

# **DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDOS POR COMPUTADORA – INTRODUCCIÓN AL CNC**

**Aportado por: Ing. Iván Escalona, [resnick\\_halliday@yahoo.com.mx](mailto:resnick_halliday@yahoo.com.mx)**

## INTRODUCCIÓN:

La máquina herramienta ha jugado un papel fundamental en el desarrollo tecnológico del mundo hasta el punto que no es una exageración decir que la tasa del desarrollo de máquinas herramientas gobierna directamente la tasa del desarrollo industrial.

gracias a la utilización de la máquina herramienta se ha podido realizar de forma práctica, maquinaria de todo tipo que, aunque concebida y realizada, no podía ser comercializada por no existir medios adecuados para su construcción industrial.

Así, por ejemplo, si para la mecanización total de un número de piezas fuera necesario realizar las operaciones de fresado, mandrinado y perforado, es lógico que se alcanzaría la mayor eficacia si este grupo de máquinas herramientas estuvieran agrupadas, pero se lograría una mayor eficacia aún si todas estas operaciones se realizaran en una misma máquina. Esta necesidad, sumada a numerosos y nuevos requerimientos que día a día aparecieron forzaron la utilización de nuevas técnicas que reemplazaran al operador humano. De esta forma se introdujo el control numérico en los procesos de fabricación, impuesto por varias razones:

Necesidad de fabricar productos que no se podían conseguir en cantidad y calidad suficientes sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación. Necesidad de obtener productos hasta entonces imposibles o muy difíciles de fabricar, por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano. Necesidad de fabricar productos a precios suficientemente bajos.

Inicialmente, el factor predominante que condicionó todo automatismo fue el aumento de productividad. Posteriormente, debido a las nuevas necesidades de la industria aparecieron otros factores no menos importantes como la precisión, la rapidez y la flexibilidad.

Hacia 1942 surgió lo que se podría llamar el primer control numérico verdadero, debido a una necesidad impuesta por la industria aeronáutica para la realización de hélices de helicópteros de diferentes configuraciones.

## INTRODUCCIÓN AL CAD/CAM

CAD/CAM, proceso en el cual se utilizan los ordenadores o computadoras para mejorar la fabricación, desarrollo y diseño de los productos. Éstos pueden fabricarse más rápido, con mayor precisión o a menor precio, con la aplicación adecuada de tecnología informática.

Los sistemas de Diseño Asistido por Ordenador (CAD, acrónimo de Computer Aided Design) pueden utilizarse para generar modelos con muchas, si no todas, de las características de un determinado producto. Estas características podrían ser el tamaño, el contorno y la forma de cada componente, almacenados como dibujos bi y tridimensionales. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del producto. Además, pueden compartirse e integrarse las ideas combinadas de varios diseñadores, ya que es posible mover los datos dentro de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí pueden trabajar como un equipo. Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de un producto. Hacen posible verificar si un circuito electrónico propuesto funcionará tal y como está previsto, si un puente

será capaz de soportar las cargas pronosticadas sin peligros e incluso si una salsa de tomate fluiría adecuadamente desde un envase de nuevo diseño.

Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por ordenador conforman un sistema integrado CAD/CAM (CAM, acrónimo de Computer Aided Manufacturing).

La Fabricación Asistida por Ordenador ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos más tradicionales de controlar equipos de fabricación con ordenadores en lugar de hacerlo con operadores humanos. Por lo general, los equipos CAM conllevan la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costes de mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores. Por ejemplo, las cuchillas y herramientas de corte se desgastarán más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costes de fabricación. Frente a este ahorro pueden aducirse los mayores costes de bienes de capital o las posibles implicaciones sociales de mantener la productividad con una reducción de la fuerza de trabajo. Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Este Control Numérico por Computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy día por software informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM.

Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes para adaptarlas a las necesidades específicas de sus situaciones. Por ejemplo, un diseñador puede utilizar el sistema para crear rápidamente un primer prototipo y analizar la viabilidad de un producto, mientras que un fabricante quizá emplee el sistema porque es el único modo de poder fabricar con precisión un componente complejo. La gama de prestaciones que se ofrecen a los usuarios de CAD/CAM está en constante expansión. Los fabricantes de indumentaria pueden diseñar el patrón de una prenda en un sistema CAD, patrón que se sitúa de forma automática sobre la tela para reducir al máximo el derroche de material al ser cortado con una sierra o un láser CNC. Además de la información de CAD que describe el contorno de un componente de ingeniería, es posible elegir el material más adecuado para su fabricación en la base de datos informática, y emplear una variedad de máquinas CNC combinadas para producirlo. La Fabricación Integrada por Computadora (CIM) aprovecha plenamente el potencial de esta tecnología al combinar una amplia gama de actividades asistidas por ordenador, que pueden incluir el control de existencias, el cálculo de costes de materiales y el control total de cada proceso de producción. Esto ofrece una mayor flexibilidad al fabricante, permitiendo a la empresa responder con mayor agilidad a las demandas del mercado y al desarrollo de nuevos productos.

La futura evolución incluirá la integración aún mayor de sistemas de realidad virtual, que permitirá a los diseñadores interactuar con los prototipos virtuales de los productos mediante la computadora, en lugar de tener que construir costosos modelos o simuladores para comprobar su viabilidad. También el área de prototipos rápidos es una evolución de las técnicas de CAD/CAM, en la que las imágenes informatizadas tridimensionales se convierten en modelos reales empleando equipos de fabricación especializado, como por ejemplo un sistema de estereolitografía.

## PROCESOS DE MANUFACTURA POR ARRANQUE DE VIRUTA

La aplicación del control numérico abarca gran variedad de procesos. Aquí se dividen las aplicaciones en dos categorías: (1) aplicaciones con máquina herramienta, tales como el taladrado, laminado, torneado, etc., y (2) aplicaciones sin máquina herramienta, tales como el

ensamblaje, trazado e inspección. El principio de operación común de todas las aplicaciones del control numérico es el control de la posición relativa de una herramienta o elemento de procesado con respecto al objeto a procesar.

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Torneado	Es un proceso de maquinado en el cual una herramienta de punta sencilla remueve material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica en rotación	El torneado se lleva a cabo tradicionalmente en una maquina llamada torno
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
El torno es una maquina, la cual suministra la potencia para tornear la parte a una velocidad de rotación determinada con avance de la herramienta y profundidad de corte especificado	Torno para herramientas Torno de Velocidad Torno Revólver Torno de Mandril Maquina de Barra Automática Tornos controlados Numéricamente	Se usan herramientas de punta sencilla, para la operación de roscado, se ejecuta con un diseño con la forma de la cuerda a producir. El torneado de formas se ejecuta con una de diseño especial llamada herramienta de forma.
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Torneado
Se usa una herramienta de corte con un borde cortante simple destinado a remover material de una pieza de trabajo giratoria para dar forma de cilindro.	Cabezal Contrapunto Tortea Carro Transversal Carro Principal	Careado Torneado Ahusado o cónico Torneado de Contornos Torneado de Formas Achaflanado Tronzado Roscado Perforado Taladrado Moleteado

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Taladrado	Es una operación de maquinado que se usa para crear agujeros redondos en una parte de trabajo	Taladro Prensa
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
El Taladro Prensa es la máquina estándar para taladrar.	Taladro Vertical Taladro Banco Taladro Radial Taladro Multiple	Broca
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Taladrado
Hay disponibles varias herramientas de corte para hacer agujeros, pero la broca helicoidal es con mucho la	Broca Helicoidal	Escariado Roscado Interior Abocardado Avellanado

más común. Sus diámetros fluctúan desde 0.006 pulg. Hasta brocas tan grandes como 3.0 pulg. Las brocas helicoidales se usan ampliamente en la industria para producir agujeros en forma rápida y económica.		Centrado Refrentado
---	--	------------------------

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Cepillado	Proceso para producir superficies planas por medio de una herramienta de corte de un solo filo.	Cepillo
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
La máquina herramienta para cepillado se llama cepillo. La velocidad de corte se logra por medio de una mesa de trabajo oscilante que mueve la parte posterior de una herramienta de corte de punta sencilla	Cepillos de mesa abiertos lateralmente Cepillos de doble columna	La herramienta de corte usadas en el cepillado son herramientas de punta sencilla
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Cepillado
Proceso en el cual se pasa una cuchilla a través de la pieza para ir eliminando material.	Carril transversal Cabeza de la herramienta Mesa de trabajo Columna Base	El cepillado se puede usar para maquinarse otras superficies diferentes a las planas. La restricción es que las superficies deben ser rectas.

