



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

“RETROFIT Y MODERNIZACIÓN A CENTRO DE MAQUINADO CNC
MAKINO”

OPCIÓN QUE CORRESPONDA

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA MECATRÓNICA

PRESENTA:

LEONEL PLUMA MATLALCUATZI

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. OSCAR MARÍN BAUTISTA

APIZACO, TLAX., MAYO 2025



Tzompantepec, Tlaxcala, **12/mayo/2025**

Oficio No. MM-297/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	LEONEL PLUMA MATLALCUATZI
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	20370723
Nombre del Proyecto:	"RETROFIT Y MODERNIZACIÓN A CENTRO DE MAQUINADO CNC MAKINO".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE METAL MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

OSCAR MARTÍN BAUTISTA
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena





Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, 13/mayo/2025

PLUMA MATLALCUATZI LEONEL
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA.
CON NÚMERO DE CONTROL 20370723.
PRESENTE.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **RETROFIT Y MODERNIZACIÓN A CENTRO DE MAQUINADO CNC MAKINO**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar 2 USB del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
ijss/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Agradecimientos

Dedico este proyecto principalmente a Dios, a Jesús y a María, quienes han sido los que me han acompañado durante todo este tiempo, ellos fueron quienes me ayudaron a comprender muchas cosas, por medio de los dones de inteligencia y sabiduría pude tener la capacidad para poder realizar este proyecto y culminar mis estudios.

“Sé valiente y ten ánimo; no tiembles ni tengas miedo; Yavé tu Dios está contigo adonde quiera que tú vayas”. (Josué 1, 9)

En segundo lugar quiero agradecer a mis padres José Luis Pluma Sandoval y Genoveva Matlalcuatzi Meléndez por haber sido quienes me apoyaron en todo momento, que estuvieron acompañándome desde el primer momento que inicie mis estudios, a pesar de que mis padres no tuvieron una profesión o una carrera universitaria como yo la tuve, con todo su conocimiento estuvieron apoyándome en muchos de mis proyectos, desvelándonos juntos para poder realizarlos, los quiero con todo lo que tengo, que estoy agradecido con ellos en un nivel que no agradezco ninguna otra cosa, quiero que sepan que los veo, que no quiero cambiarlos. Que han hecho un gran trabajo, me gustaría que se deshicieran de toda la culpa que pudieran llegar a tener por cosas que ya pasaron, que sé que nunca han hecho nada queriendo lastimarme, mis padres hicieron lo que pudieron con lo que tenían en su momento, me dieron todo lo que tenían.

Quiero agradecer también a mis abuelos, tíos, y primos que estuvieron apoyándome en todo momento, de alguna u otra forma sé que estuvieron y que son igual de importantes porque en todo momento a pesar de los problemas siempre hemos estado juntos y hemos salido adelante apoyándonos unos a otros.

También quiero agradecer a todos mis amigos que tuve durante todo este tiempo a mis amigos de la primaria, de la secundaria, a los de la preparatoria y a los de la universidad que fueron ellos quienes confiaron en mí y me ayudaron e impulsaron y de una manera muy especial a Fernanda, Dejanira que son chicas que conocí y que estuvieron últimamente en estos días siempre ayudándome de muchas formas, al igual que mi grupo juvenil que ellos han estado en una etapa que fue muy importante para mí y gracias a ellos me pude acercarme a Dios y conocer más sobre él.

Y finalmente quiero agradecer al Ing. Guillermo Pilotzi y a la Lic. Sandra Vázquez que ellos me brindaron la oportunidad de aprender muchas cosas dentro de SAYME y han visto mi crecimiento profesional y confiaron mucho en mí. A todos **“Muchas Gracias”**.

Resumen

La empresa "Soporte Asesoría y Medición para la Industria" (SAyME) enfrenta un problema con su Centro de Maquinado CNC Makino, el cual ha quedado obsoleto debido a su antigüedad y la falta de actualizaciones. Esto ha afectado la competitividad de la empresa al reducir la precisión, eficiencia y velocidad de producción, aumentando los costos operativos y el tiempo de inactividad. Para solucionar esta problemática, SAYME ha decidido realizar un proyecto de modernización y retrofit del equipo, con el objetivo de actualizar sus sistemas, componentes mecánicos y electrónicos, y así garantizar su compatibilidad con las tecnologías actuales. El proyecto se centrará en la modernización del Centro de Maquinado CNC Makino durante el periodo de prácticas profesionales, incluyendo mejoras en los sistemas de control, componentes mecánicos y electrónicos. El proyecto contará con un cronograma que abarca desde el conocimiento del equipo hasta la entrega del reporte final, incluyendo actividades como inspección, limpieza, revisión de conexiones eléctricas, mantenimiento preventivo y correctivo, diseño de pantalla para el CNC, revisión del software, pruebas y análisis de operación, evaluación de resultados y entrega del reporte final.

Índice

Agradecimientos	1
Resumen.....	2
Introducción.....	12
Planteamiento del problema.....	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Justificación.....	14
Marco Teórico	15
Historia y Evolución de la tecnología CNC	15
Principios de Funcionamiento de las maquinas CNC	21
Funciones específicas que pueden programarse	23
Tipos de máquinas CNC y sus aplicaciones para la industria	27
Ventajas del CNC	40
Programacion CNC	42
Definición y beneficios del retrofit	57
Ventajas y desventajas del retrofit.....	60
Componente esenciales en máquinas CNC.....	62
Normativas y seguridad.....	81
Procedimiento o desarrollo de las actividades	87

Analisis de Resultados.....	114
Conclusiones y/o recomendaciones.....	115
Referencias Bibliograficas.....	116

Índice De Tablas

Tabla 1.	Fresadora Códigos G.....	54
Tabla 2.	Ventajas y Desventajas del retrofit.....	61
Tabla 3.	Especificaciones del CNC.....	89

Índice de Figuras

Figura 1.	Linea de Tiempo Evolución del CNC.....	15
Figura 2.	Cinta Perforada	17
Figura 3.	Primera máquina CNC	17
Figura 4.	Prototipo de Fresado CNC	18
Figura 5.	CNC con microprocesadores	19
Figura 6.	CNC actuales	20
Figura 7.	Torno CNC	21
Figura 8.	Control de movimientos.....	23
Figura 9.	Accesorios Programables	25
Figura 10.	Programación CNC	25
Figura 11.	Fresadora CNC	27
Figura 12.	Torno CNC	28
Figura 13.	Router CNC.....	28
Figura 14.	Máquina de corte laser CNC	29
Figura 15.	Taladradora CNC	29
Figura 16.	Pantógrafo CNC	30
Figura 17.	Maquina EDM CNC.....	30
Figura 18.	Corte de Hilo CNC.....	31

Figura 19.	Corte de Plasma CNC.....	32
Figura 20.	Plegadora CNC	32
Figura 21.	Maquina por corte de agua.....	33
Figura 22.	Tipos de herramientas para CNC.....	34
Figura 23.	Fresa de Cara	35
Figura 24.	Fresa de punta plana	35
Figura 25.	Fresa Punta Redonda	35
Figura 26.	Fresa de bola	36
Figura 27.	Brocas	36
Figura 28.	Machos.....	37
Figura 29.	Fresas de Chaflán	37
Figura 30.	Cuchilla dentada.....	37
Figura 31.	Sierra de corte longitudinal.....	38
Figura 32.	Escariador	38
Figura 33.	Cortador de mosca.....	38
Figura 34.	Cortador de radio externo	39
Figura 35.	Herramienta de grabado	39
Figura 36.	Herramienta de avellanado	39
Figura 37.	Cortador cola de milano	39

Figura 38.	Precisión CNC.....	40
Figura 39.	Eficiencia del CNC	40
Figura 40.	Programacion manual	43
Figura 41.	Retrofit.....	58
Figura 42.	Panel y controlador del CNC	62
Figura 43.	Motores del CNC.....	63
Figura 44.	Husillo del CNC	64
Figura 45.	Cambio de Herramientas	66
Figura 46.	Cama/Mesa del CNC	68
Figura 47.	Guías del CNC	70
Figura 48.	Sistemas de Transmision	72
Figura 49.	Refrigerantes CNC	74
Figura 50.	Sensores y retroalimentación del CNC	76
Figura 51.	Dispositivos de sujeción	78
Figura 52.	Elementos de seguridad.....	80
Figura 53.	Tipos de normas de seguridad	82
Figura 54.	Mantenimiento CNC	84
Figura 55.	Seguridad en el entorno	86
Figura 56.	Cronograma de Actividades	87

Figura 57.	Leblond Makino FNC 74 A30 CNC.....	87
Figura 58.	Condiciones del CNC	88
Figura 59.	Tablero de Control CNC	90
Figura 60.	Tablero de Control CNC	91
Figura 61.	Electroválvulas del Cambio de Herramientas.....	92
Figura 62.	Bomba Hidráulica del CNC.....	92
Figura 63.	Electroválvulas y Cambio de Herramientas.....	93
Figura 64.	Bomba del Soluble CNC	93
Figura 65.	Motor de Husillo	94
Figura 66.	Lado derecho antes de la limpieza.....	95
Figura 67.	Lado derecho después de la limpieza	95
Figura 68.	Lado de atrás antes de la limpieza.....	96
Figura 69.	Lado de atrás después de la limpieza	96
Figura 70.	Lado izquierdo antes de la limpieza	97
Figura 71.	Parte de enfrente después de la limpieza	97
Figura 72.	Cambio de herramientas antes de la limpieza.....	98
Figura 73.	Cambio de herramientas después de la limpieza.....	98
Figura 74.	Tablero principal de la maquina CNC.....	99
Figura 75.	Interruptor Selector del CNC	99

Figura 76.	Pastillas termomagnéticas de componentes	100
Figura 77.	Controladores antiguos del CNC	100
Figura 78.	Controladores nuevos del CNC	101
Figura 79.	Servos antiguos del CNC	101
Figura 80.	Servos nuevos del CNC	101
Figura 81.	Variador de Frecuencia ABB	102
Figura 82.	Placa de Interfaz Mach3	102
Figura 83.	Limit Switch ejes	102
Figura 84.	Bomba hidráulica antigua	103
Figura 85.	Bomba hidráulica nueva	103
Figura 86.	Panel de operación del CNC antes	104
Figura 87.	Diseño de Panel de Pantalla	104
Figura 88.	Panel pantalla nuevo	105
Figura 89.	Panel de Control y Programación	105
Figura 90.	Coordenadas de Trabajo	106
Figura 91.	Coordenadas reales del CNC	106
Figura 92.	Posición 0 del CNC en el eje X.	107
Figura 93.	Posición 0 del CNC en el eje Y.	107
Figura 94.	Posición 0 del CNC en el eje Z	108

Figura 95.	Programacion manual por códigos.....	108
Figura 96.	Velocidades de Avance y de Corte.	109
Figura 97.	Controlador de velocidad y avance de corte.	109
Figura 98.	Control de velocidad de avance y corte	110
Figura 99.	Control de programas CNC.....	110
Figura 100.	Escritura del código de programacion.	110
Figura 101.	Botones inicio de programa.	111
Figura 102.	Posiciones 0 de los ejes de trabajo y del CNC.	112
Figura 103.	Trayectorias del programa.....	112
Figura 104.	Programa para el CNC	113
Figura 105.	Pruebas en MDF.....	113

Introducción

En el competitivo entorno industrial actual, la modernización de equipos es crucial para mantener la eficiencia y la competitividad de una empresa. "Soporte Asesoría y Medición para la Industria" (SAyME), dirigida por la licenciada Sandy, se enfrenta al desafío de tener un Centro de Maquinado CNC Makino obsoleto debido a su antigüedad y falta de actualizaciones. Esta situación ha reducido la precisión, eficiencia y velocidad de producción, aumentando los costos operativos y el tiempo de inactividad, lo que afecta negativamente la capacidad de la empresa para competir en el mercado.

Para abordar este problema, SAyME ha decidido emprender un proyecto de modernización y retrofit del CNC Makino, con el objetivo de actualizar sus sistemas y componentes mecánicos y electrónicos, asegurando su compatibilidad con las tecnologías actuales. Este proyecto, que se llevará a cabo durante el periodo de prácticas profesionales, incluye mejoras en los sistemas de control, componentes mecánicos y electrónicos. El cronograma del proyecto abarca desde el conocimiento del equipo hasta la entrega del reporte final, e incluye actividades como inspección, limpieza, revisión de conexiones eléctricas, mantenimiento preventivo y correctivo, diseño de pantalla para el CNC, revisión del software, pruebas y análisis de operación, evaluación de resultados y entrega del reporte final.

La modernización del CNC Makino permitirá a SAyME mejorar su rendimiento, reducir costos operativos, aumentar la capacidad de producción y alinearse con los estándares industriales modernos, fortaleciendo así su posición competitiva en el mercado.

Planteamiento del problema

La empresa Soporte Asesoría y Medición para la Industria “SAyME”, dirigida por la licenciada Sandy, tiene un Centro de Maquinado CNC Makino que ha quedado prácticamente obsoleto debido a su antigüedad y a los avances tecnológicos en la industria. Dado que la máquina no cumple con los requisitos de precisión, eficiencia y velocidad que demandan los procesos industriales modernos, esto afecta negativamente la capacidad de la empresa para competir en el mercado actual. La falta de mejoras en los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos de CNC Makino ha reducido su rendimiento, lo que ha reducido la productividad y aumentado los tiempos de inactividad, lo que aumenta los costos operativos de la empresa. Por lo tanto, S AyME ha tomado la decisión de llevar a cabo un proyecto de modernización y retrofit del equipo para actualizar sus sistemas y garantizar que sean compatibles con las tecnologías actuales. Los sistemas de control serán mejorados, los componentes mecánicos se actualizarán y se integrarán nuevas soluciones electrónicas para restaurar la funcionalidad del equipo.

Objetivo general

Realizar la actualización y optimización tecnológica del Centro de Maquinado CNC Makino mediante la implementación de sistemas de control modernos, mejoras en los componentes mecánicos y electrónicos y la integración de nuevas tecnologías de automatización, con el fin de aumentar la precisión, eficiencia y productividad del equipo, garantizando su compatibilidad con los estándares industriales actuales y extendiendo su vida útil.

Objetivos específicos

- Optimizar el rendimiento del Centro de Maquinado CNC Makino mediante la implementación de mejoras tecnológicas en su sistema de control y componentes mecánicos, con el fin de incrementar su precisión, velocidad y eficiencia en los procesos de manufactura.
- Aumentar la vida útil y competitividad del equipo mediante la modernización de sus sistemas electrónicos y la integración de tecnologías actuales, garantizando su operación conforme a los estándares industriales más recientes.

- Mejorar la eficiencia operativa y reducir el tiempo de inactividad al actualizar el software y hardware del CNC Makino, facilitando una mayor capacidad de producción y menores costos operativos, dentro del periodo de prácticas profesionales.

Justificación

La modernización del Centro de Maquinado CNC Makino en SAYME es esencial para garantizar la competitividad y la eficiencia de la empresa en el contexto actual de la industria. El equipo es demasiado viejo para satisfacer las demandas tecnológicas y productivas del mercado, lo que reduce la capacidad de producción, la precisión y la velocidad de los procesos. Esto ha aumentado los tiempos de inactividad y los costos operativos, poniendo a la empresa en desventaja ante competidores con tecnologías más avanzadas. La mejora de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos de CNC Makino permitirá que el equipo se alinee con los estándares industriales modernos, mejorando su rendimiento y prolongando su vida útil. Este proceso no solo ayudará a optimizar la operación del equipo, sino que también reducirá los costos y permitirá aprovechar al máximo las capacidades productivas del equipo. Además, el proyecto nos brinda una oportunidad valiosa de aplicar y perfeccionar nuestras habilidades técnicas en un entorno real. Al participar en este proyecto de modernización durante nuestras prácticas profesionales, no solo contribuiremos directamente al éxito de la empresa, sino que también adquiriremos experiencia invaluable en la actualización de maquinaria industrial para satisfacer las necesidades tecnológicas actuales.

Marco Teórico

Historia y Evolución de la tecnología CNC

La evolución del Control Numérico por Computadora (CNC) ha sido un proceso fascinante que ha revolucionado la industria manufacturera. A lo largo de los años, esta tecnología ha avanzado significativamente, proporcionando una mayor precisión, eficiencia y versatilidad en la fabricación de componentes y piezas.

El mecanizado CNC utiliza una técnica de mecanizado que se encontró en el siglo XVIII. De hecho, la primera 'máquina de torneado con marco de metal' fue inventada en 1751, la primera de una larga serie de máquinas con el objetivo de crear operaciones mecánicas más precisas que las que son posibles mediante técnicas artesanales. Esto marcó el comienzo de la industrialización.

coggle
made for free at coggle.it

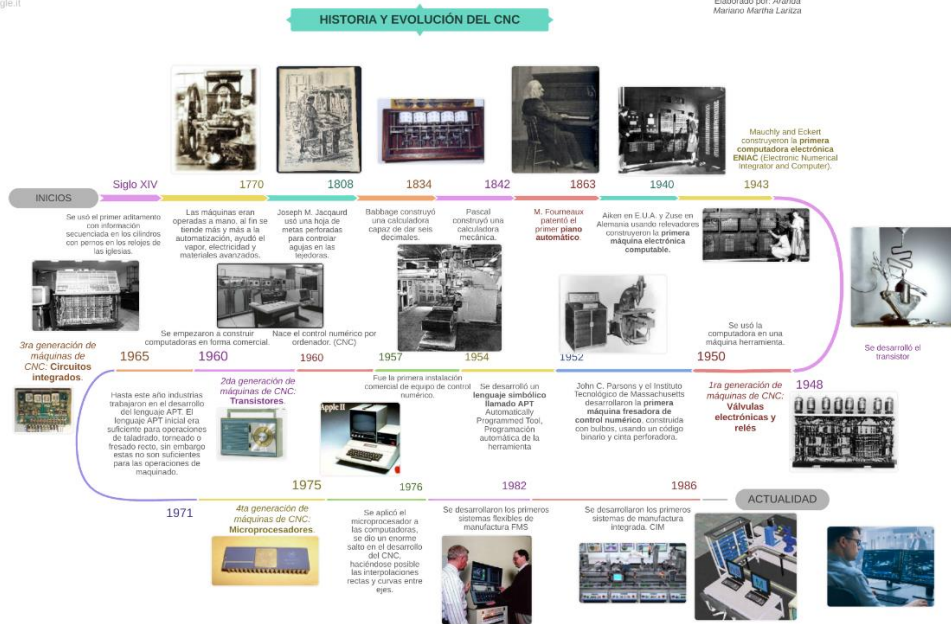


Figura 1. Línea de Tiempo Evolución del CNC

Fuente Referencia: Laritza, M. A (sf)

En sus orígenes, la manufactura se llevaba a cabo con simples herramientas de mano (de ahí el término manufactura en su origen); pero con la acumulación gradual de conocimientos, el hombre ha desarrollado herramientas, máquinas, materiales y productos

a gran velocidad, alta precisión y a gran escala, dando como resultado el desarrollo de los sistemas modernos de manufactura.

En el mundo de la manufactura moderna, la maquinaria CNC (Control Numérico por Computadora) ha revolucionado la forma en que se fabrican una amplia gama de productos, desde piezas metálicas de precisión hasta componentes de alta tecnología. Explorar la historia de la maquinaria CNC es adentrarse en un viaje de innovación, ingeniería y adaptación tecnológica que ha transformado por completo la industria manufacturera.

El mecanizado CNC utiliza una técnica de mecanizado que se encontró en el siglo XVIII. De hecho, la primera 'máquina de torneado con marco de metal' fue inventada en 1751, la primera de una larga serie de máquinas con el objetivo de crear operaciones mecánicas más precisas que las que son posibles mediante técnicas artesanales. Esto marcó el comienzo de la industrialización.

La idea del control numérico comenzó cuando la automatización de máquinas herramienta originalmente incorporó conceptos específicos de lógica programable. Al principio, las primeras máquinas NC se construyeron en la década de 1940. Aparecieron máquinas un poco más avanzadas en la década de 1950. Estas máquinas de fabricación se construyeron en base a las herramientas que se modifican con los motores para mover los controles de la máquina. Estos controles siguieron puntos específicos que se introdujeron en la máquina en cinta perforada. Estos primeros mecanismos pronto se mejorarán con computadoras tanto analógicas como digitales. La introducción de la tecnología informática en el concepto de control numérico condujo a lo que ahora conocemos como control numérico por computadora.

La primera máquina CNC fue desarrollada en los años 40 y 50 por el ingeniero estadounidense John T. Parsons. Mediante modificaciones a las máquinas existentes de la época, Parsons logró introducir tarjetas perforadas con números, permitiendo así la programación de los movimientos necesarios para el mecanizado de piezas. Esta máquina inicial era una fresadora con tecnología de válvulas de vacío.

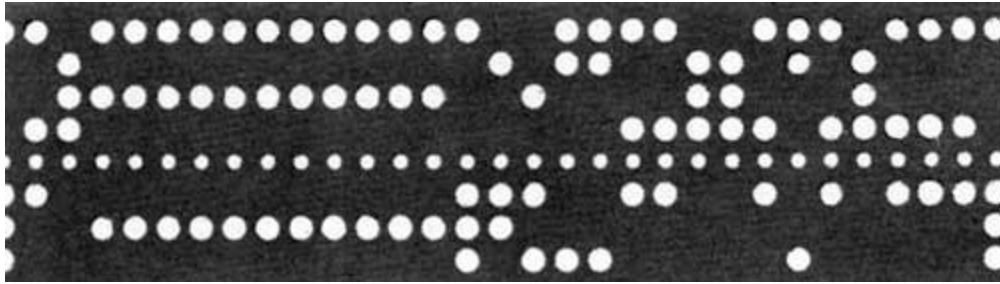


Figura 2. Cinta Perforada

Fuente Referencia: Maderero (2019, Agosto 30)

- **1949 Origen del CNC:**

La primera máquina CNC se acreditó a James Parsons en 1949. Parsons fue un pionero de la informática que trabajó en un Proyecto de Investigación de la Fuerza Aérea. La investigación se centró en cómo producir palas de helicóptero y una mejor piel de avión.

