas.

Es necesario el rediseño de las piezas. Muchas veces se piensa "Adquirimos un sistema flexible para fabricar piezas distintas, entonces no hace falta modificar las actuales; que el diseño pruebe su flexibilidad con estas". Este concepto de flexibilidad nos puede traer muchos problemas una vez el equipo ya instalado, porque no se encuentra la flexibilidad esperada.

En teoría puede pensarse en un equipo con un grado muy elevado de flexibilidad, capaz de maquinar una gran variedad de formas, tamaños y pesos. Pero en la práctica ni existe tal instalación, es demasiado cara y poco productiva.

Por otro lado, los cambios innecesarios de herramientas, sujeción, etc. muchas veces se realizan con máquinas paradas, no siendo más que pérdidas de productividad.

La estandarización de piezas y elementos de producción junto con su agrupamiento en familias, son formas de reducir la complejidad, el costo de instalación y obtener una productividad más elevada a cambio, evidentemente, de una menor flexibilidad.

La distribución en planta es otro de los grandes apartados del estudio: la situación de máquinas y manipuladores o robots de carga y descarga, el almacenamiento a pie de máquinas si lo hay, y los puntos de carga y descarga, los movimientos de los robots y pinzas de agarre necesarias, el sistema de transporte entre máquinas, la zona de carga y descarga del taller y la zona de preparación de piezas. Por definición de todos estos parámetros obliga a establecer una política de administración de materiales en cuanto al stock de seguridad, lotes, plazos de reacción, etc.

Con la fabricación flexible a computadoras se incorporan plenamente a una de las áreas que hasta la fecha se habían escapado a su control: los talleres, y con ello se instala en todas las áreas de la empresa.

Si hacemos una rápida revisión de la aplicación de la computadora en la empresa nos encontramos con:

Ingeniería del producto, ingeniería del proceso (planeación del proceso. PP), talleres (control numérico. CN. fábrica flexible. FF: controles digitales. CD.), calidad (inspección y calidad).

La automatización flexible o programable supone otra opción para conservar la repetibilidad cuando los volúmenes son bajos. Se trata de un proceso automático que puede

ser reprogramado para tratar con diferentes productos, lo cual es muy útil tanto en las plantas enfocadas hacia el producto como en las enfocadas hacia el proceso. Si una máquina ha sido asignada a un producto determinado y éste se encuentra en la etapa final de su ciclo de vida, ésta puede ser programada con una nueva secuencia de operaciones de modo que pueda ser utilizada para procesar otro producto.

Cuando una máquina está siendo utilizada para elaborar una variedad de pequeños lotes de productos diferentes, los cambios de operaciones son simples: hay un programa para cada producto y el operador se limita a proporcionar instrucciones apropiadas para cambiar de proceso siempre que sea necesario. Este tipo de automatización rompe las relaciones inversas que tradicionalmente se han dado entre la flexibilidad de los recursos y la intensidad del capital: con la automatización programable, ambos casos son posibles.

En esta situación se obtienen las denominadas economías de alcance o gama.

No obstante, las posibilidades de conseguir estas economías son limitadas. Ha de comenzarse por la identificación de una familia de artículos cuyo volumen colectivo de producción permita la completa utilización del equipo, de forma continuada, através de numerosos turnos.

1.5. MANUFACTURA SINCRONIZADA

Definiremos en primer lugar lo que es la manufactura sincronizada: "Es la técnica que permite estimular y asignar sucesiva y simultáneamente los recursos productivos de acuerdo a su disponibilidad y a la demanda del mercado, con el objetivo de proveer una mayor flexibilidad a la planta".

La premisa sobre la que trabaja la Manufactura Sincronizada se basa en el hecho de que entre lo que uno planea y lo que realmente sucede después de haber planeado, es normal que sucedan imprevistos tanto en aspectos que están fuera de la organización (ventas, compras, etc.) como dentro de la misma (procesos, recursos, etc.). El objetivo que se busca es que ante el conocimiento de que nada sucede como se planea, se tenga la agilidad para replantear los aspectos operativos de la planta para estar "sincronizados" con lo que está sucediendo en el entorno.

Manufactura sincronizada es un sistema que realiza las funciones de sincronización entre lo que "debería" haber sucedido (el plan) y lo que "realmente sucedió" (la ejecución).

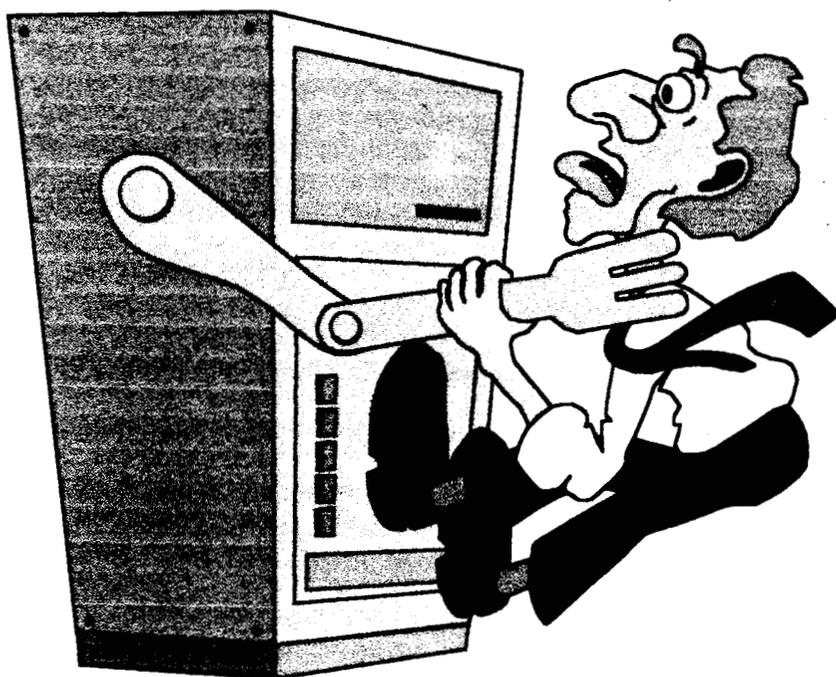
Los sistemas de información acompañan, soportan y dan servicio a la estructura administrativa de una organización. Por lo tanto, teniendo en cuenta que las funciones administrativas son por definición cuatro (Planeación, Organización, Ejecución y Control), existen también en principio cuatro niveles paralelos a las funciones administrativas en los sistemas de información:

- a) La toma de decisiones
- b) La gestión de las funciones de la empresa de manufactura
- c) La supervisión de los procesos de manufactura y;
- d) El control de célula.

De acuerdo a lo que hemos dicho se dice que las cuatro funciones administrativas no son suficientes para una empresa que se considere competitiva, ya que existe un elemento necesario para la flexibilidad no tomado en cuenta: **la sincronización**.

Hay múltiples formas de demostrar la necesidad de contar con la función de sincronización entre las de planeación, organización, ejecución y control. La más aceptada ha sido la que relaciona el comportamiento de cada una de ellas de acuerdo a su tiempo de respuesta, una vez interactuando con actividades en la vida real. Por ejemplo, las funciones de planeación suceden en eventos de tiempo "largo" como años, semestres, trimestres y máximo meses, mientras que en forma diametralmente opuesta, las funciones de control deben de suceder idealmente en forma instantánea o en el menor tiempo posible desde que ocurre una desviación a lo especificado en niveles anteriores.

CAPITULO II
LA AUTOMATIZACION
DE LA FABRICACION



CAPITULO II

LA AUTOMATIZACION DE LA FABRICACION

Es posible establecer tres categorías de la automatización en la fabricación: la automatización de la planta, la de las tareas de ingeniería y la de las tareas de planificación y control. Aunque éstas pueden tener lugar de forma independiente, la coordinación de las tres categorías ayudaría significativamente a la consecución de la automatización integrada de la fabricación, conocida universalmente como **SMIC (SISTEMA DE MANUFACTURA INTEGRADO POR COMPUTADORA)**.

La automatización de las plantas productivas se suele describir en función del hardware tecnológico que se esté utilizando, si bien el software desempeña también un papel importante. Las tecnologías automatizadas más sencillas que podemos encontrar en la planta, conocidas como **componentes directos**, son los robots industriales, las máquinas herramientas de control numérico y los sistemas automáticos para la carga, descarga y transporte de materiales. Cada vez es más frecuente que estos equipos se utilicen de forma integrada, dando lugar a las células de fabricación o a los sistemas flexibles de fabricación y montaje.

2.1. MAQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMERICO (CN)

Constituyen una modalidad de automatización flexible más utilizada; son máquinas herramientas programadas para fabricar lotes de pequeño y mediano tamaño de piezas de formas complicadas; los programas de software sustituyen a los especialistas que controlaban convencionalmente los cambios de las máquinas y constituyen un sistema de control de éstas. Están compuestos por una lista de instrucciones que incluyen las tareas y sus velocidades, así como algunas variables de control adaptativo para comprobar aspectos tales como temperatura, vibración, condición del material, desgaste de las herramientas, etc., que permiten proceder a los necesarios reajustes (por ejemplo: velocidades, operaciones, etc.)

Este tipo de máquinas puede encontrarse de forma aislada, en cuyo caso se habla de un **módulo**, o bien interconectadas entre sí por medio de algún tipo de mecanismo

automático para la carga y descarga del trabajo en curso, en cuyo caso se hablaría de una **célula de fabricación**. En ocasiones las máquinas están dispuestas en forma semicircular para que un robot pueda encargarse de manejar los materiales, mientras que en otros la configuración es lineal. Cuando una máquina CN actúa de forma independiente, necesita contar con la presencia de un operario, quien se ocupa de la carga y descarga de las piezas a procesar, los programas y las herramientas.

Algunas máquinas CN incluyen "cartucheras" rotatorias con diferentes herramientas. El programa de computadora puede seleccionar la herramienta a utilizar de este modo, una máquina puede encargarse de realizar distintas operaciones que antes habían de hacerse en varias. No sólo se reduce así el tiempo de lanzamiento, sino que también se simplifica el flujo de pedidos (items en curso).

En otros casos, frente a las máquinas se ubica un carrusel de herramientas, materiales, etc., y aquéllas, sin necesidad de intervención humana, seleccionan en su "brazo" el instrumento o material que necesitan para desarrollar una determinada tarea.

Los expertos creen que, en el futuro, las máquinas CN harán el trabajo de precisión, mientras que los robots se limitarán a la carga, descarga y ensamblaje. En los casos de producción de gran volumen, la automatización rígida, más sencilla y barata, sería suficiente porque, aunque puede haber excepciones, las máquinas CN y los robots son lentos.

Para determinar la conveniencia de estas máquinas en términos de costo habrá que considerar la mano de obra, la disponibilidad de operarios especializados, tipo y grado de precisión requerida, fiabilidad de las máquinas, etc. Algunas empresas que producen una gama de productos estrecha se han dirigido, no obstante a las máquinas CN porque, aunque el costo de la programación sea alto, una vez hecha ésta, puede ser utilizada posteriormente sin necesidad de volver a programar.

Entre las ventajas de estas máquinas pueden citarse las siguientes:

- Incremento de la flexibilidad de la maquinaria, pues se adapta mejor a los cambios en las tareas y en los programas de producción.
- Incremento en la flexibilidad para el cambio, en la medida en que las instrucciones grabadas se pueden modificar cuando sea necesario, con lo que facilitan la adaptación a los cambios introducidos por la ingeniería de diseño.

- Reducción en las necesidades de mano de obra y de inventarios, así como de los tiempos de lanzamiento, de suministro externo y de procesos.

En cuanto a sus principales **inconvenientes**, podemos mencionar la frecuencia de errores en la programación, (sólo son observables si la máquina está en funcionamiento), el deterioro (con el uso) de las cintas magnéticas o perforadas en que están grabadas las instrucciones, la sensibilidad del lector de las instrucciones a las averías, etc. Asimismo, debe señalarse que la configuración física de las máquinas no facilita la realización de cambios, así como que en muchos casos, los operarios especializados tienen que permanecer al lado de aquéllas para controlar cómo funcionan e introducir los posibles ajustes si fuesen necesarios.

Aunque, como muchas otras tecnologías las CN han resultado menos problemas de los que se esperaba, puede afirmarse en general, que la primera generación de estas máquinas ha proporcionado una mayor flexibilidad que las convencionales a las que ha sustituido, si bien ésta es mucho menor que la permitida por las máquinas herramienta de control computarizado CC.

2.2. MAQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL COMPUTARIZADO (CC).

Son el resultado de ubicar un microordenador en cada máquina CN, lo que permite que los programas puedan ser almacenados y desarrollados localmente eliminando o reduciendo un buen número de los problemas operativos de aquéllas. Las máquinas CC ofrecen una mayor flexibilidad porque están dotadas de control digital en lugar de circuitos cableados, lo cual permite que se puedan incorporar con facilidad nuevas opciones y se puedan resolver los problemas de hardware de forma más sencilla. Además el ordenador puede analizar la precisión con que están programadas las piezas a fabricar y si han de reprogramarse antes de poner la máquina en marcha.

Como en el caso de las máquinas CN, algunas de las CC están conectadas con sistemas de carga y descarga de herramientas. Estas últimas son más rápidas pues suelen disponer de sistemas para el desarrollo de programas en tiempo y "on-line", de manera que los operadores pueden llevar a cabo con gran rapidez los cambios de ingeniería.

Cuando varias máquinas CN o CC están controladas por un mismo ordenador central, que distribuye entre éstas los programas de control numérico, se dice que estamos ante **máquinas herramientas de control numérico computarizado distribuido (CND)**. Estos sistemas son necesarios para conseguir la integración última de piezas a procesar con los planes y programas de producción.

En su conjunto, las máquinas mencionadas anteriormente, son consideradas, aisladamente, más caras que las convencionales, aunque, si se atiende a la mayor capacidad que presentan, su costo no sería mucho mayor. Existe, además la posibilidad adicional de reajustarlas con nuevas herramientas y sistemas de control cuando, debido a su uso, comienzan a desgastarse y perder precisión, lo que no suele ser posible con las máquinas convencionales.

Las ventajas de las máquinas CN y CND pueden ampliarse mediante el uso de estaciones o centros de trabajo, los cuales son capaces de desarrollar más de una operación de maquinado diferente. La selección de las herramientas a utilizar se realiza de forma automática, según el programa del componente a procesar, el cual puede moverse, también por medios automáticos, de manera que puede trabajarse sobre sus distintas superficies. Así por ejemplo, ya hay máquinas CC que pueden realizar sus operaciones en 15 ejes diferentes.

La mayoría de estas estaciones cuenta con dos mesas de operaciones, lo que permite que se puedan estar procesando una pieza mientras otra se está cargando o descargando. Todas estas características hacen que estos centros presenten unas mayores tasas de utilización de las máquinas y unos menores ciclos de tiempo de proceso.

Además, las piezas no tienen que seguir rutas entre las diferentes máquinas herramientas, los inventarios de producción en curso y la manipulación de estas piezas se reducen.

2.3. ROBOTS INDUSTRIALES

Un robot puede ser definido como un aparato completamente controlado por sí mismo, formado por unidades mecánicas, eléctricas o electrónicas, más generalmente es una máquina destinada para funcionar en lugar de un agente viviente.

La palabra robot viene de una historia y obra producida en 1921 llamada **R.U.R. (Los robots universales de Rossum)**, por Karel Capek. En Checo la palabra robot significa "trabajador", pero la traducción al inglés en 1923 retuvo su término original. El sentido de un posible y capaz trabajador hacía el concepto de robot aún más importante.

Retrocediendo a la época de Homero, quien describió "jóvenes y vivientes damiselas parecidas a sirvientas de oro", el robot ficticio ha sido tradicionalmente un aparato móvil, aparentemente humanoide, y de estructura metálica.

Hoy en día la mayoría de los robots no son todos humanoides, en vez de eso son máquinas diseñadas para representar algunas funciones específicas, más comúnmente en el campo de la manufactura pero incrementándose en otras áreas. Por ejemplo en la medicina, los brazos robóticos equipados con herramientas quirúrgicas pueden ayudar a los cirujanos en operaciones delicadas.

Japón es el líder en hacer y utilizar los robots, la mayoría de ellos empleados en las líneas de ensamblaje de los automóviles, en general, dichos robots no tienen la habilidad de aprender nuevas tareas, sino que representan cuidadosamente procedimientos orquestales dirigidos por un programa de computadora.

Los manufactureros están buscando desarrollar procesos más complejos de sistemas de manufactura integrados por computadora (SMIC). Estos procesos envolverían robots autónomos equipados con visión y sensores del tacto capaces de compartir información aprendida con otro, lo que se conoce como **inteligencia artificial**.

Se trata de máquinas mecánicas programables, sobre las cuales es posible preconfigurar un conjunto de movimientos para que sean posteriormente repetidos cuantas veces sea necesario; posteriormente se puede reconfigurar para llevar a cabo otros movimientos.

Los robots han sustituido a las personas en algunas tareas y actividades muy monótonas y que entrañan cierta peligrosidad, así como en otras que requieren una gran precisión o que deben ejecutarse en espacios extremadamente reducidos, a los que los seres humanos no tienen fácil acceso.

Son mecanismos automáticos que, en algunos casos, pueden tomar decisiones, pudiendo ejecutar acciones diferentes sobre objetos distintos. También son capaces de

recordar un conjunto de actuaciones posibles y decidir cuál emplear, en función, por ejemplo, de la información suministrada por un sensor del input.

Están formados por un "brazo" mecánico, una fuente de energía y un controlador o "cerebro", existiendo diversos tipos, tales como servo-robots, robots con inteligencia artificial, etc. La mayoría de ellos son fijos y descansan sobre el suelo, con un "brazo" que puede llegar hasta los puntos más difíciles. Los robots pueden realizar hasta seis movimientos distintos, aunque no todos los que se comercializan tienen necesariamente que estar dotados de estas seis posibilidades. La "mano del robot" es la que hace el trabajo, siendo posible cambiarla en función del que se desee que ejecute. Los usos más frecuentes son los desplazamientos de materiales, soldaduras, pinturas con spray, ensamblaje, inspección y prueba. Los robots de segunda generación están equipados con sensores que pueden "tocar" y "ver", por lo que el campo de sus aplicaciones se ha ampliado sensiblemente.

