

Francisco González Contreras
Pedro Rosado Castellano

Control numérico marco y fundamentos

2ª edición

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Los contenidos de esta publicación han sido revisados por el Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales de la UPV

Colección Académica

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: GONZÁLEZ CONTRERAS, F., [et al] (2015). *Control numérico : marco y fundamentos*. Valencia: Universitat Politècnica de València

© Francisco González Contreras
Pedro Rosado Castellano

©2015, Editorial Universitat Politècnica de València
distribución: Telf.: 963 877 012 / www.lalibreria.upv.es / Ref.: 0465_05_02_01

Imprime: By print percom. sl

ISBN: 978-84-9048-408-1
Impreso bajo demanda

Queda prohibida la reproducción, la distribución, la comercialización, la transformación y, en general, cualquier otra forma de explotación, por cualquier procedimiento, de la totalidad o de cualquier parte de esta obra sin autorización expresa y por escrito de los autores.

Impreso en España

ÍNDICE

TEMA I. MARCO DEL CONTROL NUMÉRICO	9
I.1. INTRODUCCIÓN AL CICLO PRODUCTIVO.....	9
I.2. LA FLEXIBILIDAD EN LA FABRICACIÓN	11
I.2.1. ESTRATEGIAS PARA SISTEMAS DE FABRICACIÓN.....	12
I.2.2. TRANSPORTES.....	15
I.2.3. ALMACENES.....	15
I.2.4. ORGANIZACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS	15
I.3. EL ORDENADOR EN LA FABRICACIÓN.....	17
I.4. CONCEPTO DE FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR.....	19
I.4.1. CONTROL DEL PROCESO.....	20
I.4.2. PLANIFICACIÓN DEL PROCESO	21
I.4.3. PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.....	23
I.4.4. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	23
TEMA II. INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO.....	25
II.1. INTRODUCCIÓN.....	25
II.2. CONTROL NUMÉRICO	26
II.3. ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA MÁQUINA DE CN.....	26
II.4. CAMPO DE APLICACIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO	28
II.5. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	29
II.6. VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO	30
II.7. IMPLANTACIÓN DE MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO.....	32
TEMA III. MÁQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO....	35
III.1. INTRODUCCIÓN	35
III.2. CLASIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CONTROLES ...	36
III.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLES SEGÚN EL CONTROL DE POSICIONAMIENTO	36
III.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTROLES SEGÚN EL TIPO DE CONTROL	40
III.3. ELEMENTOS DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO.....	44
III.3.1. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	44

III.3.2. ACCIONAMIENTOS.....	46
III.3.3. BUCLE DE SERVOMECANISMO O CONTROL DE POSICIONAMIENTO	52
III.3.4. SISTEMAS DE MEDIDA.	54
III.3.5. AUTOMATISMOS.....	60
TEMA IV. CONCEPTOS PARA PROGRAMACIÓN DE MAQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO	67
IV.1. INTRODUCCIÓN.....	67
IV.2. EJES Y SISTEMA DE REFERENCIA.....	67
IV.2.1. NORMATIVA DE EJES Y MOVIMIENTOS.....	68
IV.2.2. SISTEMAS DE REFERENCIA	77
IV.3. CORRECTORES DE LAS HERRAMIENTAS.....	80
IV.3.1. CORRECTORES DE LAS HERRAMIENTAS ROTATIVAS.....	81
IV.3.2. CORRECTORES DE LAS HERRAMIENTAS DE TORNEADO	82
IV.4. COMPENSACIÓN DEL RADIO DE HERRAMIENTA.....	85
TEMA V. PROGRAMACIÓN MANUAL BÁSICA CON CONTROL NUMÉRICO	91
V.1. FASES DE LA PROGRAMACIÓN MANUAL.....	91
V.2. FORMATOS DE PROGRAMACIÓN	92
V.3. FORMATO ISO DE PROGRAMACIÓN.....	94
V.3.1. CARACTERES RESERVADOS.....	94
V.3.2. FORMATOS NUMÉRICOS	95
V.3.3. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS BLOQUES.....	96
V.3.4. PROGRAMACIÓN DE VELOCIDADES DE AVANCE Y DE ROTACIÓN	104
V.3.5. PROGRAMACIÓN DE HERRAMIENTAS Y SUS CORRECTORES	105
V.3.6. FUNCIONES AUXILIARES.....	105
V.4. PROGRAMACIÓN AVANZADA.....	106
TEMA VI. EJERCICIOS RESUELTOS.....	109
VI.1. EJEMPLO CNC FRESADO 1.....	109
VI.1.1. PLANO DE LA PIEZA Y MATERIAL DE PARTIDA.....	109
VI.1.2. OPERACIONES Y HERRAMIENTAS.....	110
VI.1.3. PROCEDIMIENTOS DE MECANIZADO.....	111
VI.1.4. ORIGEN PIEZA	114
VI.1.5. PROGRAMA CNC	115
VI.2. EJEMPLO CNC FRESADO 2.....	118
VI.2.1. PLANO DE LA PIEZA Y MATERIAL DE PARTIDA.....	118
VI.2.2. OPERACIONES Y HERRAMIENTAS.....	118

