

ÍNDICES CARACTERÍSTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE (S.F.F)

David Juárez Varón

Ana Mengual Recuerda

ÍNDICES CARACTERÍSTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE (S.F.F)

David Juárez Varón¹

Ana Mengual Recuerda²

1. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería. Profesor Universidad Politécnica de Valencia.
2. Ingeniera en Organización Industrial. Doctorando en Ingeniería. Profesora Universidad Politécnica de Valencia.



Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L

Quedan todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, distribuida, comunicada públicamente o utilizada, total o parcialmente, sin previa autorización.

ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

C/Santa Rosa, 15 - 03802 - ALCOY (ALICANTE) info@3ciencias.com

Primera edición: Marzo 2013

ISBN: 978-84-940352-5-8

Nº DE DEPÓSITO LEGAL: A840-2012

Fecha de registro: 26/12/2012

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. SISTEMAS DE FABRICACIÓN FLEXIBLE.....	10
2.1. ÍNDICES CARACTERÍSTICOS EN UN SISTEMA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE	13
2.1.1. Conceptos	13
2.1.2. Características de un sistema de fabricación flexible.....	20
2.1.3. Tendencia actual.....	25
2.1.4. Índices característicos de un sistema de fabricación flexible.....	28
2.2. FABRICACIÓN INTEGRADA POR ORDENADOR - CIM	30
2.2.1. Ámbitos funcionales del cim.....	36
2.2.2. Estructuración de las áreas funcionales (flujo de información y de materiales).	39
2.2.3. Interrelaciones en el cim (fabricación integrada por ordenador)	44
PLANIFICACIÓN DE EMPRESA	45
CONTABILIDAD INDUSTRIAL	46
VENTAS	47
COMPRAS.....	48
PPC (PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PRODUCCIÓN).....	49
CAD (DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR).....	50
CAP (PLANIFICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR).....	52
CAQ (GARANTÍA DE CALIDAD ASISTIDA POR ORDENADOR).....	53
CAM (FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR)	55
2.3 MODELO DE EVALUACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE LAS DIFERENTES ÁREAS DEL CIM.....	57

2.3.1. Paso 1: criterio de asignación de pesos a cada área	57
2.3.2. Paso 2: identificación de los posibles estados de integración de cada área en relación con su nivel de informatización.....	58
3. CONCLUSIONES.....	60
4. ANEXOS.....	63
Anexo 1: Caso práctico célula open-cim campus de Alcoy.....	63
Anexo 2: elementos célula “open-cim”	74
5. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. CAD 3D de un sistema de fabricación flexible. Fuente: FASTEMS Factory Automation.	13
Figura 2. Célula de fabricación con almacén de palets lineal (Esquema y simulación 3D). Fuente: Direct Industry.	17
Figura 3 Célula de fabricación flexible para piezas de torneado (esquema e imagen). Fuente: Interempresas.	19
Figura 4. Fabricación en máquinas CN y máquinas convencionales.	23
Figura 5. Fabricación en centros de mecanizado sin transporte automático de piezas.	23
Figura 6. Fabricación en sistemas y células de fabricación flexible con disposición en paralelo de máquinas redundantes.	23
Figura 7. Fabricación en una línea transfer flexible con disposición en serie de máquinas complementarias. ABCD representan los distintos mecanizados sobre las piezas, por ejemplo fresado, taladrado, mandrinado o roscado.	23
Figura 8. Disposición en paralelo de las máquinas M1 a M6. Fuente: Universidad Nacional de Colombia. ABCD representan mecanizados sobre una pieza, o bien la mecanización completa de distintas piezas.	24
Figura 9. Esquema de ámbitos funcionales del CIM.	39
Figura 10. Simbología esquema ámbitos funcionales del CIM.	40
Figura 11. Representación del concepto de automatización jerárquica.	41
Figura 12. Funciones y responsabilidades de los niveles de la empresa.	43
Figura 13. Esquema ámbitos funcionales del CIM: Planificación de la empresa.	45
Figura 14. Esquema ámbitos funcionales del CIM: Contabilidad Industrial.	44
Figura 15. Esquema ámbitos funcionales del CIM: Ventas.	47
Figura 16. Esquema ámbitos funcionales del CIM: Compras.	48
Figura 17. Esquema ámbitos funcionales del CIM: PPC.	49
Figura 18. Esquema ámbitos funcionales del CIM: CAD.	51
Figura 19. Esquema ámbitos funcionales del CIM: CAD.	52
Figura 20. Esquema ámbitos funcionales del CIM: CAQ.	54
Figura 21. Esquema ámbitos funcionales del CIM: CAM.	55

Figura 22. Ejemplo de modelo gráfico.	61
Figura 23. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV.	63
Figura 24. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – Ventas.	66
Figura 25. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – Orden de compra.	67
Figura 26. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – Orden de fabricación.	68
Figura 27. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – CAD.	69
Figura 28. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – CAP.	70
Figura 29. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – CAM.	71
Figura 30. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – ASRS.	72
Figura 31. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – CAQ.	73
Figura 32. Robot SCORBOT-ER VII.	74
Figura 33. Robot SCORBOT-ER VPlus.	75
Figura 34. Sistema de visión artificial ROBOTVISIONpro.	75
Figura 35. Cinta transportadora o CONVEYOR.	76
Figura 36. Almacén automatizado ROUND ASRS.	77
Figura 37. Torno de control numérico, marca ALECOP.	78
Figura 38. Fresadora de control numérico, marca ALECOP.	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los SFF en base a criterios de producción.	26
Tabla 2. Estructura de fabricación de piezas.	27
Tabla 3. Funciones y nivel de automatización en la fabricación de piezas.	28
Tabla 4. Carga asignada a cada área.	36
Tabla 5. Parámetros característicos sistema OPEN-CIM.	57
Tabla 6. Mediciones realizadas	79
Tabla 7. Mediciones realizadas	79

1. INTRODUCCIÓN

Definición: La fabricación flexible es un sistema que permite la producción automática de una familia de piezas diferentes minimizando, y en algunos casos eliminando, los costes adicionales por el cambio de fabricación, y que proporciona por tanto una productividad y unos costes unitarios reservados hasta ahora a la fabricación de grandes series.

Un sistema de fabricación flexible no está condicionado por un tamaño mínimo de lote sino que puede mecanizar incluso piezas únicas en cualquier sucesión, siempre bajo la premisa de la existencia del correspondiente programa de pieza.

En la práctica se utilizan ya bastantes sistemas de este tipo. La concepción técnica y la organización están siempre adaptadas a la tarea específica de fabricación.

El objetivo de este trabajo es caracterizar un Sistema de Fabricación Flexible englobado en un taller de producción, estableciendo criterios de producción que lo regulen, y asignando valores característicos.

Así mismo, sitúa los Sistemas de Fabricación Flexible en el marco global de la empresa, identificando el grado de integración de este sistema con el resto de áreas de la empresa, en el marco de la Fabricación Integrada por Ordenador (CIM).

De esta manera, pretende caracterizar las áreas de todo Sistema de Fabricación Integrada por Ordenador, estableciendo las relaciones existentes entre ellas, dando un peso a cada área con respecto a su relación con producción y estudiando el grado de integración existente de cada área, es posible obtener un valor referencial del grado de integración de nuestro sistema de fabricación.

Actualmente los sistemas de fabricación flexible están caracterizados por una serie de parámetros que los permite ser comparados con la fabricación bajo pedido y fabricación continua.

Sin embargo, no hay establecido ningún índice que caracterice un Sistema de Fabricación Flexible en base a una estrategia de mercado.

Para ello, es importante identificar los parámetros característicos que configuran este tipo de sistemas, y, partiendo de una serie de premisas, establecer la proporcionalidad de cada uno de estos parámetros con respecto a un índice que marque el resultado de cada estrategia de empresa.

Igualmente, la tendencia a la automatización de la empresa siguiendo un modelo ideal como el CIM, tampoco tiene una referencia o índice que marque el grado de integración del sistema y permita obtener un marco comparativo intersectorial.

2. SISTEMAS DE FABRICACIÓN FLEXIBLE

La década de los 80 marcó un cambio de las políticas y sistemas de la producción industrial. El mercado se empezó a caracterizar por una disminución de la tasa de crecimiento, una diversificación del producto para adaptarse a necesidades específicas de los clientes, una mayor exigencia de calidad y una competencia de ámbito mundial.

Los productos ofrecen cada día más y mejores prestaciones, una amplia gama de variantes para adaptarse a los gustos y necesidades de los clientes, una garantía de calidad "cero defectos" y un ciclo de vida corto debido a las constantes incorporaciones de nuevas y sofisticadas tecnologías.

Las fábricas convencionales, diseñadas para elaborar un producto estándar en gran serie, se encuentran por un lado, con exceso de capacidad productiva por encima del nivel de demanda, y, por otro, con la imposibilidad de atender las peticiones de variantes del producto estándar a unos costes razonables.

Las nuevas tecnologías, especialmente la microelectrónica, automática, técnicas de control, nuevos materiales e informática, incorporadas al proceso productivo, permiten nuevos enfoques a la resolución de los problemas de producción.

Para conseguir la rentabilidad de las empresas en las actuales condiciones del mercado, las políticas de producción se orientan según los siguientes criterios:

- Flexibilidad del producto y de los procesos de producción.
- Calidad y fiabilidad del producto.
- Predicibilidad y confiabilidad del producto.
- Integración del producto, proceso y organización.
- Reducción de tiempos de respuesta para el lanzamiento de nuevos productos.
- Eliminación del gasto no estrictamente necesario.
- Reducción de los tiempos de preparación y de espera.
- Automatización de los procesos.
- Aumento de la producción global.

La flexibilidad del producto se logra mediante técnicas de diseño modular, en donde el producto terminado se obtiene a partir del ensamblaje, tipo mecano, de una gran variedad de grupos.

Para flexibilizar el proceso, se reducen al mínimo los tiempos de programación de máquinas; se automatizan almacenes, transportes, manutención de máquinas y se flexibiliza la mano de obra con una mayor formación y polivalencia.

Se desplaza la inspección de calidad al puesto de trabajo dentro de una política de "trabajo bien hecho". Se aumenta el nivel de inspección al 100% en parámetros críticos.

Para conseguir la predictibilidad y confiabilidad del proceso se utilizan sistemas de control predictivo y adaptativo.

Se eliminan barreras funcionales entra marketing, diseño del producto y fabricación, creando grupos de trabajo conjuntos. Se diseña pensando en la fabricación y el montaje, para simplificar el proceso productivo, e incluso actualmente pensando en el reciclaje del producto una vez finalizada la vida de este, teniendo en cuenta los temas ecológicos en cuanto a contaminación.

Se implantan técnicas de CAD-CAM para reducir tiempos de diseño y de planificación de nuevos procesos y para reducir el tiempo de respuesta ante posibles cambios introducidos en el producto o en el proceso.

Para reducir el tiempo entre la concepción de un producto y su salida al mercado, actualmente se está empezando a aplicar la simultaneidad de la ingeniería de producto con la ingeniería de proceso. Simultáneamente al diseño del producto, ya se está diseñando el correspondiente proceso de fabricación, con sus elementos máquinas y equipos.

Se utilizan técnicas de análisis estructurado para detectar gastos que no añadan valor al producto, paros, esperas, tiempos muertos, stocks excesivos, etc.

No se produce contra stock para equilibrar cadenas de producción sino que, al disponer de tiempos de respuesta cortos, se fabrica bajo pedido. Se usan las técnicas de "just in time" (JIT), es decir, disponer de materiales y piezas correctas, en cantidad, tipo y en el momento y lugar preciso.

El estudio de los procesos de mecanizado, junto con la estandarización de métodos, herramientas y utillajes, utilización de acoplamiento rápidos y automatización de todas las operaciones, proporciona una drástica disminución de los tiempos de preparación y espera.

La disminución de la participación de la mano de obra, junto con la disminución de gastos y aumento de la utilización de los equipos, proporciona las tasas de productividad necesarias para mantener unos costes competitivos en un producto con unas prestaciones y calidad adecuadas y una amplia gama de variantes.

En el mercado de productos en que de alguna manera interviene la mecanización de piezas metálicas, cada día es más notoria una fuerte competitividad que obliga al fabricante a atraer a sus clientes ofreciendo una mayor gama de productos (productos especiales para cada cliente), menores plazos de

entrega y mejores precios. Desde el punto de vista de la fabricación, esta situación plantea las siguientes exigencias:

- Alta productividad incluso para pequeños lotes de fabricación.
- Reducción de los tiempos de recorrido.
- Reducción de existencias.
- Reducción de costes de personal.
- ¿Qué es lo que conduce y justifica a la fabricación flexible?
- Mayor competitividad.
- Mayor calidad.
- Menores costes.
- Aumento de la variedad de piezas a fabricar.
- Reducción del tamaño de los lotes.
- Reducción de los tiempos de reacción.
- Reducción de los tiempos de recorrido.
- Reducción de las existencias.
- Aprovechamiento de las máquinas y los medios de servicio.

Dentro de todo este contexto se han ido desarrollando los nuevos conceptos y aplicaciones de la fabricación flexible.

2.1. ÍNDICES CARACTERÍSTICOS EN UN SISTEMA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE

2.1.1. Conceptos

Definición: La fabricación flexible es un sistema que permite la producción automática de una familia de piezas diferentes minimizando, y en algunos casos eliminando, los costes adicionales por el cambio de fabricación, y que proporciona por tanto una productividad y unos costes unitarios reservados hasta ahora a la fabricación de grandes series.

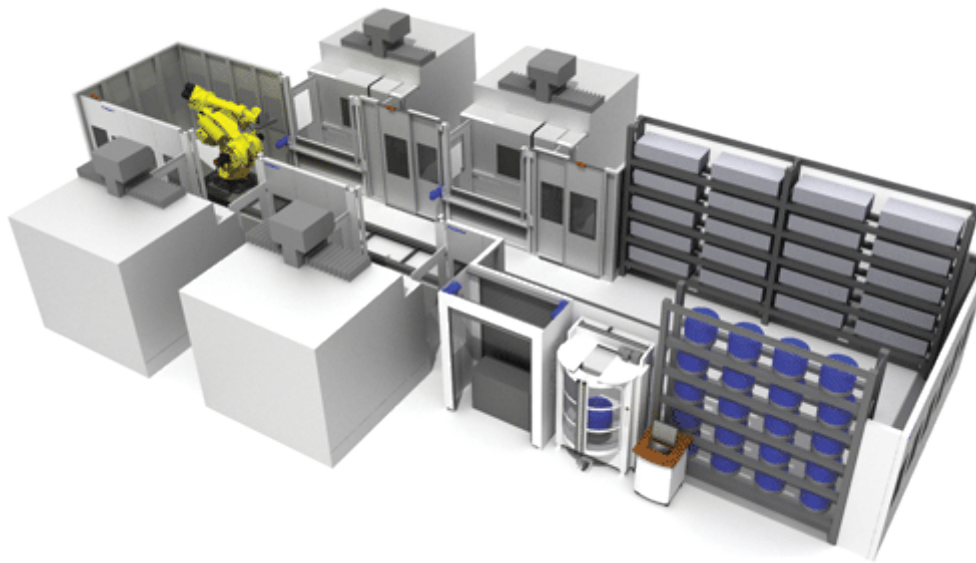


Figura 1. CAD 3D de un sistema de fabricación flexible. Fuente: FASTEMS Factory Automation.

Por sistema de fabricación flexible se entiende un grupo de máquinas-herramienta de control numérico enlazadas entre sí mediante un sistema de transporte de piezas común y un sistema de control centralizado. Para cada pieza a fabricar, se dispone de programas de piezas comprobados y memorizados en una estación de datos central. Varias máquinas-herramienta CN diferentes (complementarias entre sí) o similares (redundantes) realizan los mecanizados necesarios en las piezas de una familia, de manera que el proceso de fabricación tiene lugar de modo automático.

En lo posible, el desarrollo automático del mecanizado no debe interrumpirse debido a cambios manuales de herramientas o amarre. Los sistemas sofisticados pueden incluir también un almacén de materiales, máquinas de medición, y gestión automática de herramientas en los flujos de trabajo e información. Un sistema de este tipo responde ampliamente a la imagen de un "**sistema tr nsfer flexible**" para el mecanizado rentable de lotes pequeños y medianos.

La utilización de máquinas-herramienta de control numérico facilita notablemente la adaptación continua de modificaciones de diseño o de mecanizado, sin los cambios de equipos, normalmente inevitables y costosos en tiempo, de los sistemas tr nsfer tradicional.

Un sistema de fabricación flexible no est  condicionado por un tamaño mínimo de lote sino que puede mecanizar incluso piezas únicas en cualquier sucesión, siempre bajo la premisa de la existencia del correspondiente programa de pieza.

En la práctica se utilizan ya bastantes sistemas de este tipo. La concepción técnica y la organización est n siempre adaptadas a la tarea específica de fabricación.

Los sistemas de fabricación flexibles se pueden utilizar tanto para el mecanizado de piezas prismáticas como rotativas. Ello requiere, junto a máquinas-herramienta diferentes, sistemas de transporte distintos.

Las piezas prismáticas se amarran y transportan (una a una o varias al mismo tiempo) sobre palets con dispositivos de sujeción, mientras que las piezas rotativas se recogen en contenedores en mayor número de unidades.

Para piezas de torneado, en lugar del cambiador de palets, junto a la máquinas-herramienta encontramos normalmente un autómata de manipulación que extrae sucesivamente las distintas piezas del contenedor, las lleva al amarre, cambia la pieza mecanizada por la pieza a mecanizar y deposita la primera en el contenedor de piezas terminadas.

Los sistemas de fabricación flexible son adaptables en dos sentidos:

1. En la adaptación a una tarea de fabricación concreta.
2. En la adaptación a las distintas piezas que mecanizar que se suceden en cualquier secuencia y tamaño de lote.

Para trabajar de modo rentable, un sistema de este tipo ha de cumplir condiciones de fabricación especiales, entre las que están:

1. La fabricación automatizada y, a pesar de ello flexible y adaptable, de una familia de piezas con semejanzas geométricas y de mecanizado.

2. La fácil adaptación a modificaciones dependientes del mercado relacionadas con tamaño de lote o geometría y tecnología, así como la inclusión de piezas nuevas en el concepto de mecanizado.
3. Trabajo totalmente automático con un mínimo de intervenciones manuales, es decir, humanización de los puestos de trabajo restantes mediante la separación del personal del proceso de trabajo.
4. Posibilidades de ampliación a posteriori de la instalación sin grandes tiempos muertos ni excesiva modificación del sistema existente.
5. En caso de fallo de un componente del sistema, los demás componentes han de estar en situación de absorber temporalmente sus tareas.
6. El diseño orientado al servicio de toda la instalación, para facilitar preventivamente el mantenimiento y la eliminación de errores.

Para la concepción de un sistema de fabricación flexible bajo estos aspectos, se ha de elaborar en primer lugar un **análisis de las piezas a fabricar**. Las familias de piezas en cuestión se ordenan por números de piezas, tamaños de lote, diversidad de tipos, tamaños y pesos. De ello resultan las operaciones, el número de herramientas, transporte, etc. necesarios. Sobre esta base se pueden determinar los tipos, el número y el tamaño de las máquinas-herramienta necesarias.

La integración de máquinas de control numérico ya existentes es posible pero, para no condicionar por adelantado el diseño, no debería convertirse en exigencia.

Las máquinas convencionales de accionamiento manual o de programación mecánica son difícilmente integrables, cuando no es imposible, en un sistema de fabricación flexible; lo impiden los dispositivos para el cambio de palets, no disponibles para estas máquinas, y la propia rigidez e imposibilidad de automatizar la programación de las mismas.

Por el contrario, es posible, bajo determinadas premisas, la utilización de máquinas especiales de control numérico, p. ej. Con cabezales de taladrado multihusillos, dispositivos de cambio de cabezal de taladrado, fresadoras, etc., donde pueden ser más que suficientes los controles de trayectoria por puntos sencillos.

Los sistemas de fabricación flexible son, por tanto, una combinación de componentes ya existentes:

- Máquinas-herramienta.
- Sistema de transporte de piezas.
- Dispositivo de cambio de piezas.
- Sistema de control central.

Conectados de tal manera que permiten la fabricación automática de lotes de tamaño mediano y pequeño.

Bajo estas premisas, se consigue una mecanización rentable mediante:

1. El aprovechamiento de la flexibilidad y la productividad de las máquinas-herramienta CN para la producción de series pequeñas y medianas.
2. Mayor aprovechamiento técnico y temporal de los medios de fabricación al reducir o eliminar los tiempos de cambio de equipamiento.
3. Cambio automático de pieza, herramientas y programas de mecanizado en función de las piezas.

Un sistema de fabricación flexible permite fabricar de manera automática y flexible diferentes piezas dentro de una cierta gama de volúmenes, tamaños y formas. Cuanto mayor es la flexibilidad, mayor es la inversión y la complejidad técnica.

En una tecnología adecuada para los talleres con gran variedad de piezas en series pequeñas, o con productos de rápida obsolescencia, elevado nivel de campos y modificaciones.

Se basa en la utilización intensiva de los microordenadores acoplados a las máquinas y elementos de producción en funciones de monitorización, control y gestión.

Primeras experiencias, máquinas con control numérico, manipuladores y robots coordinados todos ellos mediante un sofisticado sistema de control con ordenador.

Desarrollos posteriores incorporan el concepto de "modularidad" configurando el "taller flexible" como un conjunto de una serie de elementos productivos autónomos: "las células de fabricación flexible".

Célula de fabricación flexible

Generalmente, por célula de fabricación flexible se entiende una sola máquina, normalmente un centro de mecanizado o un centro de torneado, complementada con dispositivos para un funcionamiento, limitado en el tiempo, para el mecanizado completo de piezas sin la atención del operario.