Parsons pudo calcular las coordenadas aerodinámicas del helicóptero con un multiplicador IBM 602A. Luego introdujo los datos en una tarjeta perforada, que usó en un barrenador suizo. Esta información condujo a la fabricación de muchas palas de helicópteros y revestimientos de aeronaves. De acuerdo con la historia CNC aceptada, esta fue considerada la primera máquina CNC. Parson más tarde recibiría los premios Joseph María Jacquard Memorial por su trabajo. El concepto del Control Numérico por Computadora surgió en el MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts) en la década de 1940. John T. Parsons y Frank L. Stulen fueron los pioneros en desarrollar la idea de usar máquinas controladas por computadoras para fabricar partes para la industria aeroespacial.

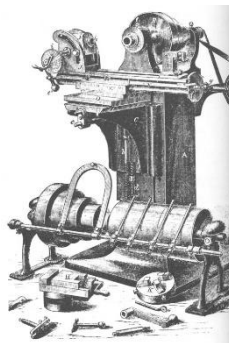


Figura 3. Primera máquina CNC

Fuente Referencia: Harrison (2021, Enero 11)

- **1952 Primer prototipo de fresado CNC:**

El primer prototipo de una máquina de fresado CNC fue desarrollado por el MIT en colaboración con la empresa estadounidense Bendix Corporation. Esta máquina utilizaba cintas perforadas como medio de programación y se convirtió en la base de futuros desarrollos en el campo del CNC.

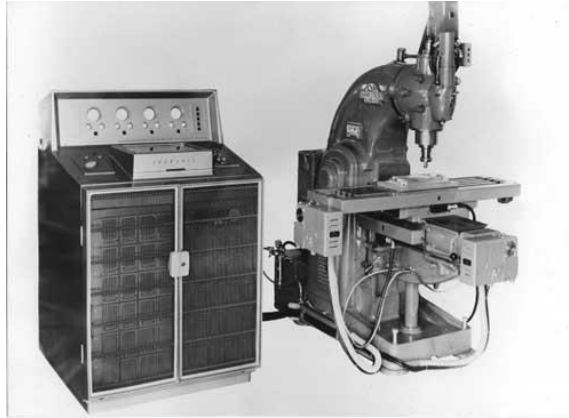


Figura 4. Prototipo de Fresado CNC

Fuente Referencia: Maderero (2019, Agosto 30)

- **1955 Introducción de los primeros sistemas comerciales:**

La compañía estadounidense Giddings & Lewis introdujo al mercado los primeros sistemas comerciales de Control Numérico por Computadora. Estos sistemas eran utilizados principalmente en la industria aeroespacial y automotriz, y fueron un gran avance en términos de automatización y precisión en la fabricación.

- **1967 Desarrollo de los primeros sistemas CNC integrados:**

La compañía suiza AEG-Telefunken desarrolló los primeros sistemas CNC integrados, que combinaban el control numérico con la electrónica de potencia. Estos sistemas permitían un mayor control y precisión en el mecanizado de piezas.

- **1970 Introducción de los primeros sistemas CNC basados en microprocesadores:**

Con el avance de la tecnología de los microprocesadores, se introdujeron al mercado los primeros sistemas CNC basados en estos dispositivos. Esto permitió una mayor flexibilidad en la programación y control de las máquinas, así como una reducción en el tamaño y costo de los equipos.



Figura 5. CNC con microprocesadores

Fuente Referencia: Yamazen (sf)

- **1980 Desarrollo de software CAD/CAM:**

Con el tiempo, se hicieron necesarios gráficos por computadora avanzados. En la década de 1980, la tecnología mejoró aún más y los ingenieros agregaron gráficos mejorados. En el siglo XXI, se pueden esperar mejores cambios en la interfaz de usuario.

En la década de 1980, se desarrollaron programas de software CAD/CAM (Diseño Asistido por Computadora/Fabricación Asistida por Computadora) que permitieron realizar diseños y programaciones más complejas, así como la simulación virtual de los procesos de mecanizado. Esto facilitó enormemente la creación de productos personalizados y la optimización de los procesos de fabricación.

- **1990 Avances en la conectividad y comunicación:**

Con la popularización de Internet y las redes de comunicación, se logró una mayor conectividad y comunicación entre los sistemas CNC. Esto permitió la transferencia de programas de mecanizado de forma remota, facilitando la colaboración y mejorando la eficiencia en la producción.

- **2000 Aplicación del CNC en nuevas industrias:**

A medida que el CNC se volvió más accesible y versátil, se comenzó a aplicar en diversas industrias, como la joyería, la medicina y la producción de dispositivos electrónicos. Esto amplió significativamente las posibilidades de fabricación y generó un nuevo conjunto de desafíos y oportunidades.

- **Actualidad CNC avanzado y automatización:**

En la actualidad, el CNC se ha convertido en una tecnología avanzada y altamente automatizada. Se han desarrollado máquinas CNC de múltiples ejes, robots industriales controlados por CNC y sistemas inteligentes de monitoreo y control. Estos avances han permitido una mayor eficiencia, precisión y productividad en la industria manufacturera.

La evolución del Control Numérico por Computadora (CNC) ha sido un proceso continuo de innovación y desarrollo a lo largo de las décadas. Desde sus humildes comienzos en el MIT en la década de 1940 hasta la sofisticada tecnología que conocemos en la actualidad, el CNC ha transformado la forma en que se fabrican componentes y piezas en todo el mundo, y su impacto seguirá creciendo en los años venideros.



Figura 6. CNC actuales

Fuente Referencia: MFGROBOTS (sf)

La historia de las máquinas CNC aún no termina. Cada día hay nuevos avances tanto en fresado CNC como en tecnología de torneado. En particular, con las máquinas modernas, ahora encontramos que se utilizan con frecuencia hasta 7 ejes. También encontramos nuevos tipos de máquinas en la fábrica que solo se soñaban antes. Estos incluyen

cortadores láser, impresoras 3D y cortadores de plasma, que juntos pueden crear casi cualquier forma imaginable con la más alta calidad y especificaciones.

El CNC ha tenido una larga e interesante historia. A medida que la tecnología evoluciona en el futuro, puede haber elementos aún más increíbles para agregar a su historia a medida que la fabricación continúa promoviendo el uso de procesos robóticos y automatizados en casi todos los campos.

Principios de Funcionamiento de las maquinas CNC

Los principios de funcionamiento de las máquinas de control numérico o CNC son bastante simples. Cuando se quiere mecanizar una pieza se necesitan una serie de herramientas: fresadoras, sierras, taladradoras, etc. Estas herramientas, en vez de ser dirigidas por una persona, ahora pueden programarse mediante sistemas de coordenadas para que puedan operar sobre la pieza de forma precisa.



Figura 7. Torno CNC

Fuente de Referencia: Slu (2020, Mayo 16)

Su funcionamiento es muy similar al de las actuales impresoras 3D, ya que usan unos ejes para mover el cabezal (de hecho, las impresoras 3D se pueden entender como un tipo especial de máquina CNC). La diferencia radica en que en vez de un cabezal de impresión, se pueden usar multitud de herramientas (tornos, láser, rectificadora, chorro de agua, electroerosión, prensa, herramientas de corte, perforación, soldador, brazo robotizado, ...).

Cuando recibe los datos, se moverán usando desplazamientos longitudinales (eje X), transversales (eje Z) y verticales (eje Y). Algunas también tienen ejes giratorios A, B y C.

Al igual que las impresoras 3D, para poder realizar esos movimientos también se emplean servomotores. Solo se necesita el código o software adecuado para programar los movimientos de dichos servomotores para conseguir los magníficos resultados que tienen estas máquinas.

El funcionamiento de un sistema CNC se basa en la introducción de un programa de control que indica a la máquina qué movimientos debe realizar, la velocidad a la que debe trabajar y la posición exacta en la que debe colocar la herramienta.

Los equipos CNC son sistemas automatizados que permiten la fabricación de piezas con alta precisión y repetitividad. Estos equipos funcionan mediante la programación de un software que controla el movimiento de herramientas de corte sobre materiales como plásticos, metales y madera.

Los equipos CNC se componen de varios elementos, como el control numérico, el motor, la herramienta de corte, el sistema de sujeción y la mesa de trabajo. El control numérico es el cerebro del equipo y se encarga de interpretar las instrucciones del software y enviar señales al motor para que mueva la herramienta de corte. La herramienta de corte, por su parte, es la encargada de dar forma al material según las especificaciones del diseño.

El sistema de sujeción es responsable de mantener el material en su lugar mientras la herramienta de corte se mueve, y la mesa de trabajo es la superficie sobre la que se colocan los materiales a cortar. Los equipos CNC pueden ser de diferentes tipos, como routers, tornos, fresadoras y láseres.

El proceso de fabricación con equipos CNC comienza con la creación de un diseño en un software de diseño asistido por computadora (CAD). Este diseño se convierte en un programa de código G, que se carga en el equipo CNC. El equipo CNC sigue las instrucciones del programa para mover la herramienta de corte y dar forma al material.

Básicamente, el controlador de las máquinas CNC recibe instrucciones de la computadora (en forma de códigos G y códigos M) y mediante su propio software convierte esas instrucciones en señales eléctricas destinadas a activar los motores que, a su vez, pondrán en marcha el sistema de accionamiento. Este es el principio de la operativa de este tipo de maquinaria.

Funciones específicas que pueden programarse

Control de movimiento

Todas las máquinas CNC comparten una característica en común: tienen dos o más direcciones programables de movimiento llamadas ejes.

Un eje de movimiento puede ser:

- Lineal (en línea recta)
- Rotatorio (en una trayectoria circular).

Una de las primeras especificaciones que implica la complejidad de una máquina CNC es la cantidad de ejes que tiene. En términos generales, a mayor cantidad de ejes, mayor complejidad.

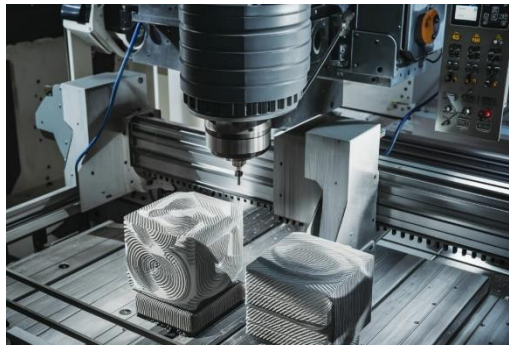


Figura 8. Control de movimientos

Fuente Referencia: Sakder (sf)

Los ejes de una máquina CNC son un requisito para generar los movimientos necesarios para el proceso de fabricación. Si seguimos con el ejemplo de un taladro industrial, los ejes ubicarían la herramienta sobre el orificio a mecanizar (en dos ejes) y efectuarían la operación (con el tercer eje).

Los ejes se denominan con letras. Los nombres más comunes de los ejes lineales son X, Y y Z, mientras que los más comunes de los ejes giratorios son A, B y C.

El control de movimiento puede realizarse mediante dos sistemas, que pueden funcionar individualmente o combinados entre sí:

- Valores absolutos (código G90), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto de origen de coordenadas. Se usan las variables X (medida del diámetro final) y Z (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).
- Valores incrementales (código G91), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto actual. Se usan las variables U (distancia radial) y W (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).

Accesorios programables

Una máquina CNC no sería útil si solo contara con un control de movimiento. Casi todas las máquinas son programables de varias otras maneras.

El tipo específico de máquina está directamente relacionado con sus accesorios programables apropiados, por lo que puede programarse cualquier función requerida en una máquina CNC.

Pongamos el ejemplo de un centro de mecanizado para explicar las mínimas funciones específicas programables:

- Cambiador automático de herramienta: la mayoría de los centros de mecanizado puede tener muchas herramientas diferentes ubicadas en un portaherramientas. Cuando se requiera, la herramienta necesaria puede colocarse automáticamente en el husillo para efectuar el mecanizado correspondiente.
- Velocidad y activación del husillo: la velocidad del husillo (en rpm) se puede especificar fácilmente y el husillo puede girar no sólo en un sentido horario o antihorario, sino que además, puede detenerse.
- Refrigerante: muchas operaciones de mecanizado requieren de refrigerante para lubricar y enfriar. El refrigerante puede activarse y desactivarse durante el ciclo de trabajo de la máquina.



Figura 9. Accesorios Programables
Fuente Referencia: Sakder (sf)

Programa CNC

Este es un listado secuencial de instrucciones que ejecutará la máquina. Esas instrucciones se conocen como programa CNC, el cual debe contener toda la información requerida para el mecanizado de la pieza.

El programa CNC está escrito en un lenguaje de bajo nivel denominado G y M, estandarizado por las normas 6983 de ISO (Organización Internacional de Normalización) y RS274 de EIA (Alianza de Industrias Electrónicas) y compuesto por instrucciones Generales (código G) y Misceláneas (código M).



Figura 10. Programación CNC
Fuente Referencia: Sakder (sf)

El programa presenta un formato de frases conformadas por bloques, encabezados por la letra N, tal como vemos en la figura de abajo, donde cada movimiento o acción se realiza

secuencialmente y donde cada bloque está numerado y generalmente contiene un solo comando.

El código G describe las funciones de movimiento de la máquina (por ejemplo, movimientos rápidos, avances, avances radiales, pausas, ciclos), mientras que el código M describe las funciones de carácter más didáctico que se requieren para el mecanizado de la pieza, pero que no corresponden a los movimientos de la máquina (por ejemplo, arranque y detención del husillo, cambio de herramienta, refrigerante, detención del programa).

A su vez, cada código contiene variables (direcciones), identificadas con otras letras y definidas por el programador para cada función específica. Por ejemplo, F define la velocidad de avance, S la velocidad del husillo, T la herramienta seleccionada, X, Y y Z el movimiento de los ejes, I, J y K la localización del centro de un arco, etc.

Debemos tener en cuenta que, dado que todas son diferentes, cada máquina tendrá su propio programa CNC, ya que, por ejemplo, una plegadora de chapas no tiene husillo ni requiere de refrigerante.

Controlador CNC

Este componente clave interpreta un programa CNC y acciona la serie de comandos en orden secuencial. A medida que lee el programa, el controlador activa las funciones apropiadas de la máquina, impulsa el movimiento de los ejes, y en general, sigue las instrucciones dadas en el programa.

Además de interpretar el programa CNC, el controlador tiene varios otros propósitos, por ejemplo:

- Modificar (editar) los programas si se detectan errores.
- Realizar funciones de verificación especial (como el funcionamiento en vacío) para confirmar la exactitud del programa CNC.
- Especificar ciertas entradas importantes del operador, tales como los valores de longitud de las herramientas.

Programa CAM

En muchos casos, el programa CAM funciona juntamente con el diseño asistido por computadora (CAD). Esto elimina la necesidad de redefinir la configuración de la pieza de trabajo para el programa CAM.

Así pues, el programador CNC simplemente especifica las operaciones de mecanizado a realizar y el programa CAM crea automáticamente el programa CNC.

Tipos de máquinas CNC y sus aplicaciones para la industria

- **Fresadora CNC**

Las fresadoras CNC son máquinas herramientas utilizadas para cortar y dar forma a una variedad de materiales. El proceso de mecanizado de fresado implica cortar y dar forma al material mediante una herramienta de corte rotativa. Las fresadoras CNC pueden cortar y dar forma a una amplia gama de materiales, incluyendo metal, plástico y madera.



Figura 11. Fresadora CNC

Fuente Referencia: Programacion CNC (sf)

- **Torno CNC**

El torno CNC es una máquina que se utiliza para el mecanizado de objetos cilíndricos. El proceso de mecanizado de torneado consiste en girar una pieza de material a alta velocidad mientras se corta y da forma con una herramienta de corte. Los tornos CNC se utilizan para

producir una amplia gama de piezas de precisión, desde engranajes hasta componentes para aeronaves.



Figura 12. Torno CNC

Fuente Referencia: Programacion CNC (sf)

- **Router CNC**

Las máquinas router CNC se utilizan para cortar, grabar y dar forma a una amplia gama de materiales, incluyendo madera, plástico, metal y piedra. El proceso de mecanizado se realiza mediante una herramienta de corte giratoria que avanza y retrocede para cortar y dar forma a la pieza de trabajo.



Figura 13. Router CNC

Fuente de Referencia: PRweb (sf)

- **Máquina de corte con láser CNC**

Las máquinas de corte por láser CNC se utilizan para cortar materiales de forma precisa y eficiente. El proceso de corte por láser se realiza mediante un haz de luz altamente concentrado que se dirige al material y lo corta mediante la vaporización del mismo. Las

máquinas de corte por láser CNC se utilizan en todo tipo de aplicaciones, desde la fabricación de componentes para la aeronáutica hasta la producción de letreros y placas de identificación.



Figura 14. Máquina de corte laser CNC
Fuente Referencia: Asiacnc (sf)

- **Máquina de taladrado CNC**

Las máquinas de taladrado CNC se utilizan para perforar agujeros precisos en una amplia gama de materiales, desde metal hasta madera y plástico. El proceso de mecanizado de taladrado se realiza mediante una herramienta de corte giratoria que se desliza hacia adelante y hacia atrás para perforar el material.



Figura 15. Taladradora CNC
Fuente de Referencia: Programacion CNC (sf)

Pantógrafo CNC

El pantógrafo CNC es una máquina herramienta que se utiliza para cortar y grabar materiales en 2D o 3D. Utilizando una herramienta de corte giratoria, el pantógrafo CNC puede cortar y dar forma a materiales de manera precisa y eficiente.



Figura 16. Pantógrafo CNC

Fuente Referencia: GP protoCNC (2014, Noviembre 14)

Máquina EDM CNC

La máquina EDM CNC se utiliza para cortar y mecanizar materiales muy duros utilizando descargas eléctricas. El proceso de mecanizado EDM se realiza mediante un electrodo (una herramienta de corte) que se mueve hacia la pieza de trabajo, creando descargas eléctricas que cortan y mecanizan el material.



Figura 17. Máquina EDM CNC

Fuente Referencia: DMNC EDM

Máquina de electroerosión CNC

Las máquinas de electroerosión CNC se utilizan para mecanizar materiales muy duros y difíciles de cortar. El proceso de mecanizado de electroerosión se realiza mediante un electrodo que se mueve hacia la pieza de trabajo y la corta utilizando descargas eléctricas.

Centro de mecanizado CNC

Un centro de mecanizado CNC es una máquina herramienta que se utiliza para el mecanizado de piezas complejas y de alta precisión. Los centros de mecanizado CNC combinan varias operaciones de mecanizado, como fresado, taladrado y torneado, en una sola máquina.

Máquina de electroerosión de hilo CNC

La máquina de electroerosión de hilo CNC se utiliza para cortar piezas muy precisas con bordes rectos o curvos. El proceso de mecanizado se realiza utilizando un joven mecánico para cortar una pieza de trabajo. La máquina de electroerosión de hilo CNC se utiliza en todo tipo de aplicaciones, desde la producción de componentes para automóviles hasta la fabricación de herramientas médicas y dentales.

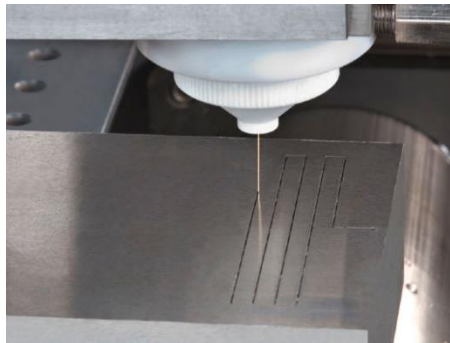


Figura 18. Corte de Hilo CNC

Fuente Referencia: FAMASA (sf)

Máquina de corte por plasma CNC

Las máquinas de corte por plasma CNC se utilizan para cortar materiales conductores, como el acero y el aluminio, utilizando un chorro de plasma. El proceso de mecanizado de

corte por plasma se realiza mediante la creación de un arco eléctrico entre el material y la boquilla de plasma, lo que produce un chorro de plasma que corta el material.



Figura 19. Corte de Plasma CNC

Fuente Referencia: Programacion CNC (sf)

Prensas plegadoras CNC

Las prensas plegadoras CNC se utilizan para plegar y doblar una amplia gama de materiales, incluyendo metal y plástico. El proceso de plegado se realiza mediante una herramienta que se mueve hacia la pieza de trabajo y la dobla de acuerdo con las especificaciones del programa CNC.



Figura 20. Plegadora CNC

Fuente de Referencia: Programacion CNC (sf)

Máquina de corte por agua CNC

Las máquinas de corte por agua CNC se utilizan para cortar materiales duros, como metal, piedra y vidrio, utilizando un chorro de agua de alta presión. El proceso de mecanizado de corte por agua se realiza mediante la creación de un chorro de agua de alta presión que corta y mecaniza el material de acuerdo con las especificaciones del programa CNC.



Figura 21. Máquina por corte de agua
Fuente Referencia: FREEPIK (sf).

Máquina de corte por plasma y agua CNC

La máquina de corte por plasma y agua CNC combina las ventajas de los sistemas de corte por plasma y por agua en una sola máquina herramienta. La máquina utiliza un chorro de agua de alta presión para cortar el material y un chorro de plasma para cortar el material conductivo, como el metal y el acero.

Máquina de corte láser de fibra CNC

La máquina de corte láser de fibra CNC se utiliza para cortar materiales conductores, como el metal y el acero, utilizando un haz láser de alta potencia. El proceso de corte láser de fibra se realiza mediante la creación de un haz de láser que corta el material de acuerdo con las especificaciones del programa CNC.

Máquina de corte por chorro de arena CNC

Las máquinas de corte por chorro de arena CNC se utilizan para cortar y grabar materiales duros, como el metal y el vidrio, utilizando un chorro de arena de alta presión. El proceso de mecanizado se realiza mediante la creación de un chorro de arena de alta presión que corta y mecaniza el material de acuerdo con las especificaciones del programa CNC.

Aplicaciones y sectores de adopción

Las Máquinas CNC no solo son un pilar en la industria manufacturera, sino que han extendido su influencia a una variedad de sectores, llevando la precisión y la eficiencia a nuevas alturas.

- Industria aeroespacial
- Automoción
- Medicina y odontología
- Arquitectura y construcción
- Electrónica y tecnología
- Artes y diseños

Tipos de herramientas para máquinas CNC

Existen también varios tipos de herramientas para CNC que se pueden montar en los cabezales de trabajo. De ellas dependerá el tipo de mecanizado que puede realizar la máquina CNC, además de la profundidad, radio de acción, velocidad de trabajo, etc. Algunas de las más importantes son:



Figura 22. Tipos de herramientas para CNC

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Fresa de cara o de concha: es bastante común, y son buenas para eliminar material de un área amplia. Por ejemplo, para el desbaste inicial de una pieza.



