

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**SISTEMA DE CONVERSIÓN DE UN TORNO MECÁNICO
EN UN TORNO AUTOMÁTICO – CNC**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

VÍCTOR MODESTO ACEVEDO SAAVEDRA

PROMOCIÓN

1989 – II

LIMA – PERÚ

2008

**SISTEMA DE CONVERSIÓN DE UN TORNO MECÁNICO
EN UN TORNO AUTOMÁTICO - CNC**

DEDICATORIA

Mí agradecimiento a Dios por darme la luz de la vida, a mis Padres por brindarme una formación moral y espiritual, Esposa e Hijos por su apoyo incondicional y a los profesores de la **UNI** por transmitirme sus conocimientos y formarme como un ingeniero emprendedor que el Perú necesita para iniciar el proceso de desarrollo tecnológico y económico.

Víctor Acevedo Saavedra

SUMARIO

El torno mecánico paralelo es una de las máquinas herramientas más importantes en el taller mecánico, su producción es básicamente pieza a pieza, con dificultades para mecanizar piezas de geometría complicada y sobre todo su baja productividad.

Sus Limitaciones y sus potenciales operativos mecánicos hacen posible su conversión haciendo uso del control numérico, en un torno a control numérico computarizado – CNC.

El diseño consiste en adicionarle al torno sobre su estructura, una unidad de gobierno que esta prevista de un teclado alfanumérico que permite introducir el programa de la pieza mecánica a mecanizar también permite al programador/operador seleccionar la herramienta adecuada para un determinado material de trabajo en el torno CNC, de seleccionar las velocidades de corte y la velocidad de avance longitudinal y transversal para los servomotores de ambos ejes respectivamente.

Adicionalmente debe tener un software con la opción de simulación del programa de diseño de la pieza mecánica a visualizarse en una pantalla LCD, esto permite efectuar las correcciones necesarias antes de comenzar el proceso de mecanizado, el programa emite listado de código de errores.

La unidad de gobierno tiene la opción de estar conectado a un computador personal a través de un puerto RS 232, también recibirá los valores reales del desplazamiento del eje "Z" y "X" provenientes de un encoder.

El accionamiento de los carros de desplazamiento en el eje X y Z, es por servomotores controlados por drives y los desplazamientos son medidos digitalmente de una forma incremental por un encoder colocado en los ejes de desplazamiento.

Al torno CNC se le dotara de un sistema de alimentación de material para la producción en serie y las modificaciones mecánicas para un perfecto funcionamiento y operatividad y dando cumplimiento a las normas técnicas, seguridad industrial y de protección del medio ambiente.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	4
FUNDAMENTOS Y PLANEAMIENTO DE LA CONVERSIÓN	
1.1. Descripción actual sin conversión	4
1.1.1. Plano de la pieza mecánica	4
1.1.2. Dificultades operativas	5
1.1.3. Elección y uso inadecuado de las cuchillas del torno	5
1.1.4. Excesivo número de mediciones y cambio de cuchilla	6
1.1.5. Complicado sistema de selección de velocidades	7
1.1.6. Aspectos de Productividad	8
1.1.7. Crecimiento de la demanda	8
1.1.8. Seguridad Industrial e Impacto Ambiental	8
1.1.9. Incumplimiento de Normas Técnicas	8
1.2. Objetivos de la Innovación Tecnológica	9
1.3. Evaluación del problema	10
1.4. Limitación de la conversión del torno mecánico a CNC	12
1.5. Síntesis del proceso de conversión	12
CAPITULO II	14
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.	
2.1. Antecedentes	15
2.2. Fundamentos tecnológicos	16
2.2.1. Torno	17
2.2.2. Partes	17
2.2.2.1. Bancada	17
2.2.2.2. Cabezal fijo	17
2.2.2.3. Cabezal móvil	18
2.2.2.4. Cono portaherramientas	19
2.2.2.5. Cadena cinemática	19

VII

2.2.2.6. Motor eléctrico	20
2.2.2.7. Caja de velocidades	20
2.2.2.8. Eje de avances	21
2.2.2.9. Principio de funcionamiento	21
2.3. Operaciones básicas en el torno	22
2.3.1. Cilindrado	22
2.3.2. Refrendado	23
2.3.3. Roscado	24
2.3.4. Ranurado	24
2.3.5. Moleteado	25
2.3.6. Mecanizado de piezas excéntricas	25
2.4. Factores tecnológicos del torneado	25
2.4.1. Velocidad de corte.....	26
2.4.2. Velocidad de rotación de la pieza (N)	26
2.4.3. Velocidad de avance	26
2.4.4. Profundidad de pasada	26
2.4.5. Potencia de máquina	26
2.4.6. Tiempo de torneado	27
2.5. Herramienta de tornear	27
2.6. Material de corte	29
2.6.1. Acero de herramientas no aleado.....	29
2.6.2. Acero de herramientas de baja aleación	29
2.6.3. Acero de herramientas de alta aleación	29
2.6.4. Metales duros	30
2.6.5. Material cerámico de corte	30
2.6.6. Diamantes industriales	30
2.7. Control Numérico computarizado – CNC	31
2.7.1. Máquinas CNC	32
2.7.1.1. Usillo de bolas circulares	33
2.7.1.2. Guía de los carros	34
2.7.1.3. Engranajes de cambio	34
2.7.2. Finalidad de las máquinas CNC.....	35

VIII

2.7.3. Tipos de máquinas CNC	36
2.7.4. Ventajas e inconvenientes de la máquinas CNC.....	37
2.7.5. Introducción a la programación.....	38
2.7.6. Denominación de la máquina según mecanizado.....	40
2.7.7. Trayectoria y cálculo de la posición y velocidad de desplazamiento CNC ..	42
2.7.7.1. Bucles para el central de posicionamiento.....	42
2.7.7.2. Regla de bluce cerrado de la posición	42
2.7.7.3. Regla del bluce cerrado de la velocidad.....	43
2.7.7.4. Regla de bluce abierto de la posición.....	44
2.8. Servomotor	45
2.8.1. Operación de un servo	46
2.8.2. Posición angular del servo	47
2.8.3. Características generales	48
2.8.4. Central de un servo	48
2.8.5. Circuito driver del servo.....	49
2.9. Encoder	51
2.9.1. Tipos de encoder	52
2.9.1.1. Encoder incremental	52
2.9.1.2. Encoder sinusoidal.....	52
CAPITULO III	54
PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA CONVERSIÓN	
3.1. Diagnostico situacional del proceso de producción	54
3.2. Alternativa de solución	55
3.3. Desarrollo tecnológico de la alternativa planteada.....	56
3.3.1. Máquina o torno mecánico.....	58
3.3.2. Ubicación de los equipos, servomotores y sensor	59
3.3.3. Elección del sistema de control.....	60
3.3.4. Elección del computador	61
3.3.5. Criterios técnicos para la unidad de gobierno	62

3.3.5.1. Configuración de FAGOR.....	63
3.3.5.2. Elementos constituyentes	63
3.3.5.3. Conexión a máquina	64
3.3.6. Proceso de medición de desplazamiento	66
3.3.6.1. Características técnicas del encoder.....	67
3.3.6.2. Consideraciones técnicas de acoplamiento	68
3.3.6.3. Consideraciones de cableado	68
3.3.6.4. Ajuste de la posición inicial	68
3.3.6.5. Interpolación.....	69
3.3.6.6. Determinación de los desplazamientos X y Z	69
3.3.6.7. Calculo de las velocidades en los ejes.....	70
3.3.6.8. Accionamiento Principal.....	71
3.3.7. Dispositivo de accionamiento de carros	71
3.3.8. Consideraciones de ajuste de máquina.....	72
3.3.8.1. Desplazamiento del punto cero	72
3.3.8.2. Desplazamiento del cero ajustable.....	73
3.3.8.3. Desplazamiento del cero programable.....	73
3.3.8.4. Desplazamiento del cero ajustable y programa	74
3.3.8.5. Determinación de los valores de desplazamiento.....	74
3.3.8.6. Entradas y salidas del conector I/O 1.....	75
3.3.8.7. Conector I/O 2.....	82
3.3.8.8. Esquema de la fuente de alimentación	86
3.3.8.9. Esquema del circuito de potencia.....	86
3.3.8.10. Circuito de corrección del OFF-SET	86
3.3.8.11. Circuito de fuerza.....	86
3.3.8.12. Circuito de mando	86
3.3.8.13. Circuito de freno.....	87
3.3.8.14. Circuito de conexión de drives	87
3.3.8.15. Circuito de I / 0 -1.....	87
3.3.8.16. Circuito de I / 0 – 2.....	87
3.3.8.17. Regleta de bornes	87
3.3.8.18. Cambiador de ganancia.....	87

3.3.8.19. Ubicación de elementos en el tablero eléctrico	87
3.3.8.20. Parámetros de maquina	87
3.3.8.21. Funciones preparatorias.....	88
3.3.8.22. Intercambio entre el CNC 8025T y el PLCI.....	88
3.3.8.23. Relación de materiales y componentes electrónicos.....	88
3.4. Recursos , comandos y programación del PLCI	
3.4.1. Recursos del PLCI.....	88
3.4.2. Propositiones directivas.....	89
3.4.3. Instrucciones de consulta simple	89
3.4.4. Instrucciones de consulta de detección de flancos	89
3.4.5. Instrucciones de consulta de comparación.....	89
3.4.6. Operadores.....	90
3.4.7. instrucciones de acción binaria de asignación	90
3.4.8. Instrucciones de acción binaria condicionadas	91
3.4.9. Instrucciones de acción de ruptura de secuencia.....	91
3.4.10. Instrucción de acción aritmética	91
3.4.11. Instrucción de acción lógica	92
3.4.12. Instrucciones de acciones especiales.....	92
3.4.13. Programa del PLCI	92
3.4.14. Bloqueo y desbloqueo del PLCI	94
3.5. Recursos humanos y Equipamiento	95
3.5.1. Recursos Humanos.....	95
3.5.2. Equipos y Materiales	96
3.5.3. Dimensionamiento de Componentes.....	96
3.5.3.1. Fusibles	96
3.5.3.2. Contactores	96
3.5.3.3. Reles	96

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	98
4.1. Cálculo de los costos de Producción en torno	98
4.2. Cálculo de los costos de Producción en torno CNC	100
4.3. Presupuesto de la conversión	101
4.4. Tiempo de Ejecución	102
4.5. Retorno de la inversión	103

Conclusiones

Anexos

- Anexo A
Fuente de alimentación D.C.
- Anexo B
Circuito de Alimentación Principal
- Anexo C
Corrección del OF-SET y Control de Ganancia
- Anexo D
Circuito de Fuerza del CNC
- Anexo E
Circuito de Mando del CNC
- Anexo F
Circuito de freno
- Anexo G
Circuito Conexión de Drivers
- Anexo H
Circuito de conexión I/O - 1
- Anexo I
Circuito de conexión I/O - 2
- Anexo J
Regleta de bornes del CNC -1
- Anexo K
Regleta de bornes del CNC - 2
- Anexo L
Tablero de ajuste de ganancia y OF-SET

- Anexo M
Plano de distribución de elementos
 - Anexo N
Parámetros de Máquina
 - Anexo O
Funciones preparatorias
 - Anexo P
Intercambio de información entre el CNC y PLCI
 - Anexo Q
Lista de componentes
- Bibliografía**

INTRODUCCIÓN

En el taller mecánico, el torno mecánico paralelo es la máquina herramienta con alta operatividad. Los principales trabajos a realizar con el torneado con arranque de viruta son el cilindrado, refrentado, roscado y moleteado.

Con los trabajos de torneado anteriormente mencionados se diseña, reconstruye y se adaptan piezas mecánicas destinados a la industria minera, parque automotor, industria ferretera estos son ejes de transmisión, bocinas, cigüeñales, bridas, poleas, válvulas, tornillo sin fin, acoplamientos y pines roscados.

En los análisis de los costos de fabricación de las piezas mecánicas se ha llegado a la conclusión que son relativamente elevados, encontrando las principales causas el tiempo empleado en el diseño, el tiempo de mecanizado y acabado final. En otras palabras baja productividad y rentabilidad.

La precisión de la pieza mecanizada no son las más adecuadas para determinadas necesidades o solicitudes de alta calidad, es decir se debe buscar la mínima tolerancia, el incumplimiento y la no aplicación de las normas técnicas de estandarización, seguridad industrial e impacto ambiental en la mayoría de talleres mecánicos o pequeñas industrias tanto formales como informales.

La producción de un torno mecánico es pieza a pieza es necesario acondicionarlo para una producción en serie y la dificultad para mecanizar piezas de geometría complicada.

Para mejorar el proceso de producción y hacer más rentable la actividad económica es efectuar la conversión del torno mecánico paralelo en un torno automático a control numérico computarizado – CNC.

Este proceso consiste en adicionarle una unidad de gobierno que esta provisto de un teclado alfanumérico, visualizador LCD, los circuitos electrónicos y el software respectivo. Esta unidad se conectara a una PC por un puerto RS 232. La información del valor

desplazamiento de los carros longitudinales es proporcionada a la unidad de gobierno por un encoder incremental colocada en los ejes.

La aplicación del control numérico computarizado – CNC en el proceso de conversión del torno, se obtendrá como resultado final piezas mecanizada de alta calidad, de elevada complejidad geométrica, una considerable disminución de los costos de producción y lo más importante introducir en el proceso productivo de la pequeña y mediana empresa en la producción en serie. De manera que lo hacemos más competitiva en el mercado metalmecánica y con posibilidades de exportación a los diferentes mercados tanto nacionales como internacionales.

En el proceso de sustentación de la innovación tecnológica a los directivos o gerentes de las empresas o dueños de los talleres mecánicos de la ventajas y beneficios de un proceso de conversión de sus tornos mecánicos a Control numérico Computarizado – CNC, pequeños y medianos. Es necesario mencionar la resistencia al desafío de invertir por considerarlo riesgosa, falta de visión, poco o bajo conocimiento de los mercados abiertos como los tratados de libre comercio con diferentes países, la competitividad, el conformismo con lo que se tiene y escaso interés de aplicar las normas técnicas de estandarización, seguridad industrial e impacto ambiental

La innovación tecnológica presentada tiene la posibilidad de efectuar mejoras como un torrete automático de selección de herramientas o un sistema hidráulico para el sostenimiento de la pieza, como es de estar conectado en red local de varios tornos puede incluir otras máquinas herramientas como por ejemplo una fresadora CNC.

Dado a la informalidad de las empresas en nuestro país, los datos estadísticos son poco exactos respecto al número de empresa en la actividad, teniendo solo información de las PYMES y las empresas aportantes al SENATI. La otra fuente de información es el número de vehículos usados importados el año 2007 y el índice de crecimiento del sector minero.

En el capítulo I, se describe el problema o la hipótesis que se demostrara, esto basado en un análisis del proceso productivo de un torno mecánico paralelo como parte integrante de la empresa y/o taller mecánico de producción. Nuestro objetivo de mejorar la productividad, calidad y ser competitivos en el mercado.

El capítulo II, se fundamenta las bases teóricas, es decir los fundamentos tecnológicos de haremos uso para efectuar la conversión. Descripción y funcionamiento del torno mecánico, control numérico computarizado CNC, la unidad de gobierno, variador de velocidad, servomotor, encoger, sensores, transductores y el diseño de la circuiteria necesaria.

El capítulo III, básicamente se plantean las alternativas de solución al problema, desarrollando la alternativa mas viable, se da a conocer los recursos humanos, materiales eléctricos, electrónicos y/o equipos para efectuar la innovación con las condiciones de operatividad planteadas.

En el Capítulo IV, un análisis de los resultados, así como el presupuesto, tiempo de ejecución y el retorno de la inversión

En la parte final se hace mención a las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS Y PLANEAMIENTO DE LA CONVERSIÓN

1.1 Descripción de la situación actual sin conversión

El proceso de conversión de un torno mecánico a un torno a Control Numérico Computarizado, es necesario considerarlo como una innovación tecnológica a los procesos productivos donde se emplea máquinas- Herramientas.

Después de realizar un análisis exhaustivo al estado situacional del torno mecánico, como parte integrante del proceso productivo de mecanizado de piezas en un taller mecánico de la industria formal e informal se ha llegado a determinar las causas principales que a continuación de describe.

1.1.1 Plano de la pieza mecánica.

El diseño de la pieza a mecanizar se realiza en la mayor parte de talleres de producción con el dibujo mecánico tradicional presentado muchas desventajas. El almacenamiento de la información es complicada y las modificaciones y/o correcciones a efectuarse durante el proceso requieren tiempo adicional.

El trabajo principal solicitado a los talleres es diseñar una nueva pieza a partir de una dañada, esto implica efectuar un proceso de medición. Por lo que es necesario emplear instrumentos de precisión y personal técnicamente capacitado para efectuarlos. Una incorrecta medición ocasionara que la pieza mecanizada tenga tolerancias inadecuadas y una baja calidad de presentación.

Es necesario mencionar que en talleres informales se recurre al dibujo a mano alzada y el mecanizado esta expuesto a la habilidad o destreza del operador del torno.

1.1.2 Dificultades operativas.

El torno mecánico presenta ciertas limitaciones de operatividad en el proceso de mecanizado de piezas de una geometría compleja como superficies esféricas arcos, cónicas, moleteados y refrentado. Ver Fig. 1.1.2

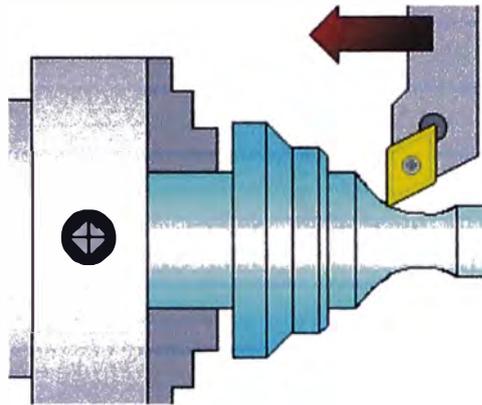


Fig.1.1.2 Limitaciones operativas del torno mecánico

1.1.3 Elección y uso inadecuado de cuchillas de torno.

Después de la solicitud del cliente para efectuar un determinado trabajo, se solicita información de las características técnicas del material a emplearse para el mecanizado de la pieza.