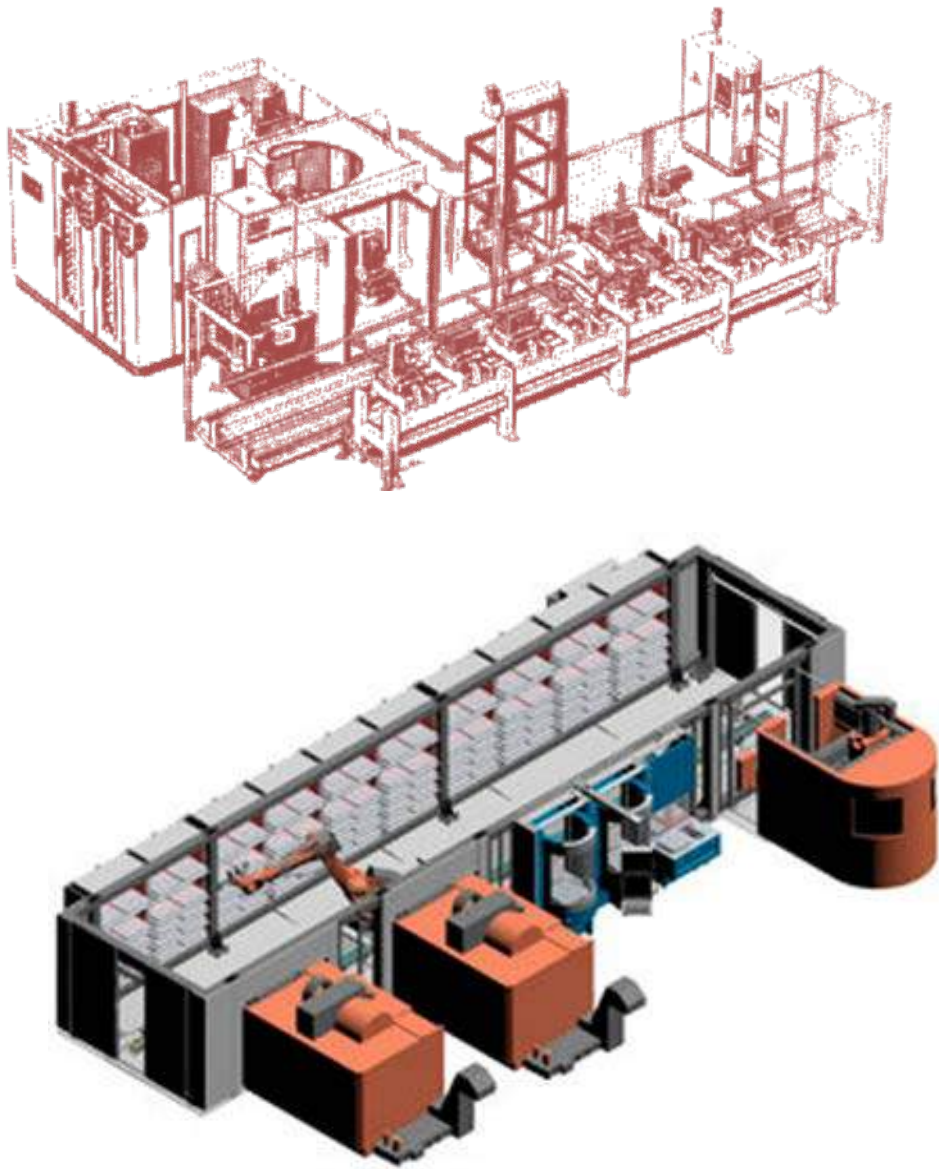


Figura 2. Célula de fabricación con almacén de palets lineal (Esquema y simulación 3D). Fuente: Direct Industry.

La configuración de la célula incluye el centro de mecanizado, el carro de transporte para la transferencia de palets, puestos de amarre y almacenamiento de los palets de piezas y el control de célula.

Para ello son necesarios:

1. Unas **existencias de piezas suficientes** en forma de palets cargados o de almacenes de palets con una pieza cada uno, para el funcionamiento durante un turno.
2. La **alimentación automática** a la máquina desde el almacén de piezas.

3. Un **dispositivo de supervisión de herramientas** para el control de roturas o desgastes con requerimiento automático de herramientas equivalentes.
4. Un **control dimensional** de las piezas mecanizadas integrado en la máquina, p. ej. Mediante palpadores, o externo a la máquina mediante dispositivos de medición separados, ocasionalmente con realimentación automática para la modificación de los valores de corrección en la máquina o con una señal de desconexión en el caso de salirse de las tolerancias.
5. El **retorno automático** de las piezas mecanizadas al almacén de piezas.
6. El paro automático de la máquina una vez mecanizadas las existencias de piezas o en caso de detección de error. La carga y descarga de los palets para el funcionamiento del tercer turno suele realizarse de modo manual durante los turnos primero y segundo.

La **capacidad del almacén de piezas** necesaria depende en primer lugar del tiempo de mecanizado medio por pieza. Para el funcionamiento con palets se ha de tender a tiempos de mecanizado medios alrededor de 30 minutos. De este modo, 16 palets bastan para ocho horas de mecanizado.

En piezas alimentadas una a una, el tiempo de mecanizado no debería ser inferior a tres minutos, de manera que haya que disponer de unas existencias de unas 160 piezas por cada turno de ocho horas.

Tiempos de mecanizado más cortos requieren palets y almacenes de piezas mayores para un funcionamiento de ocho horas y ponen en duda la rentabilidad de la inversión en los dispositivos. Para tener suficiente con un número reducido de dispositivos de amarre similares, debería poder ser posible también la mecanización de varias piezas diferentes. Ello requiere una gran capacidad de memorización de programas en el CNC o bien un sistema DND con recarga automática de los programas en los CNC.

En ocasiones, se ha de modificar la **codificación de los palets** después de la mecanización para evitar que en caso de reentrada por error del palet en la máquina se vuelva a proceder al mecanizado.

Al igual que los centros de mecanizado, también los **tornos** son ampliables a células de fabricación flexible. Para ello son adecuados tanto los tornos para el mecanizado de barras como los de plato o para ejes, con dispositivos auxiliares de cambio.

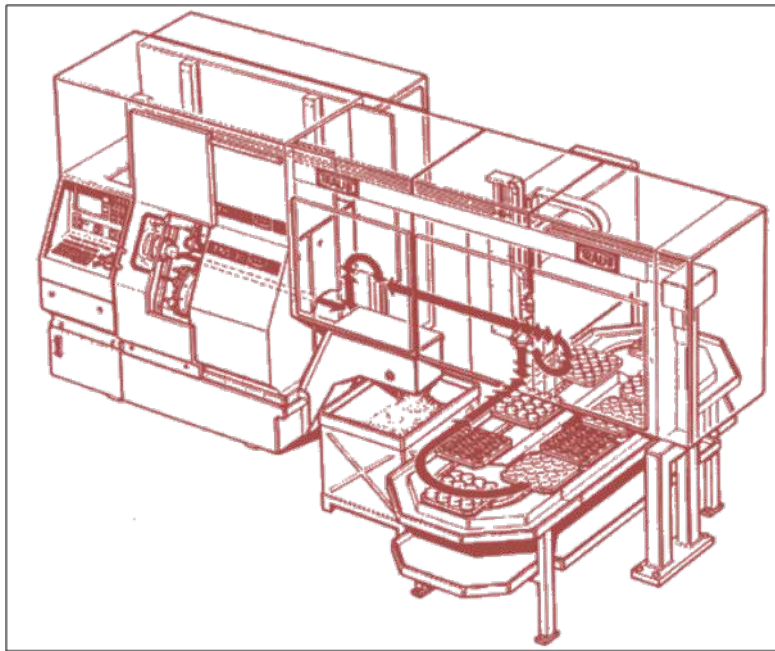


Figura 3. Célula de fabricación flexible para piezas de torneado (esquema e imagen). Fuente: Interempresas.

Al contrario de los centros de mecanizado, los tornos no son adecuados para el mecanizado de gran variedad de piezas en sucesión aleatoria, ya que no existen codificaciones de piezas y el número de herramientas para torno es limitado.

Debido a ello, se juntan los lotes y se controlan los cambios de programa necesarios mediante la preselección del número de piezas o por dispositivos de codificación en el almacén de piezas. También son necesarias las supervisiones de herramientas y medidas para evitar la producción de rechazos.

Línea flexible

Varias máquinas con control numérico o células flexibles, se relacionan entre sí mediante un sistema de transporte de piezas e identificación de las mismas. En general disponen en línea de almacenes de piezas y herramientas automatizados. Permiten la entrada al azar de gran diversidad de piezas y el software de gestión de línea las asigna a la máquina más adecuada. El microordenador que coordina la línea realiza también funciones de planificación y programación de la producción.

Taller flexible

Tiene todas las funciones de fabricación incorporadas e integradas dentro de la filosofía de fabricación flexible. Los sistemas de recepción, inspección, almacenaje, transporte, mecanización, verificación, montaje, inspección y distribución, están totalmente automatizados y coordinados por un ordenador central y a través de los microordenadores satélites de cada función o taller. Así como las células las líneas flexibles están dimensionadas, en general, para tratar una familia más o menos amplia de piezas, un taller flexible puede producir todo tipo de pieza que se precise. La sofisticación del sistema, especialmente en lo referente al software necesario, en programas de ordenador, en racionalización y en estandarización de producto y medios de fabricación, en sistemas de control y de gestión, hace que hoy por hoy el taller flexible esté solo al alcance de empresas líderes en renovación tecnológica.

2.1.2. Características de un sistema de fabricación flexible

La fabricación flexible consta de un proceso automático de mecanizado e inspección, mantenimiento y transporte, bajo un elemento de control que coordina todas las operaciones elementales del equipo.

Las principales funciones desarrolladas por un sistema de fabricación flexible son:

- Mecanización automática.
- Cambio automático de piezas y herramientas.
- Transporte automático entre máquinas.
- Identificación de piezas y herramientas.
- Autocorrección de desviaciones.
- Gestión de máquinas, materiales y herramientas.

Las características de una fabricación flexible son:

- **Flexibilidad.**

En el producto en cuanto a: forma, dimensiones, materiales, previsión, etc.

En la producción en cuanto a cantidad, lotes, programas, etc.

- **Automatización**

En el mecanizado, cambio de pieza, cambio de herramienta, transporte, identificación, limpieza de piezas, verificación de piezas, etc.

- **Productividad**

Debido a la fabricación desatendida, rapidez de cambio de herramienta, rapidez de cambio de pieza, pocas averías, optimización del mecanizado, etc.

- **Calidad del producto**

Asegurada por: la inspección de piezas, precisión de las máquinas, estabilidad térmica, rigidez de las máquinas, autocorrección, etc.

- **Fiabilidad del proceso**

Gracias al: control de desgaste, control de desviaciones, control de condiciones de mecanizado, mantenimiento preventivo, etc.

Criterios de utilización

Para la producción de piezas similares, con tamaños de lote entre medianos y relativamente grandes, se utilizan preferentemente **determinadas máquinas-herramienta** no encadenadas.

Una vez preparados los dispositivos y herramientas y disponiéndose del programa CNC es posible el buen aprovechamiento temporal de la máquina. Cuando es necesario el mecanizado en varias máquinas se ha de disponer de almacenes intermedios para las piezas en curso (figura 4).

Si la tarea de fabricación consiste, por el contrario, en la producción de lotes medianos de piezas diferentes, en las que las exigencias de exactitud impiden los cambios de amarre repetidos, nos encontramos entre el área de utilización típica de los **centros de mecanizado**.

Los tiempos de mecanización requieren aún un dispositivo adicional para el cambio de paletas, para poder realizar tareas de amarre y desamarre simultáneamente al mecanizado.

Si las exigencias son mayores, llegando hasta la fabricación de varias piezas distintas con tamaños de lote pequeños y donde la composición de los pedidos varía constantemente, se requiere una gran flexibilidad del sistema de fabricación. En este caso la principal dificultad radica en disponer siempre de los programas, dispositivos y herramientas adecuados, en la máquina adecuada para cada pieza, ya que podrían producirse tiempos de espera caros en los dispositivos de producción. Comienza aquí el campo de trabajo de los **sistemas de fabricación flexible regidos por un sistema de orden superior** (figura 6).

Elección y disposición de las máquinas

El diseño de sistemas de fabricación flexibles, y especialmente la elección de las máquinas que utilizar, se rige por las piezas y las tareas de fabricación.

Es imprescindible que las máquinas dispongan de control numérico, en lo que pueden ser útiles tanto máquinas estándar (p.ej. centros de mecanizado) como máquinas especiales (p.ej. cambiadores de cabezales de taladrado multihusillo o unidades de fresado).

En ocasiones puede ser necesario utilizar máquinas de distintos fabricantes.

La ingeniería encargada de la elaboración del sistema completo debería ocuparse de encargar las máquinas a los proveedores. De este modo quedará en una sola mano la responsabilidad del funcionamiento futuro del sistema completo. Lo mismo es válido para las máquinas para operaciones posteriores sobre las piezas producidas, como las lavadoras de piezas, máquinas de medición, estaciones de inversión, etc.

Durante el funcionamiento posterior se verá muy pronto hasta qué punto se ha elegido acertadamente. Según la experiencia actual, es aconsejable utilizar en lo posible máquinas estandarizadas y no más de dos o tres tipos de máquinas diferentes. Cuando una máquina no puede utilizarse por avería u otros motivos, las máquinas restantes tienen que estar en situación de realizar, transitoriamente, las tareas de la misma para evitar el paro total del sistema de fabricación.

Ninguna de las máquinas debería estar orientada a la fabricación de una pieza concreta: cada máquina debe poderse utilizar universalmente (de modo flexible) una vez cambiadas las herramientas o incorporado el nuevo programa.

Sólo así es posible adaptar rápidamente la producción del sistema a las cambiantes exigencias del mercado. También es más fácil y barata una ampliación posterior si no hay máquinas especiales que den origen a cuellos de botella difícilmente evitables.

Una vez elegidos y establecidos el número y el tipo de las máquinas, se determina su disposición y su enlace mediante el sistema de transporte.

Para ello se dispone de tres posibilidades:

1. **Disposición en serie** (figura 7).
2. **Disposición en paralelo** (figura 6).
3. **Disposición mixta** (figuras 6,7).

En la **disposición en serie**, es decir un conjunto de máquinas dispuestas una tras otra, cada pieza pasa sucesivamente por todas las máquinas de modo similar a la fabricación en un sistema transfer. (Figura 7).

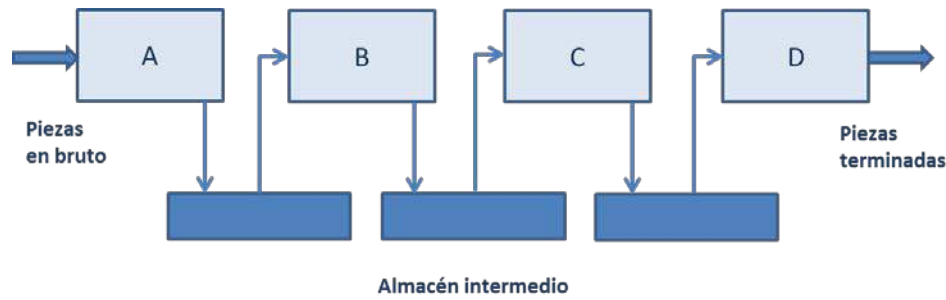


Figura 4. Fabricación en máquinas CN y máquinas convencionales. Fuente: Elaboración propia.

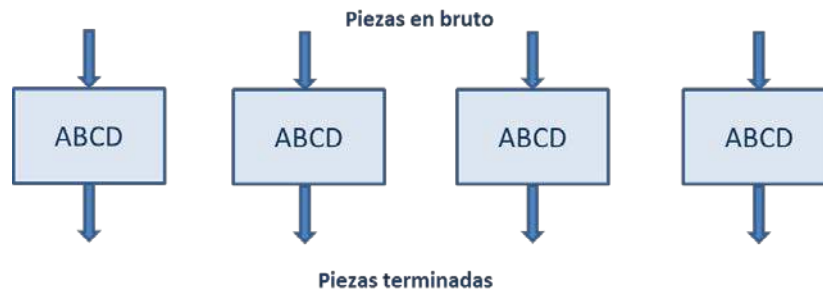


Figura 5. Fabricación en centros de mecanizado sin transporte automático de piezas. Fuente: Elaboración propia.

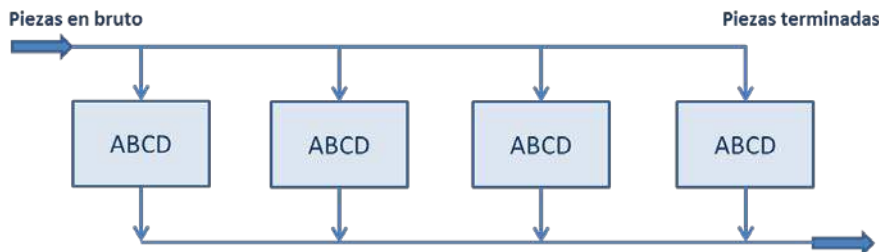


Figura 6. Fabricación en sistemas y células de fabricación flexible con disposición en paralelo de máquinas redundantes. Fuente: Elaboración propia.

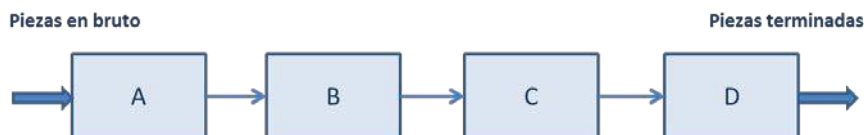


Figura 7. Fabricación en una línea transfer flexible con disposición en serie de máquinas complementarias. Fuente: Elaboración propia.

ABCD REPRESENTAN LOS DISTINTOS MECANIZADOS SOBRE LAS PIEZAS, POR EJEMPLO FRESADO, TALADRADO, MANDRINADO O ROSCADO.

A ello corresponde también la elección de las máquinas utilizadas. Dado que en cada "estación" se realiza una operación "complementaria" a la anterior, para la disposición en serie se utilizan preferentemente **máquinas complementarias**, de concepción parcialmente diferente. Esta disposición tiene notables desventajas, como:

1. El ritmo viene determinado por la máquina más lenta o por la operación más larga, es decir, que las máquinas más rápidas tienen tiempos muertos.
2. Si falla una estación se detiene todo el sistema o, para evitarlo, se han de tener.
3. Programas de sustitución preparados para poder trasladar los trabajos de la unidad problemática a otras unidades. Ello provoca un considerable gasto de programación y requiere capacidades de memoria enormes para poder contener los "programas de repuesto".

Por ello, los conceptos modernos de fabricación flexible colocan las máquinas preferentemente en **disposición paralela**.

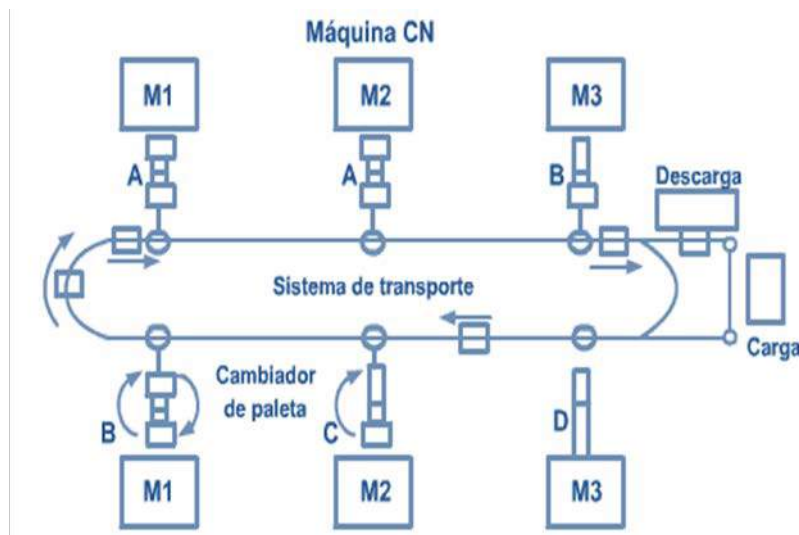


Figura 8. Disposición en paralelo de las máquinas M1 a M6. Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

ABCD REPRESENTAN MECANIZADOS SOBRE UNA PIEZA, O BIEN LA MECANIZACIÓN COMPLETA DE DISTINTAS PIEZAS.

Las piezas se conducen, según sea conveniente, hacia una o varias de estas máquinas hasta completar el mecanizado. Cuando se utilizan centros de mecanizado, todos los mecanizados posibles deberían realizarse en la máquina una vez elegida, en lugar de repartir el mecanizado sobre varias máquinas sucesivas.

En función del programa o de la pieza, con la disposición en paralelo de las máquinas-herramienta es posible mecanizar completamente las piezas sobre una máquina o efectuar operaciones complementarias.

Ello resulta ventajoso cuando se utilizan, por ejemplo, determinadas máquinas sólo para trabajos de precisión y está previsto trasladar las tareas de desbaste a otras máquinas.

2.1.3. Tendencia actual

La tendencia actual de las empresas de fabricación discreta es hacia el funcionamiento basado en células flexibles de fabricación y la consecución de un flujo continuo de materiales entre estas células.

De esta manera se logra un grupo lógico de equipos y operadores que funcionalmente operan como una única máquina para producir un determinado producto.

