

CÓMO CONSTRUIR MAQUINA CNC

INICIO.

Empecemos por decir que una máquina CNC (es un sistema Control Numérico por Computador que utiliza software de computadora y electrónica para su control) es en definitiva una máquina que controla un grupo de motores con el objetivo de ponerle una herramienta para que realice un trabajo de precisión. Estas máquinas existen desde 1950, no han gozado de popularidad hasta estos últimos años además hasta hace muy poco tiempo era imposible tenerlo en casa, su precio era prohibitivo. Gracias al avance de las tecnologías podemos crear modelos más pequeños pero igual de precisos y disponer de una de estas máquinas. Siempre he tenido (no creo ser el único que sienta curiosidad por estas máquinas) interés por tener una CNC ya las venden económicas, sin embargo, pienso construir mi máquina desde cero.

Si esta pensando en construir un enrutador CNC, antes de empezar debe tener en cuenta y responderse unas preguntas que aunque sencillas le van a ser de gran ayuda y posiblemente le ahorren algún que otro desengaño y puede que parte de sus ahorros.

¿O sea, que está interesado y casi decidido a construir su CNC casero o lo quiere considerar? Le han parecido interesantes las posibilidades que le ofrece una máquina de estas, y no sabe ¿por donde empezar? Los CNC caseros tientan a cualquier aficionado al bricolaje, esto le abre muchas puertas, porque pueden cortar y tallar muchas cosas y está la cuestión económica. Usted puede adquirir uno o incluso construirse uno usted mismo por un costo bastante atractivo e incluso sacarle partido.

En efecto, puede construir ese CNC que ha estado pensando o es muy probable que ya tenga un diseño en mente, que sea tan bueno y con tanta precisión como cualquier otro, claro que no es fácil pero con interés puede hacerlo, puede ser una experiencia gratificante. La ventaja de construir su propia máquina es la gran flexibilidad a la hora de diseñar, puede personalizar su máquina para que se adapte mejor a sus necesidades. ¿Porqué tanta gente queremos construir nuestro propio CNC? por hobby o porque simplemente no podemos permitirnos el lujo de comprar uno en ese instante y esa es una razón tan buena como otra cualquiera.

Responda a su primera pregunta **¿Qué tamaño necesita?** Piense generalmente que trabajos va ha realizar, añádale unos cuantos centímetros en los ejes X e Y de margen y tendrá parte de la respuesta.

¿Cuánto está dispuesto a invertir? Esta pregunta le hará pensar. Desde mi propia experiencia puedo decir que empecé por diseñar las partes mecánicas básicas utilizando FreeCAD (esta es una herramienta libre muy sencilla y fácil de aprender), para luego llevar a la realidad las piezas o sea, un tiempo a invertir, espacio donde trabajar, los materiales y las piezas y luego está la parte económica que puede estar alrededor de los 250 a 300 € como mínimo y más tiempo.

A la hora de diseñar su CNC cabe decidir que tipo realizar **¿Pórtico móvil o pórtico fijo?** Piénselo detenidamente, la respuesta es muy importante. Ya sé, piensa en qué basarse para tomar una decisión sobre que tipo le interesa. Vamos a describir muy superficialmente los pros y los contras de cada tipo un poco más adelante.

Existen numerosas ventajas al diseñar y construir un enrutador CNC para aficionados. Diseñar y construir cualquier máquina tiene el potencial de ser una buena o mala experiencia, en este caso dispone de parte mecánica y parte electrónica, que le hace al sistema algo más complejo.

Y aquí tiene la siguiente pregunta **¿Qué material va a cortar?** ¿Metales o madera, PCB, aluminio y otros materiales no férricos? Es muy importante su respuesta le indicará la potencia aproximada que necesitará aplicar al conjunto de la electrónica y los motores.

¿De qué material va a construir su máquina? El armazón es de aluminio, es de madera MDF o madera contrachapada. Si es de aluminio, su CNC tendrá una robustez adecuada y larga duración. Si utiliza Baquelita, o madera MDF, obtendrá un CNC con unas prestaciones relativas a dichos materiales. Si ha decidido utilizar madera contrachapada de 19 m/m o más, su CNC tendrá una gran flexibilidad y una adecuada consistencia para sus trabajos.

Las preguntas anteriores las podría responder desde una perspectiva de cierta lógica, ahora, la pregunta que sigue es algo más compleja, pues usted normalmente no tiene ninguna experiencia al respecto.

Las capacidades que tienen estas máquinas les permiten crear formas complejas que un buen artesano sería incapaz. De modo que en los últimos 10 años ha crecido el número de empresas y aficionados que invierten en un CNC, incluso sin estar preparados para afrontar el reto que representa su creación. Ese es el motivo principal de este artículo en el que tratare de describir algunos conceptos básicos, así como, la 'jerga' asociada a los sistemas enrutadores o CNC.

LAS PARTES PRINCIPALES.

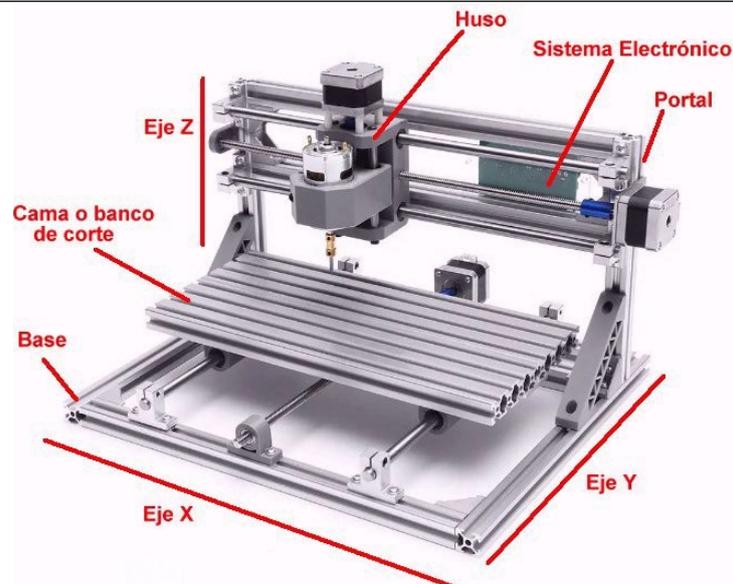
Vamos a identificar las partes principales que componen estas máquinas y su interacción para que funcione.



Por sus características un CNC puede moverse y cortar en tres direcciones a las que comúnmente se hace referencia como direcciones X, Y y Z. El eje X suele ser el de mayor recorrido de derecha a izquierda, luego está el eje Y que se mueve de delante a atrás y el eje Z que corre de arriba a abajo, en la imagen anterior se pueden ver las etiquetas respectivas.

Básicamente podemos considerar dos tipos de enrutadores o CNC, CNC de madera y CNC de metal. El CNC de madera funciona casi igual que otra máquina CNC, como ya se ha dicho utiliza software de computadora y electrónica de control CNC para mover y controlar su sistema mecánico, según su configuración puede lograr una precisión y resultado final mucho mejores que los de un operario humano cualificado. Por sus características estas máquinas son muy eficientes debido a que tienen una gran capacidad de trabajar en las tres direcciones casi al unísono.

En la siguiente figura 2 podemos identificar los principales componentes, la mayoría de los enrutadores tienen estos componentes en común en una máquina CNC genérica, una máquina CNC además hay muchos componentes adicionales.



Etiquetas de los componentes comunes de un CNC.

El controlador CNC y el sistema informático (PC) trabajan juntos como un 'cerebro' en estas máquinas manejando los motores y al sistema de transmisión en cuanto y en que dirección moverse. La mayoría de los CNC empiezan con un dibujo en formato digital dxf, o stl, etc. el usuario utilizando un sistemas de software y el software proporcionado del controlador CNC, ambos elementos de software convierten la imagen digital de 2D o 3D en un código llamado código G, de las rutas que la herramienta de corte utilizará para realizar el trazado según el dibujo.

A continuación la computadora convierte dichos comandos en señales digitales que envía al controlador CNC, el cual convierte la señal digital en una serie de tensiones y corrientes para controlar los sistemas de accionamiento mecánico. Generalmente es un quita y pon (plug and play), además la interfase de usuario varía dependiendo del tipo o el fabricante, pero el proceso es el mismo.

EL HUSILLO.

El husillo (spindle en inglés) es la parte de la máquina encargada de realizar el corte. Los husillos de los CNC se clasifican según su potencia en vatios, existe una variedad de tipos de husillos unos hechos para madera, otros para metal, otros para láser, etc. hay muchos factores involucrados al elegir un husillo para su máquina CNC casera. Si piensa en adquirir una máquina CNC industrial, antes de decidirse infórmese bien sobre las capacidades del husillo, las empresas que venden enrutadores CNC hacen un buen trabajo al mostrar las capacidades del husillo, informan de nuestra máquina ofrece un enrutador de 7 HP, la mayoría de las personas comprenden fácilmente estas cifras mucho más que los rodamientos lineales y la información de los tornillos de avance, lo que establece un vínculo directo con las capacidades de la máquina. El husillo cuando gira, dispone de un porta herramientas de corte como brocas, que son las que realmente realizan el corte al girar a diferentes velocidades. La velocidad de los husillos diseñados para corte como madera, plástico u otros materiales blandos suele tener un rango de 8000 a 30000 revoluciones por minuto, los diseñados para cortar metales

operan entre las 2000 y 10000 rpm. Si se encuentra cerca de vecinos o de su propia casa, considere el nivel de ruido.



Aspecto de los husillos.

Aunque hay una amplia gama de husillos, mire los tipos y características, rangos de precios, problemas de montaje, considere tipos y características, los precios generales de diferentes tipos de husillos, formas de montar un cabezal de husillo, hay muy pocas formas de hacerlo correctamente, la potencia de los husillos refrigerados por aire pueden alcanzar los 1'5KW a la tensión de 220V. Estos motores se caracterizan por un alto rango de velocidades, el porta brocas del motor de husillo más extendido es el **ER11** (3.175 mm, 4 mm, 6 mm). Por lo general la mayoría de los CNC pueden cortar metales normalmente se trata de metales no ferrosos como el aluminio o cobre. Para cortar metales o compuestos, el husillo emplea herramientas a base de carbono a altas velocidades de corte, es habitual y necesario un sistema de refrigeración que enfríe tanto el material que está cortando como la propia herramienta. Algunos sistemas manejan la velocidad del husillo mediante el controlador CNC que regula las revoluciones en función del material a cortar y la velocidad de movimiento de la máquina o traslación.