Una deficiente elección de la cuchilla con lleva una formación de viruta arrancada que hace presentar una superficie rugosa, una viruta desprendida y la otra posibilidad es la formación de viruta elástica que deforma la pieza en proceso de mecanizado

El trabajo debe efectuarse necesariamente con la cuchilla adecuada, teniendo en cuenta la dureza del material, la determinación de los ángulos de depulso, corte y filo para una correcta formación de viruta. Ver Fig. 1.1.3a, b y c.



Fig. 1.1.3a Viruta elástica

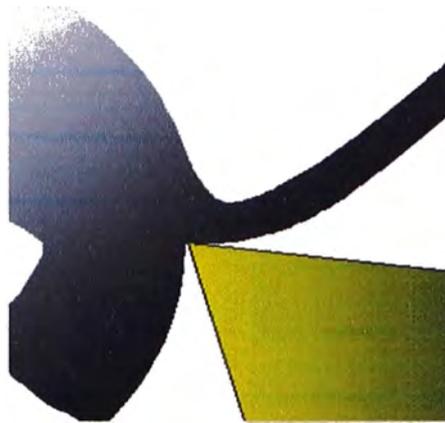


Fig. 1.1.3b Viruta desprendida



Fig. 1.1.3c Viruta rota

1.1.4 Excesivo número de mediciones y cambios de cuchillas

Durante el proceso de mecanizado el operario realiza un excesivo número de paradas para efectuar mediciones para verificar las dimensiones geométricas de la pieza, son tiempos muertos en el proceso. Y las paradas para los cambios de cuchilla

Adicionalmente se menciona como fuentes de error el uso de instrumentos de medición no calibrados, condiciones de medición (Deficiente iluminación) y fatiga del operario.

1.1.5 Complicado sistema de selección de velocidades.

Los diferentes valores de velocidad del usillo principal y la velocidad de avance del carro longitudinal se calculan de acuerdo al material de construcción de la pieza y la operación a realizar.

Estos valores están registrados en un ábaco metálico que se encuentra en la parte delantera del torno, existe la probabilidad de que el operario elija un valor inadecuado o que no exista el valor. Eso también constituye una apreciable fuente de error. Ver Fig. 1.1.5a , b.



Fig. 1.1.5a Panel frontal de velocidades de corte y avance

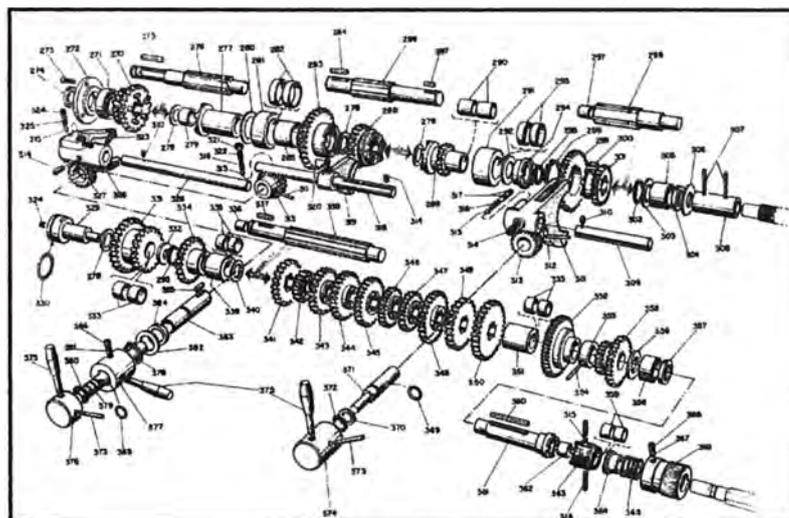


Fig. 1.1.3b Panel frontal de velocidades de corte y avance

1.1.6 Aspectos de productividad.

El torno mecánico esencialmente tiene un proceso de producción "Pieza a Pieza", por lo tanto una baja productividad

1.1.7 Crecimiento de la demanda

El crecimiento del parque automotor nacional, debido fundamentalmente a la importación de vehículos usados, extraoficialmente el año 2007 ingresó al país alrededor de 40,000 vehículos, esto implica necesariamente una demanda de reconstrucción, diseño y reparación de piezas mecánicas.

El incremento de la actividad minera que utiliza maquinaria pesada, por la naturaleza del trabajo que realizan requiere un mantenimiento y reparación de las piezas desgastadas y quebradas.

La industria ferretera para accesorios eléctricos y materiales de construcción ha tenido un crecimiento apreciable que es urgente atender sus necesidades y demandas.

1.1.8 Seguridad industrial e impacto ambiental

En los talleres mecánicos el número de accidentes de trabajo es muy elevado, Prácticamente el uso por parte del operador de lentes protectores, mascarillas antigases, orejeras, zapatos de punta acerada es limitada, las señalizaciones de las zonas o restricciones en el taller No existen.

No existe una política de acopio, traslado y eliminación de residuos sólidos altamente dañinos al medio ambiente.

1.1.9 Incumplimiento de normas técnicas

El proceso de diseño y mecanizado en la mayor parte de talleres no se aplican las normas técnicas. Por ejemplo no se utilizan las cuchillas Normalizadas por las normas ISO. Las tolerancias y ajustes respectivos.

1.2 Objetivos de la innovación tecnológica

Los principales objetivos de la conversión de un torno mecánico a CNC son los siguientes:

- a. Reducir los tiempos de elaboración de los planos de las piezas a mecanizar. haciendo flexible su modificación, corrección de errores, el almacenamiento masivo de la información en dispositivos de memoria electrónica y en los planos se apliquen las normas técnicas ISO.
- b. Hacer del torno mecánico, una máquina herramienta a control numérico para aplicar la producción en serie.
- c. Mecanizar piezas de elevada complejidad Geométrica
- d. Mejorar la calidad de la pieza mecanizada.
- e. Ahorro de energía mejorando los métodos de arranque de los motores
- f. Disminuir o minimizar los tiempos muertos en el proceso de mecanizado, esto por el elevado numero de paradas que efectúa el operador para efectuar mediciones para verificar las dimensiones reales de la pieza y cuando realiza cambio de cuchillas.
- g. Independizar el sistema de rotación del usillo principal del sistema de control de velocidad del carro longitudinal.
- h. Cumplimiento de normas técnicas internacionales ISO, del proceso de fabricación.
- i. Aplicación de las normas de seguridad Industrial, para prevenir accidentes personales y daños a la salud del operador
- j. Protección y conservación del medio ambiente, efectuando el acopio seleccionado de residuos sólidos y su posterior transporte y eliminación adecuada.
- k. La posibilidad de trabajar en Red de máquinas a CNC y otras aplicaciones

1.3 Evaluación del problema

El torno mecánico es una máquina herramienta que trabaja en un sistema de producción pieza a pieza, por lo tanto podemos cuantificar el tiempo que se utiliza en el mecanizado de una pieza. Ver Fig. 1.3

Dado la solicitud del cliente el proceso del cálculo promedio del tiempo, a máquina seca es como sigue:

Dimensiones:

Longitud = 100 mm

Diámetro = 52 mm

Material: ST 46

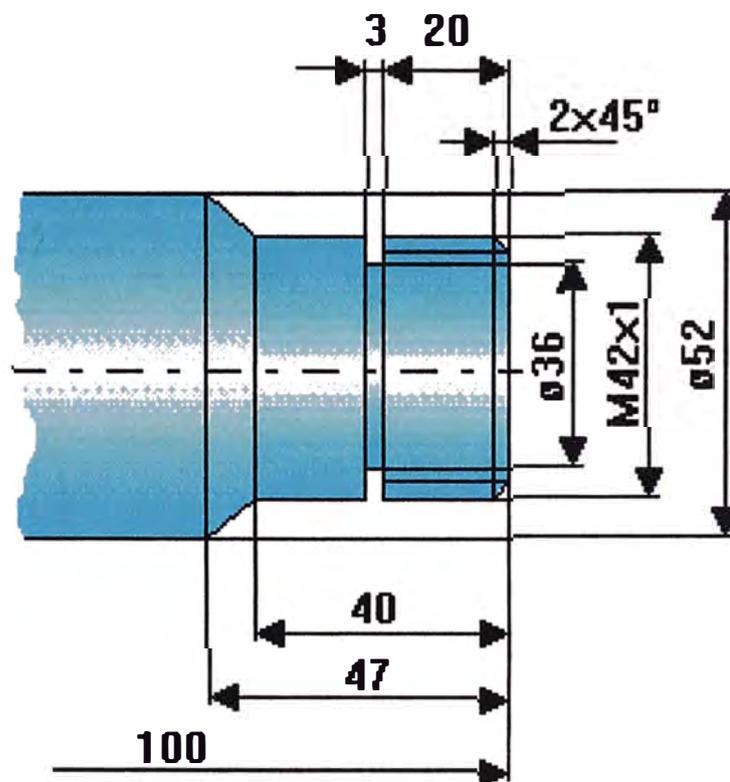


Fig. 1.3 Pieza a mecanizar

La tabla 1.3 nos muestra los tiempos de cada paso en el proceso de mecanizado

lt.	PASOS DEL PROCESO	CANT.	TIEMPO (hr)	TOTAL PARCIAL (hr)
1	Diseño de Plano de la Pieza Mecánica	01	2	2
2	Requerimiento de Material con los Datos Técnicos	01	0.5	0.5
3	Colocación de la Pieza y Cuchillas en el torno	01	0.5	0.5
4	Numero de Pasadas	10	0.008	0.08
5	Tiempo de paradas para verificar medidas	10	0.08	0.8
6	Tiempo de paradas para cambiar cuchillas	05	0.16	0.8
7	Desmontaje y verificación final	01	0.016	0.16
	TOTAL		4.84hr	

Tabla 1.3 Tiempo de mecanizado

Es decir mecanizar una pieza de regular dificultad geométrica se usa en , promedio un tiempo de 4.84 Hrs.

Si la solicitud es de 100 piezas el tiempo total promedio seria de 484 horas, aproximadamente 60 días en una jornada normal de trabajo de 8 horas/diarias

El precio promedio sin material es de 40 soles, por lo que se concluye que se tiene una rentabilidad baja. A esto debemos sumarle el consumo de energía, deprecación de la máquina y pago del operador.

Conclusión: La productividad es baja en una producción pieza - pieza

1.4 Limitaciones de la conversión del torno mecánico a CNC

Es necesario mencionar las dificultades e inconvenientes encontrados cuando se plantea una alternativa de solución a los propietarios o personal a cargo del taller mecánico.

- a. La inversión económica del proceso de conversión inicialmente es relativamente elevada, generando esto diversos argumentos para no invertir.
- b. El proceso de conversión implicara necesariamente una paralización del torno, la consecuencia es que durante este tiempo los ingresos económicos disminuirán considerablemente.
- c. Escaso personal capacitado en operar, dar mantenimiento y reparar máquinas a control numérico.
- d. Relativa oferta de programadores de máquinas a CNC
- e. Escasos centros que ofrezcan cursos de capacitación y de actualización en máquinas a control numérico.
- f. Costos de mantenimiento y reparación altos

1.5 Síntesis del proceso de conversión

Para efectuar una conversión adecuada es necesario seguir los siguientes pasos.

- a. Proceso de acopio de información de los datos técnicos mecánicos y eléctricos del torno paralelo con la finalidad de elegir las características técnicas de los componentes y/o equipos que se necesitaran en la conversión.
- b. Elegir el tipo de control numérico a emplear en la conversión del torno mecánico
- c. Selección adecuada de la Unidad de Gobierno. Esta constituye el cerebro de la máquina por lo que debe tener las funciones necesarias que permitan realizar trabajos diversos. De igual manera le PC respectiva.

- d. Seleccionar el tipo de medición de los desplazamientos de los ejes X y Z.
- e. Selección del servomotor y del encoder para mover el carro longitudinal y transversal. Y llevar las señales al comparador de la unidad de gobierno con las características técnicas de acuerdo a las necesidades de la conversión
- f. Diseño de los circuitos eléctricos y electrónicos
- g. Planificación de las modificaciones en la estructura, elección del lugar adecuado de la unidad de gobierno, del tablero eléctrico de manera que sea accesible al operador.
- h. Requerimiento de componentes, dispositivos eléctricos, y electrónicos con las características técnicas necesarias para que cumplan las funciones dadas
- i. Requerimiento del material de ferretería
- j. Fijación del tablero eléctrico, unidad de gobierno, los servomotores
- k. Calibración de la Conversión del torno mecánico en CNC
- l. Puesta en marcha

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes:

Con la posibilidad de poder cilindrar y dar forma a diversos utensilios, instrumentos y piezas ornamentales de madera y hueso, el hombre inventó y desarrolló el proceso de torneado.

El torno es una de las primeras máquinas inventadas remontándose su uso quizá al año 1000 y con certeza al 850 a.c. La imagen más antigua que se conserva de los primitivos tornos es un relieve hallado en la tumba de Petosiris, un sumo sacerdote egipcio que murió a fines del siglo I, 1250 nació el torno de pedal y pértiga flexible, que representó un gran avance sobre el accionado por arquillo, puesto que permitía dejar las manos del operario libres para manejar la herramienta. A comienzos del siglo XV se introdujo un sistema de transmisión por correa, que permitía usar el torno en rotación continua. A finales del siglo XV, Leonardo da Vinci trazó en su Códice Atlántico el boceto de varios tornos que no pudieron ser construidos entonces por falta de medios pero que sirvieron de orientación para futuros desarrollos.

Hacia 1480 el pedal fue combinado con un vástago y una biela. Con la aplicación de este mecanismo nació el torno de accionamiento continuo, lo que implicaba el uso de biela-manivela, que debía ser combinada con un volante de inercia para superar los puntos muertos.

Se inició el mecanizado de metales no férreos, como latón, cobre y bronce y, con la introducción de algunas mejoras, este torno se siguió utilizando durante varios siglos. En la primitiva estructura de madera se introdujeron elementos de fundición, tales como la rueda, los soportes del eje principal, contrapunto, apoyo de herramientas y, hacia el año 1586, el mandril (una pieza metálica, cilíndrica, en donde se fija el objeto a tornerar)

Al comenzar la Revolución Industrial en Inglaterra, durante el siglo XVII, se desarrollaron tornos capaces de dar forma a una pieza metálica. El desarrollo del torno pesado industrial para metales en el siglo XVIII hizo posible la producción en serie de piezas de precisión.

En la década de 1780 el inventor francés Jacques de Vaucanson construyó un torno industrial con un portaherramientas deslizante que se hacía avanzar mediante un tornillo manual. Hacia 1797 el inventor británico Henry Maudslay y el inventor estadounidense David Wilkinson mejoraron este torno conectando el portaherramientas deslizante con el 'husillo', que es la parte del torno que hace girar la pieza trabajada. Esta mejora permitió hacer avanzar la herramienta de corte a una velocidad constante. En 1820, el mecánico estadounidense Thomas Blanchard inventó un torno en el que una rueda palpadora seguía el contorno de un patrón para una caja de fusil y guiaba la herramienta cortante para torneear una caja idéntica al patrón, dando así inicio a lo que se conoce como torno copiador.

El torno revólver, desarrollado durante la década de 1840, incorpora un portaherramientas giratorio que soporta varias herramientas al mismo tiempo. En un torno revólver puede cambiarse de herramienta con sólo girar el portaherramientas y fijarlo en la posición deseada. Hacia finales del siglo XIX se desarrollaron tornos de revólver automáticos para cambiar las herramientas de forma automática. En 1833, Joseph Whitworth se instaló por su cuenta en Manchester. Sus diseños y realizaciones influyeron de manera fundamental en otros fabricantes de la época. En 1839 patentó un torno paralelo para cilindrar y roscar con bancada de guías planas y carro transversal automático, que tuvo una gran aceptación. Dos tornos que llevan incorporados elementos de sus patentes se conservan en la actualidad. Uno de ellos, construido en 1843, se conserva en el "Science Museum" de Londres. El otro, construido en 1850, se conserva en el "Birmingham Museum".

Fue J.G. Bodmer quien en 1839 tuvo la idea de construir tornos verticales. A finales del siglo XIX, este tipo de tornos eran fabricados en distintos tamaños y pesos. El diseño y patente en 1890 de la caja de Norton, incorporada a los tornos paralelos, dio solución al cambio manual de engranajes para fijar los pasos de las piezas a roscar.