Todo **Sistema de Fabricación Flexible** se caracteriza por englobar:

- Máquinas con encadenamiento flexible.
- Máquinas que se complementan y se sustituyen.
- Combinación de las ventajas del principio de taller y de fabricación continua.
- Flujo de materiales y mecanizado con alto grado de automatización.

Así mismo:

- Dispone de un único punto de entrada y un único punto de salida del material.
- No es posible sacar materiales o productos de puntos intermedios del sistema.
- Agrupa varias células de fabricación flexible.
- Dispone de un ordenador denominado “controlador de área”, capaz de dirigir y controlar toda la operatividad del taller.

El Sistema de Fabricación Flexible en un entorno de fabricación discreta es capaz de seguir todos los procesos de cada célula y todos los eventos del lote en tiempo real. Permite ajustar el proceso de producción dependiendo de las excepciones o eventos no planificados que se producen en la planta y optimizar la utilización de los recursos de fabricación.

Las principales características de la industria de procesos que afectan al sistema de fabricación flexible son:

- **Producto:** Las industrias de proceso fabrican un número reducido de productos. Las especificaciones del producto varían bastante de cliente a cliente, pero una vez establecidas, se mantienen fijas.
- **Flexibilidad en capacidad y rutas alternativas:** La industria de procesos emplea maquinaria de alto coste y carácter multipropósito con capacidad limitada. Los productos pueden seguir distintos flujos alternativos a través de distintas operaciones de acabado.

- **Rendimiento:** El rendimiento del material es una variable de control significativa.

Estas características determinan un conjunto de actividades que debe cubrir el Sistema de Fabricación Flexible, de las que cabe destacar:

- Combinación de pedidos para producción de tiempos de preparación y limpieza en máquinas multipropósito.
- Seguimiento del material transferido entre pedidos o clientes, especialmente en las operaciones de acabo.
- Monitorización de la productividad.
- Monitorización del rendimiento en las operaciones de recuperación de material.
- Programación a capacidad finita de equipos de alto coste.

Un ejemplo de Fabricación Flexible sería el mecanizado de piezas de chapa, piezas torneadas, piezas prismáticas, etc.

Conforme a lo mencionado anteriormente, podemos caracterizar los Sistemas de Fabricación Flexible en base a los siguientes **criterios**:

CRITERIO	CARACTERIZACIÓN
Flexibilidad de producto	Piezas semejantes (familias de piezas)
Productividad	Media
Tiempo de ciclo	Variable, generalmente de longitud media
Tamaño de lote	Variable
Preparación	Escasa, tiempo de preparación corto
Régimen de trabajo	Por herramientas o almacenes
Flujo de materiales	Flexible
Control del flujo de materiales	Forzosamente con asistencia de ordenador
Transporte	Por herramienta o almacenado
Repercusión de las perturbaciones	Mediana

Tabla 1. Clasificación de los SFF en base a criterios de producción. Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la fabricación continua y a la fabricación bajo pedido, los Sistemas de Fabricación Flexible se caracterizan por:

Estructura de la fabricación de piezas:

	FABRICACIÓN CONTINUA	FABRICACIÓN BAJO PEDIDO	FABRICACIÓN FLEXIBLE
Emplazamiento de las máquinas	Encadenamiento rígido o suelto	Agrupadas tecnológicamente	Encadenamiento flexible
Flexibilidad de producto	Piezas iguales salvo variantes	Numerosas piezas diferentes	Piezas semejantes (familias)
Productividad	Grande	Pequeña	Mediana
Tiempo de ciclo	Cortos	Largos	Medianos
Tamaño de lote	Grande	Pequeño-grande	Mediano
Preparación	-----	Tiempo de preparación largo	Tiempo de preparación pequeño
Régimen de trabajo	En grandes lotes	Por lotes	Por piezas o almacenes
Flujo de materiales	Encadenamiento rígido o suelto	Flexible	Flexible
Control del flujo de materiales	Por el mismo flujo de materiales	Puede estar asistido por ordenador	Forzosamente con asistencia de ordenador
Transporte	En pequeñas cantidades	Por lotes	Por piezas o almacenes
Repercusión de las perturbaciones	Grande	Escasa	Mediana

Tabla 2. Estructura de fabricación de piezas. Fuente: Elaboración propia.

	FABRICACIÓN CONTINUA	FABRICACIÓN BAJO PEDIDO	FABRICACIÓN FLEXIBLE
Preparar medio de producción	Manual	Manual	Automatización parcial
Cargar los medios de producción (alimentar)	Manual	Manual	Automatización parcial
Preparar las piezas	Automatización parcial	Manual/ Automatización parcial	Automatizado
Amarrar las piezas	Automatización parcial	Manual	Automatizado
Cargar las piezas (alimentar)	Manual/ Automatización parcial	Manual/ Automatización parcial	Automatización parcial/ Automatizado
Mecanizado	Automatización parcial	Automatización parcial	Automatizado
Verificación	Automatización parcial	Automatización parcial	Automatizado
Identificación del material	Automatización parcial	Manual/ Automatización parcial	Automatizado
Abastecimiento NC	Manual/ Automatización parcial/ Automatizado	Manual/ Automatización parcial/ Automatizado	Automatización parcial/ Automatizado

Tabla 3. Funciones y nivel de automatización en la fabricación de piezas. Fuente: Elaboración propia.

2.1.4. Índices característicos de un sistema de fabricación flexible

Establecida una configuración para los Sistemas de Fabricación Flexible y unas características como las anteriormente mencionadas, las estrategias posibles enfocadas a un mayor rendimiento del sistema van enfocadas a adecuar las ventajas de la fabricación bajo pedido con las aportadas por una producción en serie.

En base a esto, puede comprenderse un óptimo en Sistemas de Fabricación Flexible, partiendo de las premisas de productos cuya calidad obtenida es la concertada con el cliente y la inversión realizada es

la necesaria, como una maximización del número de unidades buenas producidas en el tiempo disponible.

Los **parámetros** que caracterizan el resultado de producción de los Sistemas de Fabricación Flexible quedarían plasmados en la siguiente lista:

- **NPD:** Número de piezas diferentes a producir.
- **NMI:** Número de máquinas que permiten igual proceso.
- **NPRD:** Número de procesos diferentes.
- **NCC:** Número de controles de calidad: Materia prima, proceso, producto acabado (en planta y en mercado).
- **NECC:** Número de equipos de control de calidad automatizados: en proceso, pre y postproceso.
- **NAA:** Número de almacenes automatizados: intermedios, de materia prima y de producto acabado.
- **TA:** Transporte automatizado entre estaciones de trabajo: cinta transportadora.
- **MA:** Manipulación automatizada del producto: robots.
- **SGPP:** Sistemas de gestión y planificación de producción.
- **PE:** Personal especializado.

Como propuesta de **índice característico** de un sistema de fabricación flexible consideramos el número de piezas que produce por unidad de tiempo (o el tiempo en producir una unidad de producto, que es lo inverso).

2.2. FABRICACIÓN INTEGRADA POR ORDENADOR - CIM

A pesar de que es un concepto relativamente nuevo (el término fue acuñado por Harrington en 1973), CIM ha recibido una gran parte de atención de los directores de producción y control de stocks, consultores, e investigadores. CIM representa un importante camino para que la fabricación pueda mejorar su competitividad en mercados locales y globales, pues en los últimos años los mercados de internacionales de bienes de producción han sufrido un cambio radical: ahora es el cliente quien define el mercado (el producto y sus características), y es el fabricante quien debe adecuarse a ellos.

Esta situación también es generada por los avances en la tecnología, que es lo que acelera los ciclos de vida de un producto y paralelamente aumenta la competencia globalizada.

Para algunos autores, CIM no es nada más que el uso completo de tecnología asistida por ordenadores (CIM es visto como un sinónimo del uso de sistemas automatizados, robots, y sistemas flexibles de fabricación). Para otros, CIM es principalmente un sistema basado en la información. Finalmente, CIM también es considerado un sistema de estrategia: usa la tecnología de ordenadores para ayudar satisfacer las necesidades de su mercado.

Definición: CIM es la integración del diseño, ingeniería, fabricación, logística, almacenamiento y distribución, clientes y proveedores, ventas y actividades de marketing, administración financiera y el control total de la empresa.

El acuerdo general es que la Fabricación Integrada por Ordenador es una estrategia que abraza las metas de la organización, cambios en la dirección de cómo el trabajo es realizado, el desarrollo tecnológico y nuevos requerimientos de competencia, capacitación y entrenamiento. Es la administración de una interrelación compleja y desarrollada entre estos elementos estratégicos, que es el corazón del CIM.

CIM incluye todas las actividades desde la percepción de la necesidad de un producto; la concepción, el diseño y el desarrollo del producto; también la producción, marketing y soporte del producto en uso. Toda acción envuelta en estas actividades usa datos, alfabéticos, gráficos o numéricos. El computador, hoy en día, es la herramienta más importante en la manipulación de datos, ofrece posibilidad de integrar las operaciones de fabricación. Este concepto es lo que se denomina Fabricación Integrada por Ordenador.

IMPLEMENTACIÓN DE CIM

Una empresa no puede garantizar su competitividad simplemente adecuándose a los vaivenes del mercado, sino que debe hacerlo con un proceso de planificación a largo plazo que como objetivo cree una estrategia que asegure el éxito económico.

Debido a los cambios que en los últimos años han sufrido los mercados internacionales de bienes de producción, mantener la competitividad ha pasado a ser una cuestión primordial para las empresas. Mejorar la calidad de los productos, ampliar la gama, reducir plazos de suministro y mejorar en el cumplimiento de los plazos son medidas estratégicas que las empresas pueden seguir para acercarse a este objetivo.

No existe un concepto CIM estándar, aunque ante problemas similares existen empresas que quieren adaptar las soluciones a sus necesidades y corren el riesgo de de aplicar un concepto ajeno a sus requerimientos.

Por eso es imprescindible que la empresa responda los siguientes interrogantes:

1. ¿Cómo esta posicionada la empresa en el mercado?
2. ¿Cuáles son los objetivos de la empresa y para qué entorno, en los próximos años?
3. ¿En qué productos se puede optimizar costes?
4. Analizar las actividades que afectan directamente a las ventas: Servicio, precios, calidad, plazo de entrega.
5. ¿Se pueden modificar los procesos para reducir costos y dar mayor flexibilidad a la fabricación?

Cuanto mayor sea la precisión con que se responda a estas preguntas, se podrán establecer los objetivos con mayor precisión.

La productividad puede ser incrementada al utilizar sistemas de automatización como ordenadores de gran capacidad para el control de la producción, sistemas de fabricación automatizados, máquinas-herramienta con control numérico y robots industriales. Sin embargo, los sistemas automatizados empleados en los procesos de fabricación son generalmente islas de producción autónomas, funcionando como soluciones aisladas que llevan sólo a un éxito parcial.

Para lograr una automatización efectiva y para que se puedan encadenar fácilmente los sistemas automatizados debe haber una coordinación de tres funciones:

- Mecanización.
- Flujo de materiales.
- Flujo de la información.

En las organizaciones modernas, la información se convierte en un factor de producción decisivo. Para mejorar la flexibilidad de una empresa es necesario mejorar la calidad de la información de que dispone, la cual deberá ser procesada además en mayores volúmenes y con mayor velocidad. Esto exige el tratamiento integrado de los datos técnicos, y para ello es condición necesaria la existencia de un flujo continuo de información.

Por este motivo, después de desarrollar sistemas de automatización aislados, lo que se pretende es que los datos generados en cada uno de los sistemas sean también accesibles a otros ámbitos y sistemas. De la misma forma que el flujo de materiales y el flujo de energía se tratan de forma logística en el ámbito de la producción, el flujo de información deberá tratarse también como un problema logístico. Puede hablarse de una “logística de información” en donde se debe tratar la información correcta, en cantidad y calidad adecuada a las necesidades, en el momento preciso y en el lugar adecuado.

La solución logística de la información exige que se analicen las estructuras tradicionales y se creen ámbitos funcionales con interfaces claras, a fin de garantizar la transparencia de las funciones de la empresa necesaria para el tratamiento informático.

Uno de los requisitos fundamentales a la hora de poner en práctica el CIM es disponer de un flujo continuo de información. Por lo tanto, la meta fundamental del CIM es asegurar una alta disponibilidad de datos necesarios en todas las etapas de la cadena de procesos comerciales, logísticos y tecnológicos.

Integrar la información no significa, sin embargo, que exista una red comunicación de datos entre computadoras. Los datos digitales se convierten en información útil en cuanto dichos datos puedan ser interpretados de la misma manera por el emisor y el receptor. Por ello tiene especial importancia y constituye, por tanto, uno de los factores más importantes para el éxito, son la interfaces que permitan el intercambio de información entre todos los sistema intervinientes.

Generalmente, se sabe que CIM sólo producirá resultados exitosos si la tecnología instalada es acompañada por recursos humanos y estructuras organizacionales apropiados (es importante determinar las opciones organizacionales dentro de la compañía, antes de optar por un determinado tipo de tecnología) y prever que obligará a un cambio de cultura frente a la innovación.

El objetivo estratégico de una empresa es siempre asegurar su potencial de éxito para un período de tiempo tan prolongado como sea posible. El CIM trata de contribuir a asegurar este potencial de éxito y esta es la orientación que ha de seguirse cuando se lleva a cabo su introducción.

Para que la Fabricación Integrada por Ordenador se convierta en una realidad tangible hay que prever un período de tiempo de varios años. En CIM debe considerarse la totalidad de la empresa, comenzando por el programa de producción, pasando por la organización fija, la organización de desarrollo, los distintos ámbitos que intervienen en la producción, las instalaciones (situación de la fábrica, máquinas, sistemas de transporte e información) hasta llegar al personal.

CIM es introducido en las empresas por las siguientes razones estratégicas:

- Aumento de la flexibilidad.
- Reducción de costos, que resulta de tiempos de procesos cortos.
- Reducción de requerimientos de almacenamiento.
- Mejora de la calidad de los productos.

CIM significa que los métodos tradicionales para la organización del trabajo serán remplazados por nuevas estructuras organizacionales caracterizadas por sistemas flexibles, integrados y abiertos, administración horizontal, énfasis en auto administración y un ambiente activo de auto aprendizaje.

BENEFICIOS DE CIM

1. Tangibles

- Calidad más alta.
- Inventario reducido.
- Menos espacio de planta.

La flexibilidad de procesos, el flujo de productos más ordenado, mayor calidad y una mejor programación de la producción son típicos del uso apropiado del concepto CIM. Mejorará tanto el trabajo de fabricación como los niveles de inventario de producto acabado; se usará una menor cantidad de máquinas (controladas por ordenador) para hacer el mismo trabajo que un gran número de máquinas convencionales. Finalmente, la distribución de la planta no se utilizará para almacenar el producto acabado.

Una gran mejora de calidad es el tercer beneficio tangible de la inversión en tecnología CIM. El proceso automático conduce directamente a una producción más uniforme y, frecuentemente, a un descenso de un orden de magnitud en defectos.

Estos beneficios son fáciles de cuantificar y deberían ser parte de cualquier análisis económico. Algunos responsables de producción han visto una disminución de cinco a diez veces en despilfarros, rechazos y puesta al día, cuando reemplazan operaciones manuales con equipamiento automatizado. Además, como la producción crece uniformemente, se requieren controles.

2. Intangibles

- Mayor flexibilidad.
- Menor tiempo de rendimiento y de producción.
- Incremento de aprendizaje.
- Rápida respuesta ante cambios en el mercado.

Estos beneficios son tan importantes como los beneficios tangibles, pero mucho más difíciles de cuantificar. La dificultad surge en gran parte porque estos beneficios representan un incremento de ingresos más que un ahorro de costos.

Más allá de las aplicaciones en el campo económico, las capacidades de reprogramación del CIM hacen posible que las máquinas sirvan de respaldo unas de las otras. Además, mediante un fácil acomodamiento de las instrucciones de ingeniería y el rediseño de productos, la tecnología CIM permite cambios de productos en el tiempo. Si la mezcla de los productos demandados por el mercado cambia, el proceso basado en CIM puede responder sin un incremento de los costos.

Otro aparente beneficio intangible de CIM es la gran reducción que hace posible en los tiempos de rendimiento y producción. Algunos de los beneficios de la gran reducción de tiempos de rendimiento son incorporados en la estimación de ahorros de la reducción de inventarios. Pero hay también una notable ventaja de marketing al ser capaz de encontrar las demandas del cliente con tiempos de producción cortos y una rápida respuesta a los cambios de demanda en el mercado.

OBSTÁCULOS AL CIM

El grado en el que la empresa está capacitada de tomar ventajas de las capacidades y el poder del futuro CIM dependerán en su habilidad de identificar y vencer estos obstáculos:

- Organizacionales.
- Estratégicas.
- Humanas.
- Sistemas.
- Evaluación y justificación.
- Medición de rendimiento.

Organizacionales

Las estructuras organizacionales deben cambiar cuando se requiera. Una compañía que está organizada a lo largo de líneas funcionales debe estar capacitada para reestructurarse a sí misma a lo largo de líneas de productos. Y además, las estructuras deben ser lo suficientemente flexibles para permitir una integración funcional cruzada.

Sin esta flexibilidad, los sistemas del futuro CIM no pueden ser desarrollados, puesto que el énfasis en los sistemas de procesos y entrega requeridos para el futuro CIM serán difíciles de conseguir.

Estratégicas

Para que CIM sea usado eficazmente, deberá haber primero una estrategia corporativa que esté designada a generar una ventaja competitiva sustancial para la empresa. El sistema CIM implementado

es una expresión de la estrategia corporativa. Su estructura, orientación, y objetivos son derivados de la estrategia corporativa. CIM se convierte en un medio por el cual los objetivos estratégicos son alcanzados.

Sin embargo, hay dos instancias en que la estrategia puede actuar como barrera en el desarrollo de CIM. La primera es una en la que la firma carece de una estrategia corporativa bien desarrollada, comprensiva, completa y factible. La segunda instancia es una en que la estrategia corporativa es inflexible. Los responsables deben reconocer que el CIM puede influenciar la estrategia corporativa.

Humanas

Si el CIM va a tener éxito y va a desarrollarse en el tiempo, debe ser aceptado y soportado por las personas que lo usarán. Esta no es una condición fácil de satisfacer, dado que para mucha gente CIM representa cambio. Aún más, la gente puede oponerse al CIM porque lo asocian con una reducción de la fuerza de trabajo de la empresa. Esta situación se encuentra cuando la demanda por los productos de la empresa es estable.

Pero no sólo hay que conseguir la aceptación de los empleados, sino también del comité de empresa. Solamente si puede colaborar desde un principio en las conversaciones de planificación evaluará correctamente el objetivo del CIM, defendiendo entonces las medidas necesarias frente a la plantilla.

Sistemas

El CIM puede ser visto como un cristal magnificador en el que hace mejores a los sistemas buenos y peores a los sistemas malos. El CIM no es un reemplazo para un sistema de planificación de producción y control. A causa de este hecho, las empresas deben tener manuales de sistemas efectivos antes de implementar CIM.

Evaluación y justificación

Tradicionalmente, los sistemas CIM han sufrido de problemas por justificación de costo. Siempre fue una dificultad justificar la introducción de sistemas CIM usando procedimientos de justificación de inversiones tradicionales como Flujo de Caja Descontado o reintegración (payback).

Implementar un sistema CIM es una inversión importante que requiere una gran suma de tiempo, dinero, equipamiento, y fuerza humana. Mientras que mucha de esta inversión debe ser “upfront” y resultados en una afluencia de caja, los beneficios, cuando ocurren, son una mezcla de elementos cuantitativos y cualitativos. Reducciones en costos (cuantitativo) son frecuentemente acompañadas por mejoras en tiempos de producción, calidad, congestión la distribución en planta, y previsión de rendimiento, mejoras que son cualitativas.

Además, las implementaciones CIM son proyectos a largo plazo, pues casi siempre requieren un plazo de cinco años. Es difícil generalizar experiencias con sistemas CIM porque cada empresa es diferente.

Finalmente, es difícil identificar todos los beneficios ganados desde la implementación de un sistema CIM.

La implementación de CIM busca, por un lado, aumentar la productividad y, por otro, mejorar la calidad de los productos. En la siguiente tabla se presentan algunos de los beneficios que ha traído el CIM a empresas que lo han implementado:

Reducción en costos de diseño	15 - 30 %
Reducción en tiempo perdido	30 - 60 %
Incremento de la calidad del producto	2 - 5 veces el nivel anterior
Incremento en el aprovechamiento de los ingenieros respecto de la extensión y profundidad de sus análisis	3 - 35 veces
Incremento de la productividad de las operaciones de producción	40 - 70 %
Incremento de la productividad de las máquinas	2 - 3 veces
Reducción de trabajo en el proceso	30 - 60 %
Reducción de los costos de personal	5 - 20 %

Tabla 4. Beneficios de la implementación de un sistema CIM. Fuente: Elaboración propia.

2.2.1. Ámbitos funcionales del cim

Considerando el CIM como la utilización integrada de la informática en todos los ámbitos de fábrica relacionados con la producción (interacción de CAD (Diseño), CAP (Planificación), CAM (Fabricación), CAQ (Garantía de Calidad) y PPC (Planificación y Control) a nivel de tecnología de la información), podemos seleccionar los siguientes parámetros como índices para evaluar el funcionamiento de un Sistema de Fabricación Flexible y su proximidad al CIM:

Existencia de:

- **Planificación de la empresa:** objetivos, pronósticos, estrategias, operativa.
- **Contabilidad Industrial:** costes, financiera, sueldos y salarios, instalaciones.
- **Ventas:** Consultas de clientes y ofertas, Administración y seguimiento de pedidos, Planificación de ventas.
- **Compras:** Selección de Proveedores, Sistema de pedidos y su seguimiento, Tramitación de devoluciones, facturación.

