

Diseño, Manufactura e Implementación de Mesa Cartesiana XYZ Basada en Corte con Plasma

Ing. Felipe Estrada Juárez¹,
M en C. Miguel de Jesús Cuauhtémoc Espinoza Calderón²,
MMA. Alberto Soto Pineda³

Resumen— Los estudios y los desarrollos alrededor del mundo para la creación de equipos de corte con plasma son variados, así como las opciones en los componentes que se integran al ensamble, dichos subsistemas pueden ser: mecanismos para mover la máquina, sistemas electrónicos o programas computacionales para el control y la estructura de la mesa de trabajo por mencionar los más importantes. Los estudios documentados tienen diferentes propuestas que usan motores lineales que requieren una programación digital con el fin de controlar el sistema y resolver el corte complejo de una geometría. Este trabajo de tesis aborda criterios de selección de los diferentes componentes y subsistemas para diseñar, manufacturar e implementar la máquina de corte con plasma.

Palabras clave— corte con plasma, mesa de corte, mesa XYZ, match3 y plasma.

Introducción

La industria de la manufactura está constantemente evolucionando por lo que se requiere que todos los procesos evolucionen de manera conjunta. La mejora continua de los procesos permite el desarrollo de proyectos complejos con estándares de calidad y precisión altos. Los sistemas de control numérico computarizado (CNC) son utilizados ampliamente en la industria para realizar tareas como la de corte de plasma. Las ventajas de utilizar un sistema CNC en el proceso de corte de plasma permite elevar la calidad de un producto específico, la repetibilidad y la precisión, son algunas de las ventajas obtenidas.

Existen aplicaciones que utilizan diferentes sistemas de transmisión de movimiento, por ejemplo: sistemas de poleas, bandas dentadas, tornillos embalados, sistemas de piñón y cremallera, dichos sistemas se utilizan para generar movimiento en un sistema mecánico; Cada sistema de transmisión tiene ventajas y desventajas, que se documentaran a lo largo de este trabajo. La cantidad de propuestas para integrar y controlar sistemas CNC son variadas, van desde las desarrolladas de forma experimental hasta las comerciales; Cada sistema CNC interpreta un código que representa un listado de ordenes de movimiento para un herramental de corte, todos los equipos automatizados llevan las instrucciones para realizar un contorno o forma predefinida a señales electrónicas, dichas señales serán interpretadas por los componentes del sistema, convirtiéndolas en movimientos de motor y accionamiento del generador de plasma que cumplirán con los requerimientos de corte en la placa metálica.

(Bulla, Medina, & Coba, 2018) documentan la importancia de considerar el tamaño y espesor de las placas a cortar y por ello el fácil montaje y desmontaje. Al tener tres grados de libertad se requiere una precisión de paralelismo y perpendicularidad en las zonas donde estarán montadas las guías lineales para cada eje, en su artículo (Guzmán L & Garcia C, 2019) menciona las partes que se montan en la mesa de corte y hace referencia a la soldadura que une a los metales en dicho proceso.

Al respecto del sistema de control, (Arango & Zuluaga, 2012) se describe una interfase que será usada para una mesa cartesiana “XYZ” el software usado es MINT Work Bench de Baldor, por otro lado, en el artículo de (Gordon & Michael, 2003) se utiliza el controlador Nextmove BX3 también de Baldor se aprende de ambos artículos que para energizar los motores y definir su movimiento no solo requieren de una fuente de voltaje, también es requerido un

¹ Ing. Felipe Estrada es alumno del Posgrado Maestría en Manufactura Avanzada CIATEQ A.C; Profesor de UAEMex, UVM, UTVT. festrada@uaemex.mx (autor corresponsal)

² Ing. Alberto Soto Pineda MA es Líder de Diseño en el Centro Regional de Ingeniería para General Motors, Toluca, Edo. De Mexico. alberto.soto0803@gmail.com

³ Ing. Miguel Espinoza es Asesor Académico del Centro de Investigación Avanzada y Tecnológica de Queretaro, Queretaro miguel.espinoza@ciateq.mx

sistema electrónico que controle a través de un tren de pulsos que a su vez está dado por una interfase digital visible como programa para computadora.

