

ELABORACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TORNO EMCO 220 DEL
LABORATORIO DE MECATRONICA UNIVERSIDAD EAFIT

GABRIEL FERNANDO GUERRA TRESPALACIOS

MEDELLÍN
UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
2012

ELABORACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TORNO EMCO 220 DEL
LABORATORIO DE MECATRONICA UNIVERSIDAD EAFIT

GABRIEL FERNANDO GUERRA TRESPALACIOS

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniero Mecánico

Asesor: JOHN ALBERTO BETANCUR MAYA

MEDELLÍN
UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
2012

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS	13
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.2.1 Objetivo 1.	13
1.2.2 Objetivo 2.	13
1.2.3 Objetivo 3.	13
1.2.4 Objetivo 4.	13
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	14
3. ESTADO DEL ARTE	17
3.1 TORNOS CNC	17
3.2 TORNO EMCO 220.....	18
3.3 VERIFICACIÓN Y PUESTA A PUNTO	20
3.4 ASPECTOS A CONSIDERAR AL COMPRAR UN TORNO CNC	21
3.5 PROCESO DE TORNEADO	23
3.5.1 Condiciones de Corte.....	23
3.5.2 Fluidos para Corte.....	25
3.5.3 Elección del fluido de corte.....	26
3.5.4 Dispositivos de amarre y sujeción	27
4. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD	28
4.1 NORMATIVIDAD EN SEGURIDAD MÁQUINAS-HERRAMIENTA	28
4.2 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	29

5.	DESCRIPCIÓN DEL TORNO EMCO 220.....	31
5.1	CONVENCIÓN DE EJES PARA EL TORNO EMCO 220.....	34
5.2	PARÁMETROS DE CORTE Y MATERIALES DE TRABAJO EN EL TORNO EMCO 220	35
5.2.1	Velocidad de corte.....	36
5.2.2	Revoluciones por minuto (RPM).....	37
5.2.3	Velocidad de avance	38
5.2.4	Profundidad de corte	39
5.2.5	Materiales y parámetros de corte a maquinar según aplicación en mecatrónica	40
5.3	SUB-SISTEMA DE SOPORTE Y POSICIONAMIENTO.....	41
5.3.1	Estructura o Chasis	41
5.3.2	Bastidor de la máquina.....	41
5.3.3	Bancada de la máquina.....	42
5.3.4	Guías lineales de desplazamiento.....	42
5.3.5	Amarre y sujeción de la pieza	43
5.3.6	Amarre y sujeción de la herramienta.....	44
5.3.7	Husillo de bolas	46
5.3.8	Motor del husillo (Spindle motor).....	46
5.3.9	Motor del portaherramientas	47
5.3.10	Servomotores	48
5.4	SUB-SISTEMA NEUMÁTICO.....	49
5.4.1	Unidad de mantenimiento.....	50
5.4.2	Electroválvulas	53

5.4.3	Mecanismo recoge piezas.....	56
5.4.4	Mecanismo sujeción de piezas.....	57
5.4.5	Contrapunto.....	58
5.5	SUB-SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	59
5.5.1	Motobomba de lubricación	59
5.5.2	Recipiente de almacenamiento fluido hidráulico	60
5.5.3	Filtro aceite.....	61
5.6	SUB-SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	61
5.6.1	Motobomba de refrigeración.....	61
5.6.2	Recipiente de almacenamiento fluido de refrigeración	62
5.7	SUB-SISTEMA DE SEGURIDAD	64
5.7.1	Sensores home, de final de carrera y apertura de puerta	64
5.7.2	Puerta.....	66
5.8	SUB-SISTEMA DE CONTROL.....	66
5.8.1	Software	67
5.8.2	Tarjeta de control G REX 100	68
5.8.3	Tarjeta Interface GREX-DRIVERS	69
5.8.4	Tarjeta de control G 340.....	70
5.8.5	Controladores (Drivers).....	71
5.9	SUB-SISTEMA ELECTRICO.....	72
5.9.1	Conexión principal.....	73
5.10	VARIABLES METROLOGICAS A CONTROLAR POR SUB-SISTEMAS....	73
6.	PROVEEDORES DE MANTENIMIENTO Y RECAMBIOS.....	80
6.1	PROVEEDORES LOCALES SERVICIO DE MANTENIMIENTO	80
6.2	PROVEEDORES LOCALES SOFTWARE CONTROL NUMERICO CNC ..	85

6.3	MANTENIMIENTO ACTUAL APLICADO AL TORNO EMCO 220	87
6.4	REPARACIONES MÁS FRECUENTES EN TORNOS CNC	88
6.4.1	Reparaciones en el torno EMCO 220.....	89
6.5	LUBRICACIÓN ADECUADA PARA EL TORNO EMCO 220	91
6.6	REPUESTOS COMERCIALES	94
7.	ANALISIS DE FALLAS, AJUSTES Y PUESTA A PUNTO	96
7.1	ÁRBOL DE FALLAS.....	96
7.1.1	Fallas comunes en el sub-sistema soporte y posicionamiento.....	98
7.1.2	Fallas comunes en el sub-sistema neumático.....	99
7.1.3	Fallas comunes en el sub-sistema de lubricación	101
7.1.4	Fallas comunes en el sub-sistema de refrigeración	103
7.1.5	Fallas comunes en el sub-sistema de seguridad.....	105
7.1.6	Fallas comunes en el sub-sistema de control.....	106
7.1.7	Fallas comunes en el sub-sistema eléctrico	107
7.2	AJUSTES, VERIFICACIÓN Y PUESTA A PUNTO	108
7.2.1	AJUSTES	109
7.2.2	VERIFICACIÓN DE UN TORNO	109
7.2.3	PUESTA A PUNTO	112
7.2.4	CHEQUEO METROLOGICO TORNO EMCO 220.....	114
8.	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	117
9.	CONCLUSIONES	125
10.	BIBLIOGRAFÍA	127

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Foto del torno EMCO 220 durante la recepción.	14
Ilustración 2. Torno EMCO 220 Reconversión Sistema de Control	15
Ilustración 3. Torno EMCO 220.....	17
Ilustración 4. Proceso de torneado	23
Ilustración 5. Dispositivo de sujeción	27
Ilustración 6. Precauciones mínimas de seguridad	30
Ilustración 7. Listado de partes frontal	32
Ilustración 8. Listado de partes posterior	33
Ilustración 9. Convención de ejes X,Z.....	34
Ilustración 10. Desplazamientos de eje en el Torno	35
Ilustración 11. Bandeja recoge virutas	41
Ilustración 12. Bancada revestida en fundición gris	42
Ilustración 13. Guías lineales de desplazamiento	43
Ilustración 14. Cilindro hueco.....	43
Ilustración 15. Pinzas de sujeción para la pieza	44
Ilustración 16. Sistema de amarre y sujeción torreta tipo revolver.....	45
Ilustración 17. Motor DC MAXON	45
Ilustración 18. Husillo de bolas Torno EMCO 220	46
Ilustración 19. Unidad de mantenimiento	51
Ilustración 20. Manómetros de medición de presión	51
Ilustración 21. Regulador de presión Bosch	52
Ilustración 22. Tubería en poliuretano para conducción del aire.....	53
Ilustración 23. Electroválvulas Bosch 3/2.....	54
Ilustración 24. Bobinas Bosch.....	55
Ilustración 25. Actuador neumático.....	56
Ilustración 26. Mecanismo recoge piezas	56

Ilustración 27. Cilindro neumático ROHM	57
Ilustración 28. Contrapunto	58
Ilustración 29. Sistema de electroválvula contrapunto	58
Ilustración 30. Configuración bomba lubricación centralizada	59
Ilustración 31. Bomba de lubricación centralizada	60
Ilustración 32. Recipiente de almacenamiento fluido hidráulico	60
Ilustración 33. Filtro de aceite	61
Ilustración 34. Motobomba del sub-sistema de refrigeración	62
Ilustración 35. Recipiente de almacenamiento fluido refrigeración	63
Ilustración 36. Mangueras para el fluido de refrigeración	63
Ilustración 37. Ubicación de sensores inductivos eje X	64
Ilustración 38. Sensor inductivo para home y final de carrera	65
Ilustración 39. Sensor de apertura de puerta	65
Ilustración 40. Puerta principal	66
Ilustración 41. Software Mach3	67
Ilustración 42. Tarjeta de control de 6 ejes GREX-100	69
Ilustración 43. Tarjeta de Interface	70
Ilustración 44. Tarjeta de control motor portaherramientas	70
Ilustración 45. Controladores sureservo servomotores	71
Ilustración 46. Controlador Mitsubishi motor del eje	72
Ilustración 47. Conector principal	73
Ilustración 48. Prueba termográfica en frio	76
Ilustración 49. Prueba termográfica en vacío	77
Ilustración 50. Recalentamiento en relés de la tarjeta de control para sentido de giro del husillo	78
Ilustración 51. Relés instalados de 5VDC	78
Ilustración 52. Oficinas Rexco Tools Universidad EAFIT	82
Ilustración 53. Mantenimiento correctivo torno CNC realizado por Rexcotools	83
Ilustración 54. Torno CNC marca Milltronics	85
Ilustración 55. Mecanismo neumático sujeción de piezas	89

Ilustración 56. Plano neumático del Torno EMCO 220	90
Ilustración 57. Línea de automatización industrial MISUMI	94
Ilustración 58. Línea de automatización industrial GRAINGER	95
Ilustración 59. Árbol de fallas	97
Ilustración 60. Transmisión por banda-polea del husillo principal.....	98
Ilustración 61. Bandeja colectora de piezas.....	101
Ilustración 62. Sistema control actual lazo-cerrado.....	102
Ilustración 63. Sistema de control lazo-cerrado ideal.....	102
Ilustración 64. Fallas comunes sub-sistema de refrigeración	104
Ilustración 65. Mangueras en buen estado	104
Ilustración 66. Ejemplo bobina quemada contactor principal fresadora MFG	107
Ilustración 67. Comprobación alineación de ejes.....	114
Ilustración 68. Verificación de paralelismo en sentido vertical	115
Ilustración 69. Verificación de paralelismo en sentido horizontal.....	116

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Documentos Torno EMCO 220.....	19
Tabla 2. Factores a influir en la compra de un torno CNC	22
Tabla 3. Factores que influyen en proceso de corte	24
Tabla 4. Características generales del Torno EMCO 220.....	31
Tabla 5. Velocidades de corte para torneear	37
Tabla 6. Velocidades de avance en el torno	38
Tabla 7. Materiales a maquinar en el Torno EMCO 220	40
Tabla 8. Especificaciones técnicas motor del husillo (Spindle motor).....	47
Tabla 9. Especificaciones técnicas motor portaherramientas	47
Tabla 10. Especificaciones técnicas servomotores.....	48
Tabla 11. Especificaciones técnicas unidad de mantenimiento	50
Tabla 12. Especificaciones técnicas regulador de presión	52
Tabla 13. Especificaciones técnicas electroválvulas.....	53
Tabla 14. Especificaciones técnicas bobinas.....	55
Tabla 15. Especificaciones técnicas cilindro neumático	57
Tabla 16. Características principales motobomba Siemens	62
Tabla 17. Variables metrológicas sub-sistema soporte y posicionamiento	74
Tabla 18. Variables metrológicas sub-sistema neumático	74
Tabla 19. Variables metrológicas sub-sistema lubricación	75
Tabla 20. Variables metrológicas sub-sistema refrigeración.....	75
Tabla 21. Variables metrológicas sub-sistema seguridad.....	75
Tabla 22. Variables metrológicas sub-sistema de control.....	76
Tabla 23. Variables metrológicas sub-sistema eléctrico	79
Tabla 24. Proveedores software CNC	86
Tabla 25. Cronograma mantenimiento preventivo actual Torno EMCO 220.....	88
Tabla 26. Matriz de frecuencia de lubricación Torno EMCO 220.....	91

Tabla 27. Características técnicas Shell Tellus 68.....	93
Tabla 28. Características técnicas Mobil Vactra #2	93
Tabla 29. Fallas comunes en sub-sistema de soporte y posicionamiento	99
Tabla 30. Fallas comunes en sub-sistema neumático	100
Tabla 31. Fallas comunes sub-sistema de lubricación.....	103
Tabla 32. Fallas comunes sub-sistema de seguridad	105
Tabla 33. Fallas comunes en sub-sistema de control	106
Tabla 34. Fallas comunes en sub-sistema eléctrico	108
Tabla 35. Verificación metrológica de un torno	110
Tabla 36. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de soporte y posicionamiento.....	118
Tabla 37. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema neumático	119
Tabla 38. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de lubricación....	120
Tabla 39. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de refrigeración .	121
Tabla 40. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de seguridad	122
Tabla 41. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de control	123
Tabla 42. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema eléctrico	124

INTRODUCCIÓN

Las máquinas CNC como tornos y fresadoras evolucionan a través del desarrollo de nuevos procesos, nuevas tecnologías y nuevas necesidades que se presentan en los nuevos mercados.

Este desarrollo en tecnología tiene gran importancia y justificación en calidad y precisión de las piezas que se realizan por máquinas como tornos y fresadoras CNC, exigiendo la necesidad de tener un buen plan de mantenimiento que refleje mayor tiempo de operación, fácil mantenibilidad y permanente disponibilidad de las mencionadas máquinas, logrando así una alta competitividad en el sector industrial midiéndose con mejores resultados en rentabilidad por lo que se conoce hoy en día como economías de escala, es decir, altos volúmenes de producción a costo muy bajos.

Por tales motivos la universidad EAFIT a través del centro de laboratorios, trabaja en sociedad con los estudiantes de pre-grado de carreras como ingeniería de diseño de producto, ingeniería mecánica e ingeniería de producción, con el fin de implementar nuevos conocimientos y desarrollos en diferentes proyectos que la universidad desarrolla.

Este trabajo ha llevado a empresas del sector a involucrarse también en este programa con el fin de estudiar y poner en práctica el desarrollo de nuevas tecnologías para contribuir a la problemática ambiental que se vive hoy en día.

De esta manera surge la necesidad de desarrollar dentro de la universidad EAFIT específicamente en el laboratorio de mecatrónica un plan de frecuencia de mantenimiento a la máquina torno EMCO 220 de uso por personal de la universidad como para estudiantes con el fin de realizar piezas mecánicas y que actualmente no lo tiene.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un plan de mantenimiento para la máquina torno EMCO 220 teniendo en cuenta los diferentes subsistemas del equipo en estudio.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1 Objetivo 1.

Documentar la información respecto de los diferentes proveedores para la máquina (Torno EMCO 220). Nivel uno – Conocer.

1.2.2 Objetivo 2.

Describir los sub-sistemas más importantes del equipo y sus respectivas variables a controlar. Nivel dos – Comprender.

1.2.3 Objetivo 3.

Realizar el análisis de fallas más relevantes presentadas en el equipo, además de una verificación de puesta a punto por medio de patrones de verificación. Nivel cuatro - Analizar

1.2.4 Objetivo 4.

Elaborar un plan de mantenimiento acorde con el sistema de calidad del centro de laboratorio de la universidad EAFIT. Nivel cinco – Sintetizar.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Universidad EAFIT junto con el Centro de laboratorios ha estado a la vanguardia de modernizar y mejorar las máquinas compradas o donadas para uso de los estudiantes del campus con el fin de desarrollar proyectos y trabajos que busquen contribuir a soluciones de problemas planteados dentro de sus asignaturas obligatorias de Pre-grado como investigaciones y desarrollo de nuevas tecnologías que la industria va necesitando en el día a día, creando alianzas estratégicas entre Universidad - Empresa para promover y desarrollar nuevos proyectos haciendo uso de estos recursos a los que tienen acceso.

En el desarrollo de estas investigaciones, la Universidad se preocupa por estar a la vanguardia en cuanto a manufactura CNC y es así como ponen a disposición del Centro de Laboratorios la información necesaria, conocimiento propio de sus empleados, recursos económicos y trabajo en equipo con otras empresas para el emprendimiento de los mismos estudiantes que pertenecen a la Universidad.

La reconversión del Torno EMCO CNC involucra la creación de equipos de trabajo expertos en las áreas respectivas a trabajar como lo son: mecánica, eléctrica y electrónica, en donde desde su conocimiento se aporta al desarrollo y modernización del equipo.

Es así como el taller de máquinas herramientas de la Universidad EAFIT cuenta hace 12 años con un torno de control numérico marca EMCOTURN 220 proveniente de donaciones que dicho taller ha recibido a lo largo del tiempo y que con apoyo de estudiantes de pre-grado y empleados, recursos económicos, conocimiento y desarrollo de nuevas tecnologías se hizo realidad la reconversión y modernización del Torno EMCO TURN 220 CNC. (Ruiz, 2011)

Ilustración 1. Foto del torno EMCO 220 durante la recepción.



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

La ilustración 1 muestra la recepción del equipo en un estado inoperable y con muchas de sus partes dañadas o no instaladas en la máquina, requiriendo modernizar el equipo de tal forma que pueda ofrecer garantías de funcionamiento y seguridad para sus nuevos usuarios.

Ilustración 2. Torno EMCO 220 Reconversión Sistema de Control



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

La Ilustración 2 muestra la finalización exitosa del proyecto de reconversión y modernización del sistema de control del torno EMCO 220 en un excelente estado

de operación y con muchas de sus partes rediseñadas e instaladas, garantizando un buen funcionamiento y seguridad en los nuevos usuarios a operar.

Luego de la reconversión y modernización del Torno EMCO 220 CNC, se ve la necesidad de entrar e indagar más a fondo en el funcionamiento y la parte operativa del mismo para mantenerla en buenas condiciones proporcionando los recursos necesarios para su correcta y óptima operación. Bajo esta perspectiva y bajo la condición de buena operación se requiere recopilar y archivar información como son: planos, verificación de mantenimiento, proveedores y repuestos, manuales de operación, entre otros con el fin de establecer un buen plan de mantenimiento que garantice operatividad, acercamiento por parte de los estudiantes al uso del mismo y un control periódico para revisiones futuras.

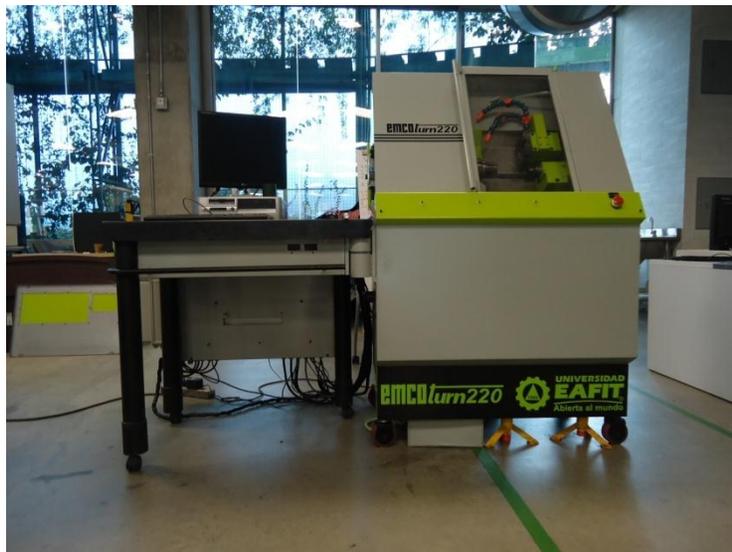
3. ESTADO DEL ARTE

3.1 TORNOS CNC

Un torno se refiere a una máquina herramienta que se utiliza para mecanizar piezas de revolución mediante un software de computadora que utiliza datos alfanuméricos siguiendo los ejes cartesianos X, Y, Z. Se utiliza para producir piezas en cantidades y con precisión porque la computadora que lleva incorporado controla la ejecución de la pieza.

Los tornos de CNC como uso para trabajos de taller, son capaces de hacer los trabajos típicos de un torno convencional en la elaboración de diferentes piezas como lo pueden ser de tipos paralelos, copiadores, revólver, automáticos e incluso verticales, además son rentables debido a la alta producción en serie en un corto periodo de tiempo contribuyendo al proceso productivo de otras empresas de la industria. (VIWA)

Ilustración 3. Torno EMCO 220



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Este tipo de tornos manejan una programación diferentes para cada tipo de pieza a realizar a través de líneas de códigos representados con números, letras y símbolos y a su vez estos caracteres establecidos para estos programas están regidos por las normas DIN 66024 y 66025 dentro de los cuales encontramos los siguientes características: (Sandvik, 2006)

- N - corresponde al número de bloque o secuencia. Luego de la letra se coloca el número del o los bloques que se deben programar. El número de bloques debe estar comprendido entre 1 y 9999.
- X, Y, Z - corresponde a los ejes de coordenadas X, Y, Z de la máquina herramienta. En los tornos solo se utilizan las coordenadas X y Z. El eje Z corresponde al desplazamiento longitudinal de la herramienta en las operaciones de cilindrado mientras que el X es para el movimiento transversal en las operaciones de refrendado y es perpendicular al eje principal de la máquina. El eje Y opera la altura de las herramientas del CNC.
- G - son funciones preparatorias que informan al control las características de las funciones de mecanizado. Está acompañado de un número de dos cifras para programar hasta 100 funciones.

