|  |  |
| --- | --- |
| PROGRAMA DE FORMACIÓN | Fabricación digital de mobiliario |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| COMPETENCIA | 290201213. Mecanizado de piezas en máquinas de control numérico | RESULTADOS DE APRENDIZAJE | 290201213 - 03. Fabricar piezas en máquina de control numérico computarizado con base en procedimientos técnicos. |

|  |  |
| --- | --- |
| NÚMERO DEL COMPONENTE FORMATIVO | CF8 |
| NOMBRE DEL COMPONENTE FORMATIVO | Operación de máquinas CNC para la fabricación de piezas |
| BREVE DESCRIPCIÓN | El presente componente instruye sobre la operación de las máquinas CNC, para la fabricación de gran variedad de piezas; diferentes funciones, ejes y movimientos de los componentes de las máquinas CNC, la simulación de los programas transferidos o creados en la máquina y, finalmente, el mantenimiento que se requiere para un óptimo funcionamiento y vida útil de la maquinaria. |
| PALABRAS CLAVE | Operación de máquinas CNC, fabricación CNC, Control numérico computarizado CNC, programación CNC |

|  |  |
| --- | --- |
| ÁREA OCUPACIONAL | Procesamiento, fabricación y ensamble |
| IDIOMA | Español |

# **Tabla de contenidos**

**Introducción**

1. **Operación del mecanizado CNC**
2. **Montaje de material y “cero de trabajo” en máquinas CNC**
3. **Montaje y compensación de herramientas en la máquina CNC**
4. **Transferencia de archivos a la máquina CNC**
5. **Mantenimiento de la máquina de control numérico computarizado CNC**

**Introducción**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Apreciado aprendiz, bienvenido a este componente formativo, donde aprenderá sobre las diferentes funciones, los ejes y movimientos de los componentes de las máquinas CNC y sobre el montaje del material de trabajo. Podrá cualificarse y fortalecer sus competencias en lo relacionado con el concepto e importancia de “cero de trabajo” y “cero de máquina”. Adquiera experticia en montaje de las herramientas y su compensación, transferencia de archivos con los programas y su simulación, operación de la máquina en la ejecución de los programas y mantenimiento de las máquinas CNC.  En el siguiente video conocerá, de forma general, la temática que se estudiará a lo largo del componente formativo. |

**Guion video introductorio**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Video spot animado | | | |
| **NOTA** | **La totalidad del texto locutado para el video no debe superar las 500 palabras aproximadamente** | | | |
| **Título** | Operación de máquinas CNC para la fabricación de piezas | | | |
| **Escena** | **Imagen** | **Sonido** | **Narración (voz en off)** | **Texto** |
| 1 | Producción: como sugerencia, por favor, crear una secuencia entre las imágenes y videos que se presentan en cada una de las escenas. Utilizar efectos como fade in y fade out entre cada paso de imagen o video para generar una adaptación amable entre ellos. Si se puede, crear acercamientos o barridos de las imágenes. Utilizar el texto en pantalla para que complemente la voz en off en el momento en que se escuche. Se acepta con agradecimiento el dinamismo y efecto que puedan generar basados en sus conocimientos. Gracias.  Close up of the CNC lathe clamping  raw material steel rod  .Hi-precision CNC machining concept.Raw material steel rod for CNC lathe precess | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | La operación de las máquinas herramientas CNC se fundamenta en el conocimiento que el operario tiene de estas, de sus componentes, partes, y las funciones que cumplen.  Comenzando por el torno CNC del que se obtienen piezas generadas por la revolución del material, mientras se le extrae viruta con las herramientas de corte llamadas buriles se ejecutan operaciones como cilindrado, refrenado, conicidades, roscado y moleteado, entre otras. | Funciones del torno CNC  Obtenemos piezas generadas por la revolución del material. |
| **2** | pieza de precisión de mecanizado por el centro de mecanizado CNC | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | Con la fresadora CNC se obtienen piezas de formas logradas mediante el arranque de viruta al material de trabajo, gracias al giro de las herramientas de corte llamadas fresas, ejecutando operaciones de ranurado con geometrías variadas. | Funciones de la fresadora CNC  Obtenemos piezas de formas logradas mediante el arranque de viruta. |
| **3** | Spindle chuck and installed metal part in pocessing on high precision Cnc industrial lathe turning machine. CNC machine cuts off excess edges on metal part | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | El centro de mecanizado tiene mucho en común con la fresadora CNC, se diferencian principalmente en los rangos de velocidades de giro de las herramientas y la cantidad de grados de libertad o ejes, teniendo el centro de mecanizado un eje más, generado al montar sobre la mesa de trabajo un elemento para fijar el material semejante al plato de sujeción de un torno. | Funciones del centro de mecanizado CNC  Rangos de velocidades de giro de las herramientas y la cantidad de grados de libertad o ejes.  Tiene un eje más para fijar el material semejante al plato de sujeción de un torno. |
| **4** | Fabricación de tecnología de corte de láser o plasma industrial de chapa plana. material de acero con chispas | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | Continuando con la mesa de corte por plasma CNC, que se encarga de cortar láminas o platinas de metales o materiales conductores de la electricidad, gracias al flujo de plasma y al movimiento de la antorcha. | Funciones de la mesa de corte por plasma CNC  Se encarga de cortar láminas o platinas de metales o materiales conductores de la electricidad. |
| **5** | The 4-axis CNC milling machine or machining center attach the rotation axis cutting the sample part  with the solid ball endmill tool.The Hi-Technology manufacturing process. | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | Para continuar con la comprensión del funcionamiento de las máquinas CNC, se tienen los movimientos de las herramientas y sus trayectorias que se logran gracias a la referencia por un sistema de coordenadas semejante al sistema cartesiano conformado por ejes o grados de libertad. | Ejes o grados de libertad.  Sistema de coordenadas semejante al sistema cartesiano. |
| **6** |  |  | También es necesario tener en cuenta el montaje del material de trabajo y la definición del cero de trabajo, que, de acuerdo con la pieza deseada se define como el origen o punto donde se cruzarán los ejes mencionados anteriormente. | Definición del cero de trabajo.  Origen o punto donde se cruzan los ejes. |
| **7** | *Compensación de herramientas en fresadora y centro de mecanizado CNC.* |  | Así mismo, la operación de las máquinas CNC, la actividad del montaje de las herramientas y su compensación es importante. El montaje se hace para el torno en el portaherramientas, para la fresadora y centro de mecanizado en el carrusel; la antorcha en la mesa de corte por plasma va montada sobre el sistema de pórtico. La compensación de las herramientas se hace para indicar a la máquina CNC, la ubicación, luego de su montaje, de la punta de las herramientas y también el valor de sus radios y otras características con el fin de trabajar con exactitud, no solo con las trayectorias sino con los cortes reales que le causarían al material de trabajo. | Compensación de herramientas.  Montaje de las herramientas y su compensación.  El torno en el portaherramientas.  La fresadora y centro de mecanizado en el carrusel.  La antorcha en la mesa de corte por plasma va montada sobre el sistema de pórtico. |
| **8** | Escena abstracta de la fresadora CNC de 5 ejes que corta las piezas del automóvil con herramientas de acabado de bola sólida. Proceso de fabricación de piezas de automoción de alta tecnología por un centro de mecanizado de 5 ejes. |  | Siguiendo con la transferencia de los archivos que contienen los programas, esta se hace mediante dispositivos de almacenamiento y abriéndolos en el panel de control, generalmente las máquinas convierten las extensiones de archivos de origen en archivos \*NC que son los que reconocen las máquinas de control numérico. | Transferencia de archivos.  Dispositivos de almacenamiento.  Las máquinas convierten las extensiones de archivos de origen en archivos \*NC. |
| **9** | VERICUT es el corazon en el proceso de manufactura CNC |  | Luego se realiza la simulación del programa y se edita, si fuera necesario. Ahora sí, se ejecuta el programa estando siempre pendiente del comportamiento de la máquina.  Finalizando con el mantenimiento periódico a la máquina, este se basa en el aseo y la lubricación de sus componentes. | Simulación y ejecución del programa |
| **Nombre del archivo** | 835201\_ v1 | | | |