Descripción del Método

El análisis bibliográfico consultado, muestra que se requiere seguir una metodología, que a su vez será una mesa de trabajo de corte con plasma. El presente trabajo se centra en el desarrollo de un diseño propio (optimo), para este punto se requiere implementar una metodología que logre la integración de los subsistemas (mecánico, eléctrico y control) para definir los parámetros de diseño de cada uno de ellos, la figura 1 muestra los pasos a seguir para la creación de un diseño funcional.

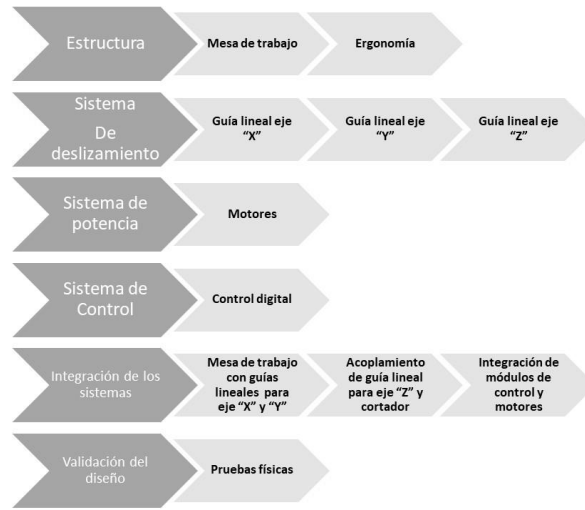


Figura 1. Esquema de diseño de la mesa XYZ para corte con plasma.

Al respecto del funcionamiento, se consideran 4 etapas como se muestra en la figura 2, se asume que la etapa de entrada de datos y preprocesamiento son entradas del sistema por lo tanto este documento se enfoca en el procesamiento y post procesamiento.

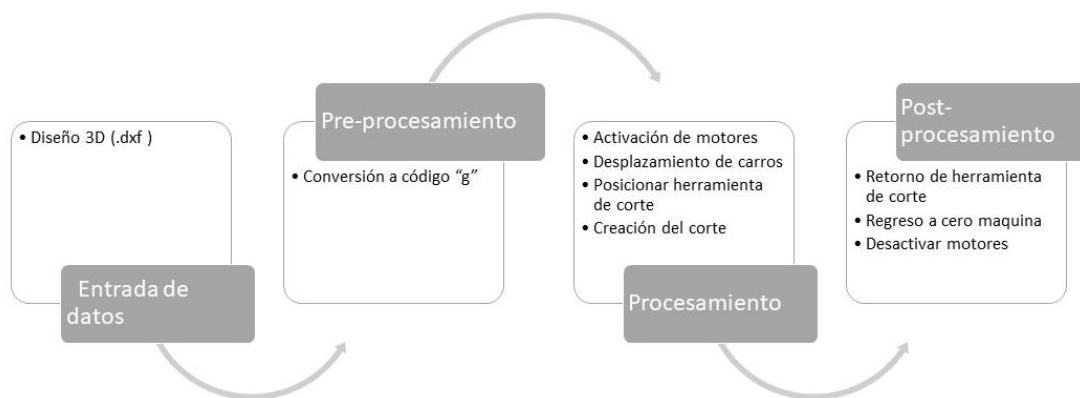


Figura 2. Esquema de funcionamiento de la mesa de corte en 4 etapas.

Diseño mecánico de la estructura

El material usado para la fabricación de la mesa de corte es PTR (Perfil Tubular Rectangular) tiene la resistencia necesaria para soportar placas metálicas estándar de 1,20 x 1,20mts. mencionada medida es un valor comercial considerando por proveedores mexicanos, el peso de la placa metálica más grande es de 22.0Kg. dicho peso máximo se obtiene de una placa de 1.2 x 1.2mm con 19mm de espesor, el análisis estructural de la mesa no muestra esfuerzos por encima de la resistencia del material considerando el peso de placa máxima, el diseño se muestra en la figura 3. La mesa se encuentra abierta por los extremos para en una segunda fase, implementar rollos de metal y automatizar el proceso de corte.