3.2 TORNO EMCO 220

A continuación se presenta un listado de los documentos encontrados los cuales hacen referencia a la maquina torno EMCO 220 serie básica, la información a continuación descrita fue suministrada en su totalidad por el taller de máquinas y herramientas de la Universidad EAFIT. (Ruiz, 2011)

Tabla 1. Documentos Torno EMCO 220.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
D1-E220-IM062-EU	<p>Documento en (pdf), que hace referencia al “Análisis del estado y medidas necesarias para prever el funcionamiento en un centro de manufactura flexible” compuesto por los equipos: Torno EMCO TURN, centro de maquinado vertical Benchman BXT, y Robot EAFIT-AEROTECH, no tiene autoría ni fecha de realización.</p>
D2-E220-IM062-EU	<p>Documento en (pdf), contiene contrato de prestación de servicios en proyecto de celda flexible de manufactura, entre la Universidad EAFIT y el Ingeniero Hans Ley.</p> <p>Autoría (ingeniero Hans Ley), este documento contiene, una propuesta de reconversión del Torno EMCO 220, utilizando la plataforma LINUX y tarjetas electrónicas que complementan el funcionamiento del equipo.</p>
D3-E220-IM062-EU	<p>Documento Escrito, “ElectricalDocumentation”, contiene algunos planos eléctricos de torno EMCO-220.</p> <p>Edición: 94-4 versión 1, Referencia: VS 2722</p> <p>Autor: EMCO (Abril de 1992)</p>
D4-E220-IM062-EU	<p>Documento Escrito, contiene planos eléctricos, lista de partes y sistemas y “Modo de Empleo un Torno EMCO-TURN120/120P con EMCOTRONIC TM02”.</p> <p>Edición: 1991</p> <p>Referencia: SP2725</p> <p>Autor: EMCO</p>
D5-E220-IM062-EU	<p>Documento Escrito, contiene “Manual de programación EMCOTRONIC TM02”. (Torneado).</p> <p>Edición: 91-5</p> <p>Referencia: SP4 247</p> <p>Autor: EMCO (Mayo de 1991)</p>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
D6-E220-IM062-EU	<p>Documento Escrito, contiene planos eléctricos, lista de partes y sistemas y “Modo de Empleo un Torno EMCO-TURN220 con EMCOTRONIC TM02”.</p> <p>Edición: 89-11</p> <p>Referencia: SP2370</p> <p>Autor: EMCO</p>

Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

3.3 VERIFICACIÓN Y PUESTA A PUNTO

Para que un torno funcione correctamente y garantice la calidad de sus mecanizados, es necesario que periódicamente se someta a una revisión y puesta a punto donde se ajustarán y verificarán todas sus funciones. (Millán Gómez, 2006)

Las tareas más importantes que se realizan en la revisión de los tornos son las siguientes:

- Nivelación: Se refiere a nivelar la bancada y para ello se utilizará un nivel de precisión.
- Concentricidad del cabezal: Se realiza con un reloj comparador y haciendo girar el plato a mano, se verifica la concentricidad del cabezal y si falla se ajusta y corrige adecuadamente.
- Comprobación de redondez de las piezas: Se mecaniza un cilindro a un diámetro aproximado de 100 mm y con un reloj comparador de precisión se verifica la redondez del cilindro.

- Alineación del eje principal: Se fija en el plato un mandril de unos 300 mm de longitud, se monta un reloj en el carro longitudinal y se verifica si el eje está alineado o desviado.
- Alineación del contrapunto: Se consigue mecanizando un eje de 300 mm sujeto entre puntos y verificando con un micrómetro de precisión si el eje ha salido cilíndrico o tiene conicidad.
- Otras funciones como la precisión de los nonios se realizan de forma más esporádica principalmente cuando se estrena la máquina.

3.4 ASPECTOS A CONSIDERAR AL COMPRAR UN TORNO CNC

Es importante tener conocimiento de ciertos parámetros o características técnicas a considerar a la hora de buscar y comprar máquinas modernas para centro de mecanizados en busca de un fin determinado.

Haciendo énfasis en la adquisición de tornos por control numérico (CNC) y establecer una buena elección del mismo, se pueden realizar preguntas que ayudan a la orientación final de lo que realmente se está buscando y el propósito para el que se está necesitando como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Factores a influir en la compra de un torno CNC

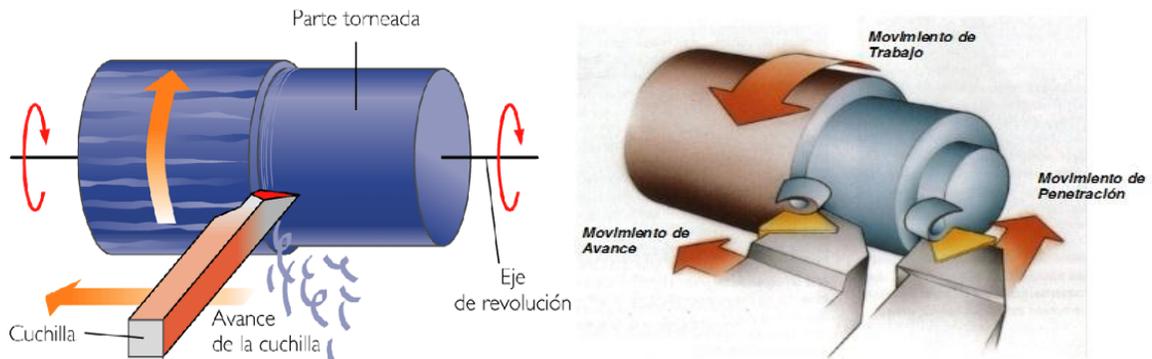
DIMENSIONES	PESO	MATERIALES	EJES	HERRAMIENTAS	SEGURIDAD	INSTALACIÓN
Largo	Peso de la máquina en vacío	Tipos de materiales a torneear	¿Cuántos ejes de movimiento requieren?	Rango velocidad del husillo	¿Posee paradas de emergencia?	¿Se requieren condiciones especiales para su instalación?
Alto				¿Posee intercambiabilidad de herramientas?	¿Posee sensores para la desactivación de la máquina como sensores de finales de carrera, apertura de puerta, etc.?	
Ancho		Velocidades de torneado para cada material	¿Cuál es el recorrido máximo de los ejes?	¿Qué tipo de portaherramientas es y de cuantas posiciones?	¿Cuenta con elementos protectores como guardas, puertas o mensajes de alerta?	¿La empresa proveedora se encarga de la instalación?
SOFTWARE	REFRIGERACIÓN	LUBRICACIÓN	SERVICIO POST-VENTA	CONEXIONES ELECTRICAS	ZONA DE TORNEADO	CONDICIONES DE TRABAJO
¿Es gratuito?, ¿Cuánto cuesta?	¿Cuenta con sistema de refrigeración?	¿Cuenta con un sistema centralizado de lubricación?	¿La empresa proveedora cuenta con un buen stock de repuestos?	¿Qué tipo de alimentación requiere?	Diámetro máximo a torneear sobre la bancada	Temperatura de trabajo, porcentaje de humedad, ruido emitido
¿Requiere actualizaciones?	¿Cuál es su capacidad de bombeo?	¿Cuáles puntos se deben lubricar?	¿Qué garantía ofrecen?	¿Con que voltaje opera?	Diámetro máximo a torneear sobre carro de refrentar	
¿Cuánto cuestan las actualizaciones?		¿Qué lubricante se debe utilizar para cada punto?	Entrega de manuales mecánicos, eléctricos, operación, mantenimiento, etc.		Longitud máxima de torneado del pinza	
¿Cada cuánto hay que actualizarlo?	¿Qué tipo de refrigerantes utiliza?	¿Qué cantidad de lubricante para cada punto?	¿La empresa proveedora ofrece servicios adicionales de mantenimiento, capacitación, soporte técnico?	¿Cuál es la potencia del motor del husillo principal?	Longitud máxima de torneado del plato	
¿Cuántos perfiles de acceso posee?					Diámetro máximo de la pieza a trabajar para mecanización externa (teórico)	

Fuente: Elaboración propia

3.5 PROCESO DE TORNEADO

En el torneado se usa una herramienta de corte con un borde cortante simple destinado a remover material de una pieza de trabajo giratoria para dar forma a un perfil de revolución conocido como cilindro. El movimiento de velocidad de torneado lo proporciona la pieza de trabajo giratoria y el movimiento de avance lo realiza la herramienta de corte, moviéndose lentamente en una dirección paralela al eje de rotación de la pieza de trabajo. (Correa, 2008)

Ilustración 4. Proceso de torneado



Fuente: Procesos de material (El torneado)

3.5.1 Condiciones de Corte.

Para realizar una operación de maquinado se requiere el movimiento relativo de la herramienta y el trabajo. El movimiento primario se realiza a una cierta velocidad de corte v . Además, la herramienta debe moverse lateralmente a través del trabajo. Éste es un movimiento mucho más lento, llamado el avance f . La dimensión restante del corte es la penetración de la herramienta de corte dentro de la superficie original del trabajo, llamada profundidad de corte d . Al conjunto de velocidad, avance y profundidad de corte, se les llama parámetros de corte.

Las unidades que se manejan para la velocidad de corte, profundidad de corte y avance de corte expresadas en el sistema internacional americano son: m/min, mm y mm/rev respectivamente.

Tabla 3. Factores que influyen en proceso de corte

Parámetro	Influencia e interrelaciones
Velocidad de corte, profundidad de corte, avance, fluidos de corte	Fuerzas, potencia, aumento de temperatura, vida de la herramienta, tipo de viruta, acabado superficial.
Ángulos de la herramienta	Igual que arriba; influencia sobre dirección de flujo de viruta; resistencia de la herramienta al desportillamiento.
Viruta continua	Buen acabado superficial; fuerzas estables de corte; indeseable en maquinado automatizado.
Viruta de borde acumulado	Mal acabado superficial; si el borde acumulado es delgado, puede proteger las superficies de la herramienta.
Viruta discontinua	Preferible para facilidad al desecho de viruta; fuerzas fluctuantes de corte; puede afectar el acabado superficial y causar vibración y traqueteo.
Aumento de temperatura	Influye sobre la vida de la herramienta, en especial sobre el desgaste de cráter, y la exactitud dimensional de la pieza; puede causar daños térmicos a la superficie de la pieza.
Desgaste de la herramienta	Influye sobre el acabado superficial, la exactitud dimensional, aumento de temperatura, fuerzas y potencia.
Maquinabilidad	Se relaciona con la vida de la herramienta, el acabado superficial, las fuerzas y la potencia.

Fuente: Manufactura, ingeniería y tecnología

3.5.2 Fluidos para Corte

Un fluido para corte es un líquido o gas que se aplica directamente a la operación de maquinado para mejorar el desempeño del corte. Los objetivos principales de éste fluido son:

- Disipar la generación de calor en las zonas de corte y fricción.
- Reducir la fricción para efectuar el corte.
- Lubricar los elementos que intervienen en el corte para evitar la pérdida de la herramienta.
- Proteger la pieza contra la oxidación y la corrosión.
- Arrastrar las partículas del material como medio de limpieza.

Además de la remoción del calor y la reducción de fricción, los fluidos para corte brindan beneficios adicionales como: lavado de las virutas, reducción de la temperatura de la pieza de trabajo para un manejo más fácil, disminuye las fuerzas de corte y los requerimientos de potencia, mejora la estabilidad dimensional de la pieza de trabajo y optimiza el acabado superficial

Existen dos tipos de fluidos para corte: refrigerantes y lubricantes. Los refrigerantes son fluidos para corte diseñados para reducir los efectos del calor en las operaciones de maquinado y parecen ser más efectivos a velocidades de corte relativamente altas, donde la generación de calor y las altas temperaturas son un problemas, se usan frecuente en operaciones de torneado y fresado, donde se genera calor en grandes cantidades.

Los refrigerantes son soluciones o emulsiones obtenidas mezclando el aceite mineral con agua en las siguientes proporciones:

- De 3 a 8% para emulsiones diluidas. Tienen un escaso poder lubricante y se emplean para trabajos ligeros.
- De 8 a 15% para emulsiones medias. Poseen un discreto poder lubricante y se emplean para el maquinado de metales de mediana dureza con velocidades medianamente elevadas.
- De 15 a 30% para emulsiones densas. Presentan un buen poder lubricante y son adecuados para trabajar los metales duros de la elevada tenacidad. Protegen eficazmente contra las oxidaciones las superficies de las piezas maquinadas.

Los lubricantes tienden a perder su efectividad a altas velocidades (arriba de aproximadamente 120 m/min, 400ft/min), además los aceites a altas velocidades de corte se vaporizan antes de que puedan lubricar. (Groover, 1997)

Las propiedades esenciales que los líquidos de corte deben poseer son las siguientes:

- Poder refrigerante: Debe poseer una baja viscosidad con el objetivo de obtener el máximo contacto térmico, un alto calor específico y una elevada conductibilidad térmica.
- Poder lubricante: Tiene la función de reducir el coeficiente de rozamiento en una medida tal que permita el fácil deslizamiento de la viruta sobre la cara anterior de la herramienta.

3.5.3 Elección del fluido de corte

Esta elección se basa en criterios que dependen de los siguientes factores:

- Del material de la pieza a fabricar: Para las aleaciones ligeras se utiliza petróleo, para la fundición se utiliza en seco, para el latón, bronce y cobre el

trabajo se realiza en seco o con cualquier tipo de aceite que esté exento de azufre, para el níquel y sus aleaciones se emplean las emulsiones, para los aceros al carbono se emplea cualquier aceite, para los aceros inoxidable auténticos se emplean los lubricadores al bisulfuro de molibdeno.

- Del material que constituye la herramienta: Para los aceros al carbono dado que interesa esencialmente el enfriamiento se emplean las emulsiones, para los aceros rápidos se hace la elección de acuerdo con el material a trabajar, para las aleaciones duras se trabaja en seco o se emplean las emulsiones.

3.5.4 Dispositivos de amarre y sujeción

El Torno EMCO 220 posee un cilindro hueco donde va sujeta la pieza a mecanizar y está agarrada por unas pinzas mecánicas que operan neumáticamente siendo apropiadas para sujetar las diferentes piezas a maquinar y de sencilla operación.

Debe asegurarse bien que no presente fugas de aire en la línea neumática, porque podría presentarse inconvenientes en cuanto a un buen maquinado de las piezas por no aplicar la fuerza de amarre necesaria para evitar juego de la misma durante el movimiento rotativo del husillo y la misma vibración de la máquina.

Ilustración 5. Dispositivo de sujeción



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

4. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

El campo de la seguridad es importante tanto para los usuarios que intervengan en el equipo como para él mismo. Es así, como se establecen manuales e instructivos de seguridad para operar y utilizar los diferentes equipos e instrumentos que se encuentran dentro de una zona de trabajo basados en normas de seguridad industrial que ayudan a prevenir accidentes o incidentes a la hora de interactuar con la máquina.

4.1 NORMATIVIDAD EN SEGURIDAD MÁQUINAS-HERRAMIENTA

Dentro del aspecto normativo en cuanto a la seguridad en máquinas y herramientas, se presentan las siguientes normas que se describen a continuación: (GTG Ingenieros seguridad industrial, 2010)

- UNE-EN 12478:2001: Máquinas-herramienta. Seguridad tornos de control numérico y centros de torneado de grandes dimensiones.
- UNE 15005:75 (ISO 481:77): Simbolización de las indicaciones que figuran en las máquinas-herramienta.
- UNE-ISO 230-3:2010 (ISO 230-3:2007): Máquinas-herramienta. Código de verificación de las máquinas-herramienta. Parte 3: Determinación de los efectos térmicos.
- UNE 15300-5:2002 (ISO 230-5:2000) Máquinas-herramienta- Código de verificación de máquinas-herramienta. Parte 5: Determinación de la emisión de ruido.

4.2 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Leer las instrucciones: Lea completamente las instrucciones antes de poner la maquina en funcionamiento
- Conexión eléctrica: La máquina solo puede ser conectada en un tomacorriente con puesta a tierra. La conexión eléctrica solamente puede ser modificada por un técnico electricista.
- Puesta en marcha: Asegúrese que la maquina se encuentra antes de cualquier puesta en marcha, en estado correcto de mantenimiento, y de que no ha sido retirado ningún dispositivo de seguridad.
- No modificar la maquina: Modificaciones propias en instalaciones de seguridad, desactivado de instalaciones de vigilancia. Así como cualquier manipulación en la parte eléctrica/electrónica de la maquina están prohibidos.
- Ante cualquier riesgo para de emergencia: Ante situaciones de riesgo, parar la maquina inmediatamente mediante el pulsador de paro de emergencia.
- Sujetar con seguridad: Controlar antes del comienzo del procedimiento si la herramienta o la pieza están sujetados correctamente.
- No sujetar en forma corta: Evite diámetro pequeños de sujeción ante diámetros de torneado grandes.
- Retirar desperdicios de viruta: Retirar la viruta con la maquina desconectada. ¡No poner las manos en la maquina estando en marcha!
- Cambio de herramienta: Cambiar las herramientas solo cuando la maquina este detenida.
- Trabajos de medición: Realice trabajos de medición solamente con la maquina parada.
- Llevar protección para el cuerpo: Preste atención, de que su cabello no sea atrapado por la máquina, llevar la cabeza cubierta. Proteja los ojos con

gafas de seguridad. No llevar ropa de trabajo suelta, esta debe estar ceñida en los puños y alrededor de las caderas.

- Supervisión de la maquina: Las maquinas en funcionamiento nunca debe quedar sin supervisión.
- Mantener limpio el lugar: Un lugar de trabajo desordenado aumenta el riesgo de accidente.
- Trabajos de mantenimiento y de ajuste: Todos los trabajos de mantenimiento y ajuste deben ser ejecutados con la maquina desconectada y la tecla de paro de emergencia accionada.
- Protector de viruta: Mantenga la puerta del protector de la viruta cerrada también durante la operación.
- Interruptores: Cuando la máquina está en la operación, nunca pare la máquina usando el interruptor principal en el gabinete de los interruptores.

Ilustración 6. Precauciones mínimas de seguridad

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD				
LEER MANUAL DE OPERACIÓN	NO USE ANILLOS, RELOJ O PULSERAS	CONSULTE ANOMALIAS EN LA MAQUINA	UTILICES GAFAS DE PROTECCIÓN	CIERRE LA PUERTA AL COMENZAR PROCESO DE MAQUINADO
				

Fuente: Elaboración propia

5. DESCRIPCIÓN DEL TORNO EMCO 220

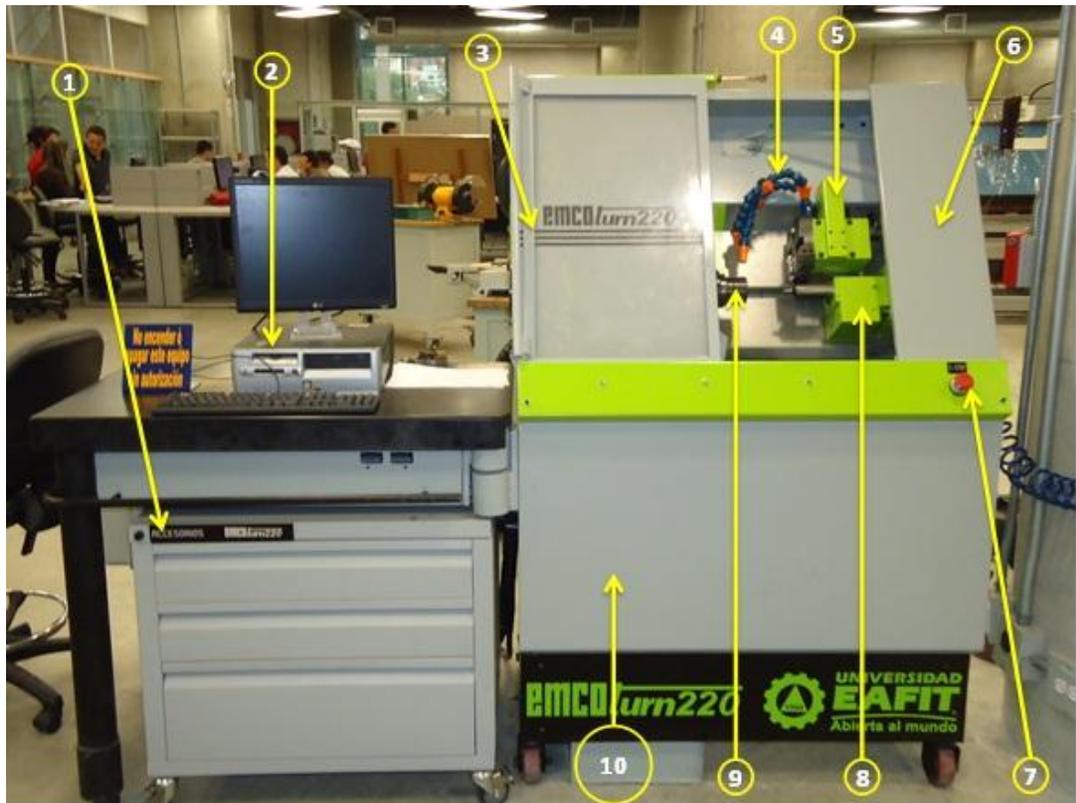
Se trata de un Torno EMCO TURN 220 donado hace 12 años al Centro de laboratorios de la Universidad EAFIT, el cual fue proyecto de grado del ingeniero mecánico Alejandro Ruiz actualmente encargado del Laboratorio de Mecatrónica con el fin de hacer la reconversión del sistema de control del torno mencionado basado en CNC (Control Numérico) con las siguientes características:

Tabla 4. Características generales del Torno EMCO 220

ALIMENTACIÓN	CONTROL DE MOVIMIENTO	CONTROL	SOFTWARE	PESO	DIMENSIONES
Trifásica, 220 VAC	EJE X servo 0,4 KW Longitud de corte 75 mm	Tarjeta GECKO DRIVE, ref. GREX G100	MATCH 3 MILL	450 Kg Aprox.	LARGO 1900 mm
Frecuencia de 60 Hz	EJE Y N/A				ALTO 1500 mm
Amperaje de 20 A	EJE Z Servo 0,4 KW Longitud de corte 131 mm				ANCHO 740 mm
	SPLINDLE motor 5 HP transmisión por banda-polea velocidad 0 a 3600 RPM.				

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7. Listado de partes frontal



Fuente: Elaboración propia

Listado de partes:

1. Gabinete de herramientas y accesorios.
2. Computador.
3. Puerta protectora contra viruta.
4. Manguera refrigerante.
5. Torreta portaherramientas.
6. Cuerpo de la máquina (Bancada)
7. Botón parada de emergencia.
8. Contrapunto.
9. Husillo principal.
10. Base de la máquina (Bastidor).