**1. Operación del mecanizado CNC**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Para comprender la operación de una máquina herramienta de control numérico computarizado CNC es necesario, inicialmente, tener una idea de cómo funcionan las máquinas convencionales, es decir las que no tienen los controles automáticos, con el fin de comprender mejor las funciones automáticas con las que se mecanizará la pieza proyectada. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Tarjetas Avatar | |
| **Introducción** | Igualmente, es de suma importancia conocer algunos aspectos cruciales sobre la máquina herramienta CNC como, por ejemplo: | |
| ¿Qué tipo de máquina es? | |  |
| ¿Qué tipo de tecnología es? | |  |
| El manual del fabricante | |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de recurso | Cajón de texto de color |
| En el manual del fabricante se encuentra toda la información técnica necesaria para poder ponerla en marcha y lograr mecanizar la pieza que se desea obtener, de acuerdo con los requerimientos plasmados en el plano técnico y traducidos al lenguaje CNC de la máquina, mediante el *software* de fabricación asistida por computador CAM. | |

**Funciones en las máquinas CNC**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Las funciones en las máquinas de control numérico computarizado CNC se dan, según las herramientas que sea necesario usar. Existen funciones específicas para el torno CNC, la fresadora CNC, el centro de mecanizado y la cortadora por plasma. |

**Funciones del torno CNC**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Infografía estática |
| **Texto introductorio** | A continuación, se exponen las características de un torno de control numérico computarizado CNC: |
| Título de la infografía: **Torno CNC**  Producción: Por favor, poner en el centro Visualización de datos empresariales. iconos de infografía de línea de tiempo diseñados para la plantilla de fondo abstracto  **Torno CNC**  Alrededor sus partes:  **Monitor y panel de control**  **Motores**  **Plato de sujeción**  **Porta herramientas**  **Contrapunto**  **Bancada o soporte**  **Carros de avance**  **Puertas**  **Luces indicadoras** | |
| **Código de la imagen** | 835201\_ i1 |