La mesa de corte será usada por técnicos mexicanos calificados, la importancia de considerar los percentiles de dimensión de individuos permite un uso ergonómico de dicha máquina. El libro de “Panero” (Panero, 1983) describe que para un correcto uso y eliminar la fatiga del usuario la altura de la mesa de trabajo no debe de ser mayor a la distancia del piso al codo, para el caso de los individuos mexicanos que se encuentran dentro del percentil del 95% (distancia de piso a codo para el percentil mencionado es de 1000mm).

El diseño final de la mesa de corte, permite llevar a cabo un ensamble físico con materiales metálicos (PTR) que previamente son rectificadas; Algunas de las barras tienen cortes especiales que permiten realizar el ensamble que otorgan el paralelismo a la mesa, eliminando problemas de operación por fricción de los carros de las guías lineales o ángulos a lo largo del eje X. Después de ser soldada la mesa se retiran las barras con los cortes especiales y se procede con la integración de las guías lineales.



Figura 3. Diseño final de la mesa de corte.

Sistema de Deslizamiento y Desplazamiento.

De los sistemas de deslizamiento encontrados en la bibliografía se concluyen dos tipos de guías lineales: redondas y cuadradas (Thomson Industries, Inc, 2021) menciona que las guías cuadradas fueron creadas para tener mayor precisión. Para el eje X, mostrado en la figura 4, se usan guías lineales que soportan una carga máxima de 29Kg, longitud de 1.5mts y carrera máxima de 1245mm con un acoplamiento horizontal, se define esta configuración con base a los artículos de (Suárez, Á, Marcos, & Martínez de Salazar, 2010) y (Guzmán L & Garcia C, 2019) donde muestran las guías lineales por encima de la estructura evitando que solo los carros carguen el peso del acoplamiento de la guía lineal para el eje “Z”. Para el eje Y, mostrado en la figura 4, se consideran guías lineales cuadradas que soportan una carga de 6.0Kg, longitud de 1.5mts y carrera máxima de 1230mm con un acoplamiento optimizado que elimina que solo los carros de las guías lineales del eje X carguen todo el peso, con el acoplamiento mencionado la mesa soporta el peso del eje Y y del eje Z. como se muestra en la figura 4. Para el eje Z, se considera una guía lineal redonda que soportan una carga de 6.0Kg. en dicho eje se monta la antorcha de plasma con un peso de 2.0Kg. por ello los análisis estructurales no muestran impactos negativos.

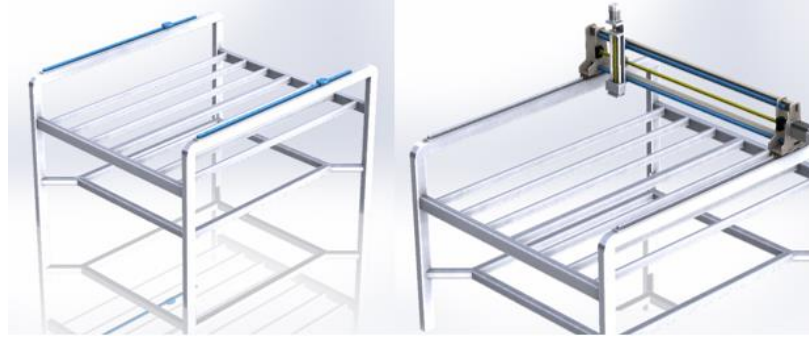


Figura 4. Guías lineales para el eje X (izquierda) , eje Y (derecha) y eje Z (derecha) montadas en la mesa de corte

Sistema de Potencia

Dentro de los sistemas de movimiento se pueden definir dos tipos de motores: los motores a pasos y los servos motores, para los primeros (Kepinski, 2015) y (Orozco, 2018) nos comparten la comparativa entre tener bucle abierto y bucle cerrado, el segundo ofrece una mayor precisión en el movimiento y su uso es considerado para máquinas de diseños compactos y que requieran una fuerza de arrastre derivada del corte con metal. Para esta mesa de corte se define usar motores a pasos con valores estándar, se revisa la hoja técnica de los diferentes motores para seleccionar los motores con un torque capaz de mover el ensamble metálico.