- **Planificación y control de la producción:** programa de producción, cantidades, materiales, fabricación, lanzamiento y seguimiento de órdenes de trabajo, Inventario y estadísticas.
- **CAD:** Esquemas, cálculos, especificaciones, simulación, conservación de lista de piezas, cálculo previo de costes, modificaciones.
- **CAP:** (Planificación asistida por ordenador) Planificación del trabajo, administración de los procesos, planificación del montaje, verificación, medios de producción, simulación de procesos de fabricación y montaje, Normalización y control de normas.
- **Garantía de Calidad:** Planificación de la calidad, control y supervisión, verificación, documentación, estadística.
- **CAM:** Control de sistemas de mecanizado y transporte, supervisión de máquinas, Obtención de datos del taller y obtención de datos de las máquinas.
- **Control de taller:** Administración de órdenes de trabajo, lanzamiento de órdenes de fabricación, lanzamiento de órdenes de flujo de materiales, Supervisión del taller.
- **Almacén:** Administración de las órdenes de almacén, administración del almacén, especificación de trabajos, supervisión.
- **Transporte:** Administración de órdenes y programación de medios de transporte, control y supervisión.
- **Fabricación de piezas:** Administración de órdenes, especificación de trabajos, abastecimiento y retirada interna de materiales., supervisión del estado de las instalaciones, administración de programas NC, RC, PLC, control de procesos.
- **Montaje:** Administración de las órdenes de trabajo, especificación de trabajos, abastecimiento y retirada interna de materiales, supervisión del estado de las instalaciones, administración de programas NC, RC, PLC, control de procesos.
- **Embalaje:** Administración y programación de las órdenes de embalaje, administración de programas NC, RC, PLC, abastecimiento y retirada interna de materiales, control de procesos, preparación de la mercancía, embalaje y rotulado, supervisión del estado de las instalaciones.
- **Expedición:** Administración de las órdenes de expedición, control de la expedición.
- **Conservación:** Planificación del mantenimiento preventivo, programación de las órdenes, administración y supervisión de las órdenes, ejecución de las órdenes de mantenimiento y reparación.

De esta manera, los **objetivos** que persigue la empresa busca con el C.I.M. son:

- Especificar Sistema de Fabricación Flexible a implantar en una industria.
- Ensamblaje de módulos con diferentes partes y piezas (electrónicos, mecánicos, etc.).
- Conocer y usar correctamente distintos componentes mecánicos.
- Habilidad para poner en marcha sistemas automatizados.

- Ensamblar y desensamblar componentes mecánicos.
- Conocer, optimizar e instalar componentes neumáticos (Cilindros, Válvulas).
- Leer y Desarrollar planos de circuitos neumáticos.
- Conocer el uso de compresoras y secadores.
- Conocer el uso de los distintos tipos de sensores (inductivos, capacitivos, ópticos, etc.).
- Conocer la Estructura y modo de operación de un PLC.
- Programar un PLC con diferentes lenguajes de programación.
- Conocer la interfase entre un PLC y el Controlador de un Robot.
- Conocer la Estructura de un Sistema Automatizado.
- Diseñar e implementar Sistemas Automatizados.
- Conocer las aplicaciones de sistemas LAN, RS-232 buses de campo y comunicación industrial.
- Conocer el uso de Estructuras Maestro-Esclavo.
- Conocer el uso de la relación Cliente/Servidor.
- Conocer el uso de un sistema de Visión (Cámara 3-CCD).
- Programar robots industriales.
- Conocer el uso de sistemas de ensamblaje automatizados y los diferentes tipos de grippers.
- Localizar y corregir fallas en un Sistema Automatizado.
- Optimizar sistemas automatizados.
- Conocer y operar máquinas herramientas CNC (Torno y Fresadora).
- Programar y simular usando programas NC.
- Diseñar piezas de trabajo usando software CAD.
- Generar programas CNC usando software CAM.
- Conocer el uso de los Sistemas de Transporte y su interacción con los sistemas de producción.
- Mantenimiento de unidades y/o Sistemas de fabricación flexible.
- Balancear Líneas de Producción.
- Planeamiento y Control de Materiales.
- Administrar y controlar inventario.
- Toma de Tiempos en una línea de Producción.
- Aplicar conceptos de MRP, JIT y TQM.
- Diseñar Diagramas de Procesos para distintas líneas de producción.

2.2.2. Estructuración de las áreas funcionales (flujo de información y de materiales).

Una característica básica en la implantación del CIM es el establecimiento de un modelo funcional basado en índices característicos para evaluar su integración en la empresa.

Tomando como punto de partida una representación global del CIM, es posible exponer en detalle los diferentes ámbitos funcionales del CIM.

A continuación se exponen brevemente los ámbitos funcionales, y a continuación se detallan sus funciones y se presentan las interfaces (relaciones) de información respecto a los demás ámbitos funcionales, sirviéndose para ello de diagramas.

Para poder mostrar las relaciones, primero se presentan las interfaces en un cuadro resumen, y en una segunda figura (estructura interna) se complementa el contenido de los datos de cada interfaz, descomponiendo para ello el ámbito funcional en funciones parciales.

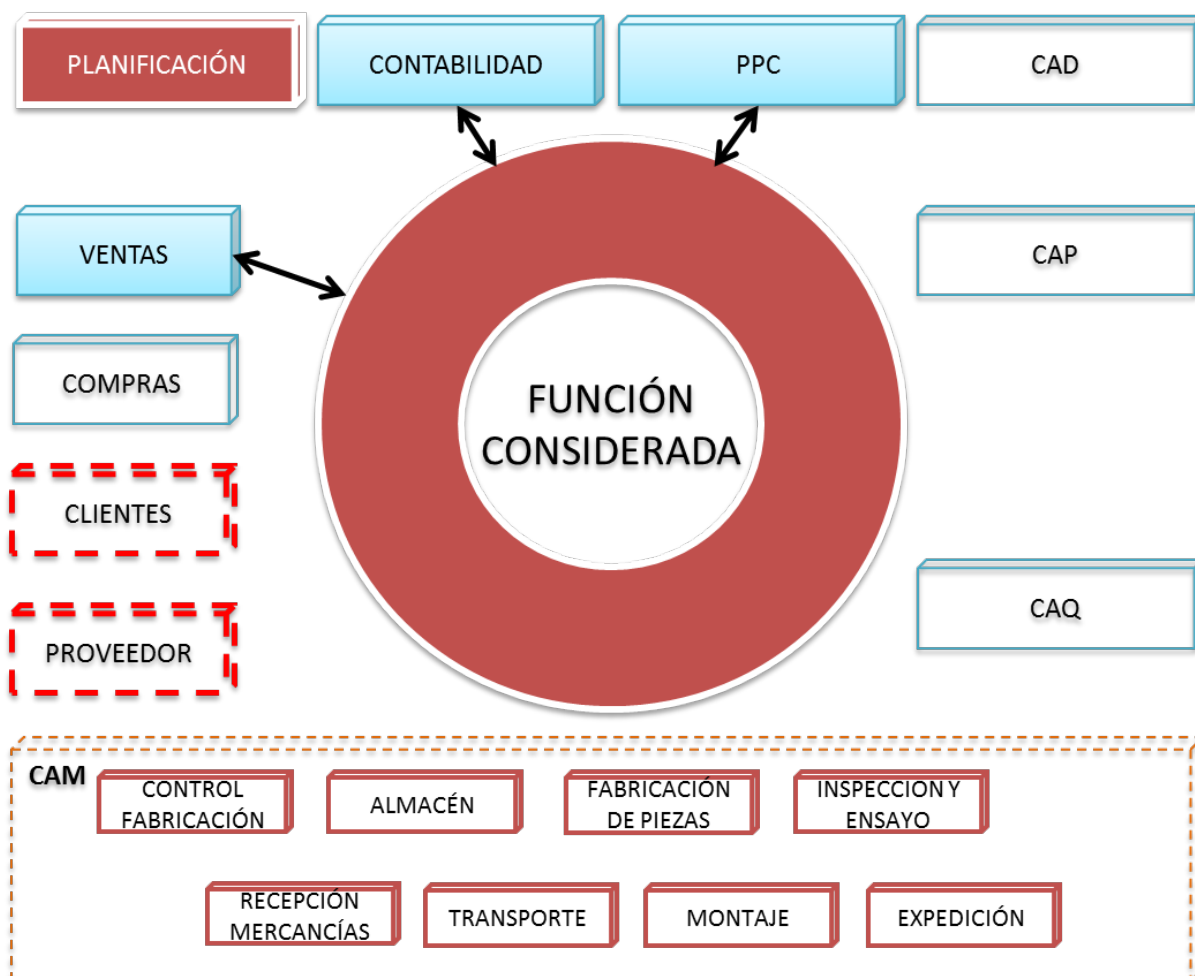


Figura 9. Esquema de ámbitos funcionales del CIM. Fuente: Elaboración propia.

Para la representación del grupo de información (funciones e interfaces) se emplea la siguiente simbología:

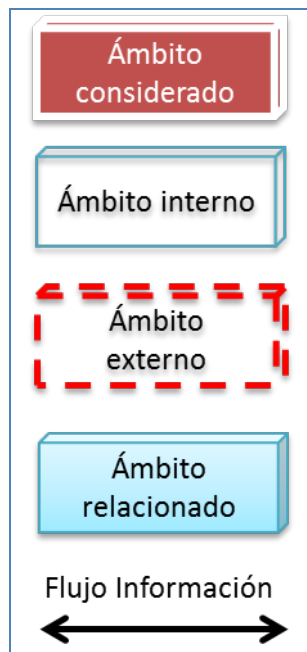


Figura 10. Simbología esquema ámbitos funcionales del CIM. Fuente: Elaboración propia.

Entendemos por datos desde fichas, listas, etc hasta la memoria de datos de un ordenador.

Las consideraciones funcionales de partida son básicas, deduciendo a partir de éstas los requisitos que han de cumplir los sistemas de tratamiento de datos y automatización. Flujo de Información.

Un factor de competitividad para una empresa es la Información, con mayor importancia día a día, abarcando no sólo datos económicos del taller, sino también datos de procesos y de calidad.

Disponer de información fiable es condición esencial en producción flexible. El flujo técnico de la información persigue la generación, conservación y transmisión de información.

Un problema actual es la transmisión rápida y fiable de datos procedentes de diferentes sistemas de software y hardware a través de interfaces adecuadas. El diseño de estas interfaces requiere de una definición exacta de los requisitos de comunicación:

- ¿Qué datos se producen y dónde?
- ¿Qué datos se necesitan, donde y para qué?
- ¿Quién administra y cuida los datos, y qué tipo de datos?
- ¿Quién es responsable de los datos, y de qué tipo de datos?

- ¿Qué datos se conservan en una base de datos común?
- ¿Para qué datos hay obligación de obtención o introducción?

La asignación de funciones y sistemas en determinados niveles jerárquicos permite una mejor gestión de los sistemas de comunicación, conservación de datos y tratamientos de los mismos por parte de las empresas de producción.

Este concepto de automatización jerárquica queda representado en la siguiente figura:

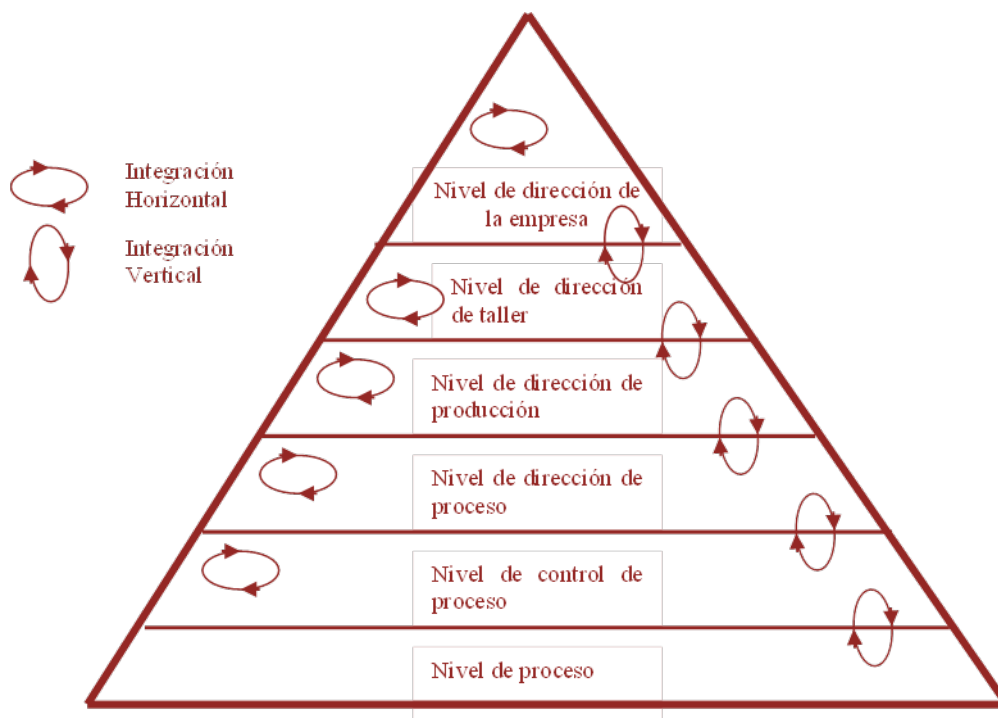


Figura 11. Representación del concepto de automatización jerárquica. Fuente: Elaboración propia.

Los niveles de dirección son tres (forman la punta de la pirámide de la empresa):

- Nivel de dirección de empresa.
- Nivel de dirección de taller.
- Nivel de dirección de producción.

El ámbito de proceso, que está bajo el nivel de dirección de producción, puede subdividirse en:

- Nivel de dirección de procesos.
- Nivel de control de proceso.
- Nivel de proceso.

Cada nivel plantea necesidades especiales respecto al tratamiento de la información.

Los flujos de información hacia niveles superiores parten de datos (informaciones singulares) que se condensan pasando al nivel inmediato superior (Eventualmente llegan al nivel de dirección de empresa).

A la inversa, las informaciones procedentes de los niveles superiores son transmitidos en forma de directriz a los niveles inferiores, donde se complementan con datos específicos.

Además del flujo de información vertical existe un flujo de información horizontal, especialmente a nivel de dirección de taller, donde se intercambian informaciones entre secciones de taller que están comunicadas entre sí. Esto también tiene lugar a nivel de dirección de proceso. La conservación móvil de datos permite que los datos de piezas y herramientas se transmitan directamente con el material.

Las funciones y responsabilidades de los niveles de la empresa varía con su dimensión, estructura y organización. De forma global:

- **Nivel de dirección de empresa:** Comunicaciones externas e internas. Transmisión de gran cantidad de datos relativos a economía y política de empresa entre las diferentes ramas de la misma y entre ellas y los departamentos de administración y planificación.
- **Nivel de dirección de taller:** El sistema de comunicación relaciona entre sí las diferentes secciones de la fábrica. Su cometido es la distribución de datos organizativos, técnicos y comerciales, a fin de establecer una relación entre las diferentes secciones de la empresa.
- **Nivel de dirección de producción:** La dirección de las diferentes secciones de producción incluye la planificación detallada, preparación y establecimiento de cargas con las órdenes de producción entre las diferentes células, sirviéndose para ello de los datos de taller, así como de la disponibilidad de material, personal y pedidos.
- **Nivel de dirección de proceso:** En este nivel se trata de reunir máquinas de mecanizado, robots y sistemas de transporte a fin de formar células de fabricación lo más autónomas posible (nivel de células).
- **Nivel de control de proceso:** Centrado en la vigilancia y captación de datos, acomete la regulación y control de procesos parciales, máquinas, sistemas de transporte y robots.
- **Nivel de proceso:** Forma la interfaz entre la electrónica y la mecánica. Las instrucciones de control se convierten en movimientos de las máquinas de fabricación, sistemas de transporte, organizadores de control, etc. Así mismo, a la inversa, los movimientos, esfuerzos, etc. Son captados por medio de sensores y sirven de retroalimentación para el nivel de control. Los actuadores típicos con accionamientos, válvulas, lámparas, calentadores, etc. y los sensores típicos son interruptores de fin de carrera, sensores de temperatura y sensores de fuerzas y de pares.

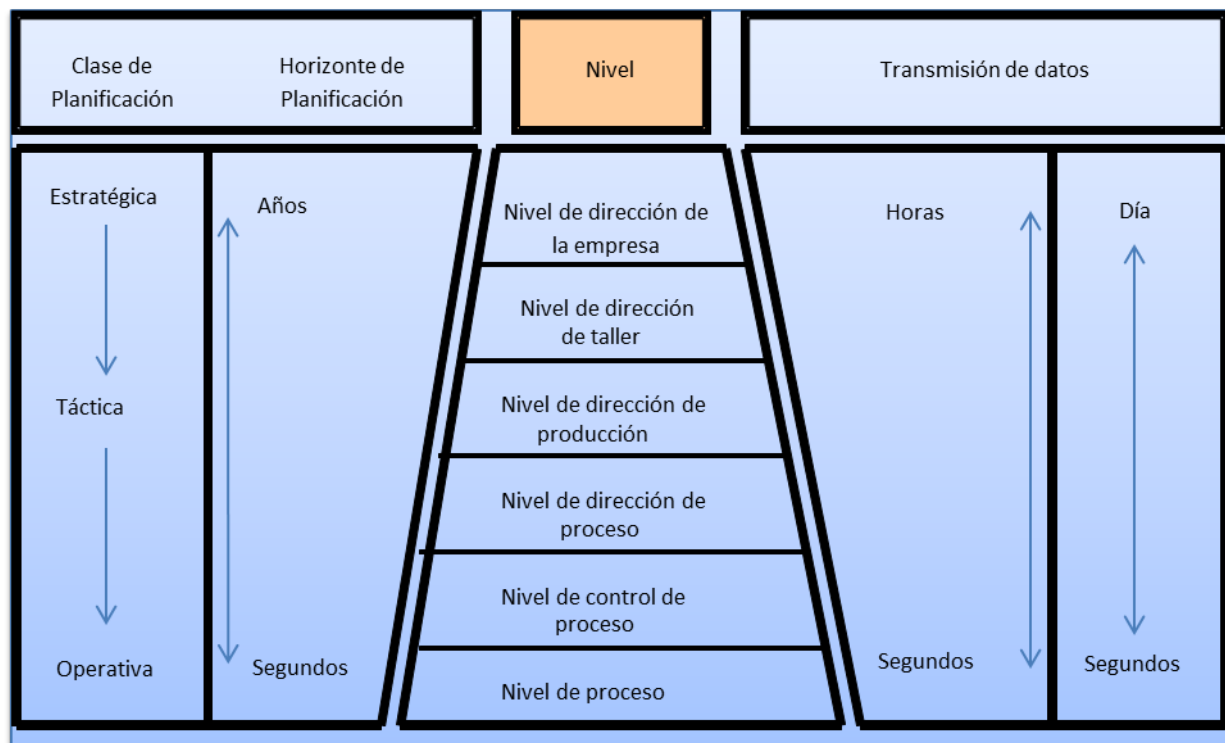


Figura 12. Funciones y responsabilidades de los niveles de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

DATOS MAESTROS

Las distintas clases de datos están basadas en la vida de los mismos. Hay que distinguir en empresas de producción:

- **Datos de movimiento**, relativos a los elementos del sistema que están variando constantemente.
- **Datos maestros**, que informan de las características de los elementos del sistema, persona, objetos, comportamiento, teniendo una validez de media a larga.
- **Datos estructurales**, que describen las relaciones entre los elementos del sistema, según cantidad y clase.

Los datos maestros contienen una información a la que pueden acceder varios usuarios, por lo que precisan de conservación y cuidado conjunto en un sistema centralizado común de mantenimiento de datos.

FLUJO DE MATERIALES

El flujo de materiales implica el transporte controlado de materiales de cualquier clase. De esta manera se abastece la producción con la cantidad de materiales necesaria y en los plazos correctos, así como la eliminación de los mismos.

Esta logística de producción alcanza el valor óptimo si aprovecha la capacidad máxima de las máquinas disponibles y se reducen al mínimo las existencias circulantes.

Las medidas necesarias para conseguir una gran flexibilidad en la producción y unos tiempos de ciclo de fabricación reducidos, tratan esencialmente de optimizar el flujo de materiales. Esta optimización no significa renunciar a almacenes, sino emplear medios auxiliares para asegurar su integración en la producción.

La fabricación flexible ha conducido no sólo a máquinas más flexibles sino a un flujo de materiales más flexible. De esta manera se plantea la necesidad de un control de flujo de materiales programado, colaborando con la programación de la fabricación.

2.2.3. Interrelaciones en el cim (fabricación integrada por ordenador)

El CIM describe la utilización integrada de la informática en todos los ámbitos de fábrica relacionados con la producción.

Abarca la interacción de:

- Planificación de Empresa.
- Ventas.
- Compras.
- PPC: Planificación y Control de Producción.
- CAD: Diseño Asistido por Ordenador.
- CAP: Planificación Asistida por Ordenador.
- CAM: Fabricación Asistida por Ordenador.
- CAQ: Garantía de Calidad Asistida por Ordenador.

A continuación se muestra un esquema global de las interacciones que se producen en un sistema CIM y de éste con la Organización de la Empresa Asistida por Ordenador (CAO), formando en su conjunto el CAI (Industria Asistida por Ordenador).

Cada una de las áreas del CIM se expone a continuación, con un detalle de su contenido y sus interacciones con el resto de áreas:

PLANIFICACIÓN DE EMPRESA

El objetivo de la **Planificación de Empresa** consiste en partir de pronósticos del futuro desarrollo y orientación de la empresa para formular objetivos y deducir las medidas necesarias para su logro.