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Las funciones en un torno de control numérico computarizado CNC están destinadas a lograr obtener la pieza generada por la revolución del material, mientras que se va logrando la forma final, a medida que se le arranca viruta al material mediante las herramientas de corte llamadas buriles**.** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Slider Presentación | |
| **Introducción** | Las funciones del torno de control numérico computarizado CNC, están relacionadas con sus partes y componentes, los cuales se describen a continuación: | |
| **Monitor y panel de control**  Es la parte del torno con la que más interactúa el operador de la máquina de control numérico computarizado CNC, ya que es allí donde se realizan las funciones de: programación, recepción e intercambio de archivos con los programas, visualización del estado de la máquina, de las funciones y operaciones que se están ejecutando, control de las partes y herramientas, así como los diferentes mensajes que estos envían durante la operación o simulación del mecanizado. | | Panel de control de la máquina cilíndrica CNC. Enfoque selectivo.  **Imagen:** 835201\_ i2 |
| **Motores**  Generalmente no están a la vista del operario. Son los encargados de generar tanto el movimiento del husillo principal donde se transfiere al material de trabajo, así como a los diferentes carros que permiten el avance y movimientos de las herramientas, normalmente son servomotores o motores de alta potencia que se pueden controlar en su velocidad, potencia y sentido de giro, mediante un programa de computador. | | Motores eléctricos (motor del servo de CA, motor sin escobillas de CC y motor de paso)  **Imagen:** 835201\_ i3 |
| **Plato de sujeción**  Es la parte del torno que tiene la función de sostener el material del trabajo mientras se le realiza el mecanizado. Puede tener tres o cuatro mordazas y ser autocentrante, o no. En los tornos CNC más avanzados, se permite realizar el apriete de manera automática mediante un *clamp* que funciona con aire o aceite, es decir, neumático o hidráulico, dependiendo de la arquitectura de la máquina CNC. | | Close up of the CNC lathe clamping  raw material steel rod  .Hi-precision CNC machining concept.Raw material steel rod for CNC lathe precess  **Imagen:** 835201\_ i4 |
| **Porta herramientas**  Su función en el torno es la de sostener y disponer las herramientas de corte o buriles en el momento indicado en el programa, también permite, ya que está montada sobre los carros de desplazamiento, los movimientos de avance y velocidades necesarios para lograr arrancar la viruta al material y obtener las formas y acabados planeados para la pieza final; pueden tener la capacidad desde 4, 6, hasta 16 herramientas simultáneamente. | | Pieza de automoción de mecanizado del operador mediante la máquina de giro cnc  **Imagen:** 835201\_ i5 |
| **Contrapunto**  Es un elemento del torno con forma cónica ubicado justo al frente del plato de sujeción del material que gira sobre su eje alineado con el eje de giro del material, permite trabajar con materiales de longitud considerable eliminando el juego o movimiento oscilatorio que se genera al ponerlos a girar y aplicarles presión radial con el buril al arrancarle viruta. | | La ranura de la placa de la máquina CNC multitarea corta las piezas del eje de latón mediante el husillo de fresado. El metal de alta tecnología que funciona con la máquina giratoria CNC.  **Imagen:** 835201\_ i6 |
| **Bancada o soporte**  Es la columna vertebral del torno, tiene como función principal sostener y permitir el movimiento o desplazamiento longitudinal de los carros de avance, también es la parte que define el tamaño o capacidad del torno en cuanto a la longitud máxima del material de trabajo. | | CNC milling machine while working  **Imagen:** 835201\_ i7 |
| **Carros de avance**  Son elementos similares a los rieles de un tren, es decir, permiten que sobre ellos se ubique el portaherramientas para ser movilizados longitudinalmente, transversalmente, y en forma oblicua durante el corte del material, siguiendo el desarrollo del programa en el *software* de fabricación asistido por computador. | | Máquina CNC para madera. ver desde arriba  **Imagen:** 835201\_ i8 |
| **Puertas**  Un torno de **control numérico computarizado** CNC puede tener de acuerdo con su arquitectura o diseño varias puertas con la función de resguardar elementos limitando su acceso. Las principales son las puertas o guardas de seguridad, que usualmente son translucidas y deben estar cerradas solamente durante la operación del torno y las puertas o guardas de acceso a motores o a componentes que requieren acceso periódico por ejemplo para el mantenimiento; estas generalmente tienen elementos como llaves que limitan para que solamente sean abiertas por la persona indicada. | | trabajador industrial cerca del centro de fresadoras cnc en taller de herramientas de fábrica  **Imagen:** 835201\_ i9 |
| **Luces indicadoras**  Generalmente están ubicadas en la parte superior de la máquina donde puedan observase desde cualquier punto de la empresa, su función es poder identificar el estado de la máquina desde una distancia dentro del taller, es decir, si la máquina está ejecutando un programa, si presenta alguna novedad en su funcionamiento o si está suspendida o parada. | | CNC del panel de control de máquina  **Imagen:** 835201\_ i10 |

**Funciones de la fresadora CNC**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Infografía estática |
| **Texto introductorio** | El siguiente esquema expone las partes características de una **fresadora CNC:** |
| Título de la infografía: **Fresadora CNC**Visualización de datos empresariales. iconos de infografía de línea de tiempo diseñados para la plantilla de fondo abstracto  Producción: Por favor, poner en el centro  **Fresadora CNC**  Alrededor sus partes:  **Cabezal**  **Mesa de trabajo**  **Carrusel de herramientas**  **Monitor y panel de control**  **Carros de avance** | |
| **Código de la imagen** | 835201\_ i11 |

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Las funciones en una fresadora de control numérico computarizado CNC están destinadas a obtener una pieza generada por la revolución de las herramientas de corte llamadas fresas, que arrancan viruta al material fijado en una mesa mientras esta se desplaza de acuerdo a las trayectorias para obtener las formas deseadas. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Slider Presentación | |
| **Introducción** | A continuación, se describen las funciones relacionadas con las partes y componentes de la fresadora de control numérico computarizado CNC: | |
| **Cabezal**  El cabezal es la parte de la fresadora que se encarga de recibir la transmisión de la fuerza y el movimiento rotacional del motor principal y llevarlos a las herramientas de corte, en este caso, las fresas, las cuales, gracias al material duro y a sus formas o geometrías, pueden arrancar la viruta al material de trabajo y, de esta manera, obtener la forma de la pieza final. Generalmente, el cabezal se encuentra en la parte superior de la máquina. | | Metalworking CNC milling machine. Cutting metal modern processing technology.Milling metalworking process. Industrial high precision CNC metal machining by vertical mill.  **Imagen:** 835201\_ i12 |
| **Mesa de trabajo**  Tiene la función de soportar el elemento de sujeción del material (prensa) y moverlo o desplazarlo de acuerdo a las trayectorias del recorrido para obtener, mediante el arranque de viruta de las herramientas, las formas de la pieza final; estos movimientos se dan gracias a que la mesa esta soportada por los carros de avance. | | pieza de precisión de mecanizado por el centro de mecanizado CNC  **Imagen:** 835201\_ i13 |
| **Carrusel de herramientas**  Es la parte de fresadora que tiene como función sostener las herramientas de corte, es decir las fresas, y disponerlas en el momento que se requieran de acuerdo con el programa creado en el *software* de fabricación asistida por computador CAM. Tiene la capacidad de alojar de 4, 8 o 16 herramientas. | | Husillo de una máquina de molturación con una revista de cortadores sobre el fondo de productos mdf  **Imagen:** 835201\_ i14 |
| **Monitor y Panel de control**  Al igual que en el torno de control numérico computarizado CNC, es la parte de la fresadora con la que más interactúa el operador de la máquina CNC, ya que es allí donde se realizan las funciones de: programación, recepción e intercambio de archivos con los programas, visualización del estado de la máquina, de las funciones y operaciones que se están ejecutando, control de las partes y herramientas, así como los diferentes mensajes que estos envían durante la operación o simulación del mecanizado. | | Panel de control de la máquina de fresado CNC vertical. Enfoque selectivo.  **Imagen:** 835201\_ i15 |
| **Carros de avance**  Permiten que la mesa que sujeta el material de trabajo tenga desplazamiento en 3 sentidos, longitudinal, transversal y de altura, gracias a que la sostienen de manera semejante a un riel de ferrocarril, esto con el fin de generar las ranuras con trayectorias que se dan por el programa creado en el *software* de fabricación asistida por computador CAM, mientras que la herramienta gira a grandes velocidades arrancando viruta al material de trabajo. | | Máquina de fresado CNC de metal. Tecnología de procesamiento moderno de metal. Pequeña profundidad de campo. Advertencia: disparos auténticos en condiciones difíciles. Un poco de grano y tal vez difuminado.  **Imagen:** 835201\_ i16 |