El costo inicial de un robot depende de su tamaño y aplicaciones. Otros costos a tener en cuenta son los relativos a las modificaciones que pueden tener que efectuarse en los productos y/o procesos para que se puedan utilizar los robots, acondicionamiento del lugar de trabajo, instalación y limpieza del robot, readiestramiento y formación de los trabajadores, etc.

Entre sus beneficios se incluyen un menor desperdicio de materiales, una calidad más consistente y ahorros en los costos de mano de obra. Conforme ha ido aumentando la experiencia en el uso de los resultados de las tareas concretas que realizan, ya se ha contrastado, por ejemplo que pueden simplificarse las especificaciones de las soldaduras porque los robots no suelen equivocarse.

| VARIABLE CONSIDERADA | EXPERIENCIA OBSERVADA |
|--|--|
| Inversión acometida | Entre 20,000 y 100,000 dólares (según sofisticación). |
| Plazo de recuperación. | Normalmente no excede de tres años. |
| ROI (Rentabilidad sobre la Inversión)- | Entre unos 12 y 18 por 100 (excepcionalmente hasta un 40 por 100). |
| Vida útil. | Entre 15,000 y 20,000 horas de trabajo. |
| Costo de mantenimiento anual. | 10 por 100 del desembolso inicial. Revisión cada 10,000 horas. |
| Mejores volúmenes de operación. | Entre 50,000 y 500,000 unidades por año. |
| Tiempo de instalación. | Entre 1 y 5 días (según complejidad). |

Para que se mantenga y aumente la inversión en robots tendrían que darse las siguientes condiciones:

- Reducción continuada de los precios, lo cual incluye el desarrollo de precios fijos para conjuntos de piezas a ajustar en los alimentadores y cintas transportadoras, permitiendo configuraciones apropiadas para atender nuevas necesidades a bajo costo.
- Mejoras en la capacidad de simulación de los robots, con fácil instalación externa de su programación, de modo que se puedan reprogramar sin interrumpir la actividad que estén desarrollando.
- Abandono del trabajo en sistemas por parte de los proveedores. Lo ideal sería que vendieran los equipos de forma modular para que los clientes pudiesen organizar sus propias aplicaciones sin necesidad de incurrir en los costos adicionales vinculados actualmente a la necesidad de apoyo del sistema.

2.4. SISTEMAS FLEXIBLES DE FABRICACION (SFF)

El término **SFF** ha sido utilizado para etiquetar a una amplia gama de sistemas productivos con diferentes características y capacidades.

La definición más simple y acertada de un **SFF** es la que lo considera como un sistema controlado por un ordenador central, que conecta varios centros o estaciones de trabajo informatizados con un sistema automático de manipulación de materiales.

Su funcionamiento es, básicamente, el siguiente: los operarios llevan las materias primas de una familia de artículos hacia las estaciones de carga y descarga de materiales, donde el **SFF** comienza su actividad; bajo las instrucciones de un ordenador central, los elementos de transporte comienzan a mover los materiales hacia los diferentes centros de trabajo; en cada uno de ellos, los artículos son desplazados de acuerdo con su particular secuencia de operaciones, estando marcada la ruta a seguir por el ordenador central.

El objetivo perseguido es la sincronización de las actividades, de forma que se maximice la utilización del sistema. Como las máquinas automáticas pueden ser utilizadas para la ejecución de diversas tareas, es posible cambiar rápidamente sus herramientas, con lo que los tiempos de lanzamiento son muy cortos. Esta flexibilidad positiva, además que una operación pueda ser realizada por más de una máquina, dando lugar a la aparición de células virtuales. Gracias a ello, la producción puede continuar aunque algunas máquinas estén paradas por cuestiones de mantenimiento. Cambiando y combinando las rutas a seguir se evitan los embotellamiento.

Los sistemas **SFF** hacen posible la fabricación de multietapas automatizadas de una amplia variedad de piezas, estando diseñados para producir familias de artículos que, si es necesario, pueden ser elaborados de forma simultánea y aleatoria.

Son, por tanto, capaces de responder a situaciones en las que se demandan cantidades variables de diferentes piezas, por lo que se suele afirmar que actúan como puente entre los sistemas "dedicados" (alto volumen y baja variedad) y los sistemas universales o "multipropósito" (bajo volumen y baja variedad).

Esto proporciona parte de la flexibilidad asociada normalmente a las configuraciones intermitentes, junto a algunas de las economías de escala características de los sistemas de

flujo continuo. Esto es, los sistemas **SFF** proporcionan lo que denominamos economías de alcance o de gama.

Bajo la denominación genérica **SFF** existen distintos tipos de sistemas flexibles, representados en función de la variedad de pedidos que permiten fabricar y del volumen de producción de cada uno de ellos. Estos son:

- Módulo flexible de fabricación (**MFF**)
- Célula flexible de fabricación (**CFF**)
- Grupo flexible de fabricación (**GFF**)
- Sistema flexible de fabricación (**SFF**) y;
- Línea flexible de fabricación (**LFF**).

Aunque el primer sistema **SFF** data de los años 60's, sus aplicaciones no se han extendido hasta mediados de la década de los 80's. Como en el caso de las aplicaciones basadas en las máquinas **CN**, las ventajas inherentes provienen de la unión de diferentes operaciones con posibilidad de un rápido cambio de herramientas y del apoyo de sistemas automatizados de manipulación de piezas. Esto conduce a importantes reducciones en los niveles de inventario y a la disminución de la complejidad y tamaño de la función de control de la producción, lo cual se debe a que una gran parte de las operaciones a desarrollar sobre un producto se llevan a cabo dentro de la célula, antes de que el trabajo en curso sea transferido a la etapa siguiente. Por otra parte, las instalaciones **SFF** son sistemas caros y complejos, que requieren unos niveles de utilización y una infraestructura fabril adecuados. Dos aspectos que afectan a los niveles de sofisticación de las aplicaciones de estos sistemas son las dificultades que sus fabricantes están afrontando para permanecer a la cabeza de la tecnología asociadas a la determinación de las necesidades de los clientes. Como consecuencia, se están produciendo un giro desde los sistemas más complejos hasta versiones más sencillas.

Además de la mencionada flexibilidad, estos sistemas proporcionan otras ventajas, algunas de las cuales aparecen en un cuadro posteriormente junto con los resultados obtenidos en un estudio empírico sobre los beneficios potenciales derivados de la introducción de dichos sistemas y con las características que debe reunir el entorno de fabricación para que la instalación de los **SFF** resulte adecuada.

Como se deduce en parte del cuadro que se mostrará posteriormente, junto a las anteriores ventajas y beneficios deben también ser consideradas las limitaciones inherentes a estos sistemas. Así, no todas las situaciones en la que se fabrica una variedad intermedia de artículos y un volumen moderado de éstos son aptas para la instalación de un SFF.

Es necesario que existan familias de piezas que puedan ser producidas en las mismas máquinas y dentro de los mismos límites de tolerancia; suele ser necesaria la estandarización de los artículos a fabricar, a fin de que puedan ser elaborados correctamente por las máquinas CN.

Otra limitación a tener en cuenta está vinculada al hecho de que un sistema SFF suele reemplazar a varias máquinas, que pueden quedarse obsoletas en diferentes momentos; sin embargo, las empresas suelen preferir llevar a cabo una serie de pequeñas inversiones a lo largo del tiempo, para ir sustituyendo poco a poco los equipos "viejos", en lugar de efectuar una gran inversión que sustituya a todos al mismo tiempo. La introducción SFF requiere, no obstante, de un largo ciclo de planificación previo y otro de desarrollo a fin de poder asegurar el éxito del sistema; muchos directivos, sin embargo, toman sus decisiones pensando tan sólo en el corto plazo, por lo que la complejidad inherente a la instalación de un SFF queda fuera de sus intereses. A menudo, la mejor opción suele consistir en ir evolucionando poco a poco como sistema: se puede empezar utilizando máquinas CC que, posteriormente, se conectan mediante un sistema automático para la gestión y el transporte de los materiales y por último, se desarrolla e instala el sistema central regido por el ordenador y el software que se encargará de controlar y dirigir el sistema.

Los beneficios de los sistemas SFF no se obtienen de forma fácil ni accesible. Según datos de 1990, la instalación de una unidad SFF puede costar entre 2 y 50 millones de dólares; no obstante, esta cifra puede llevar a error. Por una parte, porque un sistema SFF puede irse configurando secuencialmente y, por otra, porque esta cantidad puede ser inferior a lo que costaría adquirir la misma capacidad productiva mediante equipos o máquinas convencionales.

**CUADRO SOBRE VENTAJAS, BENEFICIOS POTENCIALES
Y CONDICIONES PARA LA ADECUADA INSTALACION
DE LOS SISTEMAS FLEXIBLES DE FABRICACION
(SFF)
ALGUNAS VENTAJAS DE LOS SFF**

| | |
|---|---|
| <p>Incremento de la flexibilidad.</p> <p>Reducción de las necesidades de mano de obra directa: debido a la reducción de ajustes y soportes de las tareas manuales de manipulación de materiales y a la automatización del control de máquinas.</p> <p>Reducción de la inversión: la utilización de un equipo instalado en un SFF puede ser hasta tres veces superior a la que se consigue con la maquinaria convencional, por lo que son necesarias menos máquinas, lo que, a su vez supone una mayor necesidad de herramientas.</p> <p>También se disminuye la inversión en inventario, dado que los materiales se desplazan directamente de máquina a máquina. Todo ello, conjuntamente promueve, una menor necesidad de espacio.</p> <p>Reducción del tiempo de respuesta: el tiempo de lanzamiento o el cambio para la preparación de máquinas es relativamente bajo porque muchas de las tareas están automatizadas y se desarrollan siguiendo las instrucciones del ordenador.</p> | <p>Como a ello se añade el bajo nivel de inventarios de productos en curso, disminuyen enormemente las causas de formación de colas o de tiempos ociosos de espera.</p> <p>Calidad consistente: al eliminar una gran parte de las tareas realizadas manualmente, la variabilidad desciende significativamente y se puede obtener una calidad consistente a lo largo de las operaciones del sistema.</p> <p>Mejoras en el control del trabajo: Cuando hay un menor número de artículos esperando para ser procesados es mucho más sencillo controlarlos. Además, el flujo de trabajo suele monitorizarse desde el ordenador, lo que hace que sea más consistente.</p> <p>Incremento de las tasas de utilización de la maquinaria.</p> |
|---|---|

CAPITULO III

LA AUTOMATIZACION INTEGRADA DE LA FABRICACION



CAPITULO III

LA AUTOMATIZACION INTEGRADA DE LA FABRICACION

3.1. EL CONCEPTO DE SISTEMAS DE MANUFACTURA INTEGRADOS POR COMPUTADORA (SMIC)

Empezaremos mencionando alguna de las muchas definiciones que pueden tomarse en cuenta para el SMIC. Primero, según la Sociedad de Ingeniería de la Asociación Americana es la combinación de hardware -equipo- y software -programas-, bases de datos que permiten:

1. Una automatización flexible de la producción.
2. Una optimización continua de la programación y productividad de las instalaciones.
3. Control del flujo de información de materiales y operaciones en ciclo cerrado.
4. Coordinación y reasignación dinámica de los recursos.

Ahora bien, cuando se considera la implantación de la automatización de una entidad manufacturera o de servicios puede sobresalir la consecución de diferentes objetivos, como por ejemplo: la mejora del rendimiento de un determinado proceso, la minimización de los costos en un segmento concreto de una operación o la maximización de beneficios. Como es obvio, es altamente improbable que se puedan optimizar simultáneamente todas estas metas.

El desplazamiento hacia un entorno SMIC ha de tener como objetivo esencial el mantenimiento, la mejora de la posición competitiva, problema preocupante para las empresas, en particular, y para la economía de cada país en general.

Las definiciones del concepto SMIC son muy variadas y numerosas, sin que exista, por el momento, una de ellas universalmente aceptada. Ello no ha obstado, sin embargo, para que se haya ido alcanzando gradualmente un cierto consenso sobre este concepto. Para Bedworth y otros, una acepción adecuada es la de "una filosofía de gestión en la que las funciones de diseño y fabricación se racionalizan y coordinan mediante las tecnologías informática, de comunicación y de información". Esta racionalización implica la revisión cuidadosa y detallada de todo el sistema productivo, al objeto de conseguir que cada operación y elemento sean diseñados de modo que contribuyan de la forma más eficaz y eficiente al logro de los objetivos de la firma (Mize y Palmer, 1994).

El sistema de manufactura integrado por computadora (SMIC) tiene a su vez como objetivo alcanzar la competitividad.

Las empresas pueden alcanzar este objetivo a través de:

- a) Mejorar la calidad de los productos.
- b) Ampliar la gama de productos.
- c) Reducir los tiempos de entrega.
- d) Disponibilidad en el mercado.

Los sistemas de automatización empleados actualmente son:

- Computadoras para la planeación y el control de la producción.
- Sistemas de manufactura automatizados que incrementan la productividad.

Una automatización eficaz presupone la acción coordinada de tres funciones:

- a) Operaciones de manufactura
- b) Flujo de materiales
- c) Flujo de información

- Información correcta,
- en cantidad y calidad adecuada a las necesidades
- en el momento preciso
- en el lugar adecuado

Para resolver problemas del flujo de la información la empresa debe:

- a) Revisar sus estructuras internas orientadas hacia el desarrollo del ciclo de producción.
- b) Definir con exactitud las interfases de la organización, y
- c) En caso necesario, reducirlas.

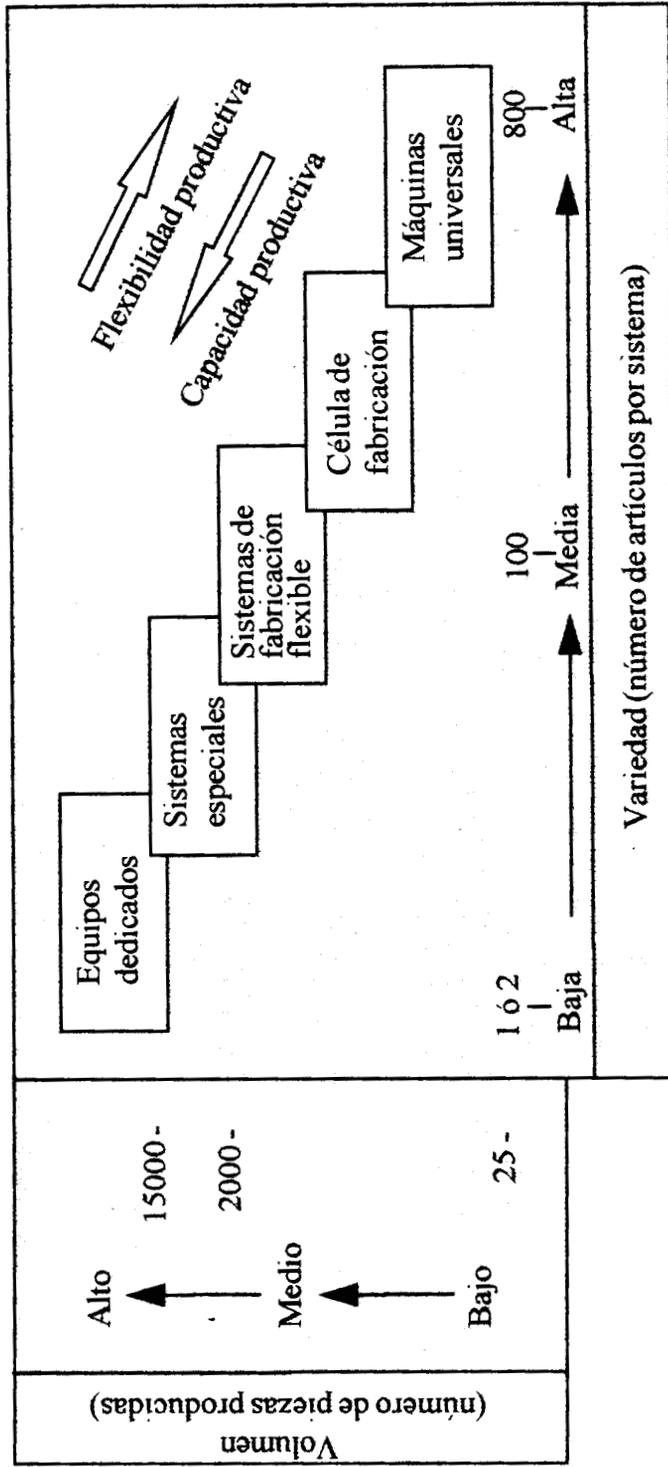
Al ser el SMIC una forma que describe la estructura futura de la automatización de la producción a partir de datos de manufactura comunes y heterogéneos, conoceremos a través de la **figura 1**, los tipos de sistemas manufactureros que existen. Veremos el volumen y número de piezas producidas así como la variedad (número de artículos por sistema).

El SMIC exige que se utilicen sistemas de automatización capaces de comunicarse entre sí.

El SMIC es un medio que permitirá convertir los objetivos de la empresa en realidad.

SMIC: Un concepto específico para cada empresa.

FIGURA 1.
TIPOS DE SISTEMAS MANUFACTUREROS



SMIC es un concepto de largo plazo, específico de cada empresa, que permite alcanzar los objetivos técnicos y económicos teniendo condiciones marginales internas y externas.

El concepto de SMIC no es un concepto estándar.

La solución SMIC debe contemplar:

- El objetivo es alcanzar una optimización técnica y económica global.
- Algunos sistemas existentes deberán integrarse dentro del SMIC.
- Los conceptos SMIC son siempre soluciones específicas.
- Existen módulos SMIC en el mercado pero no son soluciones por sí mismas.
- Un concepto SMIC es primero un problema de organización y en segundo lugar un problema técnico.
- El perfeccionamiento del concepto y la planeación propiamente dicha se realiza cuando se prepara el "Plan General de Implantación del SMIC".

El SMIC describe la utilización integrada de la informática en todos los ámbitos de la plaza relacionados con la manufactura.