Figura 23. Fresa de Cara

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Fresa de punta plana: otra herramienta estándar que puede verse en diferentes tamaños (diámetros), pudiéndose usar para trabajar los laterales y la parte superior de una pieza, así como cortar. También puede usarse para perforar cavidades.



Figura 24. Fresa de punta plana

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Fresa de punta redondeada: es otro tipo de fresa con punta redondeada, similar a la anterior, pero con un borde ligeramente redondeado, para algunos tipos de grabados.



Figura 25. Fresa Punta Redonda

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Fresa de bola: es completamente redonda en la punta, similar a la de extremo redondeado, pero con una forma más perfecta. Es ideal para superficies de contornos 3D, y no dejará las esquinas afiladas como ocurre con las de extremo cuadrado.



Figura 26. Fresa de bola

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Broca: son igual a la de los taladros, una herramienta para perforar, hacer orificios roscados, ajustes de precisión, etc. Estas brozas pueden ser de multitud de tamaños diferentes.



Figura 27. Brocas

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Machos: si conoces las terrajas, para hacer roscas en la superficie externa de una pieza, los machos hacen lo mismo pero por el interior. Es decir, mientras las terrajas podrían servir para crear un tornillo, los machos pueden crear tuercas.



Figura 28. Machos

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Fresa de chaflán: es similar a la fresa de cara, pero suele ser de menor longitud y algo más afilada (tienen una punta en ángulo, según el chaflán que se desee, de 30°, 45°, 60°, etc.). Este tipo de fresas se emplea para crear chaflanes en las esquinas. También se puede usar para mecanizar avellanados.



Figura 29. Fresas de Chaflán

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Cuchilla dentada: es un tipo de fresa en forma de disco de corte que puede servir para hacer socavaduras o ranuras, incluso muecas en forma de T pasando a través de la pieza.



Figura 30. Cuchilla dentada

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Sierra de corte longitudinal: es similar al anterior, pero tiene una diferencia, y es que el disco suele ser más fino para cortar ranuras profundas o dividir piezas. También suelen tener un diámetro superior.



Figura 31. Sierra de corte longitudinal

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Escariador: es un tipo de herramienta que sirve para ensanchar agujeros ya existentes para darles un diámetro exacto. Además, dejan un buen acabado, y tienen mejor tolerancia que las brocas.



Figura 32. Escariador

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Cortador de mosca: es un tipo de fresa que solo tiene una hoja de corte montada en una barra. Esa barra se puede desplazar para crear un diámetro de corte mayor o menor.



Figura 33. Cortador de mosca

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Cortador de radio externo: es otra herramienta especial para agregar un radio en un borde externo.

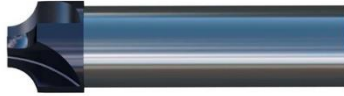


Figura 34. Cortador de radio externo

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Herramienta de grabado: sirven para grabar imágenes, texto o contornos en la superficie de una pieza.



Figura 35. Herramienta de grabado

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Herramienta de avellanado: sirven para el avellanado o para chaflanes.



Figura 36. Herramienta de avellanado

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Cortador de cola de milano: es una herramienta con una forma un tanto especial y que puede realizar un socavado en un material.



Figura 37. Cortador cola de milano

Fuente Referencia: Isaac (2022, Mayo 3)

Ventajas del CNC

- **Precisión**

Las máquinas CNC son bastante impactantes. Ofrecen un mejor control de las herramientas. Todo lo que tienes que hacer es codificar las instrucciones. Dígale a la máquina cómo y cuándo hacer el trabajo. En caso de error o disminución de la eficiencia, también puedes mejorar las instrucciones.

La definición adecuada del trabajo proporciona precisión. La salida es 100% precisa y libre de errores. Además, no existen riesgos de error humano.



Figura 38. Precisión CNC

Fuente Referencia: MFGROBOTS (sf)

- **Alta eficiencia**

Las máquinas CNC siguen comandos de computadora. La tecnología de automatización puede definir el tiempo de producción de un prototipo. Puede producir toneladas de muestras a esa velocidad sin demoras ni errores. En comparación con los métodos manuales, ofrece una velocidad bastante alta.



Figura 39. Eficiencia del CNC

Fuente Referencia: Yahua (2024, Mayo 16)

- **Mejor control**

Defina las reglas, controle las máquinas y cuente los detalles de producción. Nada es muy difícil. Los técnicos obtienen un mejor control sobre la producción. También puedes redefinir el mismo proceso. Alcanza los más altos niveles de seguimiento y productividad.

- **Flexibilidad**

¿Quieres cambiar las reglas de producción? Reescríbelos y díselo a las computadoras. Controla las máquinas según tus reglas. Un entorno tan flexible abre nuevos caminos para la producción.

- **Acceso a diseños complejos**

Los métodos tradicionales no pueden diseñar texturas complejas y son más propensos a errores. Pero esto no es gran cosa para la tecnología de mecanizado CNC. Construya su diseño 2D o 3D en la computadora y pida a las máquinas que preparen el mismo diseño prototipo. El resultado final sorprende a los usuarios con sus detalles precisos.

- **Escalabilidad**

Si su negocio se está expandiendo, aumente con máquinas CNC. Podrás actualizar tus sistemas y mejorar la tecnología. Aumente o reduzca su negocio sin pensarlo dos veces.

- **Seguridad**

Las máquinas CNC mantienen a los trabajadores seguros. Las máquinas funcionan sin depender de los humanos. Incluso si los procesos se detienen, puedes evitar lesiones definiendo las reglas de seguridad.

- **Costos de producción reducidos**

Las máquinas CNC son una inversión única. Al principio podrías pensar que es caro. Pero una alta tasa de producción puede aumentar sus ganancias. A la larga, es un acuerdo que vale la pena.

Programacion CNC

Las siglas CNC son la abreviatura de Control Numérico Computarizado, un sistema de programación que sirve para crear instrucciones automatizadas de cara al control de maquinaria-herramientas para mecanizar piezas con alta precisión.

Las máquinas CNC disponen de un software que puede hacer funcionar tanto tornos, como fresadoras, molinos, cortadoras láser, etc., y que el operario al cargo puede gestionar a través del panel integrado en dicha máquina, o bien desde un ordenador.

Debe quedar claro que la programación CNC no es como la programación informática convencional, sino que se trata de una metodología mucho más específica, basada en el establecimiento de operaciones definidas en intervalos y ciclos concretos, designados por medio de letras y números.

Es decir, su sistema está basado en la programación/control de los movimientos a realizar por dicha máquina a través de sus herramientas de corte, especificando el movimiento concreto para cada eje de coordenadas; ya sea X, Y para el control de un torno CNC, X, Y, Z si también se asumen desplazamientos verticales, como el caso de las fresas CNC, o incluso de más ejes.

La programación de CNC implica escribir una serie de comandos, normalmente con un lenguaje de programación, el código G, que especifica las acciones que debe llevar a cabo la máquina CNC. Estos comandos incluyen información sobre los movimientos de las herramientas, las velocidades del eje, los avances, los cambios de herramienta y otros parámetros necesarios para realizar una operación de mecanizado específica.

Por otro lado, en cualquier programa CNC se pueden distinguir dos grupos principales de información:

- Datos geométricos: hacen referencia a los datos de las dimensiones del contorno final de la pieza, a la descripción de los movimientos de la máquina-herramienta, y a la posición de la pieza en el área de trabajo y los puntos de referencia necesarios.

- Datos tecnológicos: tienen que ver con información sobre la herramienta, funciones auxiliares de la máquina y sobre las condiciones de corte.

Asimismo, el proceso de mecanizado CNC abarca diferentes operaciones controladas por ordenador, como los procesos mecánicos, químicos, eléctricos o térmicos necesarios para conseguir la pieza final. Y se pueden llevar a cabo diferentes métodos o tipos de programación que te explicamos a continuación.

¿Cuáles son los tipos de programación en CNC?

Una vez explicado que es la programación CNC, es importante que entiendas los tipos de programación CNC existentes, así como en qué casos es mejor utilizar cada uno.



Figura 40. Programacion manual

Fuente de Referencia: Grumeber (2021, Marzo 12).

- **Programación CNC manual a pie de máquina**

La programación CNC manual es la más comúnmente utilizada, y consiste en que el operario va estableciendo las indicaciones a seguir por la herramienta. Concretamente, el operario tendrá que ir introduciendo en el panel de control los programas a realizar por la máquina.

Pero, aunque existe la opción de incluir la siguiente acción mientras que la actual se está produciendo, hay que tener en cuenta que esto no siempre es posible y en ocasiones este tipo de programación CNC puede suponer una menor productividad.

¿Y cuándo es aconsejable utilizar este tipo de programación CNC? Se recomienda hacerlo si el software CNC es una implementación reciente de la empresa, para la creación de piezas simples en series cortas, o cuando esta programación se utiliza junto a otros mecanizados tradicionales.

- **Programación CNC por ordenador**

Es aquella en la que un ordenador ejecuta los cálculos necesarios para el control de la máquina, a partir de la información previamente suministrada por el programador CNC. Se trata de un proceso más automatizado y productivo.

Este tipo de programación CNC también incluye los programas a mano, igual que el método a pie de máquina, pero en esta ocasión se realiza desde un ordenador y no desde el panel de control de la máquina.

La información llega a la máquina a través de cables o dispositivos de transferencia y se desarrolla con la ayuda de los sistemas CAD-CAM, los cuales se crearon con la finalidad de facilitar la gestión de grandes cantidades de información gráfica en el diseño de objetos, e intervienen en la programación de la maquinaria, ayudando a reducir el tiempo en el cambio de series.

Pero, cabe destacar que este tipo permite cierto nivel de automatización, de tal forma que se transfieran ciertas tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos, a un conjunto de elementos tecnológicos, para que lo ejecuten sin intervención humana, ahorrando tiempo y mejorando así la productividad y la eficiencia en los procesos.

Para el tipo de programación CNC por ordenador, se aconseja utilizarlo de cara a la fabricación de piezas complejas, cuando se trata de series grandes, o se deba trabajar con un gran número de programas que deben elaborarse y modificarse continuamente.

¿Qué es el código G?

El código G es un lenguaje de programación que se utiliza para controlar las máquinas de control numérico por ordenador (CNC, por sus siglas en inglés). Consta de una serie de

comandos o instrucciones que indican a la máquina CNC cómo mover, posicionar y manejar sus distintos componentes, como la herramienta de corte, el eje y las funciones auxiliares.

Los comandos del código G se suelen representar mediante una combinación de letras y números. Cada comando tiene una función específica y la máquina CNC lo ejecuta de forma secuencial. Los comandos del código G abarcan una amplia gama de operaciones, incluidos los movimientos de herramientas, la velocidad del eje, los avances, los cambios de herramienta, el control del refrigerante y mucho más.

Código	Descripción	Grupo
G00	Posicionamiento de movimiento rápido	01
G01	Movimiento de interpolación lineal	01
G02	Movimiento de interpolación circular en sentido horario	01
G03	Movimiento de interpolación circular en sentido antihorario	01
G04	Pausa	00
G09	Parada exacta	00
G10	Establecer correctores	00
G12	Fresado de alojamientos circular en sentido horario	00

G13	Fresado de alojamientos circular en sentido antihorario	00
G17	Selección de plano XY	02
G18	Selección de plano XZ	02
G19	Selección de plano YZ	02
G20	Seleccionar pulgadas	06
G21	Seleccionar sistema métrico	06
G28	Retorno al punto cero de la máquina	00
G29	Retorno desde el punto de referencia	00
G31	Avance hasta salto	00
G35	Medida automática del diámetro de la herramienta	00
G36	Medida automática del corrector de piezas	00
G37	Medida automática del corrector de la herramienta	00
G40	Cancelar compensación de la herramienta de corte	07

G41	Compensación de la herramienta de corte izquierda 2D	07
G42	Compensación de la herramienta de corte derecha 2D	07
G43	Compensación de la longitud de la herramienta + (Añadir)	08
G44	Compensación de la longitud de la herramienta - (Restar)	08
G47	Engrabación de texto	00
G49	G43/G44/G143 Cancelar	08
G50	Cancelar escala	11
G51	Escala	11
G52	Establecer sistemas de coordenadas de trabajo	00 o 12
G53	Selección de coordenadas de la máquina no modal	00
G54	Seleccionar sistema de coordenadas de trabajo #1	12
G55	Seleccionar sistema de coordenadas de trabajo #2	12

G56	Seleccionar sistema de coordenadas de trabajo #3	12
G57	Seleccionar sistema de coordenadas de trabajo #4	12
G58	Seleccionar sistema de coordenadas de trabajo #5	12
G59	Seleccionar sistema de coordenadas de trabajo #6	12
G60	Posicionamiento unidireccional	00
G61	Modo de parada exacta	15
G64	G61 Cancelar	15
G65	Opción de llamada a subprograma macro	00
G68	Rotación	16
G69	Cancelar G68 Giro	16
G70	Círculo de agujero para tornillos	00
G71	Arco de agujero para pernos	00
G72	Agujeros para pernos a lo largo de un ángulo	00

G73	Ciclo fijo de taladrado de avances cortos de alta velocidad	09
G74	Ciclo fijo de roscado inverso	09
G76	Ciclo fijo de mandrilado fino	09
G77	Ciclo fijo de mandrilado posterior	09
G80	Cancelar ciclo fijo	09
G81	Taladrado radial	09
G82	Ciclo fijo de taladrado de puntos	09
G83	Ciclo fijo de taladrado de avances cortos normal	09
G84	Ciclo fijo de roscado	09
G85	Ciclo fijo de mandrilado	09
G86	Ciclo fijo de mandrilado y parada	09
G89	Ciclo fijo de mandrilado hacia dentro, pausa y mandrilado hacia fuera	09
G90	Comando de posición absoluta	03

G91	Comando de posición incremental	03
G92	Establecer valor de cambio de sistemas de coordenadas de trabajo	00
G93	Modo de avance de tiempo inverso	05
G94	Modo de avance por minuto	05
G95	Avance por revolución	05
G98	Retorno al punto inicial de ciclo fijo	10
G99	Retorno al plano R de ciclo fijo	10
G100	Cancelar imagen especular	00
G101	Habilitar imagen especular	00
G103	Limitar almacenamiento de bloques	00
G107	Correlación cilíndrica	00
G110	Sistema de coordenadas #7	12
G111	Sistema de coordenadas #8	12

G112	Sistema de coordenadas #9	12
G113	Sistema de coordenadas #10	12
G114	Sistema de coordenadas #11	12
G115	Sistema de coordenadas #12	12
G116	Sistema de coordenadas #13	12
G117	Sistema de coordenadas #14	12
G118	Sistema de coordenadas #15	12
G119	Sistema de coordenadas #16	12
G120	Sistema de coordenadas #17	12
G121	Sistema de coordenadas #18	12
G122	Sistema de coordenadas #19	12
G123	Sistema de coordenadas #20	12

G124	Sistema de coordenadas #21	12
G125	Sistema de coordenadas #22	12
G126	Sistema de coordenadas #23	12
G127	Sistema de coordenadas #24	12
G128	Sistema de coordenadas #25	12
G129	Sistema de coordenadas #26	12
G136	Medida automática del centro del corrector de trabajo	00
G141	3D+ Compensación de la herramienta de corte	07
G143	Compensación de la longitud de la herramienta de 5 ejes +	08
G150	Fresado de alojamientos de propósito general	00
G154	Seleccionar coordenadas de trabajo P1-P99	12

G156	Ciclo enlatado de brochado	09
G167	Modificar configuración	00
G174	Roscado rígido no vertical en sentido antihorario	00
G184	Roscado rígido no vertical en sentido horario	00
G187	Ajuste del nivel de pulido	00
G234	Control del punto central de la herramienta (TCPC)	08
G253	De la orientación del husillo normal G253 a la característica de sistema de coordenadas	00
G254	Corrector de Trabajo Dinámico (DWO)	23
G255	Cancelar corrector de trabajo dinámico (DWO)	23
G266	Movimiento de avance rápido lineal % de los ejes visibles	00
G268	Habilitar sistema de coordenadas de la característica	02

G269	Deshabilitar sistema de coordenadas de la característica	02
------	--	----

Tabla 1. Fresadora Códigos G

Fuente Referencia: Haascnc (sf)

Código diferente en la programación CNC

- Códigos G (códigos preparatorios)

Los códigos G se utilizan para definir diversas funciones y operaciones preparatorias. Estos códigos especifican el movimiento de la herramienta, los modos de mecanizado, los sistemas de coordenadas y otros parámetros. Algunos códigos G comunes son G00 (posicionamiento rápido), G01 (interpolación lineal), G02/G03 (interpolación circular), G17/G18/G19 (selección de plano) y G90/G91 (posicionamiento absoluto/incremental).

- Códigos M (Códigos varios)

Los códigos M se utilizan para controlar funciones diversas de la máquina, como el funcionamiento del husillo, [refrigerante](#) encendido/apagado, cambios de herramienta y paradas de la máquina. Varían en función de la marca y el modelo de la máquina. Algunos ejemplos de códigos M son M03/M04 (husillo en sentido horario/antihorario), M05 (parada del husillo), M06 (cambio de herramienta) y M08/M09 (encendido/apagado del refrigerante).

- Códigos T (selección de herramientas)

Los códigos T se utilizan para especificar el número de herramienta o el corrector de herramienta que debe utilizarse para el mecanizado. Estos códigos indican qué herramienta del almacén de herramientas o del portaherramientas debe engranarse para una operación determinada. Por ejemplo, T01 selecciona la herramienta número 1, T03 selecciona la herramienta número 3, y así sucesivamente.

- Código S (velocidad del husillo)

El código S se utiliza para definir la velocidad del husillo deseada para la operación de mecanizado. El valor que sigue al código S representa la velocidad del husillo en RPM (revoluciones por minuto). Por ejemplo, S1000 establece la velocidad del husillo en 1000 RPM.

- Código F (velocidad de avance)

El código F se utiliza para especificar el avance al que se desplaza la herramienta por la trayectoria programada. El valor que sigue al código F representa el avance en unidades por minuto. Por ejemplo, F200 establece el avance en 200 unidades por minuto.

- Códigos X, Y, Z y otros ejes

Estos códigos especifican las coordenadas y posiciones de la herramienta a lo largo de diferentes ejes. El código X representa la posición a lo largo del eje X, el código Y representa la posición a lo largo del eje Y y el código Z representa la posición a lo largo del eje Z. Se pueden utilizar códigos de eje adicionales para máquinas con más ejes, como A, B, C, etc.

Software de programación CNC

✓ UG

Unigraphics es un conjunto de 3D Software paramétrico que integra funciones CAD, CAM y CAE desarrollado por Unigraphics Solution en Estados Unidos. Es el software de gama alta más avanzado para diseño, análisis y fabricación asistidos por ordenador en la actualidad. , maquinaria general y electrónica y otros campos industriales. Fue producido por McDonnell Douglas Aircraft Company en Estados Unidos y es la herramienta de programación preferida para el mecanizado CNC de piezas de aeronaves.

✓ CATIA

CATIA es un producto lanzado por la empresa francesa Dassault. Los aviones de combate de la serie francesa Mirage, Boeing 737 y 777, se han desarrollado y diseñado con CATIA. CATIA tiene una potente función de modelado de superficies y se encuentra a la vanguardia de todos los sistemas CAD. 3D Software. Es ampliamente utilizado en empresas aeroespaciales nacionales e institutos de investigación, y gradualmente reemplaza a UG

como la primera opción para el diseño de superficies complejas. CATIA tiene una gran capacidad de programación y puede satisfacer los requisitos de mecanizado CNC de piezas complejas. En la actualidad, algunos campos adoptan el modelado de diseño de CATIA, la programación y el procesamiento de UG, los dos se combinan y se utilizan juntos.

✓ **Pro / E**

Pro/E es un software desarrollado por la empresa estadounidense PTC (Parametric Technology Co., Ltd.) y es el más popular 3D Sistema CAD/CAM (Diseño y Fabricación Asistidos por Computadora) más utilizado en el mundo. Se utiliza ampliamente en industrias civiles como electrónica, maquinaria, moldes, diseño industrial y juguetes. Con diseño de piezas, ensamblaje de productos, desarrollo de moldes, mecanizado CNC, diseño de modelado y otras funciones.

✓ **Cimatron**

Cimatron es un producto CAD/CAM/PDM de la empresa israelí Cimatron. El sistema ofrece una interfaz de usuario relativamente flexible, un excelente modelado tridimensional, dibujos de ingeniería, mecanizado CNC integral, diversas interfaces de datos generales y especiales y gestión integrada de datos de productos. El sistema CAD/CAM Cimatron es muy popular en la industria de fabricación de moldes internacional y se utiliza ampliamente en la industria de fabricación de moldes nacional.

✓ **MasterCAM**

MasterCAM es un software CAD/CAM basado en PC desarrollado por la empresa CNC en los Estados Unidos. Tiene un modelado geométrico conveniente e intuitivo. Mastercam proporciona un entorno ideal para diseñar la forma de las piezas. Su función de modelado potente y estable puede diseñar piezas curvas y complejas. MasterCAM tiene fuertes funciones de desbaste y acabado de superficies. Hay varias opciones para el acabado de superficies, que pueden satisfacer los requisitos de procesamiento de superficies de piezas complejas, y tiene funciones de mecanizado multieje. Debido a su bajo precio y rendimiento superior, se ha convertido en la primera opción de software de programación CNC en la industria civil.

✓ **EdgeCAM**

EdgeCAM es un software de programación CNC profesional inteligente producido por la empresa británica Pathtrace, que se aplica a la programación de máquinas CNC con torneado, fresado y corte por hilo. En vista de la compleja 3D Características del mecanizado de superficies, EdgeCAM ha diseñado un método de procesamiento más conveniente y confiable, que es popular en las industrias manufactureras europeas y estadounidenses.

✓ **VERICUTVERICUT**

VERICUTVERICUT es un software avanzado de simulación de mecanizado CNC para propósitos especiales producido por CGTECH en los Estados Unidos. VERICUT adopta una pantalla tridimensional avanzada y tecnología de realidad virtual para simular el proceso de mecanizado CNC a un nivel extremadamente realista. No solo la imagen tridimensional en color puede mostrar todo el proceso de corte de la pieza en bruto para formar la pieza, sino que también se puede simular el portaherramientas, el accesorio e incluso el proceso de ejecución de la máquina herramienta y el entorno de fábrica virtual, y el efecto es como en la pantalla. Los programadores importan los programas de mecanizado NC generados por varios software de programación en VERICUTVERICUT, y el software puede verificar los errores de cálculo generados en la programación del software original y reducir la tasa de accidentes de mecanizado causados por errores de programa durante el procesamiento.