**Funciones del centro de mecanizado**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Tarjetas Avatar | |
| **Introducción** | El centro de mecanizado de control numérico computarizado CNC es muy parecido a una fresadora de control numérico computarizado CNC, sus principales diferencias son: | |
| **Velocidad de giro del cabezal**  En el centro de mecanizado está por encima de 8000 rpm, mientras que en la fresadora CNC llegan de 4000 rpm a 8000 rpm. | | fresadora icono gratis  **Imagen** 835201\_ i17 |
| **Cambio de herramientas**  El cambio de herramientas en el centro de mecanizado es automático de acuerdo con el programa, mientras que en la fresadora hay que cambiarlo manualmente. | | fresadora icono gratis  **Imagen:** 835201\_ i18 |
| **Ejes o grados de libertad**  La fresadora CNC tiene 4 ejes o grados de libertad y el centro de mecanizado, más de 4, las funciones de sus componentes son semejantes. | | fresadora icono gratis  **Imagen:** 835201\_ i19 |

**Funciones de la cortadora por plasma**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Slider Presentación | |
| **Introducción** | Las funciones y características de la cortadora por plasma son: | |
| **Mesa de corte**  Aparte de sostener el material de trabajo, que son las láminas o platinas que se quieren cortar, la mesa de corte cumple con otras funciones como el soporte de los carros de desplazamiento y en el momento que la antorcha corta el material, el flujo de aire del plasma hace que las partículas generadas por el corte se dirijan hacia una película de agua que contiene una tina ubicada en la parte inferior de la mesa, con el objetivo de retenerlas y de enfriarlas evitando así que se presenten accidentes. | | CNC laser cutting metal sheet.Modern industrial technology.  **Imagen:** 835201\_ i20 |
| **Sistema de corte por plasma**  Se encarga de que, a través de la antorcha, fluya el plasma con las condiciones necesarias para que éste corte las láminas del material de trabajo. Este puede ser *Plasma Arc Cutting* o PAC convencional, PAC por oxigeno o PAC de alta definición. | | Fabricación de tecnología de corte de láser o plasma industrial de chapa plana. material de acero con chispas  **Imagen:** 835201\_ i21 |
| **Control de la altura de la antorcha**  Se lleva a cabo en la parte superior del sistema de pórtico, la tarea la ejecuta al aumentar o reducir el flujo de gas o de electrones, según lo requieran el espesor y las características del material de trabajo. | | Young engineer setup plasma cutter for work in metalwork workshop.  **Imagen:** 835201\_ i22 |
| **Sistema de CNC**  Se encarga de controlar los movimientos de la antorcha de acuerdo con las trayectorias en el programa creado en el *software* de fabricación asistida por computador CAM, estos movimientos se logran gracias al sistema de pórtico sobre el cual está ubicada la antorcha. | | Young engineer setup plasma cutter for work in metalwork workshop.  **Imagen:** 835201\_ i23 |

**Ejes y movimientos de las máquinas CNC**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Tanto para la creación del programa CNC, como para la comprensión del funcionamiento de la máquina de control numérico computarizado CNC, es necesario entender muy bien cómo son los movimientos de los componentes de cada una de las máquinas CNC, los cuales se realizan teniendo en cuenta como referencia los ejes de un sistema cartesiano. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Slider Imagen | |
| **Introducción** | Comprendamos el funcionamiento de los ejes y sus movimientos, mediante las siguientes demostraciones: | |
| **Ejes en el torno CNC**  Para comprender los ejes en los que se desarrollan los movimientos en un torno de control numérico computarizado CNC, es necesario imaginar que el observador se encuentra ubicado de frente al plato de sujeción y, por tanto, los ejes de referencia serán el eje X hacia la derecha, el eje X hacia la izquierda, el eje Z sería el eje de rotación del plato de sujeción positivo hacia el observador y negativo hacia el frente de él. | | **Imagen:** 835201\_ i24 |
| **Ejes en la fresadora CNC**  Están definidos por los movimientos generados por los carros, longitudinal, transversal y de alturas de la mesa de trabajo; el eje X es el movimiento del carro longitudinal, el eje Y el movimiento del carro transversal, y el eje Z el movimiento del carro de las alturas. En este caso el operador se encuentra ubicado en el frente de la fresadora. | | **Imagen:** 835201\_ i25 |
| **Ejes en el centro de mecanizado CNC**  Son semejantes a los de la fresadora de control numérico computarizado CNC, solo que le aumentan los ejes del elemento de sujeción del material (semejante a un plato de sujeción), para el caso de un centro de mecanizado de 5 ejes. | | **Imagen:** 835201\_ i26 |
| **Ejes en la mesa de corte por plasma CNC**  En la mesa de corte por plasma CNC los ejes X y Y están definidos por los movimientos del sistema de pórtico “*Gantry*” y el eje Z por el control de altura de la antorcha, generando un sistema de coordenadas cartesiano 3D. | | Fabricación de tecnología de corte de láser o plasma industrial de chapa plana. material de acero con chispas  **Imagen:** 835201\_ i27 |