3.2. EL CONCEPTO DE SMIC Y EL DISEÑO ORGANIZATIVO

Dentro de las funciones de la empresa y su diseño organizativo está el establecimiento de un modelo funcional ideal para la empresa.

De una representación global del SMIC, se define en detalle los diferentes ámbitos funcionales..

Para tener una visión más completa, todas las explicaciones de ámbitos funcionales se estructuran de manera unitaria. Se exponen brevemente los ámbitos funcionales y a continuación se detallan sus funciones y se presentan las interfases de información respecto a las de información respecto a las demás funciones.

Estructura de las funciones de la empresa:

- Un punto esencial del plan de implantación es el establecimiento de un modelo funcional ideal para la empresa.
- De una representación global del SMIC, se define en detalle los diferentes ámbitos funcionales.

Para tener una visión general más completa , todas las explicaciones de ámbitos funcionales se estructuran de manera unitaria. Se exponen brevemente los ámbitos funcionales y a continuación se detallan sus funciones y se presentan las interfases de información respecto a las demás funciones.

CONTABILIDAD.

Engloba las funciones que sirven para determinar y vigilar los caudales monetarios y de servicio que se producen en la planta, tanto en cantidad como en valor. Determinación de las variaciones de inventario a lo largo del tiempo, calcular los costos:

Cálculo de los costos:

- Cálculo previo de costos
- Cálculo de la aportación de cobertura
- Cálculo de beneficios / centro de costos
- Cálculo de costos planeados
- Análisis de gastos generales

Contabilidad financiera

- Cuentas de deudores
- Cuentas de acreedores

Contabilidad de sueldos y salarios

Control de rentabilidad de los procesos

VENTAS

Ventas es la interfase entre la empresa y el cliente.

Ahí se tramitan las consultas del cliente, se preparan las ofertas y se tramita el registro, comprobación y seguimiento de pedidos. Basándose en los análisis del mercado, promueve los desarrollos o modificaciones al producto.

Las actividades van de la captación de clientes, formulación de ofertas y tramitación de pedidos hasta el control del plazo de entrega.

COMPRAS

Resuelve los problemas de suministro, asegurando por un lado el abastecimiento a costos mínimos, y aprovechando por otro lado las oportunidades del mercado para lograr el máximo beneficio. Se necesita mucha información, desde la selección de proveedores

asistida por el sistema al efectuar los pedidos, hasta el seguimiento de los plazos, confirmación de pedidos, reclamaciones, recordatorios de suministro, información sobre proveedores, etc. y finalmente el control de precios, al verificar facturas.

La PCP (Planeación y control de la producción)

Es la utilización de sistemas asistidos por computadora para organizar la planeación, control y seguimiento de las distintas fases de producción, desde la tramitación de la oferta hasta la expedición, en los aspectos de cantidad, plazo y capacidad.

En la **figura 2** mostraremos la planeación y control de la producción así como sus diferentes interfases y sus relaciones con la calidad, ventas, compras, clientes, proveedores, manufactura, etc., para entender mejor su funcionamiento.

DISEÑO

Es un concepto global que resume todas las actividades en las que se utiliza la informática de forma directa o indirecta, dentro del marco de las actividades de desarrollo y diseño. Estrictamente, el **DAC** se refiere a la generación gráfica-interactiva y a la manipulación de una representación digital de un objeto, ya sea mediante un modelo en 2 ó 3D.

El AC (Aseguramiento de la calidad).

Es la planeación y realización del aseguramiento de calidad asistida por computadora.

Esto comprende, por una parte, la preparación de procesos de verificación, programas de ensayo y valores de control, y por la otra, la realización de sistemas de medición y ensayos asistidos por computadora.

Para esto, el **AC** puede servirse de los medios técnicos auxiliares informáticos **DAC**, **MAC**.

Para poder entender mejor su desarrollo dentro de todo el sistema junto con sus diferentes interfases la **figura 3** nos muestra el esquema de la calidad en su conjunto.

El MAC (Manufactura asistida por computadora)

Control y supervisión técnica, asistidos por computadora, de los medios de manufactura empleados en la fabricación de los productos.

FIGURA 2.
PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION (FUNCIONES E INTERFASES)

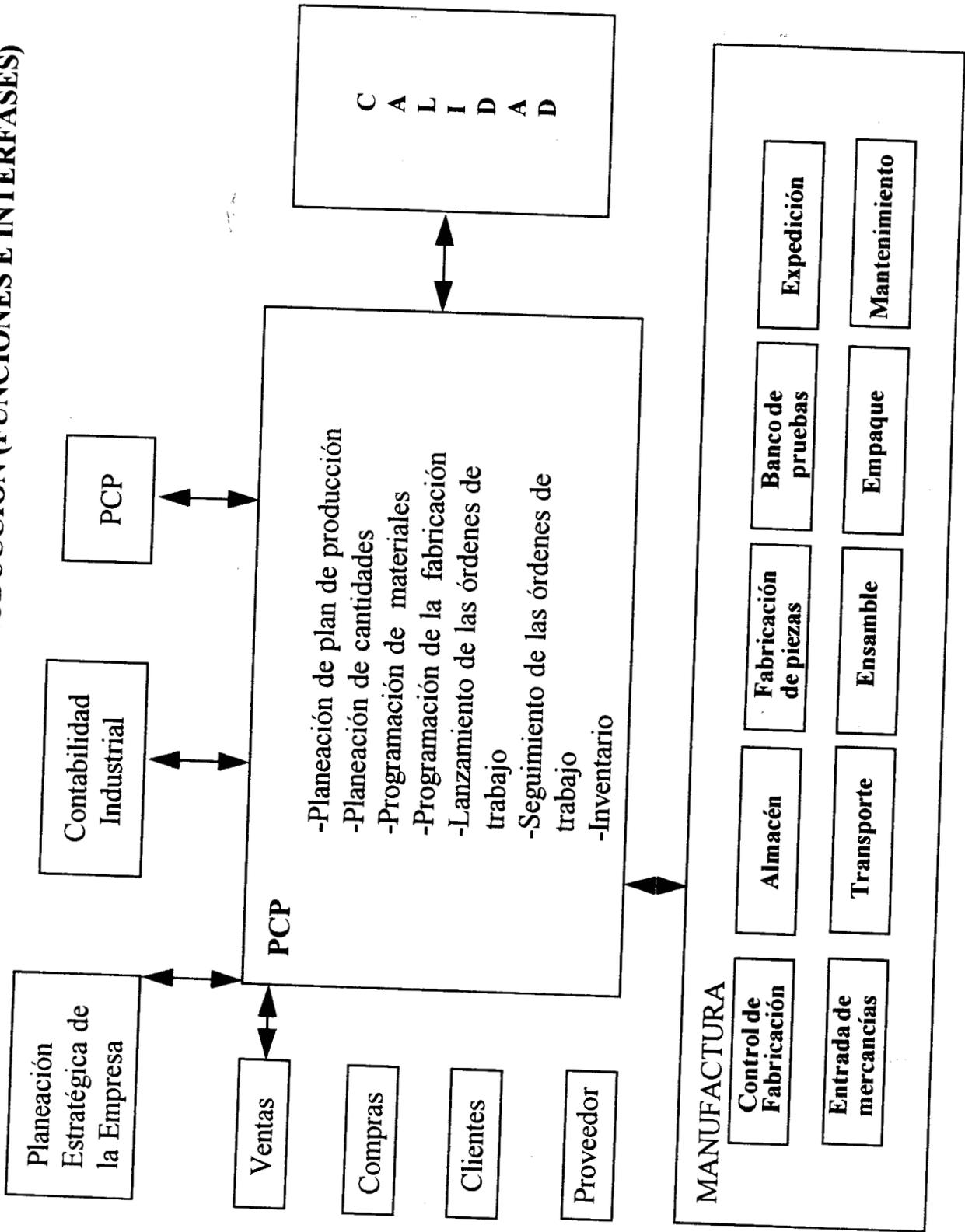
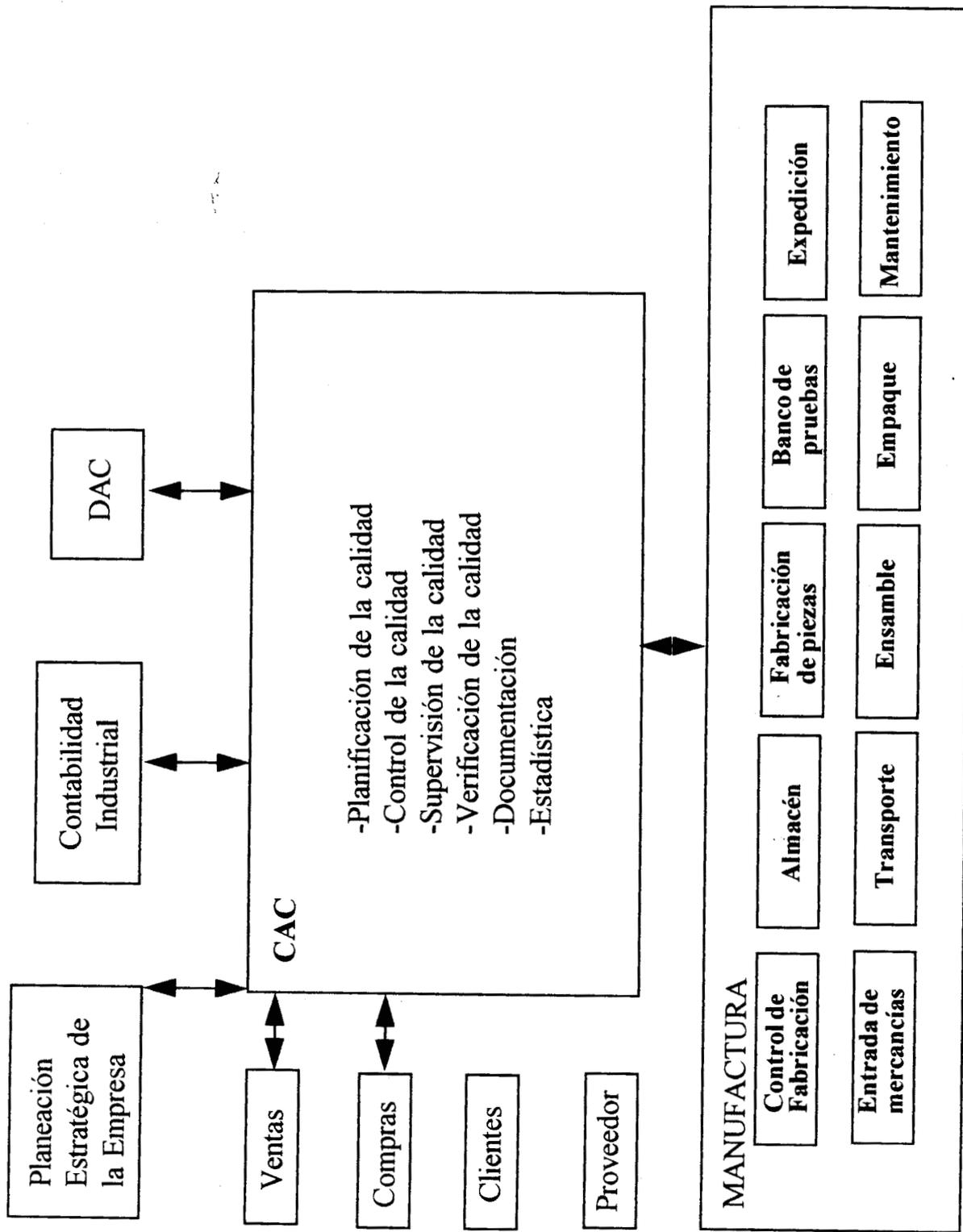


FIGURA 3.
CONTROL DEL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (FUNCIONES E INTERFASES)



Esto se refiere al control directo de las instalaciones, técnicas de proceso, medios de producción, equipos de manipulación y sistemas de transporte y almacén.

- Se encuentra en el ámbito operativo y logístico de producción de una empresa.
- Abarca todos los cometidos que pueden describirse utilizando los conceptos de manufactura, flujo de materiales y mantenimiento.
- Incluye la automatización de todos los campos próximos a la manufactura desde la entrada de materiales, almacén, fabricación de piezas y ensamble, hasta las secciones de verificación y expedición.

NIVELES DEL MAC

1. Nivel de dirección de producción (Funciones logísticas).
2. Nivel de dirección de procesos (Funciones Operativas).
3. Nivel de control de proceso.

El camino hacia el SMIC

- Disponibilidad para invertir en SMIC a largo plazo.
- Creación de un equipo directivo para la administración profesional de todo el proyecto SMIC.
- La gerencia SMIC que se nombre ha de identificarse con su cometido.
- Debería especificarse un concepto SMIC.
- Los objetivos de la empresa habrán de estar de acuerdo con los del SMIC.

Estrategia del SMIC.

La estrategia del SMIC se basa en tres etapas esenciales:

- La creación de una organización SMIC.
- El trabajo conjunto con colaboradores SMIC.
- El desarrollo de un concepto SMIC y su puesta en marcha.

Para tener éxito en una planeación estratégica de una introducción del SMIC, habrán de incluirse:

- personal con conocimientos tecnológicos.
- modificaciones de la organización.
- configuración de las técnicas de manufactura.
- técnicas de tratamiento de datos.

- cuantificación del personal existente.
- aceptación de más funciones.
- responsabilidad en las actividades.
- mayor capacitación del personal.

3.3. LA INTEGRACION TECNICA EN SMIC

El diseño y puesta en marcha de un sistema de información que vincule a generadores, procesadores y usuarios de información, atendiendo a las diferentes necesidades y actuando, además, como nexo de unión entre los distintos equipos de hardware y software que opera en una empresa plantea numerosos retos, por una parte, está la dificultad técnica y, por otra, todavía queda mucho para hacer integrar la planificación y coordinación de las actividades de las diversas máquinas que llevan a cabo una amplia variedad de trabajos distintos.

En la organización del SMIC deben participar colaboradores del SMIC que habrán de ser contratados, medidas de capacitación que habrán de tomarse, medidas de organización que habrán de adoptarse, proyectos parciales que habrán de realizarse, etc. Los, procesadores y usuarios de información, atendiendo a las diferentes necesidades y actuando, además, como nexo de unión entre los distintos equipos de hardware y software, es un proceso largo, difícil y costoso.

Muchas decisiones serán tan complejas que necesitarán el apoyo humano, lo cual puede provocar problemas en medida que la velocidad de las máquinas es mayor que la del análisis humano; **la Inteligencia Artificial (IA)** puede desempeñar en estos casos un importante papel.

La **IA** es una rama de la ciencia de la computación que intenta emular los métodos humanos inteligentes, proveyendo a las computadoras de la capacidad de entender el lenguaje y la resolución de problemas que necesitan de razonamiento y del aprendizaje.

Para acercarse a ello, los sistemas de **IA** utilizan símbolos (no sólo números) y algoritmos; reglas, redes, gráficos y otras estructuras de datos sirven para mostrar las relaciones que existen entre los símbolos que representan objetos, personas, sucesos y sus

características. Estos sistemas pueden hacer hipótesis de partida y simular el razonamiento inductivo comparando datos incompletos con modelos ideales.

Lo más importante de la IA es que puede ayudar en situaciones donde no existe un experto humano disponible.

La IA es asimismo especialmente interesante en lo que se refiere a su capacidad para el pensamiento ordenado. En general, los ordenadores procesan los datos y hacen cálculos matemáticos mucho más rápidamente que nuestro cerebro, sin cansarse cuando hay que hacer tareas repetitivas. Por ello, cuando se programan bien, pueden ser tan eficaces como las personas, aunque ése no será el caso cuando el desarrollo de tareas requiera una cierta creatividad o haya que desarrollar intuiciones o ideas nuevas. Su habilidad para trabajar con conjuntos de datos incompletos hacen a los sistemas de inteligencia artificial más flexibles que la programación convencional; por ello, los sistemas de control que emplea la IA serán más convenientes en aquellas situaciones que demandan una cierta flexibilidad.

Es esta característica la que ha hecho que los expertos la consideren como la tecnología que permitirá, en el futuro, la consecución de la total integración técnica en SMIC.

El campo general de la inteligencia artificial se puede desglosar en seis áreas: sistemas expertos, desarrollo de software, proceso del lenguaje natural, control de robots, reconocimientos del lenguaje oral y visión automática.

También se está desarrollando un importante esfuerzo encaminado al desarrollo de sistema de procesado del lenguaje natural, de forma que el software de IA y las aplicaciones informáticas ordinarias puedan ser más fácilmente accesibles para el usuario final.

3.4. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (DAC) E INGENIERIA ASISTIDA POR COMPUTADORA (IAC).

Desde el análisis del diseño inicial de los productos hasta la concepción de los procesos de producción, las funciones de ingeniería que preceden y apoyan a la fabricación están siendo automatizadas de forma creciente. En muchos sentidos, esta automatización es muy similar a la de la planta productiva en cuanto a efectos posibles, pues ambos fenómenos pueden contribuir significativamente a la consecución de mejoras en la productividad y al

incremento de los conocimientos y destrezas de los trabajadores. Sin embargo, para muchas empresas, el plazo de recuperación de la inversión y los procedimientos de justificación de ambos tipos de automatización pueden ser muy diferentes, debido, principalmente, a los distintos tipos de economías de escala que proporcionan. Esto hace que, mientras que no suelen aparecer problemas para destinar fondos a la mejora de la ingeniería, suelen presentarse restricciones presupuestarias cuando se trata de adquirir equipos productivos. Los tipos de tecnologías para la automatización de la ingeniería sea ésta de diseño o de proceso, que presentan una mayor difusión, se describen seguidamente.

Ingeniería automatizada de diseño

Los nuevos productos y componentes se conciben en un proceso de diseño que se traduce en especificaciones concretas, las cuales permiten alcanzar las características funcionales y estéticas deseadas. El proceso de diseño ha sido tradicionalmente iterativo, mejorándose y refinándose las especificaciones a lo largo de etapas sucesivas de acuerdo con la experiencia del diseñador, cálculos, esquemas, planos, etc.