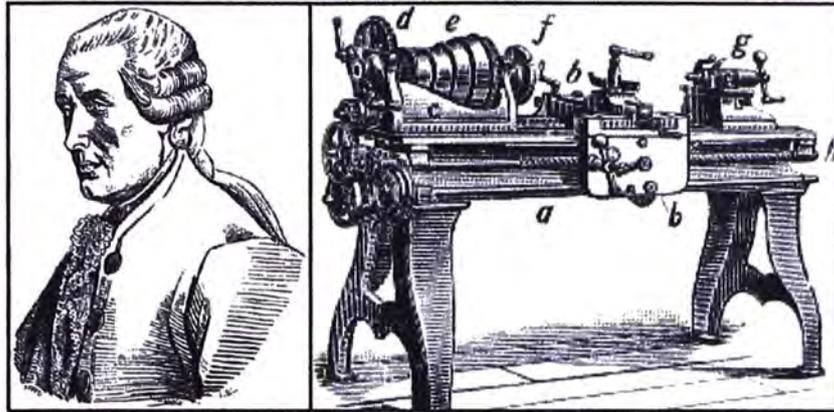


Fig. 2.1 Jacques de Vaucanson

2.2 Fundamentos tecnológicos

2.2.1 El Torno.

Es una máquina – herramienta de utilización múltiple para el método de fabricación pieza a pieza, se puede efectuar trabajos de torneado con arranque de viruta como, cilindrar, roscar, refrentar, terrajeado y moleteado. Desde pequeñas hasta grandes piezas o para procesos especiales de trabajo, como por ejemplo el destalonado de herramientas de fresar. Ver Fig. 2.2.1

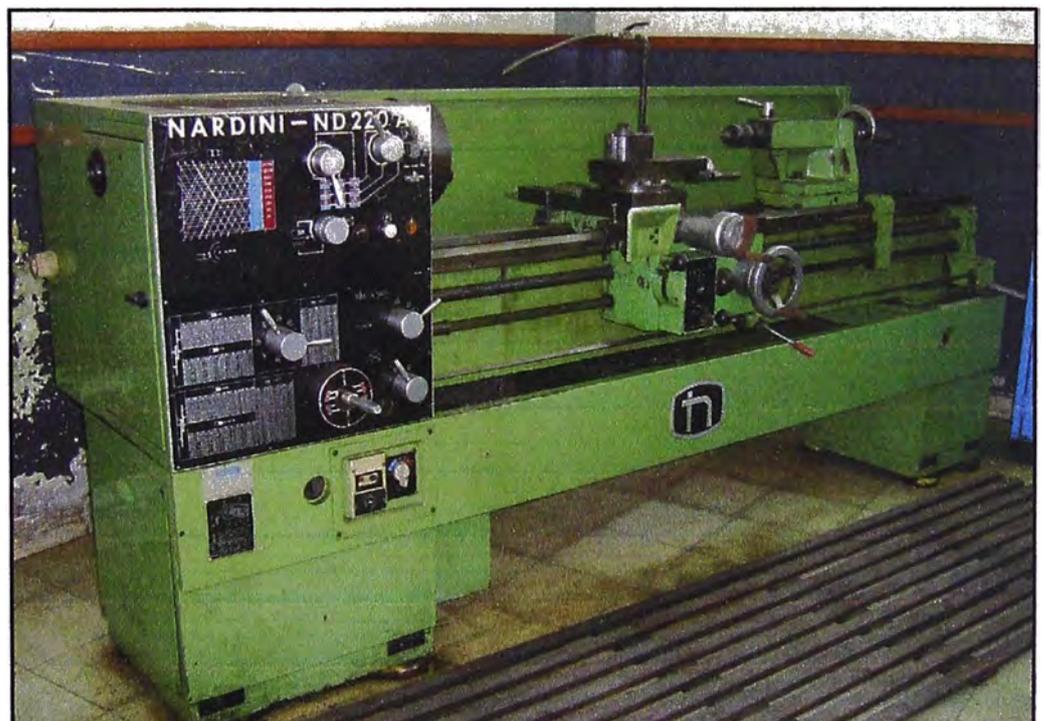


Fig. 2.2.1 Torno Mecánico

2.2.2 Partes: Las principales son:

2.2.2.1 Bancada:

Sirve de soporte para las otras unidades del torno. En su parte superior lleva unas guías por las que se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal. Ver Fig. 2.5.2.1



Fig. 2.5.2.1 Bancada

2.2.2.2 Cabezal Fijo:

Contiene los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Incluye el motor, el husillo, el selector de velocidad, el selector de unidad de avance y el selector de sentido de avance. Además sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se apoya en el husillo. Fig. 2.2.2.2a

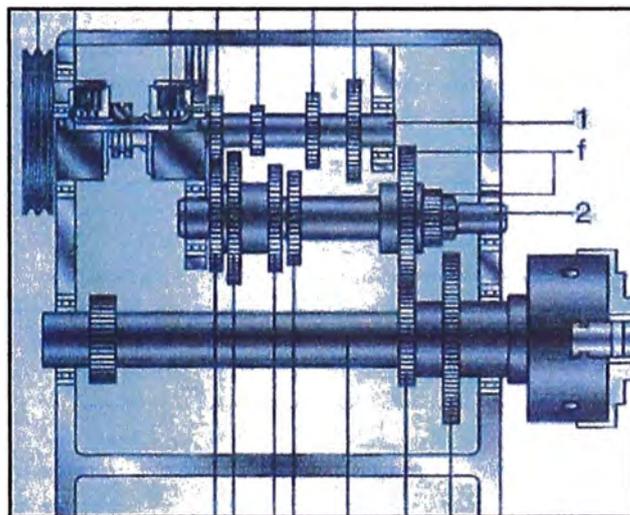


Fig. 2.2.2.2a Cabezal Fijo con Engranajes



Fig. 2.2.2.2b Cabezal Fijo

2.2.2.3 Cabezal Móvil:

El contrapunto puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo. La función primaria es servir de apoyo al borde externo de la pieza de trabajo.

El cabezal móvil o contra cabezal esta apoyado sobre las guías de la bancada y se puede desplazar manualmente a lo largo de ellas según la longitud de la pieza a mecanizar, llevado al punto deseado. Ver Fig. 2.2.2.3



Fig. 2.2.2.3 Cabezal Móvil

2.2.2.4 Carro Portaherramientas:

Consta del carro principal, que produce los movimientos de avance y profundidad de pasada, el carro transversal, que se desliza transversalmente sobre el carro principal, y el carro superior orientable, formado a su vez por tres piezas: la base, el charriot y el portaherramientas. Su base está apoyada sobre una plataforma giratoria para orientarlo en cualquier dirección. Ver Fig. 2.2.2.4

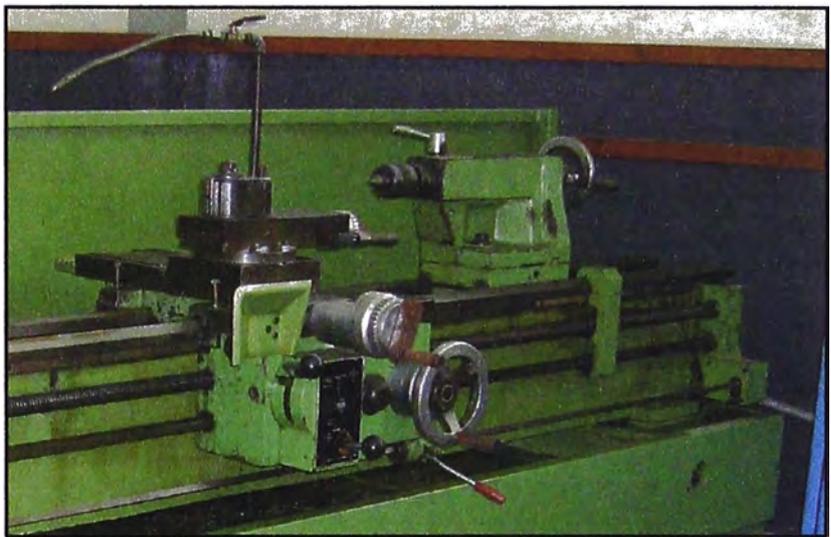


Fig. 2.2.2.4 Cabezal Principal

2.2.2.5 Cadena Cinemática:

La cadena cinemática genera, transmite y regula los movimientos de los elementos del torno, según las operaciones ha realizar. Ver Fig. 2.2.2.5



Fig. 2.2.2.5 Eje principal y eje para roscar

2.2.2.6 Motor Eléctrico:

Genera el esfuerzo y trabajo de mecanizado. Ver Fig. 2.2.2.6

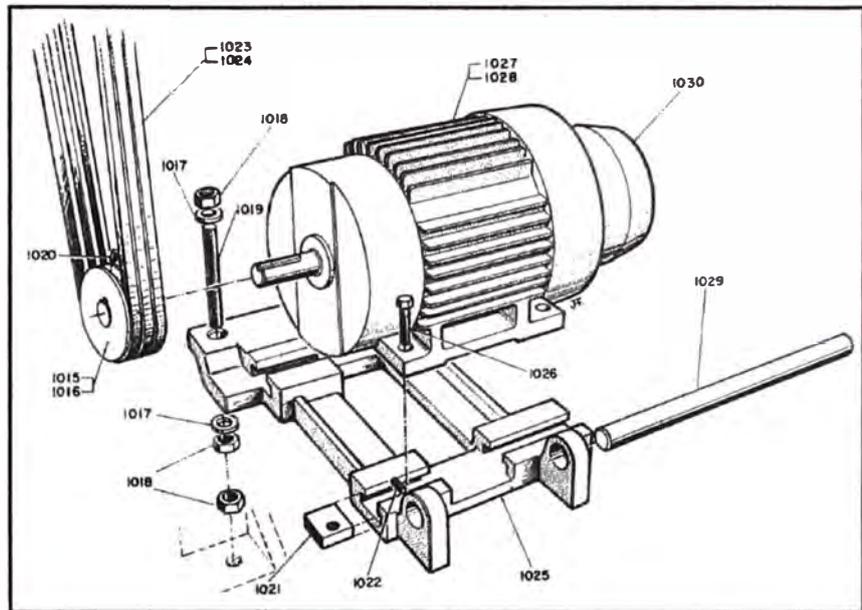


Fig. 2.2.2.6 Motor Eléctrico

2.2.2.7 Caja de velocidades:

Determina la velocidad y el sentido de giro del motor (H4), En la imagen se puede ver el cabezal de un torno paralelo, el eje principal sobre el que esta montado el plato (H4), las palancas de la caja de velocidades e inversor de giro (H2) (H3) y (H5). Ver Fig. 2.2.2.7

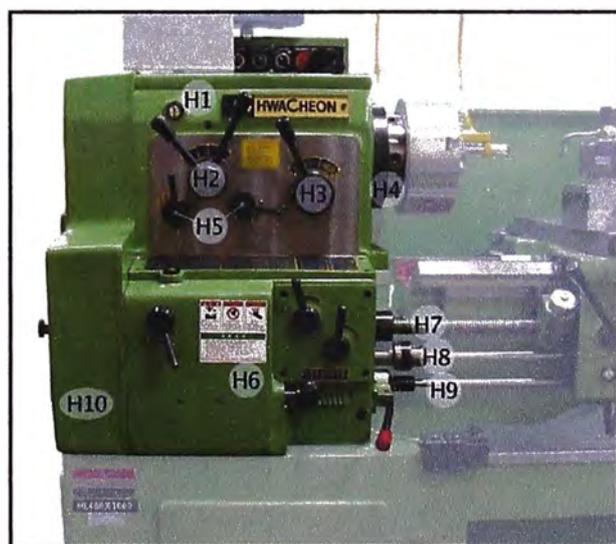


Fig. 2.2.2.7 Caja de velocidades

2.2.2.8 Ejes de Avances:

Se tiene dos ejes el de cilindrar y de roscar.

Eje de cilindrar (H8), ranurado para transmitir un movimiento rotativo a los mecanismos del carro principal, este movimiento se emplea tanto para el desplazamiento longitudinal del carro principal, como para el transversal del carro transversal.

Eje de roscar (H7), roscado en toda la longitud que puede estar en contacto con el carro, el embrague de roscar es una tuerca partida que abraza este eje cuando está embragado, los avances con este eje son más rápidos que con el de cilindrar, y se emplea como su nombre indica en las operaciones de roscado.

Transmite la velocidad al carro de avances con la que se establecen las distintas velocidades de avance de los carros.

2.3 Principio básico de funcionamiento:

El torno es una máquina que trabaja en el plano porque solo tiene dos ejes de trabajo, normalmente denominados Z y X. La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se tornea, llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve según el eje X, en dirección radial a la pieza que se tornea, y puede haber un tercer carro llamado charriot que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la torreta portaherramientas. Cuando el carro principal desplaza la herramienta a lo largo de la pieza produce torneados cilíndricos, y cuando el carro transversal se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentada. Los tornos copiadores, automáticos y de Control Numérico llevan sistemas que permiten trabajar a los dos carros de forma simultánea, consiguiendo cilindrados cónicos y esféricos. Los tornos paralelos llevan montado un tercer carro, de accionamiento manual y giratorio, llamado charriot, montado sobre el carro transversal. Con el charriot inclinado a los grados necesarios es posible mecanizar conos. Encima del charriot va fijada la torreta portaherramientas. Ver Fig. 2.3 a y b.

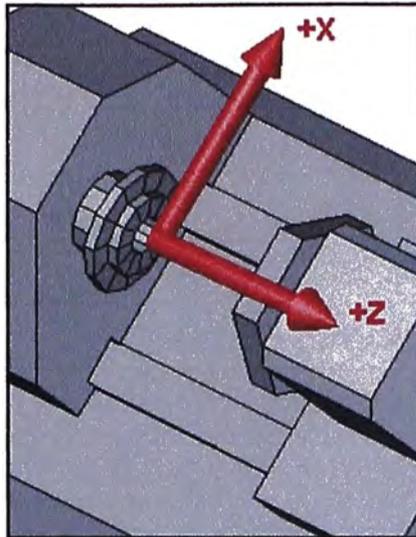


Fig. 2.3a Ejes del torno

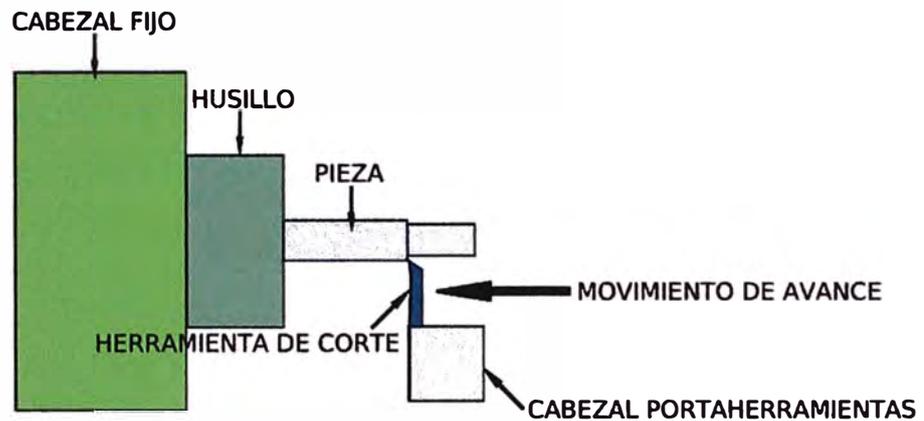


Fig. 2.3b Funcionamiento del torno

2.4 Operaciones con el torno. Las principales son:

2.4.1 Cilindrado:

Esta operación consiste en la mecanización exterior a la que se somete a las piezas que tienen mecanizados cilíndricos. Para poder efectuar esta operación, con el carro transversal se regula la profundidad de pasada y, por tanto, el diámetro del cilindro, y con el carro paralelo se regula la longitud del cilindro. El carro paralelo avanza de forma automática de acuerdo al avance de trabajo deseado. En este procedimiento, el acabado superficial y la tolerancia que se obtenga puede ser un factor de gran relevancia.

Para asegurar calidad al cilindrado el torno tiene que tener bien ajustada su alineación y concentricidad. En este procedimiento, el acabado

superficial y la tolerancia que se obtenga puede ser un factor de gran relevancia. Para asegurar calidad al cilindrado el torno tiene que tener bien ajustada su alineación y concentricidad. Ver Fig. 2.4.1

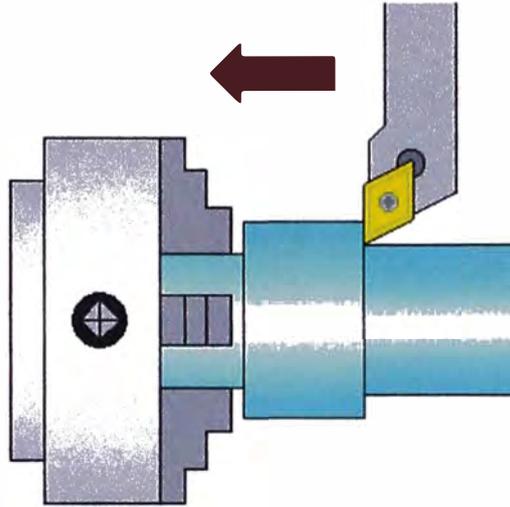


Fig. 2.4.1 Cilindrado

2.4.2 Refrentado:

La operación de refrentado consiste en un mecanizado frontal y perpendicular al eje de las piezas que se realiza para producir un buen acoplamiento en el montaje posterior de las piezas torneadas. Esta operación también es conocida como fronteo. La problemática que tiene el refrentado es que la velocidad de corte en el filo de la herramienta va disminuyendo a medida que avanza hacia el centro, lo que ralentiza la operación. Ver Fig. 2.4.2

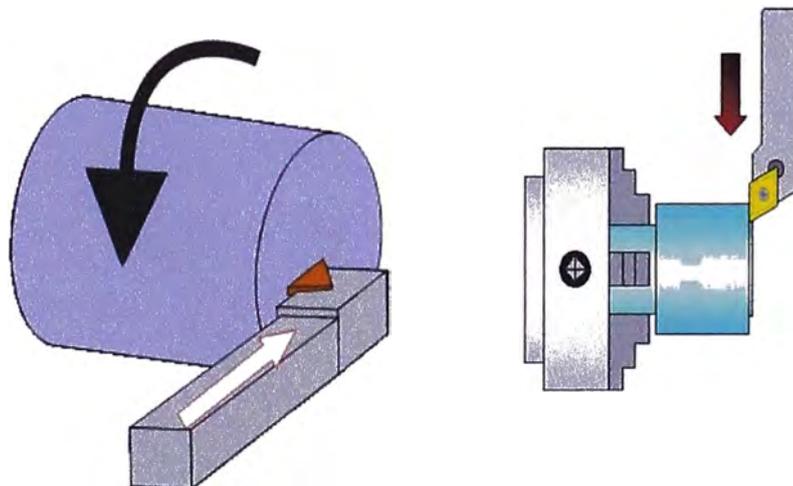


Fig. 2.4.2 Refrentado

2.4.3 Roscado:

Hay dos sistemas de realizar roscados en los tornos, de un lado la tradicional que utilizan los tornos paralelos, mediante la Caja Norton. Ver Fig. 2.4.3