LA CAMA DE CORTE.

La cama de corte es el lugar donde ocurre toda la acción de la máquina. La cama de corte está diseñada para sujetar de forma segura la pieza de material que se está cortando. La parte superior de la mesa del enrutador CNC, también llamada plataforma de corte, es donde se produce la magia del corte, esta pieza puede hacer que la vida de un operador de CNC sea agradable o una pesadilla.



Mesa metálica de corte.

Son muchos los que cuando compran un CNC a menudo pasan por alto el tipo de tablero o mesa de corte y se subestima su importancia. Hay un amplio espectro de tableros, T-slot, mesa de vacío, tablero perforado o mesa desechable. En su trabajo de creación de modelos es probable que utilice distintos tipos de materiales y formas y es probable que se incline por un modelo de ranura en T, la cual ofrece numerosas formas de sujeción, también es posible que esté realizando el mismo tipo de producto a menudo, lo que lo direccionará hacia un estilo u otro. Si está construyendo su propio CNC, sus opciones se limitaran salvo que su presupuesto lo permita, no obstante, aún dispone de muchos materiales para cubrir su mesa de cortar.

La parte superior de la mesa del enrutador de una máquina casera es una consideración muy importante, el presupuesto casi siempre se inclina hacia un tablero MDF, personalmente creo que es mejor debido a su versatilidad, por lo tanto la estructura de la mesa no debe pasarse por alto.

Aunque los conceptos de los enrutadores CNC son bastante sencillos, rápidamente puede sentirse abrumado en el proceso no deje que esto se interponga en tu camino. Estos consejos están para evitar que cometa errores que puedan costarle tiempo, dinero y decepciones, no se pretende restar opciones a ninguna de sus ideas, sino complementar su proyecto con información valiosa.

ESTILO DE ENRUTADOR CNC.

Podemos encontrar dos estilos distintos de enrutador CNC para aficionado, que parecen iguales, sin embargo, sus diseños son sustancialmente diferentes, estos son los dos estilos que podemos encontrar.

- Pórtico fijo, cama móvil.
- Pórtico móvil, cama fija.

En las siguientes imágenes se muestran ambos modelos.



Veamos con un poco más de detalle los pros y contras a estos diseños.

Diseño Cama móvil.

Al parecer la comunidad de enrutadores CNC de aficionados es menos propensa al diseño de pórtico móvil, aunque existen razones para elegir el tipo de diseño de cama móvil. El diseño de la cama móvil se encuentra normalmente en máquinas CNC más pequeñas, como para cortar PCB o máquinas de grabado, el diseño de la cama móvil funciona bien para máquinas de este tamaño. Una ventaja de este diseño es que el pórtico es fijo no tiene que ser ligero ni ajustarse a un tamaño determinado para adaptarse a sus rodamientos lineales, por lo que es mucho más fácil crear un pórtico resistente que no se flexione bajo carga. En el diseño de la cama móvil, como se ha dicho el pórtico no se mueve, por lo tanto, tiene más ventaja con respecto al peso, tamaño y diseño estructural, por contra, existen desventajas con este tipo de diseño a medida que aumenta la longitud del eje X, el diseño de la cama móvil se vuelve menos eficiente.

Por todo lo dicho, el diseño de la cama móvil si lo elige, es una máquina más pequeña que será compacta y relativamente fácil de construir, que ofrece un pórtico rígido pero que limita el tamaño total. Actualmente, hay kits de enrutadores CNC caseros asequibles, pero todavía tiene que encontrar alguien que le dé alguna explicación sobre lo que realmente puede hacer.

¡Un momento por favor! ¿Por qué motivo tenemos que pensar que nuestra máquina ha de ser precisamente más pequeña? Por ejemplo una máquina enrutadora CNC ha de tener un eje X de 100 cm. y un eje Y de 50 cm. atendiendo a lo expuesto más arriba, esto se vuelve menos eficiente. Como el peso del pórtico en este caso no es determinante, es cuestión de plantear un pequeño pero efectivo cambio a la hora de diseñar nuestra máquina CNC, nuestro diseño tendrá un eje X de 50 cm de largo y un eje Y de 100 cm de ancho, de forma que compensaremos la eficiencia estimada. Serán necesarias varillas deslizantes de 14 o 18 m/m de Ø, al igual que los rodamientos lineales, por el peso estimado a soportar el eje Y.



Juego piezas CNC eje óptico carcasas, cojinetes y guía de aluminio.

Diseño pórtico móvil.

Existen numerosas ventajas al diseñar y construir un enrutador CNC para aficionados, los diseños de pórtico móvil es muy versátil, representan el 95% de estos enrutadores CNC, además es similar al de cama móvil. La diferencia es que todo el pórtico se mueve a lo largo del eje X, lo que le da la ventaja de que el tamaño es prácticamente limitado por el propio diseño. El gran inconveniente es diseñar un pórtico que sea bastante ligero, se ajuste al tipo de conjunto de cojinetes lineales y que aún ofrezca poca flexibilidad bajo carga. En concreto, si está construyendo algo que no sea una máquina pequeña, sugiero que ésta sea su elección de diseño.

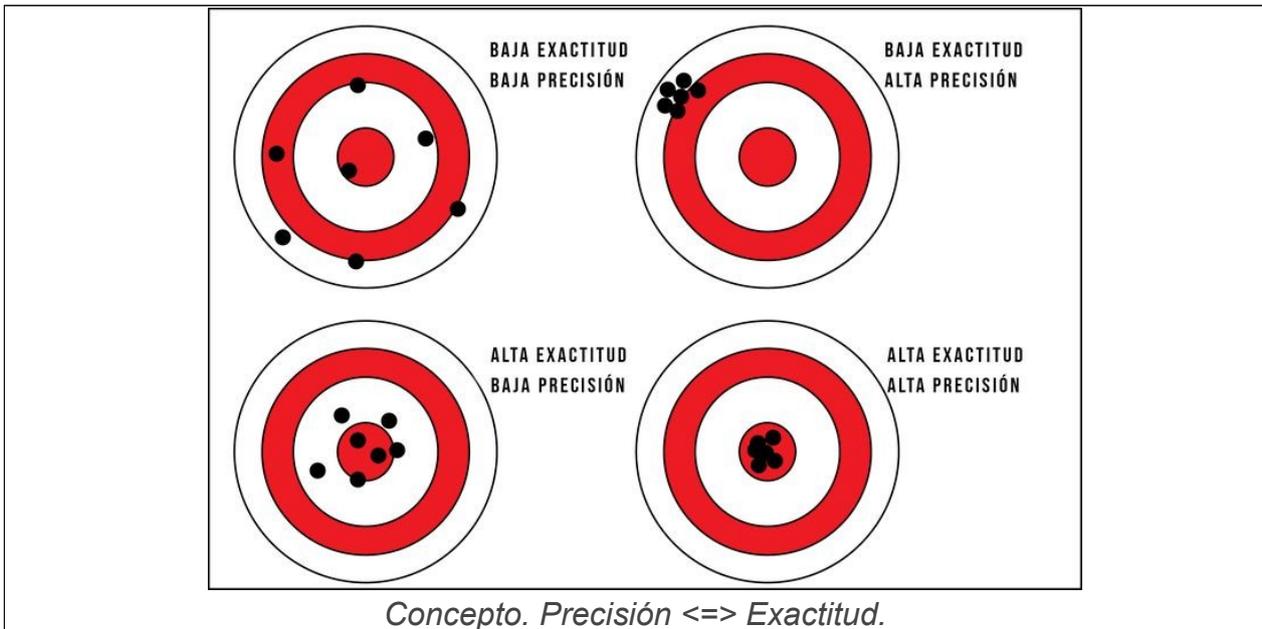
El área de corte es la distancia total que la máquina puede cortar a lo largo de cada eje, es una buena idea tener claro el tamaño de la pieza que desea poder cortar, quizás más adelante, puede encontrar que está limitado a un cierto tamaño debido a los materiales, espacio del local u otros factores. Tenga presente que esta es una de esas decisiones que probablemente cambiará a medida que busca piezas como los cojinetes lineales que probablemente serán sus principales restricciones.

TOLERANCIA.

Veamos el concepto de precisión y exactitud. Definición, la precisión se refiere al grado de proximidad o cercanía de los resultados de diferentes mediciones entre sí, mientras que la exactitud es la cercanía del valor de una medición al valor real de aquello que se mide. Un aspecto importante de la precisión tiene que ver con la repetibilidad.

Por ejemplo. Si nos pesamos en una báscula tres veces y cada vez es diferente, pero cercano al peso real (báscula exacta). Si nos pesamos tres veces en otra báscula y todos los valores están muy próximos entre sí, pero alejados del peso real (báscula precisa).

¿Qué es mejor una buena precisión o una buena exactitud? esto depende del objetivo. En el caso del ejemplo, si queremos comprobar cuánto pesamos preferiremos la báscula exacta, pero si estamos a dieta y queremos ver la evolución de nuestro peso, nos servirá mejor una báscula precisa. Así pues, el concepto de exactitud se refiere a la capacidad de obtener valores o indicaciones próximas al valor verdadero de la magnitud medida. Por otro lado la idea de precisión refleja la capacidad de obtener valores próximos entre sí al efectuar mediciones repetidas.



¡Ahora empieza lo bueno! Quiere diseñar y construir su propia máquina que tenga cierta exactitud y precisión, que le sea posible cortar una pieza que esté dentro de 0'001 de milímetro y una repetibilidad que puede ser de 0'1 m/m. Hay formas de diseñar la máquina para mantener cierta tolerancia, es decir, si sabe que solo necesita una tolerancia de 0,01 milímetro y sabe que es todo lo que necesitará, puede ahorrar mucho dinero diseñando para ese requisito. Muchos aficionados diseñan y construyen un CNC por pasatiempos y viven con sus resultados o siguen ajustándole para obtener los resultados que desean.

