

Recepción: 03 de noviembre de 2015

Aceptación: 08 de diciembre de 2015

Publicación: 22 de diciembre de 2015

MODELIZACIÓN DEL GRADO DE INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN RESPECTO AL CONCEPTO DE CIM. PARTE 1

MODELING THE LEVEL OF INTEGRATION OF A MANUFACTURING SYSTEM REGARDING THE CONCEPT OF CIM. PART 1

David Juárez Varón¹

Ana Mengual Recuerda²

Miguel Ángel Peydró Rasero³

Santiago Ferrándiz Bou⁴

1. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: djuarez@mcm.upv.es
2. Ingeniero en Organización Industrial. Doctorando en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: amrecuerda@hotmail.com
3. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: mpeydro@mcm.upv.es
4. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: sferrand@mcm.upv.es

RESUMEN

El presente artículo trata de posicionar los sistemas de fabricación flexible y los sistemas de fabricación integrada por ordenador (CIM), analizando cada elemento que lo compone. Una vez identificadas las áreas clave, se propone un modelo de análisis del grado de integración, tanto a nivel relacional como informático.

ABSTRACT

This article attempts to position the flexible manufacturing systems and systems of computer integrated manufacturing (CIM), analyzing each element that composes it. Once identified the key areas, an analysis model of the degree of integration is proposed, both as relational and computer level.

PALABRAS CLAVE

CIM; sistema; integración; áreas; informática

KEY WORDS

CIM; system; integration; areas; software

INTRODUCCIÓN

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.

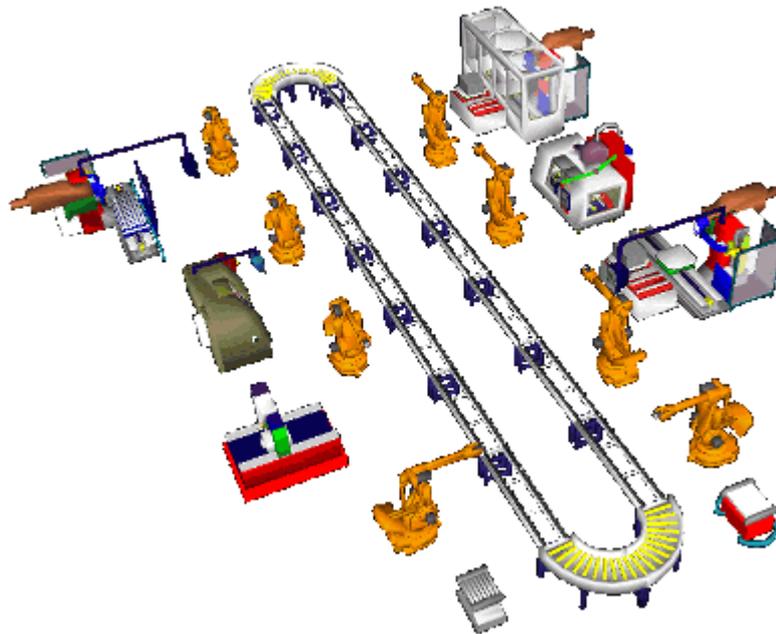


Figura 1. Distribución en forma de bucle de un sistema de fabricación flexible. Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

Por sistema de fabricación flexible [1] 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 transfer 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 transfer tradicionales [2].

DESARROLLO

CONCEPTO DE CIM

El CIM [3] 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

Cada una de las áreas del CIM se exponen a continuación [4], con un detalle de su contenido y sus interacciones con el resto de áreas:

PLANIFICACIÓN DE EMPRESA

- PLANIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA.
 - Planificación del marco de producción.
- ANÁLISIS Y PRONÓSTICOS DEL ENTORNO.
 - Análisis del mercado para la planificación del producto.
 - Planificación de desarrollo del producto.
- ANÁLISIS Y PRONÓSTICOS DE LA EMPRESA.
 - Estrategia de productos.
- PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA (REALIZACIÓN DE OBJETIVOS).
 - Planificación de las inversiones.
 - Planificación financiera.
 - Planificación de personal.
- PLANIFICACIÓN OPERATIVA (EJECUCIÓN)

El objetivo de la **Planificación de Empresa** consiste en partir de pronósticos del futuro desarrollo y orientación de la empresa [5] para formular objetivos y deducir las medidas necesarias para su logro.