Definición y beneficios del retrofit.

Retrofitting es un término amplio que puede aplicarse a cualquier estructura física u objeto, como edificios, puentes, teléfonos móviles, ascensores, fotocopadoras y, en nuestro caso, maquinaria industrial. En pocas palabras significa que se añaden nuevas tecnologías o características a la máquina.

El retrofit de la maquinaria o los sistemas de producción industrial implica la sustitución de piezas existentes o la incorporación de otras nuevas para mejorar las características de la máquina o el dispositivo, como su rendimiento o la seguridad de los trabajadores.

La definición de retrofit, o reacondicionamiento, se refiere a la modernización de equipos existentes mediante la incorporación de nuevas tecnologías o mejoras que optimizan su funcionamiento. En lugar de reemplazar completamente una unidad antigua, se pueden realizar mejoras sustanciales que extiendan su vida útil y mejoren su rendimiento. Esto es especialmente relevante en el contexto de los retrofits de la maquinaria industrial y los sistemas de refrigeración y ventilación.



Figura 41. Retrofit

Fuente Referencia: KONBERBI (2024, Febrero 28)

Implica entender que esta práctica no solo mejora el rendimiento de los sistemas, sino que también puede ser una alternativa más sostenible y económica que la compra de nuevos equipos.

Cuando se trata de la maquinaria y los equipos industriales, estas actividades se realizan sobre todo para:

- Aumentar la seguridad de todo el personal de la planta.
- Mejorar la calidad de vida de los operarios asignados a la maquinaria.
- Detectar defectos en tiempo real durante las operaciones.
- Optimizar la velocidad y la calidad de la producción.
- Informatizar los sistemas para garantizar la recopilación de datos, el análisis y la elaboración de informes exhaustivos.
- Automatizar procesos para mejorar la calidad de los productos acabados.
- Reducir los costes de mano de obra, mantenimiento y de las piezas de recambio.

Beneficios del Retrofitting:

➤ Mejora de la eficiencia energética

Uno de los principales beneficios del retrofitting es la posibilidad de implementar soluciones que reduzcan el consumo de energía. Al actualizar equipos obsoletos por otros más eficientes, se pueden lograr ahorros significativos en costos operativos y contribuir a la protección del medio ambiente al reducir la huella de carbono.

➤ Aumento de la productividad

Mediante el retrofitting, las empresas pueden optimizar sus sistemas y procesos para mejorar la productividad y la calidad del producto final. La implementación de tecnologías avanzadas y automatización puede agilizar las operaciones, reducir los tiempos de producción y minimizar los errores.

➤ Cumplimiento normativo

En muchas industrias, los estándares y regulaciones cambian con el tiempo. El retrofitting permite a las empresas adaptarse a estas normativas sin necesidad de realizar una inversión masiva en nuevas instalaciones. Al actualizar y modificar los equipos existentes, se pueden cumplir los requisitos legales y mantener la competitividad en el mercado.

➤ Reducción de costos y tiempo de inactividad

El retrofitting puede ser una alternativa más rentable en comparación con la construcción de nuevas instalaciones desde cero. Además, al no requerir una parada completa de las operaciones durante la implementación, se minimiza el tiempo de inactividad y se evita una posible pérdida de ingresos.

Tecnologías de retrofit.

Las tecnologías utilizadas en el retrofit de máquinas CNC (Control Numérico por Computadora) son variadas y avanzadas, y su objetivo principal es mejorar el rendimiento y la eficiencia de las máquinas existentes.

- **Sistemas de control modernos:** La actualización de los sistemas de control CNC con software más avanzado y capacidades mejoradas. Esto incluye la implementación de sistemas operativos más rápidos y precisos, así como la integración de interfaces gráficas más intuitivas.
- **Componentes electrónicos:** La sustitución de componentes electrónicos obsoletos por piezas más modernas y eficientes. Esto puede incluir la actualización de controladores, tarjetas de interfaz y otros componentes electrónicos esenciales para el funcionamiento de la máquina.
- **Sensores y sistemas de medición:** La incorporación de sensores avanzados y sistemas de medición de alta precisión para mejorar la calidad y precisión de los procesos de manufactura. Estos sensores pueden monitorear parámetros como la temperatura, la vibración y la posición de las herramientas.
- **Tecnologías de automatización:** La integración de tecnologías de automatización, como robots y sistemas de gestión de producción, para aumentar la eficiencia y reducir el tiempo de inactividad. Esto puede incluir la implementación de sistemas de gestión de inventarios y programación de producción.
- **Mantenimiento predictivo:** La implementación de sistemas de mantenimiento predictivo que utilizan análisis de datos y algoritmos para predecir fallos antes de que ocurran, permitiendo realizar mantenimientos preventivos y reducir tiempos de inactividad no planificados.
- **Conectividad y comunicación:** La mejora de la conectividad y la comunicación entre los diferentes componentes de la máquina y con otros sistemas de la planta, utilizando tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y la Industria 4.0.

Ventajas y desventajas del retrofit

Retrofit en un CNC	
Ventajas	Desventajas
Mejora del rendimiento: Un retrofit puede aumentar significativamente la precisión, velocidad y eficiencia de la máquina,	Costos iniciales: Aunque es más económico que comprar una nueva máquina, un retrofit todavía puede implicar un costo inicial significativo, dependiendo de la magnitud de las mejoras necesarias.

permitiendo obtener mejores resultados en los procesos de manufactura.	
Extensión de la vida útil: Al actualizar componentes obsoletos, se puede prolongar la vida útil de la máquina, evitando la necesidad de invertir en un equipo completamente nuevo.	Tiempo de inactividad: Durante el proceso de retrofit, la máquina estará fuera de operación, lo que puede afectar temporalmente la productividad de la empresa.
Reducción de costos: Comparado con la compra de una nueva máquina, un retrofit suele ser una opción más económica. Además, al mejorar la eficiencia, se pueden reducir los costos operativos y de mantenimiento.	Compatibilidad: En algunos casos, puede ser difícil integrar componentes nuevos con los antiguos, lo que podría requerir adaptaciones adicionales y aumentar la complejidad del proyecto.
Alineación con tecnologías actuales: La actualización de sistemas de control y componentes permite que la máquina sea compatible con las tecnologías modernas, mejorando su integración en la línea de producción.	Limitaciones de la máquina original: Algunas limitaciones inherentes del diseño original de la máquina pueden no ser completamente solucionables con un retrofit, lo que podría limitar los beneficios obtenidos.
Mantenimiento predictivo: La implementación de tecnologías de mantenimiento predictivo puede reducir los tiempos de inactividad no planificados y mejorar la confiabilidad del equipo.	Capacitación: El personal operativo y de mantenimiento puede necesitar capacitación adicional para adaptarse a las nuevas tecnologías y sistemas implementados, lo que implica tiempo y recursos.

Tabla 2. Ventajas y Desventajas del retrofit

Fuente Referencia: Sicma21 (2021, Marzo 8)

Componentes esenciales en máquinas CNC.

- Panel de control y controlador



Figura 42. Panel y controlador del CNC

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

Al mando de cada maquina CNC, se encuentra el panel de control, una interfaz fácil de usar que permite a los operadores comunicarse con la máquina. Al igual que un capitán que dirige un barco, el panel de control permite a los usuarios ingresar instrucciones y navegar a través del proceso de mecanizado. Alberga una variedad de botones, perillas y una pantalla de visualización, lo que proporciona una puerta de entrada a las capacidades de la máquina. Con el panel de control, los operadores pueden especificar parámetros, seleccionar herramientas y monitorear el progreso de sus operaciones de mecanizado. Sirve como centro de mando, cerrando la brecha entre la intención humana y la ejecución mecánica.

Trabajando mano a mano con el panel de control está el controlador, la mente brillante de la máquina CNC. Como un traductor fluido, el controlador comprende las instrucciones ingresadas a través del panel de control y las traduce en señales eléctricas que los componentes de la máquina pueden entender. Toma los deseos del operador y los transforma en movimientos y acciones precisos. A través de una serie de algoritmos y cálculos, el controlador organiza la coordinación de motores, husillos y otros componentes vitales, asegurando un proceso de mecanizado preciso y eficiente. Sirve como cerebro de la máquina y ejecuta las órdenes del operador con notable precisión.

Para principiantes que se aventuran en el mundo de mecanizado CNC, familiarizarse bien con el panel de control y la interfaz del controlador es de suma importancia. Así como

aprender un nuevo idioma potencia la comunicación, comprender el panel de control permite a los operadores navegar por las funcionalidades de la máquina CNC de manera efectiva. Al familiarizarse con los botones, las perillas y la pantalla, los principiantes obtienen la confianza para interactuar con la máquina, desbloquear todo su potencial y solucionar cualquier problema que pueda surgir. El dominio del panel de control y la interfaz del controlador permite a los operadores traducir sus visiones creativas en resultados tangibles, liberando las verdaderas capacidades de la tecnología CNC.

- Motores



Figura 43. Motores del CNC

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

En el ámbito de las máquinas CNC, reinan dos tipos de motores: motores paso a paso y servomotores. Los motores paso a paso son como un mecanismo de relojería preciso que divide el movimiento en pasos discretos. Se destacan en aplicaciones que requieren un posicionamiento preciso y repetibilidad. Con sus pasos definidos, los motores paso a paso brindan un excelente control sobre el movimiento, lo que los hace ideales para tareas como corte y grabado 2D.

Por otro lado, los servomotores se parecen más a los atletas adaptables, que se ajustan continuamente para lograr un rendimiento óptimo. Dependen de mecanismos de retroalimentación para monitorear y ajustar su posición, velocidad y torque. Esta adaptabilidad permite a los servomotores manejar operaciones complejas que exigen ajustes en tiempo real, como fresado 3D o contornos complejos. Los servomotores ofrecen velocidades más altas, movimientos más suaves y mayor potencia, lo que los convierte en la opción preferida para operaciones de mecanizado dinámico.

Los motores desempeñan un papel fundamental a la hora de impulsar los distintos ejes de movimiento en una máquina CNC. Cada eje (normalmente X, Y y Z) representa una dirección distinta en la que se puede mover la herramienta de corte o la pieza de trabajo. Los motores pasos a paso y los servomotores son los encargados de impulsar estos ejes, permitiendo un control y movimiento precisos.

A medida que el controlador envía señales eléctricas a los motores, estos convierten esta energía en movimiento mecánico. Los motores hacen girar tornillos de avance, correas de transmisión u otros mecanismos de transmisión, impulsando los ejes a lo largo de sus trayectorias designadas. Este movimiento coordinado permite que la herramienta de corte atraviese la pieza de trabajo con una precisión excepcional, traduciendo diseños digitales en objetos tangibles.

- Huso

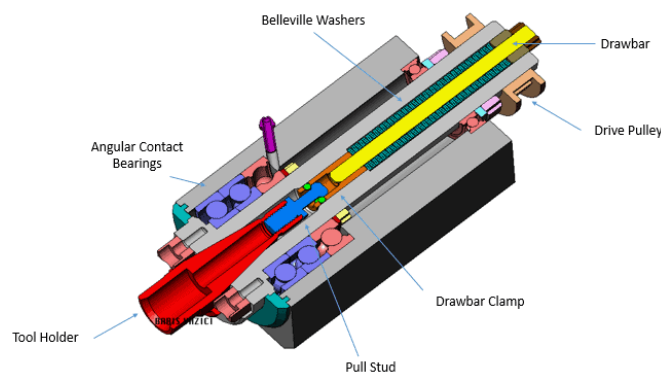


Figura 44. Husillo del CNC

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

El husillo es un componente vital de una máquina CNC y actúa como centro de energía que sostiene y hace girar la herramienta de corte. Al igual que un director de orquesta que dirige una orquesta, el husillo orchestra la sinfonía de las operaciones de mecanizado. Su función principal es proporcionar el movimiento de rotación necesario para cortar, perforar o dar forma a la pieza de trabajo.

Situado en el corazón de la máquina, el husillo garantiza que la herramienta de corte gire a altas velocidades, permitiéndole penetrar en la pieza de trabajo con precisión y eficiencia. La construcción robusta del husillo y los cojinetes precisos le permiten manejar las

exigentes fuerzas y vibraciones generadas durante el mecanizado, lo que garantiza estabilidad y precisión.

Las máquinas CNC emplean dos tipos principales de husillos: husillos motorizados y husillos motorizados separados.

Un husillo motorizado combina el propio husillo con un motor integral. Este diseño integrado ofrece compacidad y simplicidad. El husillo motorizado elimina la necesidad de un motor independiente y proporciona transmisión de potencia directa a la herramienta de corte. Esta configuración reduce la vibración y aumenta la precisión general del mecanizado.

Por el contrario, un husillo impulsado por motor separado utiliza un motor dedicado que acciona el husillo. Esta configuración permite una mayor flexibilidad en la selección del motor y proporciona un mejor control sobre la velocidad y el par. El husillo motorizado independiente ofrece mayor potencia de salida y permite la personalización basada en requisitos de mecanizado específicos.

La velocidad del husillo juega un papel crucial en el mecanizado CNC. La velocidad de rotación del husillo determina la velocidad superficial de la herramienta de corte, lo que afecta la calidad de la superficie mecanizada y la eficiencia de la operación. Los diferentes materiales y herramientas de corte requieren velocidades de husillo específicas para lograr resultados óptimos. Normalmente se utilizan velocidades más altas para cortar materiales más blandos, mientras que las velocidades más bajas son adecuadas para materiales más resistentes.

La compatibilidad de las herramientas es otra consideración crucial relacionada con el husillo. El husillo debe ser compatible con las herramientas de corte utilizadas para diversas operaciones de mecanizado. Factores como el tamaño del vástago de la herramienta, el mecanismo de sujeción de la herramienta (como pinzas o portaherramientas) y el cono del husillo deben alinearse para garantizar una conexión segura y precisa. Una compatibilidad incorrecta de las herramientas puede provocar un rendimiento deficiente, un deslizamiento de la herramienta o incluso daños en la máquina o la pieza de trabajo.

- Cambiador de herramientas

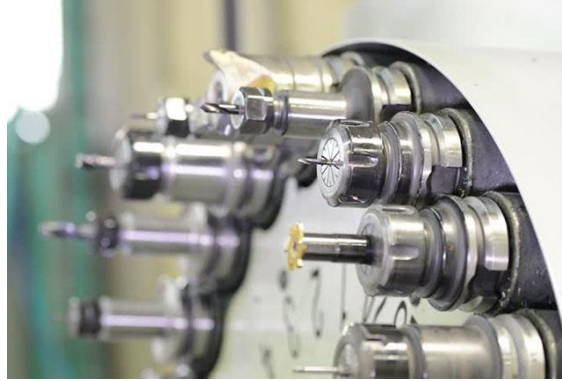


Figura 45. Cambio de Herramientas

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

En el mundo del mecanizado CNC, el tiempo es esencial. Los cambiadores de herramientas, una maravilla de la automatización, han revolucionado el proceso de mecanizado al eliminar la necesidad de cambiar manualmente las herramientas. Los cambiadores de herramientas son mecanismos integrados en máquinas CNC que permiten una intercambiabilidad rápida y perfecta de herramientas de corte durante las operaciones de mecanizado. Aportan eficiencia y comodidad al flujo de trabajo, permitiendo a los operadores cambiar sin esfuerzo entre diferentes herramientas para adaptarse a diversos requisitos de mecanizado.

La implementación de cambiadores de herramientas automatizados ofrece multitud de ventajas para el mecanizado CNC:

- 🌈 Eficiencia mejorada: Con los cambios manuales de herramientas, los operadores tendrían que detener el proceso de mecanizado, quitar e instalar manualmente nuevas herramientas y reconfigurar las compensaciones de herramientas. Los cambiadores de herramientas automatizados agilizan este proceso, reduciendo el tiempo de inactividad y maximizando la productividad. La máquina puede cambiar automáticamente las herramientas en cuestión de segundos, lo que permite un mecanizado ininterrumpido y minimiza el tiempo de inactividad.
- 🌈 Mayor versatilidad: Los cambiadores de herramientas automatizados permiten que las máquinas CNC aborden tareas de mecanizado complejas que requieren múltiples herramientas. Los operadores pueden programar fácilmente secuencias

de cambio de herramientas, lo que permite que la máquina seleccione e instale automáticamente la herramienta adecuada para cada operación específica. Esta versatilidad amplía la gama de posibilidades de mecanizado, desde complejas operaciones de fresado hasta operaciones de torneado con múltiples herramientas.

🔧 Precisión mejorada: Los cambiadores de herramientas garantizan un posicionamiento y alineación consistentes de las herramientas, lo que reduce la posibilidad de error humano al cambiar las herramientas manualmente. Esta colocación constante de herramientas mejora la precisión del mecanizado, lo que da como resultado resultados precisos y confiables.

🔧 Almacenamiento y organización de herramientas: Las máquinas CNC equipadas con cambiadores de herramientas suelen incorporar cargadores o carruseles de almacenamiento de herramientas. Estos sistemas de almacenamiento proporcionan una ubicación centralizada para almacenar una variedad de herramientas. Los operadores pueden almacenar y recuperar cómodamente herramientas del cargador según sea necesario, manteniendo el espacio de trabajo organizado y reduciendo el riesgo de herramientas extraviadas o dañadas.

Si bien los cambiadores de herramientas automatizados ofrecen beneficios significativos, los operadores deben considerar algunos factores cuando trabajan con máquinas equipadas con esta característica:

- ❖ Tiempo de cambio de herramienta: A pesar de la velocidad de los cambiadores de herramientas automatizados, todavía se requiere un breve tiempo para el proceso de cambio de herramientas. Los operadores deben considerar el impacto del tiempo de cambio de herramienta en el ciclo general de mecanizado y planificar en consecuencia para optimizar la eficiencia.
- ❖ Compatibilidad de herramientas: Los cambiadores de herramientas requieren diseños de herramientas compatibles, como tamaños de mango estandarizados y mecanismos de sujeción de herramientas. Los operadores deben asegurarse de que las herramientas que pretenden utilizar sean compatibles con el sistema de cambio de herramientas de la máquina para evitar problemas de compatibilidad.

- ❖ **Mantenimiento y Calibración:** Los cambiadores de herramientas, como cualquier sistema mecánico, requieren mantenimiento y calibración regulares para garantizar un funcionamiento sin problemas. Los operadores deben seguir las pautas del fabricante para tareas de mantenimiento como lubricación, inspección y calibración para mantener la confiabilidad y precisión del sistema de cambio de herramientas.

Al comprender las ventajas del cambio automatizado de herramientas y considerar los factores relevantes, los operadores pueden aprovechar el poder de los cambiadores de herramientas para mejorar la eficiencia, la versatilidad y la precisión del mecanizado en sus operaciones CNC.

- Cama/Mesa



Figura 46. Cama/Mesa del CNC

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

En una máquina CNC, la cama o mesa sirve como base y superficie de la pieza de trabajo. Proporciona una plataforma estable y rígida sobre la que se sujeta de forma segura la pieza de trabajo durante las operaciones de mecanizado. La cama o mesa suele estar hecha de un material duradero como hierro fundido o acero, elegido por su solidez y resistencia a la deformación bajo las fuerzas de corte ejercidas durante el mecanizado.

La pieza de trabajo se coloca y se sujeta a la cama o mesa, asegurando que permanezca estacionaria mientras la herramienta de corte se mueve en varias direcciones para dar

forma y transformar el material. La superficie plana y nivelada de la cama o mesa es esencial para lograr resultados de mecanizado precisos y exactos.

La bancada o mesa de una máquina CNC puede moverse a lo largo de diferentes ejes, generalmente denominados X, Y y Z, para posicionar la pieza de trabajo con precisión en relación con la herramienta de corte. Estos ejes corresponden a las direcciones de movimiento horizontal (X e Y) y vertical (Z).

El eje X representa el movimiento horizontal de izquierda a derecha o viceversa, permitiendo posicionar la pieza a lo largo del ancho de la máquina. El eje Y representa el movimiento horizontal de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante, lo que permite el posicionamiento a lo largo de la máquina. El eje Z representa el movimiento vertical hacia arriba o hacia abajo, controlando la profundidad de penetración de la herramienta de corte en la pieza de trabajo.

El movimiento coordinado a lo largo de estos ejes permite que la herramienta de corte siga con precisión la trayectoria programada, ejecutando formas, contornos, agujeros y perfiles intrincados con una precisión excepcional.

La estabilidad y precisión de la cama o mesa son factores críticos para lograr resultados de mecanizado exitosos. La base debe permanecer rígida e inamovible durante las operaciones de corte para evitar vibraciones o flexiones no deseadas que pudieran comprometer la precisión de la pieza de trabajo.

La estabilidad de la base es crucial para minimizar las vibraciones causadas por las fuerzas de corte, asegurando que la herramienta de corte permanezca en la trayectoria deseada. Las vibraciones pueden provocar un acabado superficial deficiente, imprecisiones dimensionales y desgaste de las herramientas. Una base estable ayuda a mantener fuerzas de corte consistentes, lo que resulta en una mejor calidad de mecanizado y una vida útil prolongada de la herramienta.

Además, la cama o mesa debe proporcionar un posicionamiento preciso a lo largo de los ejes X, Y y Z. Cualquier imprecisión o desviación en el movimiento puede provocar errores en las dimensiones, la forma o la alineación de la pieza mecanizada. El posicionamiento

preciso es particularmente importante para operaciones de mecanizado que requieren tolerancias estrictas o geometrías complejas.

Por lo tanto, es fundamental mantener la estabilidad y precisión de la cama o mesa mediante procedimientos adecuados de mantenimiento y alineación. La inspección, nivelación y calibración periódicas garantizan que la plataforma permanezca en condiciones óptimas, proporcionando una base sólida para operaciones de mecanizado exitosa y precisa.

- Guías y Caminos

Las guías y caminos, o carriles guía, son componentes esenciales en las máquinas CNC que brindan estabilidad, soporte y movimiento preciso a los distintos ejes. Garantizan un movimiento suave y controlado, permitiendo que la herramienta de corte o la pieza de trabajo se mueva de forma precisa y fiable durante las operaciones de mecanizado.