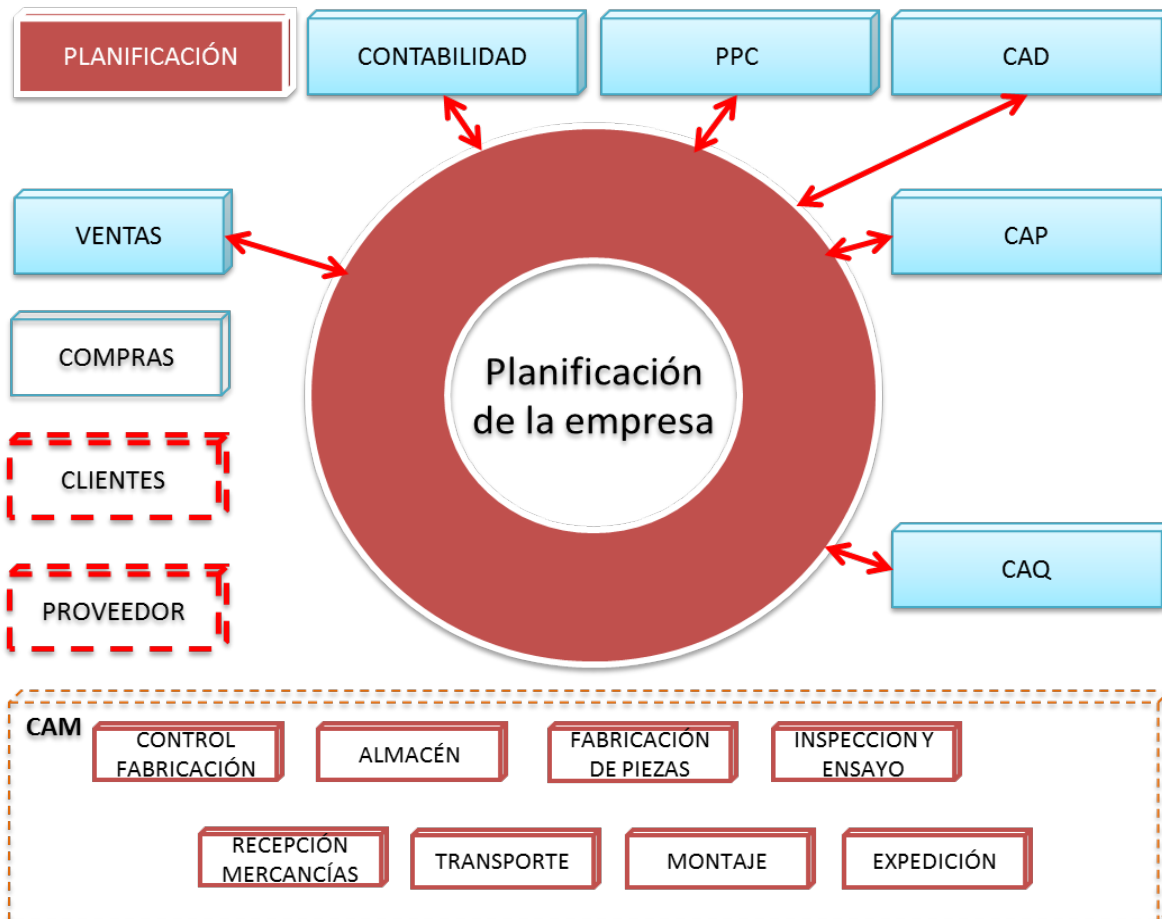


Figura 13. Esquema ámbitos funcionales del CIM: Planificación de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

Implica (detalle):

- Planificación de los objetivos de la empresa.
- Análisis y pronósticos del entorno.
- Análisis y pronósticos de la empresa.
- Planificación Estratégica (realización de objetivos).
- Planificación Operativa (ejecución).

Los horizontes de planificación se estructuran en tres niveles:

- Planificación estratégica (largo plazo): gama de productos, diversificación, consolidación del mercado. Busca consolidar el éxito económico y con ello la supervivencia de la empresa.
- Planificación táctica (medio plazo): fija las realizaciones para los próximos 3 a 5 años.
- Planificación operativa: objetivos del ejercicio inmediato.

CONTABILIDAD INDUSTRIAL

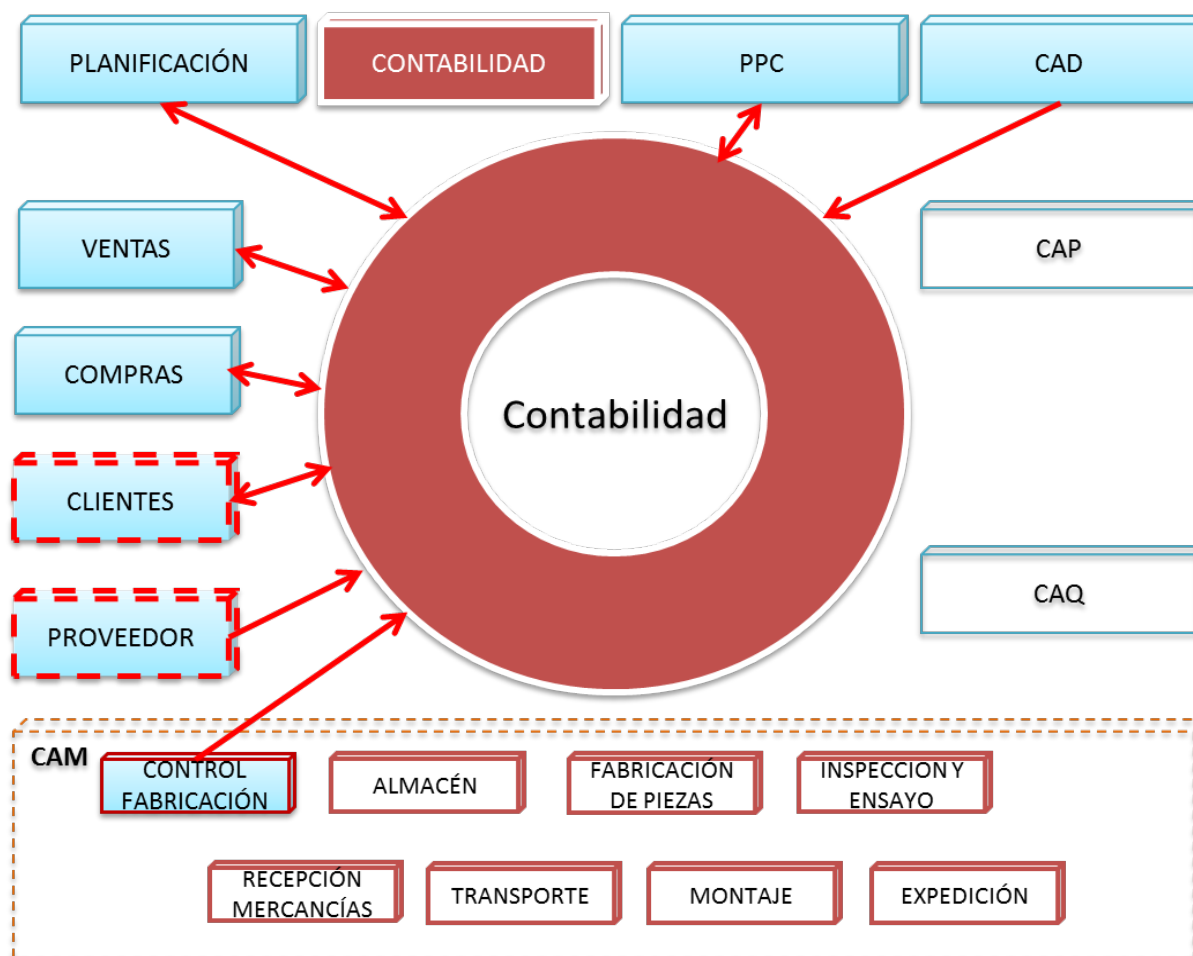


Figura 14. Esquema ámbitos funcionales del CIM: Contabilidad Industrial. Fuente: Elaboración propia.

Implica (detalle):

- Cálculo de costes.
- Contabilidad financiera.
- Contabilidad de sueldos y salarios.
- Contabilidad de instalaciones.

La **Contabilidad Industrial** engloba todas las funciones que sirven para determinar y vigilar los caudales monetarios y de servicio que se producen en el taller, tanto en cantidad como en valor.

Aplicable tanto a la determinación de variaciones de existencias a lo largo del tiempo, como al cálculo de costes propios de los servicios prestados por el taller.

Principalmente, la Contabilidad Industrial sirve para controlar la rentabilidad de los procesos que tienen lugar en el taller, facilitando a la dirección de la empresa la planificación a largo plazo.

VENTAS

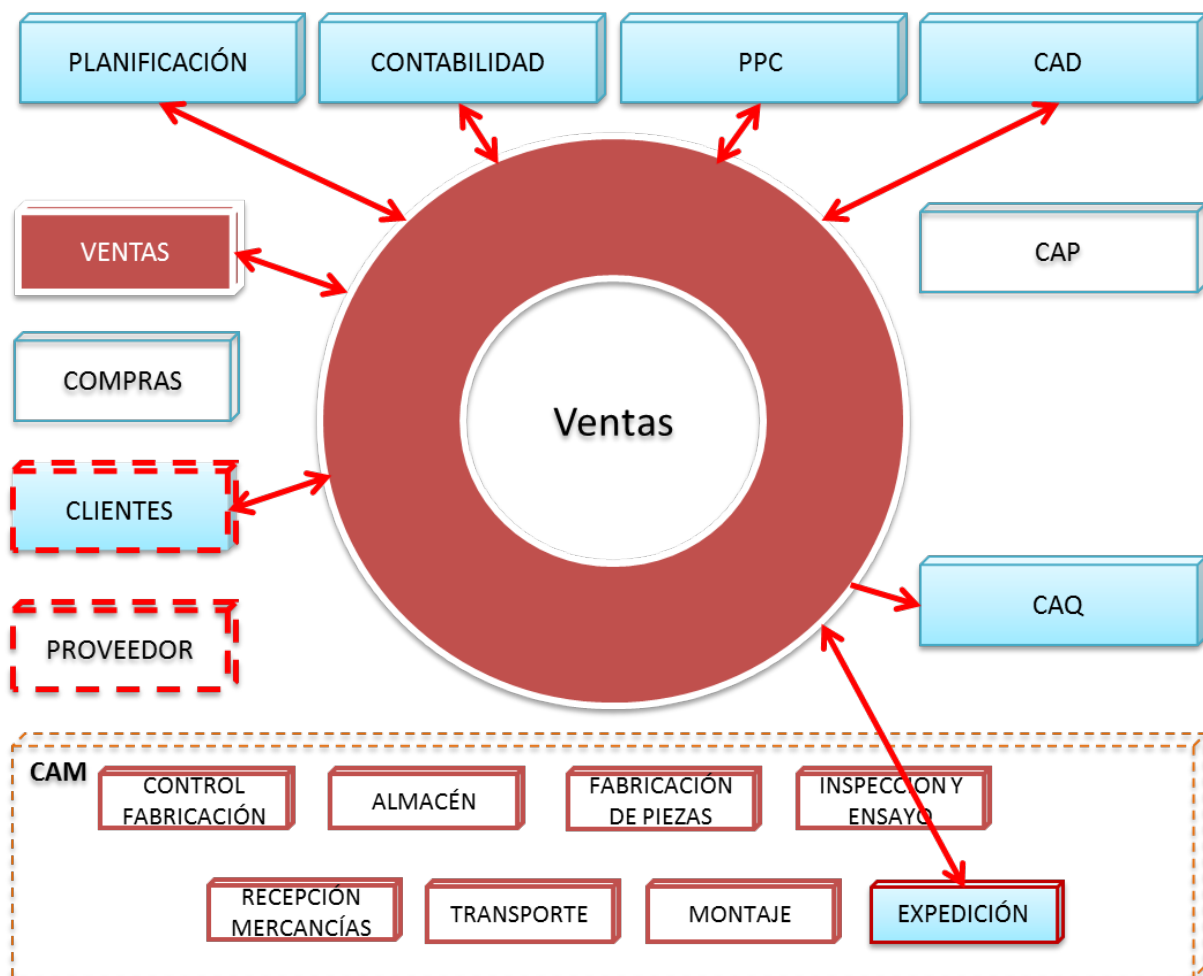


Figura 15. Esquema ámbitos funcionales del CIM: Ventas.

Implica (detalle):

- Tramitación de consultas de clientes y de ofertas.
- Administración y vigilancia de pedidos.
- Planificación de las ventas.

- Varios.

Las órdenes de trabajo indicadas por la sección de ventas son punto de partida para la planificación y el control de la producción.

Ventas representa la interfaz o nexo de unión entre la empresa y el cliente o mercado. Su campo de actividades va desde la captación de clientes, formulación de ofertas y tramitación de pedidos hasta el control del plazo de entrega. El análisis del mercado da lugar a que la sección de ventas promueva el desarrollo o modificación de los productos.

COMPRAS

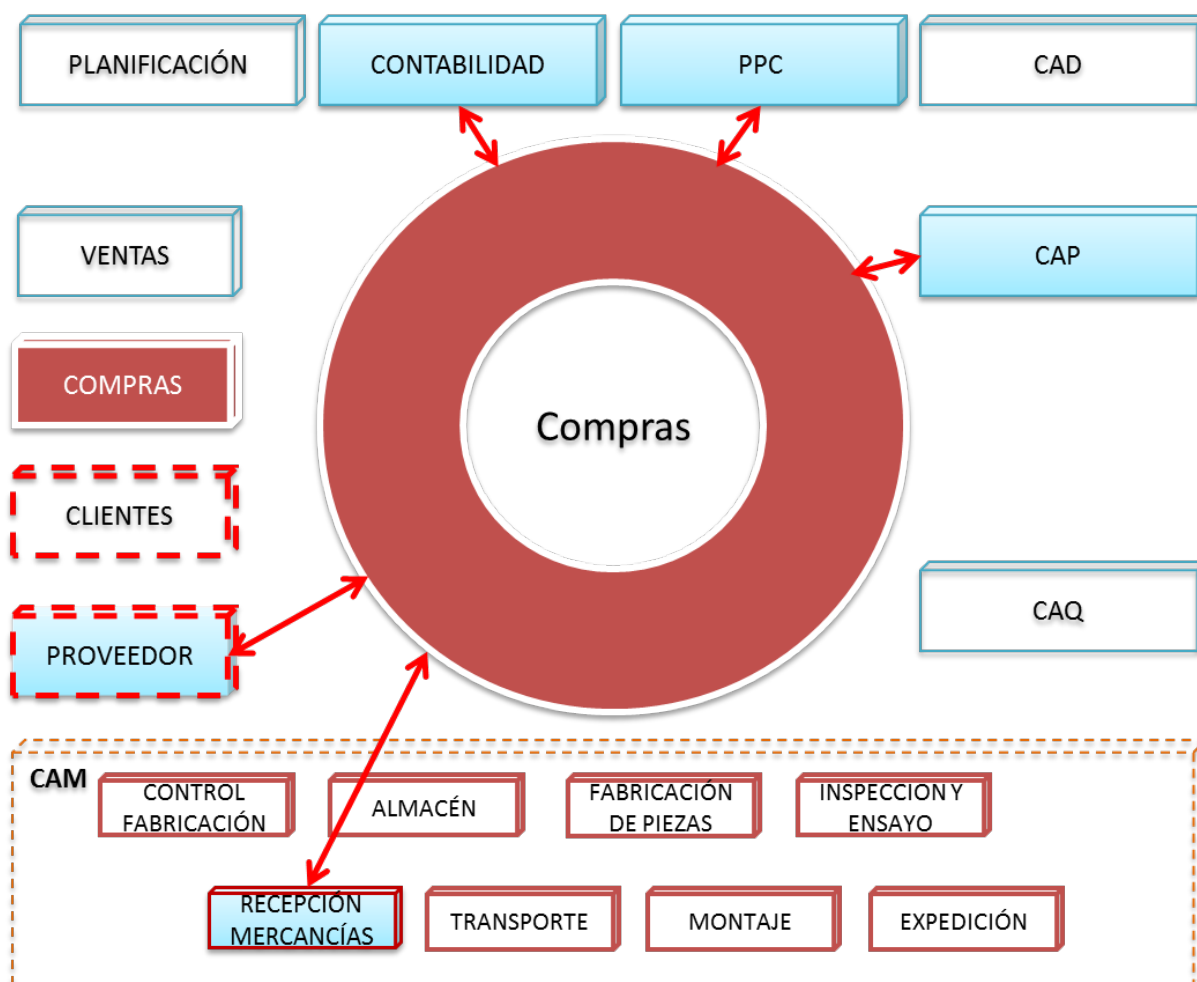


Figura 16. Esquema ámbitos funcionales del CIM: Compras.

Implica (detalle):

- Selección de proveedores.
- Sistema de pedidos y seguimiento de pedidos.

- Tramitación de devoluciones.
- Activación del sistema de facturas.

Compras es la sección encargada de resolver los problemas de suministro, asegurando un abastecimiento a costes mínimos, y un aprovechamiento de las oportunidades de mercado para lograr el máximo beneficio, logrando mercancías a precios favorables, en los plazos deseados y con la cantidad adecuada.

Precisa de multitud de información, desde selección de proveedores hasta seguimiento de plazos, reclamaciones, etc. y finalmente un control de precios.

PPC (PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PRODUCCIÓN)

Es la utilización de sistemas asistidos por ordenador para organizar la planificación, 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.

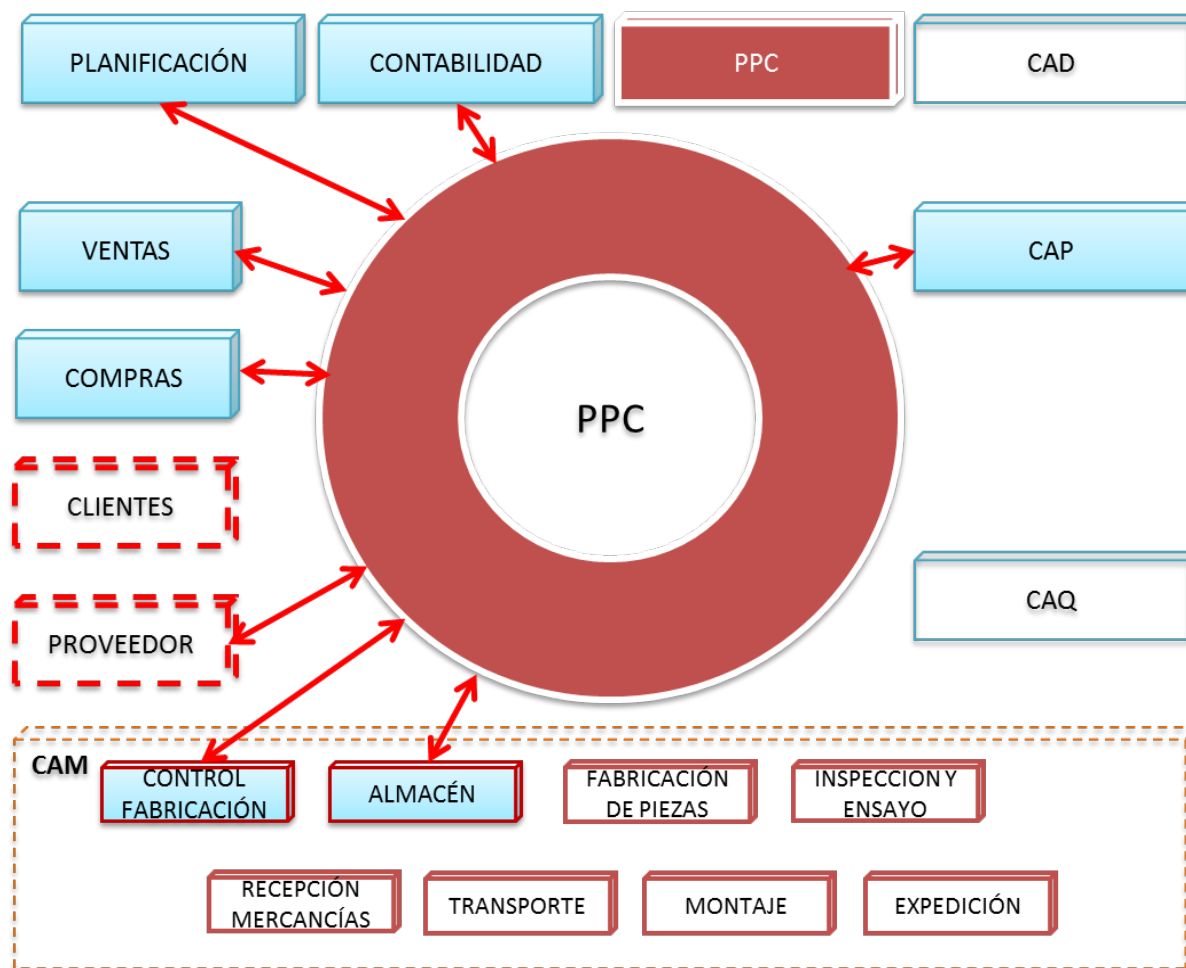


Figura 17. Esquema ámbitos funcionales del CIM: PPC.

Implica (detalle):

- Planificación del programa de producción.
- Planificación de cantidades.
- Programación de materiales.
- Programación de la fabricación.
- Lanzamiento de la orden de trabajo.
- Seguimiento de la orden de trabajo.
- Inventario.
- Estadística.