VI.2.3. PROCEDIMIENTOS DE MECANIZADO.....	120
VI.2.4. ORIGEN PIEZA	122
VI.2.5. PROGRAMA CNC	122
VI.3. EJEMPLO CNC TORNEADO 1.....	127
VI.3.1. PLANO DE LA PIEZA Y MATERIAL DE PARTIDA.....	127
VI.3.2. OPERACIONES Y HERRAMIENTAS.....	128
VI.3.3. PROCEDIMIENTOS DE MECANIZADO.....	130
VI.3.4. ORIGEN PIEZA	134
VI.3.5. PROGRAMA CNC	134
VI.4. EJEMPLO CNC TORNEADO 2.....	138
VI.4.1. PLANO DE LA PIEZA Y MATERIAL DE PARTIDA.....	138
VI.4.2. OPERACIONES Y HERRAMIENTAS.....	139
VI.4.3. PROCEDIMIENTOS DE MECANIZADO.....	140
VI.4.4. ORIGEN PIEZA	141
VI.4.5. PROGRAMA CNC	142
BIBLIOGRAFÍA.....	145

TEMA I. MARCO DEL CONTROL NUMÉRICO

I.1. INTRODUCCIÓN AL CICLO PRODUCTIVO

Dentro del sistema económico, las empresas de la industria manufacturera son importantes unidades generadoras de riqueza. Su actividad fundamental consiste en la producción de productos y/o bienes de equipo, a partir de unos materiales brutos o de partida.

Para ello, se aplican sobre éstos unos procesos de transformación que involucran toda una secuencia de operaciones de fabricación, generalmente compleja, entre las que se incluyen operaciones de conformado, de montaje, de transporte, de inspección, etc. Cada una de estas operaciones requiere el empleo o asistencia de un equipo, máquina, trabajador, o cualquier combinación de estos recursos. Todos estos recursos forman el sistema de fabricación que la empresa necesita para producir.

Sin embargo, las tareas que una empresa necesita realizar para producir, no están representadas únicamente por estas operaciones aplicadas sobre el material, sino que incluyen otras muchas que deben garantizar la supervivencia de la empresa y que dan lugar al ciclo productivo básico.

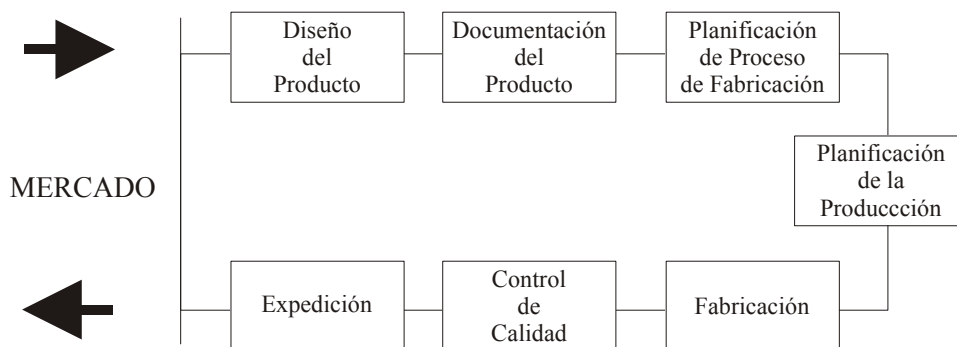


Figura 1-1. Ciclo productivo.