Las guías y vías constan de cojinetes lineales o superficies deslizantes que guían el movimiento de los componentes de la máquina a lo largo de los ejes X, Y y Z. Estos componentes reducen la fricción, absorben fuerzas y mantienen la alineación, lo que permite un posicionamiento preciso y mantiene la integridad de la estructura mecánica de la máquina.

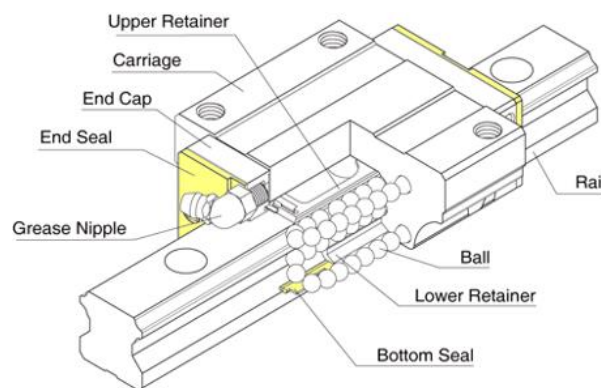


Figura 47. Guías del CNC

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

Existen varios tipos de guías y caminos comúnmente utilizados en las máquinas CNC:

- ✓ Guías lineales: Las guías lineales, también conocidas como rodamientos lineales, utilizan elementos rodantes como bolas o rodillos que se mueven a lo largo de pistas. Proporcionan baja fricción y alta rigidez, lo que permite un movimiento lineal suave y preciso.
- ✓ Diapositivas de cola de milano: Las correderas de cola de milano emplean una ranura en forma de cola de milano y una superficie coincidente correspondiente para proporcionar estabilidad y resistencia a las fuerzas laterales. Se utilizan comúnmente para aplicaciones de servicio pesado que requieren alta capacidad de carga y rigidez.
- ✓ Formas de caja: Las formas de caja, o diapositivas de caja, utilizan superficies que se deslizan una dentro de otra. Ofrecen una excelente rigidez y amortiguación de vibraciones, lo que los hace adecuados para mecanizado de alta resistencia donde intervienen altas fuerzas de corte.
- ✓ Piñón y cremallera: Los sistemas de piñón y cremallera utilizan una cremallera dentada (una barra recta similar a un engranaje) y un piñón (un engranaje) para convertir el movimiento giratorio en movimiento lineal. A menudo se emplean para el movimiento rápido y preciso de componentes de máquinas, como en enrutadores CNC o cortadores de plasma.

La calidad y el estado de las guías y guías impactan significativamente la precisión y longevidad de una máquina CNC. Las guías y guías de alta calidad proporcionan un movimiento más suave y preciso, minimizando las vibraciones, el juego y el juego. Esto se traduce directamente en una mayor precisión de mecanizado, acabado superficial y precisión dimensional de la pieza de trabajo.

Además, las guías y guías en buen estado reducen el desgaste y la fricción, lo que prolonga la vida útil de la máquina. La limpieza, lubricación e inspección periódicas de las guías garantizan un rendimiento óptimo y evitan el deterioro prematuro.

Por otro lado, guías y guías de mala calidad o desgastadas pueden provocar un aumento de la fricción, imprecisiones y una reducción del rendimiento de la máquina. Un juego o juego excesivo en las guías puede provocar errores de posicionamiento y comprometer la calidad de las piezas mecanizadas. Descuidar el mantenimiento de las guías puede

provocar un desgaste acelerado, lo que provocará reparaciones costosas o la necesidad de reemplazar componentes.

Por lo tanto, invertir en guías y guías de alta calidad e implementar procedimientos de mantenimiento adecuados es crucial para mantener la precisión, la longevidad y el rendimiento general de una máquina CNC. La inspección periódica, la lubricación y el reemplazo oportuno de los componentes desgastados son prácticas esenciales para garantizar el funcionamiento óptimo de la máquina.

- Sistema de transmisión

El sistema de accionamiento en una máquina CNC juega un papel fundamental en la transmisión de potencia desde los motores a los diferentes ejes de movimiento. Convierte el movimiento giratorio de los motores en movimiento lineal o rotacional, lo que permite un movimiento preciso y controlado de la herramienta de corte o pieza de trabajo.

El sistema de transmisión actúa como intermediario entre los motores y los componentes móviles, como tornillos de avance, correas, engranajes u otros mecanismos de transmisión. Transfiere la fuerza de rotación generada por los motores para impulsar el movimiento lineal o giratorio requerido para las operaciones de mecanizado.



Figura 48. Sistemas de Transmision

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

El sistema de propulsión comprende varios componentes que trabajan juntos para transmitir potencia y facilitar el movimiento:

- **Correas y Poleas:** Los sistemas de correas y poleas utilizan correas y poleas flexibles de diferentes tamaños para transferir el movimiento entre el motor y el eje. Proporcionan un movimiento suave y preciso, adecuado para aplicaciones que requieren reducción de velocidad o transmisión de potencia a larga distancia.
- **Husillos y tuercas:** Los tornillos de avance, también conocidos como tornillos de potencia, son varillas roscadas que se acoplan con tuercas. A medida que el tornillo gira, provoca un movimiento lineal al traducir el movimiento de rotación en movimiento axial. Los husillos ofrecen una excelente precisión y repetibilidad, lo que los hace adecuados para aplicaciones que requieren un posicionamiento preciso.
- **Engranajes:** Los engranajes son ruedas dentadas que se engranan entre sí para transmitir movimiento y potencia. Permiten reducir o amplificar la velocidad, así como cambiar el sentido de rotación. Los sistemas de engranajes se utilizan comúnmente en máquinas CNC para transferir potencia y controlar el movimiento de los ejes.
- **Actuadores lineales:** Los actuadores lineales son dispositivos que convierten el movimiento giratorio en movimiento lineal. A menudo utilizan mecanismos como husillos de bolas o sistemas de piñón y cremallera para proporcionar un movimiento preciso y controlado a lo largo de los ejes.

Al seleccionar un sistema de accionamiento para una máquina CNC, entran en juego varias consideraciones:

- ✚ **Velocidad y Precisión:** Los diferentes sistemas de transmisión tienen diferentes capacidades de velocidad y precisión. Las aplicaciones que requieren mecanizado de alta velocidad pueden beneficiarse de los sistemas de correas y poleas, mientras que las aplicaciones que exigen alta precisión pueden requerir husillos o actuadores lineales.
- ✚ **Capacidad de carga:** El sistema de transmisión debe poder manejar la carga de los componentes móviles, incluida la herramienta de corte, la pieza de trabajo y las fuerzas asociadas. Elegir un sistema de propulsión con la capacidad de carga adecuada garantiza la estabilidad y evita un desgaste excesivo o fallos.

- ✚ Contragolpe y precisión: El juego, la cantidad de juego o espacio libre en un sistema de transmisión, afecta la precisión de la máquina. Las aplicaciones que requieren tolerancias estrictas y un juego mínimo pueden requerir sistemas de accionamiento más precisos, como tornillos de avance o engranajes con juego bajo.
- ✚ Mantenimiento y durabilidad: Considere los requisitos de mantenimiento y la durabilidad de los componentes del sistema de transmisión. Algunos sistemas pueden requerir lubricación, ajuste o reemplazo regular de componentes propensos al desgaste. La elección de un sistema de transmisión robusto y confiable minimiza el tiempo de inactividad y los costos de mantenimiento.

Al considerar factores como la velocidad, la precisión, la capacidad de carga, el juego y los requisitos de mantenimiento, los operadores pueden elegir el sistema de accionamiento más adecuado para sus aplicaciones de mecanizado CNC específicas, garantizando un rendimiento óptimo y una operación confiable.

- Sistema de refrigerante



Figura 49. Refrigerantes CNC

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

Los sistemas de refrigerante desempeñan un papel crucial en las máquinas CNC y ofrecen multitud de beneficios que mejoran el rendimiento del mecanizado y prolongan la vida útil de la herramienta. Estos sistemas están diseñados para proporcionar lubricación y refrigeración durante las operaciones de mecanizado, gestionando eficazmente la generación de calor y la eliminación de viruta.

Los sistemas de refrigeración cumplen dos funciones principales: lubricación y refrigeración.

- ✓ **Lubricación:** Durante el mecanizado, la herramienta de corte entra en contacto con la pieza de trabajo, generando calor y fricción. El sistema de refrigeración suministra un fluido lubricante para reducir la fricción entre la herramienta y la pieza de trabajo. Esta lubricación minimiza el desgaste de la herramienta, reduce la posibilidad de que se formen filos y prolonga la vida útil de la herramienta. También ayuda a prevenir la soldadura de virutas, donde las virutas se adhieren a la herramienta de corte, lo que provoca un acabado superficial deficiente y una eficiencia de corte reducida.
- ✓ **Enfriamiento:** El intenso calor generado durante el mecanizado puede afectar negativamente tanto a la herramienta de corte como a la pieza de trabajo. Los sistemas de refrigeración suministran un fluido refrigerante, normalmente una mezcla de agua y aditivos refrigerantes, para disipar el calor. Este efecto de enfriamiento previene la deformación térmica de la pieza de trabajo, reduce la tensión térmica en la herramienta de corte y ayuda a mantener la precisión dimensional. El enfriamiento también mejora la evacuación de viruta al reducir las posibilidades de que se vuelva a soldar, se acumule y se dañe.

Los sistemas de refrigerante ofrecen varios beneficios clave para el mecanizado CNC:

- ✚ **Vida útil prolongada de la herramienta:** La lubricación y el enfriamiento adecuados proporcionados por los sistemas de refrigeración extienden significativamente la vida útil de las herramientas de corte. La reducción de la fricción y la acumulación de calor minimizan el desgaste de la herramienta, lo que garantiza una vida útil más larga y reduce la frecuencia de los reemplazos de la herramienta. Esto conduce a ahorros de costos y mejora de la eficiencia del mecanizado.
- ✚ **Mejora del acabado superficial:** Los sistemas de refrigeración contribuyen a una mejor calidad del acabado superficial. La evacuación eficaz de virutas y la reducción de la generación de calor ayudan a prevenir problemas como la rugosidad de la superficie, el filo reconstruido y la distorsión térmica de la pieza de trabajo. El resultado es un acabado superficial mejorado, precisión dimensional y calidad general de la pieza.

- ✚ Gestión de chips: Los sistemas de refrigeración ayudan a una evacuación eficiente de las virutas. Al enfriar y lubricar la zona de corte, las virutas se eliminan eficazmente de la pieza de trabajo y la herramienta, evitando el recorte de virutas, la acumulación de filos y el desgaste de la herramienta inducido por las virutas. Una gestión adecuada de las virutas conduce a operaciones de mecanizado más fluidas y reduce el riesgo de problemas de mecanizado relacionados con las virutas.
- ✚ Disipación de calor: La función de enfriamiento de los sistemas de refrigeración ayuda a disipar el calor generado durante el mecanizado. Esto evita la expansión térmica y la distorsión de la pieza de trabajo, lo que garantiza la precisión dimensional y mantiene tolerancias estrictas. También reduce el estrés térmico en la herramienta de corte, evitando fallas prematuras de la herramienta.

- Sensores y dispositivos de retroalimentación

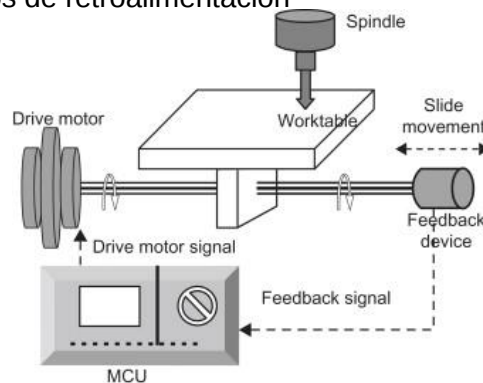


Figura 50. Sensores y retroalimentación del CNC

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

En el ámbito de las máquinas CNC, los sensores y dispositivos de retroalimentación sirven como ojos y oídos del sistema, proporcionando información vital al controlador. Estos componentes desempeñan un papel crucial en el seguimiento y la retroalimentación sobre la posición, el estado y el rendimiento de diversos elementos de la máquina durante las operaciones de mecanizado.

Los sensores son dispositivos que detectan y miden cantidades físicas como la posición, la velocidad, la temperatura o la presión. Convierten estas propiedades físicas en señales

eléctricas que el controlador puede interpretar. Los dispositivos de retroalimentación, como codificadores e interruptores de límite, son tipos específicos de sensores comúnmente utilizados en máquinas CNC para proporcionar información precisa de posición y estado.

- Codificadores: Los codificadores son dispositivos de retroalimentación que miden con precisión la posición y el movimiento de los componentes de la máquina. Se utilizan comúnmente para proporcionar información sobre la posición de los ejes, la herramienta o la pieza de trabajo de la máquina. Los codificadores generan señales eléctricas proporcionales al desplazamiento rotacional o lineal, lo que permite al controlador determinar con precisión la posición y ajustar los movimientos en consecuencia. Al comparar la posición deseada con la posición real informada por los codificadores, el controlador puede realizar ajustes en tiempo real para garantizar un mecanizado preciso.
- Finales de carrera: Los finales de carrera son sensores que detectan los límites físicos de movimiento a lo largo de los ejes de la máquina. Estos interruptores están ubicados estratégicamente para indicar las posiciones finales o límite de los componentes de la máquina. Cuando un elemento móvil alcanza una posición específica, el interruptor de límite se activa y envía una señal al controlador. Esta señal alerta al controlador para que detenga el movimiento o cambie de dirección, evitando sobrecarreras y posibles colisiones. Los interruptores de límite garantizan un funcionamiento seguro y protegen la máquina y la pieza de trabajo contra daños.

La retroalimentación precisa de la posición y el estado es crucial para el funcionamiento exitoso de las máquinas CNC. Este es el por qué:

- ✓ Control de posición: La retroalimentación de posición precisa de los codificadores permite que el controlador controle con precisión el movimiento de los ejes de la máquina. Al comparar continuamente la posición deseada con la posición real informada por los codificadores, el controlador puede realizar ajustes en tiempo real para garantizar que la herramienta siga la ruta programada con alta precisión. Esta precisión es vital para lograr los resultados de mecanizado deseados, mantener la precisión dimensional y evitar errores o desviaciones.
- ✓ Seguridad y prevención de colisiones: Los interruptores de límite brindan información crítica sobre los límites de posición y evitan sobrecarreras o

colisiones. Al monitorear la posición de los componentes de la máquina, los interruptores de límite garantizan que los movimientos se mantengan dentro de límites seguros y eviten daños a la máquina, herramienta o pieza de trabajo. Esto mejora la seguridad del operador y protege la máquina de posibles accidentes o percances costosos.

- ✓ Detección y corrección de errores: La retroalimentación precisa permite la detección de errores o mal funcionamiento en tiempo real. Si hay una discrepancia entre las posiciones deseadas y reales, el controlador puede tomar acciones correctivas, como emitir alarmas, pausar la operación o ajustar los parámetros de la máquina. La rápida detección y corrección de errores mejoran la confiabilidad y precisión del proceso de mecanizado, minimizando las posibilidades de producir piezas defectuosas.

En general, la información precisa de posición y estado proporcionada por sensores y dispositivos de retroalimentación permite que las máquinas CNC funcionen con precisión, seguridad y eficiencia. El circuito de retroalimentación entre los componentes de la máquina y el controlador garantiza que los movimientos sean controlados y monitoreados, lo que resulta en un mecanizado de alta calidad y un rendimiento confiable.

- Dispositivos de sujeción



Figura 51. Dispositivos de sujeción

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

Los dispositivos de sujeción son componentes esenciales en las máquinas CNC que se utilizan para asegurar e inmovilizar la pieza de trabajo durante las operaciones de mecanizado. Garantizan que la pieza de trabajo permanezca en una posición fija con

respecto a la herramienta de corte, lo que permite un mecanizado preciso y exacto. Los dispositivos de sujeción desempeñan un papel importante para lograr resultados consistentes, minimizar las vibraciones y prevenir el movimiento o la distorsión de la pieza de trabajo durante el corte.

Hay varios tipos de dispositivos de sujeción utilizados en las máquinas CNC, cada uno diseñado para aplicaciones y configuraciones de piezas de trabajo específicas. Algunos dispositivos de sujeción de uso común incluyen:

- ❖ **Prensas:** Las prensas son dispositivos versátiles de sujeción de piezas con mandíbulas ajustables que sujetan la pieza de trabajo. A menudo se utilizan para asegurar piezas de trabajo más pequeñas o piezas que requieren mecanizado de múltiples lados. Las prensas ofrecen flexibilidad, facilidad de uso y repetibilidad en las operaciones de sujeción.
- ❖ **Abrazaderas:** Las abrazaderas son dispositivos simples pero efectivos que se utilizan para sujetar la pieza de trabajo de forma segura en su lugar. Vienen en varios diseños, como abrazaderas de palanca, abrazaderas en C o abrazaderas de correa. Las abrazaderas son particularmente útiles cuando se mecanizan piezas de trabajo de forma irregular o más grande que no pueden acomodarse con otros dispositivos de sujeción.
- ❖ **Mandriles:** los mandriles se utilizan comúnmente en tornos CNC para asegurar piezas de trabajo cilíndricas o redondas. Proporcionan un agarre firme y concentricidad, lo que permite operaciones de mecanizado rotacional. Los mandriles vienen en diferentes tipos, incluidos mandriles de tres mordazas, mandriles de cuatro mordazas y mandriles de pinza, lo que brinda versatilidad para diferentes tamaños y configuraciones de piezas de trabajo.
- ❖ **Accesorios:** Los accesorios son dispositivos de sujeción especializados diseñados para tareas de mecanizado específicas o geometrías complejas de piezas de trabajo. Están hechos a medida para sujetar la pieza de trabajo de forma segura en una posición predeterminada, lo que garantiza una alineación y repetibilidad precisas. Los accesorios suelen incorporar abrazaderas, localizadores y otras características para posicionar con precisión la pieza de trabajo para el mecanizado.

- Características de seguridad

Las características de seguridad de las máquinas CNC están diseñadas para proteger a los operadores, prevenir accidentes y garantizar una operación segura. Estas características son cruciales para mantener un entorno de trabajo seguro. Las máquinas CNC están equipadas con varios mecanismos y dispositivos de seguridad que priorizan la seguridad del operador y minimizan los riesgos potenciales.

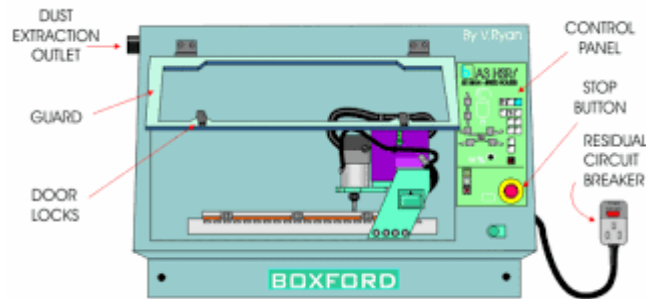


Figura 52. Elementos de seguridad

Fuente Referencia: Want.net (2023, Junio 5)

- **Botones de parada de emergencia:** Las máquinas CNC están equipadas con botones de parada de emergencia ubicados de forma destacada, a menudo denominados paradas de emergencia. Al presionar el botón de parada de emergencia se detiene inmediatamente todos los movimientos de la máquina y se corta la energía para evitar cualquier operación posterior. Esta característica es esencial en situaciones de emergencia o cuando se requiere una parada inmediata para garantizar la seguridad del operador o evitar daños a la máquina o la pieza de trabajo.
- **Recintos protectores:** Las máquinas CNC suelen estar encerradas dentro de recintos o barreras protectoras. Estos recintos sirven para múltiples propósitos, incluido evitar que los operadores entren en contacto con los componentes móviles de la máquina, reducir los niveles de ruido, contener desechos o virutas volantes generados durante el mecanizado y proporcionar una barrera física para mejorar la seguridad.
- **Enclavamientos:** Los enclavamientos son mecanismos de seguridad que evitan que se produzcan acciones u operaciones específicas en condiciones inseguras.

Garantizan que se cumplan determinadas condiciones antes de que se pueda utilizar una máquina. Por ejemplo, la puerta de la máquina puede estar equipada con un dispositivo de seguridad que detiene el funcionamiento de la máquina si la puerta está abierta, evitando el contacto accidental con los componentes móviles. Los enclavamientos están diseñados para hacer cumplir prácticas seguras y prevenir situaciones potencialmente peligrosas.

Normativas y seguridad.

Las normas de seguridad son consejos fundamentales en el uso de máquinas CNC, ya que garantizan la protección tanto de los operadores como de las propias máquinas. Estas normas se establecen para prevenir accidentes, minimizar riesgos y asegurar un entorno laboral seguro para operarios.

En el caso de las máquinas CNC, que son herramientas de alta precisión y potencia, el cumplimiento de las normas de seguridad es crucial para evitar lesiones graves o incluso un accidente fatal. Además, el incumplimiento de estas normas puede resultar en daños costosos a las máquinas y retrasos en la producción.

Al seguir las normas de seguridad adecuadas, se reduce el riesgo de accidentes causados por la interacción con partes móviles de la máquina, como ejes rotativos, engranajes, poleas, arranque, interruptores, correas o herramientas de corte. También se promueve el uso de ropa y equipo de protección personal, como guantes, gafas protectoras y calzado cerrado mínimo, para proteger al operador y trabajadores de posibles lesiones.

Otro aspecto importante de las normas de seguridad es la prevención de incendios y explosiones. Las máquinas CNC pueden generar calor y chispas durante el proceso de mecanizado, por lo que es esencial contar con sistemas de extinción de incendios y medidas de control de riesgos para evitar situaciones peligrosas.

Además, las normas de seguridad también abarcan el mantenimiento adecuado de las máquinas CNC. Esto implica realizar inspecciones regulares, limpieza y lubricación de los componentes, así como la capacitación del personal en el manejo y mantenimiento seguro de las máquinas.

En conclusión, cumplir con las normas de seguridad para máquinas CNC es una opción esencial para garantizar la seguridad de los operadores, prevenir accidentes y proteger las máquinas. Estas normas abarcan aspectos como el uso de equipo de protección personal, la prevención de incendios y explosiones, y el mantenimiento adecuado de las máquinas. Al seguir estas normas, se crea un entorno laboral seguro y se evitan riesgos innecesarios en los talleres.