En cambio, si desea que una máquina tenga una tolerancia repetible de 0,001 m/m, existen algunos requisitos de diseño que deben cumplirse para obtener el rendimiento requerido. Normalmente los CNC de pasatiempo típicos tienen una tolerancia de 0'01 a 0'001 m/m, llegados aquí, todo depende de usted necesita hacerse una idea de qué tipo de tolerancia necesita, sin perder de vista que cuanto más grande sea la máquina, más costoso será mantener las tolerancias estrictas.

Cuando construya su máquina debe basarse en 3 criterios: **presupuesto**, **herramientas** con las que debe trabajar y **materiales** disponibles. Es difícil decir qué material es mejor, ya que varía con el diseño. Es muy importante elegir sus materiales con anticipación, probablemente integrará muchos materiales, el material que constituirá el armazón o sea, la mayor parte de su máquina.

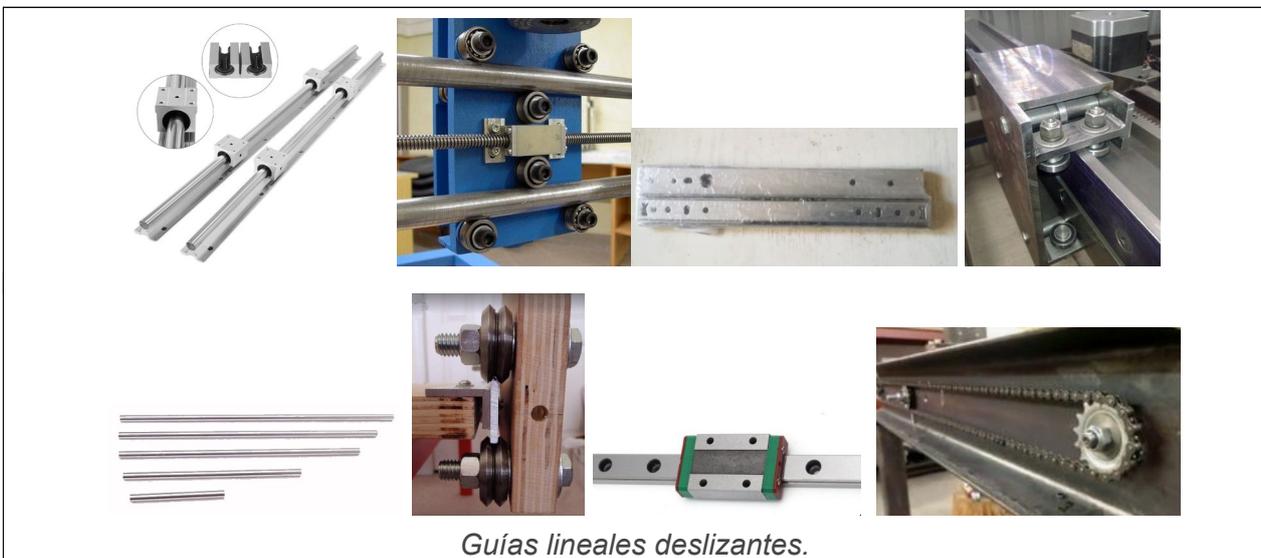
Una buena idea es anotar en una hoja de papel todas las herramientas con las que tiene que trabajar y luego piense en qué material puede trabajar. Si se siente limitado porque sólo dispone de un taladro y una sierra de mano no crea que no puede crear un enrutador CNC de aficionado, es bastante normal construir un enrutador CNC básico y luego usarlo para construir uno mejor. Dicho método suele funcionar en caso de disponer de herramientas limitadas.

SISTEMAS DE MOVIMIENTO LINEAL

El sistema de movimiento lineal es de vital importancia, sin el cual serían de poca utilidad en cualquier tipo de máquina lineal y los enrutadores CNC no son una excepción. Tenga en cuenta que el sistema LM (movimiento lineal) puede ser una de las características más costosas y difíciles de una máquina, motivo por el cual es imperativo hacerlo bien la primera vez. Además de soportar la carga el sistema LM también debe proporcionar un movimiento lineal preciso con una fricción mínima, dicho sistema está directamente relacionado con la precisión del enrutador CNC.

Dichos sistemas LM también deben poder soportar cargas secundarias, como torsión o cargas laterales, dependiendo de la configuración. Algunos sistemas LM requieren solo capacidades de carga unidireccionales, por soportar una carga vertical como un peso, así, el eje Y en un CNC es necesario para soportar las cargas verticales causadas por el peso del conjunto del eje Z y también soportar las fuerzas de torsión causadas por la acción de corte, un CNC de calidad tendrá sistemas LM totalmente compatibles en todos los ejes. Los sistemas LM deben ser totalmente compatibles en toda la longitud del sistema sin sacrificar la precisión lineal debido a la deflexión.

Dada la importancia del sistema de guías lineales (rieles, bloques guía, varillas y bujes) es de especial interés para el constructor que conozca los distintos tipos de guías lineales. Normalmente están compuestos por unas guías o varillas de distintos diámetros y algún tipo de rodamiento lineal, puede elegir entre varios cojinetes y guías, cada uno con ventajas y desventajas.

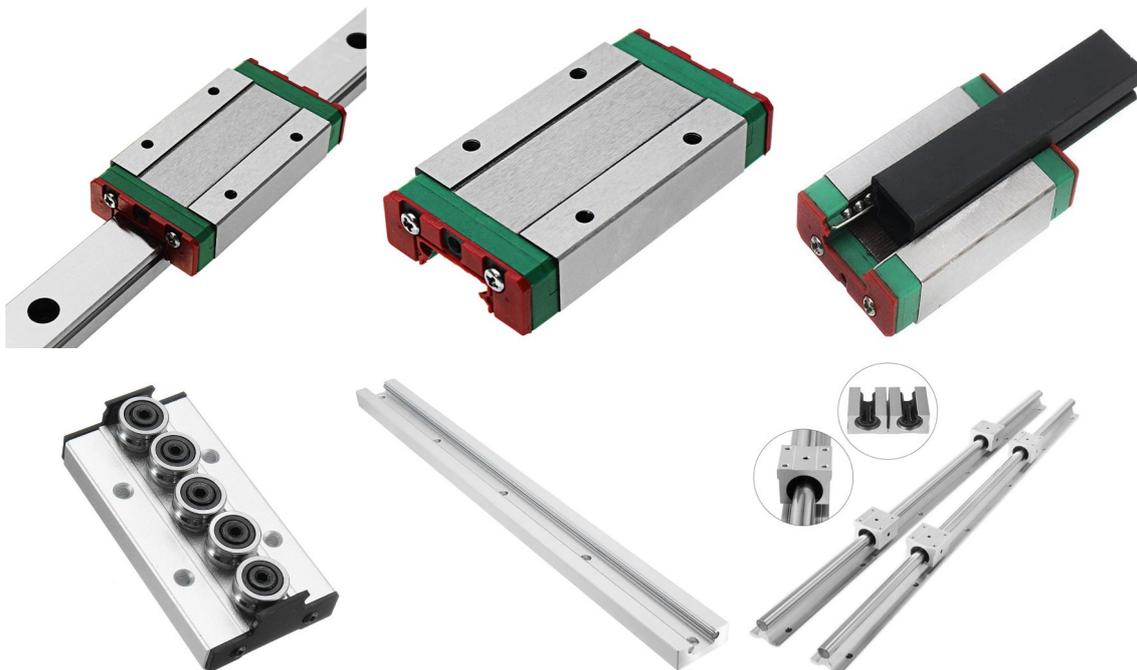


Al sistema LM (movimiento lineal) le corresponden tres tareas:

Apoyo de los componentes de la máquina.

- 1 Guiar a la máquina en su movimiento lineal preciso.
- 2 Soportar cargas secundarias.
- 3

La calidad y rendimiento de las correderas de movimiento lineal han mejorado drásticamente en los últimos años. Casi todas las máquinas fresadoras CNC actuales utilizan sistemas de rodamientos lineales de calidad. Evidentemente si está construyendo un enrutador CNC para aficionados o de gama baja, es importante que pueda identificar dichos sistemas de calidad, en las imágenes puede tener una idea de algunos estos tipos.



Algunos tipos de guías deslizantes de calidad.

Entre todos los tipos de guías deslizantes que le suministra el comercio, debe elegir la que mejor se adapte a sus necesidades, vigilando los parámetros más destacados para evitar problemas posteriores, el peso que tiene que soportar y la posición relativa en la máquina son dos parámetros a tener muy en cuenta, considere que su tamaño y rigidez son determinantes. Una varilla de 8 mm tiene un factor de flexión mayor que una varilla 10 mm, si optamos por la de 8 mm pesará menos pero su posible flexión puede comprometer la precisión esperada, esto es sólo un ejemplo para cualificar el tipo más adecuado que vayamos a elegir, no se precipite es importante.

Otro de los componentes mecánicos de accionamiento en el CNC que impulsan la máquina a lo largo de cada eje con un sistema de transmisión son los motores, los piñones, el husillo de bolas o de avance y cremallera. Básicamente la idea general de un sistema de accionamiento es bastante simple, se trata de convertir el movimiento giratorio en movimiento lineal controlado con la ayuda de un controlador CNC. La mecánica desarrollada actualmente puede ser complicada, lo que lleva a muchos

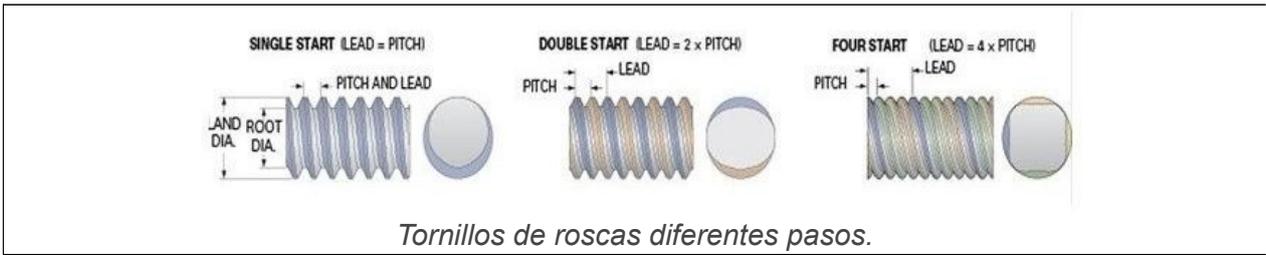
aficionados al CNC a perderse al intentar elegir el sistema de accionamiento correcto para configurar su CNC. Dicho sistema tiene una relación directa con las capacidades de la máquina ya que comprende el sistema de accionamiento del engrutador CNC.