Ilustración 8. Listado de partes posterior



Fuente: Elaboración propia

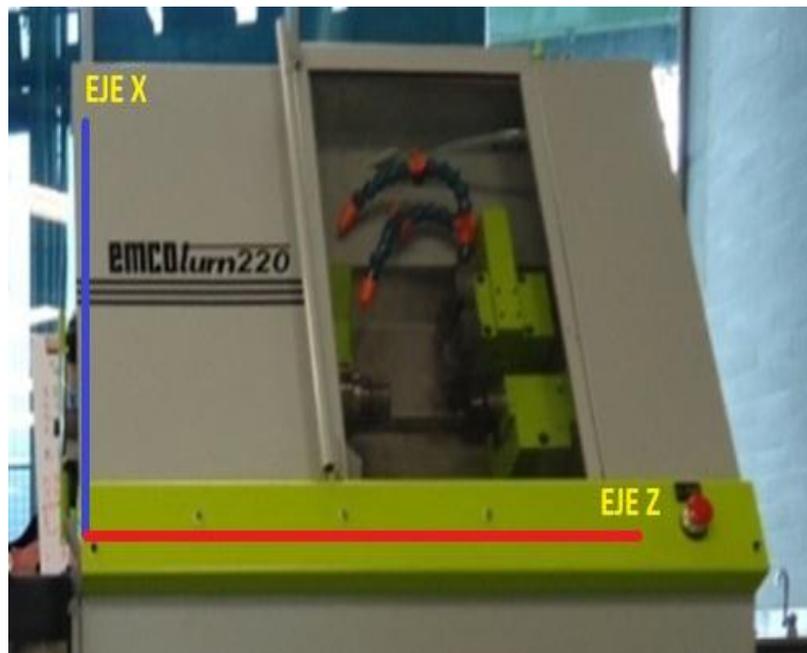
Listado de partes:

1. Sistema neumático.
2. Compartimiento de zona de viruta.
3. Tapa de protección de la máquina.
4. Sistema de lubricación centralizada.
5. Recipiente de fluido refrigerante.
6. Bandeja recoge piezas.
7. Tablero electrónico y de control.
8. Tablero de encendido y apagado de la máquina.

5.1 CONVENCION DE EJES PARA EL TORNO EMCO 220

Es importante conocer detalles básicos como lo son los ejes principales del equipo. Para el caso del Torno EMCO 220 los ejes principales son X y Z, los cuales son referencia para el trabajo por control numérico en el maquinado y elaboración de piezas.

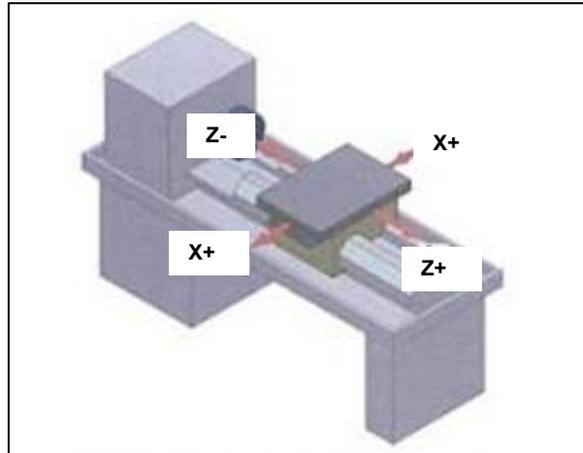
Ilustración 9. Convención de ejes X,Z



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Como se observa en la ilustración el eje Z es el que realiza el movimiento longitudinal en sentido del eje principal de la máquina, el eje X es el que realiza el movimiento transversal perpendicular al eje principal de la máquina.

Ilustración 10. Desplazamientos de eje en el Torno



Fuente: Control numérico y programación

El Torno EMCO 220 dispone de dos ejes X y Z que se asocian al desplazamiento del carro transversal y el carro longitudinal respectivamente, que se deslizan ortogonalmente entre ellos. Mediante la combinación de movimientos simultáneos de ambos se pueden describir trayectorias oblicuas o curvas (Interpolaciones).

5.2 PARÁMETROS DE CORTE Y MATERIALES DE TRABAJO EN EL TORNO EMCO 220

Es importante tener en claro que materiales para el mecanizado se están permitidos operar en el torno. De esto depende el buen funcionamiento del equipo y evitar que el desgaste en las diferentes piezas y partes que actúan sea más rápido de lo normal reduciendo su vida útil y por ende repercutiendo directamente en el aumento de los costos por reparación y cambio de piezas.

Los materiales poseen características y propiedades diferentes debido a su composición por lo que a su vez repercute en la configuración de los parámetros de corte en el equipo como son: velocidad de corte, profundidad de corte, avance

de corte, entre otros. Por otra parte, también influyen para la selección de la herramienta de corte debido a que la dureza de cada material difiere por su respectiva composición y se puede tener una base consultando la siguiente norma:

- UNE 15006:75 (ISO 2219:73): Velocidades y avances en las máquinas-herramienta.

En conclusión, la máquina debe torneear materiales blandos como aluminio de baja densidad, polímeros como nylon y aceros blandos como un acero 1020.

5.2.1 Velocidad de corte

La velocidad de corte se puede definir como la velocidad lineal con la cual un punto en la circunferencia de la pieza de trabajo pasa por la herramienta de corte en un minuto, es decir, es la distancia recorrida por la punta de la herramienta de corte por unidad de tiempo expresada en pies o en metros por minuto según el sistema que trabaje. La velocidad de corte depende de la velocidad de rotación de la pieza (RPM) y el diámetro de la pieza. (Delmar Publisher, INC., 1969)

$$Vc(p/min) = \frac{\pi \times D_{pies} \times RPM}{12}$$

$$Vc(m/min) = \frac{\pi \times D_{mm} \times RPM}{1000}$$

Vc = Velocidad de corte

π = Número Pi (3,1416)

D = Diámetro de la pieza

RPM = Revoluciones por minuto

En ocasiones para la selección de la velocidad de corte se disponen tablas que dependen del material de la pieza, el material de la herramienta y la operación de corte recomendado y determinado por los productores de metales y fabricantes de herramientas de corte.

Tabla 5. Velocidades de corte para torneear

Material	Torneado, Refrendado, Rectificación				Roscado	
	Corte de desbaste		Corte de acabado			
	pies/min	m/min	pies/min	m/min	pies/min	m/min
Acero de máquina	90	27	100	30	35	11
Acero de herramienta	70	21	90	27	30	9
Hierro fundido (gris)	60	18	80	24	25	8
Bronce	90	27	100	30	25	8
Latón (amarillo)	160	49	220	67	60	18
Aluminio	200	61	300	93	60	18

Fuente: El torno

5.2.2 Revoluciones por minuto (RPM)

La velocidad de rotación del husillo es la cantidad de vueltas que gira la pieza por unidad de tiempo, es decir, revoluciones por minuto (RPM). Las RPM dependen de la velocidad de corte y el diámetro de la pieza:

$$RPM = \frac{12xVc(pies/min)}{\pi x D}$$

$$RPM = \frac{1000xVc(m/min)}{\pi x D}$$

RPM = Revoluciones por minuto

π = Número Pi (3,1416)

D = Diámetro de la pieza

Vc = Velocidad de corte

5.2.3 Velocidad de avance

La velocidad de avance en el torno se define como la distancia que avanza la herramienta de corte a lo largo de la pieza de trabajo por cada revolución del husillo y se expresa en pulgada/min o mm/min. (Hernández, 2010)

$$Va(\text{pulg}/\text{min}) = f_{\text{pulg}} \times \text{RPM}$$

$$Va(\text{mm}/\text{min}) = f_{\text{mm}} \times \text{RPM}$$

Va = Velocidad de avance

f = Avance

RPM = Revoluciones por minuto

En ocasiones para la selección de la velocidad de avance en el torno, se disponen tablas recomendadas y determinadas por los productores de metales y fabricantes de herramientas de corte.

Tabla 6. Velocidades de avance en el torno

Material	Avances para materiales con uso de herramientas para alta velocidad			
	Desbastado		Acabado	
	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas	Milímetros
Acero de máquina	0.010 - 0.020	0.25 - 0.50	0.003 - 0.010	0.07 - 0.25
Acero de herramientas	0.010 - 0.020	0.25 - 0.50	0.003 - 0.010	0.07 - 0.25
Hierro fundido	0.015 - 0.025	0.40 - 0.065	0.005 - 0.12	0.13 - 0.30
Bronce	0.015 - 0.025	0.40 - 0.65	0.003 - 0.010	0.07 - 0.25
Aluminio	0.015 - 0.030	0.40 - 0.75	0.005 - 0.010	0.13 - 0.25

Fuente: Trabajos de torno

Ejemplo: Si el torno está graduado por un avance de 0.008 pulgadas (0.20 mm), la herramienta de corte avanzará a lo largo de la pieza de trabajo 0.008 pulgadas (0.20 mm) por cada vuelta completa de la pieza.

Siempre que sea posible, sólo se deben hacer dos tipos de corte para dar el diámetro requerido: un corte de desbastado y otro de acabado. Dado que la finalidad del corte de desbastado es remover el material con rapidez y el acabado de superficie no es muy importante, se puede usar un avance basto. El corte de acabado se utiliza para dar el diámetro final requerido y producir un buen acabado de superficie; por lo tanto, se debe utilizar un avance fino. Para maquinado general, se recomiendan un avance de 0.010 a 0.015 pulgadas. (0.25 a 0.38 mm) para desbastar y de 0.003 a 0.005 pulgadas (0.076 a 0.127 mm) para acabado fino. (Ingeniería de Sistemas Educativos)

5.2.4 Profundidad de corte

Es la distancia radial que penetra la herramienta en la pieza de trabajo arrancando una capa de material en forma de viruta, es decir, el espesor de material removido en una pasada. Se representa por la letra t y se expresa en pulgadas o en milímetros. (Ríos, 2006)

$$t = \frac{\Phi_{inicial} - \Phi_{Final}}{n}$$

t = Profundidad de corte

$\Phi_{inicial}$ = Diámetro inicial

Φ_{final} = Diámetro final

n = Número de pasadas

5.2.5 Materiales y parámetros de corte a maquinar según aplicación en mecatrónica

El torno EMCO 220, acorde con sus especificaciones técnicas de diseño y su reconversión del sistema de control basado en control numérico se encuentra acondicionado para mecanizar piezas ajustado al área de mecatrónica, es decir, se encuentra apto para mecanizar materiales blandos como dura-aluminio L, polímeros como el nylon y aceros blandos como un AISI SAE 1020.

Tabla 7. Materiales a maquinar en el Torno EMCO 220

MATERIAL	CARACTERISTICAS	VALOR	UNIDAD
Acero AISI SAE 1020	Diámetro de mecanizado (Dm)	88	mm
	Avance por revolución (Fn)	0,625	mm/rev
	Profundidad de corte (ap)	1,2	mm
	Dureza Brinell	143	HB
Dura-aluminio L-2120	Diámetro de mecanizado (Dm)	88	mm
	Avance por revolución (Fn)	1,6	mm/rev
	Profundidad de corte (ap)	3	mm
	Dureza Brinell	85 - 90	HB
Polímero Nylon	Diámetro de mecanizado (Dm)	88	mm
	Avance por revolución (Fn)	1,6	mm/rev
	Profundidad de corte (ap)	5	mm
	Dureza Shore (DIN 53505)	D75	-

Fuente: Documento reconversión del sistema de control de un torno basado en control numérico

NOTA: Se restringe el uso de los siguientes materiales a mecanizar, debido a su alto poder abrasivo y al ser materiales que no están relacionados con el área de mecatrónica y mecánica experimental:

- Maderas naturales y laminadas.
- Cerámicos.

5.3 SUB-SISTEMA DE SOPORTE Y POSICIONAMIENTO

En este sub-sistema los elementos que lo componen tienen la función principal de generar los recorridos de la herramienta que se originan por la acción única o combinada de los desplazamientos de cada uno de sus ejes.

5.3.1 Estructura o Chasis

Es la encargada de soportar y contener el resto de los componentes que hacen parte del ensamble del torno en su totalidad. Está conformado por el bastidor (Base) y la bancada (Cuerpo) de la máquina con un recubrimiento de pintura en poliuretano.

5.3.2 Bastidor de la máquina

El bastidor de la máquina es una construcción de acero soldado con bandeja recoge virutas, dispositivo recogedor de piezas mecanizadas y dispositivo de refrigerante integrados.

Ilustración 11. Bandeja recoge virutas



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.3.3 Bancada de la máquina

La bancada de la máquina está fabricada de fundición gris de manera modular, es altamente resistente a torsiones, absorbe vibraciones y tiene guías de carros templadas. Sobre la bancada van montados el cabezal del husillo, la unidad del carro y el contrapunto.

La bancada de máquina esta atornillada en el apoyo de tres puntos con el bastidor de la máquina, con lo que no hay posibilidad de deformación por tensado y por lo tanto no perjudica la exactitud.

Ilustración 12. Bancada revestida en fundición gris



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.3.4 Guías lineales de desplazamiento

Los carros longitudinales y transversales se deslizan por guías tipo cola de milano rectificadas de alta precisión. Las relaciones de guía están diseñadas óptimamente y la holgura se puede ajustar por medio de regletas de cuña cónicas.

Ilustración 13. Guías lineales de desplazamiento



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.3.5 Amarre y sujeción de la pieza

El sistema empleado para el amarre y sujeción de las piezas para el mecanizado en el Torno EMCO 220, consiste en un cilindro de sujeción hueco con tirante tubular y dispositivo de barras de sujeción según normal 28 DIN 6343, diámetro de material de barras (3-22 mm) y accionamiento electro-neumáticamente.

Ilustración 14. Cilindro hueco



Fuente: Direct Industry

El cilindro de sujeción hueco está abridado sobre la polea de correa del husillo principal y está alineado finamente. Los medios de sujeción se maniobran por medio de tubos de tracción (para pinzas o plato del torno).

Ilustración 15. Pinzas de sujeción para la pieza



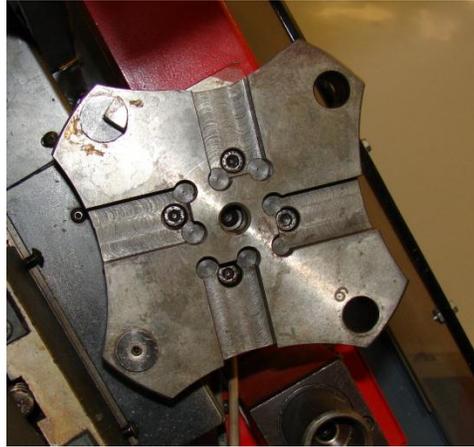
REF.	d	D	D1	L	a	CAP. Ø	CAP. EXA.	CAP. CUADRO
140E	22	30	21	55	15	1'5 a 18	4 a 15	4 a 10
148E	28	38	28	70	15	1'5 a 24	4 a 20	4 a 16
161E	32	45	34	75	15	1 a 26	4 a 22	4 a 18
163E	35	48	38	80	15	1 a 30	4 a 27	4 a 22
240F	40	56,5	41	101	15	4 a 35	6 a 28	4 a 22
173E	48	60	50	94	15	4 a 42	4 a 36	4 a 30
185E	66	84	73	110	15	10 a 60	10 a 52	10 a 30

Fuente: Rohmiberica

5.3.6 Amarre y sujeción de la herramienta

El torno posee un portaherramientas compuesto de un elemento principal conocido como torreta tipo revolver el cual permite sujetar las herramientas de corte. Este elemento es de 8 posiciones, es de decir, que permite sujetar, cambiar y trabajar con 8 diferentes tipos de herramientas de corte sin necesidad de montar y desmontar una por otra.

Ilustración 16. Sistema de amarre y sujeción torreta tipo revolver



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

El movimiento de la torreta tipo revolver se da porque se encuentra instalado un motor DC MAXON referencia 2332-968-21-216-200 encargado de transmitir el movimiento al realizar el cambio de la herramienta.

Ilustración 17. Motor DC MAXON



Fuente: Maxonmotor

Los sistemas de transmisión son los encargados de realizar los movimientos en los ejes a partir del giro generado por el motor.

5.3.7 Husillo de bolas

Los husillos de bolas que se encuentran instalados en el torno, funcionan por el principio de recirculación de bolas, es decir, la bola realiza un movimiento basculante (pieza que se mueve respecto de un eje) entre el eje del husillo y la tuerca. Cuando el grupo motor gira, su rotación se transmite al tornillo sinfín y el cuerpo del acoplamiento se traslada longitudinalmente a través de este, permitiendo desplazar los carros en los respectivos ejes X y Z.

Ilustración 18. Husillo de bolas Torno EMCO 220



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Las transmisiones deben producir movimientos regulares, estables y ser capaces de reaccionar rápidamente en las aceleraciones y desaceleraciones. (Cruz, 2007)

5.3.8 Motor del husillo (Spindle motor)

El motor del husillo principal, es un motor tipo jaula de ardilla marca Siemens de movimiento rotacional con velocidad variable debido a las especificaciones requeridas a la hora del mecanizado de piezas. También puede girar controladamente en ambos sentidos soportando altos esfuerzos generados por las fuerzas de corte o por los desplazamientos a alta velocidad.

Tabla 8. Especificaciones técnicas motor del husillo (Spindle motor)

MARCA	POTENCIA (HP)	FRECUENCIA (Hz)	RPM (Rev/Min)	PESO (Kg)	TAMAÑO CONSTRUCTIVO	EFICIENCIA (n)
SIEMENS	5.0	60	3480	28	112	71.1
VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	FACTOR DE PROTECCIÓN	TEMP. OPERACIÓN (°C)	NORMA DE CONSTRUCCIÓN	FACTOR DE POTENCIA	Tn/Ta (Nm)
220/440	16/8.0	IP55	-15/40	IEC 34	0.86	10.2/20.5

Fuente: Elaboración propia

5.3.9 Motor del portaherramientas

Este un actuador el cual permite el movimiento rotatorio de la torreta tipo revolver para el cambio de la herramienta de corte. Un encoder de acuerdo a su configuración interna por medio de una luneta, permite controlar el movimiento de giro en sentido anti horario estableciendo las diferentes posiciones para la cual la torreta está diseñada. El torno EMCO posee instalado en el portaherramientas un motor DC marca MAXON con las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 9. Especificaciones técnicas motor portaherramientas

MODELO	Maxon DC 2332.968-12.216-200	
TENSIÓN NOMINAL	24.0	V
VELOCIDAD EN VACÍO	5750	rpm
CORRIENTE EN VACÍO	26.3	mA
VELOCIDAD NOMINAL	4280	rpm
PAR NOMINAL (MÁX. PAR PERMANENTE)	29.1	mNm
CORRIENTE NOMINAL (MÁX. CORRIENTE EN CONTINUO)	0.763	A
PAR DE ARRANQUE	119	mNm
CORRIENTE DE ARRANQUE	3.02	A
MÁX. RENDIMIENTO	82	%

MODELO	Maxon DC 2332.968-12.216-200	
RESISTENCIA EN BORNES	7.94	fi
INDUCTANCIA EN BORNES	1.54	mH
CONSTANTE DE PAR	39.3	mNm / A
CONSTANTE DE VELOCIDAD	243	rpm / V
RELACIÓN VELOCIDAD / PAR	49.0	rpm / mNm
CONSTANTE DE TIEMPO MECÁNICA	14.3	ms
INERCIA DEL ROTOR	27.8	gcm ²

Fuente: Maxonmotor

5.3.10 Servomotores

Estos son utilizados para realizar el movimiento en cada uno de sus ejes y son adecuados para este tipo de movimiento debido a su alta potencia y alto par conseguido a bajas revoluciones, esto permite trabajar a pocas revoluciones con grandes cargas de trabajo. Un encoder es el encargado de controlar las revoluciones exactas y también es el encargado de frenar en el punto exacto que ordena el control al motor. Se encuentran instalados servomotores marca sure-servo con las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 10. Especificaciones técnicas servomotores

MODELO		SVL-204 (EJES X,Z)
INERCIA		BAJA
POTENCIA		400 W
MÁXIMA VELOCIDAD	RPM	4500
VELOCIDAD NOMINAL	RPM	3000
TORQUE NOMINAL	lb-in	11.2

MODELO		SVL-204 (EJES X,Z)
	Nm	1.27
MÁXIMO TORQUE	lb-in	33.8
	Nm	3.82
DIÁMETRO EJE	in	0.551
	mm	14
TAMAÑO DEL EJE	in	1.063
	mm	27
CARGA RADIAL	lb	44
MÁXIMA EN EJE	N	196
CARGA AXIAL	lb	15
MÁXIMA EN EJE	N	68.6
TAMAÑO	in	48.976
	mm	124.4
PESO	lb	2.87
	kg	1.3
MÁX. TEMPERATURA DE OPERACIÓN		110°C
VIBRACIÓN		2.5 G / 5.0 G
IP		IP65 (cuerpo del motor)

Fuente: Sureservo

5.4 SUB-SISTEMA NEUMÁTICO

Este sub-sistema es el encargado de poner en funcionamiento diferentes mecanismos accionados neumáticamente por medio de un elemento que es el aire. La fuente de alimentación de aire con el que opera el torno EMCO 220, es proporcionado por la red de aire que se encuentra instalada para todo el centro de laboratorios dentro del cual está ubicado el laboratorio de mecatrónica con una presión de trabajo de 6 Bares.

5.4.1 Unidad de mantenimiento

Es el dispositivo principal de control con el que trabaja el sub-sistema neumático. Se compone de un regulador de presión que incorpora manómetro, filtro de aire comprimido para extraer las impurezas y el agua condensada y un lubricador de aire comprimido para lubricar los elementos. Se encuentra instalada la unidad de mantenimiento marca micro con las siguientes características técnicas:

Tabla 11. Especificaciones técnicas unidad de mantenimiento

TIPO	Unidades FR + L	
MODELO	Serie QBS1	
POSICIÓN DE TRABAJO	VERTICAL CON LOS VASOS ABAJO	
TEMPERATURAS	60 Máx.	°C
	150 Máx.	°F
PODER FILTRANTE	Estándar 40	μ
PRESIÓN DE TRABAJO	0 - 10	BAR
	0 -150	PSI
DRENAJE CONDENSADOS	MANUAL	
CONEXIÓN	G 1/8	in
CAPACIDAD DE CONDENSADOS	25	cm ³
	0,85	oz
CAPACIDAD DE ACEITE	38	cm ³
	1,3	oz
ACEITE RECOMENDADO	ISO VG 32	
	SAE 10	
MANÓMETRO	Ø 40	mm
	1/8	in
MOVIMIENTO	31-oct	NI/min

Fuente: Micro Automación

Ilustración 19. Unidad de mantenimiento



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Cuenta además con otros 2 manómetros de medición de 0-10 bares.