**2. Montaje de material y “cero de trabajo” en máquinas CNC**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Aunque el montaje del material y la definición del cero de trabajo pareciera una actividad no muy relevante en los procesos de mecanizado CNC, es necesario que el operador conozca muy bien las diferentes opciones y efectos que tendría tanto en la programación CNC, como en la ejecución de las diferentes operaciones con las máquinas de control numérico computarizado CNC.  El símbolo para representar este punto gráficamente es el que se muestra a continuación:  **Figura 1**  *Cero de trabajo* |

**Montaje del material y definición del cero de trabajo en el torno CNC**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Acordeón tipo 1 |
| **Introducción** | A continuación, se analizan el montaje y las características del cero de trabajo en el torno de control numérico computarizado CNC: |
| **Imagen:** 835201\_ i28 | |
| **Montaje**  En el torno de control numérico computarizado CNC el montaje del material de trabajo se realiza con el plato de sujeción. | |
| **Relación entre diámetro y material**  Hay que tener en cuenta la relación entre el diámetro del material y la longitud de “volado” que queda disponible para ser mecanizada, esto con el fin de determinar si es necesario utilizar el contrapunto | |
| **Cero de trabajo**  Luego pasa a definir el cero de trabajo, este es, como si fuera el origen del plano cartesiano, para que la máquina pueda tener una referencia en las trayectorias de los movimientos para mecanizar las diferentes operaciones. | |
| **Intersección del eje Z**  En el torno se tiene en cuenta el punto de intersección del ejeZ (de rotación del material) con la cara plana expuesta del material. | |
| **Trayectoria**  A partir de ahí se tiene el cero de trabajo y cualquier trayectoria se indicará mediante el sistema de coordenadas X y Z. | |

**Montaje del material y definición del cero de trabajo en la fresadora CNC**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Acordeón tipo 1 |
| **Introducción** | Algunas consideraciones a tener en cuenta para el montaje del material y la definición del cero de trabajo en la fresadora de control numérico computarizado CNC son: |
| **Imagen:** 835201\_ i29 | |
| **Montaje**  En la fresadora de control numérico computarizado CNC el montaje del material de trabajo se realiza mediante la prensa soportada en la mesa longitudinal. | |
| **Dimensiones del material**  Es importante tener en cuenta el espesor o la altura del material para que, a la hora de mecanizar, las herramientas o fresas no vayan a cortar ni la prensa ni la mesa. | |
| **Cero de trabajo**  Para definir el cero de trabajo en la fresadora CNC se debe tener cuenta la forma de la pieza. | |
| **Operaciones con las que se va a mecanizar**  Se deben tener en cuenta las operaciones con las que se planea mecanizar, ya que el cero de trabajo en esta lo puede ubicar el operador en cualquier parte del material de trabajo, eso sí, desde el momento de crear el programa. | |

**Montaje del material y definición del cero de trabajo en el centro de mecanizado CNC**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Acordeón tipo 1 |
| **Introducción** | El procedimiento para el montaje del material y la definición del cero de trabajo en el centro de mecanizado CNC es el siguiente. |
| **Imagen:** 835201\_ i30 | |
| **Montaje**  En el centro de mecanizado CNC el montaje del material es semejante al montaje en la fresadora CNC, la diferencia está en si se va a montar en un plato de sujeción, en este caso se tendría en cuenta las recomendaciones de montaje en un torno. | |
| **Cero de trabajo**  Para determinar el cero de trabajo, igualmente si se usa la prensa sobre la mesa longitudinal, el cero de trabajo será determinado como en la fresadora CNC. | |
| **Cero de trabajo**  Si se va a utilizar el plato de sujeción, el cero de trabajo se determina tal como en un torno CNC. | |

**Montaje del material y definición del cero de trabajo en la mesa de corte por plasma CNC**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Acordeón tipo 1 |
| **Introducción** | A continuación, la manera en que se hace el montaje y la definición del cero de trabajo en la mesa de corte por plasma CNC. |
| **Imagen:** 835201\_ i31 | |
| **Montaje**  En la mesa de corte por plasma CNC el material se ubica sobre la mesa en la posición que el operario considere que es la mejor. | |
| **Cero de trabajo**  Para determinar el cero de trabajo en la mesa de corte por plasma CNC, se procede de manera semejante al proceso en la fresadora CNC, es decir, depende de las formas a cortar y para optimizar el material. | |
| **Automatización**  En algunas marcas y modelos, la máquina suele distribuir los cortes; el operario, a su consideración, los puede modificar, o no. | |