Se realizó un análisis de los diferentes motores NEMA de los cuales sus características están en el cuadro 1, se tomó la decisión de utilizar NEMA 34 para los ejes “X” y “Y” porque son los que mueven el peso de los subensambles y al tener un torque alto permite una mayor precisión por que se disminuye la inercia en el paso. Para el eje Z se define usar un motor NEMA 23 por que no requiere un torque alto dado que solo carga la antorcha de plasma.

Característica	Unidades	NEMA		
		17	23	34
Torque	Nm	0.4	3	12
Paso	θ°	1.8	1.8	1.8
Peso	g	450	1611	4500

Cuadro 1. Comparativa de características de motores NEMA

Sistema de Control

El controlador de movimiento conocido como “drive” es un dispositivo electrónico que envía señales digitales (uno y cero) para activar y desactivar las bobinas contenidas en el motor a pasos, la iteración de activar y desactivar la bobina crea un movimiento radial y por ello es posible definir la configuración y capacidades permiten tener una precisión mayor o menor según sea necesario. Las características más relevantes de los drivers usados para los dos tipos de motores es el micro paso y el voltaje, ambos componentes tienen un micro paso de 5000 pulsos y un voltaje 60V que permiten la integración en el sistema electrónico, dichos drivers se muestran en la figura 5.



Figura 5. Drivers para motores NEMA 34 y 23 montados en máquina de corte

Integración de los sistemas

La estructura terminada implementa los sistemas de movimiento, eléctricos y de control. La correcta conexión entre dichos sistemas permite lograr las acciones necesarias. Para realizar el corte con plasma, se requieren los siguientes pasos:

- Adquisición de datos. - Se parte de tener un archivo de extensión .DXF con un contorno en dos dimensiones.
- Traducción del contorno en dos dimensiones a código máquina. - El software de LazyCam crea el código máquina, mejor conocido como código "G" que define las instrucciones para trazar el contorno en la mesa cartesiana.
- Traducción del código máquina a instrucciones de movimiento de motores: Este es un paso importante, se logra con el software match3 y su tarjeta física de puertos, el software permite configurar las entradas y salidas de los motores y sus drivers para crear el contorno deseado, dicho software tiene la capacidad de leer el código máquina creado previamente con LazyCam y activar los motores para mover la antorcha como se haya definido en el contorno de dos dimensiones. Como se muestra en la (figura 6).

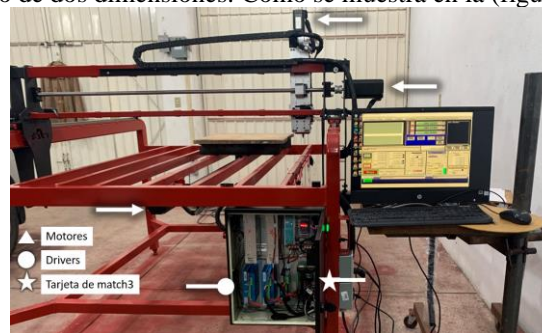


Figura 6. Tarjeta Match3 con drivers y alimentación

Validación del diseño

El último paso, requiere cambiar la antorcha de plasma por un bolígrafo de punta metálica con un diámetro de 0.07mm, también se montan hojas de papel bond sobre una superficie plana de madera. La prueba a efectuar consiste en dibujar con la mesa de corte tres contornos creados previamente con extensión DXF. Los tres contornos seleccionados son: triángulo, cuadrado y círculo. En la figura 7 se muestra el contorno del círculo ya cargado en match3 y su código "G" para trazarlo.

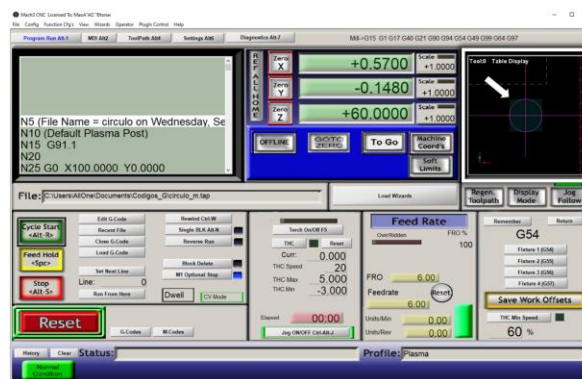


Figura 7. Software Match3 con contorno de círculo

Las pruebas de corte realizadas confirman que: la construcción de la maquina es satisfactoria, los subsistemas están correctamente integrados, los motores funcionan de manera precisa y la regla de correspondencia en los ejes se cumple.