En la Figura 1- 1 se puede observar de forma simplificada este ciclo productivo, que comienza con el diseño y definición del producto a fabricar. Para su éxito, este diseño debe dar respuesta a unas necesidades detectadas en los futuros compradores y cumplir las restricciones que imponga el mercado en forma de calidades, precios, utilidad, etc. Una vez diseñado el producto, se procede a la generación de toda la documentación necesaria del mismo (planos de definición, pliegos de condiciones, etc.). Obtenida esta información, se puede realizar la planificación del proceso, es decir, determinar los materiales de partida, las secuencias de operaciones, las herramientas y utillajes, etc. para llevar a cabo la fabricación del producto. Definido el plan de proceso, el producto puede ser lanzado a la planta de fabricación donde entrará en competencia con el resto de las piezas y productos que se están fabricando para la utilización de los recursos necesarios (máquinas, herramientas, operarios, etc.). La planificación de la producción será la encargada de determinar los instantes de tiempo en que tendrá disponibles esos recursos y, por tanto, en que momentos se efectuarán las etapas de fabricación. Una vez realizadas todas las operaciones necesarias y obtenido el producto final, se realizan sobre el mismo los controles necesarios para validar su calidad, quedando en disposición de ser expedido al mercado.

Esta simplificación del ciclo productivo que se ha expuesto, tiene como comienzo y final el mercado, cuya interacción con la empresa se convierte en un factor de importancia decisiva. Este mercado se caracteriza por una fuerte competencia en precios, diversidad de productos, calidades, cortos plazos de desarrollos y entrega, etc. que lleva a las empresas a la necesidad de configurar sistemas productivos que sean capaces de:

- Mejorar la calidad integral de los productos.
- Reducir los costes de fabricación y ofertar productos más competitivos.
- Racionalizar el diseño de los productos, para incidir en la reducción de su coste de fabricación.
- Acortar los ciclos de desarrollo de nuevos productos, para dar una mayor respuesta a los cambios y necesidades del mercado.
- Mejorar los sistemas productivos para reducir los tiempos y aumentar la calidad en la producción.
- Disminuir el trabajo en proceso.
- En general, aumentar la flexibilidad del sistema productivo para incidir en cada uno de los aspectos mencionados anteriormente.

La respuesta a esta situación ha sido el cambio a sistemas productivos caracterizados por el uso de equipos automáticos y programables. Con ello se

consigue por una parte, un aumento importante de la productividad motivado por la automatización, y por otra, un incremento de la flexibilidad marcado por el funcionamiento programado. Al mismo tiempo, estos equipos automáticos y programables, conllevan un aumento de la calidad por la disminución de la variabilidad del proceso.

Para explotar al máximo un sistema productivo con esas características, es necesario no sólo coordinar y controlar cada uno de los equipos que lo forman, sino que, además, hay que trabajar en la automatización y flexibilización del conjunto de tareas de soporte a la fabricación, como son la planificación de procesos, la planificación y programación de la producción, el control integral del sistema productivo, etc.

Este conjunto de tareas de soporte, junto con la actuación sobre el propio sistema de fabricación, son el objeto de la Ingeniería de Producción, cuya misión representa un gran porcentaje del trabajo realizado dentro de una empresa manufacturera.

I.2. LA FLEXIBILIDAD EN LA FABRICACIÓN

Es importante señalar dos de las características básicas que debe poseer un sistema productivo moderno, una alta productividad y flexibilidad, que le van a permitir competir en el mercado en precios, plazos de entrega, variedad de productos, etc. Ambas características están muy unidas y es en el fondo el uso de una automatización programable la que posibilita tanto la flexibilidad como el aumento de la productividad.

Resulta conveniente definir qué se entiende por flexibilidad. En una primera aproximación, por flexibilidad se entiende la capacidad para fabricar un amplio abanico de piezas, aunque en la actualidad el concepto va más allá. De hecho los talleres tradicionales no automatizados poseen una gran flexibilidad, pues son capaces de fabricar un amplio abanico de piezas. Sin embargo, no tienen la posibilidad de cambiar rápidamente de programa de producción para responder al mercado, etc. A ese concepto de flexibilidad se deben añadir otras características deseables como: la flexibilidad para realizar las preparaciones, para contemplar planes alternativos, para trabajar con lotes de piezas pequeños, para conseguir tiempos de estancia cortos, etc., es decir, el concepto de flexibilidad se extiende y abarca muchas más características, siempre combinadas con el mantenimiento de unos buenos niveles de productividad.