**3. Montaje y compensación de herramientas en la máquina CNC**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Una actividad importante, previa a la ejecución del programa en las máquinas herramientas controladas numéricamente por el computador, es el montaje de las herramientas y, posteriormente, su compensación que es indicarle a la máquina la posición del extremo de la herramienta; además de indicarle el radio de la punta de la herramienta.  Esto con el fin de tener en cuenta que, aparte de la trayectoria que recorre la herramienta cortando el material, también se desbastará todo su diámetro como se observa en la imagen siguiente:  **Figura 2**  *Trayectoria de mecanizado* |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Slider pasos | |
| **Introducción** | Continuemos con este tema, analizando la compensación en las diferentes herramientas: | |
| **Slide 1** | **Montaje y compensación de herramientas en el torno CNC**  En el torno de control numérico computarizado CNC el montaje de las herramientas se hace en la torreta portaherramientas y para compensar los radios se utiliza: el código G 40 para compensar el radio de la herramienta a la izquierda, y el código G42 a la derecha. Es importante tener en cuenta que las herramientas que se montan deben ser estandarizadas y las encontramos en la norma ISO 1832.  Para la compensación de herramientas en el torno de control numérico computarizado CNC, se puede realizar “manualmente” es decir con la función “*hand jog*”, que traen todas las máquinas de control numérico CNC; primero una operación de refrentado o careado, que es desbastar el material de trabajo mientras que gira, por una de sus caras hasta que quede plana, para luego indicarle sin haber desplazado la herramienta, que en ese momento la herramienta se encuentra en el cero la coordenada Z de la máquina, ósea que queda indicado el cero de trabajo en Z.  Ahora para el eje X se realiza una operación de cilindrado; es decir, arrancarle viruta al material de trabajo mientras esta gira, para reducir el diámetro a lo largo de toda su longitud, ahora se debe tomar la medida exacta del diámetro con el que quedó el material de trabajo (con una herramienta de precisión y suspender la marcha de la máquina), para luego indicarle a la máquina que la punta de la herramienta con la que se ejecutó el cilindrado se encuentra en el punto (se introduce el valor de la dimensión del diámetro del material de trabajo) de la coordenada X. | El operario de fábrica está programando una máquina de fresado CNC con un equipo de tableta.  **Imagen:** 835201\_ i33 |
| **Slide 2** | **Montaje y compensación de herramientas en la fresadora CNC**  En la fresadora de control numérico computarizado CNC las herramientas se montan en el carrusel, tal como lo indique el fabricante, generalmente es mediante el sistema de cono ISO, para la compensación de las herramientas al igual que en el torno, se indican los radios de cada una de ellas con los códigos G40, G41 y G42, como se observa en la figura.  Para compensar las herramientas de la fresadora de control numérico CNC, se puede realizar un fresado frontal (el arranque de viruta se hace con la parte de frente o dirección al eje de la fresa) a la parte más alta del material de trabajo, colocando, puede ser, una hoja de papel con el fin de que se detecte rápidamente el punto cero (en el momento que la herramienta toque el papel) y se le indica a la máquina la posición cero del eje Z, para los demás ejes X y Y, se puede señalar, dependiendo la forma del mecanizado, el lugar que el operador considere más conveniente. | Husillo de una máquina de molturación con una revista de cortadores sobre el fondo de productos mdf  **Imagen:** 835201\_ i34 |
| **Slide 3** | **Montaje y compensación de herramientas en el centro de mecanizado CNC**  En el centro de mecanizado de control numérico computarizado CNC el montaje de las herramientas se hace de la misma manera que en una fresadora CNC mediante el cono ISO y en el carrusel de herramientas, igualmente para la compensación radial se procede con los códigos G40, G41 y G42. | **Imagen:** 835201\_ i35 |
| **Slide 4** | **Montaje y compensación de herramientas en la mesa de corte con plasma CNC**  En la mesa de corte con plasma de control numérico computarizado CNC, la herramienta es la antorcha que se monta generalmente sobre el sistema de pórtico (*Gantry*) y no hay compensación de herramientas, pero si se ajusta la altura de la antorcha dependiendo del espesor del material a trabajar, su composición y la velocidad de avance del corte que se desea. | Máquina Plasma CNC  **Imagen:** 835201\_ i36 |

**4. Transferencia de archivos a la máquina CNC**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Los archivos que contienen el programa con las instrucciones para ejecutar el mecanizado en las máquinas herramientas CNC se pueden transferir a estas, de diferentes maneras. La más común es mediante un dispositivo de almacenamiento o USB, pero no es como pasar un archivo cualquiera. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Tarjetas Avatar | |
| **Introducción** | Dependiendo de la máquina, algunas marcas tienen requerimientos para: | |
| **Nombrar los archivos** | | requerido icono gratis  **Imagen** 835201\_ i37 |
| **Indicar las extensiones de archivo** | | requerido icono gratis  **Imagen:** 835201\_ i38 |
| **Aportar compatibilidad de los archivos que pueden recibir** | | requerido icono gratis  **Imagen:** 835201\_ i39 |

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| La mayoría de las máquinas permiten abrir los archivos creados en *softwares* de fabricación asistida por computador o CAM, estos generalmente son convertidos en **extensión \*.NC** utilizados para maquinaria con control numérico. Se debe consultar siempre el manual de usuario de cada máquina.Escena abstracta de la fresadora CNC de 5 ejes que corta las piezas del automóvil con herramientas de acabado de bola sólida. Proceso de fabricación de piezas de automoción de alta tecnología por un centro de mecanizado de 5 ejes. |

**Simulación en la máquina CNC**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| La mayoría de las máquinas CNC permiten realizar una simulación de las instrucciones y códigos del programa que se desea correr antes de ser ejecutado, de ser necesario se puede modificar. Cada marca puede diferir en la forma de hacerlo.  Por ejemplo, en el centro de mecanizado vertical CNC HAAS VF2, se pueden ejecutar las siguientes acciones:   * Luego de compensar las herramientas y de abrir el archivo del programa, admite modificarlo de ser necesario. * Realiza la simulación de cada una de las operaciones, así como del mecanizado general con todas las operaciones contenidas en el programa, para esto en el panel de control de la máquina se selecciona la herramienta de “*operations manage*r”. * En *operations manager*, seleccionar de la lista de las operaciones las que se quieran simular, también si se quiere simular todas las operaciones se selecciona el botón “*select all*”, se activa el comando “*verify*”. * Se puede cambiar la vista en la que se hará la simulación, normalmente a la vista isométrica ya que se aproxima más a la realidad. * Al dar*,* la máquina muestra una secuencia de las operaciones de mecanizado programadas en el archivo. |

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Analice a profundidad un ejemplo de simulación en la máquina CNC, en el siguiente enlace |