Ilustración 20. Manómetros de medición de presión



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Por otra parte, tiene instalado un regulador de presión marca Bosch con las siguientes características técnicas:

Tabla 12. Especificaciones técnicas regulador de presión

TIPO	Válvula reguladora de presión	
MODELO	Serie NL2-RGS	
NUMERO	821302401	
PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO	0,5 - 10	BAR
FLUIDO	AIRE COMPROMIDO	
TEMPERATURA DEL MEDIO	-10/+60	°C
TEMPERATURA AMBIENTE	-10/+60	°C
CONEXIÓN DE AIRE COMPRIMIDO SALIDA	G 1/4	
VALOR DE CAUDAL	100	l/min
ALIMENTACIÓN DE PRESIÓN	SIMPLE	
TIPO DE REGULADOR	VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN DE MEMBRANA BLOQUEABLE	
TAMAÑO DE PARTICULAS	5	µm

Fuente: Boschrexroth

Ilustración 21. Regulador de presión Bosch



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Finalmente, para permitir la conducción y transporte del aire se observan instaladas tuberías de poliuretano de 4x2,5mm de color azul.

Ilustración 22. Tubería en poliuretano para conducción del aire



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.4.2 Electroválvulas

Son las encargadas de acuerdo a su posición de accionamiento, permitir el paso de aire por los respectivos conductos de transporte del mismo. Se encuentran instaladas 5 electroválvulas marca Bosch 3/2 (3 vías, 2 posiciones) con retorno por resorte con las siguientes características técnicas:

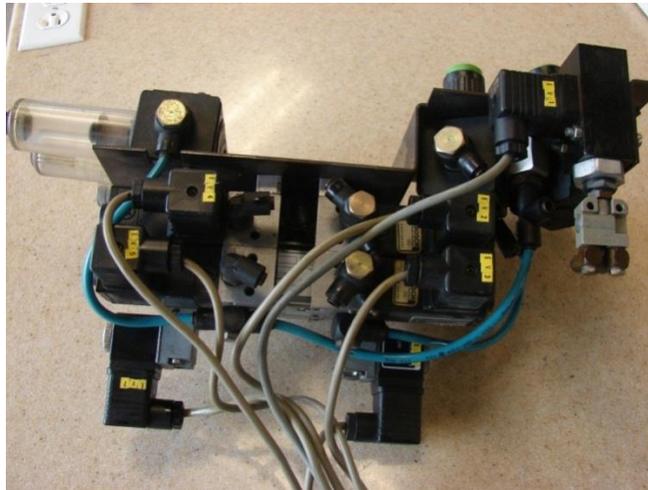
Tabla 13. Especificaciones técnicas electroválvulas

TIPO			Válvula distribuidora 3/2		
MODELO			Serie DO35		
NUMERO			820005151		
VALOR DE CAUDAL	100	l/min	TEMPERATURA DEL MEDIO	-10/+50	°C
CONEXIÓN	TUBO		FLUIDO	AIRE COMPRIMIDO	
CONEXIÓN DE AIRE COMPRIMIDO SALIDA	G 1/8		TAMAÑO DE PARTICULAS	5	µm

TIPO			Válvula distribuidora 3/2	
MODELO			Serie DO35	
NUMERO			820005151	
NORMA	ISO 4400		CONTENIDO DE ACEITE DEL AIRE COMPRIMODO	0 - 5 mg/m ³
PRINCIPIO DE OBTURACIÓN	HERMETIZANTE SUAVE		TIPO DE PROTECCIÓN CONECTOR ELÉCTRICO/ENCHUFE	IP65
PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO	0 - 10	BAR	TORNILLO DE FIJACIÓN	M5
TEMPERATURA AMBIENTE	-10/+50	°C	MATERIAL JUNTAS	CAUCHO FLUORADO

Fuente: Boschrexroth

Ilustración 23. Electroválvulas Bosch 3/2



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Las electroválvulas, operan en conjunto con las bobinas que se encuentran instaladas de marca Bosch con las siguientes características técnicas:

Tabla 14. Especificaciones técnicas bobinas

TIPO	Bobina	
MODELO	Serie CO1	
NUMERO	1824210223	
TENSIÓN DE SERVICIO	24	V
ANCHO DE BOBINA	30	mm
NORMA CONEXIÓN ELÉCTRICA	EN 175301-803, FORMA A	
CONEXIONES ELÉCTRICAS	ENCHUFE	
TEMPERATURA AMBIENTE	--/+50	°C
TIPO DE PROTECCIÓN CONECTOR ELÉCTRICO/ENCHUFE	IP65	
MATERIAL CARCASA	ELASTÓMERO TERMOPLÁSTICO	

Fuente: Boschrexroth

Ilustración 24. Bobinas Bosch



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.4.3 Mecanismo recoge piezas

Es el encargado de la recepción de las piezas maquinadas al actuar un pistón neumático que permite desplegar y retraer la bandeja colectora. Para este mecanismo, están montadas dos válvulas de 3/2 vías como se describió anteriormente.

Ilustración 25. Actuador neumático



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

El mecanismo para la recepción y almacenamiento de piezas está diseñado para permitir recoger piezas con diámetros entre 3 a 22 mm y longitudes máximas de 140 mm.

Ilustración 26. Mecanismo recoge piezas



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.4.4 Mecanismo sujeción de piezas

Es el encargado de sujetar firmemente la pieza a maquinar al actuar las pinzas de sujeción accionadas electro-neumáticamente. El mecanismo de operación que se encuentra instalado se compone de válvulas 3/2 vías ya descritas anteriormente y un cilindro neumático marca ROHM con las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 15. Especificaciones técnicas cilindro neumático

TIPO	Cilindro neumático	
MODELO	LHS 565-09-026	
NUMERO	414201	
MÁXIMA PRESIÓN DE SERVICIO	8	BAR
MÁXIMA VELOCIDAD	8000	min ⁻¹
DIÁMETRO DEL PISTÓN	119	
DIÁMETRO DEL EJE	55/35	
CARRERA DEL PISTÓN	10	

Fuente: ROHM

Ilustración 27. Cilindro neumático ROHM

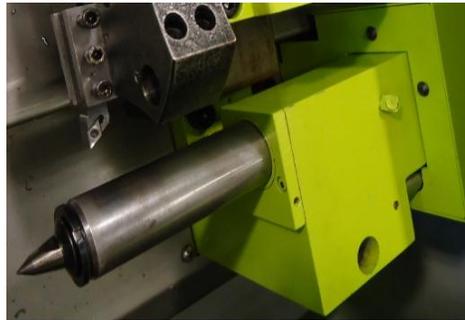


Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.4.5 Contrapunto

Este es el encargado de complementar la sujeción de la pieza que se mecaniza como otro apoyo para buen aseguramiento de la misma. Consiste en una pinola terminada en punta de diámetro de 35 mm, recorrido de desplazamiento paralelamente al eje Z de 120 mm, punto giratorio integrado y puede ejercer una fuerza de apriete aproximadamente entre 0 a 2500 N.

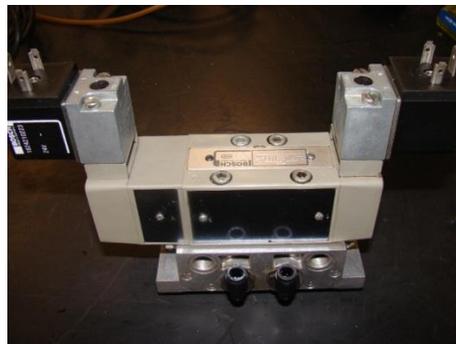
Ilustración 28. Contrapunto



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

El contrapunto es accionado electro-neumáticamente a través de un actuador neumático con su respectivo sistema estandarizado de electroválvula 5/3 vías marca Bosch.

Ilustración 29. Sistema de electroválvula contrapunto



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

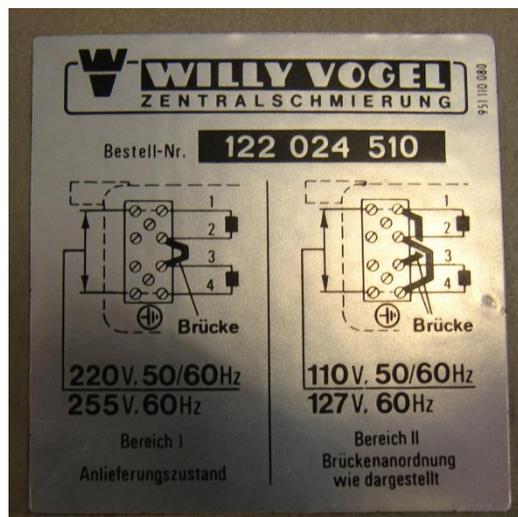
5.5 SUB-SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Este sub-sistema tiene la función de mantener lubricado el carro transversal y el carro longitudinal, es decir, los desplazamientos en los respectivos ejes X y Z, manejando aceites según norma ISO VG68 o su equivalente en otras normas.

5.5.1 Motobomba de lubricación

Esta es la encargada de mantener lubricadas las guías en forma tipo cola de milano de los carros transversal y evitando posible atascamiento de los mismos por falta de lubricante. Consta de una motobomba de lubricación centralizada marca Willy Vogel la cual se pone en servicio durante 8 segundos después de 20 m de recorrido del carro con los siguientes datos que se muestran a continuación:

Ilustración 30. Configuración bomba lubricación centralizada



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Ilustración 31. Bomba de lubricación centralizada

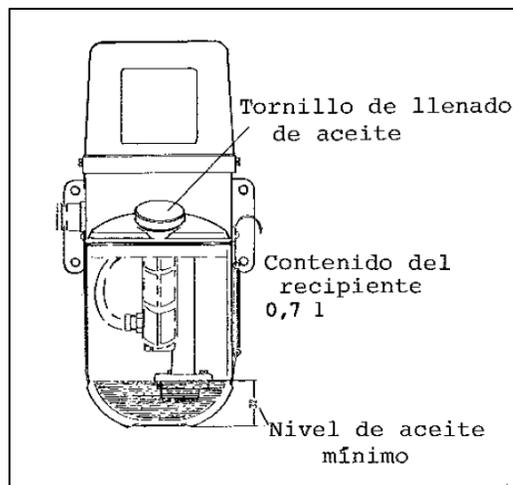


Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.5.2 Recipiente de almacenamiento fluido hidráulico

Es un recipiente pequeño para contener y almacenar el fluido hidráulico para mantener las guías lubricadas. La capacidad de almacenamiento es para unos 0.7 litros de fluido hidráulico.

Ilustración 32. Recipiente de almacenamiento fluido hidráulico



Fuente: Manual modo de empleo EMCOTURN

5.5.3 Filtro aceite

Este se encarga de impedir el paso de partículas contaminantes hacia las guías que son lubricadas y evitar atrancamiento de los carros de desplazamiento en los ejes X y Z. Se debe revisar regularmente con el fin de chequear que no se obstruya completamente y permitir la cantidad de lubricante adecuada para las guías.

Ilustración 33. Filtro de aceite



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.6 SUB-SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Este sub-sistema es el encargado de obtener óptimas condiciones de temperatura para el maquinado, conservando la vida útil de las herramientas de corte (Buriles) y obtener buena calidad en el mecanizado durante el proceso de torneado.

5.6.1 Motobomba de refrigeración

Esta es la encargada de proporcionar la refrigeración del fluido refrigerante llamado taladrina en el proceso de torneado. Consta de una motobomba de recirculación marca Siemens con las siguientes características:

Tabla 16. Características principales motobomba Siemens

MARCA	MODELO	POTENCIA (Kw)	NORMA	VOLTAJE (V)	AMPERAJE (A)	FRECUENCIA (Hz)	RPM	FACTOR DE POTENCIA (IP)
SIEMENS	2AB1 122-OXA-Z	0.045/ 0.06	VDE 0530	220	0.52	60	2800	44

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 34. Motobomba del sub-sistema de refrigeración



Fuente: Laboratorio Mecatrónica Universidad EAFIT

5.6.2 Recipiente de almacenamiento fluido de refrigeración

Es un recipiente de almacenamiento en forma rectangular para contener el fluido refrigerante que en este caso es la taladrina. Su fabricación es original de la máquina y con capacidad aproximada para 85 litros.

Ilustración 35. Recipiente de almacenamiento fluido refrigeración



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Este recipiente tiene diseñado unos compartimientos donde se filtra las partículas contaminantes del líquido refrigerante por acción de la gravedad y se esta manera re-circula el fluido refrigerante de forma limpia.

Además de la motobomba y el recipiente de almacenamiento, el sub-sistema de refrigeración cuenta con mangueras y sus respectivas conexiones que transportan el refrigerante (taladrina) hasta la pieza a maquinar.

Ilustración 36. Mangueras para el fluido de refrigeración



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.7 SUB-SISTEMA DE SEGURIDAD

Este sub-sistema proporciona seguridad en la interacción operario-máquina. Se encuentran instalados diferentes elementos de guardas de seguridad que evitan accidentes en el uso del equipo como: sensores, botones de paro de emergencia, puertas de seguridad, entre otros.

5.7.1 Sensores home, de final de carrera y apertura de puerta

Los sensores home que se encuentran son de tipo inductivo de 24 VDC instalados en cada uno de los dos ejes de movimiento del torno X y Z. Cumplen con funciones que proporcionan información de posicionamiento en el punto 0 inicial de referencia para el maquinado con el fin de evitar choques entre la herramienta y el mecanismo de sujeción de la pieza.

Por otra parte también se encuentran instalados los sensores de fin de carrera igualmente inductivos que proporcionan información respecto al tope límite hasta dónde puede llegar el desplazamiento y evitar choque entre el sistema de sujeción y amarre de la pieza con el desplazamiento del carro portátil de la herramienta de corte.

Ilustración 37. Ubicación de sensores inductivos eje X



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Los sensores inductivos que se encuentran instalados haciendo parte del sistema de seguridad de operación de la máquina, proceso de mecanizado y del usuario, son marca Visolux-Elektronik referencia FT2 2023/11KL.

Ilustración 38. Sensor inductivo para home y final de carrera



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

El sensor de seguridad de puerta que se encuentra instalado, es un microsuiche de 2 posiciones on/off que muestra señal si la puerta se encuentra abierta o cerrada.

Ilustración 39. Sensor de apertura de puerta

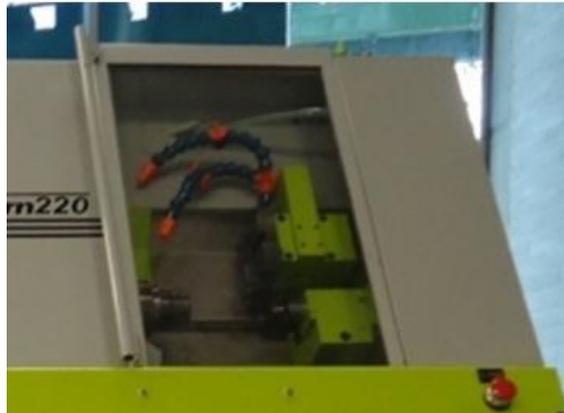


Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.7.2 Puerta

Este elemento junto con el sensor de puerta, son los encargados de impedir el contacto físico de la pieza y herramienta durante el proceso de maquinado, además evita causar algún accidente o lesión por el contacto de pequeñas particular del material a maquinar conocido como desprendimiento de viruta durante el proceso de mecanizado. Su mecanismo de cierre y apertura se basa en un sistema de rieles operado manualmente.

Ilustración 40. Puerta principal



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

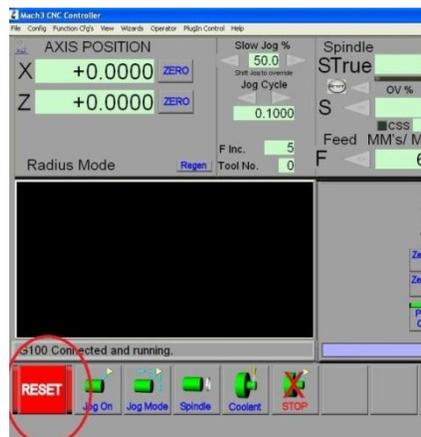
5.8 SUB-SISTEMA DE CONTROL

Este es el encargado de enviar señales a los actuadores instalados en la máquina como motores y servomotores que generen el movimiento en los 2 ejes (X, Z), en el motor del husillo principal y el motor del portaherramientas por medio del software Mach 3.

5.8.1 Software

El control por pc del torno, se realiza mediante el software Mach3 el cual nos permite hacer el control de varios ejes, control del husillo, visualización de estados de entradas o salidas (análogas y/o digitales) del torno EMCO. Por otra parte este software posee una interfaz de libre configuración al usuario, que nos permite agregar elementos que deseemos y podemos desechar los que no son de utilidad con el fin de lograr la comunicación y establecer el movimiento con los servomotores y motores a través de este.

Ilustración 41. Software Mach3



Fuente: Artsoft Mach3

Es importante hacer énfasis en los costos que genera para mantenimiento a nivel industrial, la actualización y la compra de licencias para el software de control CNC ya que estos con el paso del tiempo se tornan obsoletos o requieren actualizaciones que generan sobrecostos que se deben tener en cuenta desde el mismo momento de la adquisición de la máquina.

Por otra parte este software posee una ventajas como: (Castaño, y otros, 2011)

1. Visualización de líneas de código.
2. Visualización de posición de cada eje.
3. Visualización de en 3D de la pieza a mecanizar.
4. Carga, edición y cerrado de códigos.
5. Control y manipulación de cada uno de los ejes y husillo principal.
6. Visualización de estado de periféricos.
7. Control de rampas de aceleración de cada motor (respectivo eje) y husillo principal.
8. Paro de emergencia por software.
9. Lectura y toma de decisiones por sensores.
10. Medición de tiempo de trabajo de máquina en cada proceso de mecanizado.
11. Activación y control de periféricos desde software.
12. Diagnósticos de procesos.
13. Información de herramienta.

5.8.2 Tarjeta de control G REX 100

La tarjeta de control G REX 100 es un controlador de 6 ejes de movimiento. Utiliza USB o Ethernet como medio de la comunicación con un PC para ejecutar acciones de control de movimiento, comandos de E/S de los y utiliza el método de Pulso/Dirección para el control de motores de paso y servomotores.

La tarjeta G REX 100 cuenta también con 22 entradas de uso general, 16 salidas de propósito general, 4 entradas digitales a analógicas y 4 salidas analógicas a digitales. Cada entrada digital y cada salida tienen un LED indicador.

La tarjeta G100 utiliza un método único de control de movimiento basado en FUGA el cual produce el paso de impulsos proporcional a las frecuencias con una resolución de 16 bits. Esto tiene como resultado un rango de frecuencias de 32767 y 32767 CW uniformemente espaciadas para pulso y dirección. (Ruiz, 2011)

Ilustración 42. Tarjeta de control de 6 ejes GREX-100

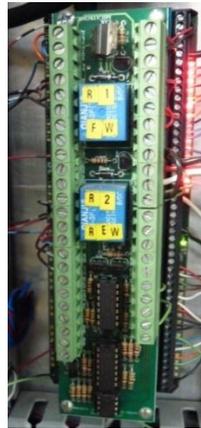


Fuente: Geckodrive

5.8.3 Tarjeta Interface GREX-DRIVERS

Como se mencionó anteriormente, la tarjeta de control principal GREX-100 permite la salida o el envío de datos hacia los controladores de los motores en modo de pulso y dirección. Para el caso de los controladores sure-servo SVA-204, este requerimiento conlleva una restricción en la velocidad de operación, por tal motivo se debió diseñar la tarjeta de interface, para garantizar una velocidad de operación de los motores hasta 3000RPM.

Ilustración 43. Tarjeta de Interface



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

5.8.4 Tarjeta de control G 340

La tarjeta G340, es un dispositivo que permite controlar motores de corriente directa con el uso de un encoder o tacómetro para la retroalimentación del movimiento controlado aplicado para el motor DC Maxon del portaherramientas. (Ruiz, 2011)

Ilustración 44. Tarjeta de control motor portaherramientas



Fuente: Geckodrive

5.8.5 Controladores (Drivers)

Se conocen normalmente como controlador de dispositivo llamado normalmente controlador o driver. Estos son un programa informático que permite al sistema operativo interactuar con un periférico (comunicar) haciendo una abstracción del hardware y proporcionando una interfaz para usarlo. (Wikipedia)

5.8.5.1 Controladores de los servomotores

El torno EMCO tiene instalados controladores (drivers) marca sureservo referencia SVA-2040 para los servomotores que controlan el movimiento en los ejes X y Z mencionados ya anteriormente.

Ilustración 45. Controladores sureservo servomotores



Fuente: Sureservo

5.8.5.2 Controlador del motor del husillo (Spindle motor driver)

A diferencia de los driver que se tienen instalados para la comunicación con los servomotores para el movimiento en los ejes X y Z, el motor del husillo principal tiene instalado un driver marca Mitsubishi referencia FR-D720.

Ilustración 46. Controlador Mitsubishi motor del eje



Fuente: Mitsubishi

5.9 SUB-SISTEMA ELECTRICO

La fuente principal con la que se alimenta la máquina, es una fuente trifásica a 220 voltios. Ésta, a través de los diferentes elementos electrónicos y de control que tiene instalados como: relés térmicos, contactores, fusibles de protección, suiches, bobinas, breakers, controladores, tarjetas, filtros, entre otros, permiten transformar y distribuir la respectiva carga con la que se alimentan y operan los elementos mencionados anteriormente.

5.9.1 Conexión principal

La conexión se realiza al conectar la alimentación de potencia de la máquina a una fuente eléctrica a 220 VAC con el conector trifásico. El conector solo tiene una forma de adaptarse al toma de la fuente de alimentación, debido a que posee una muesca de seguridad.

Ilustración 47. Conector principal



Fuente: Aseguramiento torno EMCO 220

5.10 VARIABLES METROLOGICAS A CONTROLAR POR SUB-SISTEMAS

Para llevar un control del funcionamiento y comportamiento del torno EMCO es fundamental e importante realizar mediciones en los componentes principales de cada sub-sistema, obteniendo un registro de datos históricos que se convierten en información patrón y comparable para tomar decisiones en cuanto a rutinas de mantenimiento, procedimientos, periodos, entre otros.