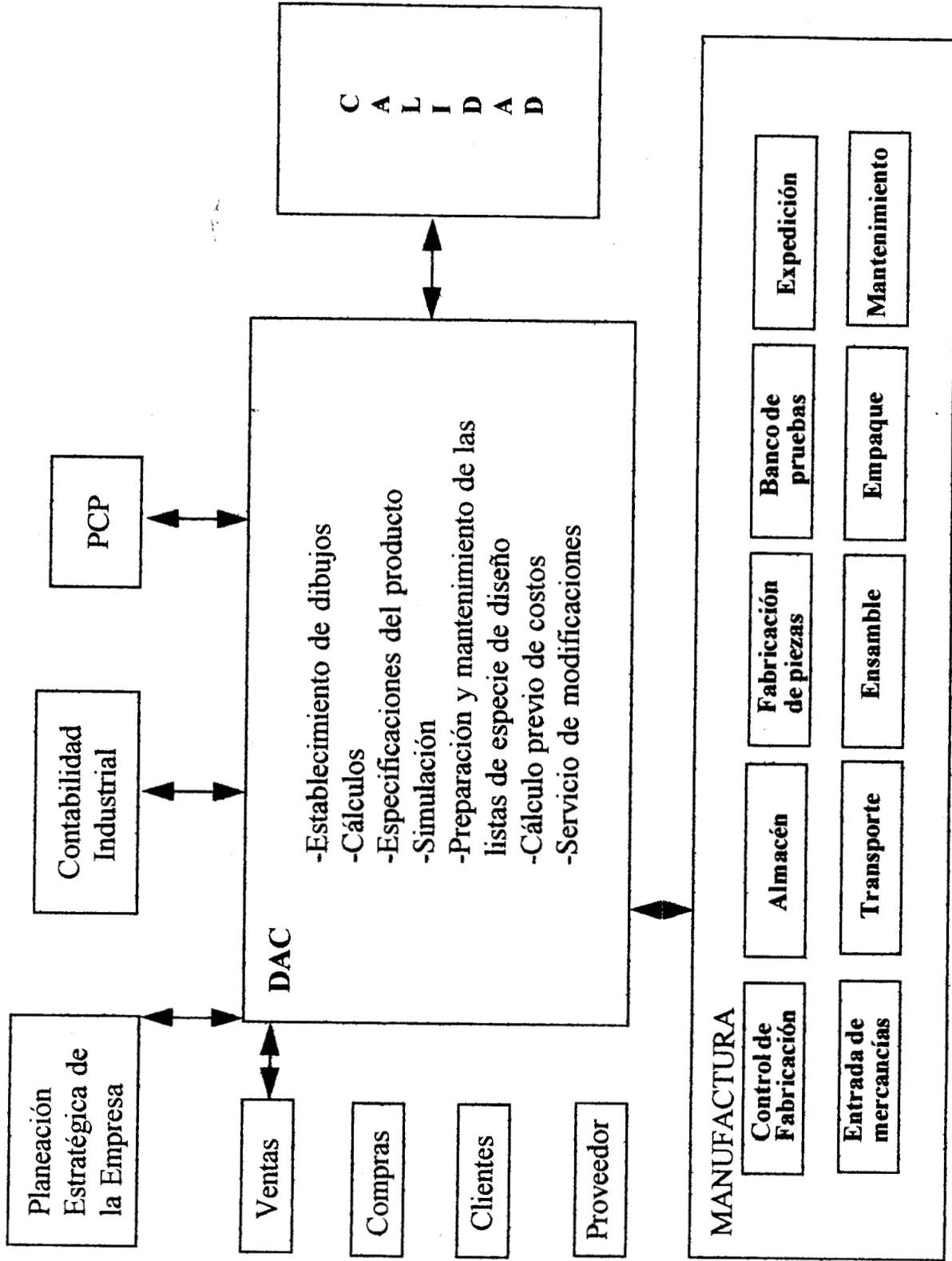
En una primera etapa, las computadoras se comenzaron a utilizar para automatizar la fase del delineado de los planos. Desde entonces, los sucesivos avances informáticos han ido dando lugar a que las computadoras pudieran ir ocupándose de más tareas, entre las que ya se encuentran la Ingeniería de Diseño y el Análisis de Ingeniería.

A) *Diseño asistido por computadora (DAC).*

Se trata de un proceso de diseño informatizado para la creación de nuevos artículos y para la modificación de los ya existentes. El hardware central o configuración física del sistema consiste en una estación de trabajo dotada de un ordenador, elementos para el dibujo y un amplio conjunto de software de diseño que permite al diseñador la manipulación de formas geométricas. En la **figura 4** se esquematiza al DAC con sus funciones e interfaces.

El **DAC** proporciona gráficos interactivos de apoyo al diseño de productos y componentes, herramientas y especificaciones. Un diseñador, con una pantalla de gráficos de alta resolución, puede generar diferentes visiones de los ensamblajes y componentes, obtener gráficos en tres dimensiones, gráficos de corte por secciones, ampliar zonas concretas, rotarlas, etc. Estos diseños gráficos permiten a los ingenieros de fabricación, proveedores y clientes formarse una idea de cómo va a ser el producto y facilitan, por tanto, la aportación

FIGURA 4.
DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (FUNCIONES E INTERFASES)



de sugerencias con anterioridad a que el producto se haya fabricado. También contribuyen a que el producto pueda ser rápidamente introducido en el mercado, ayudando, además, a que salgan a la luz problemas que, de otro modo, no aparecerían hasta que el producto ya estuviese lanzado. Asimismo es posible simular la reacción de una pieza ante diferentes fuerzas y tensiones.

Utilizando los datos almacenados en la memoria del ordenador, los ingenieros de fabricación y otros usuarios pueden obtener con bastante rapidez planos y listados de las especificaciones de cualquier producto en cualquier momento. Del mismo modo, los analistas de proceso pueden usar el **DAC** para almacenar, recuperar y clasificar datos de varios items; esta información es útil para formar células de tecnología de grupos o para crear familias de los productos que conducirán por sí mismas hacia la automatización flexible. El diseño asistido por computadora ayuda también a reducir las pérdidas de tiempo en que se incurre cuando se quiere diseñar algo que ya está hecho, pues ahora se puede acceder rápidamente a diseños antiguos, modificarlos, etc, en lugar de tener que empezar de la nada cada vez.

Cuando los diseños se han concluido tras el uso del **DAC**, se pueden almacenar en el ordenador para que los plotters (impresoras especiales de gráficos) dibujen los componentes de un producto; esto significa que se puede automatizar el dibujo, que hasta ahora era hecho manualmente. La base de datos de **DAC** permite que otras funciones tengan acceso a los mismos datos sin la necesidad de tanto papeleo; funciones como diseño de herramientas, planificación de la calidad o compras pueden utilizar los datos para desarrollar planes y generar instrucciones detalladas para su posterior envío a las máquinas de control numérico, que se encargarán de producir piezas, etc. De este modo, la base de datos común puede ser utilizada en la fabricación asistida por computadora (**FAC**).

Los tres tipos de diseño tridimensional son el **alámbrico**, en el que se definen geoméricamente las aristas que forman el contorno del objeto, el **de superficies**, en el que se generan todas las que encierran el objeto (tanto internas como externas) y el **sólido**, en el que se crea el objeto (hueco o macizo) por definición de su contorno y posterior rellenado o partiendo de cubos, esferas, cilindros, etc. Los sistemas de tres dimensiones reportan importantes ventajas, las cuales se muestran a continuación.

PRINCIPALES VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DAC EN TRES DIMENSIONES

| | |
|--|---|
| - Mejoran el tiempo de respuesta a las necesidades iniciales y modificaciones de los clientes. | - Eliminan las tareas más pesadas de la delineación. |
| - Disminuyen el costo de creación y mantenimiento de dibujos, croquis, planos, etc. | - Facilitan la adherencia al seguimiento de las normas y procedimientos de la organización. |
| - Apoyan el uso de la simplificación y de componentes estándar, siendo una parte muy importante de las iniciativas de análisis de valor. | - Proporcionan información precisa y de fácil acceso para apoyar necesidades futuras. |

B) Ingeniería asistida por computadora (IAC)

La modelización de elementos finitos (finite-element modelling) es otra tecnología que puede acelerar el ciclo de desarrollo de los productos. Se trata de una técnica de simulación que permite a los ingenieros comprobar ciertas características físicas de un objeto en el ordenador, evitando, de este modo incurrir en los costos y retrasos de la construcción y prueba de prototipos. El objeto se describe mediante una colección de pequeños elementos finitos que han de unirse.

La presión y deformación que caracterizan a cada elemento se describen mediante ecuaciones, cuya solución simultánea sirve para determinar el comportamiento de la estructura conjunta. El diseño puede ser revisado, siendo posible recalcular el rendimiento de las distintas modificaciones.

Mediante el uso de los sistemas **IAC** se pueden abordar estudios como los siguientes:

- Análisis mecánico y estructural.
- Análisis térmicos y magnéticos.
- Estudios fluidodinámicos.
- Evaluación de mecanismos.
- Análisis cinéticos y dinámicos.
- Simulaciones eléctricas y electrónicas.

- Estudios de llenado de moldes para plásticos.
- Análisis balísticos y estudios de penetración de proyectiles.

El desarrollo del producto ha sido, tradicionalmente, una fase lenta y cara del proceso de diseño. A ello se añade que los ingenieros habían de actuar en condiciones de incertidumbre, con lo que intentaban protegerse sobreespecificando en la modelización, en la construcción de prototipos, en las necesidades de componentes y materiales, etc. Adicionalmente, la introducción de las modificaciones consecutivas retardaba aún más el proceso. El empleo del software para el análisis de ingeniería ha permitido alcanzar importantes reducciones en los costos y tiempos del proceso de diseño, siendo ya posible llevar a cabo simulaciones del tipo "si-entonces" (if-then) como parte integral del procedimiento; esta aplicación está relacionada con el estudio de aspectos fundamentales, tales como la forma, los ajustes o la funcionalidad, implicando la valoración de cuestiones como fuerza, presión, peso, volumen de los materiales, etc.

Dada la creciente necesidad de responder con rapidez a los cambios en la demanda, las ventajas más importantes del uso de **DAC** e **IAC**, están relacionadas con las mejoras en costos y tiempo de respuesta a las necesidades del mercado. De hecho, para numerosas entidades, es este último factor el que puede inducir a la obtención de la mayor ganancia en una época en la que cobra una importancia crítica.

De modo resumido el siguiente cuadro nos muestra las ventajas de la automatización de la Ingeniería de Diseño.

VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACION DE LA INGENIERIA DE DISEÑO

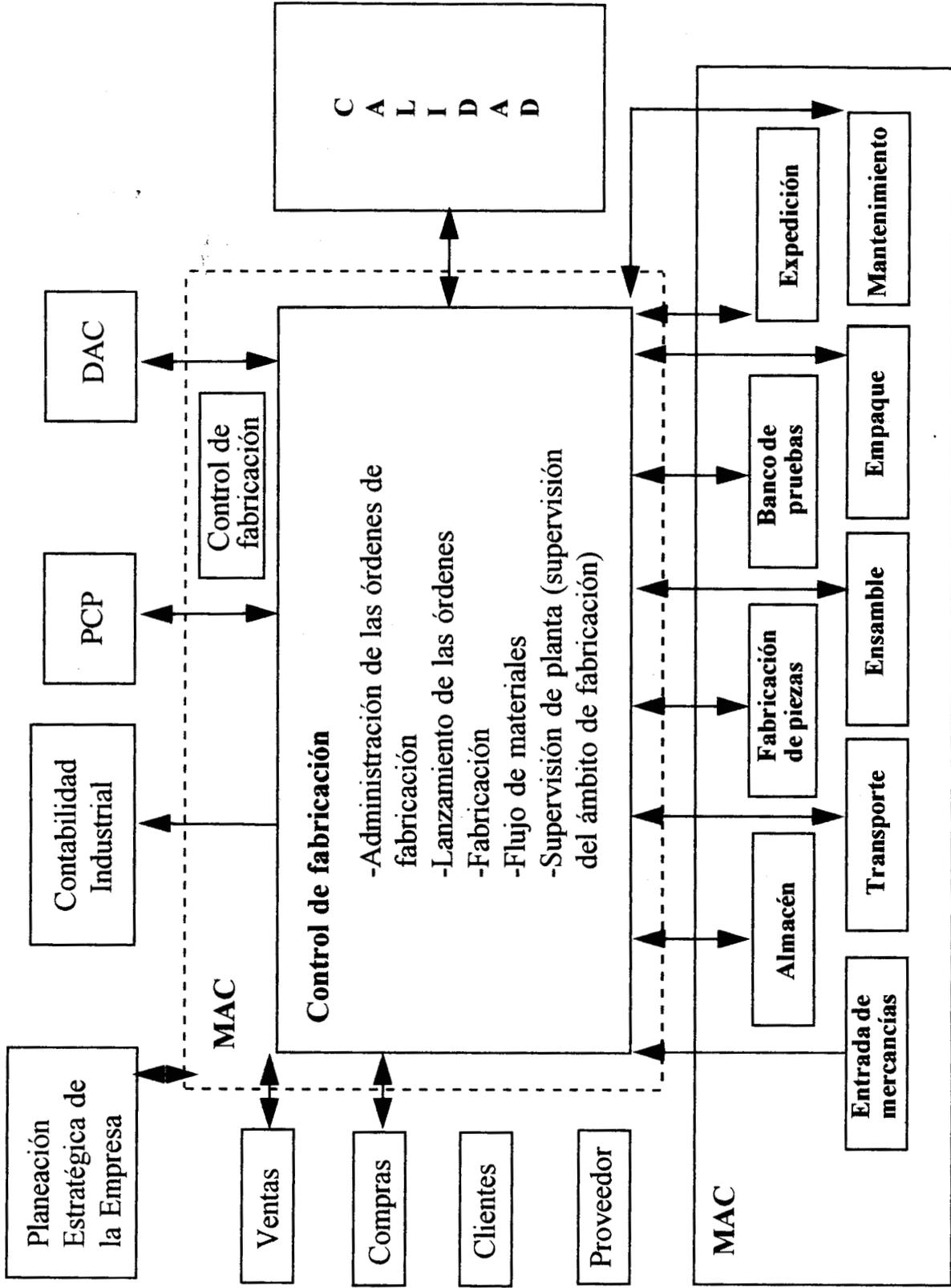
- Incremento de la flexibilidad del producto: los nuevos productos pueden ser diseñados e introducidos en el mercado más rápidamente.
- Incremento de la flexibilidad en la modificación: los diseños de productos ya existentes pueden ser fácilmente modificados para adaptarse a las demandas de los consumidores.
- Mejoras en el acceso a diseños: los diseños pueden almacenarse y recuperarse más fácilmente sobre la computadora que sobre el papel.
- Mejoras de la calidad: el rendimiento y comportamiento de los diseños puede ser evaluado antes de convertirlos en productos, con lo que se pueden introducir los cambios pertinentes para mejorar la calidad. Esto también supone ahorros de tiempo y dinero porque elimina la necesidad de rehacer los productos fallidos.
- Mejora de la productividad: con la flexibilidad de la tecnología y su capacidad para el almacenamiento de datos, la productividad de los ingenieros de diseño ha mejorado notablemente.

3.5. MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA (MAC)

La ingeniería automatizada de la fabricación tiene su más importante representante en el sistema **MAC**, el cual se emplea, bien para el control directo de los equipos de proceso y/o de transporte y gestión de materiales, bien para apoyar indirectamente las operaciones de fabricación. El control de la manufactura con sus funciones e interfases se muestran en la **figura 5**.

Se trata básicamente de sistemas que controlan las operaciones de las máquinas herramientas en el taller. Como ya se ha mencionado, éstas pueden desarrollar varias operaciones, por lo que se les suministran instrucciones desde la computadora en relación a las que deberán llevar a cabo para obtener los distintos tipos de artículos. Entre los beneficios de la aplicación del **MAC** se encuentran la posibilidad de utilizar casi por completo la mayor fiabilidad de las máquinas frente a la variabilidad humana, la mayor consistencia entre los distintos productos fabricados y los ahorros de tiempo provocados por la menor necesidad de tiempo de operarios. Sin embargo, estos beneficios no son gratuitos: es necesario que los ingenieros de fabricación creen un entorno adecuado con los equipos y

FIGURA 5.
CONTROL DE MANUFACTURA (FUNCIONES E INTERFASES)



software que gobernarán las operaciones de las máquinas. Su trabajo ha de estar estrechamente unido al desarrollado por los ingenieros de diseño, de forma que produzca un ajuste entre los procesos fabriles y el diseño de productos y componentes.

Además, desde el punto de vista de la fabricación, los equipos y software deben permitir la posibilidad de llevar a cabo series flexibles de producción con un rendimiento fiable, de modo que se puedan cumplir los planes y programas de producción de los diferentes productos. Los programas por computadora pueden almacenarse en la base de datos de fabricación, recuperarlos, cambiarlos, actualizarlos y revisarlos, en función de que se añadan nuevos componentes, se rediseñen los ya existentes y sean reemplazados, etc.

La información que un sistema MAC necesita para ejecutar su cometido ha de ser geométrica y tecnológica. La **información geométrica** ha de indicar las velocidades características, el material de la pieza, los refrigerantes a emplear, el proceso de selección de la herramienta, etc. Existen distintos tipos de sistemas MAC, los cuales se describen a continuación:

A) MAC indirecto.

Este sistema se encarga, mediante una computadora de servir de vínculo entre los equipos y los sistemas de planificación y control de la producción. Para ello, por una parte, recaba la información de los centro de trabajo, los cuales la han recogido a través de sus diferentes instrumentos de entrada y lectura de datos (por ejemplo: lectores de código de barras, sensores de robots, etc), procesando (y traduciendo) esta información para reforzar las actividades de planificación y control, pudiéndose responsabilizar de actualizar el estado de inventarios, cálculo de desechos, información varia sobre calidad, etc. Por otra, suministra a estos centros de trabajo las instrucciones (iniciales o revisadas y en el lenguaje adecuado) para que operen.