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Aserrado	Es un proceso en el que corta una hendidura angosta dentro de la parte de trabajo por medio de una herramienta que tiene una serie de dientes estrechamente espaciados	Sequeta
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
El corte de segueta involucra un movimiento lineal de vaivén de la segueta contra el trabajo. El Aserrado con cinta implica un movimiento lineal continuo que utiliza una sierra cinta hecha de foma de banda flexible sin fin con dientes en una de sus bordes. La sierra circular usa una	Sequeta Sierra Banda Sierra Circular	Hoja de la Sierra

sierra circular giratoria para suministrar el movimiento continuo de la herramienta frente al trabajo.		
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Aserrado
Las hojas de la sierra tienen ciertas características comunes que incluyen la forma de los dientes, su espaciado y la disposición de los mismos	Forma de los dientes Espaciado entre los dientes Disposición de los Dientes	Calado Ranurado Corte abrasivo Aserrado por Fricción

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Rectificado	Es un proceso abrasivo ejecutado por un conjunto de barras abrasivas pegadas	Rectificadora
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
El movimiento del equipo es una combinación de rotación y oscilación lineal, regulada de tal manera que un punto dado de la barra abrasiva, no repite la misma trayectoria		Conjunto de barras abrasivas pegadas
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Rectificado
Se usan cuatro barras, pero su número depende del tamaño del agujero	Juntas Universales Impulsor	Lapeado o pulido Superacabado Pulido Abrillantado

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Fresado	Es una operación de maquinado en la cual se hace pasar una parte de trabajo enfrente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes.	Fresadora
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
La clasificación de los cortadores para fresadoras o fresas como se les conoce comúnmente, está muy asociada con las operaciones de fresado que acabamos de describir.	Cortadores cilíndricos o fresas planas Cortadores formadores o fresas formadoras Cortadores frontales o fresas frontales Cortadores para acabado o fresa terminal	Husillo rotatorio Mesa para sujetar
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con

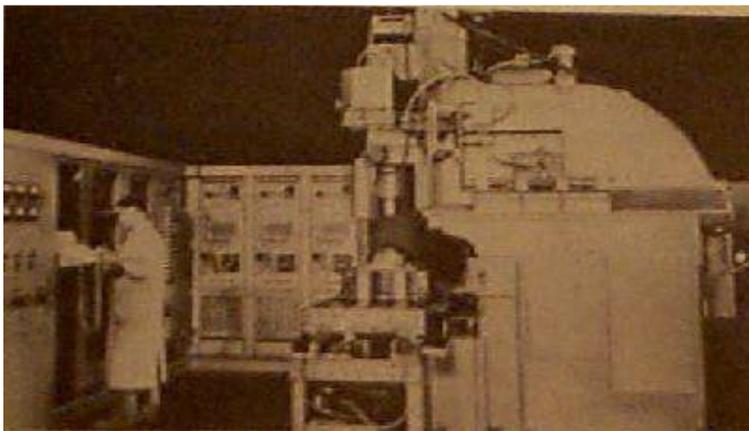
		el Fresado
Las maquinas fresadoras deben tener un husillo rotatorio para el cortador y una mesa para sujetar, poner en posición y hacer avanzar la parte de trabajo.	Maquina fresadora Vertical	Torneado Taladrado Perfilado Cepillado Escariado Aserrado
	Maquina fresadora Horizontal	
	Rodilla y columna	
	Tipo bancada	
	Tipo Cepillo	
Fresas Trazadoras	Aserrado	
Maquinas fresadoras CNC		

## INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO

El CNC tuvo su origen a principios de los años cincuenta en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en donde se automatizó por primera vez una gran fresadora.

En esta época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la computadora era mayor que el de la máquina.

Hoy día las computadoras son cada vez más pequeñas y económicas, con lo que el uso del CNC se ha extendido a todo tipo de maquinaria: tornos, rectificadoras, eletroerosionadoras, máquinas de coser, etc.



CNC significa "control numérico computarizado".

En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado

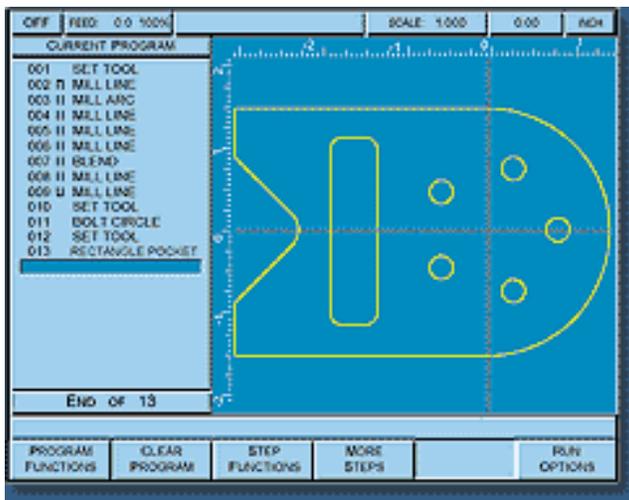
de complejos moldes y troqueles como se muestra en la imagen.

En una máquina CNC una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola. Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal para que sea más productivo.

El término “control numérico” se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos. Por ejemplo, para indicarle a la máquina que mueva la herramienta describiendo un cuadrado de 10 mm por lado se le darían los siguientes códigos:

```
G90 G71
G00 X0.0 Y0.0
G01 X10.0
G01 Y10.0
G01 X0.0
G01 Y0.0
```

Un conjunto de órdenes que siguen una secuencia lógica constituyen un programa de maquinado. Dándole las órdenes o instrucciones adecuadas a la máquina, ésta es capaz de maquinado una simple ranura, una cavidad irregular, la cara de una persona en altorrelieve o bajorrelieve, un grabado artístico un molde de inyección de una cuchara o una botella... lo que se quiera.



Al principio hacer un programa de maquinado era muy difícil y tedioso, pues había que planear e indicarle manualmente a la máquina cada uno de los movimientos que tenía que hacer. Era un proceso que podía durar horas, días, semanas. Aún así era un ahorro de tiempo comparado con los métodos convencionales.

Actualmente muchas de las máquinas modernas trabajan con lo que se conoce como “lenguaje conversacional” en el que el programador escoge la operación que desea y la máquina le pregunta los datos que se requieren. Cada instrucción de este

lenguaje conversacional puede representar decenas de códigos numéricos. Por ejemplo, el maquinado de una cavidad completa se puede hacer con una sola instrucción que especifica el largo, alto, profundidad, posición, radios de las esquinas, etc. Algunos controles incluso cuentan con graficación en pantalla y funciones de ayuda geométrica. Todo esto hace la programación mucho más rápida y sencilla.

También se emplean sistemas CAD/CAM que generan el programa de maquinado de forma automática. En el sistema CAD (diseño asistido por computadora) la pieza que se desea maquinar se diseña en la computadora con herramientas de dibujo y modelado sólido. Posteriormente el sistema CAM (manufactura asistida por computadora) toma la información del diseño y genera la ruta de corte que tiene que seguir la herramienta para fabricar la pieza deseada; a partir de esta ruta de corte se crea automáticamente el programa de maquinado, el cual puede ser introducido a la máquina mediante un disco o enviado electrónicamente.

Hoy día los equipos CNC con la ayuda de los lenguajes conversacionales y los sistemas CAD/CAM, permiten a las empresas producir con mucha mayor rapidez y calidad sin necesidad de tener personal altamente especializado.

## CONTROL NUMÉRICO EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Definición general:

Se considera control numérico a todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en el que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas en forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas definidas, bien manualmente o por medio de un programa.

#### ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL CONTROL NUMÉRICO:

Como ya se mencionó, las cuatro variables fundamentales que inciden en la bondad de un automatismo son: productividad, rapidez, precisión y velocidad.

De acuerdo con estas variables, vamos a analizar qué tipo de automatismo es el más conveniente de acuerdo al número de piezas a fabricar. Series de fabricación:

Grandes series: (mayor a 10.000 piezas)

Esta producción está cubierta en la actualidad por las máquinas transfert, realizadas por varios automatismos trabajando simultáneamente en forma sincronizada. Series medias: (entre 50 y 10.000)

Existen varios automatismos que cubren esta gama, entre ellos los copiadores y los controles numéricos. La utilización de estos automatismos dependerá de la precisión, flexibilidad y rapidez exigidas. El control numérico será especialmente interesante cuando las fabricaciones se mantengan en series comprendidas entre 5 y 1.000 piezas que deberán ser repetidas varias veces durante el año. Series pequeñas: (menores a 5 piezas) Para estas series, la utilización del control numérico suele no ser rentable, a no ser que la pieza sea lo suficientemente compleja como para justificarse su programación con ayuda de una computadora. Pero en general, para producciones menores a cinco piezas, la mecanización en máquinas convencionales resulta ser más económica. A continuación, podemos ver un gráfico que ilustra de forma clara lo expresado anteriormente.

#### VENTAJAS DEL CONTROL NUMÉRICO:

Las ventajas, dentro de los parámetros de producción explicados anteriormente son:

Posibilidad de fabricación de piezas imposibles o muy difíciles. Gracias al control numérico se han podido obtener piezas muy complicadas como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones.