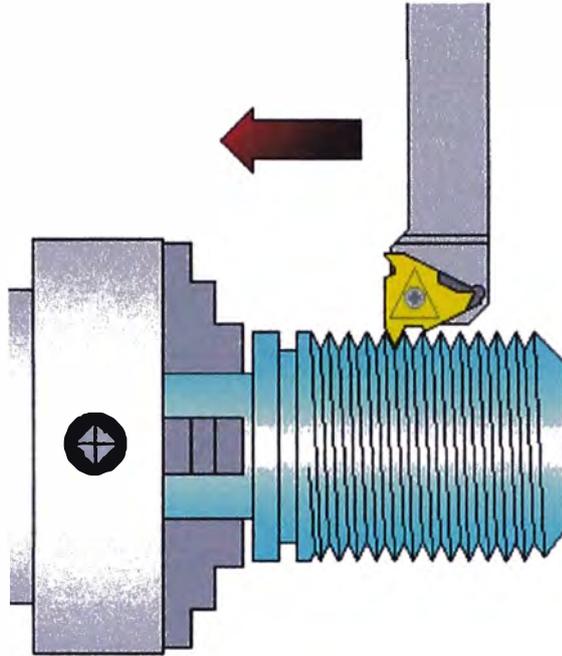


Fig. 2.4.3 Roscado

2.4.4 Ranurado:

El ranurado consiste en mecanizar unas ranuras cilíndricas de anchura y profundidad variable en las piezas que se tornearn, las cuales tienen muchas utilidades diferentes. Ver Fig. 2.4.4

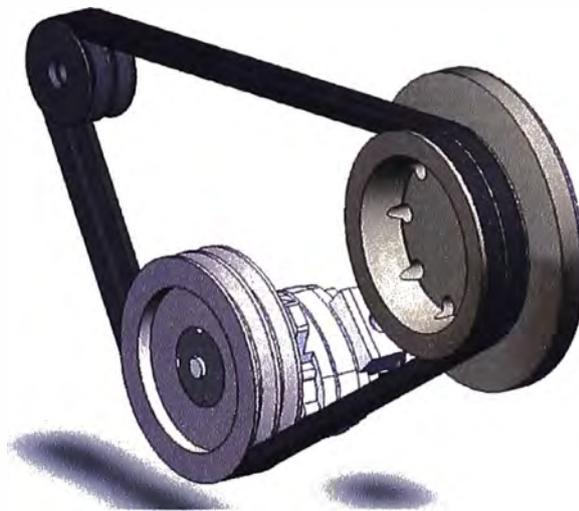


Fig. 2.2.4 Ranurado en poleas

2.4.5 Moleteado:

El moleteado es un proceso de conformado en frío del material mediante unas moletas que presionan la pieza mientras da vueltas. Dicha deformación produce un incremento del diámetro de partida de la pieza. El moleteado se realiza en piezas que se tengan que manipular a mano, que generalmente vayan roscadas para evitar su resbalamiento que tendrían en caso de que tuviesen la superficie lisa. Ver Fig. 2.4.5.

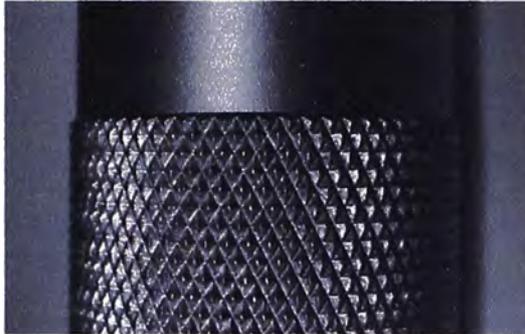


Fig. 2.4.5 Moleteado en una Tuerca

2.4.6 Mecanizado de Excéntricas:

Una excéntrica es una pieza que tiene dos o más cilindros con distintos centros o ejes de simetría, tal y como ocurre con los cigüeñales de motor, o los ejes de levas. Una excéntrica es un cuerpo de revolución y por tanto el mecanizado se realiza en un torno. Ver Fig. 2.4.6

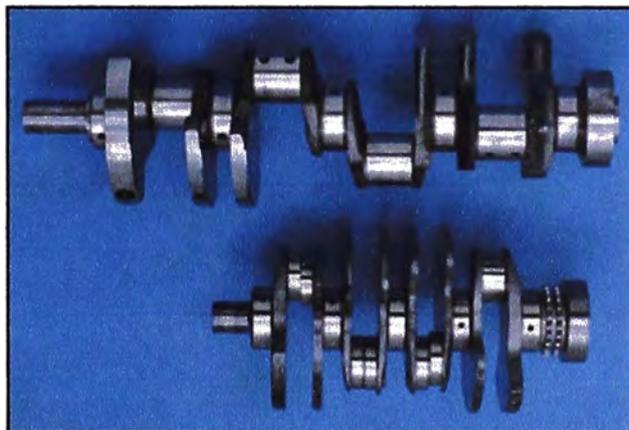


Fig. 2.4.6 Construcción de cigüeñales

2.5 Factores Tecnológicos del Torneado

Se tiene siete parámetros determinantes:

2.5.1 Velocidad de Corte (Vc):

Se define como la velocidad lineal en la periferia de la zona que se está mecanizando. Su elección viene determinada por el material de la herramienta, el tipo de material de la pieza y las características de la máquina. Una velocidad alta de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo pero acelera el desgaste de la herramienta. La velocidad de corte se expresa normalmente en metros/minuto. Ver ecuación 2.5

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \dots\dots\dots (2.5)$$

Donde:

D: Diámetro de la pieza en mm.

n: Velocidad de la pieza por minuto

V: Velocidad de corte en m/min

2.5.2 Velocidad de rotación de la pieza (N):

Normalmente expresada en revoluciones por minuto (RPM), se calcula a partir de la velocidad de corte y del diámetro mayor de la pasada que se está mecanizando.

2.5.3 Velocidad de avance (F):

Definido como la velocidad de penetración de la herramienta en el material. Se puede expresar de dos maneras: bien como milímetros de penetración por revolución de la pieza o bien como milímetros de penetración por minuto de trabajo.

2.5.4 Profundidad de pasada:

Es la distancia radial que abarca una herramienta en su fase de trabajo. Depende de las características de la pieza y de la potencia del torno.

2.5.5 Potencia de máquina:

Está expresada en Kw., y es la que limita las condiciones generales del mecanizado, cuando no está limitado por otros factores.

2.5.6 Tiempo de torneado (T):

Es la que limita las condiciones generales del mecanizado, cuando no está limitado por otros factores. Ver Fig. 2.5.6

$$t = \frac{L}{an} \dots\dots\dots(2.5)$$

Donde:

L: Longitud torneada en mm-

a: Avance en mm por vuelta

n: Revoluciones de la pieza por minuto

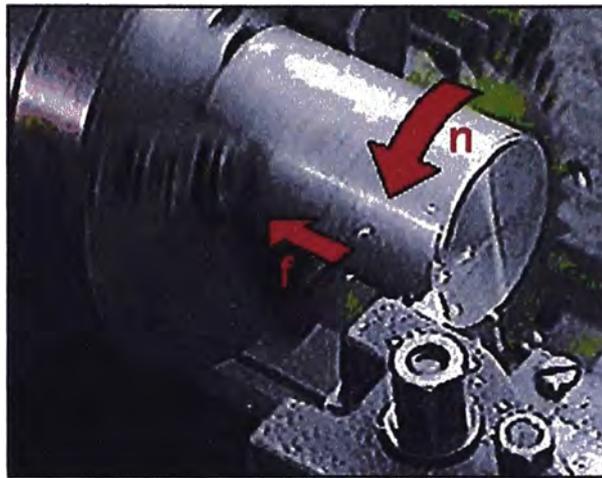


Fig. 2.5.6 Sentidos de las velocidades

2.6 Herramientas de torrear:

Las nueve herramientas más importantes son aceptadas por las normas ISO.

Las herramientas con placas de corte de metal duro están normalizadas en DIN 4971 a DIN 4981 y las de placas de corte de acero rápido en DIN 4951 a DIN 4965. Ver Fig. 2.6a

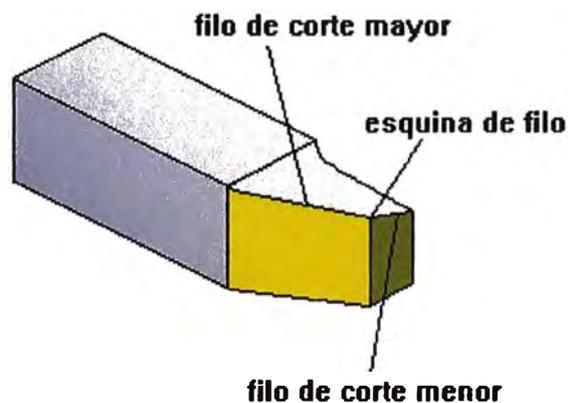
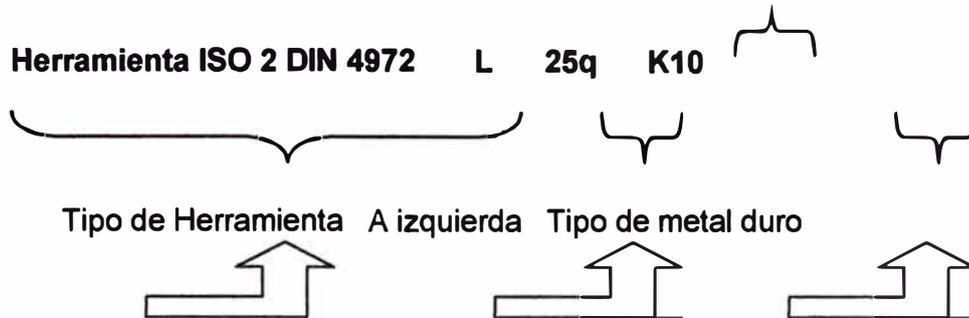


Fig. 2.6a Herramienta de Corte

La definición de una cuchilla de torno esta dado por ver tabla 2.6

Mango Cuadrado



Sección del mango	Cuadrada: q 	Rectangular: h 	Circular: r 
ISO 1	101216202532	2025324050	
ISO 2	101216202532		
ISO 3		162025324050	
ISO 4	101216202532	20253240	
ISO 5	101216202532		
ISO 6	101216202532	20253240	
ISO 7		12162025324050	
ISO 8	101216202532		81012162025
ISO 9	101216202532		81012162025

Nº	Nombre de la Cuchilla
ISO 1	Cuchilla Recta
ISO 2	Cuchilla Acodada
ISO 3	Cuchilla De Escuadrar
ISO 4	Cuchilla Plana
ISO 5	Cuchilla Frontal Escalonada
ISO 6	Cuchilla Lateral Escalonada
ISO 7	Cuchilla De Tronzar
ISO 8	Cuchilla De Interiores
ISO 9	Cuchilla De Escuadra Interior

Tabla 2.6 Normas ISO

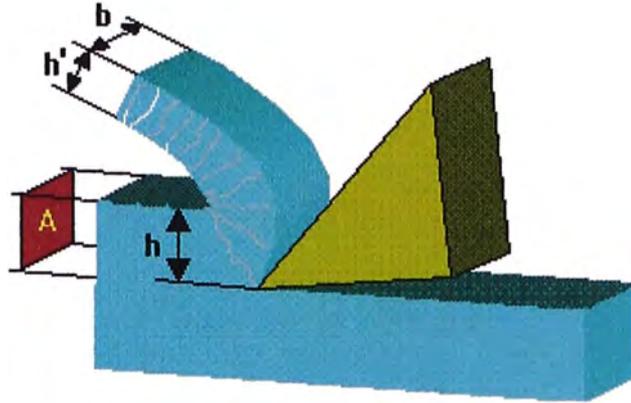


Fig. 2.6b Trabajo de una Herramienta de torno

2.7 Material de corte:

Los filos de las herramientas se fabrican de diversos materiales. Para su elección se determina el material de la pieza a mecanizar, la velocidad de corte deseada y el acabado de la superficie, así como la frecuencia de utilización y el precio.

2.7.1 Acero de herramientas No aleado:

Llamado acero al carbono, dureza hasta 250 °C, Usado como cuchillas de forma para el mecanizado de metales ligeros.

2.7.2 Acero de herramientas de baja aleación:

Dureza hasta los 400 °C

2.7.3 Acero de herramientas de alta aleación:

Acero rápido HSS, Dureza hasta los 600 °C, Aleado con Tungsteno, vanadio y cobalto, usado en brocas, fresas y escariadores. Ver Fig. 2.7.3

HSS- Herramientas de acero super-rápido	
material	velocidad de corte en m/ min.
acero	20 - 40
hierro fundido	20 - 40
latón	40 - 70
aluminio	40 - 80

Fig. 2.7.3 Velocidad de Corte para herramientas HSS

2.7.4 Metales duros.

Dureza hasta los 900 °C, Se usan para placas de corte y se sueldan a los mangos de acero de las herramientas. Ver Fig. 2.7.4



Fig. 2.7.4 Material duro

2.7.5 Material cerámico de corte.

Dureza hasta los 1,300 °C, Las plaquitas de óxidos metálicos sinterizados se sujetan al portaherramientas. Son más resistentes que los metales duros pero muy frágiles. No son apropiados para corte discontinuo. Ver Fig. 2.7.5



Fig. 2.7.5 Material cerámico de corte

2.7.6 Diamantes industriales:

Dureza hasta los 900 °C, Solo puede ser usados con avances muy bajos (0,02 a 0,06 mm) y profundidades de corte pequeñas, pero a velocidades de corte muy elevadas (1,000m/min.) Ver Fig. 2.7.4

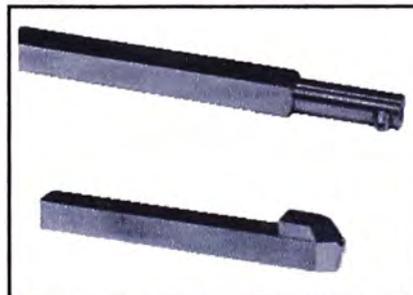


Fig. 2.7.6 Diamantes Industriales

2.8 Control numérico computarizado – CNC:

El control numérico (CN) o máquina de control CN puede designarse como máquina que es mandada por órdenes de letras y números (alfanuméricos).

Los estudios realizados en todos los países para automatizar los procesos de mecanizado, en especial en máquinas-herramientas con desprendimiento de viruta, dio como resultado los automatismo mandados por levas. Este tipo de mando se utilizó, y se sigue empleando todavía en la actualidad, pero los cambios de herramientas y la sujeción de éstas necesitan mucho tiempo, las posibilidades están muy limitadas y, además, el trabajo es poco flexible.

En 1942, en los Estados Unidos de América, se realiza el proyecto y ejecución de una máquina automática que definía gran cantidad de puntos con objeto de mecanizar las piezas, de difícil proceso y complejas formas, que en una máquina convencional prácticamente no se podían resolver, En 1948 se comenzó a desarrollar un sistema en el que un ordenador se encargaba del mando de una máquina-herramienta. En 1953 el Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT) nombra el numeral control (CN). En 1957 aparece la máquina-herramienta con mando numérico. Y en la década de los sesenta aparece el llamado control adaptativo, el cual permite regular la máquina tanto en lo referente a los avances de los carros como a las revoluciones del husillo portaherramientas, posicionamientos, etc. También por esas fechas, 1969, los fabricantes alemanes logran su primera máquina-herramienta CN, presentada en la feria de Hannover.

Es aproximadamente en 1968 cuando se pone en práctica el control numérico directo (DNC), que permite que una computadora central maneje y controle varias máquinas a la vez.

Se puede decir que el control numérico es un sistema de fabricación mediante el cual la máquina es controlada por informaciones alfanuméricas introducidas mediante un programa que puede ser comprobado y evaluado en el ordenador para su posterior mecanizado.

Con un CNC podemos controlar

- Movimientos de cabezal y ejes (carros).

- Los cambios de herramientas y piezas.
- Los valores de avances y revoluciones.
- Salida de lubricante-refrigerante.

2.8.1 Máquinas a CNC

Básicamente son similares a las máquinas-herramientas convencionales estudiadas en el capítulo I de esta obra. No obstante, existen algunas diferencias constructivas entre unas y otras. Una de ellas es que para mecanizar una pieza en máquina convencional el trabajador debe mover los carros con ayuda de los volantes de tal modo que consiga el perfil deseado, todo ello de forma manual. El operario tiene que controlar la velocidad de corte, giro de la herramienta, la refrigeración, el avance de los carros, etc.

En las máquinas-herramientas con control

Numérico no podemos girar ningún volante a mano. Para ello todos los carros de los ejes van provistos de motores de avances propios. El movimiento de giro del motor de avance se traduce en un movimiento rectilíneo del carro de máquina, por medio de un husillo y una tuerca, todo ello de forma automática.

Si combinamos movimientos de dos ejes a la vez, logramos rectas inclinadas o arcos de circunferencia, dependiendo de la orden de interpolación que le demos al CNC.

Para desplazar la herramienta o la pieza, el mando numérico CNC emite señales eléctricas a los motores de avance que correspondan, a conseguir el movimiento a los ejes (carros) la máquina. Las señales se refuerzan antes entrar en los motores mediante amplificadores del accionamiento.

Estas máquinas llevan también incorporados elementos para reconocer las diferentes órdenes que se les envían desde el CNC. Lo normal es que se utilicen captadores y regletas ópticos o fotoeléctricos, que actúa como sistema para gobernar la medición del recorrido de los ejes, es decir, que exista un código o «lenguaje» común entre el armario de control CNC y la

máquina. Referente a la construcción puramente mecánica, en las máquinas controladas por CNC, si queremos conseguir mecanizados de gran precisión y calidad, así como contornos complejos, los ejes de las máquinas no deben tener prácticamente holguras entre husillo y tuerca. Y el rozamiento debe ser muy bajo debido a los avances y velocidades del cabezal que, en general, son mucho mayores que en una máquina convencional. Para ello se emplean en su construcción husillos de bolas circulantes, guías de los carros de rodillos, engranajes de cambio, etc. Vamos a ver, a continuación, en qué consiste cada elemento de los arriba citados. Ver Fig. 2.8.1



Fig. 2.8.1 Máquina a control numérico

2.8.1.1 Husillos de bolas circundantes

Estos husillos serán los encargados de transmitir el movimiento de los motores a los carros, lo cual conlleva una serie de ventajas, tales como: Ver Fig. 2.8.1.1

- Mínimo juego entre los elementos en contacto.
- Reducción del rozamiento, que implica menor desgaste de las piezas en contacto.
- Larga duración, transmitiendo a grandes velocidades.
- Buena capacidad de respuesta contra la tuerca.
- Reversibilidad del desplazamiento con carga de trabajo.