Son una parte determinante en la precisión de la máquina, con solo algunos componentes, puede controlar la velocidad de corte, la fuerza de corte y la propia precisión de la máquina. Si está comprando una máquina CNC, es mejor saber qué tipo de componentes de transmisión están instalados con esos datos tendrá una idea de las capacidades y la vida de la máquina, sobre todo si es una maquina usada para saber qué tipo de componentes están instalados, cuánto desgaste tienen y si podría comprar piezas de repuesto si es necesario.



Tipos de husillos y tuercas.

En cuanto a los tipos de rosca para tornillos de avance, es un tema que trataremos de forma superficial porque abarca bastante documentación más dirigida a las formas y mecanización que están fuera de este artículo. No obstante, si diremos que podemos encontrar varillas sencillas coscadas del ámbito industrial por métrica M8, M10 u otras medidas, luego tenemos varillas trapezoidales de simple pitch (paso), doble pitch o cuádruple pitch. El tornillo de avance acme es el más utilizado en los Estados Unidos, los tornillos ISO Metric Trapezoidal se encuentra en los sistemas CNC europeos. Las roscas estándar M8 se utilizan en engrutadores CNC para aficionados con cierto éxito, pero no se recomienda para máquinas de bajas cargas y de aproximadamente 30 cm más o menos. Viendo la cara de la varilla se puede apreciar si es de una dos o cuatro pasos, para una idea más clara, véase la imagen siguiente.



Es posible que tenga una idea de cómo asegurar la fijación del tornillo de avance de la máquina, pero si no, no hay problema. No siempre tiene que diseñar pensando en los más rígidos de los cuatro. En realidad, muchos fabricantes de CNC de bricolaje tienen un sistema de tipo compatible. Solo tiene que conocer las limitaciones que cada tipo impone en su sistema, y no sobrecargar ni girar demasiado el tornillo para ese tipo de fijación dado. Debemos ser conscientes de valorar los pesos de los conjuntos móviles individuales, aunque por ser un tema a parte no cubriremos los pesos, velocidades, aceleraciones, fuerzas de la columna, la longitud y extensión del tramo de cada tornillo de avance y los cojinetes de soporte.

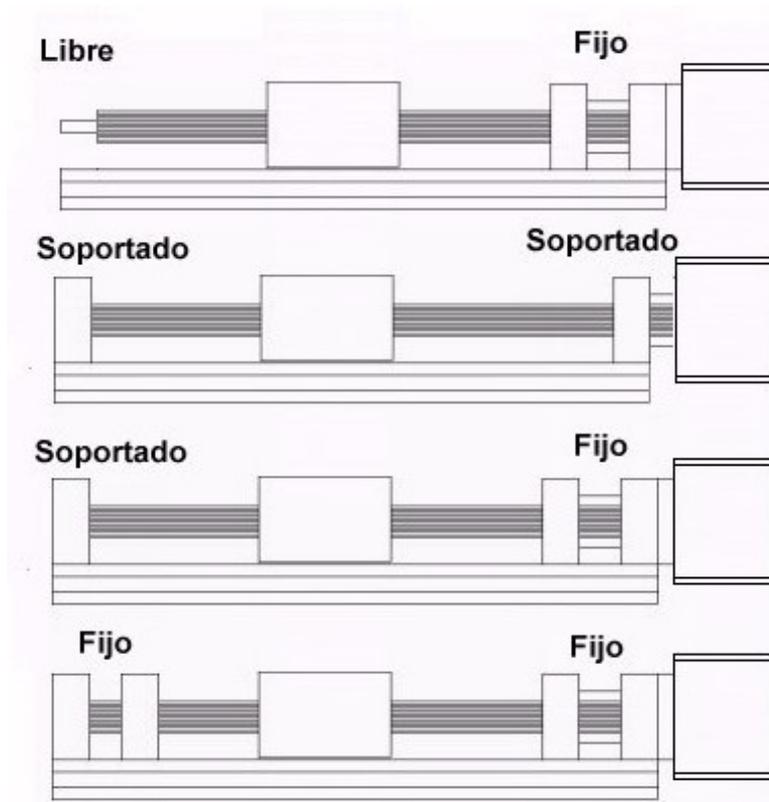
De forma somera sobre el soporte se dice:

Libre a un extremo libre que no tiene bloque de soporte ni cojinete.

1 Apoyado a un extremo apoyado que tiene un solo sistema de cojinetes.

2 Fijo a un sistema fijo que tiene el tornillo de avance fijo en su lugar (tuerca giratoria).

3



Tipos de soportes.

Creo que es hora de mostrar los trabajos que he estado realizando mientras conseguía la información que he expuesto hasta este momento, luego abordaremos la parte eléctrica, electrónica y el software que requiere este tipo de máquinas enrutadoras CNC.

Se supone que a estas alturas ya tendrá un buen conocimiento de cómo funciona un enrutador de madera CNC o cualquier enrutador CNC en general y debería estar hablando la jerga de CNC como un profesional.

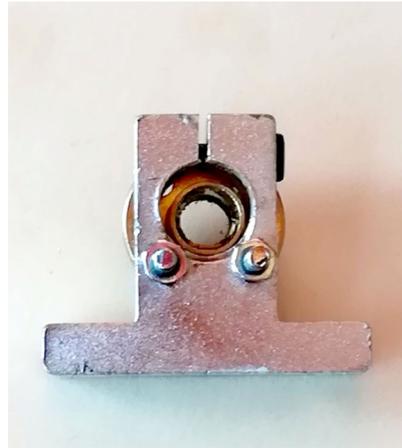
EL MARCO Y LA BASE.

Llagados hasta aquí, vamos a abordar la parte mecánica del proyecto que he decidido realizar sobre madera, lo primero a considerar cuando se diseña un CNC, es la base y el marco que son los elementos estructurales principales de la máquina pues son lo que mantendrá unido el conjunto de la máquina, además determinará la ubicación del motor de desplazamiento y el tornillo de avance junto con el resto. El marco y la base estarán determinados en parte por los materiales y suministros que tenga a su alcance, los tornillos de avance y motores que permita su presupuesto, rieles, bloque guía, husillo de bolas, varillas, los bujes eje con soporte y sin soporte, ruedas de ranura en V y rodillos de trabajo, cojinetes radiales, acopladores y tortillería, etc.

Si tiene dificultad para adquirir las piezas del diseño que le gustaría, vuelva a su dibujo para adaptar el diseño a los materiales que tiene, esto suele ocurrir a menudo. Observe otros diseños de CNC caseros y notará que casi todas las unidades son diferentes incluso habiéndose inspirado en un mismo modelo. Recuerde que cuando construya su enrutador CNC, el marco del eje X también debe actuar como base para la máquina que realiza 3 tareas básicas, **base de la máquina, mantener el sistema de movimiento lineal del eje X y soportar la mesa de corte**. En mi caso empecé trazando una máquina con pórtico móvil y por diferentes motivos tuve que cambiar a cama móvil.

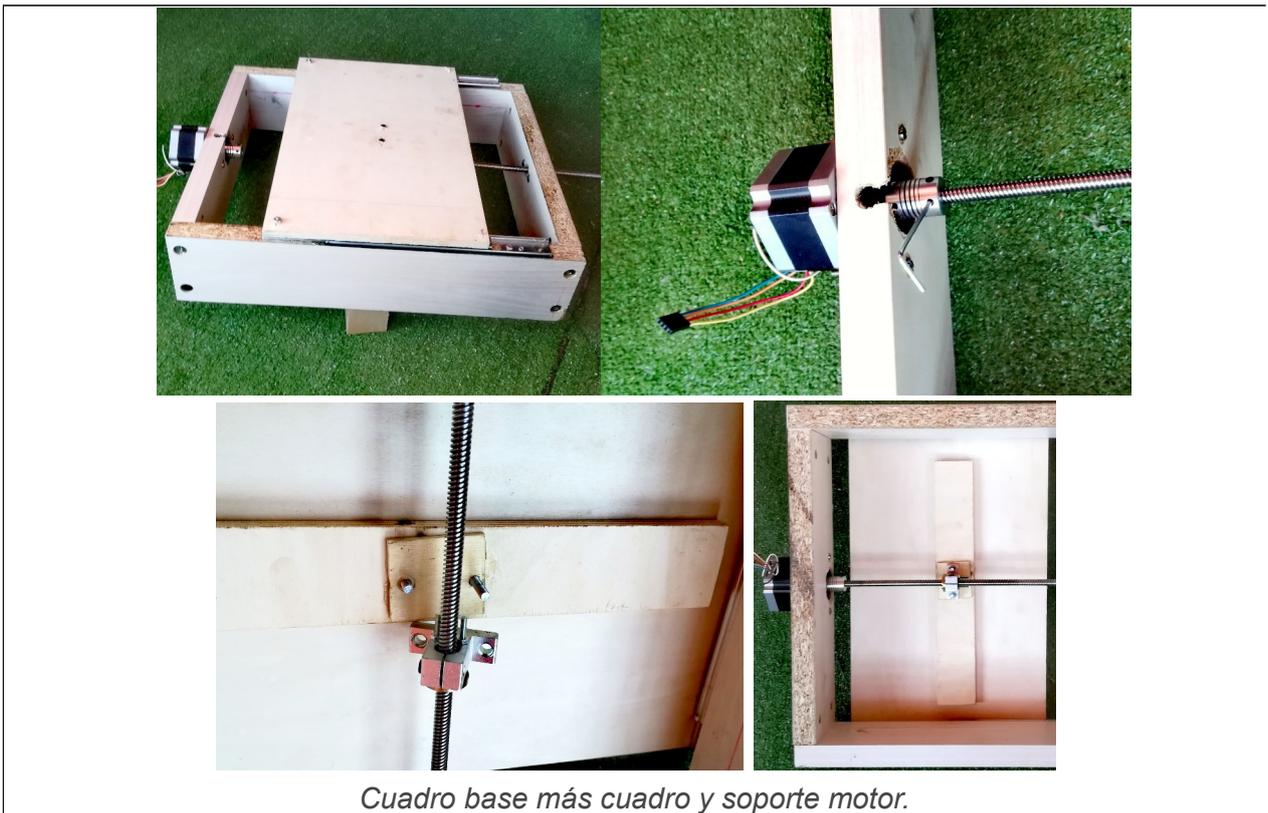
Marco Base.