Seguridad. El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos.

Precisión. Esto se debe a la mayor precisión de la máquina herramienta de control numérico respecto de las clásicas.

Aumento de productividad de las máquinas. Esto se debe a la disminución del tiempo total de mecanización, en virtud de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control.

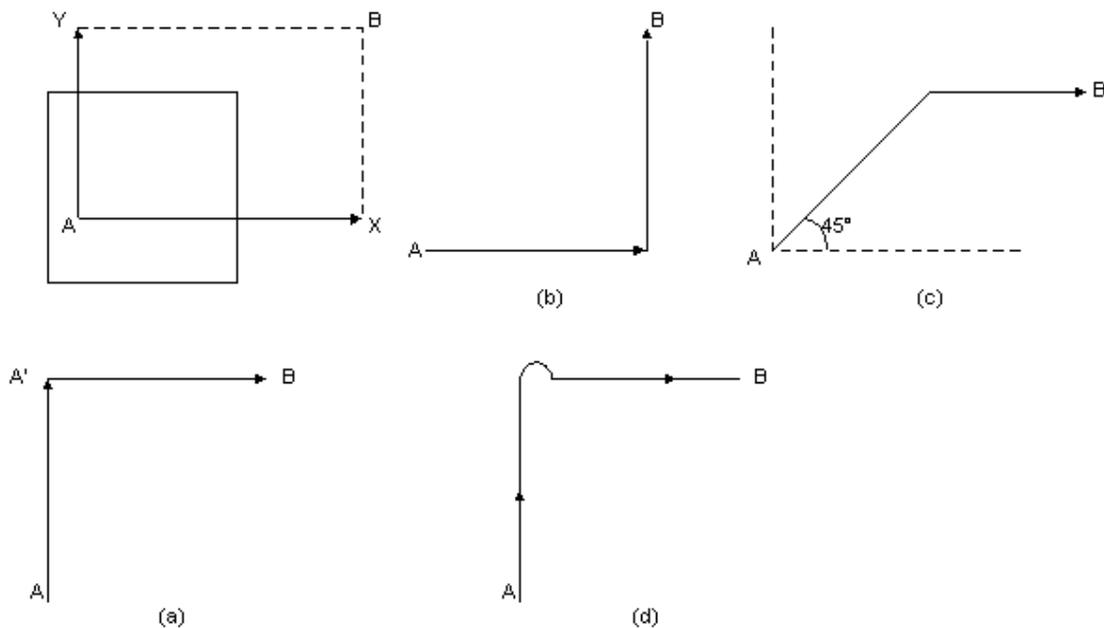
Reducción de controles y desechos. Esta reducción es debida fundamentalmente a la gran fiabilidad y repetitividad de una máquina herramienta con control numérico. Esta reducción de controles permite prácticamente eliminar toda operación humana posterior, con la subsiguiente reducción de costos y tiempos de fabricación.

#### CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL NUMÉRICO.

Se dividen fundamentalmente en:

Equipos de control numérico de posicionamiento o punto a punto.

Equipos de control numérico de contorno.



Supongamos una pieza colocada sobre la mesa (ver figura), y que en el punto A se quiere realizar una perforación. Sea el eje X el eje longitudinal de la mesa y el eje Y el eje transversal. B representa la proyección del eje del útil sobre la mesa. El problema de llevar el punto A al punto B se puede resolver de las siguientes formas:

Accionar el motor del eje Y hasta alcanzar el punto A' y a continuación el motor del eje X hasta alcanzar al punto B.

Análogo al anterior, pero accionando primero el motor del eje longitudinal y después el del transversal. Estos dos modos de posicionamiento reciben el nombre de posicionamiento secuencial y se realiza normalmente a la máxima velocidad que soporta la máquina.

Accionar ambos motores a la vez y a la misma velocidad. En este caso la trayectoria seguida será una recta de  $45^\circ$ . Una vez llegado la altura del punto B, el motor del eje Y será parado para continuar exclusivamente el motor del eje X hasta llegar al punto B. Este tipo de posicionamiento recibe el nombre de posicionamiento simultáneo (punto a punto).

Accionamiento secuencial de los motores pero realizando la aproximación a un punto siempre en el mismo sentido. Este tipo de aproximación recibe el nombre de aproximación unidireccional y es utilizado exclusivamente en los posicionamientos punto a punto.

En un sistema punto a punto, el control determina, a partir de la información suministrada por el programa y antes de iniciarse el movimiento, el camino total a recorrer. Posteriormente se realiza dicho posicionamiento, sin importar en absoluto la trayectoria recorrida, puesto que lo único que importa es alcanzar con precisión y rapidez el punto en cuestión.

Siempre que se quiera realizar trayectorias que no sean paraxiales (rectas según los ejes) es necesario que el sistema de control posea características especiales.

Los equipos que permiten generar curvas reciben el nombre de equipos de contorno.

Los sistemas de contorno gobiernan no sólo la posición final sino también el movimiento en cada instante de los ejes en los cuales se realiza la interpolación. En estos equipos deberá existir una sincronización perfecta entre los distintos ejes, controlándose, por tanto, la trayectoria real que debe seguir la herramienta. Con estos sistemas se pueden generar recorridos tales como rectas con cualquier pendiente, arcos de circunferencia, cónicas o cualquier otra curva definible matemáticamente. Estos sistemas se utilizan, sobre todo, en fresados complejos, torneados, etc.

Por último, se puede decir que un equipo de control numérico paraxial puede efectuar los trabajos que realiza un equipo punto a punto y un equipo de contorno podrá realizar los trabajos propios de los equipos punto a punto y paraxial.

ARQUITECTURA GENERAL DE UN CONTROL NUMÉRICO.

Podemos distinguir cuatro subconjuntos funcionales:

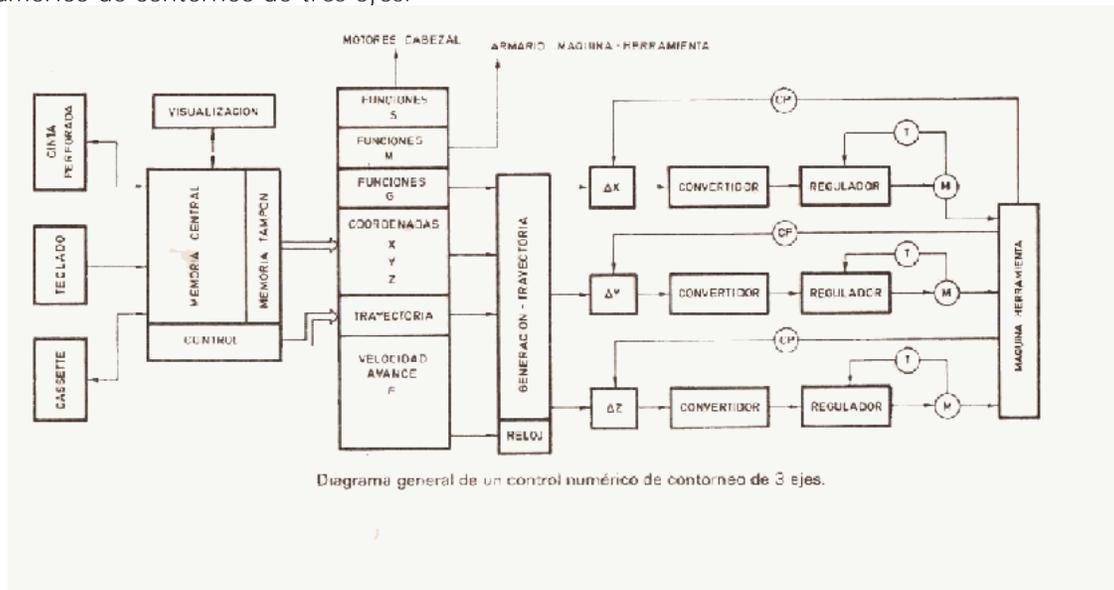
Unidad de entrada - salida de datos.

Unidad de memoria interna e interpretación de órdenes.

Unidad de cálculo.

Unidad de enlace con la máquina herramienta y servomecanismos.

En la figura de la pagina siguiente se muestra un diagrama funcional simplificado de un control numérico de contorno de tres ejes.