Tipos de normas de seguridad para máquinas CNC

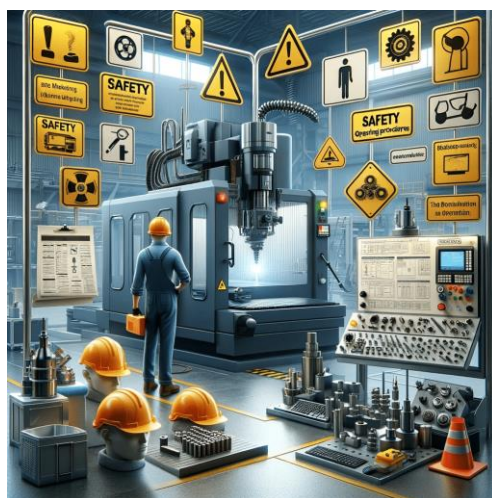


Figura 53. Tipos de normas de seguridad

Fuente Referencia: Desing&Cutting (2023, Diciembre 5).

Existen diferentes tipos de normas de seguridad que se aplican al uso de máquinas CNC. Estas normas están diseñadas para garantizar un entorno de trabajo seguro y prevenir accidentes. A continuación, se presentan algunos de los tipos más comunes de normas de seguridad para máquinas CNC:

- ✓ Normas de seguridad eléctrica: Estas normas están relacionadas con la protección contra riesgos eléctricos al utilizar máquinas CNC. Incluyen la instalación adecuada de sistemas de alimentación eléctrica, el uso de dispositivos de desconexión de emergencia y la prevención de cortocircuitos y sobrecargas.
- ✓ Normas de seguridad de herramientas: Estas normas se centran en la correcta selección, instalación y uso de las herramientas de corte en las máquinas CNC.

Incluyen la verificación de la integridad de las herramientas, el ajuste adecuado de las fresas y brocas, y el mantenimiento regular de las herramientas.

- ✓ Normas de seguridad de protección personal: Estas normas se refieren al uso de equipo de protección personal por parte de los operadores de máquinas CNC. Esto incluye el uso de gafas protectoras, guantes, cascos y calzado de seguridad para prevenir lesiones en caso de accidentes.
- ✓ Normas de seguridad de movimiento: Estas normas están relacionadas con la prevención de accidentes causados por movimientos inesperados de las máquinas CNC. Incluyen el bloqueo y etiquetado adecuado de las máquinas durante el mantenimiento, así como la señalización clara de las áreas de peligro y la implementación de barreras de seguridad.
- ✓ Normas de seguridad de control de riesgos: Estas normas se enfocan en la identificación y control de los riesgos asociados con el uso de máquinas CNC. Esto puede incluir la implementación de sistemas de detección de humo y fuego, la prevención de la acumulación de polvo y virutas, y la capacitación en procedimientos de emergencia.

Estos son solo algunos ejemplos de los tipos de normas de seguridad que se aplican a las máquinas CNC. Es importante tener en cuenta que estas normas pueden variar según la industria, el país y los requisitos específicos de cada lugar o sitio de trabajo. Al cumplir con estas normas, se garantiza un uso seguro y eficiente de las máquinas CNC, protegiendo tanto a los operadores como al entorno laboral en general.

Normas de seguridad para el operador de máquinas CNC

Las normas de seguridad para el operador de máquinas CNC son fundamentales para garantizar un entorno laboral seguro y prevenir accidentes. Estas normas se centran en las prácticas y medidas que debe seguir el operador al utilizar las máquinas CNC. Algunas de las normas más importantes incluyen:

- Uso adecuado del equipo de protección personal: El operador debe utilizar equipo de protección personal como gafas de seguridad, guantes, casco y calzado cerrado para protegerse de posibles lesiones durante la operación de la máquina.

- Conocimiento y comprensión de los procedimientos de seguridad: El operador debe estar capacitado y familiarizado con los procedimientos de seguridad específicos de las máquinas CNC que está utilizando. Esto incluye conocer cómo detener la máquina de manera segura en caso de emergencia y cómo realizar mantenimiento básico.
- Mantenimiento y limpieza regular de la máquina: El operador debe realizar inspecciones periódicas de la máquina para detectar posibles problemas o desgaste. Además, es importante mantener la máquina limpia y libre de escombros para evitar obstrucciones y garantizar un rendimiento óptimo.
- Operación dentro de los límites de capacidad: Es esencial que el operador comprenda los límites de capacidad de la máquina CNC que está utilizando. Esto significa no sobrecargar la máquina y asegurarse de que las piezas a mecanizar sean adecuadas para las capacidades de la máquina.
- Seguimiento de los procedimientos de bloqueo y etiquetado: Antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento en la máquina, el operador debe seguir los procedimientos de bloqueo y etiquetado adecuados para asegurarse de que la máquina esté completamente apagada y no pueda encenderse accidentalmente durante el trabajo.

Estas son solo algunas de las normas de seguridad que los operadores de máquinas CNC deben seguir. Es importante que cada operador reciba capacitación adecuada en materia de seguridad y cumpla con todas las precauciones y normas establecidas para garantizar un entorno laboral seguro y prevenir accidentes.

Normas de seguridad para el mantenimiento de máquinas CNC

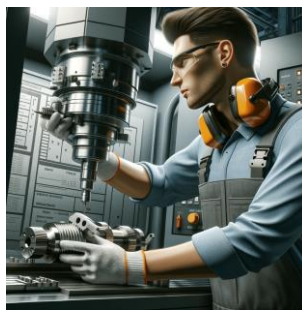


Figura 54. Mantenimiento CNC

Fuente Referencia: Desing&Cutting (2023, Diciembre 5).

El mantenimiento adecuado de las máquinas CNC es fundamental para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente a lo largo del tiempo. Para ello, existen normas de seguridad específicas que se deben seguir al realizar tareas de mantenimiento en estas máquinas. Algunas de estas normas son:

- ❖ Apagado y bloqueo de la máquina: Antes de comenzar cualquier tarea de mantenimiento, es importante apagar completamente la máquina CNC y bloquearla para evitar que se encienda accidentalmente durante el trabajo.
- ❖ Seguimiento de los procedimientos recomendados: Cada máquina CNC tiene sus propios procedimientos de mantenimiento recomendados por el fabricante. Es fundamental seguir estos procedimientos al pie de la letra para garantizar un mantenimiento seguro y eficaz.
- ❖ Uso de herramientas adecuadas: Al realizar tareas de mantenimiento, es importante utilizar las herramientas adecuadas y seguir las instrucciones de uso para evitar lesiones o daños a la máquina.
- ❖ Inspección regular de componentes: Durante el mantenimiento, es esencial realizar inspecciones regulares de los componentes de la máquina CNC. Esto incluye verificar la integridad de las piezas, detectar posibles desgastes o daños y realizar las reparaciones necesarias.
- ❖ Limpieza y lubricación: Mantener una limpieza adecuada y lubricar los componentes móviles de la máquina son aspectos clave del mantenimiento. Esto ayuda a prevenir la acumulación de suciedad y garantizar un funcionamiento suave y seguro.

Al seguir estas normas de seguridad para el mantenimiento de máquinas CNC, se reduce el riesgo de accidentes y se prolonga la vida útil de la máquina. Además, un sistema de mantenimiento adecuado contribuye a mantener la precisión y calidad de los productos fabricados con estas máquinas.

Normas de seguridad para el entorno de trabajo de máquinas CNC

El entorno de trabajo en el que se utilizan las máquinas CNC debe estar diseñado y organizado de manera segura para minimizar los riesgos de accidentes y garantizar un funcionamiento eficiente. Para ello, existen normas de seguridad específicas que se deben seguir en el entorno de trabajo de las máquinas CNC. Algunas de estas normas son:

- 🚧 Señalización adecuada: El entorno de trabajo debe contar con señalización clara y visible que indique las áreas de peligro, salidas de emergencia, rutas de evacuación y ubicación de equipos de seguridad.
- 🚧 Orden y limpieza: Mantener el entorno de trabajo limpio y ordenado es esencial para prevenir accidentes. Se deben evitar obstrucciones en el área de trabajo y asegurarse de que no haya cables sueltos o materiales innecesarios que puedan representar un peligro.
- 🚧 Iluminación adecuada: Es importante contar con una iluminación adecuada en el entorno de trabajo para garantizar una visibilidad óptima y reducir el riesgo de errores o accidentes causados por una mala iluminación.
- 🚧 Protección contra incendios: Se deben implementar medidas de protección contra incendios en el entorno de trabajo, como extintores de incendios y sistemas de detección y alarma contra incendios.
- 🚧 Acceso restringido: Solo las personas autorizadas deben tener acceso al área de trabajo de las máquinas CNC. Se deben establecer protocolos de ingreso y asegurarse de que solo personal capacitado opere las máquinas.

Estas normas de seguridad para el entorno de trabajo de máquinas CNC ayudan a crear un ambiente seguro y productivo. Además, contribuyen a prevenir accidentes y garantizar la integridad tanto de manos de los operadores como de las propias máquinas.



Figura 55. Seguridad en el entorno

Fuente Referencia: Desing&Cutting (2023, Diciembre 5).

Procedimiento o desarrollo de las actividades

ACTIVIDAD		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Conocimiento del Centro de Maquinado	P																		
	R																		
Inspección del Equipo	P																		
	R																		
Limpieza del equipo por fuera y por dentro	P																		
Visitar al Asesor Interno	R																		
Limpieza del cambio de herramientas	P																		
	R																		
Revisión de Conexiones eléctricas	P																		
Visitar al Asesor Interno	R																		
Mantenimiento Preventivo y Correctivo	P																		
	R																		
Diseño de pantalla para el CNC	P																		
Visitar al Asesor Interno	R																		
Revisión del Software	P																		
	R																		
Pruebas y análisis de operación	P																		
Visitar al Asesor Interno	R																		
Evaluación de resultados	P																		
	R																		
Entrega de Reporte Final	P																		
	R																		
OBSERVACIONES																			

Figura 56. Cronograma de Actividades

Fuente Referencia: Autoria Propia (2024, Septiembre 13)

1._ Conocimiento del Centro de Maquinado

Como primera actividad dentro del cronograma de actividades fue conocer el equipo, cada una de sus características, que partes y funciones tenía. Primeramente, el Ing. Guillermo mostro el equipo y en las condiciones que se encontraba, este equipo lo adquirido con el objetivo de hacerle un retrofit porque era un equipo ya algo antiguo.



Figura 57. Leblond Makino FNC 74 A30 CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 9)

El equipo era Leblond Makino FNC 74 A30 CNC, es un CNC de tres ejes X, Y, Z, funcionaba con energía trifásica con un rango de voltaje de 220V y su respectiva tierra física, contaba con una bomba hidráulica, tenía un espacio para el cambio de 20 herramientas como cortadores o brocas, también contaba con una bomba para el soluble que estas máquinas utilizan, tenía transformadores para ir adaptando la energía para algunos componentes que trabajaban con diferentes rangos de voltaje, contaba con sus respectivas tarjetas de control, el motor del husillo, sus servomotores, para esta actividad se destinó una semana en ir conociendo un poco sobre el equipo e investigando de qué manera se podría implementar las mejoras para volver hacer funcionar este equipo.



Figura 58. Condiciones del CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 9)

Tamaño de la mesa:	35.4" x 17.6"
Peso máximo en la mesa:	2,200 lbs
Recorrido del eje X:	25,5"
Recorrido del eje Y:	17,7"
Recorrido del eje Z:	17,7"
Cono del husillo:	Cat 40
Velocidad del husillo:	10 – 5.000 rpm
Capacidad de almacenamiento de herramientas:	20 ATC
Motor de husillo:	7,5 CV
Diámetro máx. de la herramienta/longitud/peso:	3.15"/11.03"/17.6 lbs
Desplazamiento rápido:	472 IPM
Velocidades de avance de corte:	157.6 IPM

Tabla 3. Especificaciones del CNC

Fuente Referencia: The Equipment Hub. (sf).

2._ Inspección del Equipo

La segunda actividad fue revisar el equipo, verificar y visualizar cada una de las partes si contaba con daños interiores y exteriores, el equipo CNC se encontraba que por el olvido que tenía esta máquina estaba polvosa y muy sucia, la bomba hidráulica ya no funcionaba, el espacio para el cambio de 20 herramientas como cortadores o brocas tampoco funcionaba porque la mayoría de sus electroválvulas ya no servían, si encendía pero por la falta de muchas cosas y la desconexión de algunas no se podía hacer nada,

también contaba con una bomba para el soluble esta si funcionaba, las tarjetas de los drivers de los servomotores no servían ya que estaba quemadas, los servomotores tampoco funcionaban, el motor del husillo si servía, para esta actividad se destinó una semana para poder inspeccionar a detalle el equipo y ver qué cosas se podían aun rescatar y que cosas ya no para poder remplazarlas.

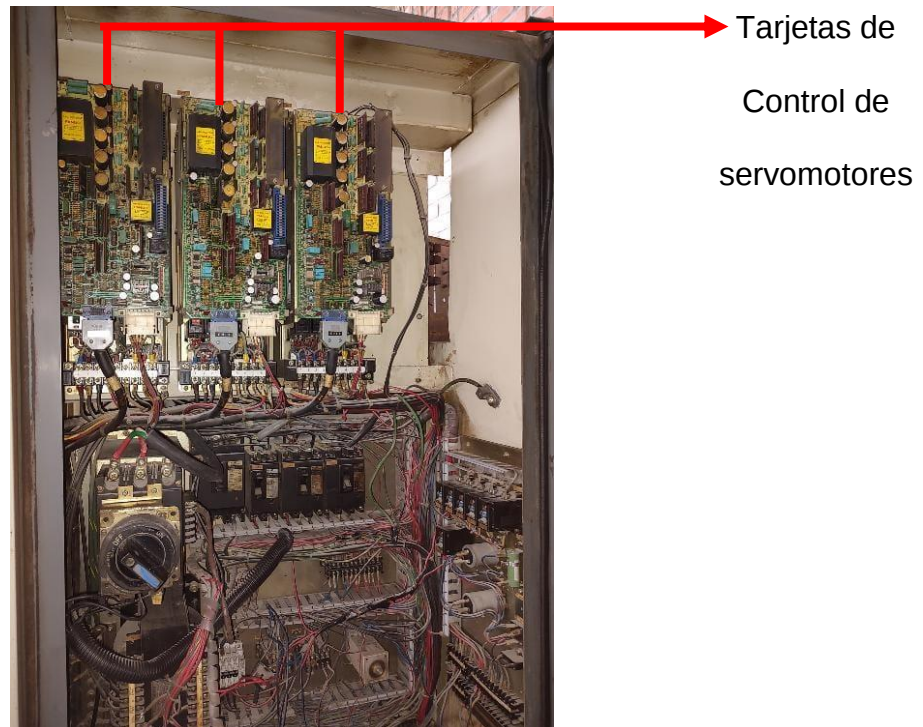
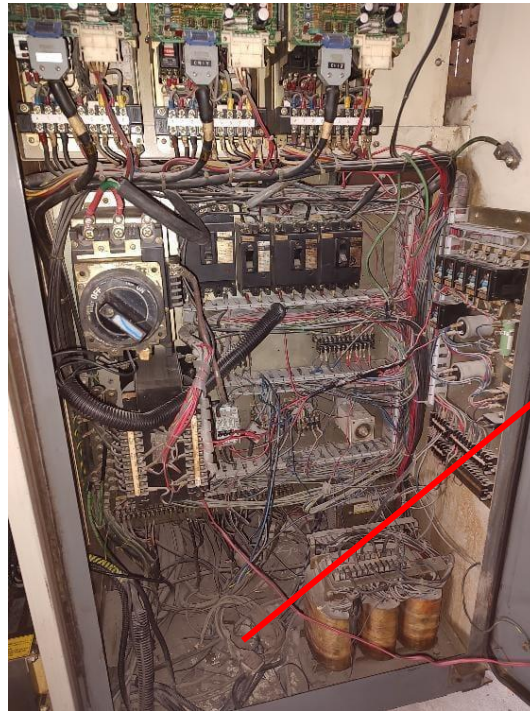


Figura 59. Tablero de Control CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 16)

Dentro de esta inspección las tarjetas de control de los servomotores ya no servían porque estaban quemadas, se realizaron las pruebas correspondientes, pero como ya son muy antiguas ya estaba de más poder rescatarlas, entonces se decidieron ya no reparar, dentro de esa inspección se notó que se encontraba con mucho polvo y muy sucio toda esa parte.



Polvo, suciedad y grasa

Figura 60. Tablero de Control CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 16)

Después se inspecciono la parte de la bomba hidráulica, era un bomba de la marca Yuken que tenía una presión 40 kg/cm^2 y una capacidad de 60 lts esta bomba funcionaba principalmente para el cambio de las herramientas que hacia la máquina de acuerdo a la programacion y para la liberación de manera manual, también se realizaron las pruebas correspondientes para verificar si era posible rescatarla o no, pero como el cambio de las herramientas ya no servía y por la falta de la mayoría de componentes para poder hacerla trabajar de nuevo, se decidió cambiar por una bomba más pequeña y de menor capacidad.

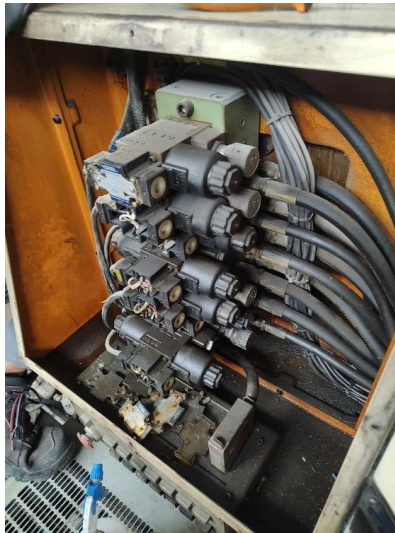


Figura 61. Electroválvulas del Cambio de Herramientas
Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 16)



Figura 62. Bomba Hidráulica del CNC
Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 16)

Después se inspecciono el cambio de herramientas, lo que se noto era que estaba muy sucio de polvo y de aceite que las mangueras que suministraban el aceite de la bomba hidráulica para las electroválvulas y así pudiera hacer los cambios estaban agrietados, muchas electroválvulas se quitaron para que igualmente se pudieran verificar si funcionaban, pero al parecer ninguna de ellas servía.

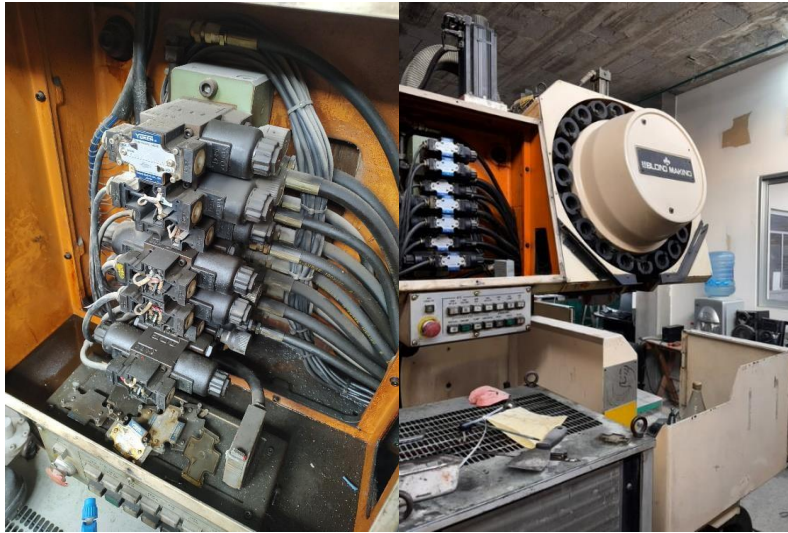


Figura 63. Electroválvulas y Cambio de Herramientas
Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 16)

Sin embargo después de revisar esa dos partes, se probó la bomba del soluble, y esta al activar su pastilla termomagnética que tiene en el tablero de control si funcionaba, visualmente no tenía ningún problema ni fallos, solo había que colocarla en el lugar que iba



Figura 64. Bomba del Soluble CNC
Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 16)

Finalmente se inspecciono el motor del husillo, se realizaron las pruebas correspondientes como energizarlo y verlo funcionar e igualmente no tenía ningún problema entonces se dejó así, un pequeño detallito que tenía era que los cables de alimentación rozaban con el

ventilador que enfría al motor entonces se tenía que buscar una manera de protegerlos o reacomodarlos para que no hubiera problemas en un futuro.

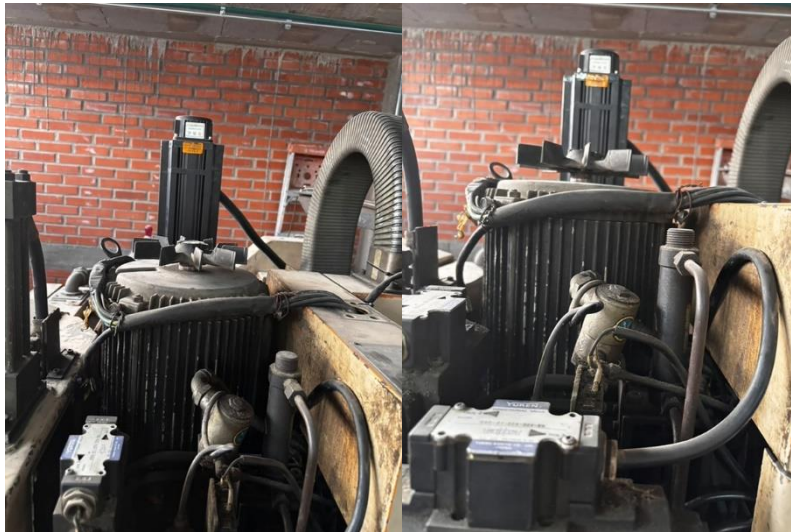


Figura 65. Motor de Husillo

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 16)

3._ Limpieza del equipo por fuera y por dentro

La tercera actividad consistía en limpiar todas las partes del equipo exteriores e interiores, excesos de grasa y polvo. Para esta tercera actividad se designaron tres semanas en las cuales consistía en dar una limpieza profunda de todas sus partes y componentes a excepción del cambio de herramientas esa era una actividad extra y de manera especial se debía hacer ya que no era lo mismo que las demás, para poder dar esta limpieza al equipo como equipo de protección se utilizó, guantes, lentes, tapones y un overol, dentro de las cosas que se utilizaron fue un desengrasante, trapos viejos limpios, aire comprimido, alcohol isopropílico y brochas.