El marco es la base de los mejores diseños, significa que tanto el eje Y como el X pueden descansar sobre el piso o alguna otra estructura. Esto permite un diseño muy robusto y no es susceptible a que la mesa de corte o la propia estructura se doble por su propio peso o un peso externo.



Tuerca trapezoidal y soporte de aluminio.

Para unir y sujetar la tuerca trapezoidal con la base de la mesa de corte, utilicé un soporte de aluminio cuyo agujero amplié de 8 a 12mm \varnothing para alojar la tuerca que fijé con tornillos 3M, por el momento soporta bien el trabajo. Estas son unas imágenes de la estructura que tengo realizada.



Cuadro base más cuadro y soporte motor.

Luego pensé utilizar los mismo tipos de soporte de aluminio para soportar las varillas deslizantes, sin embargo, debido al problema que presentaba su posterior ajuste decidí cambiarlo por el soporte para husillo trapezoidal, como muestran las imágenes.



Fijación de las barras por los soportes de aluminio.

Como ya he comentado tuve que rehacer algunas piezas por diferentes motivos, lo que más me preocupaba eran los ajustes de niveles, el acceso a los tornillos de retén de las varillas y husillos, con mucha atención y probando/rectificando y volviendo a empezar he ido construyendo mi enrutador CNC, por el momento dispongo. Creía que tenía terminados los movimientos del eje X y el soporte del huso del eje X. A continuación unas imágenes de los trabajos realizados aunque algunos los desestimé.



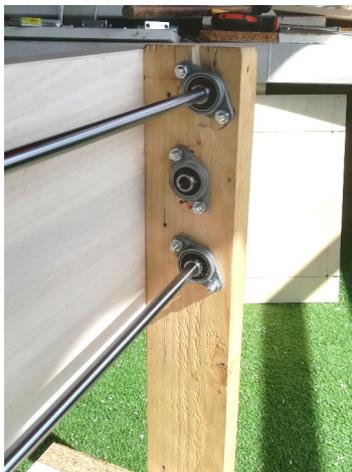
Soportes varillas lineales eje X.

Quando terminé el soporte del huso, lo monté sobre las varillas de deslizamiento y al ajustar las posiciones de las varillas para su deslizamiento me convencí que debía modificar el sistema de sujeción para lograr un mejor ajuste del anclaje. Utilice un

soporte para husillo de 8mm que coincide con el diámetro de las varillas. De esta forma el soporte inclinado es más apropiado y permite un mejor ajuste a posteriori. Observar las siguientes imágenes.



Soporte para Husillo



Soportes del eje X y del husillo Z.

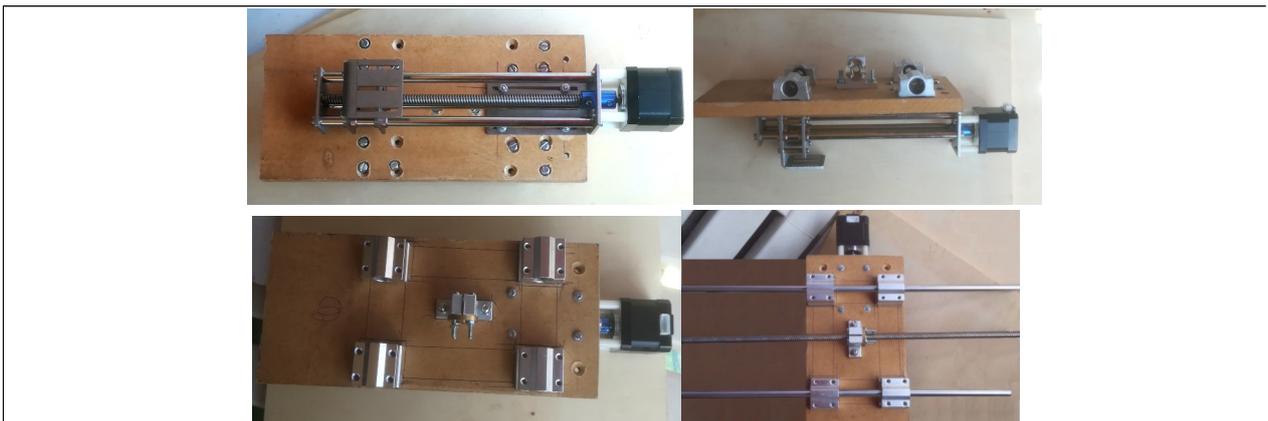
Mientras realizaba estos trabajos, se han producido una serie de acontecimientos ajenos al normal desarrollo de la vida antes del confinamiento por el COVID-19. Aprovechando las circunstancias y conociendo la importancia que requiere la construcción de un CNC, he decidido que un alto grado de precisión viene determinada por el soporte del eje Z, lo que me ha hecho plantearme la adquisición de dicho sistema del eje Z medio terminado, debido a que han hecho una oferta especial con un precio

económico. Espero que la calidad del carro sea la esperada según indican las críticas que he leído la relación calidad/precio es muy buena, se trata de un Actuador Lineal Corredera de carrera Eje Z Machifit de 150mm.



Eje Z y detalle.

El actuador lineal ha llegado incluso antes de lo previsto, con el tiempo justo para montarlo en el Eje Y, lo probé moviéndolo a mano para tomar unas instantáneas.



Vistas del actuador lineal sobre el eje X

ELECTRÓNICA DEL CNC.

La electrónica es una parte esencial para cualquier máquina CNC, comúnmente gran parte de la gente se siente más estresado por la electrónica que por la mecánica de un CNC. Si usted no es un electrónico, no tiene porque sentirse presionado, aquí le ayudaremos e informaremos de los sistemas electrónicos que se encontrará en un enrutador CNC, para que comprenda como se interrelacionan los componentes entre sí para que la máquina simplemente funcione.

En el caso de la adquisición de una CNC, debe comprobar que los componentes electrónicos funcionan adecuadamente antes de comprar un CNC. Si piensa que para una máquina nueva esto es de poca importancia, se equivoca, piense que todo debe estar en óptimas condiciones, de no ser así, devuélvala. En el caso de que se trate de una máquina de segunda mano, será recomendable verificar de antemano todos los

sistemas, botones del panel de control, interruptores final de carrera, el cableado, etc. usted puede asesorarse por un profesional o alguien que tenga conocimiento para que inspeccione la máquina por si encuentra algún defecto.



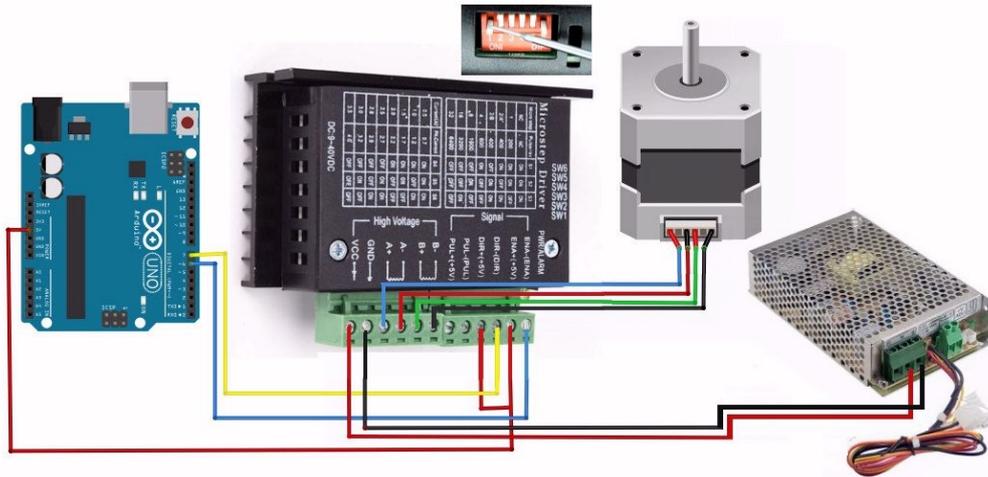
Si en cambio esta construyendo su máquina CNC, tenga en cuenta que hay muchos aspectos en un CNC que son vitales para su buen funcionamiento, tales como finales de carrera o de proximidad el dimensionado de la sección del cableado, de los motores etc. estos son elementos vitales para una construcción confiable, no descuide estos puntos por falta de conocimientos técnicos o presupuesto, en la mayor parte de los casos agregar esos componentes no es difícil, realmente estos elementos cuestan unos pocos euros y pueden repercutir en la máquina o la pieza que esté trabajando.

Los componentes del CNC básicamente se dividen en tres grupos:

- La fuente de alimentación
- El sistema de protección de los circuitos y
- Los controladores de los motores.



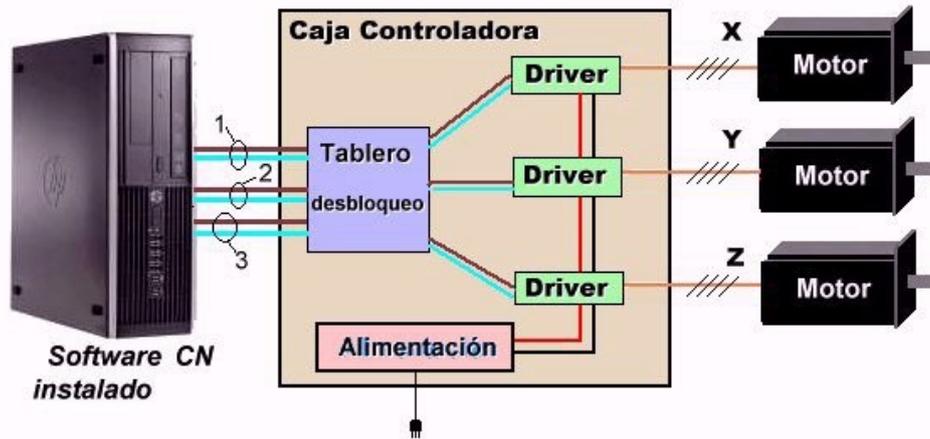
Sabemos que una computadora se comunica con los dispositivos a través del puerto USB (sin embargo, por sus limitaciones no puede además alimentar una impresora, no puede alimentar dispositivos de mediano y alto consumo), entonces se tiene que usar una fuente de alimentación auxiliar externa porque la computadora no es capaz de suministrar suficiente energía. Esto significa que se conectará el CNC a la computadora como de costumbre, pero también se conectará una segunda línea a una fuente de alimentación auxiliar, que ha de enchufar al suministro de red.