Es importante tener en cuenta la importancia de la relación de las palabras variable-medición ya que estas de estas se establecen los rangos permitidos de operación de lo que se desea controlar para obtener un correcto funcionamiento de la máquina. En casos en los que no se tiene esta información se puede establecer una comparación buscando máquinas similares de otras marcas para saber en qué estado de operación se encuentra la propia y realizar ajustes necesarios que puedan mejorar al funcionamiento de la misma. A continuación se muestra las variables metrológicas para el torno EMCO 220:

Tabla 17. Variables metrológicas sub-sistema soporte y posicionamiento

SUB-SISTEMA	ELEMENTO	VARIABLE	UNIDAD	RANGO OPERACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
SOPORTE Y POSICIONAMIENTO	Servomotores	Amperaje	A	Ejes X y Z 3,3 - 9,3 Máx.	Voltímetro
		Velocidad Máxima	RPM	Ejes X y Z 0 - 5000 Máx.	Tacómetro
	Motor del husillo	Voltaje	V	210 - 230	Voltímetro
		Velocidad Máxima	RPM	0 - 3480	Tacómetro
	Centro del husillo	Desplazamiento	mm	Eje X 0 - 75 Eje Z 0 - 131	Flexómetro
	Chasis	Nivelación	mm/m	0,04	Nivel de precisión

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Variables metrológicas sub-sistema neumático

NEUMÁTICO	Unidad de mantenimiento	Presión	Bar	4,5 - 10 Máx.	Presostato
		Volumen	Litros	0,038 Máx.	Recipiente graduado con escala de volumen
	Electroválvulas neumáticas	Presión de trabajo	Bar	6 Estándar	Presostato
		Voltaje	V	24	Voltímetro
	Contrapunto	Desplazamiento	mm	120 Máx.	Flexómetro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Variables metrológicas sub-sistema lubricación

SUB-SISTEMA	ELEMENTO	VARIABLE	UNIDAD	RANGO OPERACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
LUBRICACIÓN	Bomba centralizada	Voltaje	V	215 - 225	Voltímetro
	Tanque almacenamiento aceite	Volumen	Litros	0,036 - 0,7 Máx.	Recipiente graduado con escala de volumen

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Variables metrológicas sub-sistema refrigeración

SUB-SISTEMA	ELEMENTO	VARIABLE	UNIDAD	RANGO OPERACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
REFRIGERACIÓN	Motobomba	Caudal	LPM	5,5 Máx.	Caudalímetro
		Presión	Bar	0,5 Máx.	Presostato
		Voltaje	V	215 - 225	Voltímetro
		Corriente	A	0,52 Máx.	Voltímetro
	Tanque almacenamiento refrigerante	Volumen	Litros	20 - 85 Máx.	Recipiente graduado con escala de volumen

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Variables metrológicas sub-sistema seguridad

SUB-SISTEMA	ELEMENTO	VARIABLE	UNIDAD	RANGO OPERACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
SEGURIDAD	Sensores	Voltaje	V	N/A	Probador de sensores

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Variables metrológicas sub-sistema de control

SUB-SISTEMA	ELEMENTO	VARIABLE	UNIDAD	RANGO OPERACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
CONTROL	Tarjeta de control Grex 100	Voltaje	V	12/24	Voltímetro
	Tarjeta de interfaz Grex 100	Voltaje	V	24	Voltímetro
	Tarjeta de control G 340	Voltaje	V	24	Voltímetro

Fuente: Elaboración propia

Para el sub-sistema de control, se aplicó un procedimiento de tipo preventivo y predictivo para conocer y controlar el estado de operación de los componentes que lo conforman con respecto a la variable de temperatura a través de un análisis termográfico empleando el siguiente procedimiento:

1. Máquina apagada: Se realizó termografía estando la máquina en frío con el fin de mostrar el estado inicial de todos sus componentes.

Ilustración 48. Prueba termográfica en frío



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

2. Máquina en vacío: Se realizó termografía operando la máquina en vacío, es decir, sin carga durante 10 minutos para que los componentes se calentaran a temperatura normal de trabajo y luego inspeccionar con la cámara termográfica.

Ilustración 49. Prueba termográfica en vacío



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Al observar resultados en las mediciones termográficas, se identificó un sobrecalentamiento anormal en los relés de la tarjeta que controla el sentido de movimiento del motor del husillo (en sentido de las manecillas del reloj CW o en contra de las manecillas del reloj CCW) ya que la temperatura normal de trabajo debe estar aproximadamente en un rango entre los 35°C a 40°C mientras que la medición arrojó como resultado una temperatura aproximadamente entre los 58°C a 60°C como se muestra a continuación:

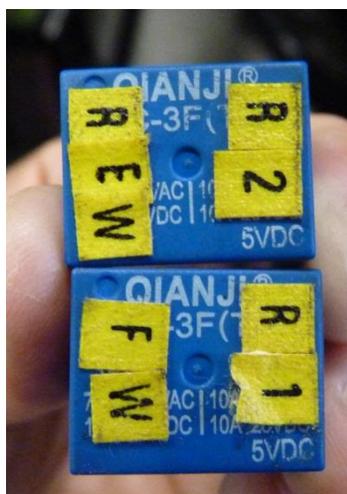
Ilustración 50. Recalentamiento en relés de la tarjeta de control para sentido de giro del husillo.



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Se verificó los relés en sitio encontrando como causa raíz una mala selección de los mismos, ya que estaban operando relés de 5VDC mientras que la tarjeta opera con 12VDC.

Ilustración 51. Relés instalados de 5VDC



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Tabla 23. Variables metrológicas sub-sistema eléctrico

SUB-SISTEMA	ELEMENTO	VARIABLE	UNIDAD	RANGO OPERACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
ELÉCTRICO	Entrada al contactor principal	Voltaje	V	210 - 230	Voltímetro
	Entrada de los drivers de los servomotores	Voltaje	V	210 - 230	Voltímetro
	Fusibles	Continuidad	N/A	N/A	Voltímetro
	Gabinete principal	Temperatura	°C	Ta + 10	Cámara termográfica
	Entrada del variador y de los drivers	Armónicos	THD (Distorsión armónica total)	N/A	Fluke
DF (Factor de distorsión)			N/A		

Fuente: Elaboración propia

Para el sub-sistema eléctrico, se entrevistó a un ingeniero eléctrico el cual recomendó realizar una medición de calidad de energía con un instrumento llamado Fluke para conocer las distorsiones armónicas de la onda. (Agredo, 2012)

6. PROVEEDORES DE MANTENIMIENTO Y RECAMBIOS

Investigando en el mercado local de proveedores de mantenimiento, se encontró que existen muy pocas empresas dedicadas al servicio de mantenimiento de maquinaria CNC. Las pocas empresas que poseen este tipo de máquinas realizan su propio mantenimiento y en la mayoría de los casos deben importar repuestos al exterior. Como consecuencia esto representa un mayor tiempo de parada de la maquina e incrementos en los costos de reparación.

6.1 PROVEEDORES LOCALES SERVICIO DE MANTENIMIENTO

Existen en el país, algunas empresas que ofrecen el servicio de reparación y mantenimiento en representación de marcas extranjeras que importan fresadoras, tornos y centro de maquinado CNC, dentro de las cuales se encuentran:

- Exportamerica de Colombia S.A, empresa colombiana que comercializa repuestos que se pueden adaptar y acoplar para el Torno EMCO 220. Ampliando su portafolio y carta de servicio, ofrecen portaherramientas para torreta de cambio rápido, torre de cambio rápido de 4 caras y 8 posiciones, garras duras y blandas para plato hidráulico, central hidráulica, extractor de virutas, entre otros. Su página web es www.exportamericadecolombia.com y están radicados en la ciudad de Bogotá. (Exportamerica de Colombia S.A., 2010)
- La empresa CNC Tools, empresa colombiana que se dedica a la comercialización de herramientas y equipos para industria metalmecánica especializada en CNC. Su portafolio de productos se encuentra dividido en tres grupos:

1. Herramientas Intercambiables: Insertos en metal duro y en carbono de tungsteno para desbaste, acabado, roscado, ranurado, tronzado, cerámicas, entre otros. Brocas y fresas escariadoras en acero rápido y metal duro, punta plana y punta redonda. Portaherramientas exteriores e interiores, barras, sistemas de tronzado, entre otros.
2. Maquinaria y equipo: Centros de mecanizado vertical de CNC, tornos y fresadoras CNC.
3. Otros: Refrigerantes sintéticos e instrumentos de medición.

Esta empresa está localizada en Bogotá, Colombia y su página web es www.cnctoolscolombia.com. (CNC tools, 2008)

- Servi Control Numérico Ltda. Empresa colombiana que se dedica al servicio técnico de mantenimiento preventivo y correctivo a maquinaria de control numérico. También venden maquinaria CNC nueva y usada, repuestos Fanuc, Mitsubishi y otras partes especializadas. Están localizados en Bogotá, Colombia en la Cra 81 # 8 D 14 sus teléfonos son (1)4003327 y Cel. 3156486616 y su página web es www.servicontrolnumerico.com. (Servi-Control Numérico Ltda)

Otros de sus servicios son:

1. Mantenimiento preventivo.
2. Mantenimiento correctivo.
3. Reparación de tarjetas electrónicas o intercambio.
4. Venta de repuestos eléctricos, electrónicos y partes CNC.
5. Programación.
6. Venta de maquinaria CNC nueva y usada
7. Instalación y puesta a punto.

8. Traslado de maquinaria entre: Secciones, dentro y fuera de la ciudad.

El valor de la hora de servicio es: \$ 80.000 + IVA por técnico con un horario de servicio es de 7:00 am - 6:00 pm y para mantenimiento preventivo el valor horario de \$ 70.000 + IVA por técnico.

- Rexcotools, empresa que presta servicio de ventas, suministros y comercialización de todo lo relacionado con maquinaria para fresado y torneado, su campo de acción se basa en maquinaria CNC, venta de software CAD/CAM, tornos, portaherramientas, refrigerantes, brocas, insertos, machos, entre otros. Aunque no es su especialidad, cuentan con un técnico de servicio para mantenimiento de maquinarias CNC cuyo costo por hora de \$80.000 + IVA sin sobrecostos de traslado, alojamiento en hotel, alimentación, transporte, entre otros, como ocurre con otros proveedores ya que cuenta con personal en la ciudad de Medellín y se encuentran ubicados en la Universidad EAFIT dentro del bloque de ingeniería específicamente en el laboratorio de máquinas y herramientas primero piso.

Ilustración 52. Oficinas Rexco Tools Universidad EAFIT



Fuente: Laboratorio máquinas y herramientas Universidad EAFIT

En entrevista realizada con el técnico de servicio Víctor Gómez Rodríguez realizada el miércoles 22 de febrero de 2012, se indagó sobre los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivos ofrecidos por la empresa Rexcotools.

En el momento de la entrevista, el técnico de servicio se encontraba realizando mantenimiento correctivo al torno CNC marca Milltronics ubicado en el taller de Máquinas y Herramientas de la Universidad EAFIT el cual presentaba un ruido extraño en el husillo principal debido al fin de vida útil de sus rodamientos. Estos fueron reemplazados y se aprovechó también para cambiar los rodamientos de la bomba del sistema hidráulico y los o-rings del cilindro hidráulico.

Ilustración 53. Mantenimiento correctivo torno CNC realizado por Rexcotools



Fuente: Laboratorio máquinas y herramientas Universidad EAFIT

Dentro de un mantenimiento preventivo realizado por la empresa Rexcotools se tiene en cuenta los siguientes aspectos: (Gómez, 2012)

- Verificar conexiones, voltajes, contactos, estado físico de cables en general, voltaje de fuentes.
- Verificar con comparadores, la perpendicularidad y paralelismo.

- Verificar las holguras de los tornillos de bolas, además que no presenten sonidos extraños o limalla que indique su desgaste, si es necesario se cambian, una indicación de que estos tornillos se encuentran deteriorados es que la maquina pierde precisión.
- Verificar la tensión de las correas de transmisión, si son varias correas se debe tener la misma tensión para evitar ruidos extraños.
- Revisar la unidad centralizada de lubricación, que el aceite llegue a cada punto de lubricación y que las válvulas no se encuentren taponadas, para este subsistema de lubricación se utiliza un aceite Vactra #2 o su equivalente a ISO 68.
- Recomendar para la unidad hidráulica el cambio de aceite cada 6 meses.
- Realizar actualizaciones de software si el cliente lo requiere.
- Realizar una medición de nivel con niveles de precisión.
- Revisar niveles de aceite y refrigerante.

Para éste tipo de mantenimiento, se tiene un tiempo estimado de aproximadamente 2 días dependiendo de la complejidad del torno y de las condiciones en que se encuentra.

Indagando sobre las partes que más tienden a fallar dentro las maquinas CNC, se encuentran los sensores y servomotores cuya falla más común es debido a el contacto con agua.

Ilustración 54. Torno CNC marca Milltronics



Fuente: Laboratorio máquina y herramientas Universidad EAFIT

- Herratec, es una empresa de la industria metalmecánica que ofrece productos y servicios brindando asesoría técnica especializada en manejo de las herramientas de corte, mantenimiento preventivo y correctivo de máquinas CNC, asesoría especializada en la optimización de los procesos, producción de buriles con pastillas soldadas, entre otros. Por otra parte maneja un amplio portafolio de productos en herramientas de corte, abrasivos, accesorios para máquinas y herramientas, fluidos refrigerantes, instrumentos de medida y verificación, entre otros. Esta empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Medellín en la Carrera 48 No 39-4 PBX: (57 - 4) 262 6969 Fax: 261 00 33 y su página web <http://www.herratec.com.co/>. (Herratec S.A)

6.2 PROVEEDORES LOCALES SOFTWARE CONTROL NUMERICO CNC

Teniendo en cuenta la parte de control numérico y comunicación entre la interfaz pc – usuario, se requiere un software que me permita realizar estas acciones para el manejo, control y operación de la máquina y el proceso de mecanizado que se quiere lograr.

Ante la necesidad de tener varias posibilidades en la consecución de software compatible con la máquina ante una futura desactualización del mismo o vencimiento de licencias y adquisición de la misma por altos costos, se investigó y se encontraron los siguientes software a nivel nacional que puede ofrecer el mercado y que son compatibles con máquinas CNC especialmente el torno EMCO. A continuación se mencionan las empresas y software que estas ofrecen:

Tabla 24. Proveedores software CNC

EMPRESA	SOFTWARE	SISTEMA OPERATIVO	CIUDAD PAIS	DIRECCIÓN	TELEFONO	PÁGINA WEB	DESCRIPCIÓN
Artsoft Ltda.	MACH3	WINDOWS 2000/XP	Barranquilla Colombia	Cr 52 80-118 Ap. 6 Alto Prado	(+57 5) 358 8668	http://www.machsupport.com/	Es un software de control CNC para operar maquinas CNC como tornos y fresadoras y que funciona bajo sistema operativo Windows
EMC ²	EMC2	LINUX	Bogotá Colombia	Calle 116 no.7-15, Int 2 Oficina 402	(+57 1) 658 0900/ (+57 1) 646 1101	http://colombia.emc.com/products/index.htm	Es un software de control CNC de utilización libre para máquinas y herramientas con ambiente en sistema operativo LINUX
Probotix	AXIS	GUI FOR EMC2	Estados unidos	8800-B N. Industrial Rd. Peoria, IL 61615	(309) 691-2643	https://www.probotix.com/index.php?view=home	Es una interfaz de usuario para EMC2 con vista previa interactiva.
Probotix	KCAM	WINDOWS 98	Estados unidos	8800-B N. Industrial Rd. Peoria, IL 61615	(309) 691-2643	https://www.probotix.com/index.php?view=home	Es un software diseñado para funcionar en equipos CNC. Opera programando sus trayectorias usando un editor de código G.
Probotix	TURBO CNC	DOS	Estados unidos	8800-B N. Industrial Rd. Peoria, IL 61615	(309) 691-2643	https://www.probotix.com/index.php?view=home	Es un software de interfaz máquina - usuario para la conducción de las máquinas hasta con 8 ejes de movimiento.

EMPRESA	SOFTWARE	SISTEMA OPERATIVO	CIUDAD PAIS	DIRECCIÓN	TELEFONO	PÁGINA WEB	DESCRIPCIÓN
Probotix	DESKCNC	WINDOWS	Estados unidos	8800-B N. Industrial Rd. Peoria, IL 61615	(309) 691-2643	https://www.probotix.com/index.php?view=home	Es un software bajo sistema operativo Windows que me permite controlar maquinas por control numérico CNC.
Probotix	CNCZEUS	DOS	Estados unidos	8800-B N. Industrial Rd. Peoria, IL 61615	(309) 691-2643	https://www.probotix.com/index.php?view=home	Es un software avanzado basado en controladores de la máquina y a muy bajo costo. Emplea productos básicos basados en X86 hardware.
Probotix	MASTER5	WINDOWS 95/98	Estados unidos	8800-B N. Industrial Rd. Peoria, IL 61615	(309) 691-2643	https://www.probotix.com/index.php?view=home	Es un software bajo sistema operativo Windows compatible con versión 95/98 que me permite controlar maquinas por control numérico CNC.
Probotix	DESKAM	WINDOWS/DOS	Estados unidos	8800-B N. Industrial Rd. Peoria, IL 61615	(309) 691-2643	https://www.probotix.com/index.php?view=home	Es un software diseñado para funcionar en equipos CNC. Opera programando sus trayectorias usando un editor de código G.
Probotix	CNCPRO	DOS	Estados unidos	8800-B N. Industrial Rd. Peoria, IL 61615	(309) 691-2643	https://www.probotix.com/index.php?view=home	Es un software gratuito de código abierto basado en PC y programa de CNC. Se ejecuta bajo sistema operativo DOS y utiliza el puerto paralelo a la interfaz con el hardware de control de la máquina.

Fuente: Elaboración propia

6.3 MANTENIMIENTO ACTUAL APLICADO AL TORNO EMCO 220

Actualmente, el Laboratorio de Mecatrónica cuenta con un plan de actividades de mantenimiento que se realizan de forma periódica al Torno EMCO 220 CNC, además cuenta con unas actividades de control en puntos específicos de la maquina como se muestra a continuación:

Tabla 25. Cronograma mantenimiento preventivo actual Torno EMCO 220

Puntos de Control	ACTIVIDADES A EJECUTAR	CONTROL
1	GUÍAS DE DESLIZAMIENTO: limpiar y lubricar con lubricante tipo 5-56 todas las superficies que tengan contacto con los patines.	Mensual y posterior a cualquier mecanizado
2	PRUEBAS DE MOVIMIENTO: Realizar pruebas de movimiento de cada uno de los ejes del torno (referirse Manual Operativo).	Mensual
3	Revisión de estado de banda de motor HUSILLO	Mensual
4	LUBRICACIÓN: lubricar los diferentes mecanismos de cada uno de los ejes.	Quincenal

Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

6.4 REPARACIONES MÁS FRECUENTES EN TORNOS CNC

Los diferentes proveedores de mantenimiento, son de mucha importancia a la hora de suplir necesidades en diferentes tareas del mantenimiento, ya sea en un mantenimiento correctivo (después de la falla) o un mantenimiento preventivo (antes de la falla), ofreciendo a su vez un alto portafolio de servicios técnicos.

Dentro de las máquinas-herramienta específicamente en tornos CNC, en consultas con expertos e investigaciones sobre fallas o averías más frecuentes en la parte mecánica de un torno CNC, se concluye que a las partes y mecanismos que más se les realiza reparación se listan a continuación: (Reparacio de Maquine Joal)

1. Cambio de rodamientos en los cabezales.
2. Sustitución de los rodamientos del motor cabezal.
3. Geometría y alineamiento de los cabezales y torretas.
4. Nivelación.

5. Cambios o reparación de los husillos de bolas y sustitución de los rodamientos, situados en los extremos de los husillos.
6. Sustitución de correas del cabezal.
7. Reajuste de reglas cónicos de los carros.
8. Rectificado y rasqueteado de la bancada, ejes Z y X.
9. Reparación del sistema de giro de las herramientas motorizadas.
10. Cambio de los dosificadores de engrase.

6.4.1 Reparaciones en el torno EMCO 220

Debido al desarrollo del proyecto actual “Elaboración de un plan de mantenimiento para el torno EMCO 220”, al poner a prueba el mecanismo neumático sujeción de piezas a maquinar activado por electroválvula, se detectó que al darle señal dentro del control de software al comando que me permite abrir y cerrar este dispositivo, generaba como consecuencia que el husillo principal quedara frenado debido a que la líneas neumáticas de entrada y salida se mantenían presurizadas.