B) PPAC (Planificación de procesos asistida por computadora)

Esta aplicación informática ayuda a determinar los pasos que serán necesarios a lo largo del proceso productivo para fabricar un componente, una vez que éste se ha definido mediante el DAC. Estos programas desarrollan el plan de proceso o las hojas de rutas que posteriormente, se habrán de seguir mediante aproximaciones generativas o variantes de una versión inicial. La **aproximación generativa** comienza con las especificaciones de diseño

del producto para crear un plan de proceso detallado y completo en el que se indican las actuaciones a desarrollar por las máquinas y el momento en que habrán de desarrollarse. Emplean algoritmos de diseño, un archivo o fichero con las características de las máquinas y una lógica de decisión.

Los sistemas expertos, basados en reglas de decisión, están siendo usados en algunas de estas aproximaciones. La **aproximación variante** utiliza un registro o fichero de planes de procesos estandarizados, de entre los cuales selecciona el mejor plan posible después de revisar el diseño de la pieza. El plan puede ser revisado manualmente si no es completamente adecuado.

C) DAC/MAC integrados

El rendimiento de la fabricación puede ser mejorado si, cuando se diseña un determinado artículo, se tiene en cuenta al mismo tiempo las características del correspondiente proceso de producción o sus fases, las capacidades de las máquinas, los cambios de herramientas, las necesidades de ajustes de soporte, las peculiaridades del montaje, etc. Tanto la ingeniería de diseño como la de fabricación se basan en la definición de los componentes tal y como se ha concebido en el diseño; sin embargo, existen algunas diferencias importantes en los enfoques seguidos por cada tipo de ingeniería, por lo que es especialmente importante analizar la información de forma integrada, dado que los productos de éxito deben tener diseños que puedan ser fabricados de forma económica.

Cuando **DAC** y **MAC** son combinados en un paquete informático integrado, se alude a ellos con el acrónimo **DAC/MAC**. Este sistema integrado permite la consecución de un vínculo entre los ordenadores que posibilita que todas las funciones que se pueden desempeñar estén alimentadas por una base de datos común que contiene planos, listas de materiales, hojas de ruta y otros datos necesarios.

D) CAM directo

Este tipo de aplicaciones conecta de forma directa la computadora y una o varias máquinas, de forma que las señales enviadas por el primero se conviertan en instrucciones para las segundas y sea posible, además efectuar el seguimiento y control de las actividades desarrolladas. Este sistema puede ser aplicado en diferentes entornos manufactureros, aunque los más conocidos son los de transformados metálicos. Las máquinas **CN** pueden

almacenar en sus computadoras las instrucciones pertinentes para la realización de los diferentes productos y utilizar esta información para posterior control de las operaciones.

Ya es posible, como se ha mencionado con anterioridad, unir varias máquinas **CN** a través de un único ordenador que, además de suministrar las instrucciones, efectúa la secuenciación de las tareas a realizar en cada máquina.

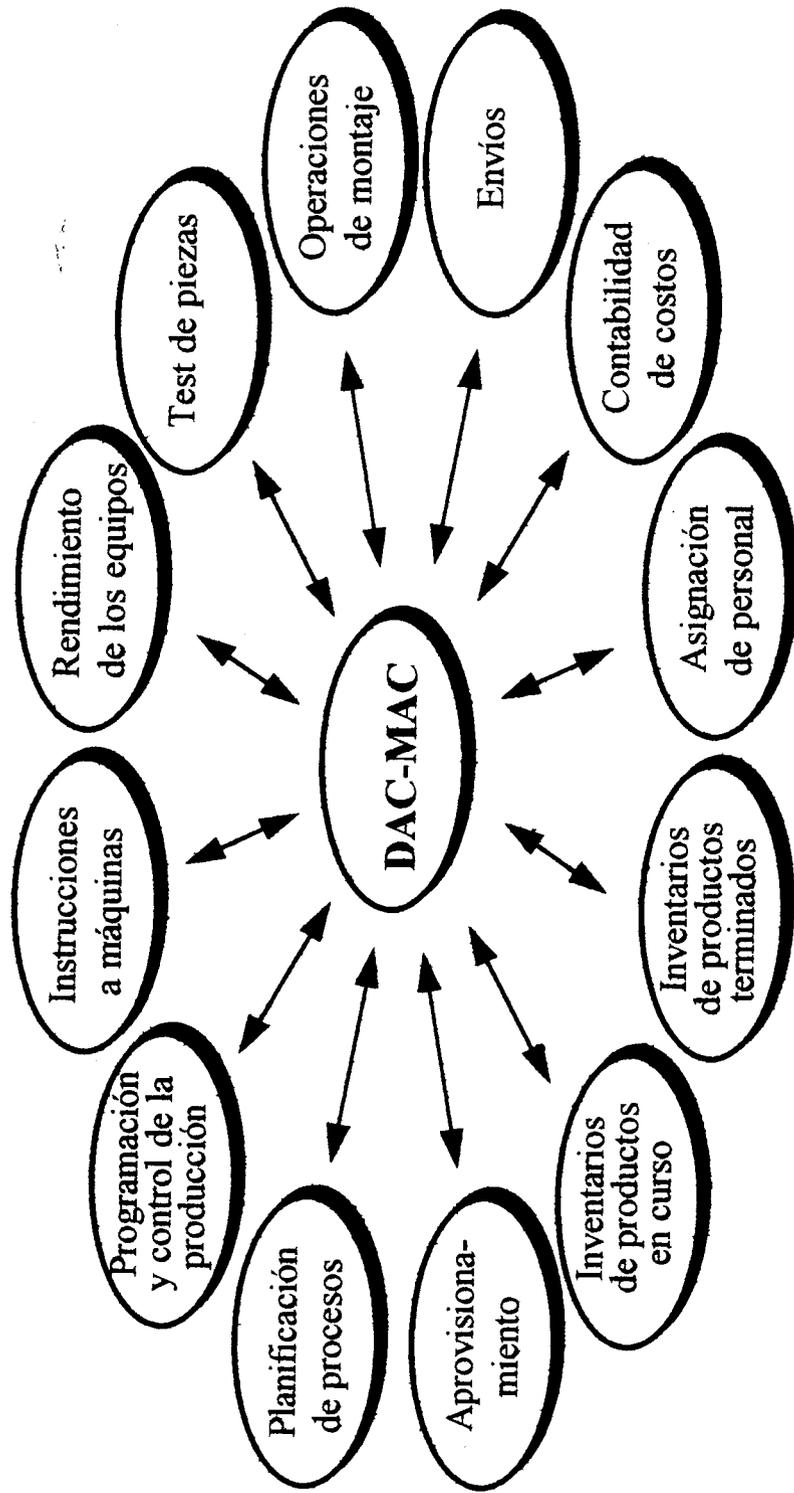
Utilizando esta tecnología, las órdenes del software pueden facilitar rápidos cambios en las operaciones desarrolladas; así, por ejemplo, los intercambiadores automáticos pueden realizar hasta 100 cambios de herramientas, siendo los tiempos de preparación de las máquinas bastante más cortos que si se hiciera manualmente. Este tipo de automatización suele reportar mayores ventajas que las facilitadas por la automatización dura o rígida.

Con este sistema, las máquinas herramientas y los robots pueden operar bajo el control directo de sus propios ordenadores, que son capaces de reconocer la información que ellos mismos recogen mediante sensores y lectores ad-hoc y, adicionalmente, recibir las instrucciones de un mainframe que coordina todo el taller. Un programa de computadora erróneo, sin inspección visual y alguna flexibilidad o discrecionalidad de los operarios de máquinas, puede conllevar que no se produzcan las piezas adecuadas, aunque se esté fabricando eficientemente. Este razonamiento sugiere que la implicación humana no desaparece con la aplicación **DAC/MAC** sino que, por el contrario, puede ampliarse.

El objetivo de un sistema de fabricación integrado será conseguir la total unión entre **DAC** y **MAC** en los actuales sistemas **DAC/MAC**; desde el punto de vista conceptual es deseable que sea la ingeniería de diseño la que determine qué máquinas se deberían usar en el taller.

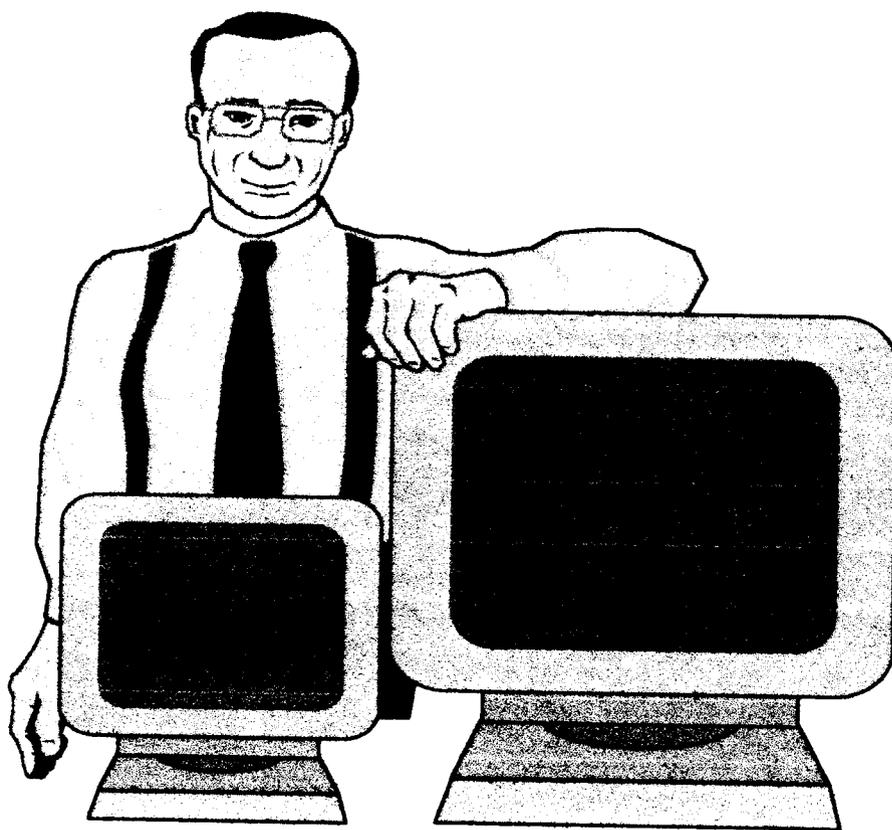
Se requiere por lo tanto, de la existencia de una base de datos necesaria para el funcionamiento de un sistema **DAC-MAC** que esté interactuando con diferentes elementos, a continuación la **figura 6** lo detallará perfectamente.

FIGURA 6.
BASE DE DATOS NECESARIA PARA EL FUNCIONAMIENTO
DE UN SISTEMA DAC-MAC



CAPITULO IV

LA IMPLEMENTACION DEL SMIC



CAPITULO IV

LA IMPLEMENTACION DEL SMIC

4.1. LA IMPLEMENTACION DEL SMIC Y LA ESTRATEGIA DE RECURSOS HUMANOS.

Para tener éxito en una planeación estratégica de una implementación del SMIC, habrán de incluirse:

- Personal con conocimientos tecnológicos.
- Modificaciones de la organización.
- Configuración de las técnicas de manufactura.
- Técnicas de tratamiento de datos.
- Cuantificación del personal existente.
- Aceptación.

La integración de todo el hardware y software que opera en una empresa plantea numerosos retos por una parte, está la dificultad técnica y, por otra, todavía queda mucho por hacer para integrar la planificación y coordinación de las actividades de las diversas máquinas que llevan a cabo una amplia variedad de trabajos distintos.

Para poder implementar un SMIC es necesaria una organización que cuente con:

- colaboradores del SMIC que habrán de ser contratados,
- medidas de capacitación que habrán de tomarse,
- medidas de organización que habrán de adoptarse,
- proyectos parciales que habrán de ejecutarse.

Los colaboradores pueden ser:

- oficina de ingeniería,
- planeadores de instalaciones globales,
- planeadores de sistemas de automatización,
- planeadores de sistemas de tratamiento de datos,
- contratista general,
- proveedor de componentes para el SMIC,

- equipos de realización del proyecto.

Para establecer una colaboración con personal externo, la estrategia de recursos humanos es determinar claramente los planteamientos de problemas y objetivos, el volumen de los distintos trabajos y el nivel de profundización en cada uno de ellos, clase y volumen de los resultados esperados, derechos y obligaciones, fases intermedias y finales, cláusula de confidencialidad, jefes de proyecto internos y externos (gerencia del SMIC), honorarios y costos.

Existe un plan general de implantación del SMIC que permite la puesta en práctica organizada y global del concepto SMIC.

La realización del plan general de implantación del SMIC es responsabilidad de la gerencia del SMIC.

En la fase de planeación de funciones se prepara un modelo funcional ideal, después se deducen funcionalmente las medidas restantes que deben adoptarse en cuanto a modificaciones de organización y realizaciones técnicas.

4.2. PRINCIPIOS GENERALES PARA LA IMPLEMENTACION EFICAZ DE UN SMIC.

La organización de la estructura debe examinarse en base a ciertos principios generales que son:

- Ambitos de responsabilidad de personas, grupos, secciones, direcciones.
- Descripción de tareas de personas, grupos, secciones.
- Asignación de cargos.
- Descripción de tareas de los cargos.
- Asignación de organismos de control (por ejemplo, sistema de calidad)
- Cumplimiento de competencias.
- Solapamiento de competencias.
- Asignación y cometido de otros organismos coordinadores (por ejemplo, la gerencia del SMIC)

Una vez dados los principios generales para la implementación eficaz de un SMIC es necesario que los requisitos funcionales y estructurales se realicen planificando una serie de

sistemas técnicos, y aquí, el centro de gravedad se encuentra en el diseño informático del sistema y el objetivo es crear una planeación, en el sentido de establecer un concepto informático aproximado.

El resultado consiste en el establecimiento de una estructura global de tratamiento de datos y automatización. Contiene descripciones de interfases, requisitos de rendimiento y confort y requisitos de mantenimiento y servicio.

El SMIC exige establecer una planeación donde se contemple la secuencia de los diferentes proyectos parciales: el DAC y el MAC.

Como veremos a continuación en la **figura 7** se explica un proyecto piloto de SMIC, este intento es por demostrar en un ambiente de fabricación justo a tiempo el desarrollo de técnicas para transformar diseños computarizados a instrucciones de manufactura completas, las cuales podrían ser transmitidas directamente del piso de compra.

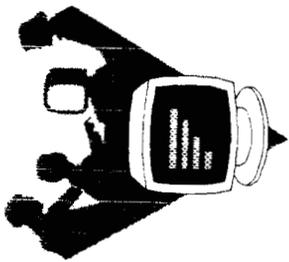
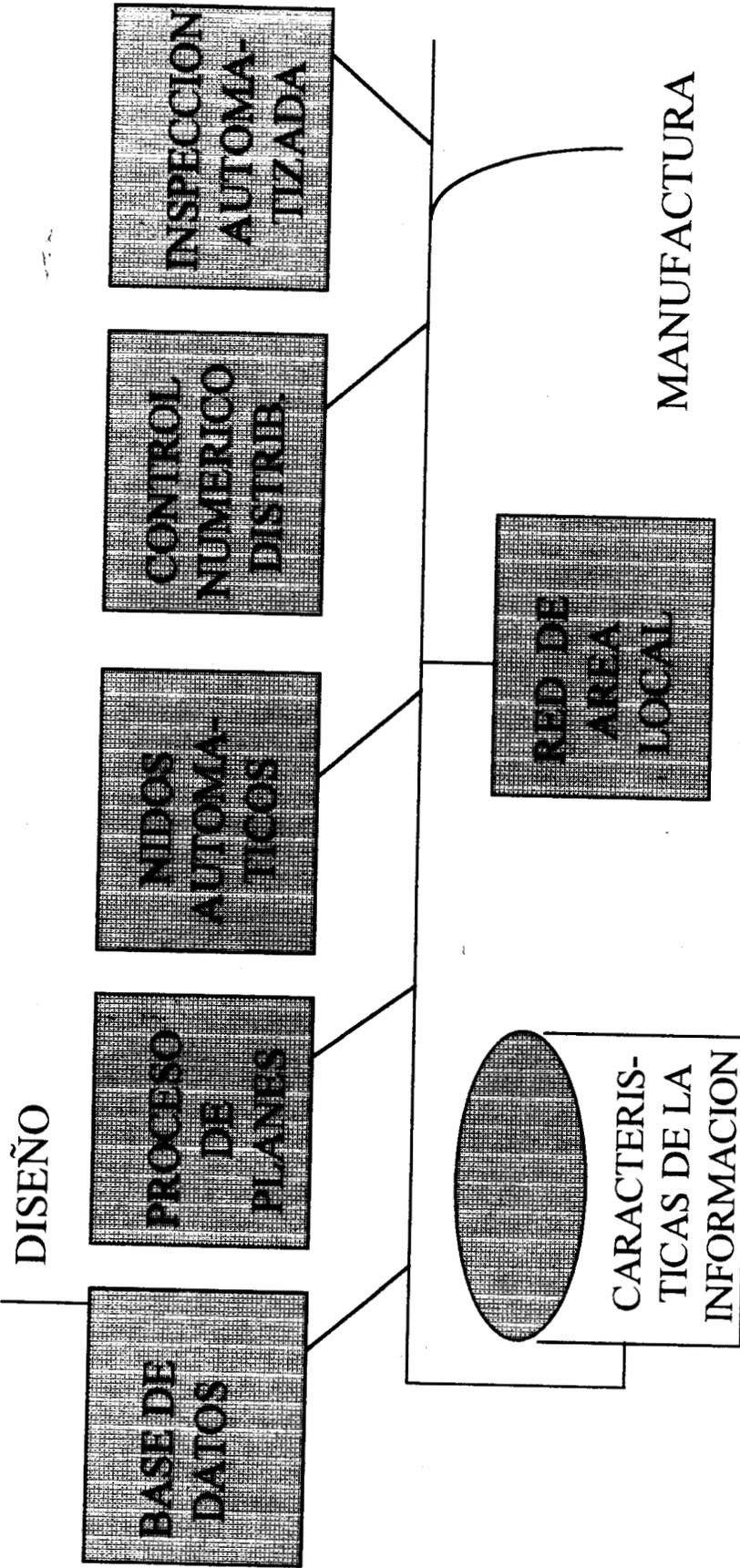


FIGURA 7.
UN PROYECTO PILOTO DE SMIC



4.3. PROBLEMAS ORGANIZATIVOS QUE DIFICULTAN EL EXITO DEL SMIC.

Así como se puede tener un éxito al implantar un SMIC también se puede fracasar debido a ciertos problemas organizativos que dificultan el desarrollo del mismo, la mayoría de estos problemas son respecto a la integración, las comunicaciones, el manejo y la presentación de los datos que tienen conjunto de requerimientos técnicos.