Primero se empezó por el lado derecho de la maquina donde están la mayoría de las conexiones eléctricas se limpió las puertas, el interior ya que estas tenían mucho polvo, tierra y grasa, los componentes eléctricos se limpiaron con el alcohol isopropílico, una brocha antiestática y aire comprimido. Las partes donde tenía grasa se utilizó trapo húmedo con desengrasante.

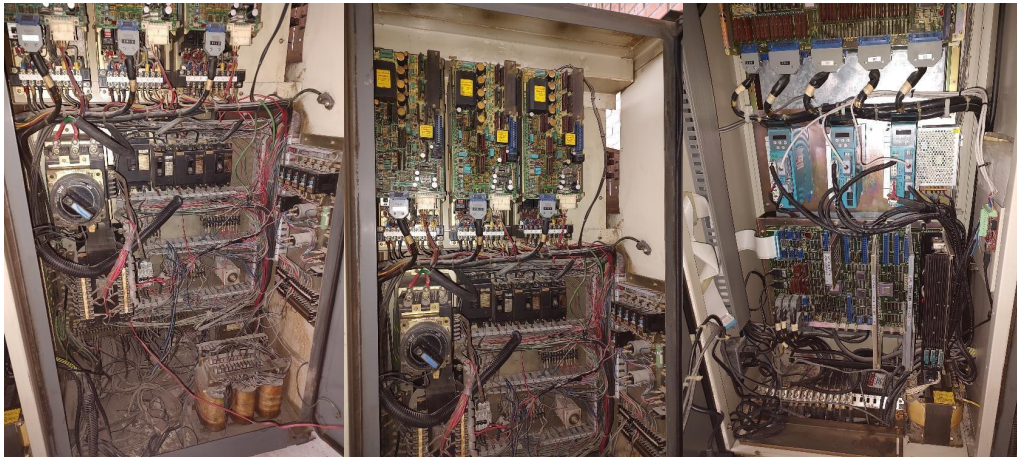


Figura 66. Lado derecho antes de la limpieza

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 23)

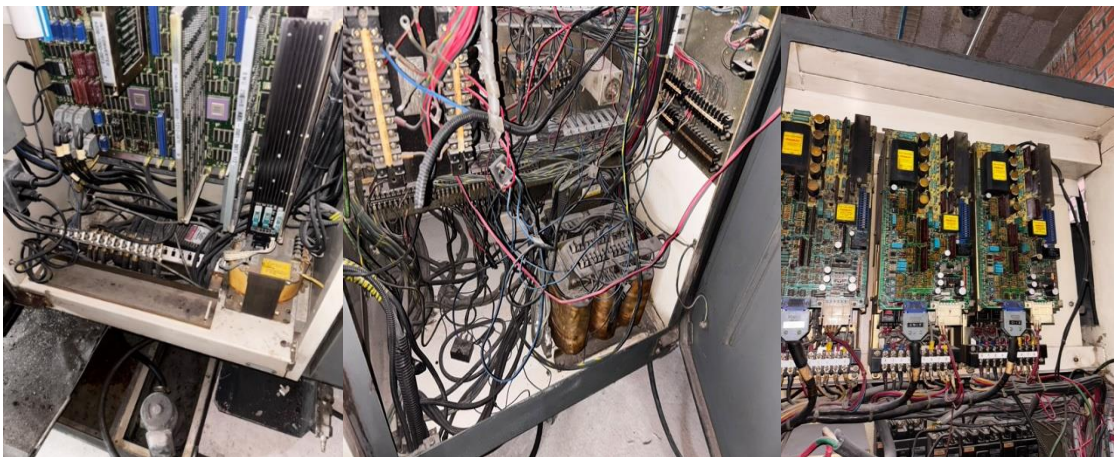


Figura 67. Lado derecho después de la limpieza

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 23)

Después se limpió la parte de atrás, donde igual tenía algunos componentes electrónicos, e igualmente estaba sucio de polvo y grasa en algunas partes, se realizó el mismo procedimiento que se hizo del lado derecho para los componentes electrónicos se utilizó el alcohol isopropílico, la brocha antiestática para limpiar y aire comprimido, y para las otras partes el trapo húmedo con desengrasante.

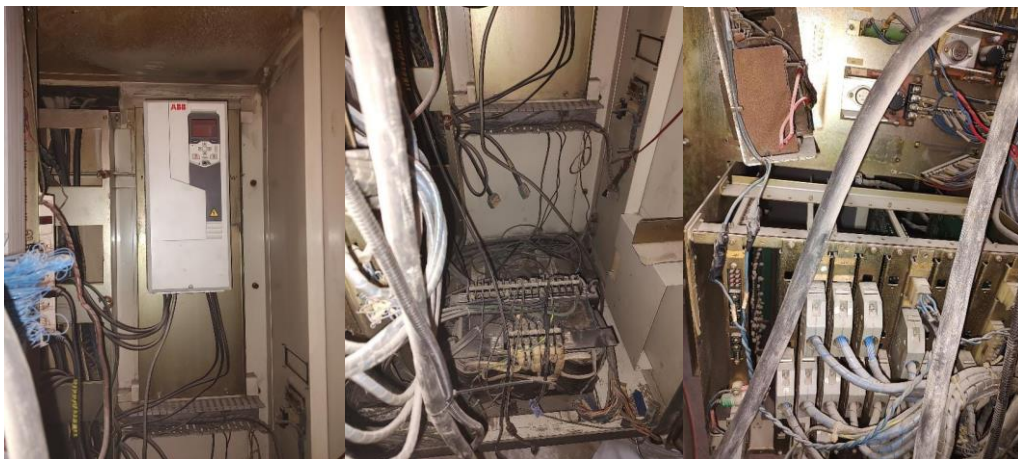


Figura 68. Lado de atrás antes de la limpieza

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 30)

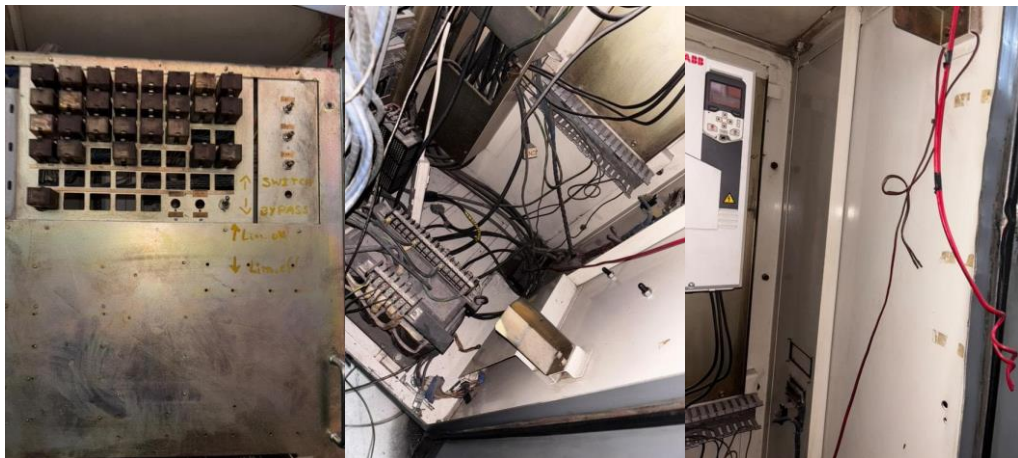


Figura 69. Lado de atrás después de la limpieza

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Septiembre 30)

Una vez finalizadas estas partes se siguió con el lado izquierdo solamente la parte donde estaba la bomba, ya que había otro espacio donde estaba el cambio de herramientas, pero esta parte se tenía que hacer diferente ya que era una actividad independiente, en la parte de la bomba hidráulica se utilizó el desengrasante liquido sin un trapo, se utilizó una espátula y trapos para quitar los excesos de grasa que tenía ya que estaba muy sucio tanto la bomba como el espacio donde se encontraba.



Figura 70. Lado izquierdo antes de la limpieza

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Octubre 7)

Finalmente se limpió la parte de enfrente de la maquina igualmente con trapos húmedos de desengrasante y aire comprimido.



Figura 71. Parte de enfrente después de la limpieza

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Octubre 7)

4._ Limpieza del cambio de herramientas

La cuarta actividad fue limpiar la parte del equipo donde utiliza el cambio de herramientas para los diferentes procesos de maquinados. Esta limpieza se dejó de manera diferente a la de la limpieza del interior y exterior ya que aquí se debía hacer más con precaución y más detalladamente ya que estaba muy sucio y si no se limpiaba bien podría afectar a los procesos que se realizan o salir mal, se utilizó el mismo equipo de protección y se utilizaron

las mismas herramientas como desengrasante, trapos y aire comprimido, para esta actividad se destinó una semana igual.



Figura 72. Cambio de herramientas antes de la limpieza

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Octubre 14)



Figura 73. Cambio de herramientas después de la limpieza

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Octubre 14)

5._ Revisión de Conexiones eléctricas

Como quinta actividad fue revisar todas las conexiones eléctricas del equipo para ver si funcionan correctamente cada una de las partes, ya estando limpio el equipo para poder hacer esta actividad se destinó dos semanas, se utilizó equipo de protección dieléctrico, como botas, guantes de electricista, pinzas y desatornilladores aislados, un multímetro y un overol, ya que se iba a trabajar con energía trifásica era un poco peligroso, primero se conectó a un tablero de energía el cual llega una alimentación de 220v.



Figura 74. Tablero principal de la maquina CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Octubre 21)

Después se activó el interruptor selector a ON para energizar la maquina



Figura 75. Interruptor Selector del CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Octubre 21)

Una vez que ya tenía energía la maquina se empezaron a rastrear cada una de las líneas, verificar que voltajes tenían y hacía que componentes iban, del interruptor selector se

repartía a pastillas de protección para que después alimentarán a cada una de las partes como transformadores, motor de bomba hidráulica, soluble, del husillo, servomotores, tarjetas de control, al panel de control para la programación y electroválvulas que ocupaba.

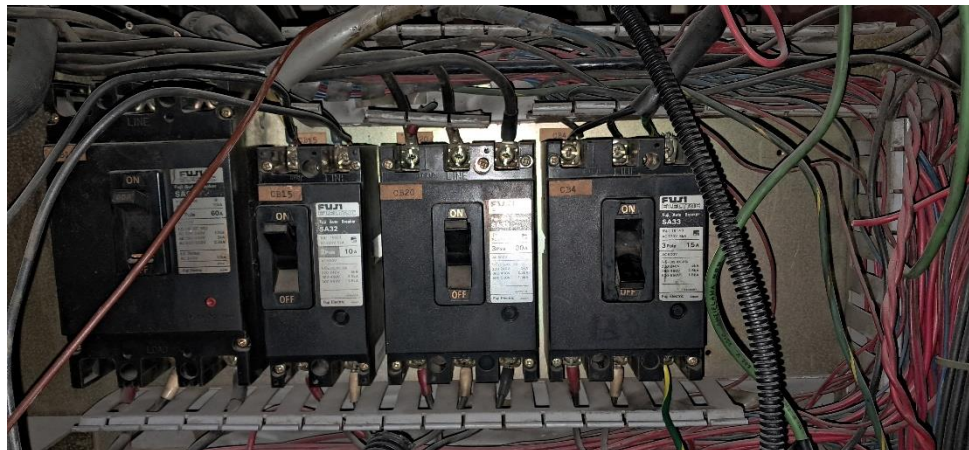


Figura 76. Pastillas termomagnéticas de componentes

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Octubre 21)

6._ Mantenimiento Preventivo y Correctivo

Como sexta actividad se realizó un mantenimiento preventivo y correctivo al equipo en el cual se destinaron tres semanas para poder hacer todo el mantenimiento, por las condiciones en las que se encontraba y en las actividades pasadas se notaron muchas cosas, para poder hacer esta actividad como primer paso los servos y los controladores ya estaban quemados se sugirió cambiar por unos equipos mejores. Los equipos que mejor se adaptaban a las necesidades fueron el **Hybrid Step Servo Motor Driver 3HSS2208H**.

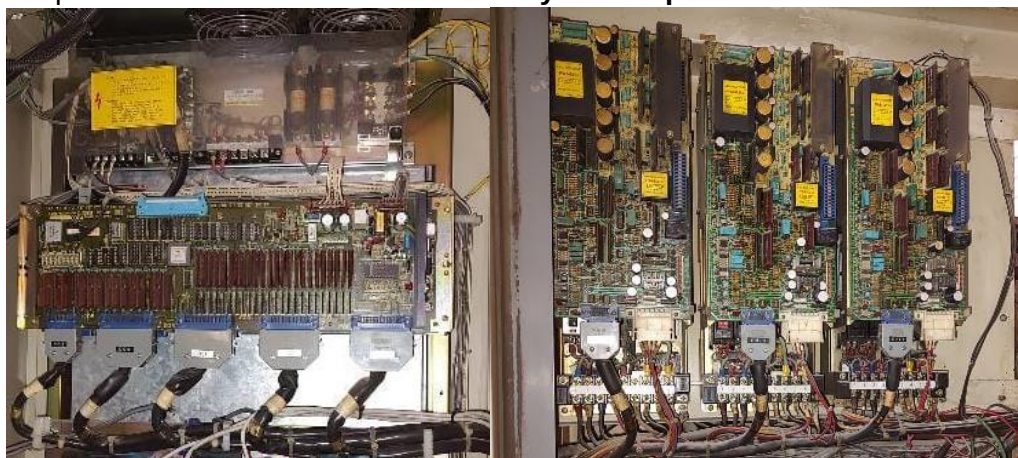


Figura 77. Controladores antiguos del CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 4)



Figura 78. Controladores nuevos del CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 11)



Figura 79. Servos antiguos del CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 4)



Figura 80. Servos nuevos del CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 11)

Después se adquirió un variador de frecuencia para poder hacer esta adaptación e interfaz con los servomotores, los controladores y la placa de interfaz **Mach3**.



Figura 81. Variador de Frecuencia ABB

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 11)

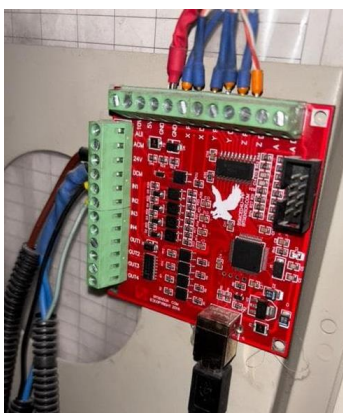


Figura 82. Placa de Interfaz Mach3

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 11)

Dentro de este mantenimiento el equipo contaba con unos limit switch que se ocupaban para delimitar un poco el espacio de trabajo de la máquina y no sobre pasar esos límites.

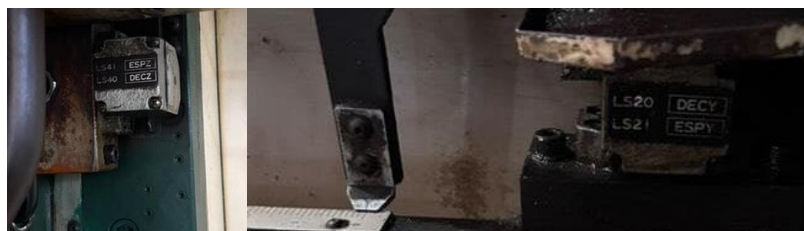


Figura 83. Limit Switch ejes.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 11)

Luego se le dio un mantenimiento a la bomba hidráulica, ya que al encenderla en las pruebas anteriores hacia un ruido feo, el cambio de las herramientas ya estaba muy dañado y por eso se necesitaba de la bomba grande por la presión que generaba, entonces como el cambio de herramientas de acuerdo con el Ing. Guillermo no lo necesitaba tanto porque el CNC iba hacer procesos menos complejos entonces se inhabilito el cambio de herramienta y se sustituyó la bomba hidráulica por una más pequeña.



Figura 84. Bomba hidráulica antigua.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 18)



Figura 85. Bomba hidráulica nueva

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 18)

Para hacerlo funcionar como se habilito y se le dio mantenimiento a todo se cambió el software y la interfaz, entonces el panel que tenia de control igual quedo obsoleto y se decidió mejorar por uno nuevo.

7._ Diseño de pantalla para el CNC

Como séptima actividad se ofreció una propuesta de diseñar un sistema para poder adaptar una pantalla y un teclado para poder utilizar el software del equipo, en el cual se tomaron medidas para poder diseñarlo en algún software de diseño, para esta actividad se designó una semana.



Figura 86. Panel de operación del CNC antes

Fuente Referencia: The Equipment Hub. (sf).

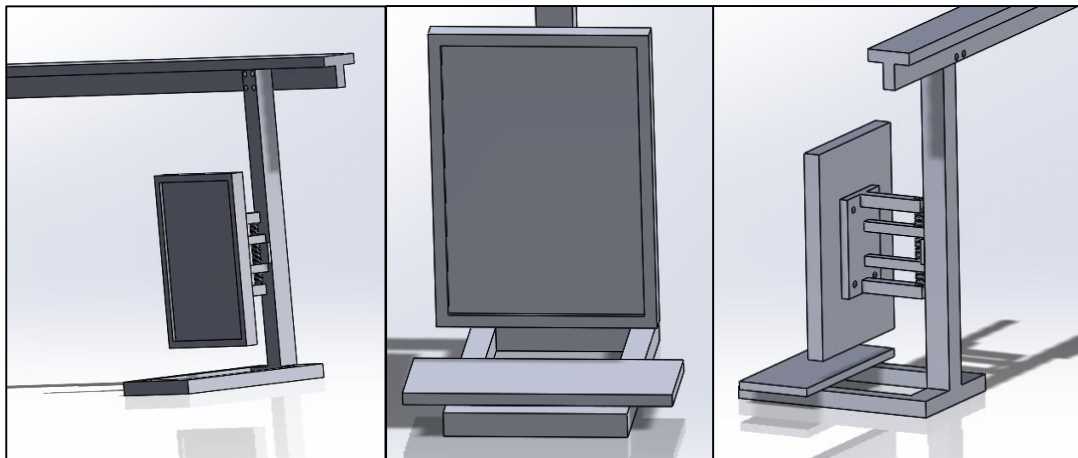


Figura 87. Diseño de Panel de Pantalla

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 25)

Una vez que esta propuesta quedo aprobada, se elaboró con tubo cuadrado de 2in, se soldó y en unas partes como la base se atornillo y también el tubo que sostiene a toda la pantalla.

Finalmente quedo así.

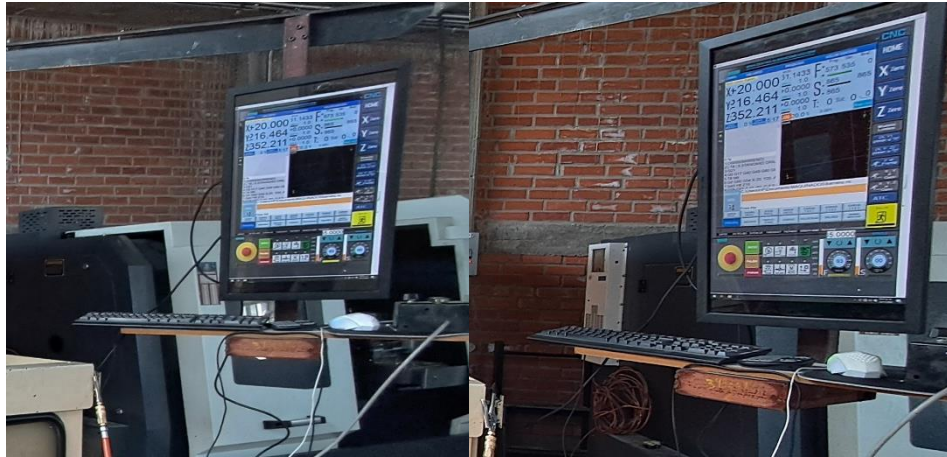


Figura 88. Panel pantalla nuevo

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Noviembre 25)

8._ Revisión del Software

Como octava actividad fue revisar el software y conocerlo para familiarizarse con el entorno del equipo y así poder manipularlo, para esta actividad se designaron dos semanas una para la de programacion y otra para el de manipulación del CNC.

El panel de programacion es el siguiente



Figura 89. Panel de Control y Programación.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

En esta parte se puede ver las coordenadas de trabajo, o de operación cuando la maquina inicia un programa o esta realizando alguna actividad de mecanizado.



Figura 90. Coordenadas de Trabajo

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

En la siguiente parte se puede ver las coordenadas reales de la máquina, estas coordenadas son distintas a las de trabajo porque las de trabajo delimitan el área de operación y las de la maquina son realmente las posiciones que se está moviendo la máquina.



Figura 91. Coordenadas reales del CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

El 0 del CNC para el eje X está situado en el 13 de la regla.

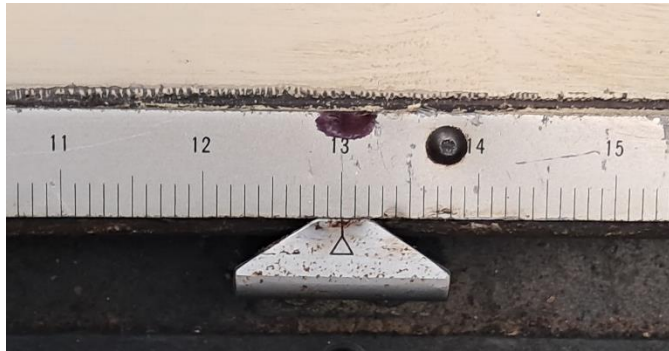


Figura 92. Posición 0 del CNC en el eje X.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

Nota: el área de trabajo en el eje X de -330mm y de 320mm dando un total de 650mm
El 0 del CNC para el eje Y está situado en el 0 de la regla del lado derecho.



Figura 93. Posición 0 del CNC en el eje Y.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

Nota: el área de trabajo en el eje Y de 450mm.

El 0 del CNC para el eje Z está situado en el 17 de la regla vertical.