La operación del programa de producción opera esencialmente a nivel de producto. **Planificación y control de la producción** es uno de los ámbitos centrales del CIM. Sus funciones se dividen en la planificación de la producción, de las cantidades, plazos y capacidad de producción, lanzamiento y supervisión de las órdenes de trabajo y administración de datos.

Precisa de datos maestros de piezas, listas de piezas, procesos de trabajo, dentro de costos y datos de capacidad.

CAD (DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR)

Resume las actividades en la que se emplea la informática dentro del marco de las actividades de desarrollo y diseño.

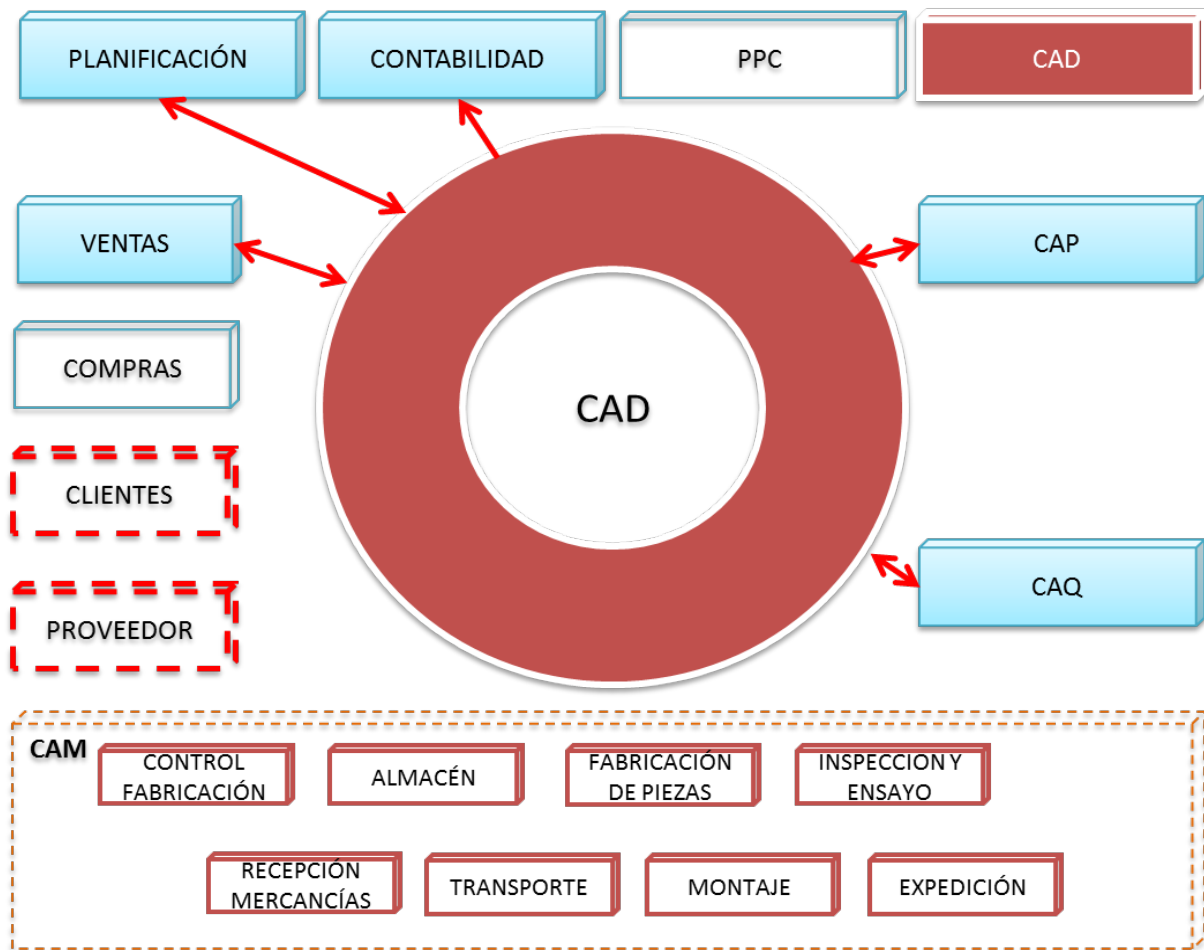


Figura 18. Esquema ámbitos funcionales del CIM: CAD.

Implica (detalle):

- Establecimiento del esquema.
- Cálculo.
- Especificación del producto.
- Simulación.
- Cálculo previo de costes.
- Servicio de modificaciones.

Los sistemas **CAD** permiten reducir notablemente el tiempo de preparación de variantes de diseño y sus adaptaciones, si bien en los diseños de nueva planta el ahorro de tiempo es prácticamente nulo.

El departamento de proyectos diseña y detalla la forma, función y dimensiones de piezas y subconjuntos, los calcula y simula eventualmente la interacción o el montaje.

Los datos de diseño (modelos geométricos, dibujos y listas de piezas) constituyen la base para el establecimiento de los procesos de trabajo (CA), la programación (NC), el establecimiento de los procesos de verificación (CAQ) la documentación técnica.

El CAD ofrece como ventaja el mantenimiento de los datos, permitiendo proyectos adecuados para la fabricación o el montaje.

CAP (PLANIFICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR)

Es la designación de la informatización aplicada a la preparación de los planes y procesos de trabajo. Se trata de una planificación basada en los trabajos de diseños convencionales o establecidos mediante CAD, para obtener datos relativos a las instrucciones de fabricación de piezas y montaje.

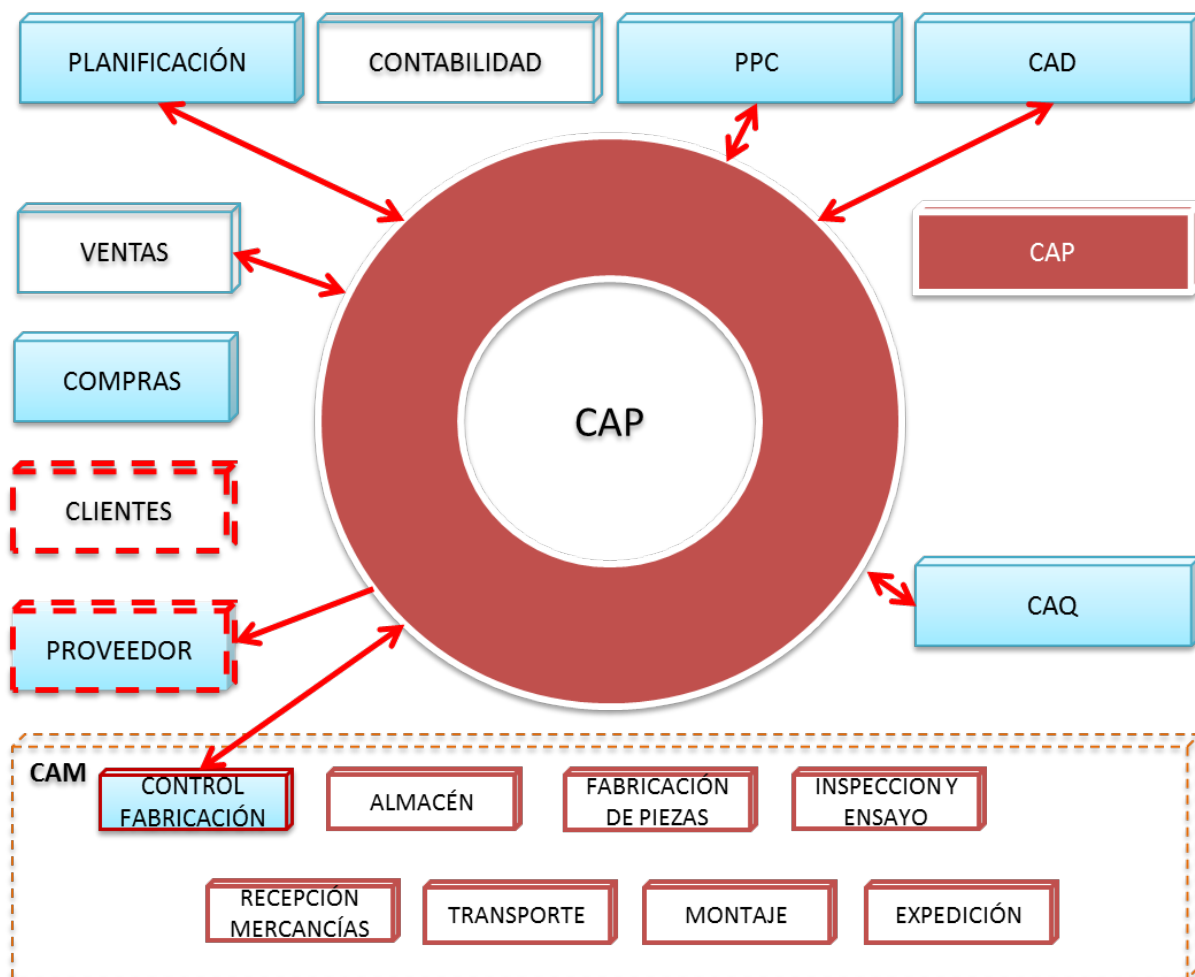


Figura 19. Esquema ámbitos funcionales del CIM: CAD.

Implica (detalle):

- Planificación del trabajo.

- Administración de los procesos de trabajo.
- Planificación del montaje.
- Planificación de la verificación.
- Establecimiento de recetas.
- Planificación de los medios de producción.
- Simulación de procesos de fabricación y montaje.
- Normalización y control de normas.

En el ámbito de la planificación del trabajo se preparan normalmente procesos de trabajo independientes de las órdenes de trabajo.

En caso de pedido se establece el proceso de trabajo correspondiente a esa orden de trabajo, añadiendo para ello los correspondientes datos específicos del pedido.

CAQ (GARANTÍA DE CALIDAD ASISTIDA POR ORDENADOR)

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

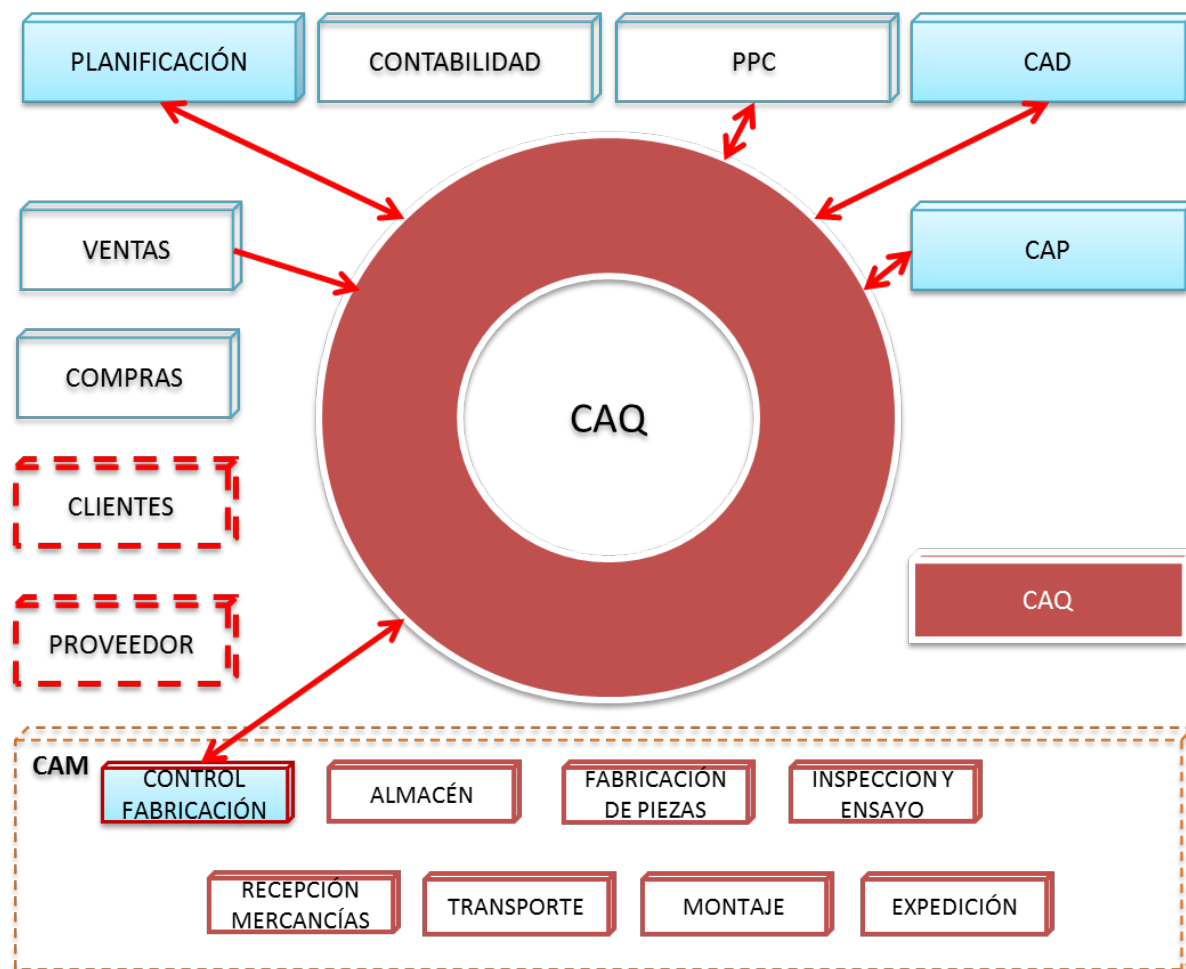


Figura 20. Esquema ámbitos funcionales del CIM: CAQ.

Implica (detalle):

- Planificación de la calidad.
- Control y supervisión de la calidad.
- Documentación, Estadística.

El sistema de calidad abarca todas las medidas necesarias para asegurar la calidad del producto y mantenerla en un mismo nivel. La **garantía de calidad** no implica sólo comprobar la calidad, sino también planificarla y dirigirla. La planificación de la calidad consiste en la planificación y determinación de las características de calidad, así como de los procedimientos y medios de verificación.

Aparte de la planificación de la calidad interna, que comprende las posibilidades de ejecución en sus aspectos técnicos, de proceso y económico, existe la planificación de la calidad externa, en la que deben tenerse en cuenta las exigencias de calidad de los clientes.

El CAQ abarca aquellas funciones del sistema de calidad que pueden realizarse con asistencia del ordenador. En el caso ideal se obtiene una supervisión continua de los procesos y un control en curso que permite compensar inmediatamente cualquier desviación que surja. En ocasiones la obtención de los datos es de manera indirecta, por no permitir las condiciones del entorno del proceso de producción realizar mediciones directas durante el proceso.

Dado que las funciones del CAQ son necesarias en todos los ámbitos funcionales, el sistema de calidad depende a menudo directamente de la dirección de producción, cuando se trata de estructuras de organización ya bien definidas.

CAM (FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR)

CAM es el control y supervisión técnica, asistidos por ordenador, de los medios de producción empleados en la fabricación de los objetos. Implica el control directo de instalaciones técnicas de proceso, medios de producción, equipos de manipulación y sistemas de transporte y almacenaje.

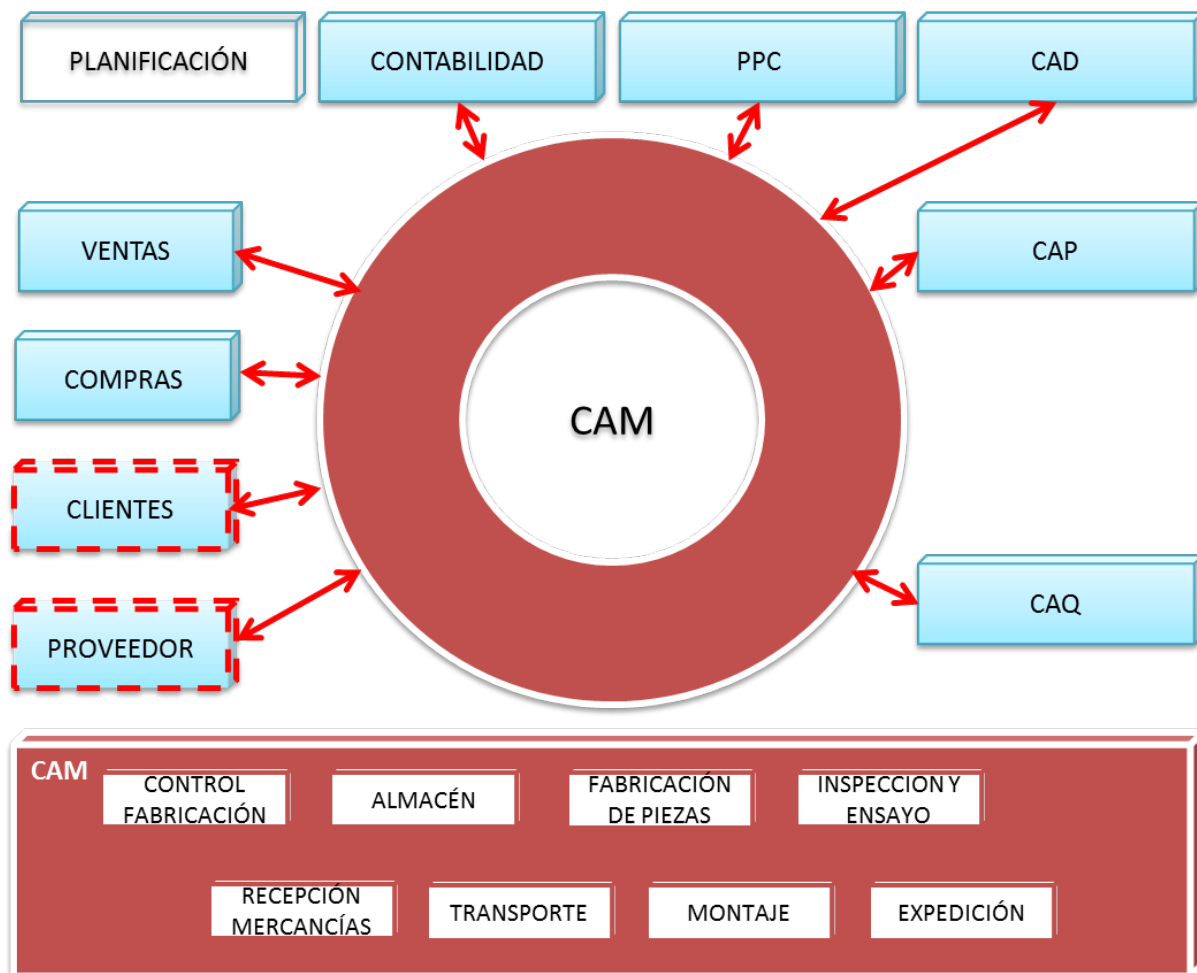


Figura 21. Esquema ámbitos funcionales del CIM: CAM. Fuente: Elaboración propia.

El CAM se encuentra en el ámbito operativo y logístico de producción de una empresa. Abarca todos los cometidos que pueden describirse utilizando los conceptos de fabricación, flujo de materiales y conservación, lo que incluye la automatización de todos los campos próximos a la producción desde la entrada de mercancías, almacén, fabricación de piezas y montaje hasta las secciones de verificación y expedición.

Implica (detalle):

- Control de los sistemas de mecanizado y transporte.
- Supervisión de máquinas.
- Obtención de datos del taller.
- Obtención de datos de máquinas.

2.3 MODELO DE EVALUACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE LAS DIFERENTES ÁREAS DEL CIM

2.3.1. Paso 1: criterio de asignación de pesos a cada área

CRITERIO 1: NÚMERO DE RELACIONES CON EL RESTO DE ÁREAS.

El peso establecido a cada área del Sistema de Fabricación Integrada por Ordenador (CIM), ha sido realizado conforme al siguiente supuesto:

Considerar el número de relaciones existentes para cada área con el resto de áreas, conforme a:

- Número de relaciones bidireccionales → valor: 1
- Número de relaciones unidireccionales → valor: 0.5

De esta manera, el valor o carga asignada a cada área es:

ÁREA	Nº RELACIONES	VALOR	CARGA (%)
Contabilidad Industrial	6 bidirecc.+ 3 unidirecc.	7.5	12.5 %
Planificación de Empresa	5 bidirecc.+ 1 unidirecc.	5.5	9 %
Ventas	6 bidirecc.+ 1 unidirecc.	6.5	11 %
Compras	5 bidirecc.	5	8.5 %
PPC: Planificación y control de la producción	8 bidirecc.	8	13.5 %
CAD: Diseño	5 bidirecc.	5	8.5 %
CAP: Planificación	7 bidirecc.+ 1 unidirecc.	7.5	12.5 %
CAQ: Garantía de Calidad	5 bidirecc.+ 1 unidirecc.	5.5	9.5 %
CAM: Fabricación	9 bidirecc.	9	15 %
	TOTAL	59.5	100 %

Tabla 5. Carga asignada a cada área. Fuente: Elaboración propia.

CRITERIO 2: ASIGNACIÓN DE CARGA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE INDUSTRIA.

El peso establecido a cada área del Sistema de Fabricación Integrada por Ordenador (CIM) puede ser asignado con mayor subjetividad, en función de la importancia que la empresa dé a cada área o de la existencia o no de determinadas áreas, según el tipo de actividad industrial (por ejemplo, la no existencia de CAD).

2.3.2. Paso 2: identificación de los posibles estados de integración de cada área en relación con su nivel de informatización.

Los **posibles estados de estos parámetros o áreas de la empresa**, en relación con la Fabricación Integrada por Ordenador son:

- No Informatizado.
- Informatizado pero no Integrado.
- Informatizado e Integrado en el Sistema.

En el primer caso, **no informatizado**, se detecta un tratamiento de datos de manera manual o ausencia de registro de esos datos.

Ejemplo: Control de calidad del producto de manera manual y registro de datos en papel.