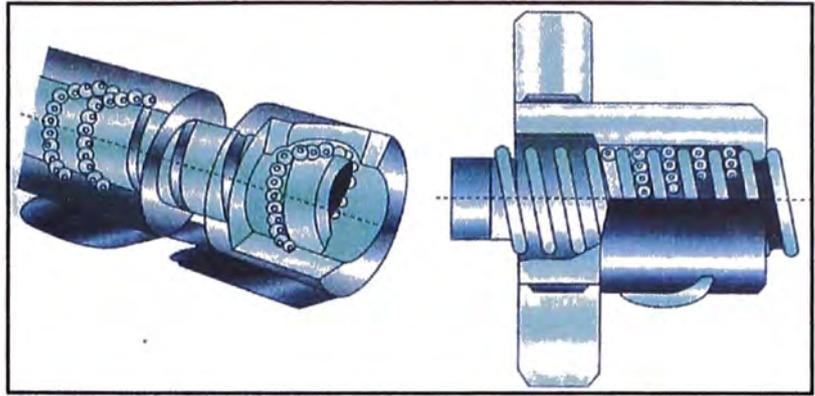


Fig. 2.8.1.1 Husillo de Bolas Circulantes

2.8.1.2 Guía de los carros

Las guías por las que se deslizan los carros llevan pistas para rodillos, estando tratadas con endurecimiento superficial. Esto se realiza, básicamente, para evitar los desgastes prematuros que constituyen una merma en su eficacia. En la figura podemos apreciar un conjunto de guías de los carros. Ver Fig. 2.8.1.2

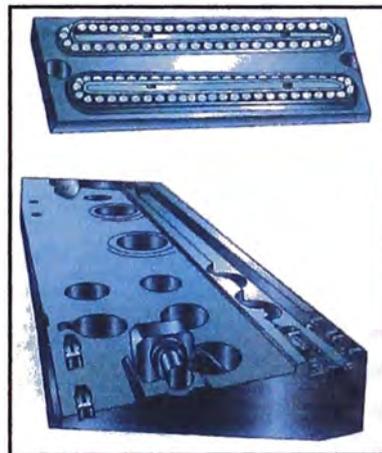


Fig. 2.8.1.2 Husillo de Bolas Circulante

2.8.1.3 Engranajes de cambio

Posibilitan distintas velocidades de giro de los husillos. Según la velocidad programada se ajustan mediante motores eléctricos las correspondientes variaciones de las marchas.

Hemos citado algunos aspectos constructivos de las máquinas con control numérico. Naturalmente, al exigir un mayor rigor de fabricación, el coste es más elevado en estas máquinas CNC que en las convencionales.

2.8.2 Finalidad de las máquinas CNC

Como anteriormente hemos apuntado, el CNC controla cualquier tipo de máquina mecanizando perfiles sumamente complejos, con precisiones del orden de milésimas, de milímetro, que en una máquina convencional sería, cuando menos, muy laborioso y posiblemente antieconómico.

La finalidad que se pretende con las máquinas-herramientas equipadas con CNC es obviar, en lo posible, las dificultades inherentes a dicha mecanización, así como hacer factible que económicamente sea rentable la elaboración de cualquier pieza por medio del control numérico.

La mecanización con CNC es una tecnología que se viene implantando por su aportación técnico-financiera en comparación con otros mecanismos, como pueden ser: eléctricos, neumáticos, hidráulicos, electroneumáticos, electrohidráulicos, levas, etc.

Globalmente podemos asegurar que las posibilidades del CNC, en la práctica, se pueden aplicar a cualquier máquina, desde la más sencilla (taladradora) a la más compleja (máquinas de electroerosión por hilo), pasando por fresadoras, tornos, centros de mecanizado, etc.

Según estudios realizados por científicos de diferentes países, el CNC es rentable para series de piezas comprendidas entre 10 a 1.500. No obstante, si éstas presentan un perfil muy dificultoso, puede ser rentable el mecanizar una sola pieza. Para series mayores a 1.500 piezas que puede que sea más rentable una máquina transfer o un mecanismo electromecánico, neumático, hidráulico, copiator etc.

También hay que tener en cuenta la precisión requerida, ya que con el CNC ahorramos en costos, referidos a los diferentes elementos que integran otros dispositivos de mecanizado (cilindros, levas, plantillas, etc.).

De todos modos, lo dicho anteriormente es orientativo, ya que después es en la práctica daría cuando sabemos de verdad es en la práctica diaria cuando sabemos de verdad cuando utilizar una máquina-herramienta equipada con CNC u otro mecanismo alternativo

2.8.3 Tipos de máquinas CNC

Desde su aparición, el control numérico CNC se aplicó preferentemente en máquinas-herramientas que mecanizan por arranque de viruta. Su utilización, no obstante, se ha ido generalizando a lo tipo de máquinas. Hoy en día es posible equipar con CNC desde una punzonadora a un robot.

Sin ánimo de agotar una larga lista, que por lo demás sería interminable, podemos decir e el CNC se puede aplicar a máquinas como:

- Taladradoras, punzonadoras y dobladoras
- Tornos, fresadoras, mandrinadoras y centros de mecanizado.
- Rectificadoras y máquinas de electroerosión (electrodo e hilo).
- Máquinas de soldar y oxicorte.
- Máquinas de trazar y dibujar.
- Máquinas de medir por coordenadas.
- Robot, manipuladores y un largo etcétera.

También en la actualidad se está aplicando CNC en el trabajo de bobinado de motores, máquinas bobinadoras.

En principio, cualquier máquina convencional se puede automatizar con CNC. No obstante, es necesario que la máquina cumpla unos, requisitos mínimos, como que presente un buen estado mecánico, es decir, pocas holguras de husillos, cojinetes en buen estado, guías en estado aceptable, etc. De lo contrario es muy posible que el gasto en reparaciones sea muy elevado y no interese proveerse de los elementos necesarios para acoplarle un control numérico. Ver Fig. 2.8.3

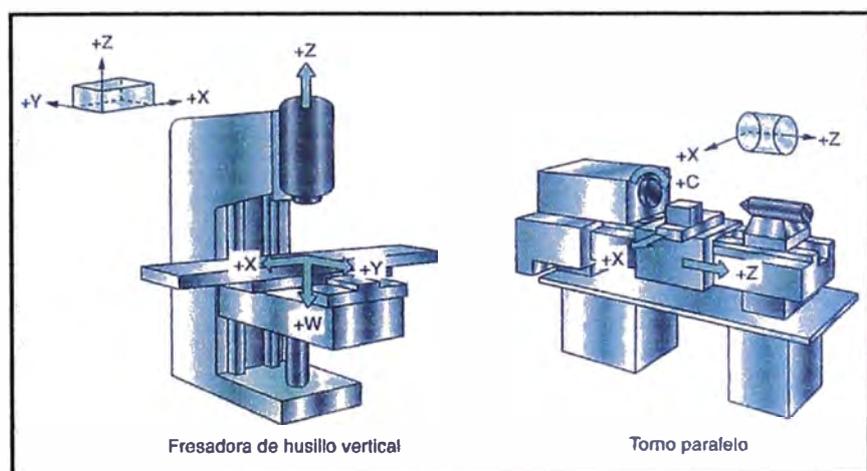


Fig. 2.8.3 Tipos de Máquinas a CNC

2.8.4 Ventajas e inconvenientes de la máquina CNC

Las máquinas-herramientas con CNC presentan, en principio, ventajas e inconvenientes en comparación con las convencionales, los cuales vamos a detallar brevemente, sin pretender ser exhaustivos.

Ventajas del control numérico:

- Mecanización de piezas muy difíciles o imposibles de elaborar en una máquina convencional. Ver Fig. 2.8.4
- Fabricación de piezas con gran precisión e intercambiabilidad.
- Ahorro de herramientas y utillaje.
- Reducción del tiempo de verificación.
- Seguridad de precisión entre lotes de piezas.
- Aumento de la productividad, al no existir fatiga del trabajador.

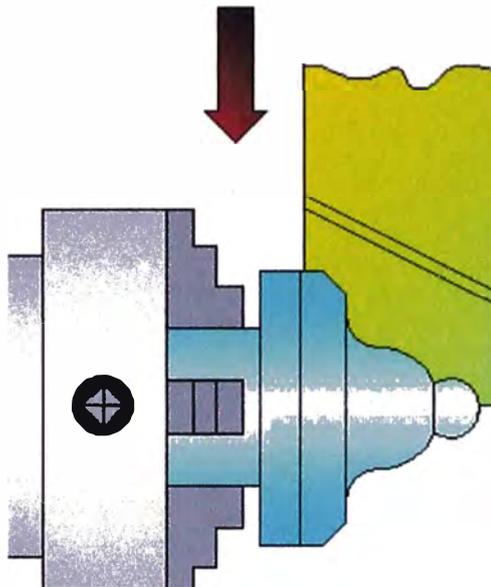


Fig. 2.8.4 Trabajos en superficies especiales

Inconvenientes Del Control Numérico

No todo son ventajas en las máquinas con CNC, también existen algunos inconvenientes, como los siguientes:

- Una elevada inversión inicial, tanto en la máquina-herramienta como en el CNC que la comanda.
- Hace falta personal formado en CNC, programadores, preparadores y operadores.

- Realizar una buena planificación para poder amortizar la elevada inversión de inicio.
- Las averías son caras, sobre todo la parte eléctrica-electrónica, tanto del CNC como la máquina a controlar. Hay que procurarse un seguro de mantenimiento periódico, siendo conveniente un mantenimiento preventivo.

Pueden haber otras ventajas e inconvenientes, pero aquí hemos enumerado los principales y acaso los más importantes.

2.8.5 Introducción a la programación

Para realizar un programa deberemos tener en cuenta varios factores, algunos de ellos similares a los de las máquinas convencionales. Estos factores podemos dividirlos en geométricos y tecnológicos.

Los factores de geometría de la pieza contienen datos sobre sus dimensiones (plano de taller), además de:

- Tolerancias.
- Acabado superficial.
- Origen de movimientos.
- Superficies de referencia.
- Etcétera.

Los factores tecnológicos hacen referencia a:

- Material de la pieza a mecanizar.
- Velocidad de corte.
- Clases de herramientas a utilizar.
- Tipo de mecanizado.
- Velocidades de avances.
- Profundidad de pasada.
- Revoluciones de la pieza o herramienta.
- Lubricante-refrigerante empleado.
- Utillaje necesario.
- Etcétera.

Así también elaboraremos una pauta o proceso de trabajo lo más racional posible, en base a la experiencia de cada programador, procurando que dicho proceso evite choques o colisiones entre pieza y herramienta, y también movimientos improductivos, es decir, que no sean movimientos de trabajo.

Naturalmente todo lo expuesto hasta ahora no tendría sentido sin la comunicación de programador y máquina de CNC. El programador introduce datos a la máquina por medio del armario de control.

Las órdenes se dan a la máquina CNC por medio de letras, números y signos que son conocidos por el programador y entendidos por la máquina. Es lo que se conoce como lenguaje máquina o lenguaje de programación.

En base a lo visto anteriormente, el programador elabora el programa, es decir, escribe en papel los signos, letras y números para lograr la geometría de la pieza de acuerdo con el tipo de máquina-herramienta y control numérico, con las condiciones y características que marca el plano o croquis de taller.

Hemos observado que un programa es un conjunto de letras, signos y números que, introducidos en el CNC, nos permite manejar la máquina-herramienta en las diferentes acciones, como:

1. Desplazamientos de pieza y herramienta.
2. Velocidades de avance.
3. Rotación de la herramienta o pieza (rpm y sentido de giro).
4. Profundidad de pasada.
5. Seleccionar herramientas, etc.

Así establecemos las condiciones que deben darse para el funcionamiento correcto entre el CNC y la máquina-herramienta.

El programa se subdivide, a su vez, en varias órdenes más pequeñas llamadas bloques, los cuales contienen información de una operación elemental. A su vez, los llamados bloques están compuestos por letras,

acompañadas de un valor numérico que puede tener una o dos cifras. Más adelante se explicará con detenimiento el concepto de programa y bloque.

2.8.6 Denominación de la máquina según mecanizado

El control numérico que gobierna una máquina-herramienta viene expresado, como norma general, por un número que puede tener uno o varios dígitos seguidos a continuación de una letra, dependiendo dicha letra del tipo de máquina comandada. En la figura 5 podemos ver algunas de ellas.

De acuerdo a las dificultades tecnológicas le mecanizado, así como a los aspectos económicos de las máquinas a automatizar, se han desarrollado una gran cantidad de tipos de tipos CNC, siendo los más destacados los tres siguientes:

- a) Control numérico punto a punto.
- b) Control numérico paraxial.
- c) Control numérico continuo o por contorno.

- **Control Numérico Punto A Punto**

Este tipo de control se utiliza para posicionar la herramienta en los sucesivos puntos donde se realicen una o varias mecanizaciones. La trayectoria seguida para pasar de un punto a otro no es controlada, ya que las funciones de posición y mecanizado son diferentes. En la Fig. 2.8.3 podemos ver un ejemplo de control numérico punto a punto.

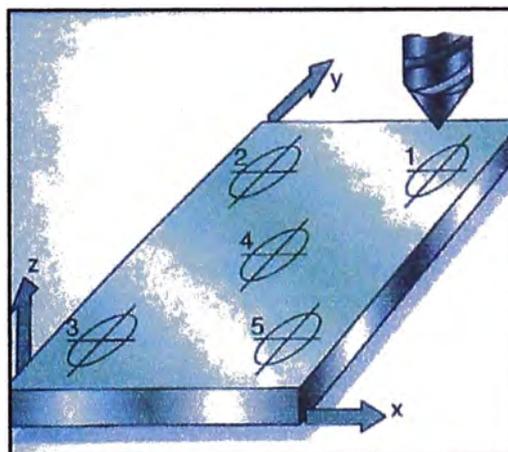


Fig. 2.8.6a Control numérico punto a punto

- **Control Numérico Paraxial**

Con el control numérico paraxial se pueden gobernar de forma precisa tanto la posición del elemento que se desplaza (pieza o herramienta) como la trayectoria, según la dirección de alguno de los ejes de coordenadas cartesianas. El control paraxial, como hemos visto, mejora el control punto a punto, ya que podemos controlar también la trayectoria seguida, pero siempre siguiendo líneas rectas paralelas a los ejes de la máquina-herramienta. En la Fig. 2.8.3 vemos esquemáticamente el tipo de control numérico paraxial.

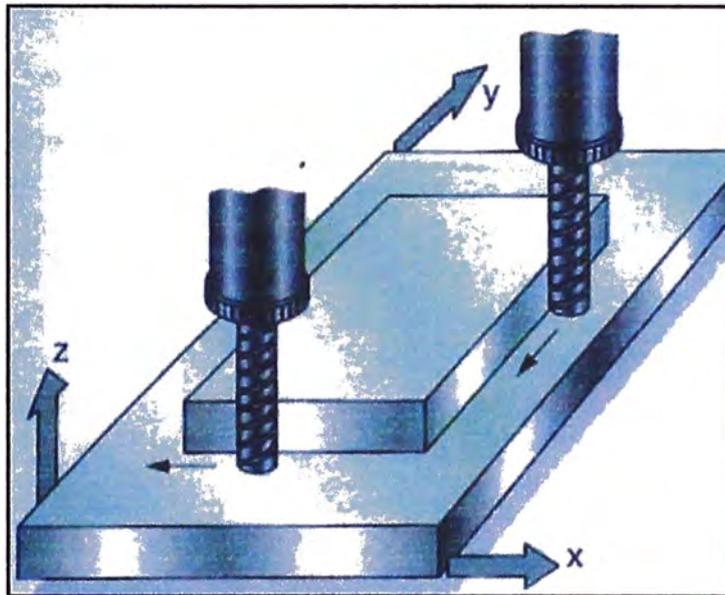


Fig. 2.8.6b Control numérico paraxial

- **Control numérico Continuo**

Este sistema es el que se aplica con más frecuencia en casi todas las máquinas-herramientas con CNC. Todos los desplazamientos y trayectorias son controlados, siempre, de forma precisa.

Con la combinación simultánea de dos o tres ejes de coordenadas se pueden realizar perfiles de gran dificultad técnica. Este tipo de control es denominado 3D (tres dimensiones) porque puede gobernar al mismo tiempo tres movimientos de los ejes. En la Fig. 2.8.6c podemos ver este tipo de control por contorneado

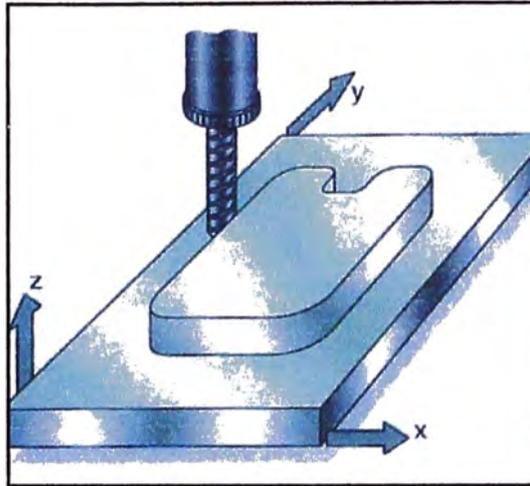


Fig. 2.8.6c Control numérico continuo

2.8.7 Trayectoria y cálculo de posición y velocidad de desplazamiento en CNC

El armario de control numérico dispone de un computador que en cada momento gobierna y realiza los cálculos necesarios para el movimiento de los ejes en coordenadas cartesianas o polares. Esto se consigue por medio de tarjetas y chips electrónicos internos del CNC. Para conseguir segmentos rectos dispone de un interpolador lineal y de un interpolador circular para efectuar arcos de circunferencia, todo ello dándole al CNC el punto inicial, punto final, y el centro del arco.