Antes de que puedan integrarse del todo el SMIC también debe enfocarse a una serie de restricciones a nivel de toda la empresa.

Dentro de los problemas organizativos encontramos:

- El no utilizar plataformas estándares.
- No integrar los datos.
- Desproteger la inversión en la parte instalada.
- No trabajar con sistemas heterogéneos.
- Utilizar estándares que no son de la industria.
- No reducir los costos de soporte de aplicaciones.
- Proporcionar fuentes no seleccionables.
- No mejorar el producto del negocio.

4.4. PROBLEMAS TECNOLOGICOS QUE DIFICULTAN EL EXITO DEL SMIC.

Dentro de los problemas que afectan el éxito del SMIC tecnológicamente encontramos muchos, ya que si no se está al día con toda la moderna tecnología que va avanzando se van retrasando, lo que ocasiona que la manufactura no pueda ser tan efectiva en la implantación de un SMIC.

Aquí cabe mencionar las plataformas estándares, el uso de éstas en computación es un paso que las empresas industriales pueden dar hacia la integración, hoy en día, existen muchos productos disponibles que utilizan las plataformas estándares. Estos incluyen procesadores, sistemas operativos, así como los habilitadores para comunicaciones, el manejo y presentación de datos.

Otro de los problemas son los requerimientos de integración que con frecuencia no son satisfechos al no crear puentes entre las aplicaciones individuales.

Los puentes por lo general copian una recopilación de datos entre dos aplicaciones.

Un puente entre ingeniería y planeación de la producción es un problema tecnológico que no permite que esas dos funciones compartan una lista de materiales.

Otro problema es que una aplicación de ingeniería DAC/MAC no pueda descargar un programa CN a una computadora personal del piso de planta.

Un punto entre planeación de la producción y operaciones de planta resulta ser un problema tecnológico al no ser usado para proporcionar una copia del programa de producción al sistema del piso de planta.

Otro de los problemas que hay con los puentes es que los cambios que se hacen al conjunto original de datos no son incorporados inmediatamente a la copia de datos y los puentes llegan a ser difíciles de mantener cuando más de dos aplicaciones tienen que trabajar juntas.

Es imperativo que la información más reciente se comparta entre múltiples aplicaciones, a través de funciones del negocio.

Por ejemplo ingeniería, comercialización, contabilidad de costos, planeación de la producción y operaciones de la planta pueden tener acceso al inventario.

4.5. VALORACION DE LAS OPORTUNIDADES DE INVERSION EN SMIC.

Dado que una importante parte de los beneficios de un sistema SMIC son intangibles o difíciles de cuantificar, la decisión de su implantación ha de fundamentarse en mejorar las capacidades productivas de forma estratégica. Para efectuar una valoración correcta de las oportunidades de inversión en SMIC y ponderar los potenciales beneficios frente a los costos asociados, deberían considerarse dos consecuencias básicas de la utilización de estas tecnologías.

En primer lugar, la importancia de la flexibilidad de las operaciones para la competitividad de la empresa se ha puesto de manifiesto durante la pasada década conforme

la tasa de cambio tecnológico y económico se ha acelerado y muchos mercados y consumidores se han hecho cada vez más internacionales.

Como consecuencia de esa competencia creciente, se han acortado los ciclos de vida de los productos a medida que cada empresa ha intentado ofertar nuevos artículos entre un creciente grupo de rivales industriales.

Para sobrevivir, las empresas deben responder a la competencia de forma rápida y flexible en los cambios en el mix de productos y en las tasas de producción, acortando los tiempos de suministro del sistema manufacturero, lo cual es facilitado por la automatización de los lanzamientos y cambios de máquinas para los diferentes productos.

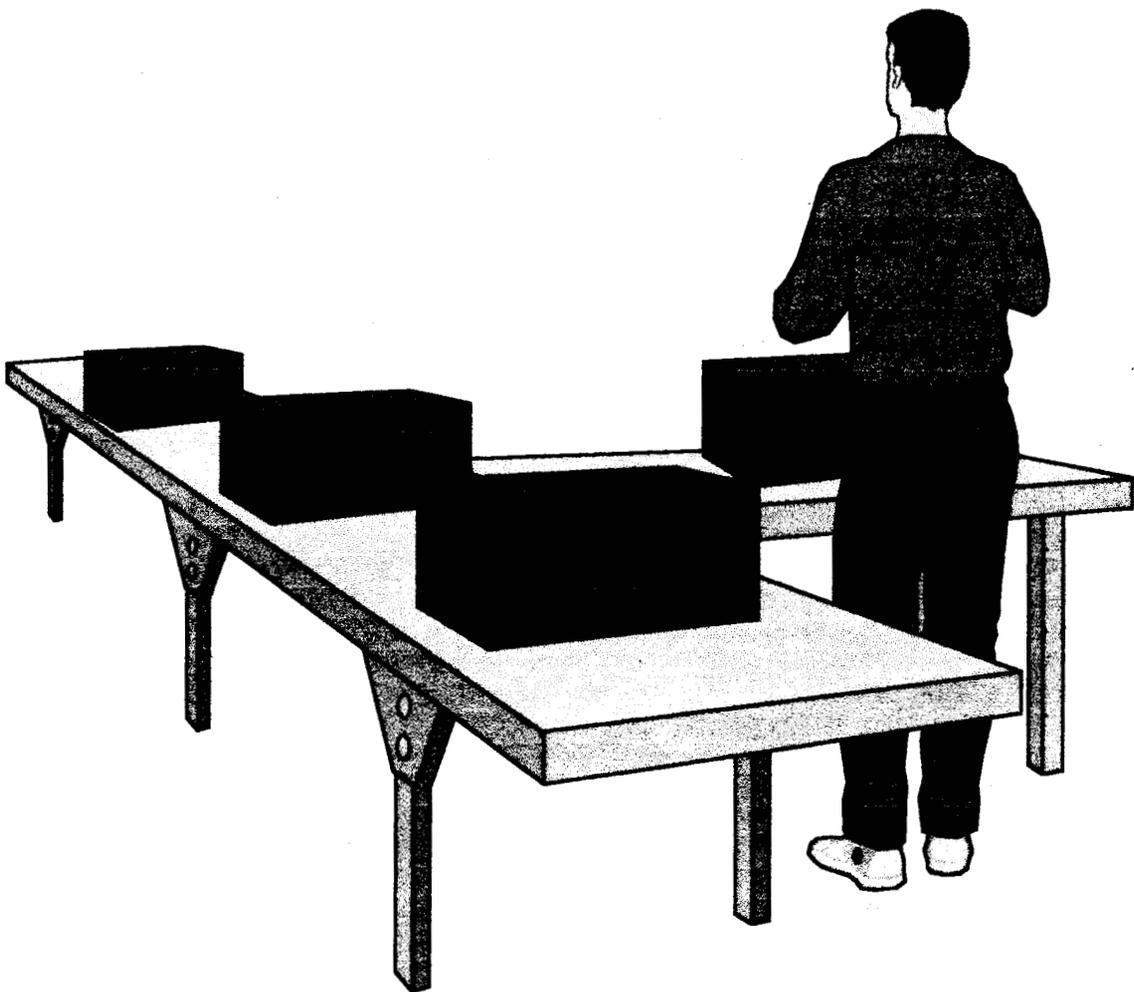
En segundo lugar, la automatización a gran escala, que sustituye personas por máquinas, está provocando un peso específico del capital fijo cada vez mayor. Esta transformación tiene dos efectos importantes:

1. La estructura de costos de fabricación pasa de reflejar unos bajos costos fijos y altos costos variables a una situación radicalmente inversa. Este cambio afectará a la capacidad de la empresa para aceptar retos estratégicos, pues los bajos costos variables permiten obtener una rentabilidad a corto plazo, incluso en condiciones de guerra de precios.

2. Se producen cambios, tanto en los niveles de empleo como en la responsabilidad de los puestos de trabajo, que requieren una importante modificación en la estructura organizativa.

CAPITULO V

LA AUTOMATIZACION DE LOS SERVICIOS



CAPITULO V

LA AUTOMATIZACION DE LOS SERVICIOS

Una diferencia importante entre los servicios y la manufactura es el mayor número de actividades involucradas en la generación de los primeros. La falta de estandarización es, precisamente, la razón principal del lento progreso observado hasta ahora en la automatización de los servicios. Sin embargo, la creciente flexibilidad de esta última está permitiendo conseguirla en ciertos campos.

5.1. ANALOGIAS EN EL DISEÑO DE SERVICIOS Y MANUFACTURAS.

La introducción exitosa de un nuevo producto, tanto si es bien como un servicio, está determinada por su aceptación en el mercado, siendo fundamental para ello las actividades de diseño. Los ingenieros que diseñan los productos deben ser capaces de trasladar los objetivos de los clientes a un conjunto de especificaciones técnicas y de definir el nivel de calidad necesario en términos de medidas tangibles.

El diseñador de un servicio usa el equivalente a las especificaciones técnicas, definiendo la secuencia específica de acciones que habrán de desarrollarse para generar un servicio concreto. Los planos de un servicio serán por tanto, un diagrama de flujo de actividades, o lista de pasos necesarios para generar el servicio, así como las especificaciones que indican cómo se han de llevar a cabo las subtareas. Una de las principales dificultades del diseñador de servicios es que no puede hacer comprobaciones previas del diseño.

Como veremos después, son conocidos los casos de servicios en lo que la relación directa con el cliente ha sido sustituida por el contacto de éste con una máquina; otros casos están relacionados con situaciones en las que para la recogida y lectura de datos, que antes se hacía manualmente, se emplean lectores ópticos, escáners, etc. Con objeto de ilustrar lo anteriormente expuesto, pasaré a describir someramente las aplicaciones más difundidas de la tecnología automatizada en el sector de servicios, aunque como podremos comprobar, algunas de ellas tienen también una utilización creciente en las empresas industriales.

5.2. PRINCIPALES MODALIDADES DE AUTOMATIZACION EN LOS SERVICIOS.

Dentro de estas modalidades encontramos que con la automatización de la Banca que comenzó en la década de los treinta, se instalaron las primeras máquinas para la clasificación de los cheques. Desde entonces, las instituciones financieras han ido mejorando su eficiencia de distintos modos, la mayoría de los cuales son claramente visibles para los clientes. Dos tecnologías particularmente exitosas han sido la transferencia electrónica de fondos y los cajeros automáticos.

5.2.1. INTERCAMBIO ELECTRONICO DE DATOS.

Habitualmente los sistemas de información de las empresas industriales y de servicios procesan millones de instrucciones por segundo; posteriormente los datos se pasan a papel para ser enviados por medios mucho más lentos, como el correo, a otras empresas y organismos, que han de volver a codificarlos e introducirlos para procesarlos nuevamente a grandes velocidades. Para evitar esta redundancia de tratamientos se viene recurriendo en los últimos años a la utilización de un nuevo sistema denominado **EDI** o (**intercambio electrónico de documentos normalizados entre aplicaciones informáticas**).

Dicho sistema se basa en importantes avances técnicos que revolucionan el tratamiento de los flujos de información al permitir la existencia de sistemas automatizados compartidos por varias empresas. Su objetivo es agilizar y simplificar el Subsistema de Información en la empresa, es decir, los procesos relacionados con la recepción, almacenamiento, tratamiento e intercambio de todo tipo de documentos.

El **EDI** afecta a la empresa en su conjunto, dado que actúa en todos los subsistemas empresariales: de Dirección, Comercial, Financiero, de Información de Operaciones; en este último, y para incrementar la velocidad de reacción de los sistemas de planificación y control de materiales, la información a intercambiar entre el fabricante y sus proveedores deberá transmitirse por medios electrónicos, realizándose todas las transacciones de documentos entre las empresas implicadas como si de un único Sistema de Información se tratase. Las características más importantes del **EDI** siguen a continuación:

**CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DEL EDI Y BENEFICIOS MAS
INMEDIATOS**

| | |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">CARACTERISTICAS DEL EDI</p> <p>-Transmisión electrónica. La comunicación debe hacerse por líneas telemáticas. Así se excluye el intercambio de los soportes físicos de los datos (por ejemplo: papel e incluso discos magnéticos) y se permite además establecer la comunicación sin intervención humana (evitándose retrasos y posibles errores).</p> <p>-Datos intercambiados. Están estructurados en mensajes de distinto tipo: comerciales, administrativos, financieros, planificación y programación de la producción, etc. (Aunque en un primer momento se realizaban las operaciones entre organizaciones con un mismo tipo de actividad, dado que la dimensión de la empresa y la diversificación de sus formas de actuar hacen que cada día las organizaciones concurren en más sectores simultáneamente. En el fondo nos encontramos ante un "lenguaje universal" que permite dialogar a los diferentes agentes económicos entre sí, con la virtud añadida de poder realizar esta labor de forma mecanizada por medio del EDI.)</p> <p>-Intercambio entre aplicaciones informáticas. Esto permite ahorro de papeleo, disminución de tiempo y eliminación de errores derivados de la doble introducción de datos en las computadoras.</p> <p>-Normalización. Para poder intercambiar datos electrónicamente las empresas deben ponerse de acuerdo en el formato a utilizar. Para evitar la aparición de múltiples formatos incompatibles entre sí, que dificultaría las comunicaciones interempresas, es necesario utilizar un modelo normalizado de codificación de datos. Actualmente hay dos estándares principales: el X12 y el EDIFACT, siendo este último el más utilizado a nivel mundial, al haber sido promovido por las Naciones Unidas (hay que</p> | <p>tener en cuenta que EDIFACT se centra en la normalización de los mensajes en cuanto a su contenido, dejando la transmisión libre para que la norma sea lo más duradera posible y se pueda implementar mediante diferentes sistemas de telecomunicación).</p> <p style="text-align: center;">BENEFICIOS INMEDIATOS DEL EDI</p> <p>-Reducción de los costos de producción, transferencia y proceso de documentos. Los costos de personal dedicado a las tareas administrativas improductivas suponen entre un 4 y un 15 por 100 del valor de un producto, consiguiéndose con el sistema EDI, reducciones de al menos, una cuarta parte de dicha cifra.</p> <p>-Eliminación de los errores producidos por la manipulación humana de los datos y la necesidad de reintroducir los datos en el lugar de destino.</p> <p>-Aumento de la velocidad en el intercambio de documentos, al sustituir los sistemas tradicionales por transacciones electrónicas.</p> |
|--|---|

La aplicación del **EDI** en la empresa supone un avance técnico en cuanto a la agilización de los procesos administrativos, que tendrá implicaciones organizativas más importantes que las meramente mecánicas. Se puede considerar que la implantación de un sistema **EDI** supone un 75 por 100 de esfuerzo a nivel organizativo y un 25 por 100 a nivel técnico. El **EDI** afectará a los Sistemas de Información Interorganizativos, si bien tradicionalmente se viene presentando por parte de todos los organismos implicados como un elemento constituyente del entorno de la empresa y no de su interior. Desde mi punto de vista, la verdadera revolución del **EDI** no será el avance en materia de telecomunicaciones, ni siquiera la normalización de los datos que se intercambian, ya de por sí muy importante, sino la posterior utilización de los formatos predefinidos mediante **EDI** en todas las demás facetas empresariales, con el consiguiente cambio de enfoque que ello implica en cuanto a simplificación y formalización de los procesos administrativos.

La utilización de este tipo de sistemas está experimentando gran difusión. Para dar una idea de la misma podemos decir que en 1996, una red de servicio **EDI**, la International Network Service, abarcaba el 5 por 100 del mercado británico y el 35 por 100 del europeo, con más de seis millones de documentos intercambiados mensualmente.

5.2.2. SERVICIOS DE INFORMACION ELECTRONICA ON-LINE

Un número de redes informáticas está ofreciendo a sus suscriptores colecciones de bases de datos ASCII en tiempo real y servicios informáticos asociados. El ordenador principal contiene una "biblioteca" electrónica, o una colección de bases de datos, que es actualizada periódicamente; se accede a ella mediante una terminal especial o un ordenador conectado vía módem. Según el tipo de información que proporcionan se denominan servicios referenciales o servicios fuente. Los primeros remiten a otra fuente para complementar las referencias de información, pudiendo ser bibliográficos (por ejemplo: artículos de revistas), directorios (por ejemplo: de empresas industriales, comerciales, etc.) y bases de datos BISE del ICEX (que contienen oportunidades comerciales en todo el mundo).

Respecto a los segundos, proporcionan la fuente primaria de información y pueden ser números (por ejemplo: estadísticas), textual-numéricos, textuales (por ejemplo: noticias de prensa) e icónicos (representan la situación en forma de imágenes, gráficas, etc.)

5.2.3. SISTEMAS DE MENSAJERIA ELECTRONICA

Estos sistemas incluyen, fundamentalmente los servicios de mensajería vocal y el correo electrónico (E-mail). Los primeros soportan, fundamentalmente, el tratamiento de voz y se corresponden con el denominado correo de voz, el Audiotext y los sistemas de mensajería interactiva de voz. Estos servicios, ya sean públicos o privados, vienen a resolver los típicos inconvenientes de la simple comunicación telefónica.

En cuanto al correo electrónico, es un servicio telemático que permite el intercambio de correspondencia (mensajes electrónicos escritos en distintos formatos) y, a veces, ficheros binarios entre terminales de usuarios conectados mediante algún tipo de red local o controlada.