**Operación de la máquina CNC**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| El siguiente video muestra el procedimiento que se debe realizar para la operación de las máquinas CNC: |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Video spot animado | | | |
| **NOTA** | **La totalidad del texto locutado para el video no debe superar las 500 palabras aproximadamente** | | | |
| **Título** | Operación de la máquina CNC | | | |
| **Escena** | **Imagen** | **Sonido** | **Narración (voz en off)** | **Texto** |
| **1** | Producción: como sugerencia, por favor, crear una secuencia entre las imágenes y videos que se presentan en cada una de las escenas. Utilizar efectos como fade in y fade out entre cada paso de imagen o video para generar una adaptación amable entre ellos. Si se puede, crear acercamientos o barridos de las imágenes. Utilizar el texto en pantalla para que complemente la voz en off en el momento en que se escuche. Se acepta con agradecimiento el dinamismo y efecto que puedan generar basados en sus conocimientos. Gracias.  Trabajador en talleres industriales programando una máquina cnc usando teclado | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | La operación de las máquinas herramientas CNC comienza con las actividades de: alistamiento de las máquinas, la transferencia del archivo, el montaje de material, el montaje y la compensación de cada una de las herramientas, la simulación y la edición del programa si fuera necesario. Luego se sigue con la ejecución del programa. | Actividades previas |
| **2** | cycle start button focused on the keypad of a CNC milling machine, while the operator is pushing a button on background, in a metal manufacturing workshop | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | Se debe tener en cuenta que, una vez hecha la simulación y la corrección del programa, este se ejecuta o se corre mediante el botón o la orden “*Cycle Start*”, en este momento la máquina- herramienta CNC comenzará con el mecanizado, si es el torno CNC se pone en marcha, el plato de sujeción del material; si es la fresadora o centro de mecanizado CNC, el husillo con la primera herramienta que mecanizará el material y si es la mesa de corte con plasma CNC se prenderá la antorcha y se localizará en el cero de trabajo indicado. | Inicio del mecanizado |
| **3** | Máquina de fresado con molino en el paño preparándose para procesar detalles de metal en la fábrica de manufactura industrial | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | Luego vienen los movimientos de las herramientas, que generalmente comienzan con el desplazamiento rápido (G00) de la primera herramienta a utilizar desde el cero de máquina (el origen del sistema de coordenadas de la máquina, diferente al cero de material) hasta la tangencia del material, el operario debe estar muy pendiente, sobre todo al comienzo de cada movimiento de la máquina, ya que es en este momento donde en realidad se confirma que hasta ahora todo se ha hecho bien. | Movimientos iniciales de las herramientas |
| **4** | detalle del eje girando la herramienta de la máquina de corte de metal en la fábrica de fabricación | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | Entonces se debe confirmar: que el material quedó bien montado y sujetado con el suficiente apriete, si es en el torno CNC, en el plato de sujeción; si es en la fresadora o centro de mecanizado CNC, en la prensa o en el divisor universal sobre la mesa de trabajo. También es necesario verifica si las herramientas de corte, que hasta ahora comienzan a cortar el material de trabajo fueron bien montadas y compensadas, es decir que la máquina identificó bien dónde es el extremo, su punta y las características como su radio, también que el cero de trabajo (es decir el origen del sistema de coordenadas con el que se guiarán las herramientas) quedó bien definido de acuerdo con la forma de la pieza que se quiera obtener. | Verificación de las condiciones iniciales |
| **5** | Proceso de fresado de metalurgia. Mecanizado de metal CNC industrial por molino vertical | Colocar si habrá un sonido o música de fondo | Además, es importante estar pendiente también del correcto funcionamiento del sistema de refrigeración, de ser necesario, la mayoría de máquinas herramientas CNC permiten accionar manualmente este sistema, por si de pronto en la programación no quedó correctamente asignado. | Refrigeración |
| **6** | El indicador de luces de trabajo industriales de una máquina de cnc muestra una señal de parada roja, foto de cierre con foco suave selectivo |  | Una vez que se haya confirmado que todos los parámetros anteriores arrancaron correctamente, el operario podrá ahora estar pendiente solamente de que no haya nada extraordinario ajeno al proceso, por ejemplo, una falla en el fluido eléctrico, esto se puede hacer a cierta distancia, sin desconectarse del todo del proceso, en este momento son de gran utilidad las luces indicadoras del estado de la máquina CNC que están ubicadas estratégicamente para esto. | Monitoreo de la operación |
| **Nombre del archivo** | 835201\_ v2 | | | |

**5. Mantenimiento de la máquina de control numérico computarizado** **CNC**

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Aunque al momento de adquirir una máquina de control numérico computarizado CNC generalmente se incluye el paquete de mantenimiento periódico preventivo, existen una serie de actividades y recomendaciones de los fabricantes con el fin de evitar que las máquinas CNC presenten fallas o averías en su funcionamiento. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Rutas /Pasos Horizontal | |
| **Introducción** | Para una media de trabajo de 40 horas semanales, deben tenerse en cuenta aspectos como: | |
| **Paso 1** | **Aseo y limpieza a diario**  Se pueden eliminar las partículas mediante aplicación de aire a presión, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante de seguridad y de lubricación de componentes. | Pincel de limpieza en taller de mesa de máquinas cnc  **Imagen:** 835201\_ i41 |
| **Paso 2** | **Limpieza a fondo semanal**  Se deben retirar todas las virutas que han quedado en los carros móviles, también se debe aspirar el filtro de la caja de control, revisar y aplicar, si es necesario aceite y refrigerante para mantener los niveles, siguiendo siempre las indicaciones del fabricante. | CNC machine cleaning after milling and drilling with air pressure  **Imagen:** 835201\_ i42 |
| **Paso 3** | **Limpieza de husillos**  Mensualmente los husillos y rieles se deben limpiar con un cepillo y desengrasante, luego para volver a lubricar, seguir las recomendaciones de los fabricantes para cada carro, eje o riel. | machining precision part by CNC machining center, cleaning equipment and tool for machining center.  **Imagen:** 835201\_ i43 |
| **Paso 4** | **Revisión de partes**  Aparte de estas rutinas, se debe siempre revisar el estado de los cables y conductores eléctricos y electrónicos, del buen funcionamiento de las paradas de emergencia, ventiladores, tomas a tierra, ruidos o vibraciones ajenos a los generados en el normal funcionamiento, etc. | Articulaciones de soldadura. Cables soldados en el conector de un sistema de medición para máquinas CNC.  **Imagen:** 835201\_ i44 |

|  |
| --- |
| Cuadro de texto |
| Recuerde explorar los demás recursos que se encuentran disponibles en este componente formativo; para ello, diríjase al menú principal, donde encontrará la síntesis, una actividad didáctica para reforzar los conceptos estudiados, material complementario, entre otros. |

**Síntesis**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Síntesis |
| Fabricación digital de mobiliario  Síntesis: operación de máquinas CNC para la fabricación de piezas | |
| **Introducción** | El siguiente mapa integra los criterios y especificidades de los conocimientos expuestos en el presente componente formativo. |
|  | |