En la figura 8 se muestra el trazado en color rojo del contorno circular y del contorno cuadrado, dichas pruebas conservan las dimensiones del contorno en dos dimensiones descrito en el archivo con extensión DXF.

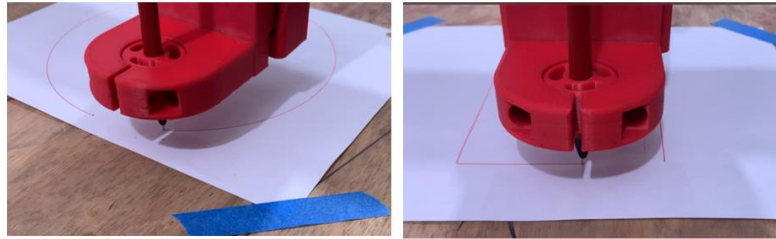


Figura 8. Trazado de contorno circular y cuadrado usando la mesa de corte

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Los resultados muestran que la máquina de corte a través de todos los subsistemas es capaz de leer los contornos descritos en los archivos con extensión DXF y trazarlos, como se mostró en las pruebas. Se realizaron con un trazado de figuras básicas, que demuestra que el paralelismo de las guías lineales, la interpolación de los ejes X y Y logrando la curvatura en el círculo, la inclinación en el triángulo y el vértice en el cuadrado.

Conclusiones

La transición de un modelo CAD tridimensional a un diseño físico funcional es una tarea que requiere un análisis completo de los componentes que lo integra, existen factores que no fueron analizados previamente y es requerido que sea un proceso iterativo para lograr un diseño exitoso, para los motivos de este desarrollo no solo era un diseño, es una maquina funcional por ello su dificultad aumenta, el diseño optimizado en el documento permite al usuario obtener el corte deseado en un menor tiempo y que parte de un contorno en dos dimensiones.

Recomendaciones

Los interesados en continuar con este desarrollo podrían adicionar un eje rotacional para corte de perfiles comerciales en los tres ejes.

Referencias

- Arango, J., & Zuluaga, C. (2012). Diseño de los sistemas electricos y de control para una mesa cartesiana XYZ. *Universidad Pontificia Boliviana*, 8.
- Bulla, P., Medina, J., & Coba, M. (2018). Design of an Automated XYZ Cartesian Table whit Interchangeable Head for Cutting through Plasma and Oxyfuel . *Contemporary Engineering Sciences*, 9 .
- Gordon, S., & Michael, H. (2003). Development of a high-speed CNC cutting machine using linear motors. *ELSEVIER*, 9.
- Guzmán L, O., & García C, M. (2019). Sistema automatizado paracorte por plasma para la empresa Invenios 3D. *Invenios 3D*, 20.
- Kepinski, R. A. (2015). Experimental Investigations of stability in a hybrid Stepper Motor. *Mecatronics: Ideas for Industrial Applications*, 81-90
- Mateusz, K., & Pawel, T. (2016). Determination of the torque characteristics of a stepper motor. *Elsevier*, 375-379.
- Orozco, J. M. (2018). Elaboracion de una CNC de 3 ejes para el ruteo de pistas y taladro de circuitos impresos (PCBs). *3C Tecnologia: Glosas de inovacion aplicadas a la pyme*, 29-47.
- Panero, J. y. (1983). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Barcelona: GG.
- Suárez, J. I., Á, J. M., Marcos, A., & Martínez de Salazar, E. (2010). Mejora en la Electronica del control de alturas de una maquina de corte Plasma/Oxigas. *Escuela de ingenierias Industriales, Universidad de extremadura* , 6.
- Thomson Industries, Inc. (03 de Junio de 2021). *Thomson*. Obtenido de Thomson Linear Motion: https://www.thomsonlinear.com/downloads/articles/Round_Or_Square_Rail_tan.pdf