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

- CÁLCULO DE COSTES
 - Cálculo de tipos y centros de costes
 - Cálculo de referencia de costes
 - Cálculo previo de costes
 - Cálculo de la aportación de cobertura
 - Cálculo de beneficios / centro de costes
 - Cálculo de costes planificados
 - Análisis de gastos generales
- CONTABILIDAD FINANCIERA
 - Contabilidad de inmovilizados
 - Cuentas de acreedores
- 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

- TRAMITACIÓN DE CONSULTAS DE CLIENTES Y DE OFERTAS
 - Redacción de ofertas o borradores de ofertas
 - Aclaraciones previas del pedido
 - Cálculo de precios para el pedido
 - Comprobación de la solvencia y de descuentos
 - Reclamación de ofertas
 - Comprobación de los gastos generales
 - Determinación de precios
- ADMINISTRACIÓN Y VIGILANCIA DE PEDIDOS
 - Registro de pedidos
 - Confirmación de pedidos
 - Comprobación de plazos
 - Cancelación de pedidos
- PLANIFICACIÓN DE LAS VENTAS
- VARIOS
 - Planificación de las necesidades de productos
 - Órdenes de desarrollo de productos
 - Estadísticas de cifra de negocio
 - Marketing
 - Servicio de asistencia al cliente
 - Piezas de recambio
 - Servicio

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

- SELECCIÓN DE PROVEEDORES
 - Consulta a proveedores
 - Administración de los datos maestros de proveedores
 - Negociación de las condiciones de precio y suministro
 - Información sobre proveedores
 - Acuerdos marco
- SISTEMA DE PEDIDOS Y SEGUIMIENTO DE PEDIDOS
 - Cálculo de las cantidades a pedir

- Redacción de pedidos
- Seguimiento de los pedidos abiertos
- Obtención de confirmación de pedidos
- Recordatorios de suministro
- Reclamaciones
- Contabilización de las entradas de mercancías
- Comprobación de facturas
- TRAMITACIÓN DE DEVOLUCIONES
 - Anulación
 - Albarán de devolución
 - Actualización de la información sobre proveedores
- 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.

- PLANIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN
 - Establecimiento de pronósticos para productos, piezas, grupos
 - Planificación aproximada del programa de producción, productos de encargo y productos estándar
 - Confirmación del plazo de suministro
 - Control de las actividades previas de diseño, procesos de trabajo
- PLANIFICACIÓN DE CANTIDADES
 - Análisis ABC
 - Cálculo de aprovisionamiento
 - Determinación de necesidades, controlada por el consumo
 - Selección de proveedores
 - Control de existencias de almacén
 - Reserva de materiales.
- PROGRAMACIÓN DE MATERIALES
 - Desglose de lista de piezas, composiciones

- Determinación de las necesidades brutas y netas

- PROGRAMACIÓN DE LA FABRICACIÓN.
 - Determinación del tiempo de ciclo
 - Cálculo de la capacidad necesaria y ajuste
 - Determinación de las necesidades del exterior
 - Determinación de la capacidad disponible

- LANZAMIENTO DE LA ORDEN DE TRABAJO
 - Redacción del pedido
 - Pedido exterior
 - Autorización de la orden de trabajo en el taller
 - Establecimiento de los justificantes del trabajo.

- SEGUIMIENTO DE LA ORDEN DE TRABAJO
 - Control del avance de la orden de trabajo
 - Comunicación de recepción de mercancías
 - Supervisión de la capacidad de producción
 - Supervisión de la orden de trabajo en el taller, conforme al pedido del cliente
 - Relación entre el pedido del cliente y la orden de trabajo neutra en el taller
 - Justificación de utilización
 - Seguimiento de cargas
 - Revisión de cuellos de botella

- INVENTARIO
 - Inventario fecha fija
 - Inventario permanente

- 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.

- ESTABLECIMIENTO DEL ESQUEMA
- CÁLCULO
- ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Investigaciones de especificación

- 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.

MODELO DE CARACTERIZACIÓN

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.

Si 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), la expresión matemática que muestra la proporcionalidad directa o inversa de cada factor (multiplicado cada factor o parámetro por una constante cuyo valor depende del tipo de industria y mercado) sería la que se muestra a continuación (ecuación 1).

Como resultado podemos expresar estas relaciones a modo de expresión matemática donde se muestra la proporcionalidad directa o inversa de cada factor con respecto a la decisión de invertir en controles de calidad en sistemas de fabricación flexible (coste, viabilidad económica), multiplicando cada factor o parámetro por una constante cuyo valor depende del tipo de industria y mercado.

$$N^{\circ} \text{UNIDADES} / \text{TIEMPO} = \frac{a \times \text{NPD} + b \times \text{NMI} + c \times \text{NAA} + d \times \text{TA} + e \times \text{MA} + f \times \text{SGPP} + g \times \text{PE}}{h \times \text{NPD} + i \times \text{NPRD} + j \times \text{NCC} + k \times \text{NECC}}$$

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k = CONSTANTES

Ecuación 1. Índice característico de un sistema de fabricación flexible. Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

ESTRUCTURACIÓN DE LOS ÁMBITOS FUNCIONALES (FLUJO DE INFORMACIÓN Y FLUJO DE MATERIALES)

Un punto esencial del plan de implantación general del CIM es el establecimiento de un modelo funcional (basado en índices característicos para evaluar su funcionamiento) ideal para la empresa.

Partiendo de una representación global del CIM, pasamos a exponer en detalle los diferentes ámbitos funcionales del CIM.

