

# Diseño de un router CNC de 3 ejes para el maquinado de PCB

Diseño de Máquinas IMT-212 P1

12 del mes de junio del 2022

Brayan Gerson Durán Toconás

Ingeniería Macatrónica

Universidad Católica Boliviana

brayan.duran.t@ucb.edu.bo

**Resumen**—El correcto diseño de una CNC compromete a realizar ciertos cálculos y consideraciones. Por lo tanto, en el presente informe se presentarán los cálculos y dibujos CAD de una máquina CNC router de 3 ejes capaz de desbastar la ruta de cobre de una PCB.

**Index Terms**—CNC, Maquinado, Máquina, PCB.

## I. INTRODUCCIÓN

Una máquina de control numérico por computadora de 3 ejes, consiste de dos superficies deslizantes en los ejes "x" y "y", además, un eje en "z" que está conectada a una herramienta de corte. Por otra parte, una CNC capaz de maquinar placas de circuito impreso, requiere de una precisión y exactitud en los movimientos de esta, además de una herramienta tipo fresa de un diámetro pequeño.

Por todo lo anterior, el documento está dividido en dos partes, parte de diseño teórico y diseño CAD. El diseño teórico consiste en el análisis mediante cálculos y conceptos adquiridos en la materia de diseño de máquinas, se presentarán ecuaciones y resultados en el análisis de: Potencia de corte, Velocidad de trabajo, Cálculo de motores, y resistencia del material. El diseño CAD consiste en el diseño de la máquina con los resultados en la anterior parte, se utilizará Autodesk Inventor para la creación y ensamble de las piezas.

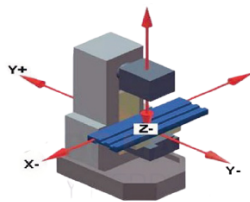


Figura 1. Concepto de CNC

El movimiento que se requiere es horizontal, vertical y de altura. Por último, la máquina tendrá un área de trabajo útil de 20x20cm y una precisión de corte de 0.1 mm

## II. DISEÑO TEÓRICO

### II-A. Potencia de corte

Para el cálculo de la potencia de corte, se realizó el siguiente procedimiento:

Se tomará en cuenta la dureza del material que es de 50 en la escala Vickers y 35HB, considerando que es el cobre el material a desgastar [1].

Tabla de fuerzas de cortes:

Descripción	Resistencia		Fuerza de corte específica	Valor de cohesión	Grupo de arranque de viruta Walter
	min.	máx.	k <sub>c1.1</sub>	m <sub>c</sub>	
	Rm				
	(N/mm²)		(N/mm²)		
Aceros no aleados y de baja aleación, C < 0,25%, baja y media resistencia	350	750	1500	0,21	P1, P6
Aceros no aleados y de baja aleación, C > 0,55%, no bonificados	400	900	1700	0,25	P2, P3, P4, P7, P14
Aceros de baja y alta aleación, bajo nivel de bonificado	750	1100	2000	0,25	P5, P8, P11, P12
Aceros inoxidables ferríticos/martensíticos, bonificados	800	1600	2200	0,25	P15
Aceros de baja y alta aleación, nivel medio de bonificado	1100	1600	2500	0,25	P9
Aceros de baja y alta aleación, nivel alto de bonificado	1200	1600	3000	0,25	P10, P13
Aceros inoxidables, austeníticos	400	900	1800	0,21	M1
Aceros inoxidables, austeníticos/ferríticos + duplex	600	1000	2000	0,21	M3
Aceros inoxidables, austeníticos, endurecidos por precipitado (aceros PH)	700	1500	2400	0,21	M2
Fundición gris + CGI + fundición maleable, baja resistencia	200	400	800	0,28	K1, K3, K7
Fundición de grafito esférico baja resistencia + fundición maleable alta resistencia	400	600	950	0,28	K2, K5
Fundición gris, alta resistencia	300	400	1200	0,28	K4
Fundición de grafito esférico alta resistencia + A50 alta resistencia, no aleada + aleada	600	800	1400	0,28	K6
Aleación de bronce de aluminio, no templada			350	0,25	N1
Aleación de bronce de aluminio, templada			600	0,25	N2
Aleación de fundición de aluminio < 12% Si, no templada			600	0,25	N3
Aleación de fundición de aluminio < 12% Si, templada, Aleación de fundición de aluminio > 12%			700	0,25	N4, N5
Cobre puro, aleación de cobre (latón, bronce) de baja resistencia			550	0,25	N7, N8, N9
Aleaciones de cobre de alta resistencia, bronce de alta resistencia			1000	0,25	N10
Aleaciones termoresistentes base férrica, recocidas			2400	0,25	S1
Aleaciones termoresistentes base férrica, templadas			2500	0,25	S2
Titanio puro			1300	0,25	S6
Aleaciones de titanio, aleaciones alfa, alfa/beta y beta			1500	0,25	S7, S8
Aleaciones termoresistentes, base níquel/cobalto, recocidas			2800	0,25	S3
Aleaciones termoresistentes, base níquel/cobalto, templadas			2900	0,25	S4
Aleaciones termoresistentes, base níquel/cobalto, coladas			3000	0,25	S5
Aceros templados 46 – 52 HRC			3000	0,25	H1
Aceros templados 52 – 58 HRC			3700	0,25	H2
Aceros templados 58 – 62 HRC			4300	0,25	H3
Fundición de hierro templada 50 – 60 HRC			3500	0,25	H4
Termoplásticos y plásticos duros, sin materiales de relleno abrasivos			150	0,2	O1, O2
Plásticos reforzados con fibras			300	0,3	O3, O4, O5
Grafito			400	0,25	O6