Esos distintos aspectos que implica en la actualidad la flexibilidad y que suponen mayores requerimientos para un sistema productivo, se pueden agrupar en:

- Flexibilidad respecto a las órdenes. Esto implica una gran capacidad para producir eficientemente órdenes con distintos tamaños de lote, mezcla de productos, etc.
- Flexibilidad respecto al producto. Implica un diseño del sistema productivo con capacidad para procesar distintas variantes de un producto y reaccionar rápidamente a los cambios en la demanda del mercado.
- Flexibilidad respecto al propio sistema. Esta flexibilidad es necesaria cuando el sistema necesita ser rediseñado para alcanzar mayores tasas de productividad o cuando es necesario el cambio de los procesos de fabricación existentes o la introducción de nuevos.

Remarcar por último, que para alcanzar una alta flexibilidad del sistema productivo en su conjunto, no sólo es necesaria la utilización de equipos automáticos y programables, sino que se debe incidir de forma muy importante sobre las funciones de apoyo necesarias, como la planificación, la gestión y el control simultáneo de todos ellos.

I.2.1. ESTRATEGIAS PARA SISTEMAS DE FABRICACIÓN

Uno de los factores que influyen en las estrategias a adoptar por las empresas para determinar el sistema de fabricación a utilizar, es el sector del mercado en el que se sitúan que puede ser muy variado, desde empresas dedicadas a la fabricación de productos a medida, hasta empresas dedicadas a la producción masiva. En cualquier caso, es necesaria una flexibilidad, que marca entre otros aspectos la selección de los recursos productivos a utilizar, que de forma general deben ser equipos que puedan ser reprogramados para fabricar diversos productos con distintas características.

Los sistemas modernos de fabricación, utilizan básicamente tres sistemas básicos de fabricación que se muestran en la Figura 1- 2, en la que se comparan atendiendo a tasas de producción y la variación en el tipo de piezas a fabricar. La flexibilidad de cada sistema depende de su posición, aumentando de derecha a izquierda. Por su parte, la productividad tiene una variación en sentido contrario.

El primero de esos sistemas básicos de fabricación está representado por las máquinas de control numérico, que como se observa presentan una gran flexibilidad, motivada por su funcionamiento basado en una programación y sus características como máquinas universales. Sin embargo, no son apropiadas para la fabricación de series cortas, ya que hay unos costes fijos de programación y preparación. Dentro de estas máquinas, se pueden presentar distintos grados de automatización, desde las que simplemente realizan el proceso automáticamente, hasta las que incluyen otros automatismos que

permiten la carga/descarga y manipulación de piezas, dotando a la máquina de una mayor autonomía de funcionamiento.

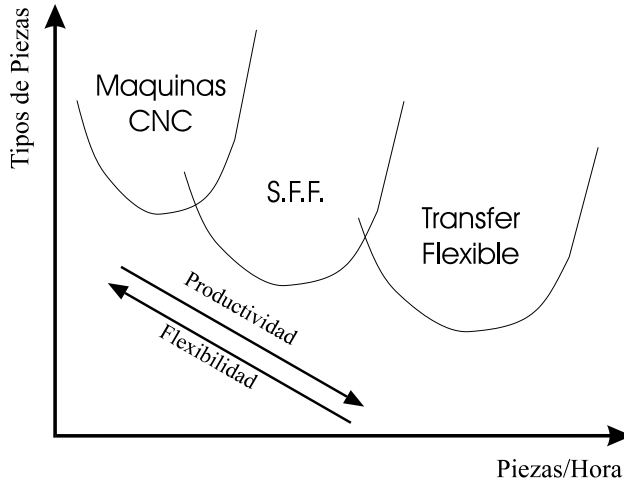


Figura 1- 2. Productividad y flexibilidad de distintos sistemas productivos.

El siguiente sistema básico de fabricación son los llamados sistemas de fabricación flexible (SFF), que están formados por máquinas de control numérico interconectadas por sistemas de transporte y manipulación de las piezas, que posibilitan su desplazamiento a lo largo de las máquinas y almacenes de acuerdo a distintas rutas (Figura 1-3). Para ello, es necesaria una programación y secuenciación del uso de los recursos (máquinas, transportes, etc.), que resultará más compleja y crítica, en el caso de un flujo general de las piezas. Dentro de los sistemas de fabricación flexible se puede considerar el caso particular de las Células de Fabricación Flexible. Las Células son SFF autónomos y permiten la fabricación completa de las piezas.

Por último el sistema transfer flexible utiliza los antiguos principios de la fabricación masiva, en la que los puestos de trabajo se desarrollan a medida con máquinas automáticas rígidas, que una vez puestas a punto son autosuficientes (Figura 1-3 y 1-4). Las máquinas utilizadas en los transferes flexibles, sustituyen los accionamientos y su regulación rígida por controles numéricos, que las dotan de una mayor flexibilidad. Con ello añaden a la gran productividad que puede conseguir un transfer para la fabricación de un tipo de pieza, la flexibilidad que le ofrece su control programado que les permite una mayor variedad en el espectro de piezas a procesar.