2.8.7.1 Bucles para el control De posicionamiento

Normalmente, un sistema de control numérico puede ser de bucle cerrado y bucle abierto. En todo momento un órgano móvil tiene que ser conducido de forma automática a una posición predeterminada por medio del CNC, tanto si la trayectoria es rectilínea como circular. En cada instante debemos saber que la herramienta o la pieza alcanzan la posición correcta.

2.8.7.2 Regla del bucle cerrado de la posición

El mando compara en cualquier momento la posición alcanzada con el valor programado y reajusta la misma según la necesidad. Este proceso recibe el nombre de bucle cerrado. Ver Fig. 2.8.7.2

El comparador analiza la posición real de carro, con la que debería ser, de acuerdo con la orden emitida por el mando en un tiempo de orden de centésimas de segundo, apreciándose en este tiempo variaciones en los desplazamientos del orden de una milésima de milímetro (micra). Una vez que el mando recibe la señal del sistema de medición de que la micra ha sido desplazada, se realiza una nueva comparación. De esta forma no es necesario que el CNC bloquee el carro o eje de que se trate una vez llegado a su posición, debido a la comparación constante que se está produciendo. En la figura 9 podemos ver el sistema de bucle cerrado de la posición.

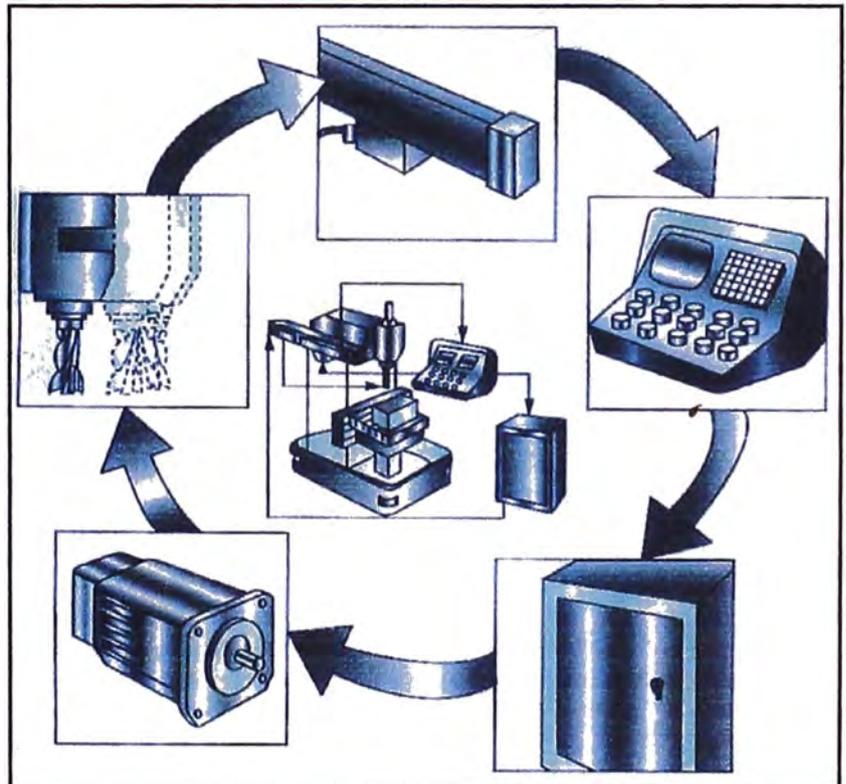


Fig. 2.8.7.2 Sistema de bucle cerrado de la posición

2.8.7.3 Regla del bucle cerrado de la velocidad

Los CNC que utilizan este sistema disponen por lo general de dos bucles para el retorno de la información. Uno, como hemos visto anteriormente, para controlar la posición y, otro, para gobernar la velocidad de desplazamiento de la herramienta y pieza.

El mando, obedeciendo una orden del programa, emite una señal de velocidad de avance que es enviada a un amplificador y éste, a su vez, emite una señal reforzada que es enviada al motor de avance.

Para la regulación de la velocidad se encuentra montado en cada motor un tacómetro. Este último detecta en todo momento el número de revoluciones real y lo comunica al amplificador, el cual, al recibirlo, lo transforma nuevamente en velocidad de avance y la compara con la que se programó en un principio. Como consecuencia de lo anterior se enviará una señal supletoria al motor de avance que hará girar más lento o deprisa al mencionado motor.

Todo este proceso se conoce con el nombre de bucle cerrado de la velocidad.

2.8.7.4 Regla del bucle abierto de la posición

En este sistema se suprime el retorno de la información de a posición de pieza o herramienta. No se tiene un control real del elemento que se desplaza. En bucle abierto se utilizan, en las máquinas, los motores llamados paso a paso, los cuales giran un ángulo fijo cada vez que reciben un impulso eléctrico del CNC.

Por medio de un contador el circuito interrumpe el envío de impulsos cuando su número corresponde al preestablecido en dicho contador. Este sistema es más económico que el de bucle cerrado, aunque pueden darse casos de que el motor no responda de forma correcta a alguna señal del CNC.

En el sistema o regla de bucle abierto no hay, por tanto, señal de retorno. Se utiliza generalmente en máquinas de poca potencia y desplazamientos pequeños. En la Fig. 2.8.7.4 vemos esquemáticamente el bucle abierto.

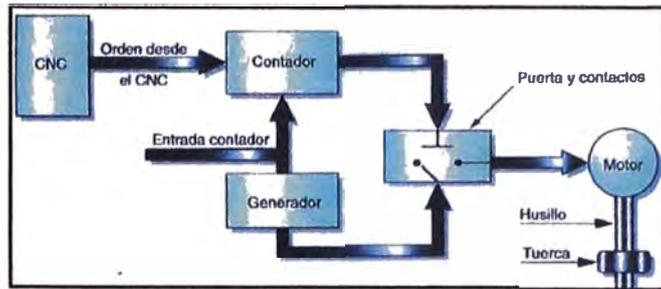


Fig. 2.8.7.4 Sistema de bucle abierto de la posición

2.9 Servomotor

Un Servo es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia. En la práctica, se usan servos para posicionar superficies de control como el movimiento de palancas, pequeños ascensores y timones. Ellos también se usan en radio control, títeres, y por supuesto, en robots. Ver Fig. 2.9 a, b.



Fig. 2.9a Servomotor

Los Servos son sumamente útiles en robótica. Los motores son pequeños, cuando usted observa la foto de arriba, tiene internamente una circuitería de control interna y es sumamente poderoso para su tamaño. Un servo normal o Standard como el HS-300 de Hitec tiene 42 onzas por pulgada o mejor 3kg por cm. De torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas.



Fig. 2.9b Partes de un Servomotor

Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía. Se muestra la composición interna de un servo motor en el cuadro de abajo. Podrá observar la circuitería de control, el motor, un juego de piñones, y la caja. También puede ver los 3 alambres de conexión externa. Uno es para alimentación Vcc (+5volts), conexión a tierra GND y el alambre blanco es el alambre de control.

2.9.1 Operación de un servo:

El motor del servo tiene algunos circuitos de control y un potenciómetro (una resistencia variable) esta es conectada al eje central del servo motor. En la figura se puede observar al lado derecho del circuito.

Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor.

Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante. Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados. Un servo normal no es mecánicamente capaz de retornar a su lugar, si hay un mayor peso que el sugerido por las especificaciones del fabricante.

La cantidad de tensión aplicada al motor es proporcional a la distancia que éste necesita viajar. Así, si el eje necesita regresar una distancia grande, el motor regresará a toda velocidad. Si este necesita regresar

sólo una pequeña cantidad, el motor correrá a una velocidad más lenta. A esto se le llama control proporcional.

2.9.2 Posicionamiento angular del servo.

El cable de control se usa para comunicar el ángulo. El ángulo está determinado por la duración de un pulso que se aplica al alambre de control. A esto se le llama PCM Modulación codificada de Pulsos.

El servo espera ver un pulso cada 20 milisegundos (.02 segundos). La longitud del pulso determinará los giros de motor. Un pulso de 1.5 ms., por ejemplo, hará que el motor se tome a la posición de 90 grados (llamado la posición neutra). Si el pulso es menor de 1.5 ms., entonces el motor se acercará a los 0 grados. Si el pulso es mayor de 1.5ms, el eje se acercará a los 180 grados. Ver Fig. 2.9.2

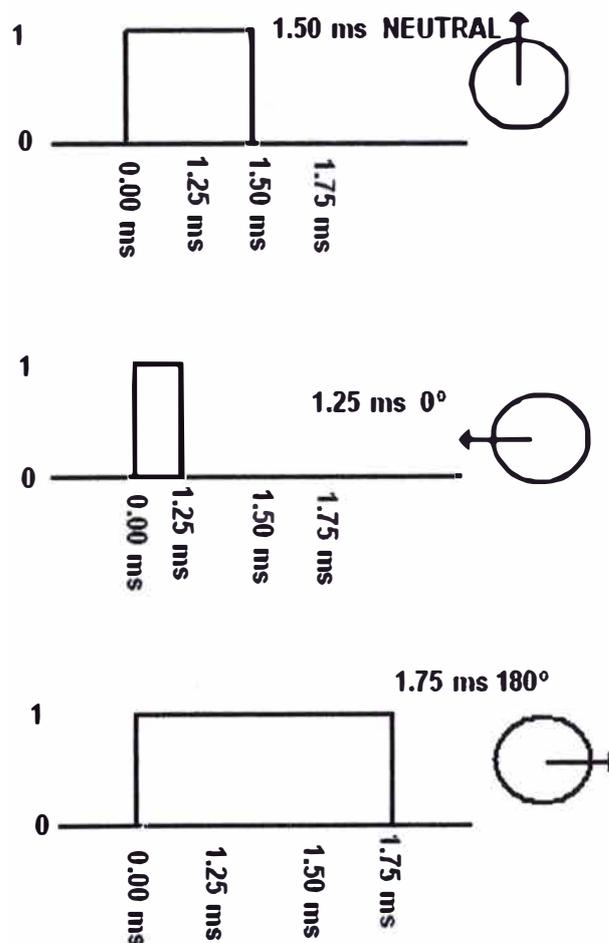


Fig. 2.9.2 Posición angulas del servo

Como se observa en la figura, la duración del pulso indica o dictamina el ángulo del eje (mostrado como un círculo verde con flecha). Nótese que las ilustraciones y los tiempos reales dependen del fabricante de motor. El principio, sin embargo, es el mismo.

Para los Hitec:

0.50 ms = 0 grados, 1.50 ms = 90 grados y 2.5 ms = 180 grados

2.9.3 Características generales.

Estos servos tienen un amplificador, servo motor, Piñonería de reducción y un potenciómetro de realimentación; todo incorporado en el mismo conjunto.

Esto es un servo de posición (lo cual significa que uno le indica a qué posición debe ir), con un rango de aproximadamente 180 grados. Ellos tienen tres cables de conexión eléctrica; Vcc, GND, y entrada de control.

2.9.4 Control de un servo

Para controlar un servo, usted le ordena un cierto ángulo, medido desde 0 grados. Usted le envía una serie de pulsos. En un tiempo ON de pulso indica el ángulo al que debe posicionarse; 1ms = 0 grados, 2.0ms =máx. Grado (cerca de 120) y algún valor entre ellos da un ángulo de salida proporcional. Generalmente se considera que en 1.5ms está el "centro." Entre límites de 1 ~ 2ms son las recomendaciones de los fabricantes; usted normalmente puede usar un rango mayor de 1.5ms para obtener un ángulo mayor e incluso de 2 ms para un ángulo de rendimiento de 180 grados o más. El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos construidos en el servo. Un sonido de zumbido normalmente indica que usted está forzando por encima al servo, entonces debe disminuir un poco. Ver Fig. 2.9.4



Fig. 2.9.4 Señal del Servo

El tiempo de OFF está variando, como se puede observar. Esto no tiene efectos adversos con tal de que esté entre 10 ~ 30ms. El tiempo de ON determina la posición del brazo de salida.

Tenga mucho cuidado que hay servos viejos que usan polaridad de pulso invertido (es decir donde tiempo de OFF es importante). Ellos son difíciles de conseguir en estos días. También, hay algunos servos que tienen el "centro" en posición diferente y rangos de tiempo diferentes.

No es común. ¡Pero si usted llega a tener uno de estos servos, todo lo que tiene que hacer es cambiar su tiempo de pulso o polaridad! El resto es lo mismo.

Supongamos que queremos mover el servo a 30 grados

Para controlarlo a 30 grados; se debe calcular la longitud (ancho) del pulso:

En 0 grados =1ms, 120 grados = 2ms => 30 grados =1.16ms. Relación lineal.

Así, si seguimos enviándole pulsos de 1.16ms, incrementaremos su posición en 30 grados. Si hay una fuerza externa que intenta bloquearlo, el servo intentará resistir activamente (es decir, sí el brazo se mueve externamente, el servo dará entradas al motor para corregir el error).

También es posible dejar de enviar pulsos después que el servo se ha movido a su posición. Si dejamos de enviar pulsos por más de 50ms (dependiendo del servo), este podría caerse. Esto significa, que este no estaría aplicando ninguna entrada al motor, o activamente resistiendo fuerzas externas; solamente la fricción sostendrá el brazo (del servo) en su lugar.

2.9.5 Circuito driver del servo:

Esta es una versión. Puede usarse para jugar con servos, para verificar que ellos funcionen, o para conectarle servos a un Robot. Lo primero para este Driver es encontrar los pulsos requeridos con un osciloscopio para programarlo en un microcontrolador. Como de costumbre, este

circuito es "como es", no se garantiza algo útil u óptimo y negamos alguna responsabilidad por cualquier daño ocasionado que pueda causarse mientras construyen o usan éste circuito.

Este usa un IC TIMER "Timer" 555. El nombre usual es NE555 o LM555, pero casi todos los fabricantes de IC's lo han hecho.

El circuito esquemático lo encuentra en las hojas de datos de los manuales ECG, National, Motorola u otros, con los valores de resistor/capacitor calculados de las fórmulas. La única diferencia es la presencia del potenciómetro P1, el cual cambia el tiempo constantemente como usted lo mueva.

La señal de salida del IC (pin3) tiene mala polaridad. Para Invertir esta, es necesario el transistor. El transistor se conecta en configuración "colector común" y se usa en modo de saturación (esto significa APAGADO ó ENCENDIDO), así podría usar cualquier transistor npn para trabajar sin problemas (en nuestro caso usamos un C1959Y).

Los cables del servo son normalmente codificados en colores como en el esquemático. Hitec, Futaba y Hobbico usan la misma convención. JR y Graupner tienen el control de color Naranja (Pero el orden de la instalación eléctrica es igual que Futaba). Otros como Sanwa (Airtronics) tienen la línea de GND azul.

Otros Sanwa tienen todos los cables negros, con la raya roja a un lado. El alambre rayado es Vcc, el siguiente es GND y el último es la señal de control (clasificación diferente que Futaba).

Los Hitec, Futaba o Hobbico y tienen esta distribución:

Señal de control (Amarillo o Blanco) Vcc (Rojo) GND (Negro).

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume el Servo. Eso no significa mucho si todos los servos van a estar moviéndose todo el tiempo. La corriente depende principalmente del torque usado por el

servo motor y puede exceder más de un amperio si el servo está enclavado. Es mejor medir las especificaciones del servo

2.10 Encoder

Es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de pulsos digitales. Estos impulsos generados pueden ser usados para controlar desplazamiento lineal o angular, si se asocian a usillos o cremalleras pulsos

Las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas por controles numéricos CNC, contadores lógicos programables PLC, sistemas de control etc.

La principal aplicación de estos transductores está en las máquinas herramientas, elaboración de materiales, en los robots, en los motores eléctricos y en los aparatos de medición y control.

En los encoders de producción ELTRA, la detección del movimiento angular se efectúa a base de la exploración fotoeléctrica. El sistema se basa en la lectura en la rotación de un disco graduado con un reticulado radial formado con líneas opacas alternadas con espacios transparentes. Este conjunto está iluminado por una fuente de luz infrarroja de manera perpendicular. Ver Fig. 10.1

El disco de este modo proyecta su imagen sobre la superficie de varios receptores oportunamente enmascarados por otro reticulado que tiene el mismo paso del anterior llamado colimador.

Los receptores tienen la tarea de detectar las variaciones de luz que se producen con el desplazamiento del disco convirtiéndolas en las correspondientes variaciones eléctricas.

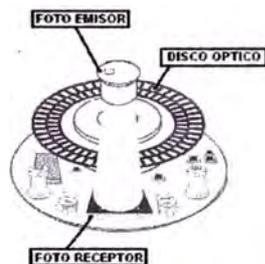


Fig. 10.1 Encoder

2.10.1 Tipos de encoder

Existen dos tipos principales:

2.10.1.1 Encoder incremental

El Encoder incremental proporciona dos formas de onda cuadradas desfasadas entre sí 90° eléctricos por lo general canal A y canal B.