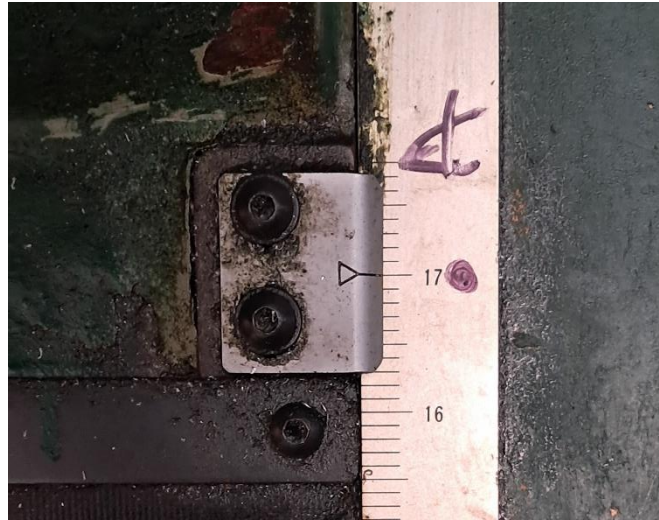


Figura 94. Posición 0 del CNC en el eje Z.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

Nota: el área de trabajo en el eje Z de 450mm.

Para verificar estas posiciones en el panel en MDI pondremos el código G0G90G53X0Y0Z0 y ahí se encuentran las posiciones 0 del CNC.

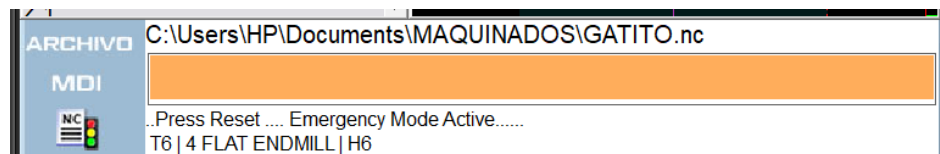


Figura 95. Programacion manual por códigos.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

En la siguiente parte se puede observar las velocidades de avance (F) y las velocidades de corte de las herramientas (S)

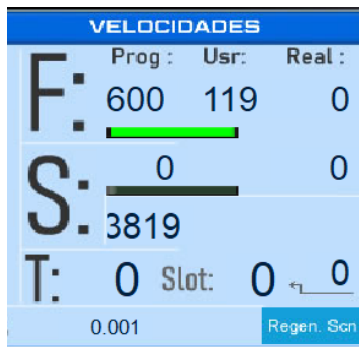


Figura 96. Velocidades de Avance y de Corte.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

Estas velocidades se pueden manipular con el spindle speed control que es la cajita de color negro con los botones y perillas de manera manual.



Figura 97. Controlador de velocidad y avance de corte.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

Nota: Botón verde para activar el motor del husillo, botón rojo para desactivarlo, la perilla negra para aumentar las rpm y la perilla blanca para aumentar o bajar la velocidad con la que se mueve el CNC.

Para poder hacerlo desde el panel solo se tienen que seleccionar con el mouse las siguientes perrillas.

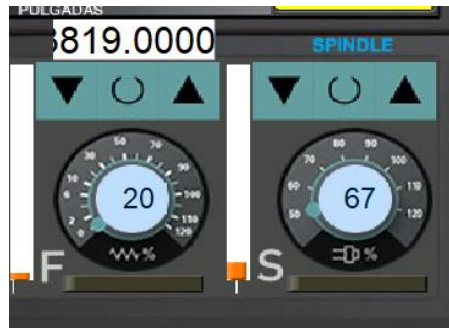


Figura 98. Control de velocidad de avance y corte

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

Para poder cargar los programas desde cualquier software de programacion CNC se utiliza el siguiente espacio.



Figura 99. Control de programas CNC.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

Carga programa te abre el espacio del programa que deseas cargar desde la carpeta donde lo tengas, cerrar el programa solo cierra la pantalla que abre en cargar el programa, editar programa sirve para editar alguna línea de programacion donde te manda a la siguiente pantalla.

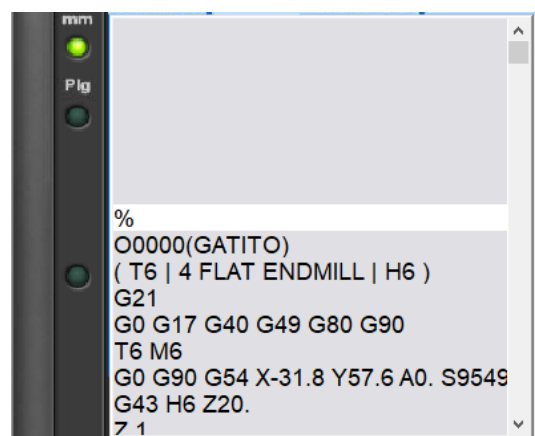


Figura 100. Escritura del código de programacion.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

“Desde el inicio” sirve para que la línea blanca donde se escribe o se ve el código de programación se regrese al principio y ejecute de nuevo el programa, y las demás cosas que tiene no se usan casi o se recomienda no moverle ahí.

Los siguientes botones se deben activar cuando se va a iniciar al correr un programa.



Figura 101. Botones inicio de programa.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

La perilla roja es un paro de emergencia de la máquina que inhabilita en cualquier situación que se requiera, el botón verde de inicio inicia a correr el programa de manera automática, el amarillo de pausa es cuando se quiera pausar un programa, sin necesidad de pararlo y volverlo a correr desde el inicio, y el rojo de parar también para en automático el programa que se está corriendo en ese momento, los demás botones deben estar activos por seguridad y cada uno representa algo importante para la máquina y deben estar activos, el “soft limit” activa los switch limit que tiene la máquina para que no sobre pase las dimensiones de trabajo por cualquier error y la maquina colapse en cualquier eje, el “refrig” sirve para activar el soluble o en este caso el refrigerante para enfriar la herramienta con la que se está trabajando.

Los siguientes botones sirven para declarar ciertas órdenes a la máquina, por ejemplo “Home” te manda a los orígenes 0 de la maquina ese se recomienda que si se está trabajando no se le mueva a menos de que se finalice el programa, “X zero”, “Y zero” y “Z zero” sirven para moverse en las coordenadas de trabajo y declararlas como 0, por ejemplo en las coordenadas de la maquina se movió 30 mm las de trabajo puede decir que está a 30 o a -30 pero si se selecciona X zero por ejemplo ahí es desde donde va empezar el programa pero si se selecciona home adopta estas coordenadas y ya no son las que tenía antes por lo regular por eso no se recomienda mover home.

Las demás te mandan a los orígenes de la maquina



Figura 102. Posiciones 0 de los ejes de trabajo y del CNC.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

Y por último esta ventana negra sirve para ver las trayectorias que hará la maquina cuando este ejecutando un programa.

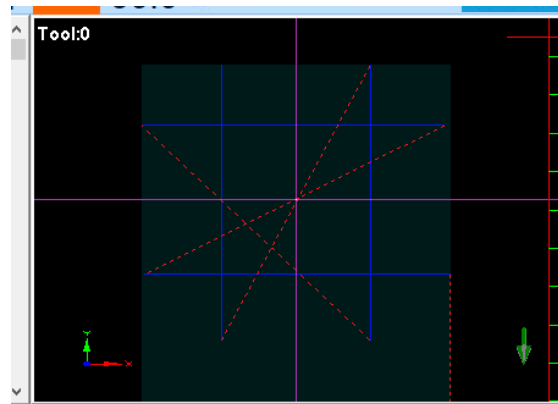


Figura 103. Trayectorias del programa.

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 2)

La programacion que ocupamos para este CNC fue con el programa mastercam done hay muchos tutoriales de como aprender y poder realizar diferentes mecanizados, para poder operar la maquina primero fue crear nuestro programas y trayectorias en mastercam para poder ir ejecutando cada una, no es muy complicada esta programacion ya que es muy amigable solo si se debe tener buenos conocimientos de medidas milimétricas, de pulgadas, cortadores, diámetros de brocas para ciertos cortes específicos y muchas cosas acerca de la manufactura.

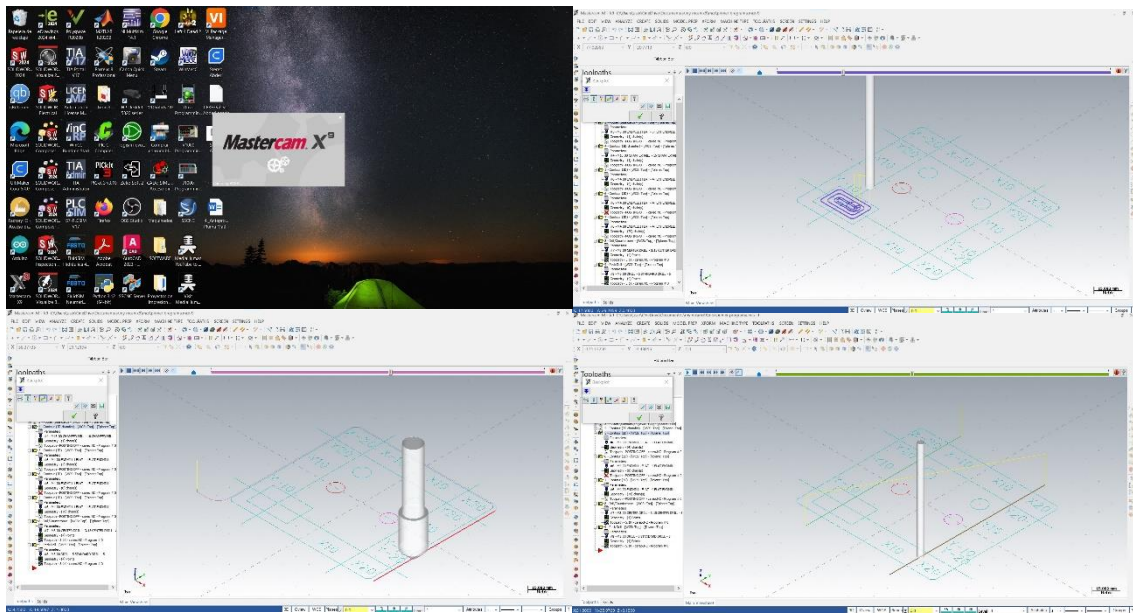


Figura 104. Programa para el CNC

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 9)

9._ Pruebas y análisis de operación

Como novena actividad para poder probar y analizar las funciones del equipo, se realizaron algunos maquinados, como era por primera vez que se iba a utilizar la maquina ya con el nuevo retrofit se inició por unas piezas de mdf, para estas pruebas se designó una semana.

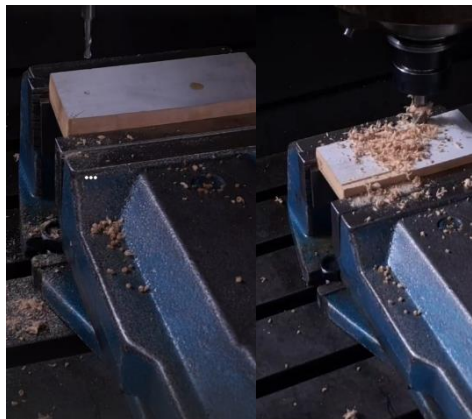


Figura 105. Pruebas en MDF

Fuente Referencia: Empresa SayMe (2024, Diciembre 16)

Las pruebas resultaron bastante bien, entonces se procedió a maquinar placas de aluminio pequeñas como segundas prueba con diferentes tipos de mecanizados como lo fue de barrenados para machuelos, contorneado de área, grabado de letras y ventanas.

10._ Evaluación de resultados

Como decima actividad y penúltima fue evaluar los maquinados finales con equipos de medición y de acuerdo a los planos de los dibujos, al parecer se encontraron variaciones de 0.2 décimas que no era mucho esto se debía a que no estaba asentando bien la máquina y posiblemente por eso existían ciertas variaciones, pero no afectaban mucho al finalmente eran funcionales estas piezas.

11._ Entrega de Reporte Final

Como última actividad fue elaborar un reporte final de todo lo que llevo el proceso de hacer el retrofit de esta máquina y cada una de las adecuaciones que se realizaron para que nuevamente pudiera funcionar, para esta actividad se designó una semana, en la cual se elaboró el reporte correspondiente para su respectiva revisión

Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos fueron favorables en cuestión del retrofit que se realizó a la máquina, aunque haciendo las pruebas correspondientes para validar y poder verificar los maquinados, como anteriormente se había mencionado, se utilizaron equipos como vernier y micrómetros para poder medir distancias de acuerdo a los planos, debido al efecto de las vibraciones e igualmente a la programación se encontraron variaciones de 0.2 décimas, estos valores se pueden mejorar realizando una mejor programación al CNC, y teniendo un mejor asentamiento de la maquina ya que sobre la superficie que se encontraba no estaba del todo plana. Por lo que es un punto de mejora que se pudo encontrar en el proyecto a futuro al igual que se pueden jugar con los parámetros de velocidad de avance y velocidad del husillo. Dentro de la empresa cuenta con un equipo de medición llamado brazo FARO con el cual pudimos validar estas mediciones y que nos ayudó principalmente a darnos cuenta de los errores que pudo tener nuestra pieza.

Conclusiones y/o recomendaciones

La modernización y retrofit del Centro de Maquinado CNC Makino en la empresa SAyME fue una decisión estratégica que busco resolver los problemas actuales de precisión, eficiencia y velocidad, necesarios para cumplir con las demandas del mercado moderno. A través de este proyecto, se lograron no solo una mejora significativa en el rendimiento del equipo, sino también una extensión de su vida útil, alineándolo con los estándares tecnológicos y operativos contemporáneos. Este esfuerzo permitió a SAyME mantener su competitividad, reducir costos operativos y aumentar su capacidad de producción. La implementación de sistemas de control modernos, mejoras en componentes mecánicos y electrónicos, así como la integración de nuevas tecnologías de automatización, fueron pasos fundamentales para alcanzar los objetivos y garantizar el éxito a largo plazo de la empresa.

El proyecto de retrofit y modernización, liderado por la licenciada Sandy, se llevó a cabo con éxito. La actualización de los sistemas y componentes mecánicos y electrónicos del CNC Makino ha resultado en mejoras significativas en el rendimiento del equipo. La implementación de sistemas de control modernos, la integración de nuevas tecnologías y la modernización de componentes han aumentado la precisión y eficiencia del equipo

Estos resultados permitieron a SAyME reducir costos operativos, aumentando la capacidad de producción y mejorando su posición competitiva en el mercado. Sin embargo, a pesar de los resultados favorables, todavía hay áreas que podrían mejorarse para maximizar el rendimiento del equipo. La empresa deberá continuar evaluando y ajustando los sistemas implementados, así como considerar futuras actualizaciones tecnológicas para mantenerse a la vanguardia en la industria.

El proyecto no solo contribuyo al éxito de la empresa, sino que también me brindado una valiosa oportunidad de aprendizaje y desarrollo de habilidades técnicas en un entorno real durante el periodo de prácticas profesionales.

Referencias Bibliográficas

- Linea Tiempo. (2023, diciembre 21). Linea Del Tiempo Del Cnc. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://lineadetiempo.top/linea-del-tiempo-del-cnc/>
- Coggle.it. (s/f). HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL CNC. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De https://coggle.it/diagram/YnCDc7pD2_LEoerQ/t/historia-y-evoluci%C3%B3n-del-cnc
- Harrison, N. (2021, enero 11). Historia CNC: el origen y la evolución del mecanizado CNC. Rapiddirect. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://www.rapiddirect.com/es/blog/cnc-history/>
- LaHistoria. (sf). Historia de la Máquina CNC. LaHistoria. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://lahistoria.info/historia-de-la-maquina-cnc/>
- Maderero, D. D. F. (2019, agosto 30). La historia del CNC (control numérico por computadora). Forestal Maderero; Directorio Forestal Maderero. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/la-historia-del-cnc-control-numericopor-computadora.html>
- La Evolución de la Maquinaria CNC: Desde sus Orígenes hasta la Innovación Actual. (2024, abril 22). Servicios Industriales Altasan. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://altasan2006.com/la-evolucion-de-la-maquinaria-cnc-desde-sus-origenes-hasta-la-innovacion-actual/>
- La evolución del mecanizado CNC a lo largo de la historia. (2023, septiembre 11). AMG MetalMecánica; AMG Metal Mecánica. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://www.amgmetalmecanica.com/evolucion-del-mecanizado-cnc-a-lo-largo-de-la-historia/>
- Historia CNC: el origen y la evolución del mecanizado CNC. (s/f). Mfgrobots.com. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://es.mfgrobots.com/equipment/cnc/1003024459.html>
- CNC, historia básica. (2019, noviembre 15). Com.mx. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://www.yamazen.com.mx/blog/cutting-tool/cnc-historia-basica.html>
- Capable Machining. (2023, julio 1). La historia de las máquinas CNC. Capable Machining. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://capablemachining.com/es/blog/la-historia-de-las-m%C3%A1quinas-cnc/>

- LeBlond Makino FNC 74 CNC Vertical Machining Center. (s/f). The Equipment Hub. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://theequipmenthub.com/product/leblond-makino-fnc-74-cnc-vertical-machining-center/>
- *Mach3 USB interface board*. (n.d.). BuildYourCNC. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://buildyourcnc.com/products/electronicsAndMotors-electronic-component-breakout-Mach3-USB-Board>
- yahua. (2024, Mayo 16). *Historia del mecanizado CNC*. Aixihardware.com. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://www.aixihardware.com/es/historia-del-mecanizado-cnc/>
- Slu, M. I. (4 de febrero de 2021). PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS MÁQUINAS CNC. *inter2000mecanizados*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://www.inter2000mecanizados.com/post/principios-de-funcionamiento-de-las-maquinas-cnc>
- Salinas, M. (2023, 16 de mayo). Principios de funcionamiento de las máquinas CNC. *Mundo Tuerca*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://mundotuerca.cl/principios-de-funcionamiento-de-las-maquinas-cnc/>
- Slu, M. I. (2020, 16 de junio). COMO FUNCIONA UNA MÁQUINA CNC. *inter2000mecanizados*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://www.inter2000mecanizados.com/post/como-funciona-una-maquina-cnc>
- De Máquinas y Herramientas. *Introducción a la tecnología CNC*. (2015, 28 de diciembre). De Máquinas y Herramientas. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>
- *Programacion CNC*. (2021, 28 de julio). *Máquina CNC, diferentes tipos, componentes y funcionamiento*. Programacioncnc.es. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024. De <https://www.programacioncnc.es/maquina-cnc/>
- Sakder. (sf). Máquinas CNC: Funcionamiento y Aplicaciones en Ingeniería Sakder.com. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://sakder.com/maquinas-cnc-funcionamiento-aplicaciones/>

- Isaac. (3 de mayo de 2022). *Todos los tipos de máquinas CNC según el uso y características*. Hardware libre. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.hwlibre.com/tipos-maquinas-cnc-usos/>
- Rápido, E. (sf). Los 12 tipos principales de máquinas CNC (guía completa). TEAM Rapid Manufacturing Co., Ltd. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.teamrapidtooling.com/es/blog/tipos-de-maquinas-cnc/>
- *Tipos de máquinas CNC: la guía definitiva*. (2024, Junio 5). TSINFA. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.tsinfa.com/es/cnc-machine-types/>
- BORUI CNC. (2023, Diciembre 19). Diferentes tipos de máquinas CNC: una guía completa. *BORUI CNC*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://boruimc.com/es/diferentes-tipos-de-maquinas-cnc-una-guia-completa/>
- TIPOSDE (sf). Tipos de CNC. Tiposde.net. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://tiposde.net/tipos-de-cnc/>
- Máquina cortadora láser CNC tipo mesa. (sf). Asia Machine Group. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.asiacnc.com.tw/es/industrial-cnc-laser-metal-cutting-machine/table-type.html>
- Pantografi CNC GP protoCNC. (2014, Noviembre 5). Pantografo CNC – Gamma. GP protoCNC. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.gp-protocnc.it/pantografi-cnc/>
- DMNC-EDM. (sf). DMNC CNC EDM Machine. DMNC-EDM. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.dmncedm.com/>
- FAMASA (sf). CNC Electroerosionadora de Hilo FW-530.FAMASA.COM Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.famasa.com/electroerosionadora-de-hilo-fw-530>
- Grumeber. (2021, Marzo 12). *Tipos de programacion CNC*. Grumeber. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://grumeber.com/tipos-de-programacion-en-cnc/>
- Autodesk. (sf). ¿En qué consiste la Programacion CNC?. Autodesk.com. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.autodesk.com/es/solutions/cnc-programming?msockid=0ad8b17f6cfe65011cefa4436de6649b>

- Clarie. (2023, Agosto 30). Guía de programación CNC para principiantes y programadores. STYLECNC.es. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.stylecnc.es/blog/cnc-programming.html>
- Haascnc. (sf). 17.1 Fresadora - Códigos G – Introducción .Haascnc.com. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.haascnc.com/mx/service/online-operator-s-manuals/mill-operator-s-manual/mill---g-codes.html>
- Lee. Y. (2023, Junio 6). Información esencial que debe conocer antes de entender o aprender programación CNC. Firstmold.com. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://firstmold.com/es/guides/programacion-cnc/>
- KONBERBI. (2024, Febrero 28). ¿Qué es el retrofit o retrofitting de maquinaria industrial?. Konberbi. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://konberbi.com/que-es-el-retrofit-o-retrofitting-de-maquinaria-industrial/>
- Sicma21. (2021, Marzo 8). Retrofit: Importancia y Ventajas en la Industria 4.0. Sicma21.com. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.sicma21.com/retrofit-importancia-y-ventajas-en-la-industria/>
- SDI. (2023, Junio 21). Retrofitting, Transformando la Industria a través de la Modernización. SDI Industrial. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://sdindustrial.com.mx/blog/retrofitting-transformando-la-industria-a-traves-de-la-modernizacion/>
- Want.net. (2023, Junio 5). 12 componentes esenciales de una máquina CNC que todo principiante debería conocer. Want.net. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.want.net/es/12-essential-components-of-a-cnc-machine-every-beginner-should-know/>
- Chen, F. (2024, Agosto 27). 7 partes esenciales de una máquina CNC que necesitas conocer. Boyi Technology. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://es.boyiprototyping.com/cnc-machining-guide/7-essential-parts-of-a-cnc-machine-you-need-to-know/>
- Slu, M. I. (2022, Abril 27). PARTES DE UNA MAQUINA CNC. inter2000mecanizados. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.inter2000mecanizados.com/post/partes-de-una-maquina-cnc>

- Desing&Cutting. (2023, Diciembre 5). Normas de seguridad para máquinas CNC: Guía esencial. Design&Cutting. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, De <https://www.disenoycorte.com.mx/blog/normas-seguridad-maquinas-cnc/>
-