Figura 1- 3. Ejemplo de sistema de fabricación flexible ¹.

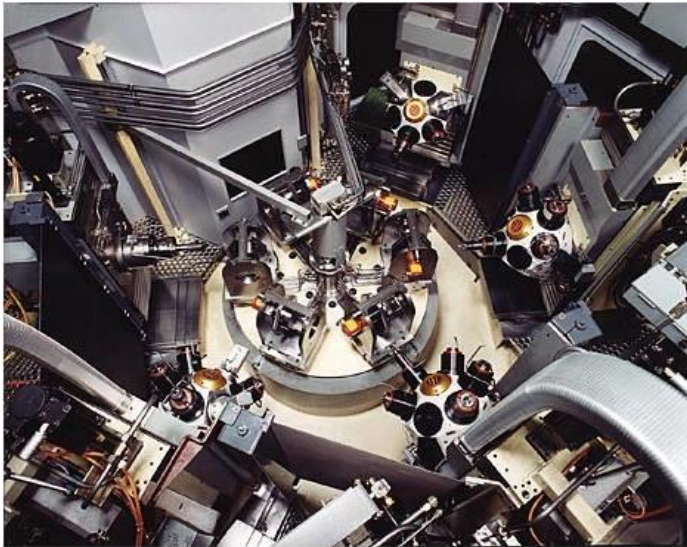


Figura 1- 4. Ejemplo de sistema transfer flexible ².

¹ <http://www.kntmfg.com/2011/10/horizontal-cell-systems/>

² <http://www.kaufmanmfg.com/machinery/kaufmanflex.htm>

I.2.2. TRANSPORTES

En una fábrica es necesario realizar operaciones de transporte para la materia prima, el trabajo en proceso, las piezas terminadas y los equipos (recursos) de fabricación. Se va a distinguir entre dos tipos de transportes: Transportador y AGV (Automatic guided vehicle).

Los transportadores son sistemas de transporte que permiten que los objetos transportados recorran un camino concreto. Se utilizan en grandes volúmenes de producción y para rutas fijas de transporte. Los hay de diferentes tipos: líneas de rodillos, bandas y cadenas de arrastre, y perchas montadas en altura.

Los vehículos guiados automáticamente (AGV) son vehículos que se mueven de manera automática, sin conductor. Este sistema garantiza el transporte de materiales en una ruta, de manera discreta y sin la intervención directa del hombre. Se utiliza cuando el recorrido es variado y las distancias son grandes. Hay múltiples sistemas de guiado: láser (por reflectores), puntos o líneas magnéticas (filo guiado) y visión artificial.

I.2.3. ALMACENES

El almacén de un sistema productivo tiene por objetivo guardar materiales (materia prima, trabajo en proceso, producto terminado, recursos, etc.) por un cierto periodo de tiempo. Los sistemas de almacenamiento y recuperación automáticos, son almacenes automatizados que permiten mejorar la velocidad y la capacidad en el almacenamiento y recuperación. También permiten un almacenamiento de alta densidad ya que se puede trabajar con apilamientos de muchos estantes en altura. Para su funcionamiento necesitan sistemas automáticos de colocación y retirada de los estantes, así como un control de todo el sistema. Estos sistemas permiten realizar con una gran eficiencia la función de almacenaje.

I.2.4. ORGANIZACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

La forma en que se organizan las distintas máquinas y equipos necesarios para la fabricación va a depender tanto del tipo de producto, la fabricación que este necesita, así como del volumen de producción. El volumen de producción es un factor condicionante, por lo que serán distintos los sistemas productivos necesarios para una producción de pocas unidades, un número medio de unidades o para las grandes series. Las posibles organizaciones de los sistemas productivos son cuatro:

- Posiciones fijas o proyecto. Para productos grandes y complejos, como aeronaves, barcos, maquinaria especial, etc. Los productos deben permanecer en una ubicación única durante su fabricación. Los trabajadores y los recursos productivos se sitúan en torno al producto. Este tipo de fabricación es para series de pocas unidades.
- Por procesos. Este tipo de organización establece distintas secciones dentro de la fábrica. Las máquinas de un mismo tipo se sitúan todas en una misma sección, por lo que por ejemplo, habría una sección de tornos, una sección de fresadoras verticales, una sección de prensas, etc. Los lotes de piezas deben viajar de una sección a otra, según indique su plan de procesos. Este tipo de fabricación es apropiada para series medianas o bajas.
- Fabricación celular. La organización de los recursos productivos en células consiste en establecer secciones que tienen diferentes tipos de máquinas. A estas secciones se les denomina células, y están dedicadas a fabricar completamente un determinado tipo o familia de piezas. Las piezas de ese tipo o familia tienen un parecido entre sí, que implica las mismas máquinas, así como amarres y operaciones similares. Dicho de otra forma sus planes de procesos requieren los mismos recursos productivos. Con la organización celular se reducen los transportes que requiere la organización por procesos. La organización celular es apropiada para series medias, y la condición para su implantación es que se pueden establecer esos grupos o familias de piezas.
- Líneas de producción. Para las producciones de grandes lotes se organizan los recursos productivos en serie (en línea), disponiéndose las máquinas y los operarios en la misma secuencia que indica el plan de proceso. La línea está formada por una serie de estaciones de trabajo ordenadas, los productos pasan de una estación a la siguiente, en cada estación se realiza parte de la fabricación del producto. La transferencia del producto de una estación a otra se realiza mediante sistemas de transporte automáticos o de forma manual. Las líneas pueden ser automáticas, manuales o mistas. En función del producto, la línea puede ser de modelo único, reconfigurable para diferentes productos, o mixta si permite fabricar varios productos diferentes de forma simultánea.

I.3. EL ORDENADOR EN LA FABRICACIÓN

En la actualidad, el ordenador asiste funciones en casi todas las etapas del ciclo productivo, desde el propio diseño del producto hasta su expedición y distribución una vez elaborado. Dentro de estas funciones quedan las correspondientes a la etapa de ingeniería de producción, donde la ayuda del ordenador resulta muy interesante en la planificación del proceso, la planificación de la producción y en el propio sistema de fabricación, en el que el ordenador se incorpora en las máquinas y recursos para procesar, manipular, controlar, etc., las piezas.

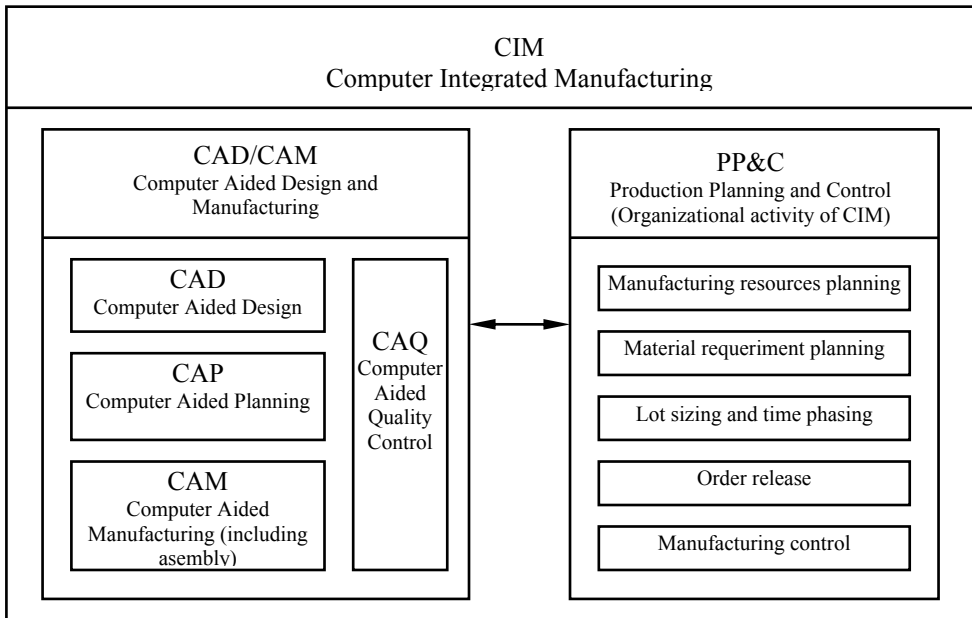


Figura 1- 5. Definición de terminología para la asistencia del ordenador en la fabricación.