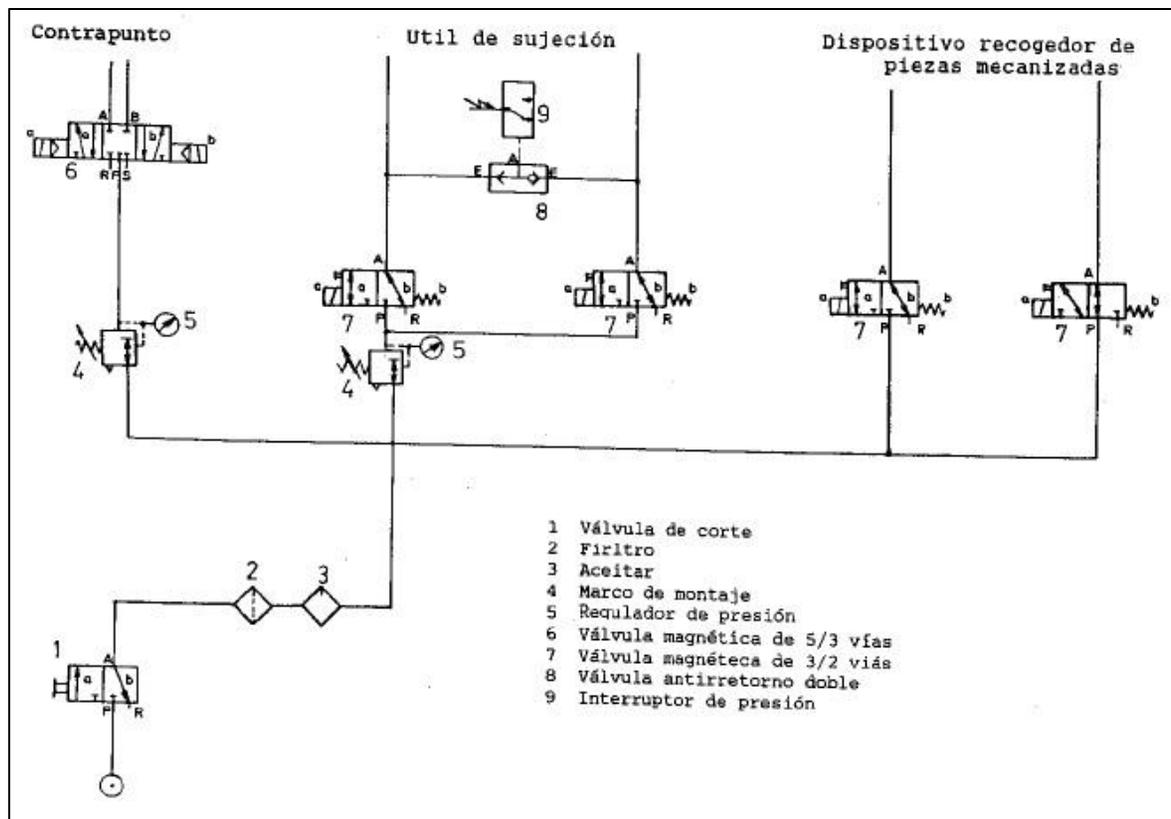
Ilustración 55. Mecanismo neumático sujeción de piezas



Fuente: Laboratorio máquina y herramientas Universidad EAFIT

Como solución al problema, se revisó nuevamente el montaje de las redes neumáticas para los diferentes componentes que lo conforman y al hacer la comparación con los planos neumáticos encontrados dentro del manual físico del torno se pudo observar y dar cuenta que el montaje neumático estaba mal hecho debido a que el contrapunto estaba conectado para ser pilotado por una válvula 3/2 y el mecanismo de sujeción de pieza estaba conectado para ser pilotado por una válvula 5/3 hecho que es totalmente erróneo, dando así, solución al problema de frenado del husillo principal y a la buena operación del contrapunto. (EMCO)

Ilustración 56. Plano neumático del Torno EMCO 220



Fuente: Manual Modo de empleo EMCOTURN

6.5 LUBRICACIÓN ADECUADA PARA EL TORNO EMCO 220

Emplear un buen programa periódico de lubricación para el Torno EMCO 220 es de vital importancia para una alta confiabilidad del equipo, ya que esta tiene un gran impacto en el rendimiento, funcionamiento y ciclo de vida del mismo.

Es esencial que las partes móviles de estas máquinas CNC deban estar correcta y adecuadamente lubricadas teniendo en cuenta propiedades físicas como viscosidad y temperatura, ya que de esto depende la buena operación y la prevención de posibles fallas evitando incrementar costos de reparación, tiempos de inactividad no programados, costos de producción, entre otros.

Para el Torno EMCO 220 se establece un plan de frecuencia de mantenimiento preventivo para la lubricación de partes móviles como: guías lineales, rodamientos, husillos, entre otros. Para estos elementos y mecanismos de desplazamiento, se emplean aceites y grasas recomendadas por fabricantes para la buena operación del equipo.

Tabla 26. Matriz de frecuencia de lubricación Torno EMCO 220

PUNTO DE LUBRICACION	SISTEMA DE LUBRICACION	FRECUENCIA	ACEITE/GRASA RECOMENDADA
Guías de desplazamiento	Manual	Semanal	BP : CS 68 Shell : Tellus 68 Mobil : Vactra #2
Rodamientos del motor	Manual	Semestral	Aero Shell Grease 16 (Grasa basada en aceite sintético)
Refrigerante	Bomba eléctrica	Revisar nivel	Taladrina 1:10
Pivote de puerta	Spray	Semanal	WD 40

Fuente: Elaboración propia

Los lubricantes recomendados por los fabricantes, son aceites de alta calidad con aditivos que poseen buenas características de adhesividad y protección contra la herrumbre (oxidación de cualquier metal), permitiendo ser sometidos a cargas elevadas y fuertes desplazamientos.

Al obtener una óptima combinación de estas propiedades, se busca eliminar operaciones erráticas y vibraciones bajo condiciones de lubricante límite a película delgada, permitiendo una operación suave y uniforme a velocidades muy bajas como ocurre en el torno EMCO 220.

En conclusión, los aceites deben proteger las guías y proveer una buena filtrabilidad, mientras que los agentes adhesivos deben formar películas uniformes que resistan el desplazamiento del lubricante cuando el Torno EMCO 220 no esté operando, previniendo el desgaste y asegurando una mayor vida útil. (Mobil)

Algunos requisitos deseables que el lubricante debe cumplir son las siguientes:

1. Evitar la mala operación por falta de lubricación y vibración de la máquina.
2. Tener alta resistencia a la oxidación.
3. Permitir alta precisión aún con velocidades muy bajas.
4. Ofrecer excelente protección anti desgaste.
5. Ofrecer excelente protección contra el herrumbre y la corrosión aún en presencia de refrigerantes acuosos.
6. Tener excelente filtrabilidad y demulsibilidad.
7. Apto para aplicaciones de doble propósito.
8. Tener excelente adhesividad que impide que el aceite se escurra.

Se describen a continuación las características técnicas del lubricante Shell Tellus 68 y Mobil Vactra #2 que se deben emplear en la lubricación del Torno EMCO 220 ya que ambos lubricantes poseen características similares.

Tabla 27. Características técnicas Shell Tellus 68

Shell TellusOil	Shell Tellusoil 22	Shell Tellusoil 32	Shell Tellusoil 46	Shell Tellusoil 68	Shell Tellusoil 100
Viscosidad Cinemática					
@ 0°C cSt	180	338	580	1040	1790
40°C cSt	22	32	46	68	100
100°C cSt	4.3	5.4	6.7	8.6	11.1
(IP 71)					
Índice de Viscosidad	100	99	98	97	96
(IP 226)					
Densidad @ 15°Ckg/l	0.866	0.875	0.879	0.886	0.891
(IP 365)					
Punto de inflamación°C	204	209	218	223	234
(Pensky-Martens Closed Cup)					
(IP 34)					
Punto de escurrimiento °C	-30	-30	-30	-24	-24
(IP 15)					

Fuente: Shell

Tabla 28. Características técnicas Mobil Vactra #2

Ensayo	Método ASTM-D	Valores	
		Nº 2	Nº 4
Producto		Nº 2	Nº 4
Grado ISO	-----	68	220
Densidad a 15 °C, gr/cm3	1298	0.884	0.894
Punto de inflamación, °C	92	218	250
Punto de escurrimiento, °C	97	-9	-9
Viscosidad a 40 °C, cSt	445	68	220
Viscosidad a 100 °C, cSt	445	8.6	19
Índice de viscosidad	2270	95	95
Ensayo de herrumbre	665	Pasa	Pasa
Corrosión en lámina de cobre	130	1b	1b

Fuente: Mobil

6.6 REPUESTOS COMERCIALES

Para la adquisición y manejo de repuestos especialmente en la parte mecánica del torno, se ha investigado y buscado dos grandes proveedores para estos accesorios como lo son Misumi y Grainger, con capacidad de encontrar los repuestos estándar y/o similares que se pueden adaptar a las necesidades que se pueden presentar a la hora de un recambio para dicha máquina.

Ilustración 57. Línea de automatización industrial MISUMI



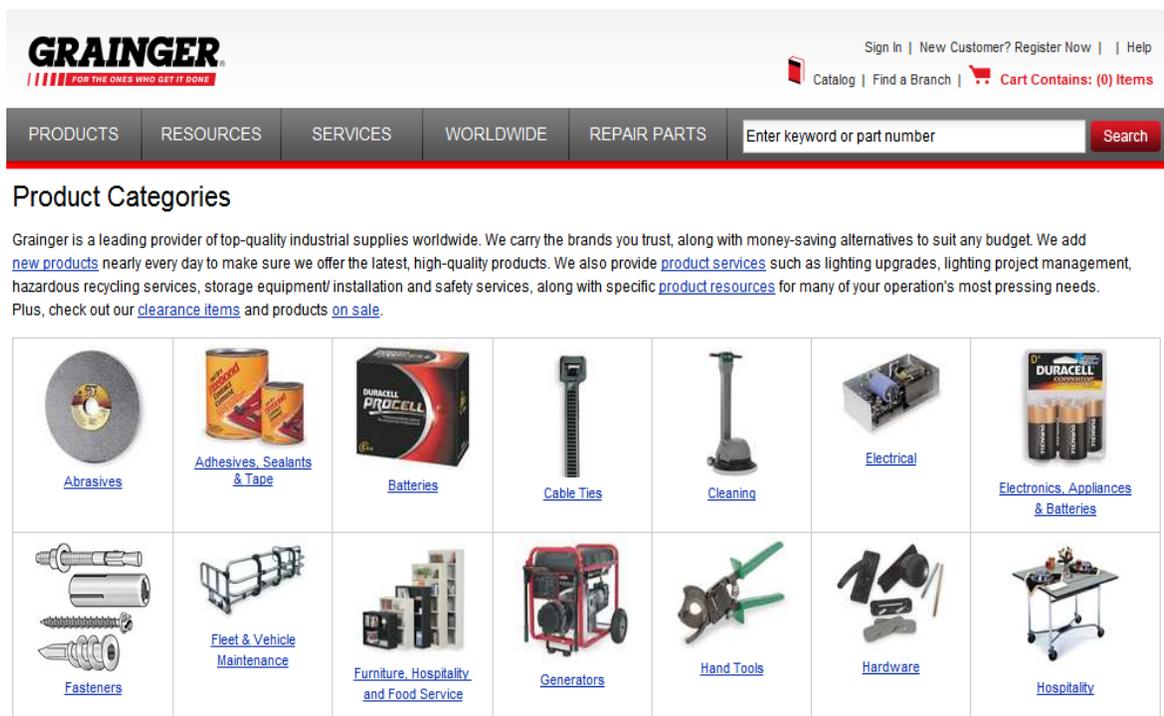
Fuente: MISUMI USA INC

La especialidad de estas dos empresas es suministrar y suplir las necesidades que se pueden presentar desde la parte mecánica y automatización, adquiriendo repuestos tales como bombas, motores, servomotores, guías lineales de

desplazamiento, husillos de bolas, acoples eje-motor, poleas, correas, dispositivos de sujeción de piezas, portaherramientas, empaques, entre otros.

Grainger opera en Colombia y es un distribuidor líder de mantenimiento, reparación y suministros de operación (MRO) con énfasis en elementos de fijación. Actualmente en la ciudad de Medellín existe un punto de venta ubicado en la carrera 65 No 50-12 y disponibilidad de línea telefónica al 4440010.

Ilustración 58. Línea de automatización industrial GRAINGER



Fuente: GRAINGER

7. ANALISIS DE FALLAS, AJUSTES Y PUESTA A PUNTO

Cuando se presenta alguna anomalía en el equipo, el operario o personal a cargo del equipo debe realizar una inspección visual de la misma. En este caso en particular se debe realizar la inspección al Torno EMCO 220 localizado en el Laboratorio de mecatrónica de la Universidad EAFIT con el fin de identificar, indicar y notificar la anomalía presentada y que se ve reflejada en el cambio del estado de funcionamiento normal del equipo. Es importante tener en cuenta que al momento de normalizar la falla, el operario encargado verifique que los paros de emergencia de la máquina no estén activados para poner nuevamente en servicio la misma.

7.1 ÁRBOL DE FALLAS

El árbol de fallas es una técnica que representa esquemáticamente la causa raíz de una falla y como afecta a los diversos sub-sistemas. Junto a esta técnica se complementa con el implemento de la metodología FMECA, estableciendo un nivel de criticidad para identificar en orden de importancia que sub-sistema se debe prestar más atención y así evitar accidentes tanto para el equipo como para el usuario que interactúa. (Engaña, y otros, 2006)

Ilustración 59. Árbol de fallas



Fuente: Elaboración propia

Para tener un análisis detallado de fallas, se elabora una tabla con los principales modos de falla y se establece un criterio de clasificación de riesgo de la falla, teniendo en cuenta que son aquellas fallas que involucran la no disponibilidad de la máquina haciendo énfasis en la parte mecánica como repercusiones en el operador del equipo involucrando accidentes, lesiones e incluso en caso muy crítico hasta la muerte.

Para la metodología y técnica empleada en el análisis de fallas, se establece una clasificación numérica que tiene como rango de 0 – 15 para determinar el riesgo de la falla, siendo 15 la más crítica para el tipo de falla que involucra aspectos de seguridad al operario o daños graves con tiempos de reparación largos de la máquina. Se concluye que cada una de las fallas presentadas en el sub-sistema de seguridad son máximas, ya que involucran la seguridad del operario y de la operatividad de la máquina al poder presentarse una posible falla catastrófica, mientras que una falla mínima es clasificada dentro de la escala con un 5, debido a una desconexión, ya que solo implicar una pequeña búsqueda de su causa raíz

y no involucra compra de repuestos, defectos en el proceso de maquinado, entre otros.

7.1.1 Fallas comunes en el sub-sistema soporte y posicionamiento

Este sub-sistema después del sub-sistema de seguridad, es el segundo más crítico del Torno EMCO 220, porque es en éste donde se lleva a cabo el proceso de mecanizado y donde se encuentran ubicados e instalados los diferentes motores, servomotores, guías de desplazamiento, chasis, instalaciones eléctricas y electrónicas junto con el sistema de transmisión de potencia.

Actualmente el sistema de transmisión de potencia se da a través del mecanismo banda-polea el cual transmite la potencia al husillo principal por parte del motor del husillo (spindle motor). Posibles eventos como desalineación y desbalanceo en la polea, pueden generar o causar mayor desgaste de lo normal de la correa y como consecuencia la ruptura de la misma. Para este tipo de falla se recomienda balancear y/o cambiar la polea, verificar alineación entre ejes y establecer un rango de operación óptimo que me evite sobre esfuerzos en estos elementos y como resultado el desaparecer el bajo ruido extraño que se está presentando.

Ilustración 60. Transmisión por banda-polea del husillo principal



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Tabla 29. Fallas comunes en sub-sistema de soporte y posicionamiento

IDENTIFICACIÓN SUB-SISTEMA	IDENTIFICACIÓN ELEMENTO	FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	CAUSAS	DAÑOS		METODOS DE DETECCIÓN	ACCIONES CORRECTIVAS	CLASIFICACIÓN DE GRAVEDAD (1-25)
					EFFECTOS LOCALES INCIDENTE	EFFECTOS FINALES ACCIDENTE			
SUB-SISTEMA DE SOPORTE Y POSICIONAMIENTO	ESTRUCTURA/ CHASIS	SOPORTAR	DESNIVEL	DEFECTO DE MONTAJE	IMPERFECTOS EN EL PROCESO DE TORNEADO	DEFECTOS EN EL TORNEADO	METROLOGÍA	REPOSICIONAR MONTAJE	15
					VIBRACIONES/ DESBALANCEO	FRACTURA DE HERRAMIENTA / SOBRE ESFUERZOS	ANÁLISIS DE VIBRACIONES	REPOSICIONAR MONTAJE	15
	GUÍAS LINEALES	GUIAR	DESAJUSTE	VIBRACIONES/ MONTAJE	RECALENTAMIENTO DE MOTORES	ATASCAMIENTO O/ DEFECTOS EN EL TORNEADO	METROLOGÍA	CAMBIO, ALINEACIÓN O REPOSICIONAMIENTO	15
	MOTOR Y SERVOMOTORES	POSICIONAR	CONEXIÓN DEFECTUOSA	ERROR HUMANO	QUEMA DEL MOTOR/ CORTO CIRCUITO	PARO DE EMERGENCIA	INTRUMENTACIÓN ELECTRONICA	CAMBIO DE MOTOR	15
			CORTO CIRCUITO	SOBRECORRIENTE	QUEMA DEL MOTOR	PARO DE EMERGENCIA	INTRUMENTACIÓN ELECTRONICA	CAMBIO DE MOTOR	10
	MESA	SOPORTAR	DESNIVEL	DEFECTO DE MONTAJE	IMPERFECTOS EN EL PROCESO DE TORNEADO	DEFECTOS EN EL TORNEADO	NIVELADOR	REPOSICIONAR MONTAJE	15
					VIBRACIONES/ DESBALANCEO	FRACTURA DE HERRAMIENTA / SOBRE ESFUERZOS	ANÁLISIS DE VIBRACIONES	REPOSICIONAR MONTAJE	15

Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Fallas comunes en el sub-sistema neumático

Este sub-sistema conserva al igual que el sub-sistema de soporte y posicionamiento un alto nivel de importancia, debido a que es el encargado alimentar y permitir el accionamiento de los diferentes elementos neumáticos que lo componen para sujetar y recoger finalmente la pieza maquinada que el usuario desea para cierto fin.

Tabla 30. Fallas comunes en sub-sistema neumático

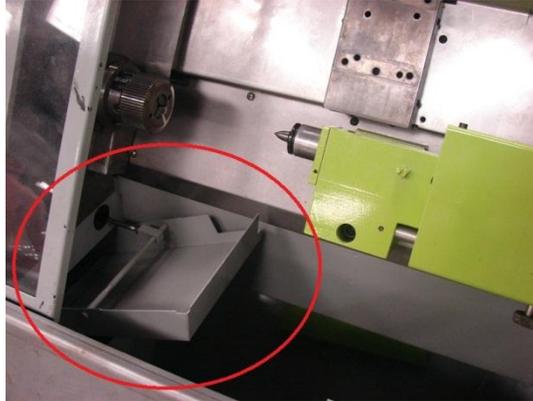
IDENTIFICACIÓN SUB-SISTEMA	IDENTIFICACIÓN ELEMENTO	FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	CAUSAS	DAÑOS		METODOS DE DETECCIÓN	ACCIONES CORRECTIVAS	CLASIFICACIÓN DE GRAVEDAD (1-25)
					EFFECTOS LOCALES	EFFECTOS FINALES			
SUB-SISTEMA NEUMÁTICO	MANÓMETRO	MOSTRAR MEDICIÓN ANÁLOGA DE LA PRESIÓN EN EL SISTEMA	MALA SEÑALIZACIÓN	INSTRUMENTO DESCALIBRADO	ERRONEA MEDICIÓN MÍNIMA DE OPERACIÓN DE TRABAJO	MAL FUNCIONAMIENTO O SUB-SISTEMA NEUMÁTICO	METROLOGÍA	VERIFICAR Y CALIBRAR	5
	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	FILTRAR, REGULAR Y LUBRICAR	INADECUADA FILTRACIÓN	FIN DE VIDA ÚTIL/MALA SELECCIÓN DEL ELEMENTO FILTRADOR	CONTAMINACIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE Y PERMITIR PASO DE AGUA CONDENSADA A ELEMENTOS DE CONDUCCIÓN DE AIRE	DAÑOS EN COMPONENTES Y ACTUADORES NEUMÁTICOS	REVISIÓN CALIDAD DEL ACEITE	CAMBIO DE FILTRO	15
			DESAJUSTE DE PRESIÓN EN RANGO DE OPERACIÓN	INSTRUMENTO DESCALIBRADO	MAL FUNCIONAMIENTO O SUB-SISTEMA NEUMÁTICO	DAÑOS EN COMPONENTES Y ACTUADORES NEUMÁTICOS	METROLOGÍA Y REVISIÓN DE PRESIÓN CON PRESOSTATO	VERIFICAR Y CALIBRAR	15
	ELECTROVÁLVULAS	PERMITIR EL PASO O CIERRE DE AIRE	CIRCUITO DE PASO DE AIRE INTERRUMPIDO	BOBINA QUEMADA	BOBINA NO GENERA CAMPO MAGNÉTICO PARA SUICHEAR POSICIÓN ABIERTA O CERRADA	SUB-SISTEMA NEUMÁTICO INOPERANTE	REVISIÓN DE VOLTAJE ENTRE FASES	CAMBIO DE BOBINA	10
	MANGUERAS	CONDUCCION DEL AIRE	FUGA DE AIRE	FALLA EN MATERIAL/RODANTE	DISMINUCIÓN DE PRESIÓN MÍNIMA DE TRABAJO	COMPONENTES Y ACTUADORES NEUMÁTICOS INOPERANTES	PERCEPCIÓN AUDITIVA	CAMBIAR	10
OBSTRUCCIÓN			DOBLEZ DE MANGUERA	NO PRESENCIA DE AIRE EN LAS TUBERIAS DE CONDUCCIÓN	COMPONENTES Y ACTUADORES NEUMÁTICOS INOPERANTES	REVISIÓN VISUAL	REVISAR RECORRIDO/ CAMBIAR MATERIAL	10	

Fuente: Elaboración propia

Actualmente, alguna de las partes que componen el accionamiento de la bandeja colectora de piezas presente un problema debido a una posible fuga de aire y por ende una pérdida de presión para operar el cierre de la bandeja colectora al darle

la orden con el comando de programación que maneja el software dejando la máquina en mal funcionamiento de este mecanismo.

Ilustración 61. Bandeja colectora de piezas

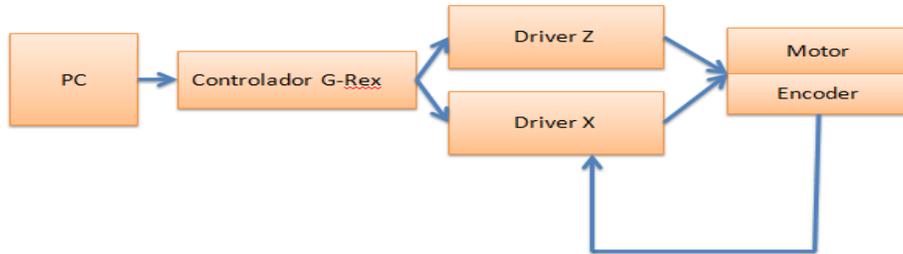


Fuente: Elaboración propia

7.1.3 Fallas comunes en el sub-sistema de lubricación

Actualmente este sub-sistema no cuenta con un parámetro definido para determinar la longitud del recorrido de los carros a través de las guías, esto con el fin de proporcionar lubricación basada en este recorrido. Debido a esto el operario del torno tiene la responsabilidad de realizar la operación de lubricación sin saber si antes se ha realizado y si es el momento adecuado para hacerlo.