Esquemático sistema de control.

Las condiciones para los dispositivos CNC, requieren una línea de comunicación de bajo voltaje, a través de la cual la computadora le dice a la máquina qué hacer, una fuente de energía que proporcione energía para mover, cortar y otras operaciones similares. Se hace necesario un convertidor de potencia, generalmente denominado driver de potencia y la fuente de alimentación para impulsar los motores de accionamiento de la máquina.

En el esquema que sigue, puede ver que la computadora está conectada a la placa de conexiones, generalmente a través del puerto USB, hace unos 10 años se utilizaba el puerto de impresora DB25 ya en desuso. Debido a que hay muchos tipos de placas de conexión, aquí no entraremos a contemplar los distintos componentes de los dispositivos que integran el controlador y los drivers, algunos de muy alta calidad y gran protección y opciones de menor presupuesto que no ofrecen tanta protección. El controlador y los drivers de los motores cuando reciben la señal de comunicación gestionan los pulsos de tensión adecuados para convertirlos en movimiento de los motores, existen controladores en bucle abierto son los que comunican información de posicionamiento al motor y controladores en bucle cerrado que envían y reciben información de posición, según el sistema de transmisión elegido.



Esquema eléctrico general de un CNC.

La fuente de alimentación normalmente maneja grandes corrientes y no tan altos voltajes entre 12V y 48V, que resultan dañinos para los circuitos de control del CNC, motivo por el cual la fuente de alimentación, los controladores del motor y los mismos motores a menudo están separados de la computadora con un sistema de protección de circuitos que aísla de las sobrecargas de energía eléctrica. La alimentación con sus fusibles forman el sistema de protección con circuitos que consisten en el rectificado y filtrado, una placa de conexiones para aislar las señales de la computadora, distribuye las señales a los controladores deseados y también permite conectar fácilmente periféricos como interruptores, sensores, finales de carrera con información para interactuar con la computadora.



Fuentes de alimentación.

En la figura anterior se muestran tres tipos típicos de fuentes de alimentación. Las señales digitales de bajo voltaje pasan desde la computadora a través de la placa de conexiones amplificadas y sin cambios a los controladores de los motores aislando así la computadora del circuito controlador del CNC, permitiendo que las señales se transmitan a los controladores de los motores.

CONTROLADORES

Los controladores en un CNC trabajan juntos para interpretar las señales de posicionamiento creadas por una computadora y un software control numérico (NC) en un control preciso de los motores. Los drivers reciben la señal de comunicación y luego coordinan los pulsos de la corriente y el voltaje adecuados para provocar el movimiento en los motores impulsores. Hay dos tipos principales de sistemas de control CNC, sistema de lazo abierto y sistema de lazo cerrado. Cuando los controladores se comunican con los motores, enviando información, datos de posición y giro al motor, se trata de un sistema de lazo abierto y si envían y reciben información de posición y giro, es sistema de lazo cerrado.

Lazo abierto unidireccional se refiere a un sistema de comunicación entre el controlador y el motor. Cuando el usuario decide lo que quiere hacer, genera algún tipo de código o archivo de trabajo, el software control numérico (NC) crea las señales de paso y dirección necesarias para realizar la tarea deseada. Es decir, la computadora transmite dicha información al controlador que luego energiza al motor o los motores. En ese caso el motor se mueve a la posición indicada, no hay retroalimentación al sistema del controlador para verificar la acción realizada o no.

En algunos casos, los motores paso a paso pueden estar equipados con codificadores para proporcionar retroalimentación de posición al igual que los servomotores, lo cual indica que los motores paso a paso pueden funcionar en un sistema de bucle abierto o bucle cerrado, mientras que los servomotores no, al menos para aplicaciones CNC. Como los motores paso a paso no requieren hardware de retroalimentación, el precio de un sistema CNC de circuito abierto es mucho más económico y sencillo que el de un sistema de bucle o lazo cerrado.

Por lo que ya sabemos, existen inconvenientes en el sistema de circuito abierto. Al no haber retroalimentación con el controlador, si el motor no funciona, no hay forma de que el sistema lo sepa, el controlador continuará realizando la siguiente tarea como si no hubiera ningún problema hasta que se active un interruptor de límite o el operador reinicie la máquina, lo que puede arruinar la pieza o ser perjudicial para la máquina e incluso al usuario. Sin embargo, si el sistema está construido correctamente y no se sobrecarga, no hay razón para que un sistema de circuito abierto no funcione de forma correcta.

El **circuito cerrado** tiene un sistema de retroalimentación para monitorear la salida de los motores. Estos sistemas pueden corregir errores de posición, velocidad y aceleración, y también pueden fallar si el error es demasiado grande. No entraremos en

más detalle en estos sistemas de circuito cerrado por estar fuera de la línea de las máquinas que nos interesan.

CONTROLADORES DE MOTOR PASO A PASO.

Para conseguir un control preciso de un motor paso a paso es necesario un controlador de motor paso a paso, el cual recibe una señal de control desde la computadora que energiza los devanados deseados para que el motor gire en la dirección deseada el número de pasos concreto. Así pues, la labor de cualquier controlador paso a paso es proporcionar energía a cada devanado de la manera más eficiente posible. No olvidemos que la corriente aplicada a las bobinas o devanados del motor le da al motor su par.

El controlador chopper o PWM es el controlador de motor paso a paso más popular en la actualidad, la mayoría de los controladores de motores paso a paso que están a la venta son de este tipo, también se conoce como controlador de corriente constante porque suministra una corriente constante a las bobinas. Estos controladores tienen la capacidad de micropasos, lo que ofrece una mayor resolución y un funcionamiento más suave.

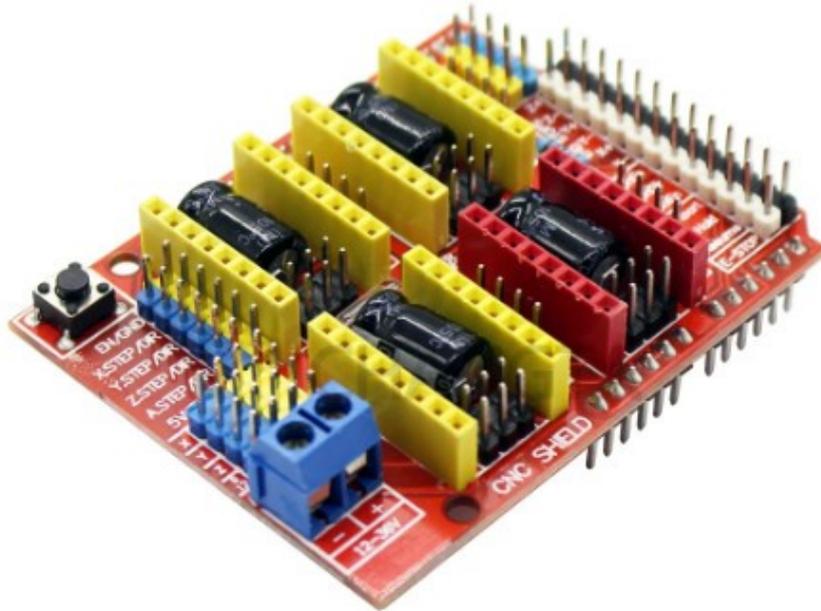
Las señales. Las líneas de señal digital que envía la computadora funcionan con 5 VCC, suministrados por el puerto de comunicación de la computadora, y es una forma de onda cuadrada llamada señal lógica de nivel TTL. En esencia esta señal esta compuesta por una serie de pulsos entre 0V y 5V, representados por una serie de '1' y '0' en un lenguaje binario.



Forma de la Señal

Dicha señal esta modulada por el ancho del pulso (PWM) en la que el ancho del pulso determina la forma del código binario enviado por la computadora y que interpreta el controlador de cada motor.

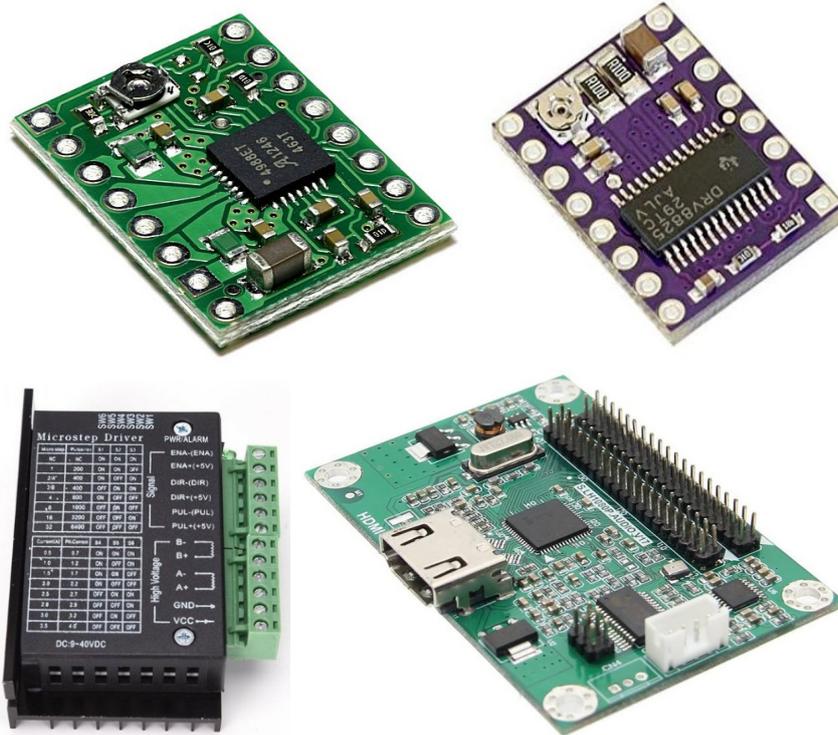
Los tableros de conexiones son componentes eléctricos comunes que toman un cable agrupado y distribuye cada conductor a un terminal que puede aceptar fácilmente un cable de conexión para su distribución a otro dispositivo. Son elementos comunes en proyectos electrónicos que permiten una instalación fácil y limpia de dispositivos electrónicos.