Para obtener una visión general más completa, todas las explicaciones referentes a ámbitos funcionales se estructuran de manera unitaria. Comenzando por la recomendación de definiciones del AWF (Comité para Producción Económica) se exponen brevemente los ámbitos funcionales, y a continuación se detallan sus funciones y se presentan las interfaces 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 de disposición unitaria. En una siguiente figura (estructura interna) se complementa el contenido de los datos de cada interfaz, descomponiendo para ello el ámbito funcional en funciones parciales.

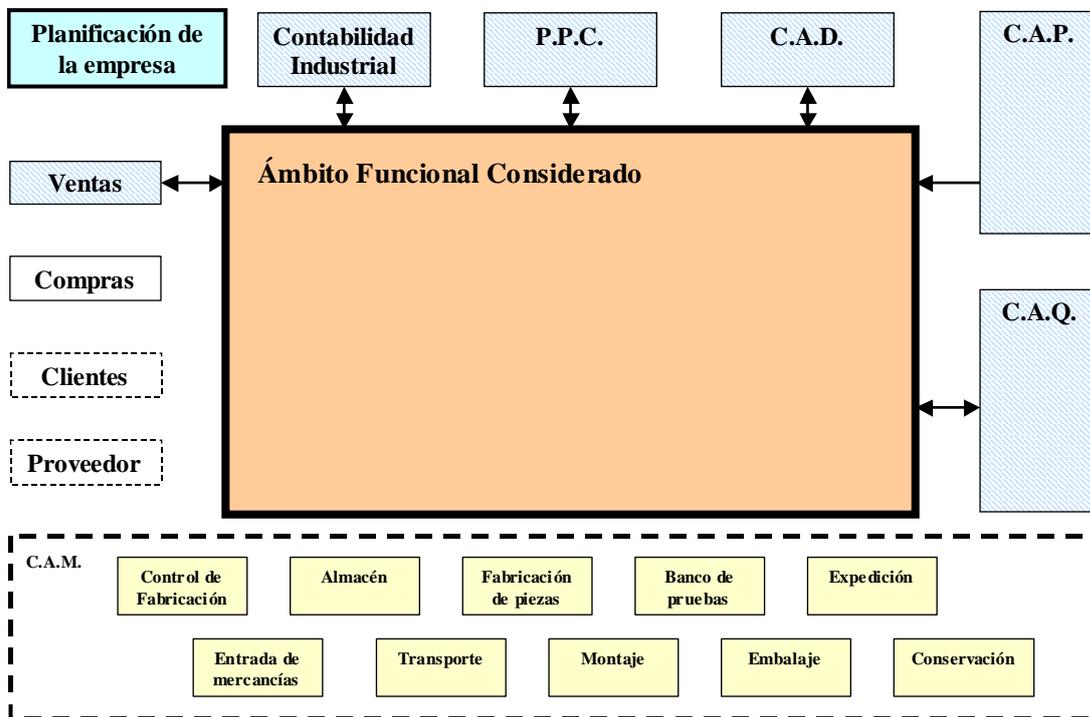


Figura 2. Cuadro resumen de relaciones. Fuente: elaboración propia.

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

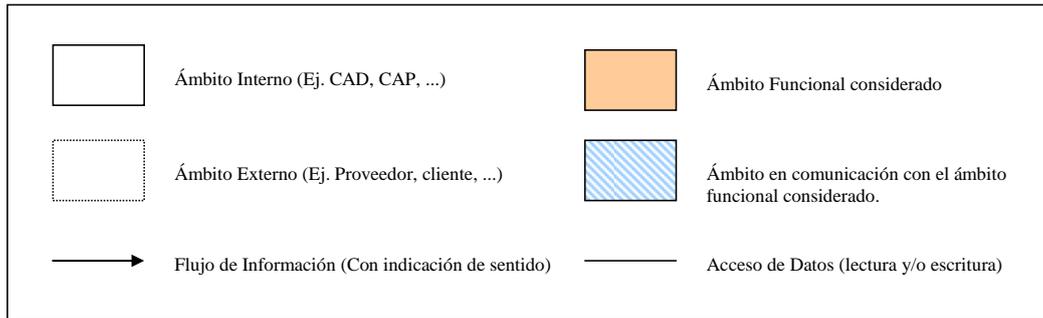


Figura 3. Simbología empleada. **Fuente:** elaboración propia.

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.

CONCLUSIÓN

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.

REFERENCIAS

UNAL, U.N.d.C. DISTRIBUCIONES HIBRIDAS: LOS SISTEMAS DE FABRICACION FLEXIBLE 2015; Available from: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/fabricacionflexibel.htm>.

Intelitek. Intelitek. 2015; Available from: <http://www.intelitek.com/>.

Maryland, U.o. The institute for systems research. 2015; Available from: <http://www.isr.umd.edu/Labs/CIM/cim.html>.

Groover, M.P., Automation, Production systems and Computer Integrated Manufacturing: Prentice Hall.

Rosel, J.M.A., Fabricación Integrada por Ordenador (CIM): Productica.