Con la letra de un solo canal se dispone de la información correspondiente a la velocidad de rotación, si se capta la señal B es posible discriminar el sentido de rotación en base a la secuencia de datos que producen ambas señales. Esta disponible otra señal llamado canal Z o cero que proporciona la posición absoluta del cero del eje del encoder esta señal se presenta bajo la forma de impulso cuadrado. Esta señal se presenta bajo forma de impulso cuadrado con fase y amplitud centradas en el canal A. Ver Fig. 2.10.1.1

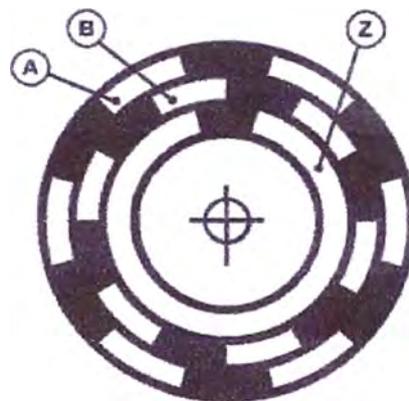


Fig. 2.10.1.1 Servomotor

2.10.1.2 Encoder sinusoidal

Pertenece a la familia de los incrementales, con una diferencia sustancial, las señales de salida no son digitales sino analógicas con forma senoidal, su aplicación es como sensor de retracción a bordo de motor se emplea cuando se desean aumentar las prestaciones dinámicas respecto a las tradicionales

Para contar las prestaciones de control del motor por parte del convertidor, la retracción desde el encoder debe estar en condiciones de proporcionar un alto número de impulsos especialmente en baja velocidad. El servomotor para tratar para tratar la señal de un encoder de 10,000 impulsos por revolución deberá superar tranquilamente el umbral de la frecuencia. Esto puede realizarse gracias al método de interpolación de señales analógicas de seno y coseno para el cálculo del ángulo de la rotación. Encoder de 1024 son 7 revol a más de 100,000 impul/revolución.

La banda necesaria para recibir debe ser de 100 Khz. Las señales de salida del encoder se componen de dos sinusoides desfasadas 90° que llamaremos seno y coseno (2048 sen/rev.Max) y de una señal de cero, también analógica centrada entre dos canales. Ver Fig. 2.10.1.2

Están integradas además otras dos señales sinusoidales con periodo de 360° mecánicas (1sen/Rev.) que cumplen la función de señales de conmutación, aclara la configuración típica de los desfase correspondiente. la salida con resolución de 1 imp./Rev. son muy útiles porque desde estas es posible obtener la posición angular absoluta del mismo modo que un revolver. La linealidad de uno de los ciclos de la sinusoide en relación con el ciclo respectivo. Esta incluida en el 10%

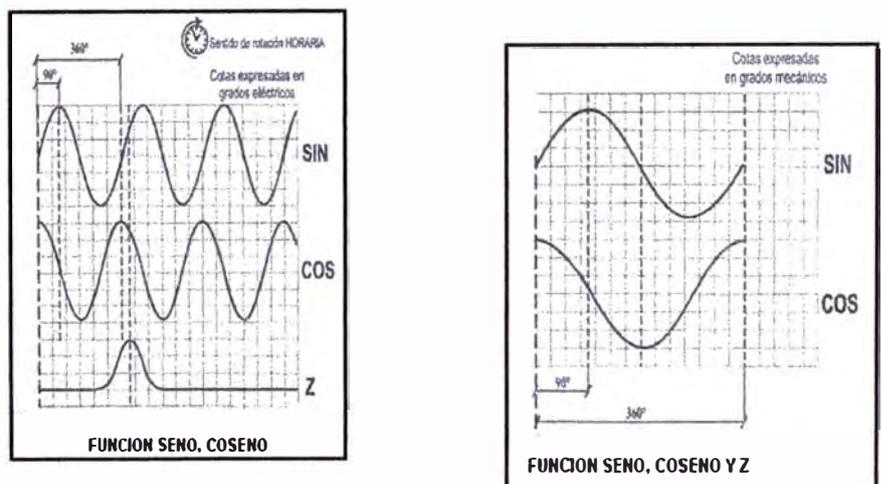


Fig. 2.10.1.2 Encoder senoidal

CAPITULO III

PROCESO DEL SISTEMA DE CONVERSION

3.1 Diagnostico situacional del torno en el proceso productivo

El análisis situacional del proceso de mecanizado efectuado a un torno mecánico paralelo como parte del proceso productivo de un taller mecánico se llevo a determinar las principales causas que podemos resumirlo en las siguientes:

- a. Uso y aplicación de sistemas tradicionales en el proceso de elaboración del plano de la pieza a mecanizar. El excesivo tiempo que demanda un trabajo de calidad, poca flexibilidad para efectuar modificaciones rápidas al diseño en caso de encontrar errores, tradicionales.
- b. Su proceso de producción es pieza a pieza, por tanto una baja productividad
- c. Dificultades de operatividad del torno mecánico en el proceso de mecanizado de piezas con relativa complejidad geométrica.
- d. Elevado número de mediciones que utiliza el operador para verificar las dimensiones geométricas de las piezas, Es considerable el número de cambios de las cuchillas, estas dos operaciones implican acumulación de tiempos muertos, por consiguiente un mayor tiempo de mecanizado.
- e. Sistemas de arranque del motor de accionamiento con elevado consumo de energía eléctrica, aumentando los costos de producción.
- f. Elección inadecuada de las herramientas de corte,
- g. Omisión a las Normas Técnicas de Fabricación – ISO

- h. Los trabajos solicitados son en la mayoría de los casos de reconstrucción o diseño de una nueva pieza. Carencia de un área de elaboración de planos mecánicos.
- i. Incumplimiento de la normas de seguridad industrial y de impacto ambiental.
- j. Instrumentos de medición descalibrados

Las causales de la baja productividad, elevados costos de producción, la poca o deficiente calidad de las piezas mecanizadas, nos obligan a plantear alternativas de soluciones viables con sostenibilidad y con el máximo aprovechamiento de los recursos que tiene el torno mecánico.

3.2 Alternativa de solución

Después de evaluar el análisis técnico al proceso de operatividad del torno mecánico y sus implicancias técnicas -económicas se plantea como una alternativa de solución: Ver Fig. 3.2

Efectuar la conversión del torno mecánico paralelo en un torno automático a control numérico computarizado – CNC.

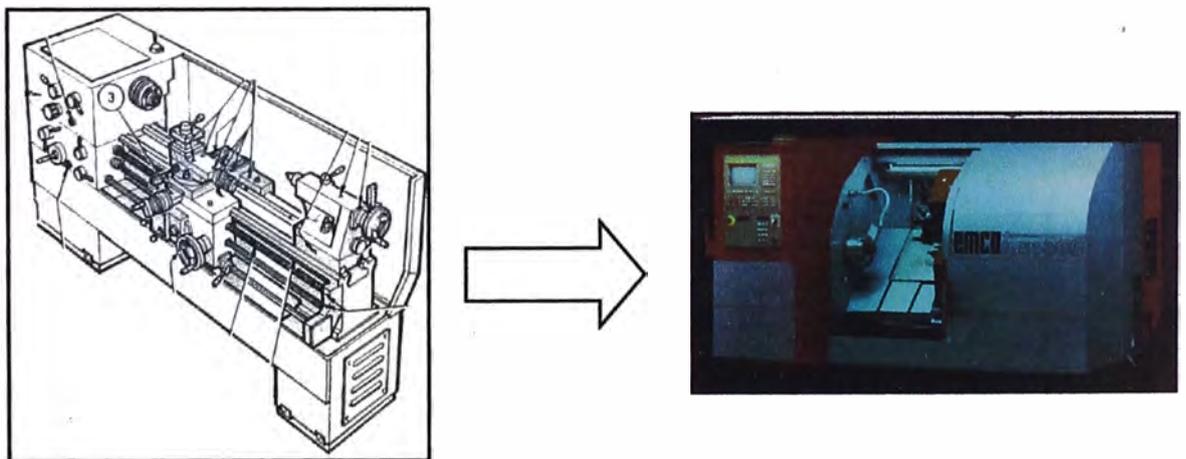


Fig. 3.2 Alternativa de solución

3.3 Desarrollo tecnológico de la alternativa planteada

El proceso de implementación de la alternativa tiene el siguiente diagrama de bloques que se adjunta. Ver Fig. 3.3 y Fig. 3.3a

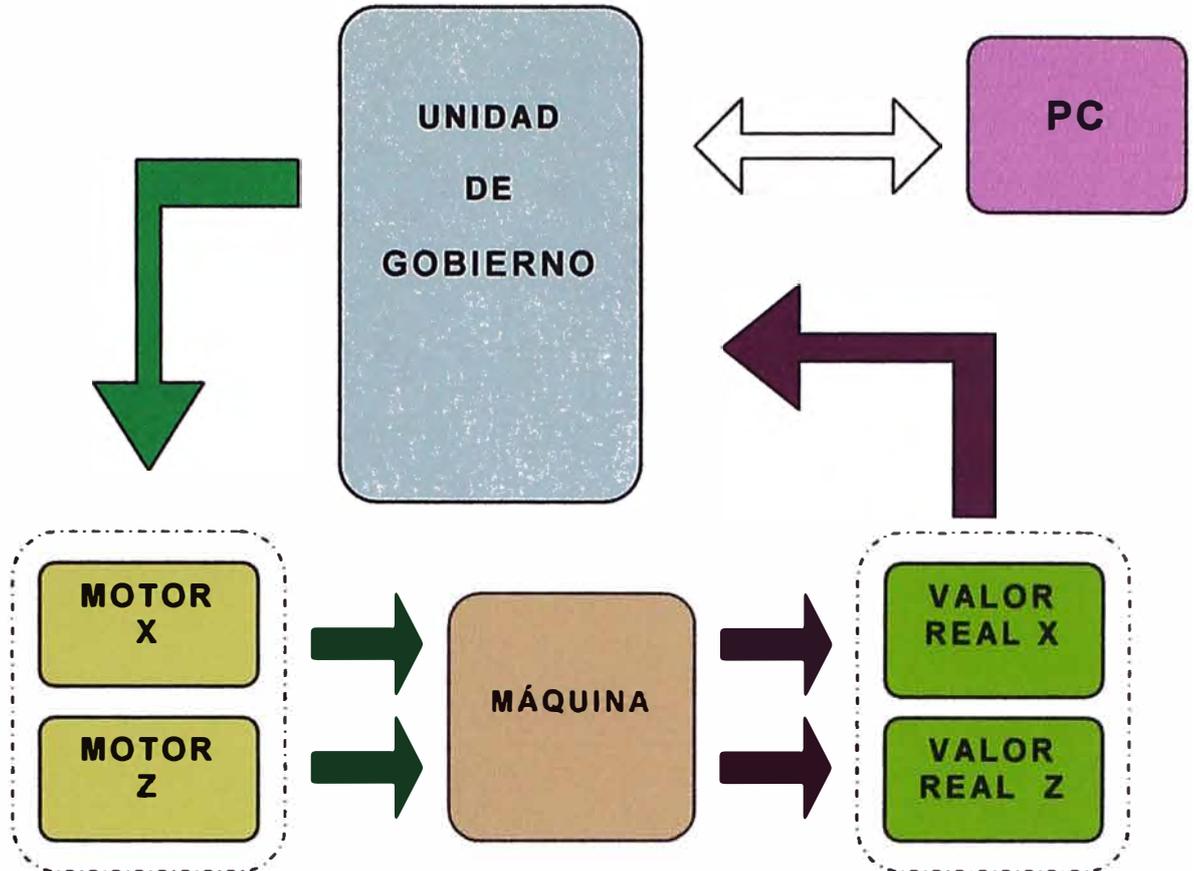
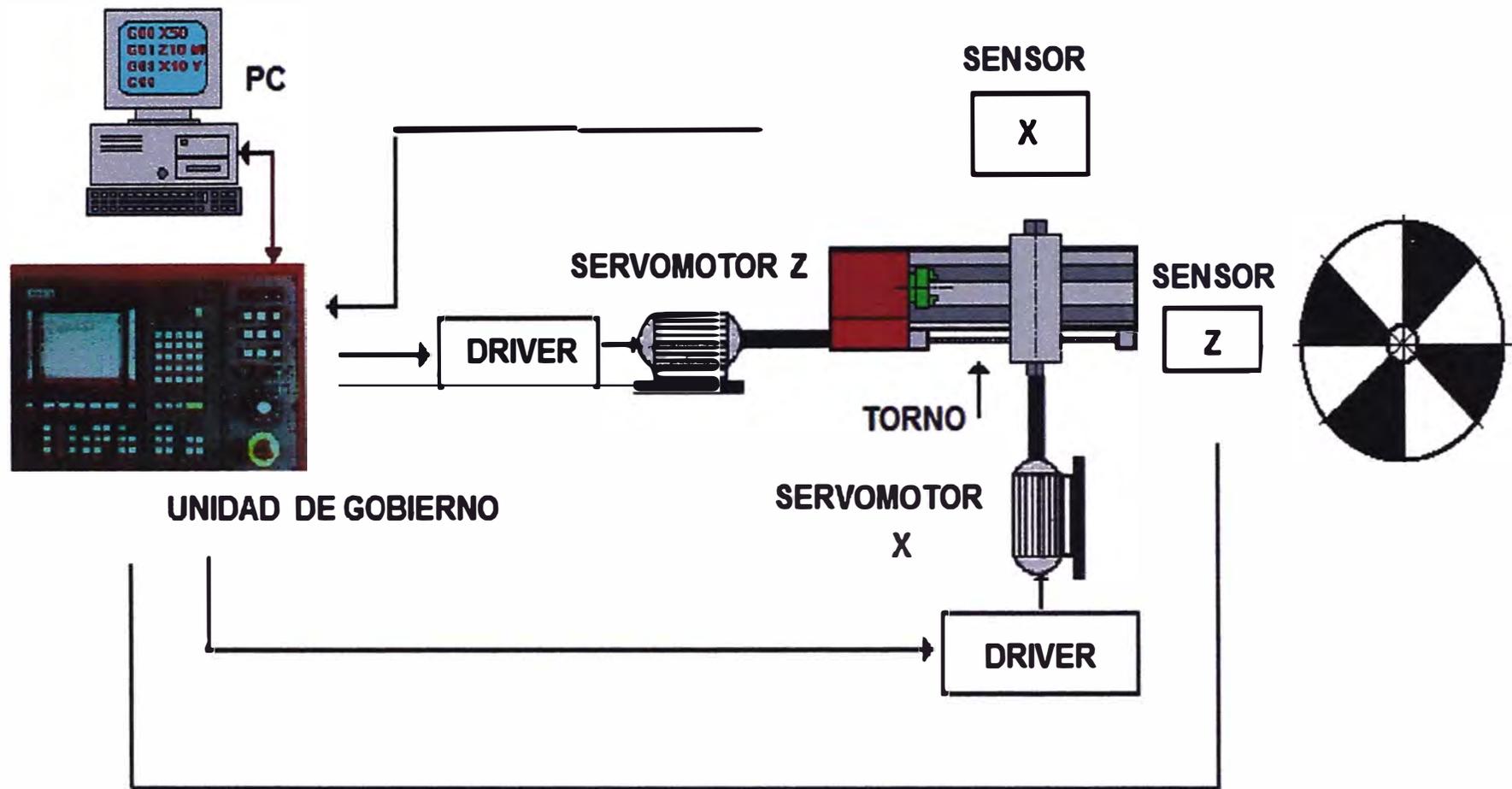


Fig. 3.3a Diagrama de bloques de la alternativa

Fig. 3.3a Esquema de la alternativa planteada



3.3.1. Máquina o torno mecánico

Es imprescindible y necesario recopilar la información de las características técnicas del torno mecánico a convertir, en muchos casos no se tiene el manual técnico. (Ver Manual NARDINI ND - 220AE)

En caso extremo es necesario levantarlo.

Para nuestra innovación se eligió el torno mecánico:

Marca: NARDINI

Modelo: ND - 220 AE

Diámetro máximo de Volteo: 440 mm; con carro: 410mm

Longitud entre puntas: 1500 a 2200 mm

Motor Principal de 18 velocidades de {25 a 2000 rpm}

Bomba del refrigerante de 0.09 Kw.

Rango de avances

- Numero de avances 264
- Avance longitudinal de {0,057 a 2,645 mm/rev}
- Avance transversal de {0.028 a 1.322 mm/rev}

Caja de velocidades

- Numero de filetes 216
- Paso de rosca métrica de {0.25 a 7 mm}
- Paso de rosca en pulgadas de {42 a 1,375 hilos/pulg.} TPI
- Paso del tornillo patrón 6 mm

L1: 1500 A 2200 mm

D2: 630 mm con escote / sin escote 440 mm

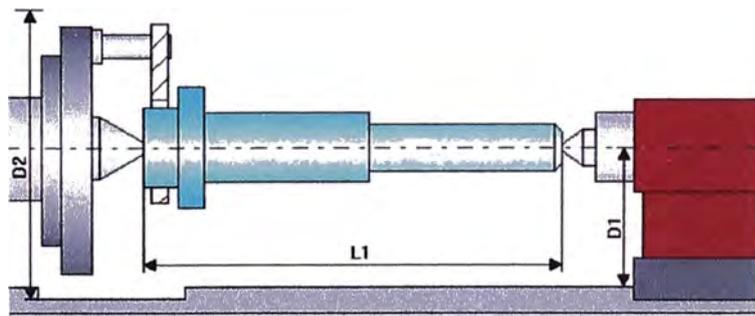


Fig. 3.3.1 Datos técnicos del torno

3.3.2. Ubicación de los equipos, servomotores y sensores

Con la información de la característica o especificaciones técnicas del torno mecánico es necesario planificar la ubicación de los equipos y demás componentes que usaran en la conversión. Ver Fig. 3.3.2 a y b.

- a. Ubicación de la unidad de gobierno. La unidad de gobierno debe ubicarse sobre la estructura del cabezal fijo y con una ubicación de acceso fácil al operador. De manera que pueda efectuar sin dificultades la introducción del programa de manera manual.



Fig. 3.3.2 a Ubicación de la Unidad de Gobierno

- b. La ubicación de los motores que desplazaran el carro longitudinal y transversal.