Placa de expansión o shield del controlador A4988 para Arduino.

Dicha placa de conexión se coloca entre la computadora y los drivers del motor y tiene dos cometidos en el sistema de control CNC: *la protección del circuito y la distribución de las señales*. En el caso que nos concierne a la placa de control le llegan una señal de dirección y una señal de paso que se distribuye desde la placa a cada driver que comanda cada motor.

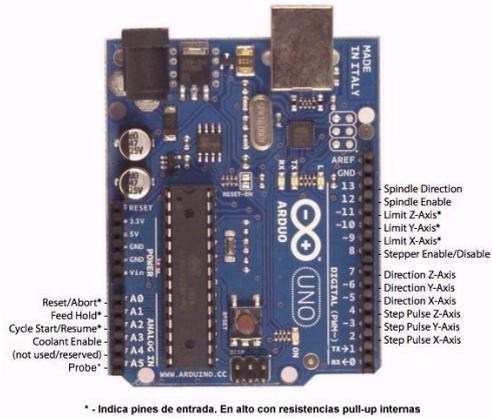
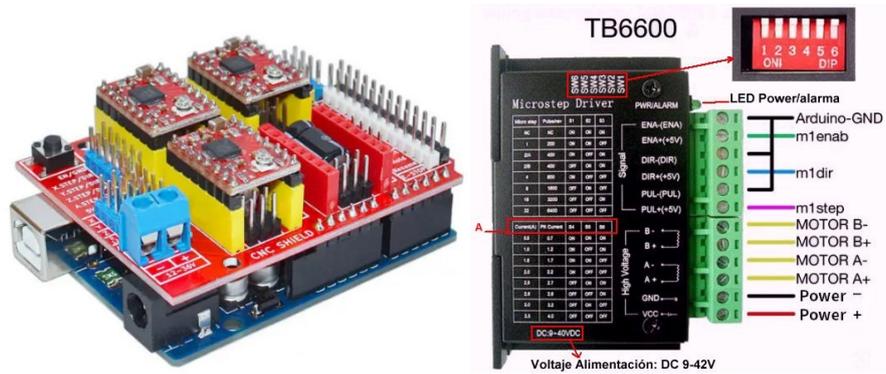
Existen una gran variedad de drivers que pueden servirnos, a la hora de elegir tenemos que considerar unos parámetros mínimos que podemos adquirir del propio motor paso a paso, como es la corriente máxima, la tensión y los grados por paso. Los drivers más comunes en los enrutadores CNC de aficionados están: A4988, DRV8825 para bajas corrientes y los TB6600, TB6560, DIV268-5A, DM9082 y otros para corrientes de 3'5A a 8A.



Algunos Drivers

En otro artículo se describió el [driver A4988](#), por lo que no vamos a incidir en él. En cuanto al DRV8825, aunque no tengo experiencias con este driver, según las hojas del fabricante se trata de una versión similar al A4988, compuesto como aquel por un puente H que simplifica el manejo de los motores paso a paso porque energiza la bobina que se necesita por cada pulso enviado desde el microcontrolador. También dispone de un regulador para ajustar la corriente que le vamos a suministrar a nuestro motor.

El controlador TB6600 está formado por un recinto con dos secciones, una sección con los drivers micro paso (microstep) con tres micro interruptores con los que se puede configurar los micro-pasos deseados según la posición de los mismos en la tabla, la otra sección también tiene tres micro interruptores con los que puede configurar la corriente del motor según la tabla, además tiene la entrada independiente de alimentación del motor y las salidas de las bobinas del motor.



Controladora, Driver TB6600 y diagrama de pines del controlador.

Presentamos unas practicas habituales al utilizar estos tres dispositivos para realizar el control de un enrutador CNC, en la siguiente figura se muestran las conexiones a realizar para un motor, usted puede realizar las mismas conexiones para los tres motores.

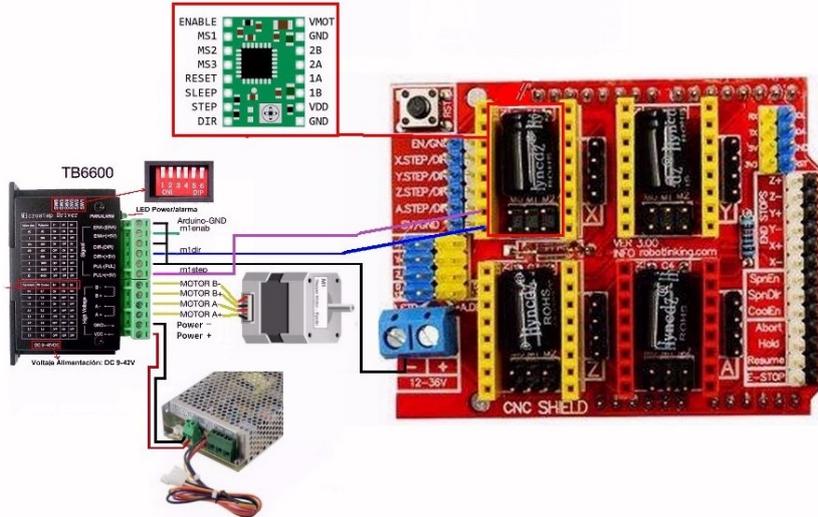
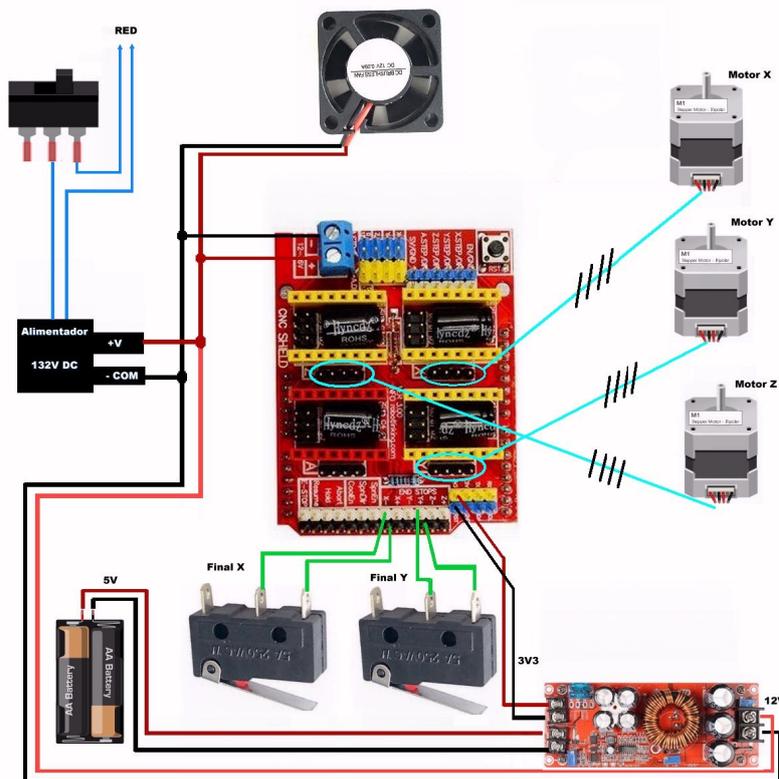


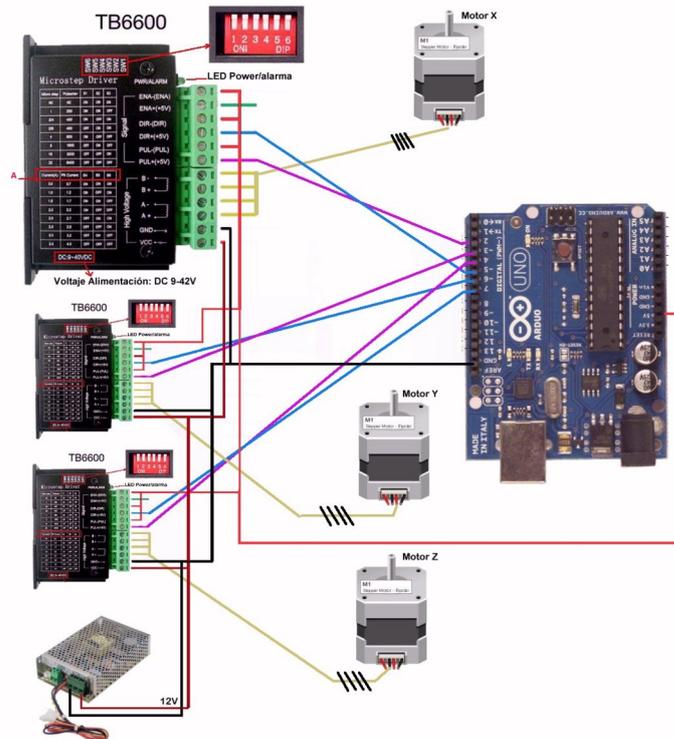
Diagrama de montaje.

En ocasiones sobre todo cuando la corriente de los motores lo permiten, se utilizan un controlador (Arduino UNO) y la placa de expansión (shield) para gobernar el CNC como se muestra en la siguiente imagen.



Esquema CNC con shield.

Si por alguna razón adquirió un shield y la corriente de los motores es mayor de lo que soportan los drivers del shield, no se preocupe, aun puede aprovechar los correspondientes TB6600 para poner en servicio su engranador CNC como puede apreciar en la imagen que sigue.



Esquema general CNC

Estas son sólo unas muestras de lo versátil que pueden ser estos dispositivos electrónicos entre sí.

LOS MOTORES.