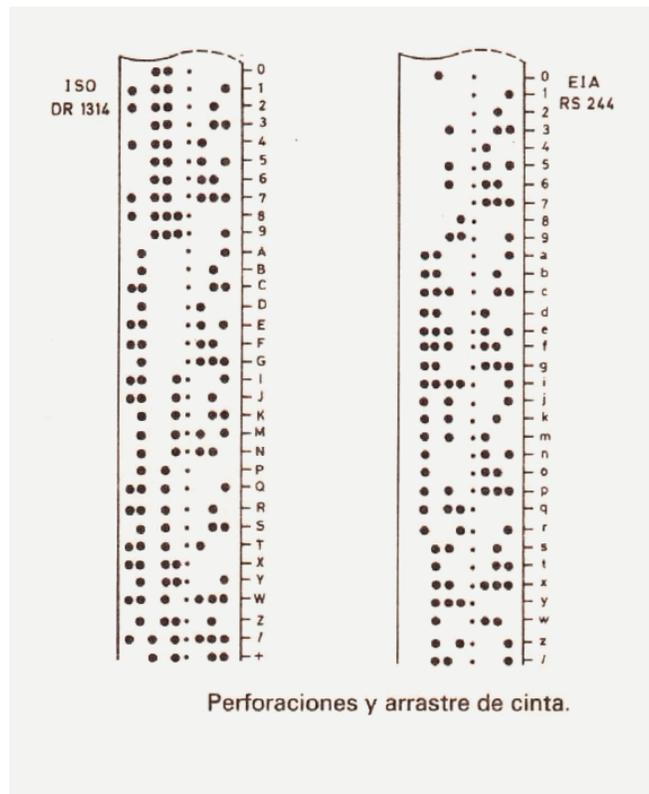
## UNIDAD DE ENTRADA – SALIDA DE DATOS

La unidad entrada de datos sirve para introducir los programas de mecanizado en el equipo de control numérico, utilizando un lenguaje inteligible para éste.

En los sistemas antiguos se utilizaron para la introducción de datos sistemas tipo ficha (Data Modul) o preselectores (conmutadores rotativos codificados); los grandes inconvenientes que presentaron estos métodos, sobre todo en programas extensos, provocó su total eliminación.

Posteriormente se utilizaba para dicho propósito la cinta perforada (de papel, milar o aluminio), por lo que el lector de cinta se constituía en el órgano principal de entrada de datos.

Esta cinta era previamente perforada utilizando un perforador de cinta o un teletipo. El número de agujeros máximo por cada carácter era de ocho (cinta de ocho canales). Además de estos agujeros, existía otro de menor tamaño, ubicado entre los canales 3 y 4 que permitía el arrastre de la cinta.



Los primeros lectores de cinta fueron electromecánicos; los cuales utilizaban un sistema de agujas palpadoras que determinaban la existencia de agujeros o no en cada canal de la cinta, luego esto actuaba sobre un conmutador cuyos contactos se abren o cierran dependiendo de la existencia o no de dichos agujeros.

Luego se utilizaron lectores de cinta fotoeléctricos, los cuales permitían una velocidad de lectura de cinta muy superior. Los mismos constaban de células fotoeléctricas, fotodiodos o fototransistores como elementos sensores. Estos elementos sensibles a la luz, ubicados bajo cada canal de la cinta (incluso bajo el canal de arrastre). Una fuente luminosa se colocaba sobre la cinta, de tal forma que cada sensor producía una señal indicando la presencia de un agujero que sería amplificada y suministrada al equipo de control como datos de entrada.

Otro medio que se utilizaba para la entrada de datos era el cassette, robusto y pequeño, era más fácil de utilizar, guardar y transportar que la cinta, siendo óptima su utilización en medios hostiles. Su capacidad variaba entre 1 y 5 Mb.

Luego comenzó a utilizarse el diskette. Su característica más importante era la de tener acceso aleatorio, lo cual permitía acceder a cualquier parte del disco en menos de medio segundo. La velocidad de transferencia de datos variaba entre 250 y 500 Kb / s.

Con la aparición del teclado como órgano de entrada de datos, se solucionó el problema de la modificación del programa, que no podía realizarse con la cinta perforada, además de una rápida edición de programas y una cómoda inserción y borrado de bloques, búsqueda de una dirección en memoria, etc.

#### UNIDAD DE MEMORIA INTERNA E INTERPRETACIÓN DE ÓRDENES.

Tanto en los equipos de programación manual como en los de programación mixta (cinta perforada o cassette y teclado), la unidad de memoria interna almacenaba no sólo el programa sino también los datos máquina y las compensaciones (aceleración y desaceleración,

compensaciones y correcciones de la herramienta, etc.). Son los llamados datos de puesta en operación.

En las máquinas que poseían sólo cinta perforada como entrada de datos, se utilizaba memorias buffer.

Luego, con el surgimiento del teclado y la necesidad de ampliar significativamente la memoria (debido a que se debía almacenar en la misma un programa completo de mecanizado) se comenzaron a utilizar memorias no volátiles (su información permanece almacenada aunque desaparezca la fuente de potencia del circuito, por ejemplo en el caso de un fallo en la red) de acceso aleatorio (denominadas RAM) del tipo CMOS.

Además poseían una batería denominada tampón, generalmente de níquel - cadmio, que cumplían la función de guardar durante algunos días (al menos tres) todos los datos máquina en caso de fallo en la red.

Una vez almacenado el programa en memoria, inicia su lectura para su posterior ejecución.

Los bloques se van leyendo secuencialmente. En ellos se encuentra toda la información necesaria para la ejecución de una operación de mecanizado.

**UNIDAD DE CÁLCULO:** Una vez interpretado un bloque de información, esta unidad se encarga de crear el conjunto de órdenes que serán utilizadas para gobernar la máquina herramienta.

Como ya se dijo, este bloque de información suministra la información necesaria para la ejecución de una operación de mecanizado. Por lo tanto, una vez el programa en memoria, se inicia su ejecución. El control lee un número de bloques necesario para la realización de un ciclo de trabajo. Estos bloques del programa son interpretados por el control, que identifica:

la nueva cota a alcanzar (x, y, z del nuevo punto en el caso de un equipo de tres ejes), velocidad de avance con la que se realizará el trayecto, forma a realizar el trayecto, otras informaciones como compensación de herramientas, cambio de útil, rotación o no del mismo, sentido, refrigeración, etc.). La unidad de cálculo, de acuerdo con la nueva cota a alcanzar, calcula el camino a recorrer según los diversos ejes.

**SERVOMECHANISMOS:** La función principal de un control numérico es gobernar los motores (servomotores) de una máquina herramienta, los cuales provocan un desplazamiento relativo entre el útil y la pieza situada sobre la mesa. Si consideramos un desplazamiento en el plano, será necesario accionar dos motores, en el espacio, tres motores, y así sucesivamente.

En el caso de un control numérico punto a punto y paraxial, las órdenes suministradas a cada uno de los motores no tienen ninguna relación entre sí; en cambio en un control numérico de contorno, las órdenes deberán estar relacionadas según una ley bien definida.

Para el control de los motores de la máquina herramienta se pueden utilizar dos tipos de servomecanismos, a lazo abierto y a lazo cerrado.

En los de lazo abierto, las órdenes a los motores se envían a partir de la información suministrada por la unidad de cálculo, y el servomecanismo no recibe ninguna información ni de la posición real de la herramienta ni de su velocidad.

No así en un sistema de lazo cerrado, donde las órdenes suministradas a los motores dependen a la vez de las informaciones enviadas por la unidad de cálculo y de las informaciones suministradas por un sistema de medidas de la posición real por medio de un captador de posición (generalmente un encoder), y uno de medida de la velocidad real (tacómetro), montados ambos sobre la máquina.

#### PROGRAMACIÓN EN EL CONTROL NUMÉRICO:

Se pueden utilizar dos métodos: Programación Manual:

En este caso, el programa pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario.

Programación Automática: En este caso, los cálculos los realiza un computador, que suministra en su salida el programa de la pieza en lenguaje máquina. Por esta razón recibe el nombre de programación asistida por computador. De este método hablaremos más adelante.

Programación Manual:

El lenguaje máquina comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia, que se numeran para facilitar su búsqueda. Este conjunto de informaciones es interpretado por el intérprete de órdenes.

El programa de mecanizado contiene todas las instrucciones necesarias para el proceso de mecanizado.

Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado, de tal modo, un bloque de programa consta de varias instrucciones.

El comienzo del control numérico ha estado caracterizado por un desarrollo anárquico de los códigos de programación. Cada constructor utilizaba el suyo particular.

Posteriormente, se vio la necesidad de normalizar los códigos de programación como condición indispensable para que un mismo programa pudiera servir para diversas máquinas con tal de que fuesen del mismo tipo.

Los caracteres más usados comúnmente, regidos bajo la norma DIN 66024 y 66025 son, entre otros, los siguientes:

N es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia. Esta dirección va seguida normalmente de un número de tres o cuatro cifras. En el caso del formato N03, el número máximo de bloques que pueden programarse es 1000 (N000 a N999).

X, Y, Z son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina herramienta. Dichas cotas se pueden programar en forma absoluta o relativa, es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente.

G es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizan para informar al control de las características de las funciones de mecanizado, como por ejemplo, forma de la trayectoria, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

Ejemplos:

G00: El trayecto programado se realiza a la máxima velocidad posible, es decir, a la velocidad de desplazamiento en rápido.