Figura 2. Fuerzas de corte

Tomando en cuenta que es un acero no aleado con una fuerza de corte específica de  $1500 \text{ N/mm}^2$  y un desplazamiento de  $0.001 \text{ mm}$  por rotación. Por otro parte, se considerará una eficiencia del motor de 85 % con una velocidad de 32500 según el mini drill existente.

- $n = 32500 \text{rpm}$
- $f = 0.001 \text{mm}$
- $D_c = 0.1 \text{mm}$
- $K_c = 1500 \text{N/mm}^2$
- $\eta = 85 \%$

Velocidad de avance

$$V_f = f \cdot n = 0.001 \cdot 32500 = 32.5 [\text{mm/min}] \quad (1)$$

Volumen de arranque de viruta

$$Q = \frac{V_f \cdot \pi \cdot D_c^2}{4 \cdot 1000} = \frac{32.5 \cdot \pi \cdot 0.1^2}{4 \cdot 1000} = 0.0002553 [\text{cm}^3/\text{min}] \quad (2)$$

**Demanda de potencia**

$$P_{mot} = \frac{Q \cdot K_c}{60000 \cdot \eta} = \frac{0.000255 \cdot 1500}{60000 \cdot 0.85} = 0.000008 [\text{kW}] \quad (3)$$

**II-B. Velocidad de trabajo**

**II-B1. Modo taladro:** Para el cálculo de la velocidad de trabajo, se realizó el siguiente procedimiento:

Se toma en cuenta que las velocidades de la máquina seleccionada es de 8000 – 32500 rpm, en este caso el mini taladro trabajará a máxima velocidad. Por último, el diámetro de fresa que se utilizará es de 0.1mm, ya que es la precisión que tendrá la máquina:

- $n = 32500 \text{rpm}$
- $D_c = 0.1 \text{mm}$

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 0.1 \cdot 32500}{1000} = 10.21 [\text{m/min}] \quad (4)$$

**II-B2. Modo fresa:** Para el cálculo de la velocidad de avance en modo fresadora se realizó el siguiente procedimiento:

- $S_z = 0.2$
- $z = 2$
- $n = 32500 \text{rpm}$

$$S' = S_z \cdot z \cdot n = 0.2 \cdot 2 \cdot 32500 = 13000 [\text{mm/min}] \quad (5)$$

**II-C. Resistencia**

Para el cálculo de resistencia, se realizó el siguiente procedimiento:

$$e = \left( \frac{S'}{z \cdot n} \right) \cdot \left( \sqrt{\frac{a}{b}} \right) = \left( \frac{13000}{2 \cdot 32500} \right) \cdot \left( \sqrt{\frac{2}{3}} \right) = 0.163 \text{mm} \quad (6)$$

$$k_s = K_{s0} \cdot e^{-z} = 19 \cdot 0.163^{-0.3} = 32.7414 \text{N/mm}^2 \quad (7)$$

Cálculo de  $F_c$

$$F_c = K_s \cdot S_v = 32.7414 \cdot 0.4 = 13.09656 \text{N} \quad (8)$$

**II-C1. eje y: Cálculo de la ubicación L** Se considera el peso de la herramienta y del husillo como 2Kg (W) = 19.6N.

$$L = W + F_c = 19.6 + 13.09656 = 32.69656 \text{N} \quad (9)$$

Tomando en cuenta que la ubicación del husillo está en el centro, la fuerza es:

$$F = \frac{L}{2} \cdot \frac{d_2}{d_1} = \frac{32.69656}{2} \cdot \frac{40}{20} = 32.7 \text{N} \quad (10)$$