Por otra parte, el conjunto de funciones desarrolladas dentro de una empresa de producción, se pueden englobar en dos entornos con características distintas pero no independientes. Uno agrupa las funciones tecnológicas relacionadas con el producto, como son su diseño y fabricación, mientras que el otro se encarga de los aspectos organizativos dentro de la empresa. La asistencia y ayuda del ordenador en cada uno de estos dos entornos, recibe la denominación de Diseño y Fabricación Asistidos por Ordenador (CAD/CAM) y Planificación y Control de la Producción (PP&C) respectivamente (Figura 1- 5):

- CAD/CAM. Los llamados sistemas CAD/CAM, de asistencia al diseño y la fabricación, dan soporte y ayuda a las actividades de diseño del producto (en todos sus aspectos, modelado geométrico, cálculos técnicos, generación de planos, etc.), planificación de los procesos de fabricación necesarios, control del sistema de fabricación (máquinas y dispositivos) y gestión de la calidad del producto durante todas sus etapas. La inclusión de esas funciones bajo esta denominación hace patente la necesidad de tratarlas conjuntamente para obtener unos buenos resultados en el funcionamiento del sistema productivo tanto en aspectos de flexibilidad como en aspectos de productividad.
- PP&C (Production Planning and Control). Bajo esta denominación se encuentran los sistemas encargados de desarrollar las funciones organizativas de la producción, dentro de las que se encuentran la planificación de los recursos, la planificación de las necesidades de material, el establecimiento de lotes y planes de producción, el lanzamiento de órdenes y control de fabricación.

Por último mencionar, que tal y como refleja la Figura 1- 5, la combinación e integración de los sistemas CAD/CAM y PP&C, dan lugar al concepto de fabricación integrada por ordenador (CIM), que nuevamente señala la gran relación existente entre los dos entornos técnico y organizativo de la empresa.

Dentro del entorno del CAD/CAM ha aparecido toda una terminología en la que se hace referencia a sistemas CAX (Computer Aided X), en los que se utiliza el ordenador como herramienta de ayuda para la ejecución de tareas de diseño, planificación, control de calidad, etc. Entre estos sistemas no existe una frontera clara y bien definida y de hecho uno de los objetivos más deseados en la actualidad es el funcionamiento conjunto e integración de todos ellos para dar lugar a los Sistemas Integrados de Fabricación o sistemas CIM. En la Figura 1-5 se puede observar la terminología más usual y su situación respecto de las funciones a las que dan soporte. La definición de cada uno de estos términos es la siguiente:

- CAD. (Computer Aided Design). Bajo esta terminología de diseño asistido por ordenador se albergan todos los sistemas y aplicaciones que permiten y ayudan en la definición de un producto, desde tareas como la propia concepción geométrica del mismo, montajes de distintas piezas o elementos, cálculos técnicos, delineaciones etc.
- CAP (Computer Aided Planning). Bajo la terminología de Planificación asistida por ordenador se encuentra la función de generación y definición del plan tecnológico necesario para la fabricación de un producto, en el que queda reflejada la secuencia de procesos necesarios para conformar una pieza, así como toda la definición concreta de todas y cada una de las operaciones.

- CAM (Computer Aided Manufacturing). Con esta terminología de fabricación asistida por ordenador se designan a todas y cada una de las funciones de fabricación de piezas y productos, en las que se utiliza el ordenador para controlar y supervisar el proceso, la gestión del material y su flujo dentro del sistema de fabricación, las herramientas y utillajes, el mantenimiento, etc. La actividad más conocida en CAM es el cálculo de trayectorias en fresado de superficies complejas. Otras actividades son el cálculo de las condiciones de trabajo necesarias en procesos de inyección de plástico, la fabricación de piezas fundidas y la forja de los metales. No obstante hay otras muchas tareas incluidas en la denominación CAM (ver Figura 1- 6).
- CAQ (Computer Aided Quality —control”). Con la terminología calidad asistida por ordenador se especifican las aplicaciones que permiten asegurar la calidad de los productos fabricados, durante cualquiera de las etapas del ciclo productivo. En ocasiones, se le designa CAT (Computer Aided Testing), que resulta un término más restrictivo, relacionado casi exclusivamente con el control y verificación de la calidad, bien sobre el producto terminado o en alguna de sus etapas intermedias de fabricación.