Las PCs y/o terminales, conectadas mediante redes locales que ejecutan una aplicación de E-mail, realizan las mismas funciones de correo interno en cualquier oficina y pueden también desempeñar funciones de correo externo con otros PCs y terminales alejados geográficamente, a los cuales se conectan mediante líneas de transmisión. Los componentes Hard y Soft de un sistema de correo electrónico son:

- Las terminales de usuario, que suelen ser PCs.
- Un host u ordenador central y/o una red de terminales (PCs) para el tráfico de correo..
- Un software de comunicación con el módulo de correo electrónico, que consta de dos elementos: una base de datos especializada para almacenar los mensajes que se intercambian los usuarios en sus respectivos buzones y un módulo de direccionamiento de dichos mensajes entre direcciones electrónicas.

Entre las ventajas de estos sistemas destacan las importantes reducciones de tiempo en las oficinas, la disminución del papeleo, evitar la falta de conexión motivada por la ocupación de las líneas telefónicas, etc.; otra de las ventajas radica en que el emisor del mensaje puede comunicarse con varias personas al mismo tiempo (por ejemplo: cambios en

los precios de un producto o modificaciones en la disponibilidad de existencias pueden ser comunicadas simultáneamente a varios clientes).

5.2.4. SISTEMAS DE COMUNICACION E INFORMACION CONECTADOS.

Son cada vez más las empresas que conectan los miniordenadores de los diferentes departamentos entre sí mediante redes locales (LANs), interconectándose éstas, a su vez, entre ellas y con el o los miniordenadores o, incluso, el mainframe de la empresa; esto se hace mediante arquitecturas cliente/servidor, constituyéndose así el sistema informático de la firma.

5.2.5. CODIGO DE BARRAS.

Los sistemas de códigos de barras se han extendido rápidamente entre los mayoristas, minoristas, almacenes, bibliotecas productivas, etc. Estos códigos, formados por barras anchas y estrechas de color negro sobre un espacio en blanco, que se imprimen directamente sobre el artículo o sobre una etiqueta adicional, pueden ser leídos por una computadora a través de un escáner.

Los procedimientos de control informático han contribuido de forma decisiva a la mejora de la productividad de conocidas empresas de la distribución. Cuando el escáner lee el código procesa automáticamente la información relativa al precio del artículo, posición de inventario, fecha de venta, lote de fabricación al que pertenece, etc.

No sólo el vendedor se beneficia, sino que también el cliente recibe una mayor y más rápida información sobre la transacción realizada. En el caso de las empresas manufactureras, los códigos de barra permiten a los ordenadores controlar la distribución de la mano de obra, los niveles de inventarios, las pérdidas de calidad, la ubicación de herramientas, etc.

225525

5.2.6. SISTEMAS INFORMATIZADOS PARA LA GESTION DE LA SUPERFICIE DE VENTAS

Ya están disponibles en el mercado diferentes aplicaciones informáticas destinadas a la gestión del espacio de las superficies de venta o de gestión de los lineales de los comercios (por ejemplo: Spaceman). Estas aplicaciones emplean modelos formales para determinar el uso óptimo del espacio de exposición y venta. Para ello cuantifican las elasticidades directa y cruzada con respecto a la demanda, simulan diferentes posiciones en los lineales y representan gráficamente la posición del producto sobre éstos.

El empleo de estas aplicaciones conlleva importantes ventajas para los distribuidores, tales como el equilibrado de sus existencias, el ahorro de tiempo en la elaboración de las representaciones gráficas de los lineales, el mejor control del punto de venta, la optimización a priori del espacio, un aumento de la rotación, etc. Para los fabricantes también son útiles estas aplicaciones en cuanto que les permiten llevar una mejor gestión de existencias, que ayuda a evitar la ruptura de stocks y los excesos de producción, conocer los efectos previsibles de la introducción de nuevos productos en el lineal, mejores condiciones para la negociación con los distribuidores, etc.

CAPITULO VI

CASO PRACTICO EN LA EMPRESA IBM



CAPITULO VI

CASO PRACTICO EN LA EMPRESA IBM

INTRODUCCION

Todas las inversiones de manufactura necesitan ser justificadas sobre bases financieras o estratégicas para obtener el financiamiento necesario. Un problema ha surgido en los años recientes, sin embargo, en esos tremendos avances en tecnologías de manufactura y soluciones de software no han sido conocidos avances iguales en las técnicas de justificación. Los cálculos sobre el rendimiento de la inversión (RI) continúan siendo orientados hacia piezas de equipo, no sistemas, y hacia escasez de números, no desarrollo de los mismos.

Esto puede resultar en situaciones donde proyectos firmes no son aprobados, y donde los proyectos que no ofrecen los rendimientos más altos son aceptados. La razón para esto es que muchos de los beneficios de las soluciones tales como la automatización flexible y los sistemas de control integrados no son hechos evidentes por las técnicas de justificación tradicional.

A través de este caso práctico pretendo hacer un análisis económico del costo de implementar un sistema de tipo SMIC en IBM, así como los pros y los contras a los que se enfrenta al utilizar el SMIC y cómo utilizan el mismo.

Es muy interesante poder hablar sobre esta compañía tan importante a nivel mundial porque aporta conocimientos y hechos amplios sobre el SMIC del cual pocas compañías saben y algunas no tienen recursos para adquirirlo ya que es muy costoso por la tecnología alta que se requiere, así como el conocimiento de técnicas adecuadas para una implantación eficiente y prolongada, es decir que permanezca y sea modificada cuando sea necesario.

ANTECEDENTES

Los sistemas de manufactura integrados por computadora (SMIC) de IBM, ubicados en Boca Raton, Florida, suministra servicios de consulta de manufactura a todas las locaciones de IBM a través del mundo. Los SMIC son una parte de la organización de los sistemas industriales de IBM. El SMIC es una parte de la organización de los sistemas industriales de IBM acuartelados en Milford, Connecticut. Un proyecto reciente el cual SMIC emprendió fue el análisis de los requerimientos para una manufactura en línea, un subensamblaje encontrado en muchos productos IBM.

Al mismo tiempo, esta parte estaba siendo originada por un fabricante extranjero. El análisis de este proyecto incluyó una investigación de manejo de material y equipo de producción, así como la simulación de la solución propuesta.

En suma, el SMIC suministró una justificación del análisis para la inversión del capital, el cual fue proyectado con un costo de alrededor de \$30 millones. El análisis económico comparó favorablemente esta inversión y los altos costos de operación contra los costos de obtener el subensamblaje de la fuente alternativa.

El SMIC aplicó a ese proyecto un paquete de análisis económico el cual había sido desarrollado bajo los auspicios del staff manufacturero de la corporación IBM. Este paquete fue el resultado de un estudio de emisiones internas concernientes a la justificación de la automatización. Estas emisiones son un poco aplicables a los grupos SMIC en la comunidad manufacturera como un todo. El estudio concluyó que mientras que una preocupación predominante es la adquisición y uso de la justificación en programas de software, herramientas tales como aquellas son solamente una parte del rendimiento total sobre la inversión, problema al cual el grupo de SMIC se tiene que enfrentar.

Lo que es acertadamente necesario es educación creciente como las fuentes de valor en las propuestas del SMIC y mejores entendimientos de modelos económicos, los cuales están siendo creados.

El desarrollo de buenas soluciones de alternativa y entendimiento de las suposiciones inherentes en los conceptos que están siendo propuestos es crucial. Por ejemplo, una alternativa que propone una línea de manufactura flexible podría consistir de una cierta

configuración de robots y un sistema de manejo de material el cual es un poco adecuado para los productos de hoy.

En resumen, la línea será establecida para un acercamiento particular en rasgos del manejo de productos, mezclas de productos y volúmenes. Determinar el largo plazo entre estas suposiciones para desarrollar estrategias de mercado es crítico.

ANALISIS

La primera parte del análisis del proyecto de subensamblaje centrado alrededor y con alternativas posibles no fue en detalles económicos de decisiones que tuvieron que haber sido hechas.

En cada análisis del SMIC, es primero necesario determinar una serie de requerimientos que deben ser satisfechos: cuántos, qué tan pronto, qué color, qué diseño, etc. De esto, una definición generalizada para el proceso debe ser formada. Como con cualquier sistema de manufactura flexible, la meta es separar el proceso del producto; mientras nuevos productos vengan, deben ser implementados sobre equipos de procesos existentes.

Esta definición de proceso generalizada necesita tomar solamente la forma de diagramas de bloque, tales como almacén, ensamblaje de componentes tipo "X", ensamblaje de componentes tipo "Y", prueba, ensamblaje final y empaquetamiento. Esto después hace posible que el grupo de SMIC desarrolle suposiciones y limitaciones sobre el proceso como un todo. Un ejemplo de suposiciones, las cuales son implícitamente una parte de la etapa de definición del proceso pueden ser vistas en una experiencia reciente de una de las firmas automotrices.

Esta firma estaba operando en un almacén que suministraba partes a una planta ensambladora. El almacén era una operación tradicional y la mayoría del movimiento de material era un labor muy intensa. Después de algún estudio, se decidió que el almacén sería reemplazado por otro con más facilidad de automatización. El nuevo almacén de hecho llevó a cabo muchas de los costos de los ahorros en costos de operación los cuales habían sido predecidos y prometían un rendimiento sobre la inversión aceptable.

Unos años después, sin embargo, la firma se volvió un poco envuelta con la administración de la producción justo a tiempo (JT), y quería aplicar técnicas JT a la operación de las partes. Después se dieron cuenta de que la inversión del almacén estaba basada en el supuesto de que lo que se necesitaba era una forma de almacenar partes eficientemente, esa inversión sin embargo, no podía ser usada por el JT. Si hubieran planteado una pregunta diferente con que comenzar, como por ejemplo cómo entregar partes eficientemente al piso, hubieran analizado un grupo de alternativas diferente, lo cual pudo haber incluido no sola una alternativa de almacén automatizada, sino la solución JT también. Contestar preguntas basadas en preguntas y suposiciones erróneas pueden suboptimizar las soluciones.

En el proyecto de subensamblaje las principales opciones tienen que ver con la fuente de alternativas. Las alternativas entre los tipos de equipo fueron hechas la mayoría por razones de ingeniería y manufactura en vez de por su costo. En términos de requerimientos del producto, había un número de modelos de subensamblaje los cuales eran manufacturados al mismo tiempo, en suma, estos modelos eran reemplazados ocasionalmente, y nuevos modelos eran añadidos cada año, por lo que se creó la necesidad de un alto grado de flexibilidad en las soluciones potenciales.

Con respecto a los requerimientos del proceso, un cambio en la tecnología de ingeniería era esperado para ocurrir en los siguientes cinco o diez años.

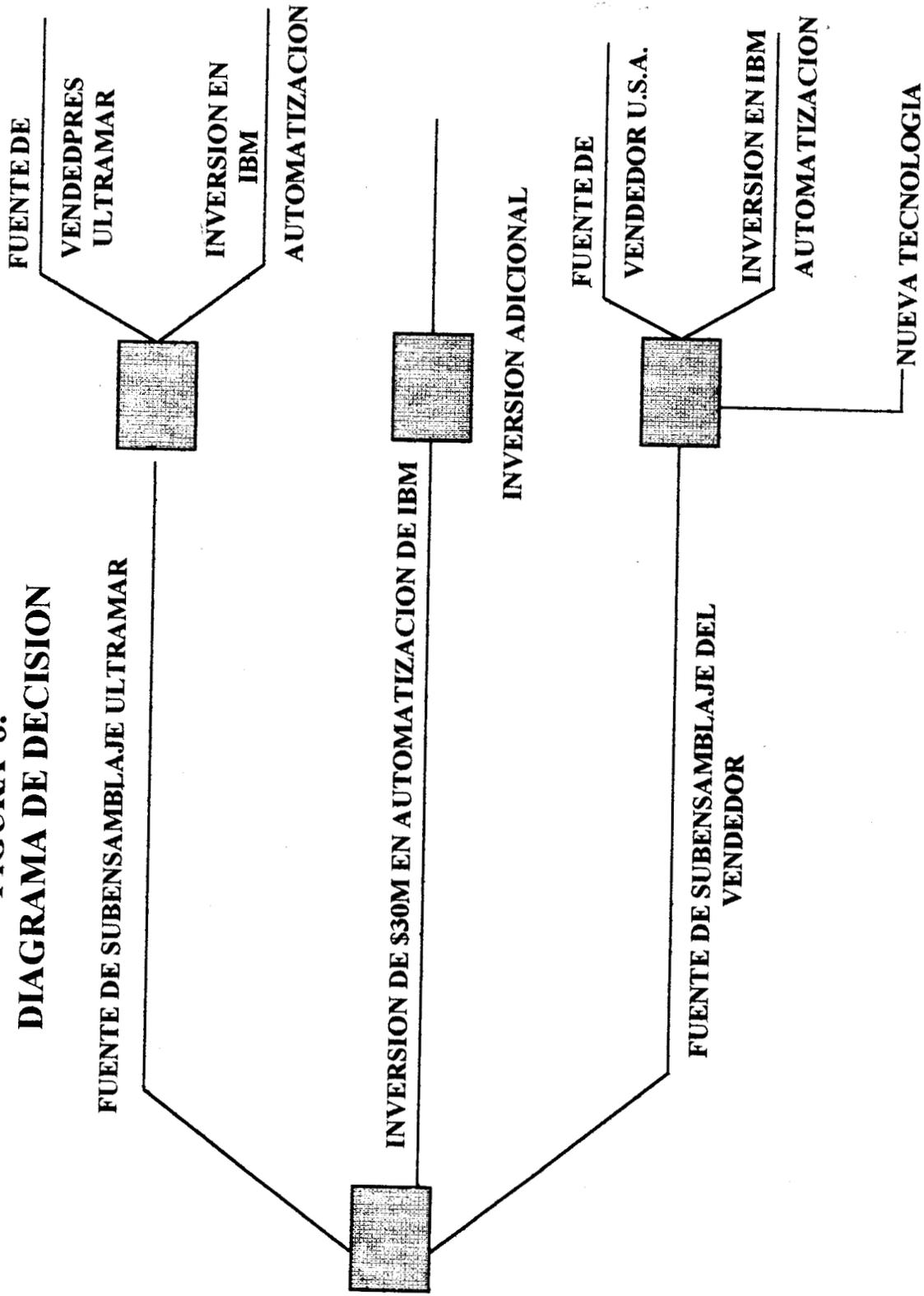
Este cambio requeriría la introducción de nuevos tipos de máquinas de ensamblaje para satisfacer la demanda por modelos utilizando esta tecnología.

El impacto financiero de esto tenía que ser evaluado. Los volúmenes de subensamblaje no eran bien conocidos, y era necesario asegurar que todos los niveles de la demanda pudieran ser satisfechos. Estos supuestos del proceso y limitaciones guiaron a la formación de tres alternativas:

1. Continuar la compra de subensamblaje ultramar.
2. Fabricar la parte dentro de IBM.
3. Comprar el artículo de un vendedor norteamericano.

Para poder entender mejor dichas alternativas, es necesario verlas en un diagrama como se muestra a continuación en la **figura 8**.

FIGURA 8.
DIAGRAMA DE DECISION



OBJETIVOS

Además fue necesario desarrollar un estado de objetivos, o racionalizar sobre cómo una decisión sería hecha entre las diferentes alternativas. Típicamente, la alternativa con la tasa interna de rendimiento más alta es escogida. Otros objetivos también podrían ser un periodo de restitución corto , limitando la cantidad de capital que puede ser confiado así como el re-uso de hardware existente, asegurando niveles de fuerza de trabajo constantes, o limitantes de espacio.

Para el proyecto de subensamblaje, fue decidido que la tasa interna de rendimiento (TIR) sería el indicador primario, con un énfasis adicional en factores estratégicos tales como estar apto para permanecer al borde de la dirección de la tecnología por este tipo de subensamblaje.

COMPARACION ECONOMICA

Para determinar la TIR, los gastos de caja del flujo de efectivo para cada una de las alternativas tenían que ser determinados.

Estos flujos de efectivo incluyendo el efecto de los impuestos y créditos de impuestos, así como inversiones en inventarios y equipo; costos de operación, como material y artículos en línea, fueron también partes significativas de todo el flujo de efectivo. Donde era posible, los costos estaban relacionados a los volúmenes. Por ejemplo, el inventario era especificado en términos de días de inventario en vez de volúmenes de dólar. Cambios en inventario fueron tratados como cambios en capital de trabajo. Los costos alcanzados eran usados para transportar solamente los costos de gastos de caja del inventario sostenido, y no afectar los cargos de interés. En suma, la inflación era aplicada a artículos en línea individual tales como el trabajo, material y costos altos.

Al hacer la evolución del costo, era visto que la alternativa de tener un vendedor de E.U.A. que aprovisionara el subensamblaje era en todos los sentidos una alternativa más pobre que las otras dos. Las razones principales fueron el inventario adicional, el cual hubiera sido requerido contra el plan construido de IBM, el financiamiento del capital del

equipo, y la brecha de comunicaciones entre los grupos de ingeniería y el staff manufacturero del vendedor.

Se decidió que para la comparación entre la estructura IBM y las fuentes ultramar, las suposiciones conservativas para todos los artículos iban a ser usadas. Los costos de operación contenían ideas interesantes como el valor de la automatización. Las fuentes ultramar tenían unos costos de trabajo bajos que eran reflejados en el precio final.

IBM determinó que para este subensamblaje sin embargo, se podían obtener materiales a un costo similar o más bajo que con las fuentes ultramar. El costo de trabajo, los derechos de aduana, los inventarios, los retrasos de embarque y la inflación contribuyeron al manejo anual de los gastos de caja en los casos ultramar sobre aquella parte de la estructura IBM.

Es importante notar que el punto de comparación en los costos estaba en el siguiente paso de la operación de manufactura en IBM donde esta parte era entonces ensamblada en otro producto. La inspección, empaquetamiento, almacén y otros costos post-ensamblaje fueron incluidos en el análisis. En el caso de costos de partes para el escenario de la estructura IBM, los costos de tener materiales brutos empaquetados para el uso de equipo automatizado también fueron incluidos. Las cifras reflejaron además los costos de establecer programas de calidad con las partes brutas del vendedor. Solamente en esta moda era posible comparar las dos alternativas sobre el mismo nivel.