Con acero AISI L2 Sy=365.4

$$\sigma = \frac{S_y}{n} = \frac{365.4}{2} = 184.7 \text{N/mm}^2 \quad (11)$$

Teniendo en cuenta un máximo de momento M= 8941.35Nmm

$$S = \frac{M}{\sigma_{max}} = \frac{8941.35}{184.7} = 48.94 \text{mm}^3 \quad (12)$$

$$S = \frac{M}{\sigma_{max}} = \frac{8941.35}{184.7} = 48.94 \text{mm}^3 \quad (13)$$

**Diámetro**

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 48.94}{\pi}} = 7.93 \text{mm} \quad (14)$$

**II-C2. eje x: Cálculo de la ubicación L** Se considera el peso de la herramienta y del husillo como 2Kg (W) = 19.6N.

$$L = W + F_c = 19.6 + 13.09656 = 32.69656 \text{N} \quad (15)$$

Tomando en cuenta que la ubicación del husillo está en el centro, la fuerza es:

$$F = \frac{L}{2} \cdot \frac{d_2}{d_1} = \frac{32.69656}{2} \cdot \frac{40}{20} = 32.7 \text{N} \quad (16)$$

Con acero AISI L2 Sy=365.4

$$\sigma = \frac{S_y}{n} = \frac{365.4}{2} = 184.7 \text{N/mm}^2 \quad (17)$$

Teniendo en cuenta un máximo de momento M= 8941.35Nmm

$$S = \frac{M}{\sigma_{max}} = \frac{8941.35}{184.7} = 48.94 \text{mm}^3 \quad (18)$$

$$S = \frac{M}{\sigma_{max}} = \frac{8941.35}{184.7} = 48.94 \text{mm}^3 \quad (19)$$

**Diámetro**

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 48.94}{\pi}} = 11.74 \text{mm} \quad (20)$$

#### II-D. Control de motores

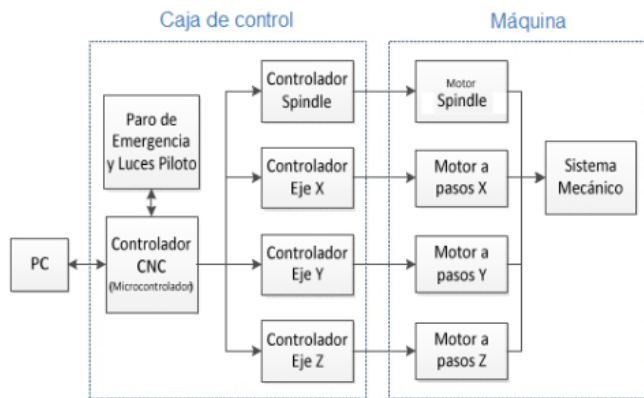


Figura 3. Sistema electrónico

### III. DISEÑO CAD

### III-A. Piezas Inventor

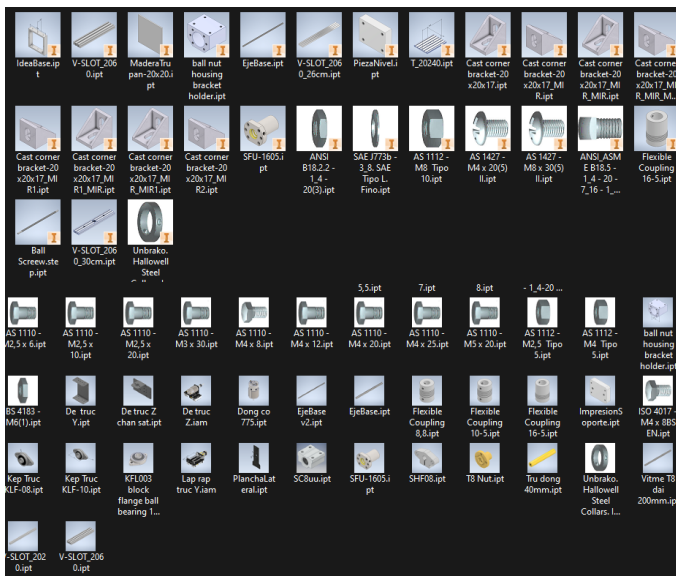


Figura 4. Piezas

### III-B. Resultado



Figura 5. FINAL

## REFERENCIAS

- [1] S. Bravo Vargas, "Manufactura, ingeniería y tecnología", *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, vol. 3, n.º 5, enero de 2016. Consultado el 13 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.29057/ess.v3i5.1399>