**Actividad didáctica**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Actividad didáctica. Arrastrar y soltar | |
| Esta actividad le permitirá determinar el grado de apropiación de los contenidos del componente formativo.  De acuerdo con la definición planteada en la columna izquierda, arrastre cada término al lugar que considere correcto de la columna derecha. | | Atractiva joven empresaria africana, segura de sí misma, sentada en la mesa de la oficina con un grupo de colegas en el fondo, trabajando en una laptop  **Imagen:** 835201\_ i45 |
| Es la parte del torno con la que más interactúa el operador de la máquina CNC, ya que allí es donde se realizan las funciones de: programación, recepción e intercambio de archivos con los programas. | | Monitor y panel de control |
| Es la parte del torno que va a tener la función de sostener el material del trabajo mientras se le realiza el mecanizado, puede tener tres o cuatro mordazas y ser autocentrante o no. | | Plato de sujeción |
| Son elementos similares a los rieles de un tren, es decir permiten que sobre ellos se ubique el portaherramientas para ser movilizados longitudinalmente, transversalmente y oblicuamente. | | Carros de avance |
| Aparte de sostener el material de trabajo que son las láminas o platinas que se quieren cortar, cumple con otras funciones, como el soporte de los carros de desplazamiento entre otras. | | Mesa de corte |
| El sistema es el que se encarga de que, a través de la antorcha fluya el plasma con las condiciones necesarias para que este corte las láminas de material de trabajo. | | Sistema de corte por plasma |
| Es indicarle a la máquina la posición del extremo de la herramienta y además indicarle el radio de la punta de la herramienta, esto con el fin de tener en cuenta que, aparte de la trayectoria que recorre la herramienta cortando el material, también se desbastará todo su diámetro. | | Compensación de herramientas |
| La máquina comenzará con el mecanizado, el operario debe estar pendiente sobre todo al comienzo de cada movimiento de la máquina, ya que es en este momento donde en la realidad se confirma que hasta ahora todo se ha hecho bien. | | *Cycle start* |
| La herramienta es la antorcha que se monta generalmente sobre el sistema de pórtico (*Gantry*) y no hay compensación de herramientas, pero si se ajusta la altura de la antorcha. | | Compensación de herramientas en la mesa de corte por plasma CNC |

**Retroalimentación:**

**¡Muy bien!** Ha comprendido los temas estudiados en este recurso formativo sobre la operación de máquinas CNC para la fabricación de piezas. ¡Siga adelante!

**¡Siga intentando!** Algunos conceptos no están claros, lo invitamos a retomar el estudio relacionado a la operación de máquinas CNC para la fabricación de piezas. ¡Adelante!

**Material complementario**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo de recurso | Material complementario | | |
| Tema | Referencia APA del material | tipo | Enlace |
| **Operación del mecanizado CNC** | Serrano, D., Mejía,& Rodríguez, F. (2012). *Comprobación y optimización del programa CNC para el mecanizado por arranque de viruta.* | E-Libro | <https://elibro-net.bdigital.sena.edu.co/es/ereader/senavirtual/42599> |
| **Operación del mecanizado CNC** | Giraldo, A. (2019). *Seguridad Industrial*. Ecoe Ediciones. | E-Libro | [*https://sena-primo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/q6j6k0/sena\_elibroELB126454*](https://sena-primo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/q6j6k0/sena_elibroELB126454) |
| **Montaje y compensación de herramientas en la máquina CNC** | Alarcón, M. (2018). *Herramientas de corte, código ISO 1832 para insertos de corte*. | Norma | <https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/23297/mod_resource/content/1/presentaci%C3%B3n2.pdf> |

**Glosario**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Glosario |
| Buril: | herramienta de corte con la que trabaja un torno. |
| CAD: | del inglés *Computer Aided Design*, o diseño asistido por el computador. |
| CAE: | del inglés *Computer Aided Enginnering*, o ingeniería asistida por computador. |
| CAM: | del inglés *Computer Aided Manufacture*, o fabricación asistida por computador. |
| CNC: | control numérico computarizado. |
| Compensar herramienta: | indicar a la máquina la posición del extremo, su radio y otras características. |
| Eje: | línea imaginaria alrededor de la cual gira un elemento. |
| Fresa: | herramienta de corte con la que trabaja una fresadora o un centro de mecanizado. |
| Máquina NC: | se refiere a una máquina con control numérico. |
| PLM: | del inglés *Product Life Cycle*, o gestión del ciclo de vida del producto. |
| Viruta: | residuo del material que surge del corte o mecanizado. |

**Referencias biblográficas**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de recurso** | Bibliografía |
| Alarcón, M. (2018) *Herramientas de corte, código ISO 1832 para insertos de corte*. <https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/23297/mod_resource/content/1/presentaci%C3%B3n2.pdf> | |
| Autycom (2020). *¿Qué es el control numérico computarizado o CNC?* <https://www.autycom.com/que-es-el-control-numerico-computarizado-o-cnc/> | |
| Inoxform (2022). *Descubre lo diferentes tipos de máquinas CNC*. <https://inoxform.eu/es/tipos-de-maquinas-cnc/> | |
| [Serrano, D.](https://sena-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?query=creator%2Cexact%2CSerrano%20Sa%CC%81nchez%20%2C%20David%2CAND&search_scope=sena_completo&vid=SENA&mode=advanced&offset=0)[Mejías, F.](https://sena-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?query=creator%2Cexact%2CMeji%CC%81as%20Sanguino%2C%20Fernando%2CAND&search_scope=sena_completo&vid=SENA&mode=advanced&offset=0) [Rodríguez, F](https://sena-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?query=creator%2Cexact%2CRodri%CC%81guez%20Dorado%2C%20Francisco%20Jose%CC%81%2CAND&search_scope=sena_completo&vid=SENA&mode=advanced&offset=0). (2012). *Comprobación y optimización del programa CNC para el mecanizado por arranque de viruta*. <https://elibro-net.bdigital.sena.edu.co/es/ereader/senavirtual/42599> | |