G01: Los ejes se gobiernan de tal forma que la herramienta se mueve a lo largo de una línea recta.

G02: Interpolación lineal en sentido horario.

G03: Interpolación lineal en sentido antihorario.

G33: Indica ciclo automático de roscado.

G77: Es un ciclo automático que permite programar con un único bloque el torneado de un cilindro, etc.

M es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar operaciones tales como: parada programada, rotación del husillo a derechas o a izquierdas, cambio de útil, etc. La dirección m va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes.

Ejemplos:

M00: Provoca una parada incondicional del programa, detiene el husillo y la refrigeración.

M02: Indica el fin del programa. Se debe escribir en el último bloque del programa y posibilita la parada del control una vez ejecutadas el resto de las operaciones contenidas en el mismo bloque.

M03: Permite programar la rotación del husillo en sentido horario.

M04: Permite programar la rotación del husillo en sentido antihorario, etc.

F es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min.

S es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos.

I, J, K son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se realiza en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Análogamente, en el plano X-Z, se utilizan las direcciones I y K, y en el plano Y-Z, las direcciones J y K.

T es la dirección correspondiente al número de herramienta. Va seguido de un número de cuatro cifras en el cual los dos primeros indican el número de herramienta y los dos últimos el número de corrección de las mismas.

## LOS FAMOSOS BLOCKS EN CN

### Estructura de Block

Es el modo de dar ordenes a la maquina para que se los ejecute tiene ciertas características que se debe cumplir.

La maquina ejecuta las ordenes (operaciones) de otra manera por lo que cada orden tiene una estructura definida a cada orden le denominamos block o bloque de programa.

**De manera general cada block tiene la siguiente estructura:**

- Numero de operaciones
- Código de orden de configuración
- Puntos coordenados o coordenadas
- Parámetros complementarios

### Formato de Block

El modo básico de comunicarse con la maquina herramienta es a través de los elementos que forman la estructura de un block de instrucciones, en donde cada uno de los caracteres alfanuméricos tienen un significado y una representación propia.

a	b	c	d		
O001					
N010	G21				Encabezado
N020	[BILLET	X 30	Z 80		
N030	G28				
N040	M06			T 1	
N050	M03			S 500	
N060				F 60	Procedimiento
<b>N.....</b>					
N070	M02				
N080	G28				Conclusión
N090	M05				

### Introducción a la programación

Para realizar un programa debemos tener en cuenta varios factores, algunos de ellos similares a los de las maquinas convencionales. Estos factores los podemos dividir en geométricos y tecnológicos.

Los **factores de geometría** de la pieza contienen datos sobre sus dimensiones (plano de taller); además de:

- Tolerancias
- Acabado superficial
- Origen de movimientos
- Superficie de referencia, etc.

Los **factores tecnológicos** hacen referencia a:

- Material de la pieza a mecanizar

- Tipo de mecanizado
- Velocidad de corte
- Profundidad de pasadas
- Revoluciones de la pieza o herramienta
- Lubricante
- Utillaje, etc.

Así también elaborar un proceso de trabajo lo mas racional posible.

### **Equipo necesario para la programación**

- a) Maquina - Herramienta con C.N.C.
- b) Manual de programación y operación del C.N.C. del que disponga la maquina
- c) Lector de cinta magnética (disquete)
- d) Cinta magnética para grabación en cassette
- e) Ordenador para simular grafica de la pieza programada
- f) **Discos de 3 ½" para ordenador, para activar piezas.**
- g) Catálogos de materiales y herramientas de diversos fabricantes.

### **CICLOS ENLATADOS O REPETITIVOS.**

Estos ciclos tienen la particularidad de trabajar una sola operación en un mismo sentido hasta lograr el objetivo establecido.

G90: Cilindrado

G92: Roscado

G94: Careado - Conicidad

Conicidad G94

X: Es la posición final de corte

Z: Es la posición final de corte

R: Siempre va a ser negativo (cuadro de corte -z).

El signo de R depende de la dirección de la conicidad. La función G94 es un ciclo enlatado, una línea de información del programa capacitará a la herramienta para ejecutar cuatro movimientos distintos.

R: Distancia incremental del comienzo del corte a la posición final del corte.

### **Ciclo de Roscado**

El código G92 nos permite realizar la operación de roscado o cuerda en algún diseño de pieza. La función de este es de manera cíclica que se mete contemplando los factores de importancia. El avance o paso y la profundidad total de maquinado. Realizándose solo cuerdas estándar.

1° Punto Previo

2° Velocidad de corte

X: Profundidad del corte

Z: Longitud total de la cuerda

F: Avance (paso)

$60^\circ = 0.8660 (0.75) = 0.649$

$0.649 (2) = 1.299$

$16/25.4 = 1.587$  16 hilos x pulgada

$(1.3) (1.587) = 2.063$  ® Profundidad Total.

Si se tiene una medida de 10.0, se le resta la profundidad total y nos queda una medida de 7.947

### **Radios de Curvatura**

El código G02 nos permite realizar radios en sentido derecho o sentido horario (va conforme a las manecillas del reloj).

El código G03 permite realizar radios en sentido izquierdo o sentido de horario

Radios de Curvatura Luter Polacion Circular

Puntos para aplicar el código G02 y G03

Ejecución

1° Punto Previo

2° Punto Inicial del arco

3° Punto Final del arco (va a estar dado por x\_ z\_)

4° Sentido en que se debe mover la herramienta

5° Indicar el radio (R-)

### **Gargantas**

Los nones son herramientas para exteriores.

### **Los pares son para interiores.**

Sacar la herramienta del plano de trabajo

Paro del husillo

Solicitud de la herramienta

Encendido del husillo

Traer la herramienta al plano de trabajo.

A continuación, y a modo de establecer algún tipo de comparación, se detallan dos tipos de controles numéricos, el primero de la firma SIEMENS (SINUMERIK 3T) fabricado en el año 1984 y el segundo de la firma FAGOR( CNC 8025 Y 8030), de construcción mucho más reciente.

### **SINUMERIK 3T**

Control de contorno CNC con microprocesador para tornos, con mando de interconexión programable integrado (PC) para dos ejes con control de contorneado en X, Z. Interpolación lineal y circular.

Características

Entrada/Salida del programa

A través del teclado alfanumérico del panel del servicio

A través de la interfase RS 232C (V. 24), o de 20 mA de corriente de línea (TTY) para conectar una unidad lectora / perforadora de cinta.

Memoria de programa: Memoria de semiconductores (RAM, volátiles de lectura no destructiva; usa tecnología CMOS) con capacidad de hasta 32000 caracteres de cinta perforada y batería tampón para 8000 caracteres de cinta perforada (Aprox. 20 m de cinta).

Programación: Construcción del programa según norma DIN 66024, 66025

Tiempo de Parada: Entre 0,001 y 99999,999 seg.

Informaciones de Desplazamiento

Para los ejes X, Z (Programables en cotas absolutas e incrementales).

Parámetros de interpolación I, K (Programables en cotas incrementales para la determinación del centro de la circunferencia de interpolación circular).

Teach-Inc, Playback: función que permite la realización del programa durante el mecanizado de una pieza muestra.

Sistemas de vigilancia: Lectura, formato, captadores de posición y accionamiento, perfil de pieza velocidad de giro del cabezal, tensión, temperaturas, microprocesadores, transmisión entre el panel de servicio y componente lógico de control, transmisión entre control y PC, memoria del sistema de programa. Permite reconocer perturbaciones en el control, en la interconexión y en la máquina para impedir daños en la pieza.

Sistema de Diagnóstico: Es un medio de comprobación para personal de mantenimiento; muestra el estado de: Temporizadores del PC, Marcas internas del PC, señales entre PC y máquina y entre PC y control.

Protección de datos: Batería tampón

Velocidad de avance: desde 0,01 mm/vuelta hasta 50 mm / vuelta.

Precisión de entrada / salida: de 0,001 mm.