I.4. CONCEPTO DE FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR

Bajo la denominación de fabricación asistida por ordenador se han incluido sistemas que dan soporte a un amplio espectro de las funciones desarrolladas dentro de un sistema productivo. De forma que aunque en sus inicios se situó muy cercana al proceso de fabricación, utilizando el ordenador para controlar las máquinas y dispositivos, posteriormente se han ido añadiendo aplicaciones para el apoyo a funciones más alejadas del proceso. Esto da lugar a distinguir dentro de las aplicaciones de la fabricación asistida por ordenador, los dos niveles de actuación siguientes:

- Control y monitorización. Encargado de realizar el seguimiento y control del propio sistema de fabricación y de sus recursos, gobernando su ejecución.
- Aplicaciones de apoyo. Caracterizadas por situarse más lejanas al proceso y sus recursos, desarrollando el resto de las funciones correspondientes a la ingeniería de producción. Dentro de éstas, las aplicaciones más extendidas en la actualidad, son las de definición del plan de proceso o planificación de procesos, la programación y secuenciación de la producción, etc.

Estos dos niveles dan lugar a la definición de dos conceptos de fabricación asistida por ordenador. Un concepto reducido, en el que se consideran sólo

aplicaciones del primer nivel de Control y monitorización, y un concepto ampliado en el que se consideran los dos niveles. (ver Figura 1- 6)

En este concepto ampliado es en el que situamos la fabricación asistida por ordenador, y para su descripción vamos a clasificar las aplicaciones dentro de tres grandes grupos como son el control del proceso, la planificación de procesos y la planificación y control de la producción.

-Concepción del producto			CAD
-Ingeniería de diseño			
-Dibujo-delineación			
-Clasificación y codificación			CAP
-Selección de procesos y rutas			
-Diseño de máquinas, utillajes, herramientas, etc.			
-Selección de herramientas y condiciones de corte			
-Estimación de tiempos y costes			
-Plan de requerimientos de material	PP&C		
-Planificación de capacidades			
-Control de inventarios			
-Control de la producción	CAM		
-Programación CN, robots, etc.			
-Fabricación de piezas			
-Ensamblaje			
-Manipulación, transporte, almacenamiento			
-Inspección			
-Control de calidad			
-Ensayos			

Figura 1- 6. Concepto de -fabricación -asistida por -ordenador.

I.4.1. CONTROL DEL PROCESO

La aplicación del ordenador al control de los equipos necesarios para la fabricación, son muchas y afectan prácticamente a todos ellos. De forma que los encontramos tanto en los equipos de transformación (como las máquinas), como en los sistemas de transporte, manipulación, inspección, etc. (por ejemplo cintas transportadoras, manipuladores, robots, vehículos auto guiados, máquinas de

medida por coordenadas, etc.). En todos ellos, el ordenador realiza la función de supervisar y controlar el funcionamiento del equipo, con una característica fundamental como es la ejecución del control de acuerdo a un programa previamente codificado.

Una de las primeras aplicaciones fue la introducción de los autómatas programables o PLC (Programmable Logic Controller). Un autómata programable es un dispositivo que basado en un microprocesador y a través de unas instrucciones almacenadas en memoria puede realizar un control mediante funciones lógicas, aritméticas, contadores, temporizadores, etc. Para ello dispone de módulos de entrada/salida de señales analógicas y digitales. Su utilización se restringe al control de dispositivos sencillos que trabajan con maniobras relativamente simples (cintas transportadoras, automatismos de carga/descarga, líneas transfer, etc.).

Posteriormente, se ha aplicado el ordenador para dispositivos y/o equipos que requieren un control más complejo, como suele ser la coordinación de movimientos de varios ejes. Dentro de estas aplicaciones nos encontramos los controles de robots o brazos articulados, máquinas herramienta, vehículos auto guiados, máquinas de medida, etc. En todos ellos el ordenador permite efectuar un control programado, en el que los movimientos y accionamientos son introducidos mediante una secuencia de órdenes que se modifican en función del trabajo a realizar.

Dentro de éstos, podemos destacar como mejora más importante en los sistemas de fabricación el Control Numérico, éste posibilita la automatización programable de las máquinas herramienta y permite:

- Disminuir los tiempos no productivos.
- Mejorar la calidad.
- Fabricar piezas con geometrías complejas.
- Aumentar la flexibilidad.

Dada la facilidad de comunicación entre ordenadores (mediante redes), se puede utilizar éste para sincronizar el funcionamiento de los diversos dispositivos del sistema de fabricación y conseguir la completa automatización de una planta industrial.

I.4.2. PLANIFICACIÓN DEL PROCESO

La planificación del proceso es la función encargada de definir el proceso tecnológico para la fabricación de una pieza o producto. Esto supone la definición detallada de todas y cada una de las operaciones necesarias, su

Para seguir leyendo haga click aquí