

**a**  
acadèmica

# **Control numérico** **Marco y fundamentos**

**2ª Edición**

**Francisco González Contreras**  
**Pedro Rosado Castellano**



EDITORIAL  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



Francisco González Contreras  
Pedro Rosado Castellano

# **Control numérico marco y fundamentos**

*Colección Académica*

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: González Contreras, F.; Rosado Castellano, P. (2020) *Control numérico: marco y fundamentos*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València

Segunda edición, 2015 (edición impresa)  
Primera edición, 2020 (edición electrónica)

© Francisco González Contreras  
Pedro Rosado Castellano

© 2020, Editorial Universitat Politècnica de València  
Venta: [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 6591\_01\_01\_01

ISBN: 978-84-9048-408-1 (versión impresa)  
ISBN: 978-84-9048-874-4 (versión electrónica)

Si el lector detecta algún error en el libro o bien quiere contactar con los autores, puede enviar un correo a [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)

## **AUTORES**

### **FRANCISCO GONZÁLEZ CONTRERAS**

Ingeniero industrial por la Universitat Politècnica de València. Realizó su tesis doctoral en el ámbito de la planificación de procesos, para piezas mecanizadas. Ha desarrollado su actividad docente e investigadora en ámbitos relacionados tanto directamente, como indirectamente, con el Control Numérico. Actualmente es profesor titular de universidad en el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la Universitat Politècnica de València.

### **PEDRO ROSADO CASTELLANO**

Ingeniero industrial por la Universitat Politècnica de València. Realizó su tesis doctoral en el ámbito de las células de fabricación flexible, para piezas mecanizadas. Ha desarrollado su actividad docente e investigadora en gran variedad de temas vinculados a la fabricación. Actualmente es profesor titular de universidad en el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación de la Universitat Politècnica de València.



## **RESUMEN**

El libro es una monografía sobre control numérico, e intenta abarcar tanto sus fundamentos, como el marco en el que se desarrolla. El primer capítulo es una introducción que pretende enmarcar el control numérico dentro de la fabricación. Los dos siguientes capítulos se dedican a introducir los fundamentos del control numérico y de las máquinas herramienta que lo utilizan. Los capítulos cuarto y quinto se centran en las normativas para la estandarización del control numérico y su programación. El capítulo sexto contiene ejemplos prácticos resueltos.





# ÍNDICE

<b>TEMA I. MARCO DEL CONTROL NUMÉRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>I.1. INTRODUCCIÓN AL CICLO PRODUCTIVO.....</b>	<b>9</b>
<b>I.2. LA FLEXIBILIDAD EN LA FABRICACIÓN .....</b>	<b>11</b>
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
<b>I.3. EL ORDENADOR EN LA FABRICACIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>I.4. CONCEPTO DE FABRICACIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR.....</b>	<b>19</b>
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
<b>TEMA II. INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO.....</b>	<b>25</b>
<b>II.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>II.2. CONTROL NUMÉRICO .....</b>	<b>26</b>
<b>II.3. ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA MÁQUINA DE CN.....</b>	<b>26</b>
<b>II.4. CAMPO DE APLICACIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO .....</b>	<b>28</b>
<b>II.5. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....</b>	<b>29</b>
<b>II.6. VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO .....</b>	<b>30</b>
<b>II.7. IMPLANTACIÓN DE MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO.....</b>	<b>32</b>
<b>TEMA III. MÁQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO....</b>	<b>35</b>
<b>III.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>35</b>
<b>III.2. CLASIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CONTROLES ...</b>	<b>36</b>
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
<b>III.3. ELEMENTOS DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA DE CONTROL NUMÉRICO.....</b>	<b>44</b>
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
<b>TEMA IV. CONCEPTOS PARA PROGRAMACIÓN DE MAQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>67</b>
<b>IV.2. EJES Y SISTEMA DE REFERENCIA.....</b>	<b>67</b>
IV.2.1. NORMATIVA DE EJES Y MOVIMIENTOS.....	68
IV.2.2. SISTEMAS DE REFERENCIA .....	77
<b>IV.3. CORRECTORES DE LAS HERRAMIENTAS.....</b>	<b>80</b>
IV.3.1. CORRECTORES DE LAS HERRAMIENTAS ROTATIVAS.....	81
IV.3.2. CORRECTORES DE LAS HERRAMIENTAS DE TORNEADO .....	82
<b>IV.4. COMPENSACIÓN DEL RADIO DE HERRAMIENTA.....</b>	<b>85</b>
<b>TEMA V. PROGRAMACIÓN MANUAL BÁSICA CON CONTROL NUMÉRICO .....</b>	<b>91</b>
<b>V.1. FASES DE LA PROGRAMACIÓN MANUAL.....</b>	<b>91</b>
<b>V.2. FORMATOS DE PROGRAMACIÓN .....</b>	<b>92</b>
<b>V.3. FORMATO ISO DE PROGRAMACIÓN.....</b>	<b>94</b>
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
<b>V.4. PROGRAMACIÓN AVANZADA.....</b>	<b>106</b>
<b>TEMA VI. EJERCICIOS RESUELTOS.....</b>	<b>109</b>
<b>VI.1. EJEMPLO CNC FRESADO 1.....</b>	<b>109</b>
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
<b>VI.2. EJEMPLO CNC FRESADO 2.....</b>	<b>118</b>
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
<b>VI.3. EJEMPLO CNC TORNEADO 1.....</b>	<b>127</b>
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
<b>VI.4. EJEMPLO CNC TORNEADO 2.....</b>	<b>138</b>
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
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>145</b>



# 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.

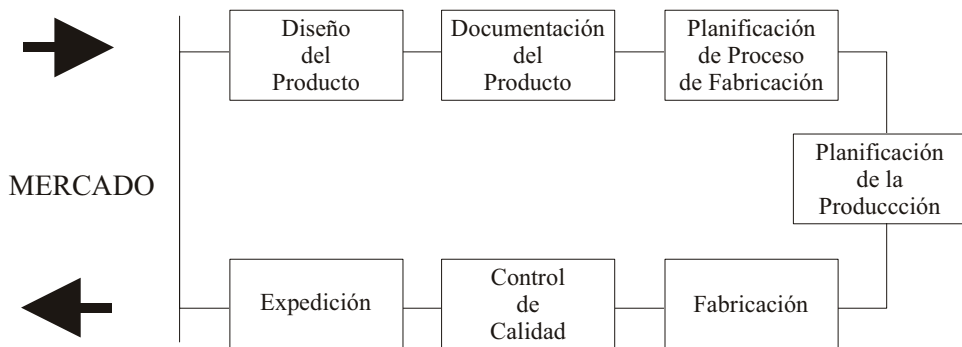


Figura 1-1. Ciclo productivo.

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

**Para seguir leyendo, inicie el proceso de compra, click aquí**