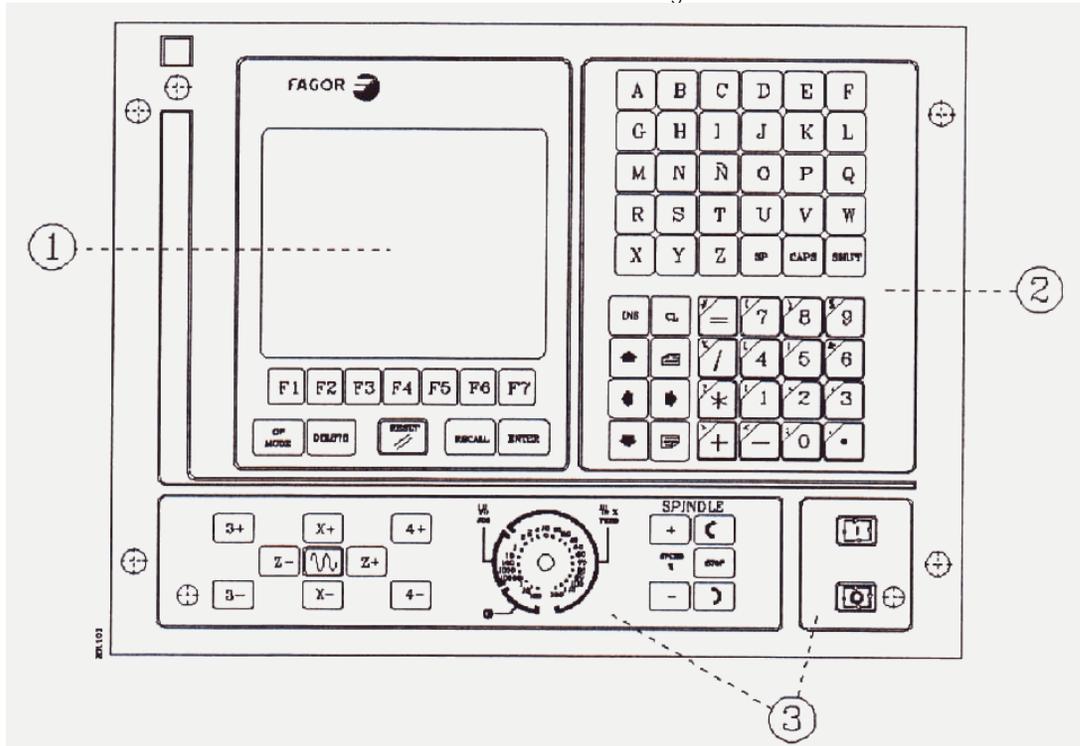
FAGOR CNC 8025

Este CNC está preparado para su uso en ambientes industriales, concretamente en tornos. Permite controlar los movimientos y accionamientos de la máquina.

El control numérico CNC 8025 es un módulo cerrado y compacto que dispone en su parte frontal de:

# Un monitor o pantalla CRT de 8" monocromo, fósforo, ámbar; que se utiliza para mostrar la información requerida del sistema.

Un teclado que permite la comunicación con el CNC, pudiéndose solicitar información mediante comandos o bien alterar el estado del CNC mediante la generación de nuevas instrucciones.



Un panel de mando que contiene las teclas necesarias para trabajar en modo manual y los pulsadores de marcha / parada del ciclo.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CNC.

Características generales.

3 procesadores de 8 bits

Capacidad de 32 Kb para albergar programas pieza.

2 líneas de comunicación RS232C y RS485

6 entradas de contaje hasta 4 ejes + encoder cabezal + herramienta sincronizada + volante electrónico.

Entrada para palpador digital (TTL o 24 Vcc)

Resolución de 0.001 mm o 0,0001 pulgadas.

Factor multiplicador hasta x100 con entrada senoidal.

Velocidades de avance desde 0.001 mm/min hasta 65535 mm/min (0.0001 hasta 2580 pulgadas/min).

Recorrido máximo 8388.607 mm (330.2601 pulgadas)

11 entradas digitales octoacopladas

32 salidas digitales octoacopladas

6 salidas analógicas: 10 V (una para cada eje + cabezal)

Peso aprox.:

Modelo compacto 12kg

Modelo modular: Unidad central 9 kg. Monitor 20kg

Consumo aprox.: Unidad central 75 w y monitor 85 w.

Embalaje.

Cumple la norma EN 60068-2-32

Alimentación.

Alimentación universal de corriente alterna entre 100 V y 240 V (+10% y -15%)

Frecuencia de red 50-60 Hz 1% y 2% durante periodos muy cortos.

Cortes de red: cumplen la norma EN 61000-4-11. Es capaz de resistir microcortes de hasta 10 milisegundos a 50 Hz partiendo de 0V a 180V (2 polaridades, positiva y negativa)

Distorsión armónica: menor del 10% de la tensión eficaz total entre conductores bajo tensión (suma del 2º al 5º armónico)

Características eléctricas de las entradas de captación.

Consumo de la alimentación de +5 V .750 mA (250 mA por cada conector)

Consumo de la alimentación de -5 V .0.3 A (100 mA por cada conector)

Niveles de trabajo para señal cuadrada.

Frecuencia máx. 200 KHz.

Separación mín. entre flancos 950 nseg.

Desfase 90º; 20º;

Umbral alto (nivel lógico "1") 2.4V  $\square$   $V_{IH} = 5V$

Umbral bajo (nivel lógico "0") -5V  $\square$   $V_{IL} = 0.8V$

V máx. 7V.

Histéresis 0.25V

Corriente de entrada máx. 3 mA.

Niveles de trabajo para señal senoidal.

Frecuencia máx. 25 KHz.

Tensión pico a pico 2V.  $\square$   $V_{PP} = 6V$

Corriente de entrada  $I_I$  1mA.

Características eléctricas de las entradas digitales.

Tensión nominal +24Vcc.

Tensión nominal máx. + 30 Vcc.

Tensión nominal mín. +18 Vcc.

Umbral alto (nivel lógico "1")  $V_{IH} = +18$  Vcc.

Umbral bajo (nivel lógico "0")  $V_{IL} = +5$  Vcc. o no conectado.

Consumo típico de cada entrada 5 mA.

Consumo máx. de cada entrada 7 mA.

Protección mediante aislamiento galvánico por optoacopladores.

Protección ante conexión inversa hasta -30Vcc.

Características eléctricas de las salidas digitales.

Tensión nominal de alimentación +24 Vcc

Tensión nominal máx +30 Vcc

Tensión nominal mín. +18 Vcc.

Tensión de salida  $V_{out} =$  Tensión de alimentación (Vcc) -2V.

Intensidad de salida máx. 100 mA.

Protección mediante aislamiento galvánico por optoacopladores.

Protección por fusible exterior de 3 Amp ante conexión inversa hasta -30 Vcc y ante sobretensiones de la fuente exterior superiores a 33 Vcc.

CRT

Monitor 8" monocromo

Deflexión: 90 grados

Pantalla: antireflexiva

Fósforo: PLA (ámbar)

Resolución: 600 líneas

Superficie visualizable: 146x119 mm

Frecuencia de barrido

Sincronismo vertical: 50-60 Hz positivo

Sincronismo horizontal: 19.2 KHz positivo

Condiciones ambientales

Humedad relativa: 30-90% sin condensación

Temperatura de trabajo 5 - 40°C con una media inferior a 35°C.

Temperatura ambiente en régimen de no funcionamiento: entre -25°C y +70°C

Altitud máx. de funcionamiento. Cumple la norma IEC 1131-2

Vibración

En régimen de funcionamiento 10-50 Hz amplitud 0.2 mm

En régimen de transporte 10-50 Hz amplitud 1mm, 50-300 Hz 5g de aceleración.

#### SOFTWARE DEL PAQUETE FAPUC

(Inclusive lo puede adquirir en la dirección siguiente: [PCDomino.com](http://PCDomino.com) )

Datos de Pantalla - Parte Superior

Fabricante: Denford

Versión: V1.34

Paquete: Mirak

Parte Superior Derecha

Nombre: Nombre del archivo o Programa (no debe pasar de 8 caracteres).

CNC Editor: Permite editar o escribir el programa de maquinado de cnc (bloques y columnas).

Simulación: Permite observar el diseño de maquinado de la pieza.

Parte Baja de la Pantalla

**Tutorial:** Permite poder meter mensajes y así como simularlos () colocar mensajes en la edición del programa.

¡: Enviar mensajes a pantalla sin detener la ejecución.

¿: Enviar mensajes y detiene la ejecución del programa hasta pulsar ENTER.

#### Teclas de Accionamiento Rápido

F1: Adquirir Ayuda General.

F1+Crtl: Proporciona ayuda de códigos G/M

F2: Guarda Rápidamente Programas de C.N.C.

F3: Carga Rápidamente programas de C.N.C.

F5: Adquirir información sobre el software.

F9: Checar, Correr, Simular Programas.

F10: Mena Principal.

F7: Iniciar Remarcacion

F8: Finalizar la Remarcacion

Además de las teclas de función o accionamiento rápido se tienen otras teclas de combinación tales como:

ALT+E :Regresar al editor.

ALT+Q: Abandonar programa o salir del Sistema Fanuc.