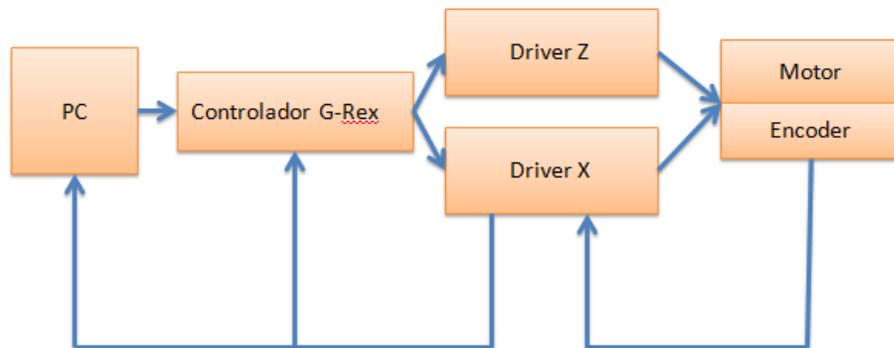
Ilustración 62. Sistema control actual lazo-cerrado



Fuente: Elaboración propia

Para resolver este problema de lubricación, sería de gran utilidad automatizar este procedimiento en el software que controla el torno con la ayuda de los mismo estudiantes de pre-grado y los técnicos encargados disponibles en el laboratorio de mecatrónica que tienen conocimiento enfatizado en la parte de instrumentación y programación.

Ilustración 63. Sistema de control lazo-cerrado ideal



Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Fallas comunes sub-sistema de lubricación

IDENTIFICACIÓN SUB-SISTEMA	IDENTIFICACIÓN ELEMENTO	FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	CAUSAS	DAÑOS		METODOS DE DETECCIÓN	ACCIONES CORRECTIVAS	CLASIFICACIÓN DE GRAVEDAD (1-25)
					EFFECTOS LOCALES INCIDENTE	EFFECTOS FINALES ACCIDENTE			
SUB-SISTEMA DE LUBRICACIÓN	RECIPIENTE DE FLUIDO HIDRÁULICO	ALMACENAR ACEITE	RUPTURA	GOLPE	DERRAME DE ACEITE	POSIBLE ACCIDENTE	REVISIÓN VISUAL	CAMBIAR/ REPARAR CONTENEDOR	15
				CONTAMINACIÓN	CAVITACION BOMBA	DESTRUCCIÓN BOMBA	REVISIÓN VISUAL	CAMBIAR/ REPARAR BOMBA/ CONTENEDOR	10
	MANGUERAS	TRANSPORTAR ACEITE	FUGA DE ACEITE	FALLA EN MATERIAL/ ROCE	DERRAME DE ACEITE	POSIBLE ACCIDENTE	REVISIÓN VISUAL	CAMBIAR	15
			OBSTRUCCIÓN	DOBLEZ DE MAGUERA	CAVITACION BOMBA	DESTRUCCIÓN BOMBA	REVISIÓN VISUAL	REVISAR RECORRIDO/ CAMBIAR MATERIAL	10
	BOMBA	BOMBLEAR ACEITE HIDRÁULICO	BAJA PRESIÓN	CONTAMINACIÓN	CAVITACIÓN BOMBA	DESTRUCCIÓN BOMBA	VIBRACIÓN SONIDO	LIMPIAR FILTRO DE ACEITE	10

Fuente: Elaboración propia

7.1.4 Fallas comunes en el sub-sistema de refrigeración

Para este sub-sistema conformado por recipiente de fluido refrigerante, mangueras y bomba se pueden presentar los siguientes modos y causas de fallas que se presentan a continuación:

Ilustración 64. Fallas comunes sub-sistema de refrigeración

IDENTIFICACIÓN SUB-SISTEMA	IDENTIFICACIÓN ELEMENTO	FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	CAUSAS	DAÑOS		METODOS DE DETECCIÓN	ACCIONES CORRECTIVAS	CLASIFICACIÓN DE GRAVEDAD (1-25)
					EFFECTOS LOCALES INCIDENTE	EFFECTOS FINALES ACCIDENTE			
SUB-SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	RECIPIENTE DE FLUIDO REFRIGERANTE	ALMACENAR REFRIGERANTE	RUPTURA	GOLPE	DERRAME DE REFRIGERANTE	POSIBLE ACCIDENTE	REVISIÓN VISUAL	CAMBIAR/REPARAR CONTENEDOR	15
					CAVITACION BOMBA	DESTRUCCIÓN BOMBA	REVISIÓN VISUAL	CAMBIAR/REPARAR BOMBA/CONTENEDOR	10
	MANGUERAS	TRANSPORTAR REFRIGERANTE	FUGA DE REFRIGERANTE	FALLA EN MATERIAL/ROCE	DERRAME DE REFRIGERANTE	POSIBLE ACCIDENTE	REVISIÓN VISUAL	CAMBIAR	15
			OBSTRUCCIÓN	DOBLEZ DE MAGUERA	CAVITACION BOMBA	DESTRUCCIÓN BOMBA	REVISIÓN VISUAL	REVISAR RECORRIDO/CAMBIAR MATERIAL	10
BOMBA	LEVANTAR PRESION	OBSTRUCCIÓN	VIRUTA EN REFRIGERANTE/SUCCIÓN TAPONADA	CAVITACIÓN BOMBA	DESTRUCCIÓN BOMBA	VIBRACIÓN SONIDO	CAMBIAR MALLA QUE IMPIDE EL PASO DE VIRUTA	10	

Fuente: Elaboración propia

Actualmente este sub-sistema no presenta fallas que pueden presentarse debido a la posible obstrucción de las mangueras por efectos de aplastamiento o quiebres indeseables que se puedan presentar a raíz de ángulos muy pronunciados o fin de vida útil del material por el tiempo y el uso que lleva instalado en la máquina.

Ilustración 65. Mangueras en buen estado



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

7.1.5 Fallas comunes en el sub-sistema de seguridad

Es importante realizar inspección y verificación del corrector funcionamiento de los sensores home y limites finales de carrera porque de estos depende que la herramienta no choque. Sin embargo dentro de lo que se encuentra instalado las fallas más representativas de estos dispositivos son los siguientes:

Tabla 32. Fallas comunes sub-sistema de seguridad

IDENTIFICACIÓN SUB-SISTEMA	IDENTIFICACIÓN ELEMENTO	FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	CAUSAS	DAÑOS		METODOS DE DETECCIÓN	ACCIONES CORRECTIVAS	CLASIFICACIÓN DE GRAVEDAD (1-25)
					EFFECTOS LOCALES INCIDENTE	EFFECTOS FINALES ACCIDENTE			
SUB-SISTEMA DE SEGURIDAD	SENSOR APERTURA DE PUERTA	DETENER TORNO	NO SENS	FIN DE VIDA UTIL	ACTIVACION CON PUERTA ABIERTA	POSIBLE ACCIDENTE	RUTINAS DE MTTO	CAMBIAR SENSOR	15
			MAL MONTAJE	ERROR HUMANO	ACTIVACION CON PUERTA ABIERTA	POSIBLE ACCIDENTE	METROLOGIA	VERIFICAR MONTAJE	15
	SENSOR FIN DE CARRERA	DETENER DESPLAZAMIENTO	NO SENS	FIN DE VIDA UTIL	SOBREPASO DEL LIMITE DE CARRERA	CHOQUE DE HERRAMIENTA	RUTINAS DE MTTO	CAMBIAR SENSOR	15
			MAL MONTAJE	ERROR HUMANO	ACTIVACION CON PUERTA ABIERTA	CHOQUE DE HERRAMIENTA	METROLOGIA	VERIFICAR MONTAJE	15
	ACRILICO DE SEGURIDAD	DETENER VIRUTA	RUPTURA	GOLPE	DESPRENDIMIENTO DE VIRUTA	POSIBLE ACCIDENTE	REVISIÓN VISUAL	CAMBIAR	15
	PUERTA	PROTEGER PROCESO DE TORNEADO	DESAJUSTE (COLGADA)	MAL DISEÑO	DERRAME DE REFRIGERANTE	POSIBLE ACCIDENTE	REVISIÓN VISUAL	REDISEÑAR	15

Fuente: Elaboración propia

Actualmente el sistema de seguridad que se encuentra instalado en el Torno EMCO 220 es eficiente pero se podría mejorar instalando otros sensores finales de carrera que no se encuentran instalado en el extremo izquierdo del eje longitudinal -Z y en la parte inferior del eje transversal -X.

7.1.6 Fallas comunes en el sub-sistema de control

Actualmente no se han presentado fallas que hayan puesto fuera de servicio al equipo. Sin embargo dentro de este sub-sistema el elemento más propenso a fallar es la tarjeta de control donde se encuentran conectador todas las interfaces con los movimientos de giro de los motores y el variador que lo controla.

Tabla 33. Fallas comunes en sub-sistema de control

IDENTIFICACIÓN SUB-SISTEMA	IDENTIFICACIÓN ELEMENTO	FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	CAUSAS	DAÑOS		METODOS DE DETECCIÓN	ACCIONES CORRECTIVAS	CLASIFICACIÓN DE GRAVEDAD (1-25)
					EFFECTOS LOCALES INCIDENTE	EFFECTOS FINALES ACCIDENTE			
SUB-SISTEMA DE CONTROL	DRIVER	CONTROLAR SERVOMOTORES	DESCONEXIÓN	CONEXIÓN DEFECTUOSA	SERVOMOTORES DESENERGIZADOS	EJES INMOVILES	VISUAL	CONECTAR CORRECTAMENTE	5
			RECALENTAMIENTO	ALTA TEMPERATURA EN EL GAVINETE	INCORRECTA OPERACIÓN DE SERVOMOTORES	DAÑO EN EL DRIVER POR EXCESO DE TEMPERATURA	TERMOGRAFÍA	REDISEÑAR EL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL GAVINETE	10
	TARJETA DE INTERFAZ GREX-DRIVERS	GARANTIZAR VELOCIDAD DE OPERACIÓN SERVOMOTORES	SOBREVOLTAJE	CAIDA DE FASE	QUEMA DE COMPONENTES	INOPERABILIDAD DEL SPINDLE	MEDICIONES DE VOLTAJE	REVISAR VOLTAJE QUE LLEGA DE LA FUENTE	15
	TARJETA DE CONTROL GREX-100	CONTROLAR MOVIMIENTO (PULSO Y DIRECCIÓN)	MALA PROGRAMACIÓN	FALLA HUMANA	DESCONTROL DEL MOVIMIENTO	CHOQUE/ ACABADOS DEFECTUOSOS/ INOPERABILIDAD	PRUEBAS Y/O SIMULACIONES	REVISIÓN MINUCIOSA DE PROGRAMACIÓN	15

Fuente: Elaboración propia

7.1.7 Fallas comunes en el sub-sistema eléctrico

Se pueden presentar fallas en los siguientes elementos debido a un mal diseño o instalación de la red eléctrica generando una pérdida o caída de fase en el laboratorio de mecatrónica donde se encuentra ubicado el torno y como consecuencia generar un recalentamiento en bobinas pertenecientes a contactores principales por una sobrecorriente dejando fuera de servicio la máquina como ocurrió en el caso de una fresadora CNC marca MFG ubicada al lado del torno separador por la columna de donde viene la alimentación eléctrica para conectar a 220V dichas máquinas.

Ilustración 66. Ejemplo bobina quemada contactor principal fresadora MFG



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

Tabla 34. Fallas comunes en sub-sistema eléctrico

IDENTIFICACIÓN SUB-SISTEMA	IDENTIFICACIÓN ELEMENTO	FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	CAUSAS	DAÑOS		MÉTODOS DE DETECCIÓN	ACCIONES CORRECTIVAS	CLASIFICACIÓN DE GRAVEDAD (1-25)
					EFFECTOS LOCALES INCIDENTE	EFFECTOS FINALES ACCIDENTE			
SUB-SISTEMA ELECTRICO	CONTACTOR	ESTABLECER O INTERRUMPIR EL PASO DE CORRIENTE	CIRCUITO INTERRUMPIDO	BOBINA QUEMADA POR PERDIDA DE FASE	BOBINA NO GENERA CAMPO MAGNETICO PARA PERMITIR PASO DE CORRIENTE	TORNO INOPERANTE	REVISIÓN DE VOLTAJE ENTRE FASES/ TERMOGRAFIA	CAMBIO DE BOBINA DE CONTACTOR/ CONTACTOR COMPLETO	10
				BOBINA QUEMADA POR CONEXIÓN DEFECTUOSA	BOBINA NO GENERA CAMPO MAGNETICO PARA PERMITIR PASO DE CORRIENTE	TORNO INOPERANTE	REVISIÓN DE VOLTAJE ENTRE FASES/ TERMOGRAFIA	CAMBIO DE BOBINA DE CONTACTOR/ CONTACTOR COMPLETO/ AJUSTAR CONEXIÓN DE CABLEADO	10
	FUSIBLE	PROTEGER CIRCUITO ELECTRICO	SOBRECARGA/ CORTOCIRCUITO	PERDIDA DE FASE	SE INTERRUMPE FLUJO ELECTRICO EN EL CIRCUITO	TORNO INOPERANTE	REVISIÓN VISUAL O REVISIÓN DE CONTINUIDAD	CAMBIO DEL FUSIBLE/ AJUSTAR CONEXIÓN DE CABLEADO	10
	CONECTOR PRINCIPAL	CONECTAR	PERDIDA DE CONEXIÓN A TIERRA	MAL MONTAJE DE LA RED ELECTRICA	DESCARGA ELECTRICA EN COMPONENTES DEL TORNO	TORNO INOPERANTE	REVISIÓN DE CONEXIONES ELECTRICAS DE LA RED	REVISAR LA CONEXIÓN A TIERRA DE LA INSTALACIÓN	15

Fuente: Elaboración propia

7.2 AJUSTES, VERIFICACIÓN Y PUESTA A PUNTO

Empleando procedimientos dentro de la recepción de equipos (procedimientos metroológicos), se busca dar cuenta e información del estado operativo en que se encuentra la máquina para realizar los ajustes necesarios que se tengan que hacer y de esta manera poder obtener unas óptimas condiciones de trabajo sin riesgo de realizar procesos de mecanizado de forma errática y que esto repercuta en incremento de costos y tiempos de operación.

7.2.1 AJUSTES

Se debe realizar un cheque general a la tornillería del equipo, debido a que se pueden encontrar tornillos desapretados causados por efecto de las vibraciones de la máquina en su operación. Se sugiere emplear traba rosca para impedir un desapriete de las mismas.

Respecto a nivel de seguridad, se puede ajustar el sub-sistema de refrigeración instalando un sensor de nivel en el recipiente del fluido refrigerante, debido a que el recipiente no cuenta con este elemento y así contribuir a prevenir fallas por efecto de quedarse la bomba sin fluido refrigerante y operar en vacío. A la hora de hacer el montaje del sensor, debe conectarse y operar en conjunto con el sistema de control para informar al operario por medio de la interfaz del computador que se presenta un bajo nivel de líquido refrigerante y así adicionar la cantidad necesaria del mismo.

7.2.2 VERIFICACIÓN DE UN TORNO

La verificación geométrica de un torno consta de los siguientes controles geométricos, se han hecho modificaciones a las verificaciones presentadas por el autor Lucchesi ya que el torno EMCO 220 presenta dimensiones geométricas diferentes haciendo alusión a las más importantes: (Lucchesi, 1973)

Tabla 35. Verificación metrológica de un torno

PARTE Y/O EQUIPO A VERIFICAR	TIPO DE VERIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	PROCEDIMIENTO	ERROR ADMITIDO
Bancada	Rectitud de las guías	Regla y comparador	<ul style="list-style-type: none"> • Se apoya una regla patrón sobre un soporte fijo, situándola aproximadamente paralela a las guías de la bancada. • Se apoya sobre el carro el soporte que sostiene el comparador, poniendo el palpador de este en contacto con la regla. • Se hace correr lentamente el carro, tomando nota de las desviaciones, con su propio signo, acusadas por el índice del comparador. • Se desplaza la regla, mediante tornillos micrométricos apropiados, hasta conseguir las mínimas desviaciones del índice. 	El error máximo admitido en la alineación de las guías de un torno es de 0,02 mm sobre 1000.
Husillo principal	Paralelismo entre el eje del husillo principal y las guías de la bancada	Eje patrón rectificad y comparador	<ul style="list-style-type: none"> • Se sitúa el comparador y se gira a mano el husillo haciendo que el índice oscile entre una desviación máxima y una mínima. • Se gira a mano el eje patrón hasta que el índice señale la media de las desviaciones leídas antes. • Se desplaza el comparador sobre las guías del torno hasta el extremo libre del cilindro. • Se gira a mano el eje patrón y se leen las indicaciones máxima y mínima del comparador. La diferencia entre la media de las desviaciones, indica la desviación o error del paralelismo sobre la longitud de 300 mm. 	El error máximo admitido en el plano vertical es de 0,025 mm y el error máximo admitido en el plano vertical es de 0,02 mm.

PARTE Y/O EQUIPO A VERIFICAR	TIPO DE VERIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	PROCEDIMIENTO	ERROR ADMITIDO
Contrapunto	Paralelismo entre el eje del contrapunto y las guías de la bancada	Eje patrón rectificado y comparador	<ul style="list-style-type: none"> • Se sitúa el comparador en el eje patrón del contrapunto. • Se desplaza el comparador a través del carro del contrapunto haciendo que el índice oscile entre una desviación máxima y una mínima. • Se leen las indicaciones máxima y mínima del comparador. La diferencia entre la medida de las desviaciones, indica la desviación o error del paralelismo sobre la longitud de 300 mm. 	El error máximo admitido en el plano vertical es de 0,02 mm y el error máximo admitido en el plano vertical es de 0,01 mm.
Carros	Paralelismo entre el movimiento del carro y el husillo principal	Eje patrón rectificado y comparador	<ul style="list-style-type: none"> • Se hace desplazar el carro el carro y las desviaciones que muestre el índice del comparador dan el error del paralelismo. 	El error máximo admitido es de 0,03 mm sobre una longitud de 300.

PARTE Y/O EQUIPO A VERIFICAR	TIPO DE VERIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	PROCEDIMIENTO	ERROR ADMITIDO
	Paralelismo entre el eje del torno y las guías de bancada	Eje patrón rectificado y comparador	<ul style="list-style-type: none"> • Se monta entre puntos un cilindro de prueba. • Se sitúa el comparador sobre el plano superior del carro, de forma que su palpador quede en contacto con el cilindro de prueba. • Se corre lentamente el carro observando el comparador. Las desviaciones del índice acusan un error de paralelismo. 	El error máximo admitido es de 0,02 mm.

Fuente: Lucchesi (Verificación de piezas y máquinas y herramientas)

7.2.3 PUESTA A PUNTO

Antes de efectuar cualquier operación en el torno EMCO, es importante que la maquina quede correctamente puesta a punto. Una correcta puesta a punto de la maquina prolongará su vida y la de sus accesorios y producirá un trabajo de precisión. (Jürguens, 1975)

A continuación se referencian las siguientes normas: (GTG Ingenieros seguridad industrial, 2010)

- UNE 15300-1:00 (ISO 230-1:96): Máquinas-herramienta. Código de verificación de las máquinas-herramienta. Parte 1: Precisión geométrica de las máquinas funcionando en vacío o en condiciones de acabado.

- UNE-ISO 230-2:2008 (ISO 230-2:2006): Máquinas-herramienta. Código de verificación de máquinas-herramienta. Parte 2: Determinación de la precisión y de la repetitividad de posicionamiento de las máquinas-herramienta con control numérico.
- UNE-ISO 230-4:2008 (ISO 230-4:2005): Máquinas-herramienta. Código de verificación de las máquinas-herramienta. Parte 4: Ensayos de circularidad para máquinas-herramienta de control numérico.
- UNE-ISO 230-7:2008 (ISO 230-7:2006) Máquinas-Herramienta. Código de verificación de máquinas-herramienta. Parte 7: precisión geométrica de los ejes de rotación.

7.2.3.1 Nivelación del torno

Para ejecutar un trabajo correcto, el torno debe nivelarse exactamente por medio de un nivel de aire de precisión que deberá tener por lo menos 30 cm de longitud y ser suficientemente sensible para indicar el movimiento de la burbuja al colocar una cuña de 0,08 mm de grueso debajo de un extremo. El nivel deberá colocarse a través del banco en ambos extremos primero frente al cabezal fijo y luego detrás del cabezal móvil y también a lo largo del banco.

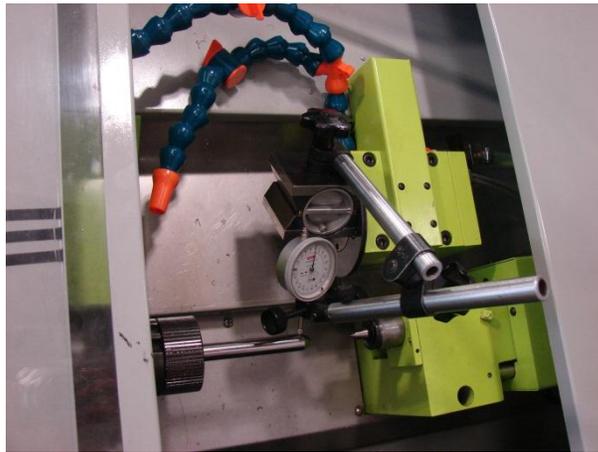
El desnivel no debe exceder de 0,041 mm por metro para tornos pequeños. Puede hacerse el ajuste por medio de tornillos nivelantes o mediante el uso de calzos colocados debajo de los pies del banco.