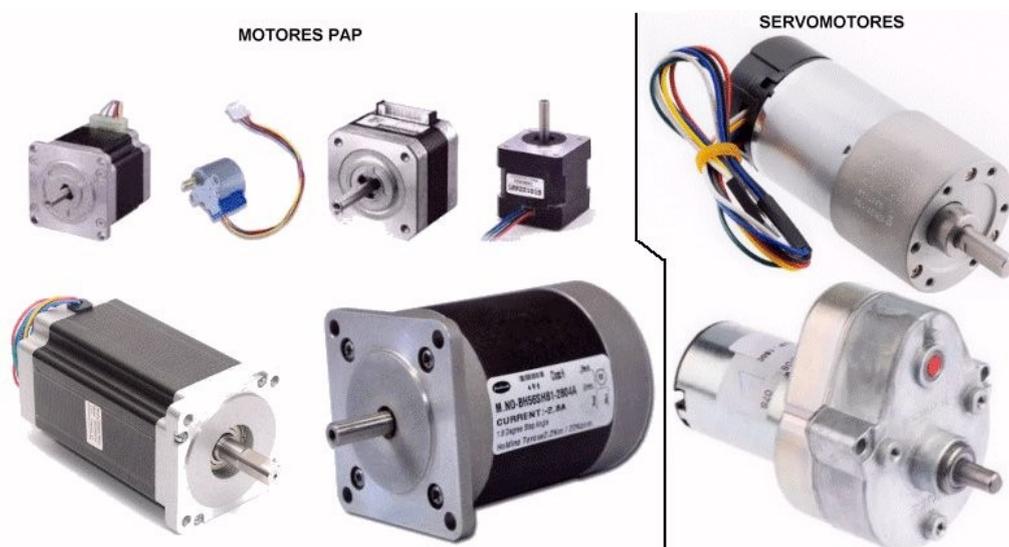
Cuando alguien se interesa por un enrutador es evidente que al hablar de motores paso a paso, algunos términos le son familiares, otros en cambio deben conocerse para comprender a fondo la información, pero nunca está de más repasar.

RPM. Es probablemente el término más reconocible asociado con los motores RPM o revoluciones por minuto, este término describe la velocidad de rotación de un motor en revoluciones por minuto.

Los motores son el corazón de cualquier máquina, respecto de los motores que contemplamos en esta ocasión, están los motores paso a paso y los servomotores:

- **Motor paso a paso:** conocidos como steppers, son similares en muchos sentidos a los de CC, pero con velocidades de giro y potencias bajas, en ellos destaca el posicionamiento del eje, es decir, la precisión para ponerlos en una posición concreta.
- **Servo-motor:** podemos decir que es una evolución del motor paso a paso, trabajando con pequeñas potencias y velocidades que van hasta los 7000 RPM en algunos casos, este tipo de motor incorpora una caja reductora con engranajes y un circuito de control, son muy estables en cuando al par de fuerza aplicado, lo que los hace ideales para algunas aplicaciones industriales.

Por supuesto que los motores paso a paso son el corazón de cualquier máquina CNC, por el tamaño y el tipo de motor se puede intuir la velocidad, la potencia y precisión de un enrutador CNC. Los motores paso a paso y los servomotores tienen sus ventajas y desventajas, los servomotores actualmente no son muy usados a nivel industrial por su elevado precio.



Los Motores paso a paso y servomotores.

¿Cuándo es conveniente utilizar un motor paso a paso o un servomotor?

- En el caso de movimientos rápidos y controlados: aquí los servomotores ofrecen un par motor constante al aumentar la velocidad.
- En el caso de movimientos continuos: es el caso de aplicaciones que requieren de largos periodos de trabajo donde se producen muchas paradas y arranques. Los motores paso a paso ofrecen una mayor precisión en estos ambientes de trabajo.

Model No.	Step Angle	Motor Length	Current /Phase	Resistance /Phase	Inductance /Phase	Holding Torque	# of Leads	Detent Torque	Rotor Inertia	Mass
	(°)	(L)mm	A	Ω	mH	N.m	No.	g.cm	g.cm	Kg

Tabla de datos de un motor paso a paso bipolar NEMA 23.

Debemos fijarnos especialmente en dos datos:

- El par motor (o torque) de retención.
- La corriente o intensidad nominal.

El Torque o par motor. Aparecerá como “Holding Torque” o “Static moment”. El torque describe la fuerza de giro de un motor. **Holding torque** se define como el máximo par estático que se le puede aplicar al eje de un motor excitado sin causarle rotación continua. En general cuanto mayor sea el “holding torque” menor es el error de posicionamiento debido a la presencia de una carga externa sobre el eje. Se mide en N·m o N·cm (Newtons por centímetro) y es uno de los parámetros que indica la “fuerza” del motor. Es el que más habitualmente ofrecen los fabricantes.

Este valor es un indicativo de la fuerza con la que el motor puede mantenerse en un paso. Determina el aguante del motor a que la inercia del eje que estamos moviendo le haga saltarse un paso al frenar dicho eje (que es el punto más común en el que puede saltarse un paso). En la Figura 34 podemos observar que para el motor del ejemplo su valor es de 126 N·cm o 1.26 N·m

La corriente o intensidad nominal Puede aparecer como “Rated Current”, “Phase Current” o “Max Current”. Como siempre se mide en amperios, es el valor máximo de corriente que podemos hacer circular de manera permanente por el motor sin quemarlo.

En la tabla de figura siguiente podemos observar que para el motor del ejemplo su valor es de 2,8 A. Por tanto, si queremos utilizar este motor aprovechando toda su fuerza tenemos que controlarlo con un driver que sea capaz de entregar toda esa corriente (recuerde que más corriente → más fuerza).

Estándar NEMA. Este es un conjunto de estándares creado, como su nombre indica, NEMA es un acrónimo de **N**ational **E**lectrical **M**anufacturers **A**ssociation (E.U.), y comprende NEMA 1, 2, 3, 3R, 3S, 4, 4X y 5 al 13. La mayoría de las veces, al revisar las especificaciones del motor, habrá una clasificación estándar NEMA. El tamaño del marco define el ancho, la altura de la cara de montaje, el tamaño y la posición de los

orificios de montaje. Los tamaños NEMA más comunes para las mesas de enrutador son 8, 11, 14, 17, 23, 34 y 42.

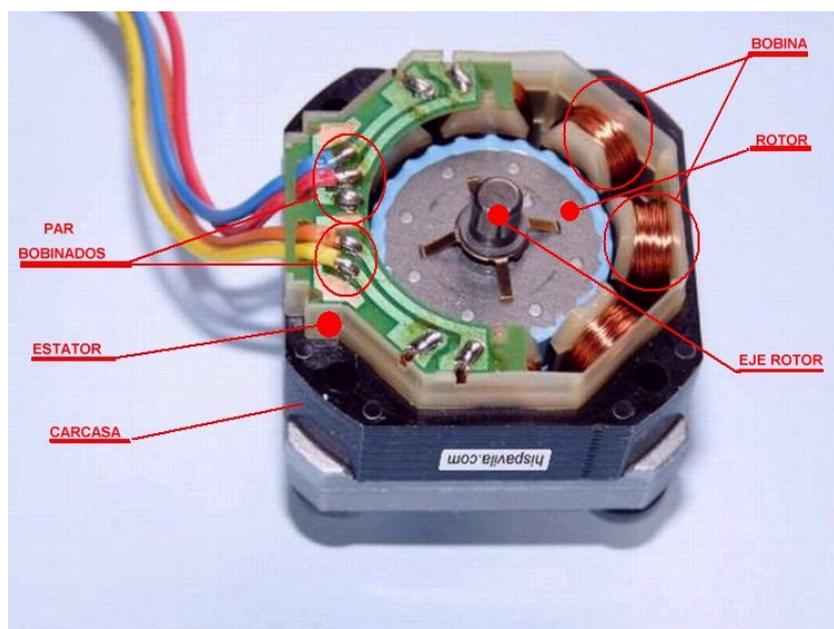
Tamaño Cuadro	Diámetro (mm)	Rango de par típico para un motor paso a paso (Nm)	Rango de velocidad típico para un motor paso a paso (RPM)
NEMA 8	20	0.01 - 0.04	0-1000
NEMA 11	28	0.06 - 0.12	0-1000
NEMA 14	35	0.05 - 0.5	0-1000
NEMA 16	39	0.1 - 0.25	0-1000
NEMA 17	43	0.2 - 1	0-1000
NEMA 23	57	0.5 - 3	0-1000
NEMA 24	60	1.2 - 4.6	0-1000
NEMA 34	86	3 - 12	0-1000
NEMA 42	102	12 - 20	0-1000

Tabla Motores NEME general de los tamaños de estructura.

Potencia nominal. La potencia nominal de un motor se refiere a la tensión nominal del motor y la corriente por fase, cuanto mayor sea la potencia nominal, mayor será la salida de trabajo de un motor. Es importante conocer la potencia nominal de un motor para poder utilizar una fuente de alimentación adecuada.

EL MOTOR NEMA 17.

Hemos analizado todo sobre los motores paso a paso (steppers) que puede usar en sus proyectos con Arduino. Hay uno de esos motores que destaca sobre el resto entre los aficionados al CNC, como es el modelo **Nema 17**, ya que es un motor muy preciso y con varias aplicaciones, entre ellas las de sustituir al motor estropeado de algunas impresoras 3D. Mediante este motor paso a paso conseguirá controlar de forma muy precisa el giro de un eje para hacer movimientos de precisión y así controlar el movimiento de su máquina CNC.



El motor paso a paso bipolar

Hemos visto de forma somera cómo son estos dos tipos de motor electrónico motor paso a paso y servomotor, creo que falta matizar algo más sobre los motores paso a paso, diseñe siempre de modo que las RPM de funcionamiento estén **por debajo de la velocidad crítica** y la otra cosa es que el giro que realizan no lo hacen de forma continua, sino en pequeños pasos, de ahí su nombre. En ellos el rotor, tiene forma de rueda dentada, mientras que el estator, se compone de electroimanes polarizados de forma intercalada como se aprecia en la figura anterior. Dependiendo de los dientes del rotor, se podrá avanzar más o menos en el giro, esos pasos angulares están estandarizados aunque algunos motores tienen paso no estándar. Los ángulos más utilizados suelen ser: 1.8°, 3.75°, 7.5°, 18°, 45°, y 90°. Para calcular cuántos pasos necesita dar un motor paso a paso para completar un giro completo o vuelta (360°), se tiene que dividir 360° por los pasos de su motor. Por ej. $360 / 1.8 = 200$ pasos. Ahora ya tiene información para elegir el tipo de motor correcto para su diseño, dimensiones del motor, etc.

Desde luego que podríamos hablar de otras muchas cosas que aportan información y cálculos para la realización de los engrutadores CNC, sin embargo considero que hemos cubierto los puntos más elementales y necesarios a los que se enfrenta un aficionado que se inicia en este mundo de la mecánica y la electrónica, permitiéndole aprender a resolver problemas puntuales que le surjan en la construcción de su máquina CNC.