CTRL+PGUP: Movimiento a la primera línea.  
 CTRL+PGDN: Movimiento a la última línea.  
 CTRL+Y: Cerrar líneas.  
 CTRL+N: Abrir líneas.  
 CTRL+R: Recuperar o restaurar líneas antes editadas o borradas.  
 (Esto es solamente si no haces movimientos o cambio de línea).  
 ALT+D: Borrar el área marcada (v al salir el mensaje).  
 ALT+N: Mover el área marcada.  
 ALT+E: Permite copiar el área marcada

Teclas de Operación de la Maquina  
 Ext. Keybd  
 - Selección de operación  
 Auto: Para ejecutar un programa.  
 Edit: Para editar un programa.  
 Single Block: Ejecución de un programa paso a paso.  
 Home: Retorna a los puntos de referencia programados.  
 Block Skip: Para ignorar un bloque cuando ejecute un programa.  
 Jog: Desplaza los ejes con los incrementos deseados y sobre la marcha.  
 - Refrigerante.  
 On: Refrigerante encendido.  
 Off: Refrigerante apagado.  
 - Ejecución  
 Cycle Start: Arranca un programa.  
 Cycle Stop: Detiene un programa.  
 - Husillo  
 Spndl Cw: Movimiento del husillo en dirección de las manecillas del reloj.  
 Spndl Stop: Paro del husillo.  
 Spndl Ccw: Movimiento contrario a las manecillas del reloj.  
 - Eje/Dirección  
 -X: Movimiento en dirección -x  
 +X: Movimiento en dirección +x  
 -Z: Movimiento en dirección -z  
 +Z: Movimiento en dirección +z  
 Trvrs: Movimiento transversal rápido

Teclas de Edición  
 Alter  
 Insert  
 Delete  
 /# EOB  
 Cancel

Teclas de números y letras  
 Cursor  
 Page (final y principio de pagina)

## TENDENCIAS DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA NACIONAL.

Las Industrias Modernas exhiben dos tipos de panorama, en términos del tipo de país en la cual se ubica. Cuando se trata de países desarrollados es posible encontrar las siguientes características:

- Cada vez se exige mayor precisión y alto control de calidad.
- Los diseños de los productos son cada vez más complicados.
- La diversidad de productos crea la necesidad de flexibilidad en las maquinarias.
- Hay aumento en el tiempo de inspección.
- La fecha de entrega de los productos es cada vez menor.

- El costo de fabricación de moldes es mayor y es necesario minimizar errores.
- La formación de instructores es más difícil, pues es necesario personal, más experimentado.

En cuanto al ambiente de trabajo se observa:

- Escasez de la mano de obra calificada.
- Producción de múltiples modelos y en grandes cantidades.
- El Ambiente de taller no resulta atractivo.
- En el caso de países de menor desarrollo (subdesarrollados), se puede encontrar otro panorama con distintos problemas como por ejemplo:
  - Notable desactualización.
  - Baja competitividad.
  - Organizaciones rígidas.
  - Debilidad en el recurso humano al no conocer las nuevas tecnologías.
  - Lo cual también se acompaña de grandes necesidades de ayuda tales como:
    - Programas de gestión tecnológica.
    - Modelos de cooperación entre empresas.
    - Programas de cooperación internacional.

Tal como se puede observar el panorama desde estas dos perspectivas no es igual, sin embargo a través de una correcta orientación de planes, es posible ir escalando los niveles tecnológicos, adecuándolos cultural y técnicamente a los objetivos de desarrollo.

Siempre para este tipo de gestión, es necesario integrar los esfuerzos de la empresa privada, la Universidades y los Centros de Formación Profesional, a fin de encontrar los canales más adecuados de transferencia tecnológica. Igualmente es posible trabajar en la actualización de los recursos humanos y en la generación de ambientes confiables que fomenten la consulta de las empresas. Una última meta común y necesaria podría ser el desarrollo de la actividad de investigación que en la actualidad es muy pobre en las universidades y nula a nivel de las empresas nacionales.

Como siempre, para emprender este difícil camino es necesario que exista una voluntad política ejecutiva. Este aspecto muchas veces es uno de los más difíciles a salvar, sin embargo todo depende de que surja un clima que los impulse. Lo cual puede darse; cuando los empresarios, como potenciales beneficiarios directos de esta gestión desarrollen estrategias para lograr este clima político impulsor.

Debo aclarar que no tratamos de decir que la automatización es la única alternativa de desarrollo. Si no, más bien, que es necesario definir una línea o un plan con el cual se logre este desarrollo. La automatización es sólo una muy buena alternativa pues su dirección es hacia adelante, la cual es tal vez la mejor dirección.

## REFERENCIAS

Boon, G.K.; Mercado, A.; Automatización Flexible en la Industria ; Ed. LIMUSA-Noriega, México, 1991.

James V. Valentino and Joseph Goldenberg; "Introduction to Computer Numerical Control 3/E"  
Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458

Martino, R.L.; Sistemas Integrados de Fabricación ; Ed. LIMUSA-Noriega, México, 1990.

## REFERENCIAS Y VINCULOS WEB:

### Trabajo Publicados de Ingeniería Industrial (UPIICSA - IPN)

Ingeniería de Métodos del Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/ingdemet/ingdemet.shtml>

Ingeniería de Medición del Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/medtrab/medtrab.shtml>

Control de Calidad - Sus Orígenes

<http://www.monografias.com/trabajos11/primdep/primdep.shtml>

Investigación de Mercados

<http://www.monografias.com/trabajos11/invmerc/invmerc.shtml>

Ingeniería de Métodos - Análisis de la Producción

<http://www.monografias.com/trabajos12/andeprod/andeprod.shtml>

Ingeniería de Medición - Aplicaciones del Tiempo Estándar

<http://www.monografias.com/trabajos12/ingdemeti/ingdemeti.shtml>

Química - Átomo

<http://www.monografias.com/trabajos12/atomo/atomo.shtml>

Distribución de Planta y Manejo de Materiales (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos12/distpla/distpla.shtml>

Física Universitaria - Mecánica Clásica

<http://www.monografias.com/trabajos12/henerg/henerg.shtml>

UPIICSA - Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos12/hlaunid/hlaunid.shtml>

Pruebas Mecánicas (Pruebas Destructivas)

<http://www.monografias.com/trabajos12/pruemec/pruemec.shtml>

Mecánica Clásica - Movimiento unidimensional

<http://www.monografias.com/trabajos12/moviunid/moviunid.shtml>

Control de Calidad - Gráficos de Control de Shewhart

<http://www.monografias.com/trabajos12/concalgra/concalgra.shtml>

Química - Curso de Físicoquímica de la UPIICSA

<http://www.monografias.com/trabajos12/fisico/fisico.shtml>

Ingeniería de Métodos - Muestreo del Trabajo  
<http://www.monografias.com/trabajos12/immuestr/immuestr.shtml>

Biología e Ingeniería Industrial  
<http://www.monografias.com/trabajos12/biolo/biolo.shtml>

Algebra Lineal - Exámenes de la UPIICSA  
<http://www.monografias.com/trabajos12/exal/exal.shtml>

Prácticas de Laboratorio de Electricidad (UPIICSA)  
<http://www.monografias.com/trabajos12/label/label.shtml>

Prácticas del Laboratorio de Química de la UP  
<http://www.monografias.com/trabajos12/prala/prala.shtml>

Problemas de Física de Resnick, Halliday, Krane (UPIICSA)  
<http://www.monografias.com/trabajos12/resni/resni.shtml>

Bioquímica  
<http://www.monografias.com/trabajos12/bioqui/bioqui.shtml>

Teoría de la Empresa  
<http://www.monografias.com/trabajos12/empre/empre.shtml>

Código de Ética  
<http://www.monografias.com/trabajos12/eticaplic/eticaplic.shtml>

Ingeniería de Métodos: Análisis Sistemático de la Producción 2  
<http://www.monografias.com/trabajos12/igmanalis/igmanalis.shtml>

Física Universitaria - Oscilaciones y Movimiento Armónico  
<http://www.monografias.com/trabajos13/fiuni/fiuni.shtml>

Producción Química - El mundo de los plásticos  
<http://www.monografias.com/trabajos13/plasti/plasti.shtml>

Plásticos y Aplicaciones - Caso Práctico en la UPIICSA  
<http://www.monografias.com/trabajos13/plapli/plapli.shtml>

Planeación y Control de la Producción (PCP - UPIICSA)  
<http://www.monografias.com/trabajos13/placo/placo.shtml>

Investigación de Operaciones - Programación Lineal  
<http://www.monografias.com/trabajos13/upicsa/upicsa.shtml>

Legislación y Mecanismos para la Promoción Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/legislac/legislac.shtml>

Investigación de Operaciones - Método Simplex

<http://www.monografias.com/trabajos13/icerodos/icerodos.shtml>

Psicosociología Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/psicosoc/psicosoc.shtml>

Legislación para la Promoción Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/legislac/legislac.shtml>

**PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN: BALANCEO DE LÍNEAS DE ENSAMBLE: LÍNEAS MEZCLADAS Y DEL MULTI-MODELO**

[www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/pcplinen.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/pcplinen.htm)

**PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN - BALANCEO DE LINEAS**

[www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/pycdelapro.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/pycdelapro.htm)

**FUNDAMENTOS DE LA ECONOMÍA DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD**

[www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin/fundelacal.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin/fundelacal.htm)