En el segundo caso, **informatizado pero no integrado**, existe un registro de datos y tratamiento informático de los mismos, pero no hay integración de esos datos con el resto de áreas. Esos datos pueden ser pasados vía red o por soporte magnético a otra área donde sean empleados para la gestión interna de la misma.

Ejemplo: Programa de compras de materias primas, cuyos datos, una vez actualizadas las llegadas de mercancías, pasan a producción como datos de almacén.

Finalmente, **informatizado e integrado en el sistema**, implica que las diferentes áreas gestionan informáticamente sus datos y los comparten mediante el tratamiento de los mismos, de manera que están disponibles datos de otras áreas como si fuesen datos de partida del propia área.

Ejemplo: Un pedido de un cliente pasa automáticamente a ser un pedido de materia prima a proveedores y un pedido en la secuencia de programación de producción.

De esta manera, el grado de integración con el resto de áreas resta o suma peso a la correspondiente área.

Un **criterio de baremación** puede ser:

- **No Informatizado:** (Peso del área) x (0).
- **Informatizado pero No Integrado:** (Peso del área) x (0.3).
- **Informatizado e Integrado:** (Peso del área) x (1).

Así mismo, podemos obtener un valor total que proporcione una referencia del **Grado de Integración** de nuestro sistema de fabricación, como suma de los pesos de cada área una vez baremados.

3. CONCLUSIONES

En este trabajo han sido caracterizados los Sistemas de Fabricación Flexible en base a criterios de producción que los regulan y permiten comparar con otros sistemas de producción, asignando valores característicos.

Partiendo de las principales funciones desarrolladas por un sistema de fabricación flexible:

- Mecanización automática.
- Cambio automático de piezas y herramientas.
- Transporte automático entre máquinas.
- Identificación de piezas y herramientas.
- Autocorrección de desviaciones.
- Gestión de máquinas, materiales y herramientas.

Queda establecida una configuración para los Sistemas de Fabricación Flexible de manera que las estrategias posibles enfocadas a un mayor rendimiento del sistema se adecuan a las ventajas de la fabricación bajo pedido con las aportadas por una producción en serie.

En base a esto, puede comprenderse un óptimo en Sistemas de Fabricación Flexible, partiendo de las **premisas** de productos cuya calidad obtenida es la concertada con el cliente y la inversión realizada es la necesaria, como una maximización del **número de unidades** buenas producidas en el **tiempo** disponible.

De esta manera se propone un modelo cuyos **parámetros** caracterizan el resultado de producción de los Sistemas de Fabricación Flexible, quedando plasmados en la siguiente lista:

- **NPD:** Número de piezas diferentes a producir.
- **NMI:** Número de máquinas que permiten igual proceso.
- **NPRD:** Número de procesos diferentes.
- **NCC:** Número de controles de calidad: Materia prima, proceso, producto acabado (en planta y en mercado).
- **NECC:** Número de equipos de control de calidad automatizados: en proceso, pre y postproceso.
- **NAA:** Número de almacenes automatizados: intermedios, de materia prima y de producto acabado.
- **TA:** Transporte automatizado entre estaciones de trabajo: cinta transportadora.

- **MA:** Manipulación automatizada del producto: robots.
- **SGPP:** Sistemas de gestión y planificación de producción.
- **PE:** Personal especializado.

Como propuesta de **índice característico** de un sistema de fabricación flexible se considera el **número de piezas que produce por unidad de tiempo** (o el tiempo en producir una unidad de producto, que es lo inverso).

Así mismo, los Sistemas de Fabricación Flexible han sido situados en el marco global de la empresa, identificando el grado de integración de este sistema con el resto de áreas de la empresa, en el marco de la Fabricación Integrada por Ordenador (CIM).

Para ello ha sido seleccionado un modelo gráfico que representa las áreas de una empresa unidas por flechas uni y bidireccionales:



Figura 22. Ejemplo de modelo gráfico. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo se ha pretendido elaborar un algoritmo capaz de caracterizar las relaciones existentes entre las diferentes áreas de un Sistema de Fabricación Integrada por Ordenador, asignando pesos con respecto a su relación con producción y a los datos compartidos con otras áreas, teniendo en cuenta el flujo de los mismos: unidireccional o bidireccional.

4. ANEXOS

Anexo 1: Caso práctico célula open-cim campus de Alcoy.

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE: “CÉLULA OPEN-CIM INSTALADA EN EL LABORATORIO DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE LA EPSA”.

INTRODUCCIÓN

La Célula “Open-CIM”, del fabricante ESHED ROBOTEC, está situada en el Laboratorio de Ingeniería de Procesos de Fabricación del Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales, Edificio Viaducto, de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia.

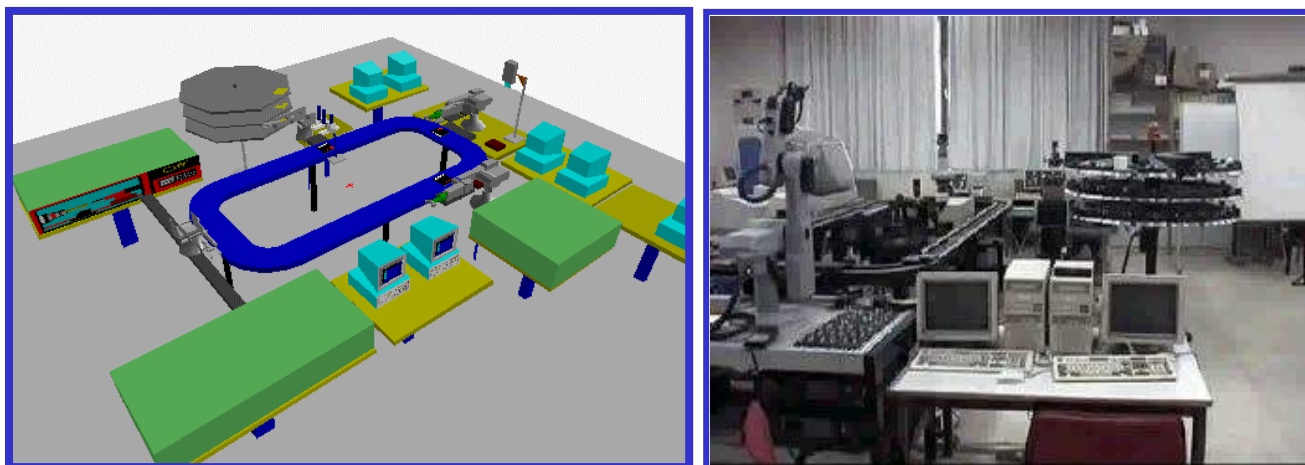


Figura 23. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV. Fuente: Elaboración propia.

ELEMENTOS DEL SISTEMA

Consta de los siguientes componentes:

Elementos Integrados:

- Almacén automatizado en forma de carrusel (ROUND ASRS), marca ESHED ROBOTEC.
- Cinta transportadora con dispositivos de lector magnético para identificación de palets, para 4 estaciones de trabajo, marca ESHED ROBOTEC.
- PLC, marca OMRON, modelo SYSMAC CQM1.
- Lector de código de barras, marca SYMBOL.
- Máquina de Medición por Coordenadas, marca DEA, modelo MASTER P.
- Visión Artificial, marca SONY, modelo ROBOT VISION PRO.
- Mesa XY para ensamblajes en 2D, marca ESHED ROBOTEC.
- 2 Robots, marca ESHED ROBOTEC, modelo SCORBOT – ER VII + 2 controladores de robot, marca ESHED ROBOTEC, modelo SCORBOT – ER VII.
- 1 Robot, marca ESHED ROBOTEC, modelo SCORBOT – ER V PLUS + 1 controlador de robot, marca ESHED ROBOTEC, modelo SCORBOT – ER V PLUS.
- 1 Estación de Trabajo (PC) para CAD/CAM.
- 1 PC para Manager.
- 3 PCs para Estaciones de Trabajo (CIM PC1, CIM PC2, CIM PC3).
- 1 PC para Elemento: Máquina de Medición por Coordenadas.
- 1 PC para Elemento: Visión Artificial.

Elementos no Integrados:

- Torno de Control Numérico, Marca ALECOP, modelo MÁGNUM, con Control Numérico FAGOR 8025.
- Fresadora de Control Numérico, Marca ALECOP, modelo SUPERNOVA, con Control Numérico FAGOR 8025.
- 1 Robot, marca MITSUBISHI, modelo MOVEMASTER EX MELFA RV-M1 + 1 controlador de robot, marca MITSUBISHI, modelo MOVEMASTER EX MELFA RV-M1.
- 1 PC para Estación de Trabajo.

ÍNDICES CARACTERÍSTICOS DEL SISTEMA “OPEN-CIM”

La célula de fabricación flexible ubicada en el Laboratorio de Ingeniería de Procesos de Fabricación del Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales, en la E.P.S.A., U.P.V., es una versión educacional destinada principalmente al mecanizado de piezas de ejemplo, ensamblaje y verificación de parámetros.

A continuación se listan los parámetros característicos, clasificación y valores orientativos que se manejan actualmente:

CRITERIO	CARACTERIZACIÓN	VALORES
Flexibilidad de producto	Piezas semejantes (familias de piezas)	---
Productividad	Media	---
Tiempo de ciclo	Variable, generalmente de longitud media	12-15 min. c.u.
Tamaño de lote	Variable	4-5
Preparación	Escasa, tiempo de preparación corto	30 s. – 1 min.
Régimen de trabajo	Por herramientas o almacenes	---
Flujo de materiales	Flexible	---
Control del flujo de materiales	Forzosamente con asistencia de ordenador	---
Transporte	Por herramienta o almacenado	---
Repercusión de las perturbaciones	Mediana	Alta

Tabla 6. Parámetros característicos sistema OPEN-CIM. Fuente: Elaboración propia.

ÁREAS DEL CIM: EXISTENCIA, INFORMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN

A continuación se listan las diferentes áreas del CIM, donde de manera simplificada quedan plasmados los datos que manejan, así como las interrelaciones con el resto de áreas (a nivel de integración).

CONTABILIDAD INDUSTRIAL

Esta área no está contemplada en el sistema “OPEN-CIM”, por lo que no aparece **ni informatizada ni integrada**.

PLANIFICACIÓN DE EMPRESA

Esta área no está contemplada en el sistema “OPEN-CIM”, por lo que no aparece **ni informatizada ni integrada**.

VENTAS

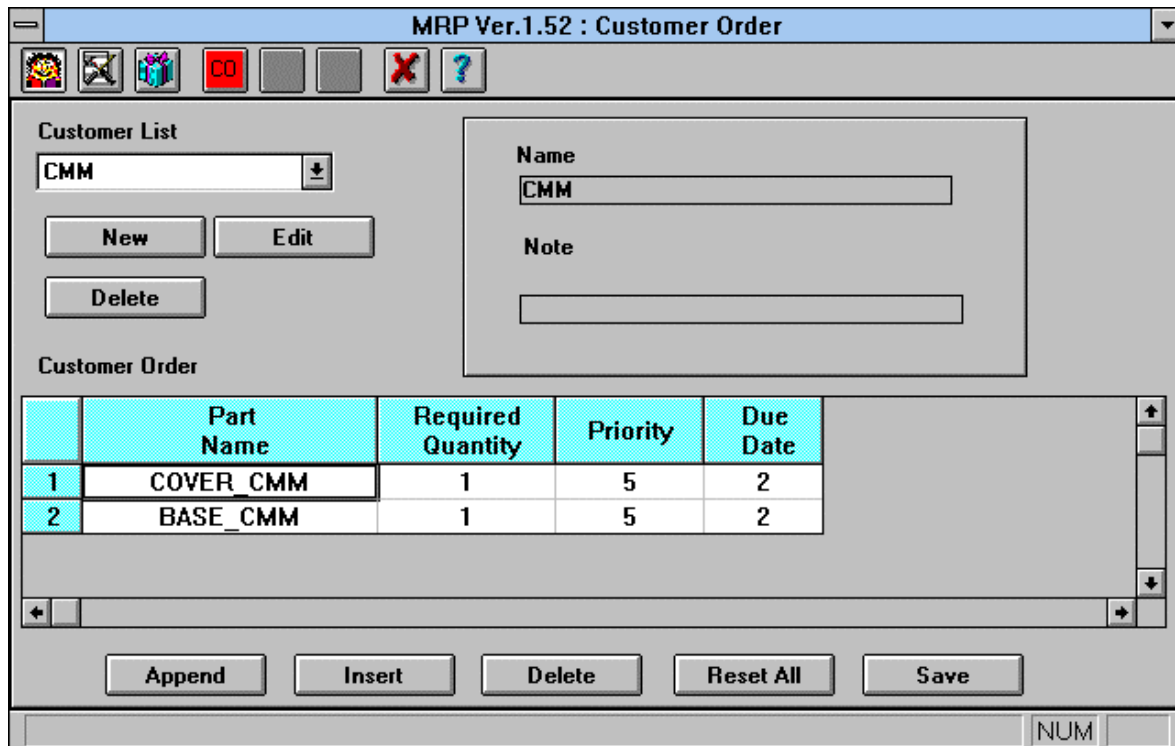


Figura 24. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – Ventas. Fuente: Elaboración propia.

Ésta área sí está **Informatizada e Integrada**. Los datos son introducidos por el personal que recibe los pedidos.

Recoge los siguientes datos:

- Datos del cliente.
- Nombre del pedido.
- Comentarios al pedido.
- Datos del pedido: Nombre pieza, cantidad, prioridad y fecha de entrega.

COMPRAS

Supplier List

SUPPLIER2

New Edit

Delete

Name
SUPPLIER2

Note

Purchase Order

	Part Name	Quantity	Cost	Due Date	Send Date
1	PF1	4	1	77	76
2	PF1	1	1	7	6
3	PF1	2	1	4	3
4	PF1	3	1	2	1

Append Insert Delete Reset All Save

NUM

Figura 25. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – Orden de compra. Fuente: Elaboración propia.

Ésta área sí está **Informatizada e Integrada**. Los datos son introducidos por el personal que realiza los pedidos. Está unido a Ventas, Planificación (PPC) y Almacén (CAM), de manera que tras confirmar un pedido Ventas y lanzar el pedido a fabricación mediante el MRP, comprueba el sistema informático si hay Materia Prima en Almacén y en caso contrario automáticamente informa del lanzamiento de un Pedido a Proveedores.

Recoge los siguientes datos:

- Datos del proveedor.
- Nombre del pedido.
- Comentarios al pedido.
- Datos del pedido: Nombre pieza, cantidad, coste, prioridad, fecha de entrega y fecha de envío.

PPC: PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

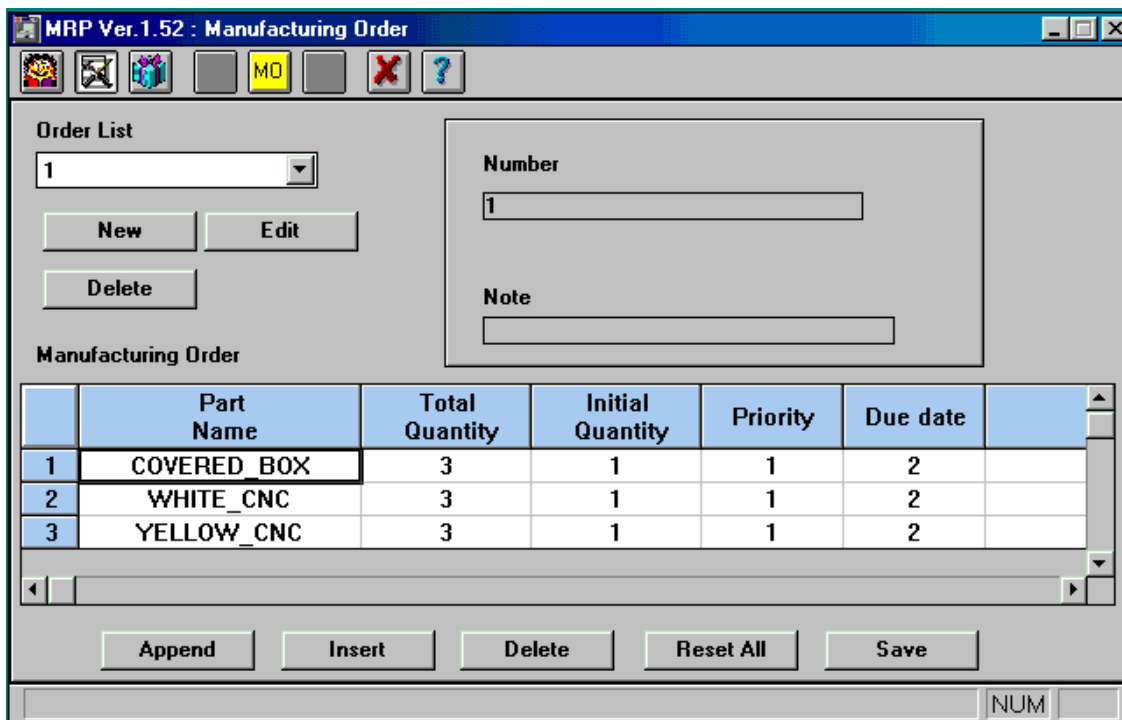


Figura 26. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – Orden de fabricación. Fuente: Elaboración propia.

Ésta área sí está **Informatizada e Integrada**. Los datos son introducidos por el personal que realiza los pedidos. Está unido a Ventas, Planificación (PPC) y Almacén (CAM), de manera que tras confirmar un pedido Ventas y lanzar el pedido a fabricación mediante el MRP, comprueba el sistema informático si hay Materia Prima en Almacén y en caso contrario automáticamente informa del lanzamiento de un Pedido a Proveedores.

Recoge los siguientes datos:

- Datos del proveedor.
- Nombre del pedido.
- Comentarios al pedido.
- Datos del pedido: Nombre pieza, cantidad, coste, prioridad, fecha de entrega y fecha de envío.

CAD: DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR



Figura 27. Software empleado para el diseño CAD-3D. Fuente: Elaboración propia.

Ésta área sí está **Informatizada pero No Integrada**.

Los datos que maneja han de ser pasados manualmente al resto de áreas con las que está relacionada.

CAP: PLANIFICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR

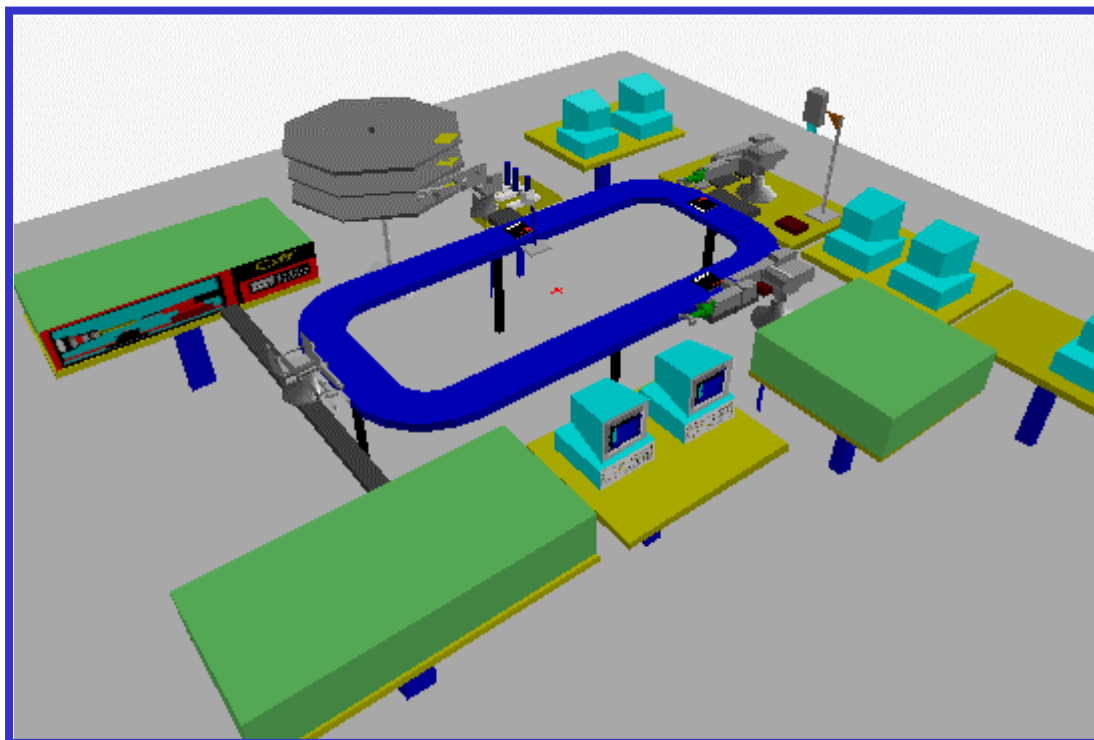
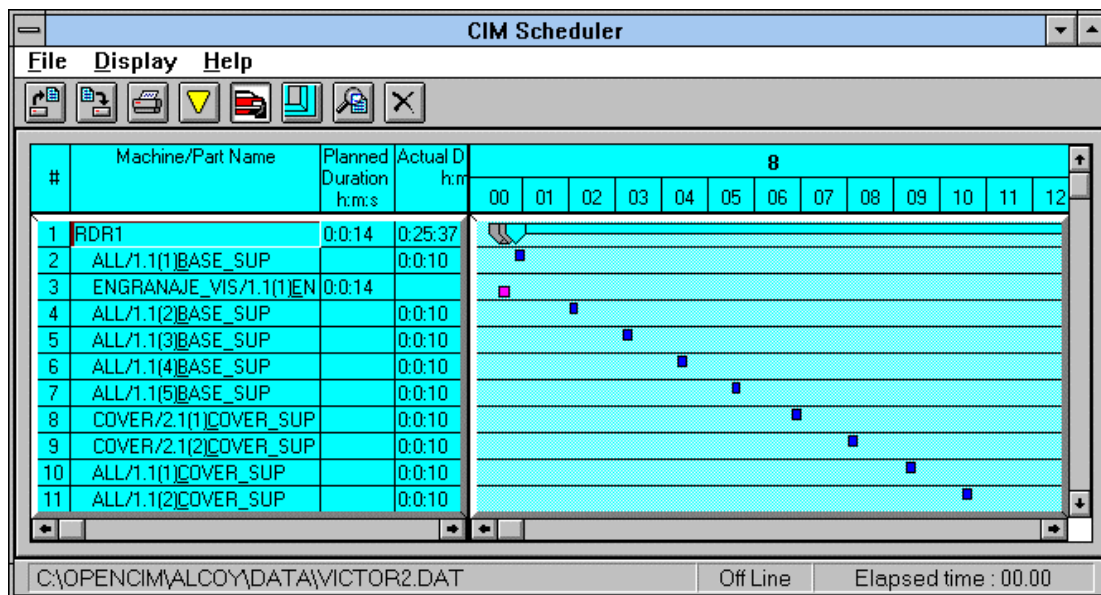


Figura 28. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – CAP. Fuente: Elaboración propia.