La inversión de capital fue planeado para permitir a IBM tomar ventaja de cambios futuros en tecnología de producción. Esto fue llevado a cabo a través de la alternativa de equipo de manejo de material el cual es compatible con un amplio espectro de equipo de producción y un arreglo el cual podría acomodar una maquinaria adicional.

Más importante era que las inversiones de capital eran retrasadas hasta que fuera absolutamente necesario. Estos pasos fueron importantes en temores administrativos de permanecer encerrado en equipos obsoletos. El retraso en las compras de equipo requería simulaciones reiterativas las cuales mostraron las capacidades de fabricación y los niveles de la mano de obra sobre el tiempo y en comparación a los volúmenes proyectados.

Los gastos de caja en la alternativa de las compras ultramar, necesariamente proyectó la dificultad de establecer buenas líneas de comunicación sobre largas distancias. Los efectos

de esto incluyeron curvas de aprendizaje de fabricación más lenta así como desperdicios y costos de calidad más altos debido a que IBM inició sus cambios en ingeniería.

Las curvas de aprendizaje fueron anticipadas para ser más bajas en ultramar debido a la inhabilidad y en ese caso implementar un programa para reducir los costos de las partes brutas; tal programa requeriría una buena interfase con el desarrollo basado en E.U.A. y los staff de ingeniería. Esta interfase ha sido inadecuada en acuerdos similares con compradores ultramar. Por las mismas razones, los gastos de desarrollo anuales de IBM se esperó que fueran más bajos en las alternativas ultramar.

Las suposiciones del caso base son mostradas en la **figura 9**. Los costos de capital incluyen una dotación inicial del 2.5% en repuestos y la inflación fue aplicada a los compradores de equipo después de la inversión anual inicial. Los niveles de staff del trabajo directo incluyeron tres meses de entrenamiento y aprendizaje. Los costos de mantenimiento de IBM fueron minimizados teniendo a los operadores de máquina entrenados para cuidar de reparaciones menores siempre que fuera posible.

FIGURA 9. SUPUESTOS DEL CASO BASE

| | AÑO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|--|----|----|----|----|----|-----|
| <u>CAPITAL(\$)</u> (EN MILLONES) | <i>ESTRUCTURA DEL CASO:</i> | 0 | 15 | 7 | 0 | 5 | 3 |
| | <i>0 INCLUYE: 2.5% REPUESTOS CAPITALIZADOS</i> | | | | | | |
| | <i>1.5(\$) REHABILITACION CAPITALIZADA</i> | | | | | | |
| | <i>6.0% INFLACION SOBRE LOS COSTOS DE EQUIPO</i> | | | | | | |
| <u>LABOR</u> | <i>ESTRUCTURA DEL CASO:</i> | | | | | | |
| | <i>DIRECTAS:</i> | 4 | 28 | 65 | 70 | 90 | 102 |
| | <i>PROFESIONALES:</i> | 19 | 35 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| | <i>CASO DE COMPRA:</i> | | | | | | |
| | <i>PROFESIONALES:</i> | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| <u>COSTOS DE MATERIAL</u> | <i>ESTRUCTURA DEL CASO: (PARTES BRUTAS SOLAMENTE)</i> | | | | | | |
| | <i>\$40 POR UNIDAD</i> | | | | | | |
| | <i>CASO DE COMPRA: (UNIDADES COMPLETAS SOLAMENTE)</i> | | | | | | |
| | <i>\$47 POR UNIDAD</i> | | | | | | |
| <u>TASAS DE INFLACION</u> | <i>TRABAJO: 6.5%</i> | | | | | | |
| | <i>ESPACIO: 3.0%</i> | | | | | | |
| | <i>COSTOS DE MATERIAL: ULTRAMAR: 4.5%</i> | | | | | | |
| | <i>E.U.A. 1.0%</i> | | | | | | |
| <u>INVENTARIO</u> | <i>ESTRUCTURA DEL CASO: 15 DIAS</i> | | | | | | |
| | <i>CASO DE COMPRA: 35 DIAS</i> | | | | | | |
| <u>APRENDIZAJE</u> | <i>ESTRUCTURA DEL CASO: 5% POR AÑO REDUCCION EN COSTOS DE MATERIAL (PRE-INFLACION)</i> | | | | | | |
| | <i>CASO DE COMPRA: 2% POR AÑO REDUCCION EN COSTOS DE MATERIAL (PRE-INFLACION)</i> | | | | | | |
| | <i>\$250 POR AÑO EN COSTOS DE DESARROLLO</i> | | | | | | |

Las tasas de inflación en materiales fueron asumidas para ser diferentes para las partes brutas que IBM compra y después ensambla por sí misma contra el escenario donde el subensamblaje es completamente entregado. La diferencia en las tasas de inflación fue particular al tipo de subensamblaje siendo discutido, una investigación extensa comprobaba la diferencia. En general, un análisis estratégico de dotaciones de partes crudas dio como consecuencia una estabilización en el precio. Los costos de trabajo ultramar fueron proyectados para alcanzar, por otro lado, y causarían un incremento en los costos de subensamblaje. Esto no quiere decir, sin embargo, que la administración estaba insegura sobre las diferencias en la inflación; sino todo lo contrario, una pequeña diferencia fue usada en el caso base, y la sensibilidad para esta figura fue observada.

RESULTADOS

El análisis del caso base demostró que la alternativa de fabricación de IBM fue favorable y suministró una tasa interna de rendimiento (TIR) del 40%. Un análisis de sensibilidad fue hecho entonces para evaluar el impacto de los cambios en algunas de las suposiciones. Los riesgos más fantásticos descansan en el área de la parte de los costos para el caso de estructura IBM y los costos del contrato con los proveedores ultramar.

El análisis de sensibilidad en la **figura 10**, muestra el cambio en la TIR por un cambio en el valor de los artículos en línea. Por ejemplo, un cambio de un dólar en los costos de las partes brutas cambio la TIR por un 3%. Las sensibilidades como se muestran fueran todas calculadas por cambios pequeños en los artículos en línea de las condiciones del caso base. Las sensibilidades cambian por situaciones significativamente diferentes del caso base. Por esta razón, no es posible aumentar las sensibilidades para igualar el caso base de TIR 40%.

FIGURA 10. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

| <u>ARTICULO</u> | <u>CAMBIO</u> | <u>EFECTO SOBRE LA TIR</u> |
|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <i>COSTO DE MATERIAL</i> | <i>\$1.00</i> | <i>3%</i> |
| <i>INFLACION EN MATERIAL</i> | <i>1%</i> | <i>3%</i> |
| <i>RETRASOS AL EMPEZAR</i> | <i>1 AÑO</i> | <i>3%</i> |
| | <i>2 AÑOS</i> | <i>10%</i> |
| <i>PRODUCCION ADICIONAL</i> | <i>1 AÑO</i> | <i>9%</i> |
| | <i>2 AÑOS</i> | <i>17%</i> |
| <i>PRODUCCION DISMINUIDA</i> | <i>DISMINUCION DEL 10%</i> | <i>5%</i> |
| <i>CAPITAL ADICIONAL</i> | <i>\$1 MILLON POR AÑO</i> | <i>2%</i> |
| | <i>CONTINGENCIA (10%)</i> | <i>3%</i> |
| <i>REPUESTOS</i> | <i>ADICIONAL 2%</i> | <i>5%</i> |

Los rendimientos del caso base proyectados, una vez conocida la decisión racional descrita anteriormente, mostró limitantes y riesgos en el rendimiento potencial. Por ejemplo, un año de retraso en empezar el proceso de ensamblaje bajaría la TIR por solo un 3%. Este efecto limitado fue realizado en parte por usar volúmenes del primer año conservativos en el caso base para permitir por inesperado pero normal problemas emergentes. Fue determinado que volúmenes que no podían ser construidos con la facilidad automatizada podían ser originados de vendedores de alternativas a precios similares a aquellos de los proveedores ultramar. Esto eliminó cualquier efecto de costo en subensamblar otros que aquellos construidos en línea.

El escenario del caso base fue corrido por seis años, esto era considerado conservativo e IBM tenía necesidades de firmas para el subensamblaje para este periodo. Necesidades posteriores a este periodo fueron esperadas e incrementarían la TIR a un 9%

por año por fabricación en años 7 y 8. La disminución de volúmenes tuvo un impacto significativo sobre la TIR; si el volumen disminuyó a un 10% la TIR bajo a un 5%.

La inversión mostró además muy poco incremento en el capital requerido. Un millón de capital incrementa en año 1 causa un brinco en la TIR del 2%. Una contingencia que incrementa las necesidades de capital en cada año hubiera afectado la TIR en un 1% por millón de dólares.

Finalmente, el proyecto fue justamente insensible a la necesidad de trabajo adicional, inventario y repuestos.

CONCLUSION DEL CASO PRACTICO

Las recomendaciones del grupo SMIC para proceder con el esfuerzo de la automatización fueron aceptadas por la administración de IBM, a pesar de que el horario de implementación fue modificado después para utilizar mejor el espacio de producción y el sitio propuesto.

No fue necesario analizar el efecto completo del cambio de tecnología esperada sobre la TIR. Esto era verdad porque el cambio beneficiaría el escenario de estructura de IBM y esto era la alternativa recomendada. La TIR no es entendida como una predicción de eventos futuros y por lo tanto no necesita ser exacta. Lo que es crucial sin embargo, es que ayuda a la administración a tomar una decisión, y esa decisión no cambiaría si se agrega información adicional al análisis.

El ambiente manufacturero de hoy envuelve ciclos de vida del producto más cortos, tecnologías de proceso cambiantes y poco frecuente soluciones muy caras. La mayoría de los proyectos de manufactura a gran escala no proveen una rápida restitución del rendimiento de la inversión (RI) cuando apenas los primeros años o volúmenes de productos iniciales son considerados.

Solamente por incluir muchos de los ahorros no obvios (tales como diferencias en la inflación de los costos de las partes) y/o por extender el marco del tiempo siendo considerada para encerrar los productos como consecuencia, es posible justificar muchas de estas propuestas.

El objetivo principal de la justificación y el proceso de revisión es minimizar el riesgo de la inversión de la compañía, extendiendo el marco de tiempo que es considerado puede ser una propuesta riesgosa.

Sin embargo, un análisis de aplicabilidad del proyecto para planes futuros y estrategias de fabricación son caminos para minimizar el riesgo. Es decir, el uso de la sensibilidad para analizar explícitamente el impacto de retrasos, proyecciones de bajos volúmenes, o ubicaciones de capital insuficientes, ayudarán en el entendimiento de ambas exposiciones del proyecto: las buenas y las malas.

El uso de estas técnicas por el proyecto del grupo SMIC ayudará en el diseño de mejores y menos riesgosos proyectos. Usadas en conjunto con otras herramientas tales como diseño para la automatización y simulación, las firmas se beneficiarán por la implementación de soluciones de manufactura competitivas a largo plazo viables.

Definitivamente fue un caso muy interesante en el que intervinieron factores muy importantes para poder determinar las circunstancias económicas de la empresa, ya que no es fácil detallar cantidades sin tener una base que sustente dichos números.

IBM es una gran empresa que enfrenta dificultades y nuevos retos, pero gracias a su capacidad no se dará por vencida ante ninguna adversidad y con su SMIC logrará una mejor posición en el mercado llevando gran peso su nombre gracias a la tecnología, experiencia y confianza de toda lo que rodea a la compañía.

225525

CONCLUSIONES

Desde la llegada de los sistemas de manufactura integrados por computadora (SMIC), la mayoría de las organizaciones han alcanzado solamente pocas soluciones concretas.

- La primera es que logrando un verdadero SMIC existirá un proceso revolucionario.
- La segunda es que el ambiente computacional en el piso de compra incluirá una multitud de diferentes vendedores. Incluirán esas computadoras de venta de varios tipos, maquinaria de control numérico, controladores de proceso, inspección de calidad y confiabilidad, equipo de cómputo, robots industriales, manejo de material y sistemas de almacenamiento.

Al alcanzar estas conclusiones, la necesidad de una infraestructura de comunicaciones poderosa y flexible para la fabricación se vuelve obvia. De hecho, poniendo tal sistema en funcionamiento debe ocurrir relativamente más temprano en el movimiento hacia el SMIC, y suministrará la fundación para la automatización de la fábrica.

Es realmente interesante la forma en que la implantación correcta de un SMIC puede ayudar a cualquier empresa que cuenta con los recursos y tecnología necesaria a ser un monstruo en cuanto a computación se refiere.

Definitivamente se tiene que pagar un precio alto por la integración, la automatización y la fabricación de los servicios, ya que como los procesos y sistemas automatizados han sido introducidos, hasta el 59% de los costos finales se va en la instalación e integración de equipo computarizado con sistemas existentes. El precio de poder mantener tales sistemas de comunicación e integración ha limitado el punto de vista de las ventajas ganadas.

En la actual dirección del SMIC se podrían amplificar potencialmente estos problemas, los cuales incluyen micro-computadoras poderosas y estaciones de trabajo en ingeniería en un ambiente computarizado para funciones tales como "controladores de células", distribución del control numérico, control adaptativo de los procesos y un horario de tiempo real para acomodar conceptos tales como la fabricación "justo a tiempo".

Por lo tanto la racionalización, el esfuerzo, los recursos, la tecnología, la capacidad, la preparación, el conocimiento y la comunicación son las bases para la realización e implantación de un verdadero SMIC.

Cabe mencionar que al término de mi tesina considero a la automatización como un tema muy interesante e innovador, ya que rompe con lo tradicional y es algo que va a permanecer por mucho tiempo, irá cambiando conforme a las necesidades de los usuarios pero siempre va a tener como objetivo facilitar el trabajo en una empresa mediante la automatización en todos los sentidos.

BIBLIOGRAFIA

- ◆ "FABRICACION INTEGRADA POR ORDENADOR". (SMIC) No. 59 de la colección Productica. Editorial Marcombo.
- ◆ Rocco L., Martino. "SISTEMAS INTEGRADOS DE FABRICACION". 180 páginas. ISBN 0148.
- ◆ K. Boom, Gerard. Mercado, Alfonso. "AUTOMATIZACION FLEXIBLE EN LA INDUSTRIA". 244 páginas. ISBN 3320.
- ◆ Andersen Consulting. "LA FABRICA DEL FUTURO". 1990.
- ◆ Machuca, J.A. García., S. Domínguez, M.A. "DIRECCION DE OPERACIONES: ASPECTOS ESTRATEGICOS DE LA PRODUCCION Y LOS SERVICIOS". Mc Graw Hill, 1995.
- ◆ Ranky, P. "COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING". Prentice Hall, Internacional 1986.
- ◆ Vail, P.S. "COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING". PWS-Kent. Publishing 1988.
- ◆ "GROLIER ELECTRONIC PUBLISHING", Inc. Copyright 1996.
- ◆ "SURFCAM. SURFWARE INCORPORATED". (pamphlet).
- ◆ "APICS. THE PERFORMANCE ADVANTAGE". October, 1994.
- ◆ "MANUFACTURA". Volúmen 3. Núm 14. Junio, 1996.
- ◆ "MOOPI.PORTANT". El boletín de la manufactura sincronizada. Cuatrimestral, Volúmen 3, Núm. 8. Diciembre 1995.
- ◆ "CAD CAM". Consultoría para soluciones integrales (folleto).
- ◆ "AUTOCAM CLASSIC". Advanced Low Cost Modular Components Help You Get More From yor NC Machining. (pamphlet).
- ◆ INTERNET. Yahoo. 1996.
- ◆ Ham, I., y Hitomi, K. "GROUP TECHNOLOGY APPLICATIONS FOR MACHINE LOADING UNDER MULTI-RESOURCE CONSTRAINTS", 9th, North American Manufacturing Research Conference Proceedings, 1991.

- ◆ Hill, T. "PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT: TEXT AND CASES". Prentice-Hall, 1991.
- ◆ Lay, G. "STRATEGIC OPTIONS FOR CIM INTEGRATION" en Warner M., Wobbe, W. y Brödner, P. (eds.), John Wiley and Sons, 1990.
- ◆ Larrañeta J.; Onieva, L.; Lozano, S.; y Díaz, A.; "INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA PLANIFICACION, PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION", Alta Dirección, No. 155, 1991.
- ◆ Luna, P., y Llacer, E.: "SERVICIOS DE BASES DE DATOS ON-LINE PARA EL EMPRESARIADO" Boletín Económico de Andalucía, No. 14, 1992.
- ◆ McAuley, J.: "MACHINE GROUPING FOR EFFICIENT PRODUCTION", The Production Engineer, vol. 52, 1992.
- ◆ Mize, J.H.: "SUCCESS FACTORS FOR ADVANCED MANUFACTURING SYSTEMS". Institute of Industrial Engineers Conference Proceedins, Washington, D.C., 1994.
- ◆ Noori, H.: y Radford, R.W. "READINGS AND CASES IN THE MANAGEMENT OF NEW TECHNOLOGY: AN OPERATIONS PERSPECTIVE", Prentice Hall, 1990.
- ◆ Ollero, A.: "LOS SISTEMAS EXPERTOS EN CONTROL DE PROCESOS", Automática e Instrumentación, No. 139, 1995.
- ◆ Palframan, D.: "FLEXIBLE MANUFACTURING" Butterworth-Heinemann Ltd., 1993.
- ◆ Rhodes, D.: "COMPUTER-AIDED PRODUCTION MANAGEMENT" en Wild, R. Ed. International Handbook of Production and Operations Management, Casell Educational Limited, 1995.
- ◆ Schonberger, R.J., y Knod, E.M.: "OPERATIONS MANAGEMENT: IMPROVING CUSTOMER SERVICE", Irwin, 1991.
- ◆ Llacer Rubio, E. y Luna Huertas.: "EL INTERCAMBIO ELECTRONICO DE DOCUMENTOS: UN NUEVO VALOR AÑADIDO" Actas del V Congreso de la AEDEM, Junio, 1993.
- ◆ Castillo, E., y Alvarez, E.: "SISTEMAS EXPERTOS. APRENDIZAJE E INCERTIDUMBRE". Paraninfo, 1994.