**PAGOS SALARIALES: PLAN DE SALARIOS E INCENTIVOS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

[www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/rrhh/pagosal.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/rrhh/pagosal.htm)

**MANUAL DE TIEMPO ESTÁNDAR**

[www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/mantiemesivan.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/mantiemesivan.htm)

**INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

[www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/introalaih.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/introalaih.htm)

**INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES - REDES Y LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

[www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/iopertcpm.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/iopertcpm.htm)

**Trabajos Publicados de Neumática en Ingeniería Industrial**

Aire comprimido de la UPIICSA

<http://www.monografias.com/trabajos13/compri/compri.shtml>

Neumática e Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/unointn/unointn.shtml>

Neumática: Generación, Tratamiento y Distribución del Aire (Parte 1)

<http://www.monografias.com/trabajos13/genair/genair.shtml>

Neumática: Generación, Tratamiento y Distribución del Aire (Parte 2)

<http://www.monografias.com/trabajos13/geairdos/geairdos.shtml>

Neumática - Introducción a los Sistemas Hidráulicos

<http://www.monografias.com/trabajos13/intsishi/intsishi.shtml>

Estructura de Circuitos Hidráulicos en Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/estrcir/estrcir.shtml>

Neumática e Hidráulica - Generación de Energía en la Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/genenerg/genenerg.shtml>

Neumática - Válvulas Neumáticas (aplicaciones en Ingeniería Industrial) Parte 1

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvias/valvias.shtml>

Neumática - Válvulas Neumáticas (aplicaciones en Ingeniería Industrial) Parte 2

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvidos/valvidos.shtml>

Neumática e Hidráulica, Válvulas Hidráulicas en la Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/valhid/valhid.shtml>

Neumática - Válvulas Auxiliares Neumáticas (Aplicaciones en Ingeniería Industrial)

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvaux/valvaux.shtml>

Problemas de Ingeniería Industrial en Materia de la Neumática (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos13/maneu/maneu.shtml>

Electroválvulas en Sistemas de Control

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvu/valvu.shtml>

Neumática e Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/unointn/unointn.shtml>

Estructura de Circuitos Hidráulicos en Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/estrcir/estrcir.shtml>

Ahorro de energía

<http://www.monografias.com/trabajos12/ahorener/ahorener.shtml>

### **Trabajo Publicados de Derecho del Centro Escolar Atoyac**

Nociones de Derecho Mexicano

<http://www.monografias.com/trabajos12/dnocmex/dnocmex.shtml>

Nociones de Derecho Positivo

<http://www.monografias.com/trabajos12/dernoc/dernoc.shtml>

Derecho de la Familia Civil

<http://www.monografias.com/trabajos12/derlafam/derlafam.shtml>

Juicio de amparo

<http://www.monografias.com/trabajos12/derjuic/derjuic.shtml>

Delitos patrimoniales y Responsabilidad Profesional

<http://www.monografias.com/trabajos12/derdeli/derdeli.shtml>

Contrato Individual de Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/contind/contind.shtml>

La Familia en El derecho Civil Mexicano

<http://www.monografias.com/trabajos12/dfamilien/dfamilien.shtml>

La Familia en el Derecho Positivo

<http://www.monografias.com/trabajos12/dlafamil/dlafamil.shtml>

Artículo 14 y 16 de la Constitución de México

<http://www.monografias.com/trabajos12/comex/comex.shtml>

Garantías Individuales

<http://www.monografias.com/trabajos12/garin/garin.shtml>

La Familia y el Derecho

<http://www.monografias.com/trabajos12/lafami/lafami.shtml>

### **Trabajo Publicados de Historia y Filosofía**

Entender el Mundo de Hoy por Ricardo Yépez Stork

<http://www.monografias.com/trabajos12/entenmun/entenmun.shtml>

El Poder de la Autoestima

<http://www.monografias.com/trabajos12/elpoderde/elpoderde.shtml>

México de 1928 a 1934

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmentre/hmentre.shtml>

Etapas de la Independencia de México

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmetapas/hmetapas.shtml>

Gracias Vicente Fox por la Dedocracia ¡!!!

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmelecc/hmelecc.shtml>

El Perfil del hombre y la Cultura en México

<http://www.monografias.com/trabajos12/perfhom/perfhom.shtml>

Las religiones y la moral

<http://www.monografias.com/trabajos12/mortest/mortest.shtml>

Moral - Salvifichi Doloris

<http://www.monografias.com/trabajos12/morsalvi/morsalvi.shtml>

El gobierno del general Manuel González

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmmanuel/hmmanuel.shtml>

José López Portillo

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmlopez/hmlopez.shtml>

Museo de las Culturas

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmmuseo/hmmuseo.shtml>

Hombre y el Robot: A la búsqueda de la armonía

<http://www.monografias.com/trabajos12/hommaq/hommaq.shtml>

Historia de México - Las Leyes de Reforma

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmleyes/hmleyes.shtml>

Historia de México - Inquisición en la Nueva España

<http://www.monografias.com/trabajos12/hminqui/hminqui.shtml>

Historia de México - La Intervención Francesa

<http://www.monografias.com/trabajos12/hminterv/hminterv.shtml>

Historia de México - Primer Gobierno Centralista

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmprimer/hmprimer.shtml>

Historia de México - El Maximato

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmmaximt/hmmaximt.shtml>

Historia de México - La Guerra con los Estados Unidos

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmguerra/hmguerra.shtml>

México: ¿Adoptando Nueva Cultura?

<http://www.monografias.com/trabajos12/nucul/nucul.shtml>

Ranma Manga (Solo en Ingles)

<http://www.monografias.com/trabajos12/ranma/ranma.shtml>

Fraude del Siglo

<http://www.monografias.com/trabajos12/frasi/frasi.shtml>

Jean Michelle Basquiat

<http://www.monografias.com/trabajos12/bbasquiat/bbasquiat.shtml>

El Sentido del Humor en la Educación

<http://www.monografias.com/trabajos12/filyepes/filyepes.shtml>

La enseñanza de la Ingeniería frente a la Privatización

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedense/pedense.shtml>

Proceso del aprendizaje

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedalpro/pedalpro.shtml>

Giovanni Sartori, Homo videns

<http://www.monografias.com/trabajos12/pdaspec/pdaspec.shtml>

La vida: Las cosas se conocen por sus operaciones

<http://www.monografias.com/trabajos12/lavida/lavida.shtml>

¿Qué es la Filosofía?

<http://www.monografias.com/trabajos12/quefilo/quefilo.shtml>

Conocimiento sensible

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedyantr/pedyantr.shtml>

Comparación de autores y escuelas

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedidact/pedidact.shtml>

Filosofía de la educación

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedfilo/pedfilo.shtml>

Análisis de la Psicopatología de la memoria

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedpsic/pedpsic.shtml>

Empresa y familia

<http://www.monografias.com/trabajos12/teoempres/teoempres.shtml>

Antropología filosófica

<http://www.monografias.com/trabajos12/wantrop/wantrop.shtml>

Definición de Filosofía

<http://www.monografias.com/trabajos12/wfiloso/wfiloso.shtml>

Recensión del Libro Didáctica Magna

<http://www.monografias.com/trabajos12/wpedag/wpedag.shtml>

El hombre ante los problemas y límites de la Ciencia  
<http://www.monografias.com/trabajos12/quienes/quienes.shtml>

Recensión del libro Froebel. La educación del hombre  
<http://www.monografias.com/trabajos12/introped/introped.shtml>

Antropología Filosófica  
<http://www.monografias.com/trabajos12/antrofil/antrofil.shtml>

Memoria técnica de cálculo  
<http://www.monografias.com/trabajos12/electil/electil.shtml>

Memoria de cálculo  
<http://www.monografias.com/trabajos12/elplane/elplane.shtml>

#### **DATOS ACERCA DEL AUTOR:**

*Autor: Ing. Iván Escalona*  
Ingeniería Industrial  
UPIICSA – IPN  
e-mail: [la\\_polla\\_records\\_emi@yahoo.com.mx](mailto:la_polla_records_emi@yahoo.com.mx)  
[resnick\\_halliday@yahoo.com.mx](mailto:resnick_halliday@yahoo.com.mx)

Nota: Si deseas agregar un comentario o si tienes alguna duda o queja sobre algún(os) trabajo(s) publicado(s) en monografias.com, puedes escribirme a los correos que se indican, indicándome que trabajo fue el que revisaste escribiendo el título del trabajo(s), también de donde eres y a que te dedicas (si estudias, o trabajas) Siendo específico, también la edad, si no los indicas en el mail, borraré el correo y no podré ayudarte, gracias.

Estudios de Preparatoria: Centro Escolar Atoyac (Incorporado a la U.N.A.M.)

Estudios Universitarios: Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA) del Instituto Politécnico Nacional (I.P.N.)  
[www.upiicsa.ipn.mx](http://www.upiicsa.ipn.mx)

Ciudad de Origen: México.