Ésta área sí está Informatizada e Integrada.

Trabaja con la Planificación del trabajo, así como la simulación de los procesos de fabricación y montaje.

CAM: FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR

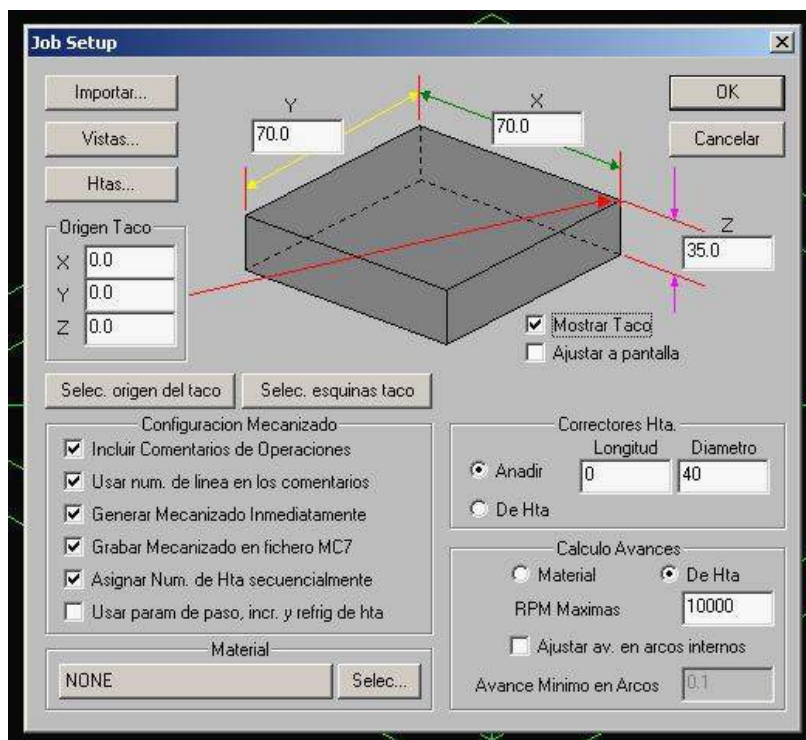


Figura 29. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – CAM. Fuente: Elaboración propia.

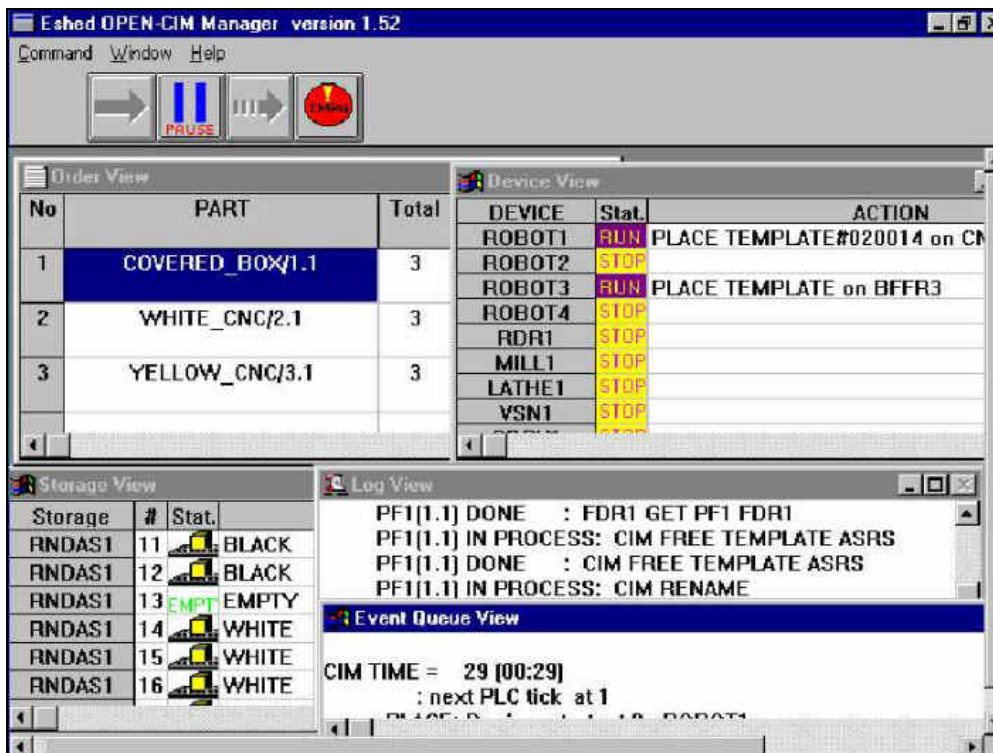
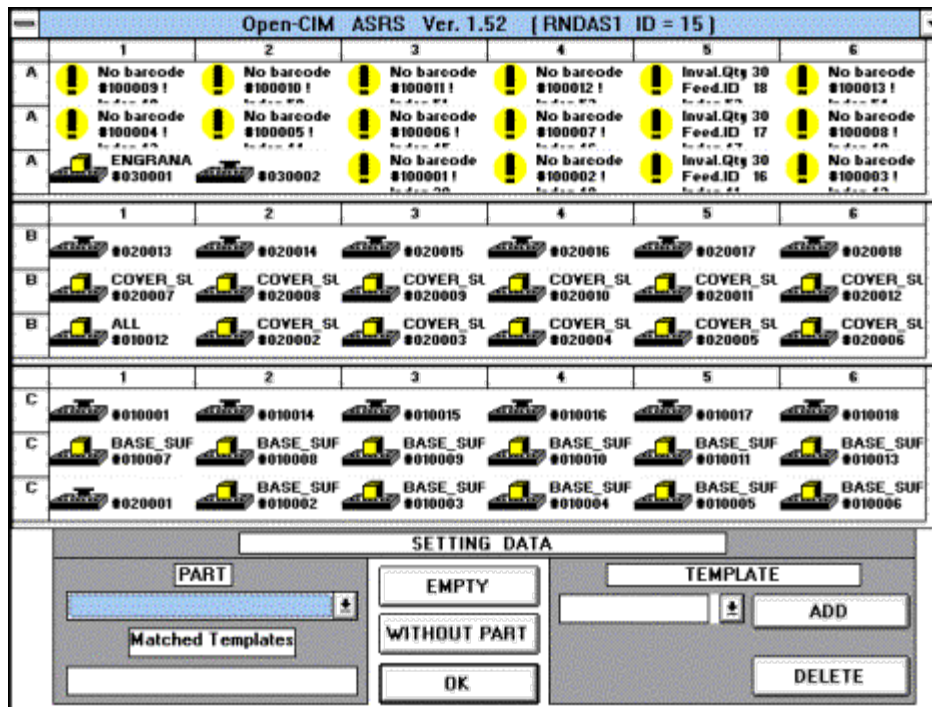
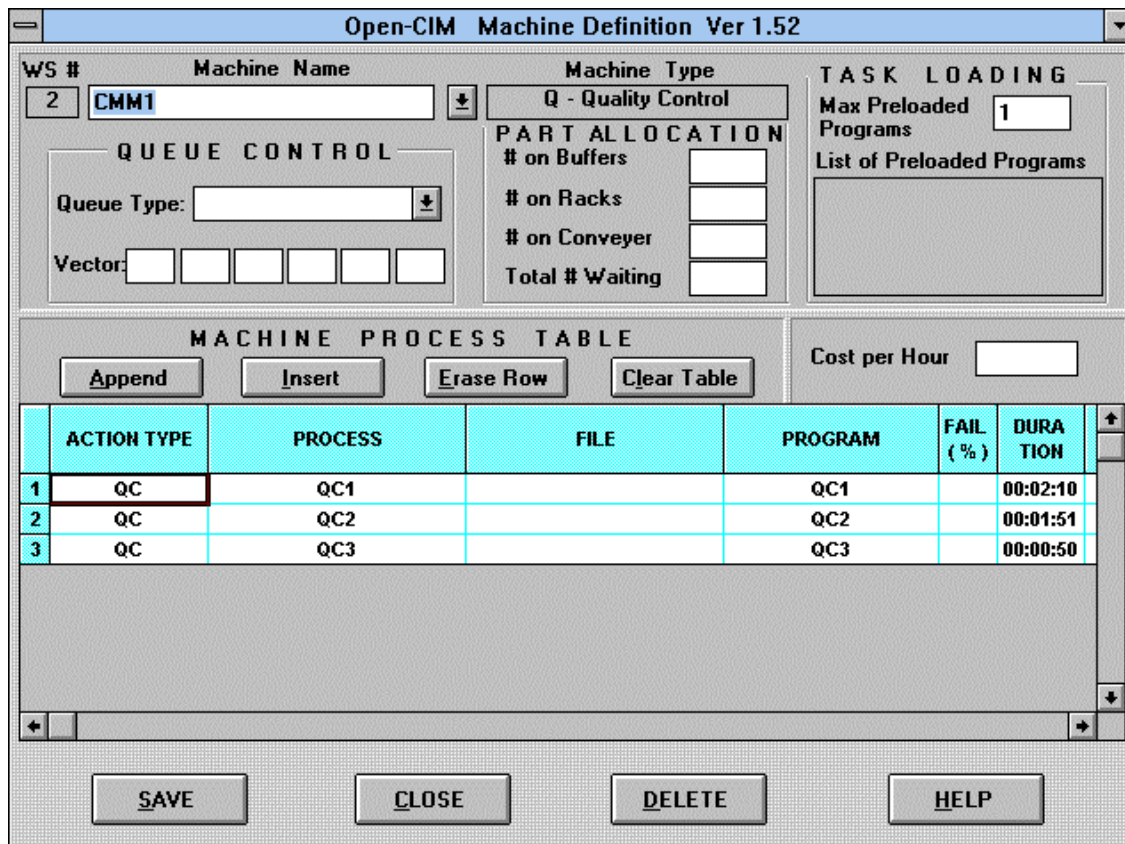


Figura 30. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – ASRS. Fuente: Elaboración propia.

Ésta área sí está **Informatizada e Integrada**.

Maneja datos de Pedidos, Almacenaje, Fabricación, Expedición, etc.

CAQ: GARANTÍA DE CALIDAD ASISTIDA POR ORDENADOR



MACHINE PROCESS TABLE						
ACTION TYPE	PROCESS	FILE	PROGRAM	FAIL (%)	DURATION	
1	QC	QC1	QC1		00:02:10	
2	QC	QC2	QC2		00:01:51	
3	QC	QC3	QC3		00:00:50	

Figura 31. Célula OPEN-CIM Campus de Alcoy de la UPV – CAQ. Fuente: Elaboración propia.

Ésta área sí está **Informatizada e Integrada**.

En base a la configuración de la pieza y de los estados o etapas en las que han de realizarse los controles de calidad, se configuran los tipos de control de calidad, equipos que lo realizan y alternativas ante los posibles resultados.

Anexo 2: elementos célula “open-cim”

SCORBOT-ER VII Ofrece control avanzado de trayectoria, velocidad y precisión a nivel de robot industrial de articulación vertical. Maneja cargas de hasta 2kg, que lo hacen apto para aplicaciones de cargas medias y ligeras. Junto con el controlador ACL tipo B, este robot ofrece control de trayectoria continua y un alto nivel de control de células de trabajo.

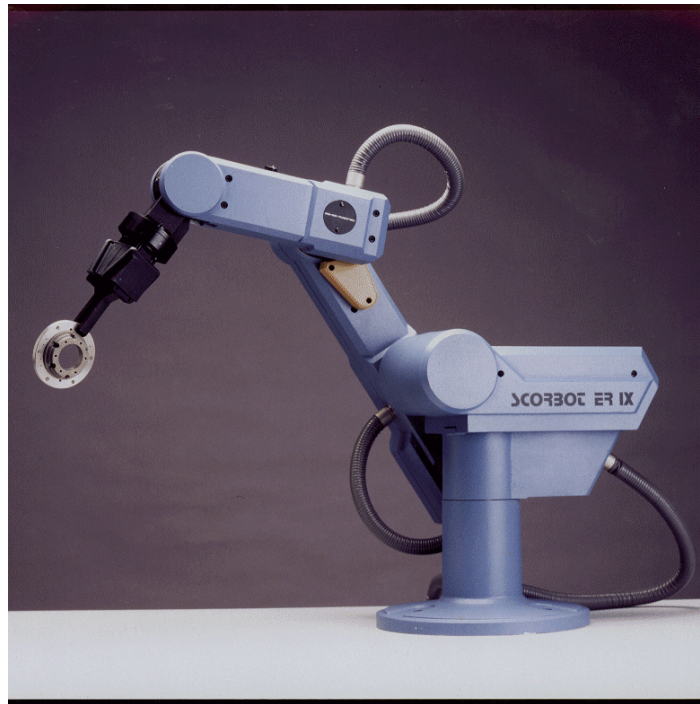


Figura 32. Robot SCORBOT-ER VII. Fuente: Elaboración propia.

SCORBOT-ER Vplus Brazo mecánico diseñado para el aprendizaje, con el avanzado controlador industrial multitarea (ACL), proporciona una herramienta para funciones robóticas avanzadas (tales como trayectoria continua, movimientos lineales y circulares, enseñanza por guiado de trayectoria, acceso a parámetros de control, etc.).



Figura 33. Robot SCORBOT-ER VPlus. Fuente: Elaboración propia.

ROBOTVISIONpro Sistema de visión con software actualizado. Procesamiento de la imagen en tiempo real (512x512 píxeles, 256 niveles de gris), capacidad multi-imagen y multi-cámara. Múltiples parámetros de visión pueden ser fijados para cada aplicación. Selección de distintos tipos de análisis de formas y medidas. Todo el software de control, datos e imágenes se presentan en un monitor SVGA.



Figura 34. Sistema de visión artificial ROBOTVISIONpro. Fuente: Elaboración propia.

CONVEYOR: Cinta Transportadora con dispositivos de lector magnético para la identificación de palets, para 4 estaciones de trabajo.



Figura 35. Cinta transportadora o CONVEYOR. Fuente: Elaboración propia.

ROUND ASRS: Almacén automatizado en forma de carrusel, para almacenar en 3 alturas un total de 18 palets por altura.

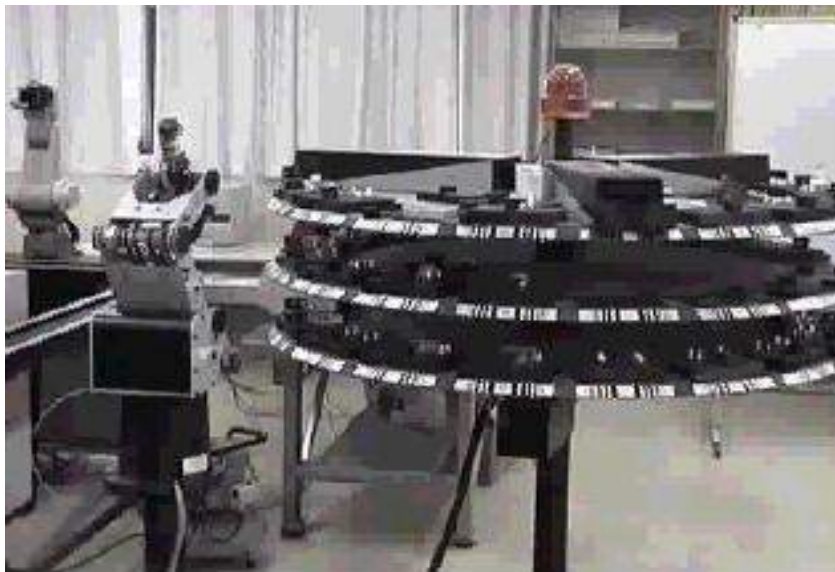


Figura 36. Almacén automatizado ROUND ASRS. Fuente: Elaboración propia.

TORNO DE CONTROL NUMÉRICO, MARCA ALECOPI, MODELO MAGNUM:

Torno paralelo de sobremesa de 2 ejes con CNC industrial, especialmente diseñado para la enseñanza y con unas excelentes características de robustez. Su diseño modular facilita la incorporación de diferentes dispositivos (cambio rápido de herramienta, plato de garras automático), así como de diversos modelos de CNC industriales. Esto permite adaptar la máquina a los diferentes tipos de programación (programación por operaciones de mecanizado, programación con código ISO estándar, programación en alto nivel), así como integrarla en sistemas de fabricación flexible.

Desarrollo de capacidades:

- Preparación de máquinas.
- Edición, simulación y ejecución de programas de CNC.
- Operación con un sistema de CNC industrial.
- Selección de las herramientas y elementos de sujeción de piezas.
- Análisis de la influencia de los parámetros de corte en la calidad de las piezas obtenidas.
- Mecanización de piezas diseñadas en sistemas CAD-CAM.



Figura 37. Torno de control numérico, marca ALECOPI. Fuente: Elaboración propia.

Máquinas CNC	Recorridos (mm)	Potencia (W)	Velocidad Avance (mm/min)	Velocidad giro (rpm)	Tipo de control	Cambio Htas.
Magnum	72,500	1500	3000	3000	CNC	8

Tabla 6. Mediciones realizadas. Fuente: Elaboración propia.

FRESADORA DE CONTROL NUMÉRICO, MARCA ALECOPI, MODELO SUPERNOVA:

Fresadora de sobremesa de 3 ejes con CNC industrial, especialmente diseñada para la enseñanza y con unas excelentes características de robustez. Su diseño modular facilita la incorporación de diferentes dispositivos (plato divisor, cambiador de herramientas de 6 posiciones), así como de diversos modelos de CNC industriales. Esto permite adaptar la máquina a los diferentes tipos de programación (programación por operaciones de mecanizado, programación con código ISO estándar, programación en alto nivel), así como integrarla en sistemas de fabricación flexible.

Desarrollo de capacidades:

- Preparación de máquinas.
- Edición, simulación y ejecución de programas de CNC.
- Operación con un sistema de CNC industrial.

- Selección de las herramientas y elementos de sujeción de piezas.
- Análisis de la influencia de los parámetros de corte en la calidad de las piezas obtenidas.
- Mecanización de piezas diseñadas en sistemas CAD-CAM



Figura 38. Fresadora de control numérico, marca ALECOP. Fuente: Elaboración propia.

Máquinas CNC	Recorridos (mm)	Potencia (W)	Velocidad Avance (mm/min)	Velocidad giro (rpm)	Tipo de control	Cambio Htas.
Supernova	200,190,190	1500	3000	3000	CNC	6

Tabla 7. Mediciones realizadas. Fuente: Elaboración propia.

5. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] **Baumgartner, H; Knischewski, k; Wieding H.** CIM. Consideraciones Básicas. Editorial: Marcombo –SIEMENS. 84-267-0819-6 / 3-8009-4111-2.
- [2] **Arnedo Rosel, José Maria.** Fabricación Integrada por Ordenador (CIM). Editorial: Productica. ISBN: 84-267-0869-2.
- [3] **Ferré Masip, Rafael.** Fabricación Asistida por Computador- CAM. Editorial: Productica. ISBN: 84-267-0677-0.
- [4] **Groover, MP.** Automation, Production systems and Computer Integrated Manufacturing. Editorial: Prentice Hall. ISBN: 0130889784.
- [5] **Ferré Masip, Rafael.** La Fábrica Flexible. Editorial: Marcombo Boixareu. ISBN:84-267-0677-0
- [6] Eshed Robotec <http://www.eshed.com/index.htm>.
- [7] Politecnico di Torino. CIM Lab. <http://www.cim.polito.it/publications/publications.html>.
- [8] The institute for systems research <http://www.isr.umd.edu/Labs/CIM/cim.html>.
- [9] Universidad de Sevilla http://www.esi.us.es/ects/ext_esp/I5C-M-TCMEC.html.
- [10] Federación de Empresarios del Metal de Zaragoza <http://www.femz.es/>.

Este libro trata de caracterizar un Sistema de Fabricación Flexible englobado en un taller de producción, estableciendo criterios de producción que lo regulen, y asignando valores característicos.

Las nuevas tecnologías, especialmente la microelectrónica, automática, técnicas de control, nuevos materiales e informática, incorporadas al proceso productivo, permiten nuevos enfoques a la resolución de los problemas de producción.

Así mismo, este trabajo sitúa los Sistemas de Fabricación Flexible en el marco global de la empresa, identificando el grado de integración de este sistema con el resto de áreas de la empresa, en el marco de la Fabricación Integrada por Ordenador (CIM).