7.2.3.2 Comprobación de la alineación de los ejes

Se coloca un barra en el agujero cónico del cabezal y por medio de un indicador dispuesto sobre el soporte compuesto se efectúan las mediciones del desvío del

vástago cónico del centro, así como en la alineación horizontal y vertical del eje. Depende del tipo y el tamaño del torno las variaciones permitidas. Si los centros no están en línea, el indicador marcará el error del descentrado del eje del cabezal móvil.

Ilustración 67. Comprobación alineación de ejes



Fuente: Tratado general de Tornería Mecánica

7.2.4 CHEQUEO METROLOGICO TORNO EMCO 220

Se llevó a cabo una verificación con patrones metrológicos como comparadores de caratula con sus respectivos elementos de sujeción de tipo magnético y eje patrón describir los procedimientos que se realizaron.

Es importante aclarar que dentro de la teoría referenciada por el autor (Lucchesi, 1973), se realizaron en campo algunos procedimientos que ha consideración son los más relevantes para verificar correcto ensamble de la máquina con el fin de evitar tener grandes desajustes que repercuten directamente en el mecanizado final de las piezas a elaborar.

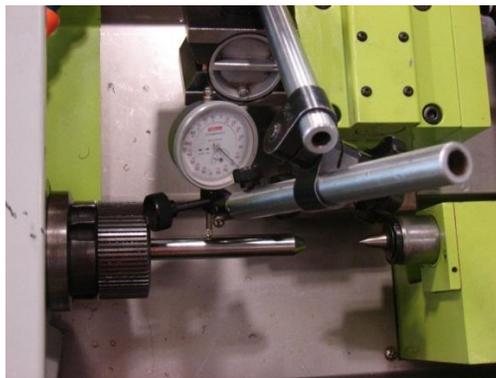
El procedimiento que se llevó a cabo fue el siguiente:

1. Se verifico paralelismo en sentido vertical realizando medición paralela a la guía para verificar desviación tipo cónica tomando como referencia un eje patrón rectificado. Se toma en cuenta la medición del comparador de caratula encontrando los siguientes resultados:

$$\text{Error} = 0,345 \text{ mm}$$

Este resultado se compara con valores de error admisible encontrados en procedimiento de calibración para el Torno Control Numérico donde el error admisible declarado esta entre 0,00416 mm y 0,0125 mm para una longitud de 250 mm. En este caso la longitud fue de 90 mm por lo que el error admisible esta entre 0,00149 mm y 0,0045 mm. Se observa que el desfase es alto dentro del rango admisible por lo que se puede concluir que la máquina presenta desviaciones de tipo cónico a la hora de realizar maquinados.

Ilustración 68. Verificación de paralelismo en sentido vertical



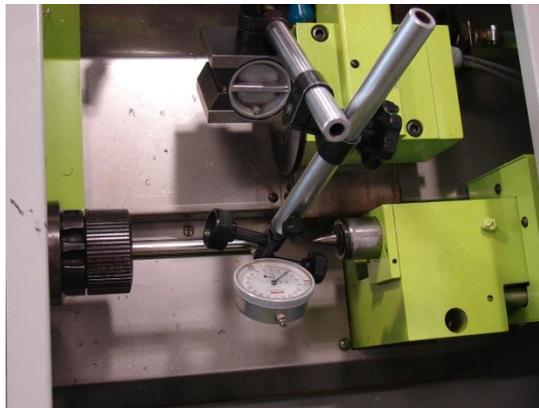
Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

2. Se verifico paralelismo en sentido horizontal realizando medición paralela a la guía para verificar desviación tipo cónica tomando como referencia un eje patrón rectificado. Se toma en cuenta la medición del comparador de caratula encontrando los siguientes resultados:

$$\text{Error} = 0,330 \text{ mm}$$

Este resultado se compara con valores de error admisible encontrados en procedimiento de calibración para el Torno Control Numérico donde el error admisible declarado esta entre 0,00416 mm y 0,0125 mm para una longitud de 250 mm. En este caso la longitud fue de 90 mm por lo que el error admisible esta entre 0,00149 mm y 0,0045 mm. Se observa que el desfase es alto dentro del rango admisible por lo que se puede concluir que la máquina presenta desviaciones de tipo cónico a la hora de realizar maquinados.

Ilustración 69. Verificación de paralelismo en sentido horizontal



Fuente: Laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFIT

8. FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento debe ser visto como un conjunto de normas y técnicas establecidas desde una perspectiva multidisciplinaria donde intervienen y convergen diferentes conocimientos con el fin de confiabilizar y preservar el correcto funcionamiento tanto de la máquina como sus funciones para las cuales fueron diseñados e instalados dentro de la misma.

Para lograr establecer y ejecutar parámetros importantes dentro del mantenimiento como lo son condiciones de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad en la máquina se debe programar, clasificar y establecer los procedimientos y guías para las actividades a ejecutar.

Implementando de una forma ordenada las condiciones mencionadas, se busca incrementar la productividad, minimizar costos de reparación, maximizar la vida útil de la máquina y lograr relacionar de manera adecuada todos los recursos que para este fin se requieren.

Para realizar el plan de frecuencias de mantenimiento del torno EMCO 220, hay que partir de identificar el objeto final de uso, es decir, que la máquina se pondrá a disposición de los usuarios con fines académicos y no industriales. Lo anterior, en términos operativos, traduce en otras palabras que el equipo va a estar subutilizado en un 50% de su capacidad total en comparación con máquinas-herramientas industriales y por ende los tiempos de intervención de actividades de mantenimiento de la máquina se incrementan, viéndose reflejado en reducción de costos de mano de obra e insumos para el equipo.

Al establecer las frecuencias de intervención del equipo y llevar los registros históricos de las actividades a realizar, se logra obtener trazabilidad del trabajo

realizado en el equipo, herramienta que es vital para el complementar el plan de mantenimiento que se tiene actualmente en el torno EMCO 220.

Tabla 36. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de soporte y posicionamiento

ASEGURAMIENTO DE EQUIPO TALLER DE MECATRÓNICA							
Actualización Marzo de 2012	Frecuencia de mantenimiento		Torno CNC marca EMCO 220				
SUB-SISTEMA DE SOPORTE Y POSICIONAMIENTO							
#	PUNTOS DE CONTROL	80 HORAS	160 HORAS	320 HORAS	1920 HORAS	3840 HORAS	DESCRIPCIÓN
1	Torno en General					X	Reapretar tornillería en general.
2	Chasis (Bastidor y Bancada)					X	Verificar posible agrietamiento y/o fisuras o corrosión en el chasis.
3	Portaherramientas (torreta revolver)				X		Verificar correcto funcionamiento del mecanismo.
4	Guías lineales de deslizamiento	X					Lubricar (Vactra #2 - Tellus 68) y verificar correcto funcionamiento de su desplazamiento. Nunca utilizar disolventes para remover suciedad.
5	Husillos de bolas	X					Lubricar (Vactra #2 - Tellus 68) y verificar correcto funcionamiento de su desplazamiento. Además verificar que no exista limalla que indique su desgaste, en este caso de debe reemplazar.
6	Cilindro hueco de sujeción	X					Limpiar residuos de partículas extrañas.
7	Motor del spindle				X		Cambiar grasa de los rodamientos (Aeroshell grase 16) y verificar el estado de estos.
				X			Verificar consumo de corriente del motor en vacío (19.6 A máximo).
				X			Verificar alineación del eje del motor respecto al husillo.
8	Correa transmisora motor spindle			X			Verificar tensión y desgaste.
9	Polea			X			Verificar desgaste y desalineación.
10	Servomotores			X			Verificar consumo de corriente del servomotor Eje X y Z 9,3 A máximo.
11	Buril		X				Verificar desgaste.
Encargado: _____							
Supervisión: _____							
Observaciones: _____							

Centro de Laboratorios							
Universidad EAFIT							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema neumático

ASEGURAMIENTO DE EQUIPO TALLER DE MECATRÓNICA							
Actualización Marzo de 2012		Frecuencia de mantenimiento			Torno CNC marca EMCO 220		
SUB-SISTEMA NEUMÁTICO							
#	PUNTOS DE CONTROL	80 HORAS	160 HORAS	320 HORAS	1920 HORAS	3840 HORAS	DESCRIPCIÓN
1	Manómetro			X			Verificar correcta señalización de presión de trabajo
					X		Calibrar el instrumento
2	Unidad de mantenimiento			X			Verificar correcto rango de operación de presión de trabajo y regular en caso que sea necesario.
				X			Verificar nivel mínimo de aceite lubricante y adicionar el mismo en caso que sea necesario.
						X	Cambiar el aceite lubricante.
			X				Limpiar filtro y verificar su estado.
				X			Purgar recipiente de agua condensado
3	Electroválvulas				X		Verificar voltaje de operación (24 V)
				X			Verificar correcto rango de operación de presión de trabajo y regular en caso que sea necesario.
5	Mangueras			X			Verificar hermeticidad, posibles fugas y puntos de obstrucción del aire
6	Mecanismo recoge piezas		X				Verificar correcto desplazamiento de operación de la bandeja colectora
				X			Verificar funcionamiento de electroválvula
7	Mecanismo sujeción de piezas		X				Verificar operación y estado de pinzas de amarre
				X			Verificar funcionamiento de electroválvula
8	Contrapunto	X					Limpiar cilindro hueco de partículas de arranque de viruta
			X				Verificar correcto desplazamiento de operación del contrapunto
				X			Verificar correcto funcionamiento de los sensores inductivos
Encargado: _____							
Supervisión: _____							
Observaciones: _____							

Centro de Laboratorios Universidad EAFIT							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de lubricación

ASEGURAMIENTO DE EQUIPO TALLER DE MECATRÓNICA							
Actualización Marzo de 2012	Frecuencia de mantenimiento		Torno CNC marca EMCO 220				
SUB-SISTEMA DE LUBRICACIÓN							
#	PUNTOS DE CONTROL	80 HORAS	160 HORAS	320 HORAS	1920 HORAS	3840 HORAS	DESCRIPCIÓN
1	Bomba de lubricación			X			Verificar correcta distribución de la lubricación a cada uno de los puntos de lubricación.
					X		Verificar voltaje de operación (220 V).
		X					Inspeccionar correcta succión.
2	Filtro de aceite		X				Limpiar y verificar su estado de trabajo.
3	Mangueras			X			Verificar hermeticidad, posibles fugas y puntos de obstrucción del aceite lubricante.
4	Tanque de almacenamiento aceite	X					Verificar nivel mínimo de aceite lubricante y adicionar el mismo en caso que sea necesario.
				X			Verificar estado y posibles fugas del aceite lubricante.
						X	Cambiar el aceite lubricante.
Encargado: _____							
Supervisión: _____							
Observaciones: _____							

Centro de Laboratorios							
Universidad EAFIT							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de refrigeración

ASEGURAMIENTO DE EQUIPO TALLER DE MECATRÓNICA							
Actualización Marzo de 2012	Frecuencia de mantenimiento		Torno CNC marca EMCO 220				
SUB-SISTEMA DE REFRIGERACIÓN							
#	PUNTOS DE CONTROL	80 HORAS	160 HORAS	320 HORAS	1920 HORAS	3840 HORAS	DESCRIPCIÓN
1	Bomba refrigeración			X			Verificar consumo de corriente (0,52 A a 220 V).
					X		Verificar caudal 5,5 LPM máximo.
		X					Inspeccionar correcta succión.
2	Mangueras			X			Verificar hermeticidad, posibles fugas y puntos de obstrucción del fluido refrigerante.
3	Tanque de almacenamiento refrigerante	X					Verificar nivel mínimo de refrigerante y adicionar el mismo en caso que sea necesario.
				X			Verificar estado y posibles fugas del fluido refrigerante
				X			Limpiar los compartimientos donde se filtran las partículas contaminantes del fluido por acción de la gravedad.
						X	Cambiar el líquido refrigerante.
Encargado: _____							
Supervisión: _____							
Observaciones: _____							

Centro de Laboratorios Universidad EAFIT							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de seguridad

ASEGURAMIENTO DE EQUIPO TALLER DE MECATRÓNICA							
Actualización Marzo de 2012		Frecuencia de mantenimiento			Torno CNC marca EMCO 220		
SUB-SISTEMA DE SEGURIDAD							
#	PUNTOS DE CONTROL	80 HORAS	160 HORAS	320 HORAS	1920 HORAS	3840 HORAS	DESCRIPCIÓN
1	Sensor home		X				Verificar correcto accionamiento
2	Sensor final de carrera		X				Verificar correcto funcionamiento sensor inductivo.
3	Sensor de puerta		X				Verificar su correcta activación al abrir la puerta (microsuiche).
4	Puerta		X				Verificar hermeticidad, posibles fugas y fisuras.
Encargado: _____							
Supervisión: _____							
Observaciones: _____							

Centro de Laboratorios Universidad EAFIT							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema de control

ASEGURAMIENTO DE EQUIPO TALLER DE MECATRÓNICA							
Actualización Marzo de 2012	Frecuencia de mantenimiento		Torno CNC marca EMCO 220				
SUB-SISTEMA DE CONTROL							
#	PUNTOS DE CONTROL	80 HORAS	160 HORAS	320 HORAS	1920 HORAS	3840 HORAS	DESCRIPCIÓN
1	Software					X	Actualizar si es posible.
						X	Verificar la interfaz entre el software y los controladores por medio Ethernet.
2	Tarjeta de interface GREX- 100			X			Verificar correcto funcionamiento para el cambio de sentido de giro de los servomotores.
				X			Verificar contactos y/o posibles cortos, además voltaje de operación (12 V).
3	Tarjeta de control GREX- 100			X			Verificar contactos y/o posibles cortos.
4	Drivers			X			Verificar conexiones.
5	Start/Stop		X				Verificar corrector funcionamiento del botón de paro de emergencia.
Encargado: _____							
Supervisión: _____							
Observaciones: _____							

Centro de Laboratorios Universidad EAFIT							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Frecuencia de mantenimiento en horas sub-sistema eléctrico

ASEGURAMIENTO DE EQUIPO TALLER DE MECATRÓNICA							
Actualización Marzo de 2012	Frecuencia de mantenimiento		Torno CNC marca EMCO 220				
SUB-SISTEMA ELÉCTRICO							
#	PUNTOS DE CONTROL	80 HORAS	160 HORAS	320 HORAS	1920 HORAS	3840 HORAS	DESCRIPCIÓN
1	Gabinete principal				X		Realizar análisis de termografía infrarroja para detectar puntos críticos por altas temperaturas.
2	Contactador principal			X			Verificar voltaje en la entrada del contactador principal (210 V a 230 V).
3	Conexión principal				X		Verificar correcto contacto de las 3 líneas y el neutro.
4	Fusibles			X			Verificar continuidad de los fusibles.
5	Entrada del variador					X	Realizar medición de calidad de energía para conocer posibles distorsiones armónicas de onda.
6	Entrada de los drivers			X			Verificar voltaje de entrada a los drivers de los servomotores.
Encargado: _____							
Supervisión: _____							
Observaciones: _____							

<p style="text-align: center;">Centro de Laboratorios</p> <p style="text-align: center;">Universidad EAFIT</p>							

Fuente: Elaboración propia

9. CONCLUSIONES

Se constató a nivel nacional que hay pocas empresas dedicadas al servicio de reparación, mantenimiento, repotenciación y rediseño de máquinas-herramienta por CNC, dejando como entregable un listado de proveedores locales y nacionales dedicados a dicha actividad.

A pesar de que hay pocas empresas que ofrecen el servicio de mantenimiento de máquinas-herramienta por CNC, no hay satisfacción plena del cliente acerca de suplir las necesidades de mantenimiento en el ciclo de vida útil del equipo.

Como resultado de la investigación en relación al poco mercado que existe para ofrecer un buen servicio técnico y de mantenimiento para máquinas-herramienta por CNC, se puede desarrollar una idea de negocio rentable en este campo con apoyo de la Universidad EAFIT en el área de jóvenes empresariales.

Es importante a la hora de recepción de máquinas-herramientas CNC, realizar procedimientos de verificación metrológica (paralelismo, perpendicularidad, rectitud, entre otros), para verificar el estado de operación de la máquina y realizar los ajustes necesarios antes de ponerla al servicio de los usuarios. Además permite obtener resultados de desviaciones respecto al error admitido teóricamente.

Como resultado de las pruebas y mediciones metrológicas realizadas al torno EMCO 220, se concluye que la máquina se encuentra con altos desajustes reflejándose en desviaciones de tipo cónico y no se recomienda mecanizar piezas en las que se requiere altísima precisión.

Al implementar una metodología y una técnica para el seguimiento del registro histórico de fallas, permite obtener información clave de la máquina al llevar

trazabilidad del mismo y elaborar actividades de mejoras que permitan mitigar eventos que repercuten en la no disponibilidad del equipo.

Paralelo al estudio de las fallas de la máquina, el elaborar el plan de frecuencia de mantenimiento permite aprender y tener el criterio fundamentado en parámetros técnicos necesarios para la compra de tornos con estas características de diseño, de tal forma que se agilice y puntualice la comunicación con el proveedor en lo que se requiere (cliente) y lo que se ofrece (Proveedor).

A la hora de elaborar cualquier plan de frecuencia de mantenimiento para cualquier máquina, hay que realizar una investigación fundamentada y detallada bajo diferentes fuentes bibliográficas donde se pueden encontrar: normatividad bajo estándares nacionales e internacionales (ISO, DIN, UNE, entre otros), entrevistas con personal calificado en el tema, artículos técnicos de internet, ilustraciones, videos, entre otros.

Durante el desarrollo del proyecto, se validaron los procedimientos técnicos en ciertos temas trabajados a causa de la normatividad consultada en lo que compete a las máquinas-herramientas por control numérico específicamente en el torno CNC EMCO 220.

10. BIBLIOGRAFÍA

Agredo, Eduardo. 2012. Como medir calidad de energía. [entrev.] Gabriel Guerra. Medellín, 27 de Febrero de 2012.

Castaño, Edison y Ruiz, Alejandro. 2011. Informe fresadora MFG. Medellín : s.n., 2011.

CNC tools. 2008. CNC tools. CNC tools. [En línea] Audaz Marketing, 2008. [Citado el: 04 de Febrero de 2012.] <http://cnctoolscolombia.com/>.

Correa, Julio Alberto. 2008. Scribd. Scribd. [En línea] Abril de 2008. [Citado el: 07 de Febrero de 2012.] <http://es.scribd.com/doc/36187539/principios-de-torneado>.

Cruz, Francisco. 2007. Control numérico y programación. México : Alfaomega, 2007. 84-267-1359-9.

Delmar Publisher, INC. 1969. El torno. [ed.] Albany. Segunda. s.l. : Reverté Mexicana, S.A., 1969.

EMCO. Modo de empleo EMCOTURN 220. Edición 89-11 Ref.nr.SP2 730.

Engaña, Cristian, y otros. 2006. Fresadora de Puente Fijo DYE FPF-D-N/C-3. Santiago de Chile : s.n., 2006. pág. 93, Informe.

Exportamerica de Colombia S.A. 2010. Exportamerica de Colombia S.A. Exportamerica de Colombia S.A. [En línea] 2010. [Citado el: 04 de Febrero de 2012.] <http://www.exportamericadecolombia.com/intro.html>.

Gómez, Víctor. 2012. Reparación Torno Milltronics. [entrev.] Gabriel Guerra. Reparación Torno Milltronics. Medellín, 22 de Febrero de 2012.

Groover, Mikell P. 1997. Fundamentos De Manufactura Moderna : Materiales Procesos Y Sistemas. s.l. : Prentice Hall Hispanoamericana, 1997. 9688808466.

GTG Ingenieros seguridad industrial. 2010. Proyectos de seguridad industrial llave en mano. Proyectos de seguridad industrial llave en mano. [En línea] 2010. [Citado el: 02 de Junio de 2012.] <http://www.gtg.es/pages/wiki/actualidad-normativa.php>.

Hernández, Carmelo. 2010. Scribd. Scribd. [En línea] 04 de Marzo de 2010. [Citado el: 20 de Marzo de 2012.] <http://es.scribd.com/doc/8262436/Teoria-de-Corte>.

Herratec S.A. Herratec. Herratec. [En línea] [Citado el: 27 de Febrero de 2012.] <http://www.herratec.com.co/>.

Ingeniería de Sistemas Educativos. Ingeniería de Sistemas Educativos. Ingeniería de Sistemas Educativos. [En línea] [Citado el: 20 de Marzo de 2012.] <http://www.aprendizaje.com.mx/curso/proceso2/practicas/torno-desarrollo/Capi8.htm>.

Jürguens, Kärl. 1975. Tratado General de Tornería Mecánica. Buenos Aires : Bell, 1975. 83405.

Lucchesi, Domenico. 1973. Verificación de Piezas y Máquinas y Herramientas. Barcelona : Labor, 1973. 83339.

Millán Gómez, Simón. 2006. Procedimientos de Mecanizado. Procedimientos de Mecanizado. 2006.

Mobil. Química Petroil. Química Petroil. [En línea] [Citado el: 30 de Enero de 2012.] <http://www.quimicapetroil.com.ar/productos/mobil/fichas/lubricac.html>.

Reparacio de Maquine Joal. [En línea] [Citado el: 4 de Febrero de 2012.] <http://www.reparacion-maquina.com/reparacion-maquina-herramienta.htm>.

Rios, Luis Carlos. 2006. Universidad Tecnológica de Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. [En línea] 30 de Mayo de 2006. [Citado el: 20 de Marzo de 2012.] <http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/93324209-214.pdf>. ISSN 0122-1701.

Ruiz, Alejandro. 2011. Reconversión del torno CNC. Reconversión del torno CNC. Medellin : s.n., 2011.

Sandvik, Coromant. 2006. Guía Técnica de Mecanizado. Guía Técnica de Mecanizado. 2006.

Servi-Control Numérico Ltda. Servi-Control Numérico Ltda. Servi-Control Numérico Ltda. [En línea] [Citado el: 04 de Febrero de 2012.] <http://www.servicontrolnumerico.com/>.

VIWA. Viwa Control Numérico, Robótica, Mecatrónica. Viwa Control Numerico, Robotica, Mecatronica. [En línea] [Citado el: 08 de 11 de 2011.] <http://www.viwa.com.mx/default.htm>.

Wikipedia. Wikipedia. Wikipedia. [En línea] [Citado el: 16 de Febrero de 2012.] http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_de_dispositivo.