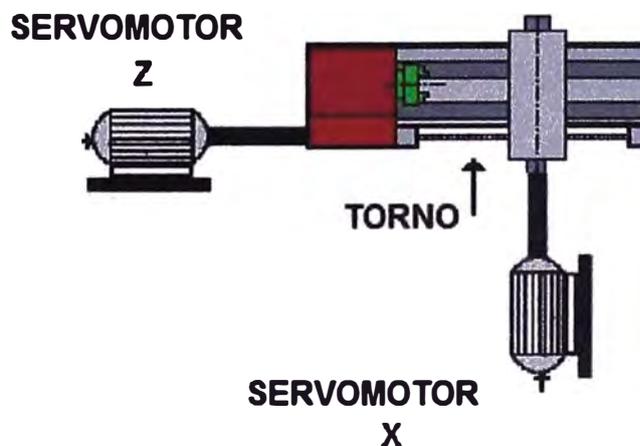


Fig.3.3.2b Ubicación de los servomotores de avance

- c. Ubicación de los sensores de medición para los valores reales de las magnitudes de los desplazamientos de los ejes X y Z respectivamente. Ver Fig. 3.3.2c

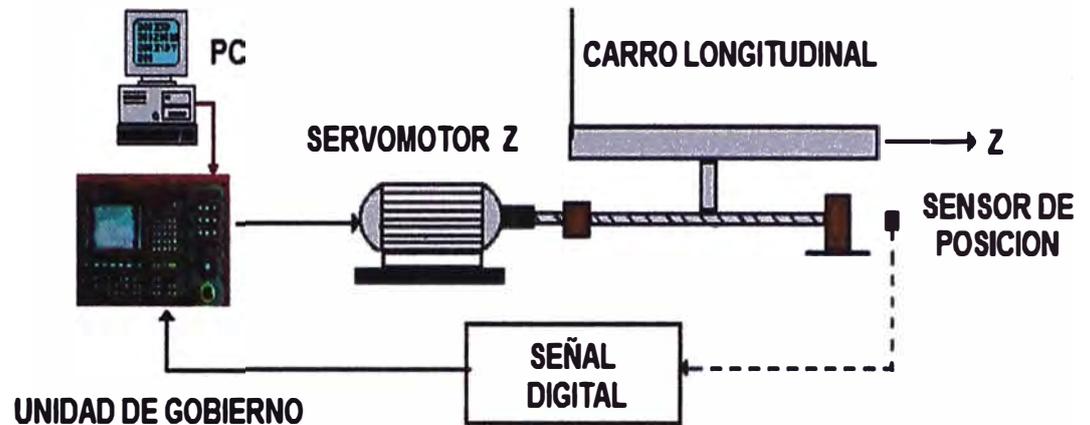


Fig. 3.3.2c Ubicación de los Sensores y motores

- d. Ubicación del Tablero eléctrico
Se usara el lugar del tablero existente en el torno

3.3.3. Elección del sistema de control

De acuerdo a las dificultades tecnológicas de mecanizado, así como las consideraciones económicas de las máquinas a automatizar se han desarrollado una gran cantidad de tipos de Control numérico Computarizado siendo lo más destacados el control numérico punto a punto, Paraxial y el continuo.

El que más se adapta al proceso de conversión del torno mecánico es:

El control **Numérico Continuo** llamado también control por contorneado.

Los desplazamientos y las trayectorias son controlados con una alta precisiones en nuestro caso se efectuará la combinación simultánea de dos ejes de coordenadas X y Z, con este tipo de control se puede realizar perfiles de gran dificultad técnica a mecanizar. Ver Fig.3.3.3

Mostramos a continuación el diagrama de bloques

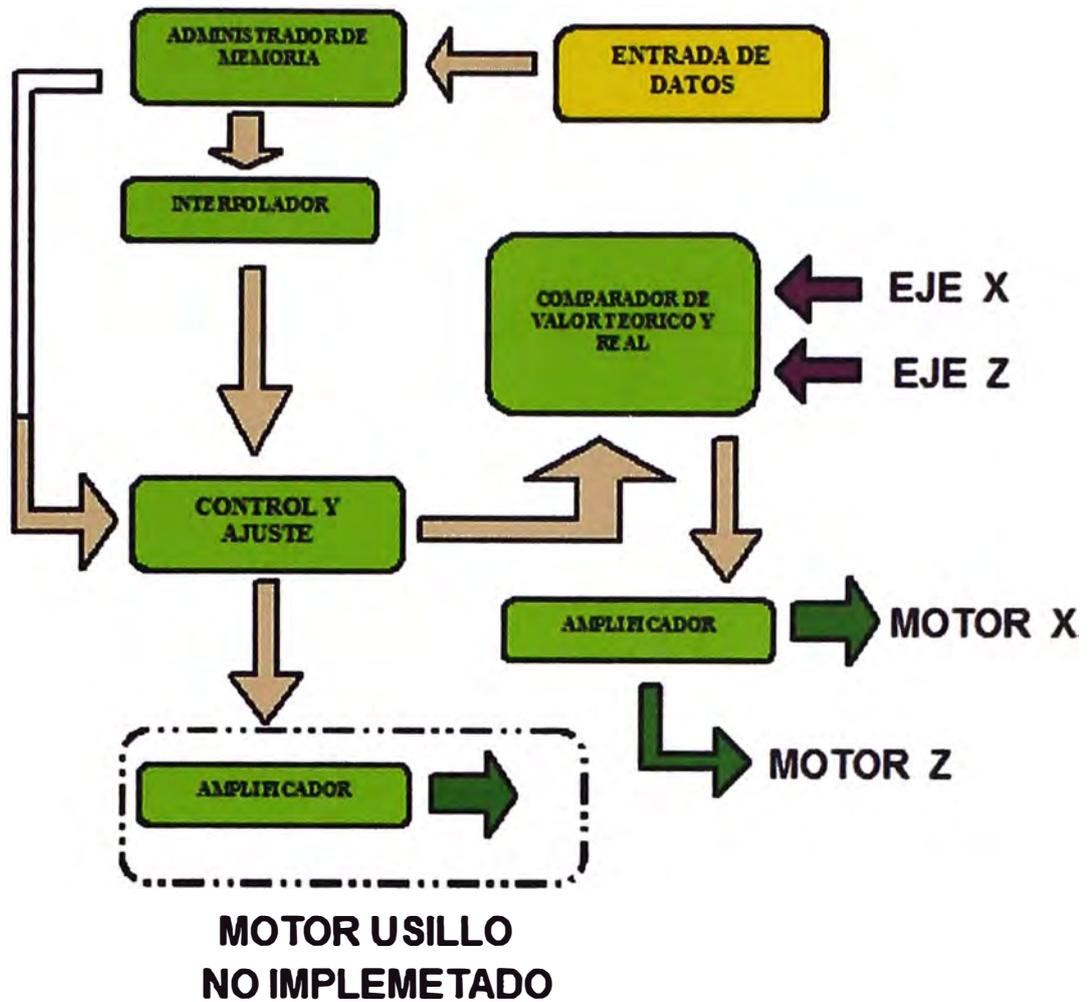


Fig.3.3.3 Sistema de control numérico

3.3.4. Elección del computador personal – PC

Los Criterios técnicos para la elección del computador son: Ver Fig. 3.3.4

- a. Procesador PENTIUM IV
- b. Velocidad de procesamiento 1.2 Mz
- c. Memoria RAM 512 Mb
- d. Puerto serial
- e. Disco duro de 60 Gb
- f. Monitor de 17 Pulg.
- g. Resolución Mínima de 1025 x 740 Píxeles
- h. Tarjeta de video de 512 MB o superior

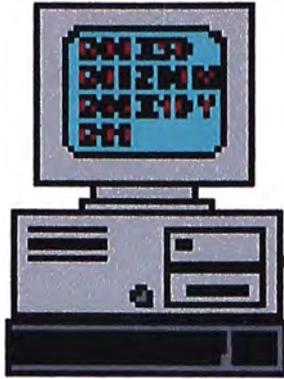


Fig. 3.3.4 Computador personal

3.3.5. Criterios técnicos para la elección de la unidad de gobierno

La elección de la unidad de gobierno es la principal tarea, la unidad debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a. Capacidad de programa del PLC
- b. Capacidad de programa CNC
- c. Resolución para un captador rotativo
- d. Unidad de tiempo
- e. Tiempo de ciclo
- f. Gamma de velocidades
- g. Temperatura y condiciones de trabajo
- h. Interfaces de I/O
- i. Puerto RS 232
- j. Teclado alfanumérico
- k. Monitor LCD
- l. Capacidad de almacenamiento
- m. Software CNC
- n. Mensaje de errores
- o. Dispositivos de protección
- p. Entradas/salidas analógicas

Es necesario mencionar que una de las dificultades principal es el costo de la unidad de gobierno.

Por las consideraciones expuestas se ha elegido como unidad de memoria:

FAGOR 8025/30 – MS

Con PLCI

3.3.5.1. Configuración del FAGOR 8025/30 –MS

El CNC 8025, consiste en un solo MODULO que permite ubicarlo en un mismo emplazamiento de la máquina.

El MODULO que integra el CNC se compone de los siguientes elementos ínter conexiónados internamente. (Ver Manual de Instalación y puesta en Marcha FAGOR 8025/30)

- **Unidad Central**

La unidad central, ubicada en la botonera de la máquina, contiene la parte lógica del CNC y en ella se encuentran los conectores a los cuales deben acoplarse los diferentes sistemas de captación, entradas y salidas lógicas y salidas analógicas para accionamientos.

Dependiendo de si se ha elegido la opción de AUTOMATA INTEGRADO diferenciaremos dos unidades centrales con PLCI y sin PLCI

- **Monitor / Teclado**

Permiten introducir datos y visualizar el programa

- **Panel De Mando**

Contiene los mandos para trabajar en modo MANUAL y los pulsadores de marcha y parada.

3.3.5.2. Elementos constituyentes

- a. Pila de LITIO
- b. Fusibles de red de 3 A.
- c. Conector de 3 Bornes para la conexión a red y a tierra.
- d. Potenciómetros de ajuste de las salidas analógicas (para uso exclusivo del Servicio de Asistencia Técnica),
- e. Borna de conexión con la tierra general de la máquina de métrica
- f. Conectores del autómatas integrado (PLC I) y salida de tensión a los reguladores:

- I/O 1, Conector de 37 contactos (HEMBRA) para 8 entradas y 24 salidas del PLCI.
- I/O 2, Conector de 37 contactos (MACHO) para 32 entradas del PLC I.
- I/O3. Conector de 15 contactos (HEMBRA) para 6 salidas analógicas de rangos 0 v a ± 10 v.

A la izquierda de estos dos conectores de I/O se encuentra un fusible de 3 amperios para proteger la circuitería interna de entradas y salidas.

- Cinco conectores de 15 contactos (HEMBRA) para la conexión de los diferentes sistemas de captación.

A1-> eje X

A2-> eje Y

A3-> eje Z

A4-> 4º eje W

A5-> 5º eje V ó cabezal ó volante electrónico. Dispone también de la entrada I11 si no tenemos PLC I o I41 si tenemos PLC I.

- A6 Conector de 9 contactos (HEMBRA) para la conexión del encoder del cabezal ó del volante electrónico y de un paleador de medida.
- RS 232 Conector de 9 contactos (HEMBRA) para la conexión de la línea serie RS 232C.
- RS 485 Conector de 9 contactos (HEMBRA) para la conexión de la línea serie RS 485.
- También dispone de diez microconmutadores, dos por cada entrada de captación A1, A2, A3, A4, A5, que permiten personalizar el CNC de acuerdo con el tipo de señales del sistema de captación que se vaya a emplear.

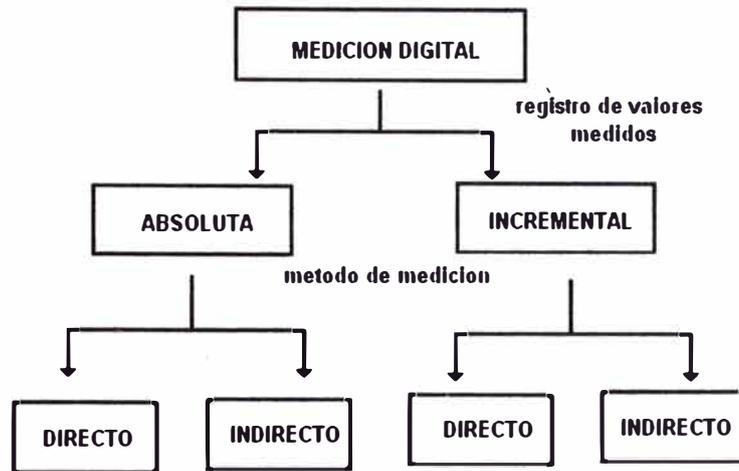
3.3.5.3. Conexión a máquina

La máquina – herramienta debe tener desacoplados todos los elementos que generan interferencias (bobinas de los relés, contactores, embragues, motores, etc.).

- Bobinas de relés de c.c.
Diodo tipo 1N 4000
- Bobinas de relés de c.a.
RC conectada lo más próximo posible a las bobinas, con unos valores aproximados de:
R 220 Ohmios/1W
C 0,2 uF/600V
- Motores de c.a.
RC conectadas entre fases, con valores:
R 300 Ohmios/6W C 0,048 uF/600V.
- Tensiones de salidas
Vcc max : 30 V c.c.
Vcc min : 18 V cc.
I OUT : máx.: 100 mA
V OUT : Vcc – 2V
Protección de sobrecarga con fusible de 125 mA y sobretensión externa de 33 v
- Entradas
Consumo de cada entrada I_{max}: 17 mA, I_{tip}: 5 mA, Los niveles de tensión para los niveles lógicos
"1": a partir de + 18 v
"0": hasta + 5 v
La salida analógica para accionamientos para los reguladores de avance y de cabezal es de +/- 10 v c.c
Un correcto conexionado de tierra en la instalación eléctrica es fundamental en orden a conseguir:
 - a) La protección de personas contra descargas eléctricas originadas por alguna anomalía.
 - b) La protección de los equipos electrónicos contra interferencias generales tanto en la propia máquina en cuestión, como en equipamientos eléctricos en las cercanías, que pueden ocasionar un anormal funcionamiento del equipo.

3.3.6. Proceso de medición de los desplazamientos

Nuestro propósito más importante es medir el valor real del desplazamiento de los ejes X y Z, para el cual emplearemos la medición digital y el método de medición incremental indirecta. Ver Fig. 3.3.6



Tipo de medición
Fig. 3.3.6 Medición digital

Un disco de vidrio ranurado lleva dispuestos alternativamente agujeros y líneas con una longitud determinada. Una célula fotoeléctrica entrega los impulsos al mecanismo contador con cada cambio. Ver Fig. 3.3.7

Esta operación lo hace un encoder trabajando juntamente con un servomotor.

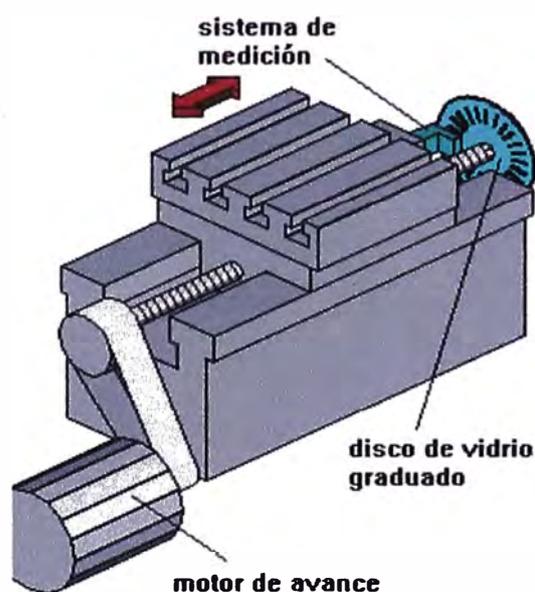


Fig.3.3.7 Ubicación del disco de vidrio

3.3.6.1. Características técnicas del encoder.

- Resolución
 - Número de pulsos por revolución del eje.
 - Típicas: 10, 60, 100, 200, 300, 360, 500, 600, 1000 y 2000.

- Respuesta máxima en frecuencia
 - La frecuencia máxima a la cual el encoder puede responder eléctricamente.
 - En los encoders incrementales es el máximo número de pulsos de salida que se pueden emitir por segundo.

- Par de arranque
 - Cuanto menor sea más sencillo es de arrancar
 - Momento de inercia

Datos técnicos del encoder utilizado

- Un encoder de 500 pulsos por revolución
- Tensión de alimentación de 5 a 24 v c. c
- Velocidad de rotación 2800 RPM
- Frecuencia de trabajo 100Khz
- Driver incluido

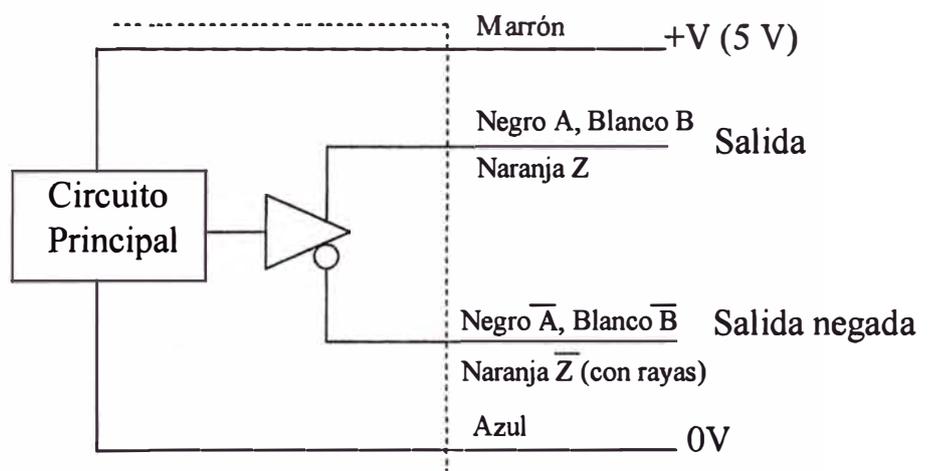


Fig. 3.3.6.1 Driver del Encoder

3.3.6.2. Consideraciones técnicas de acoplamiento

Durante el proceso de instalación del encoder es necesario tener presente lo siguiente:

- Hay que tener en cuenta las pequeñas tolerancias que puede llegar a absorber el acoplamiento.
- Tolerancia de excentricidad
 - Distancia radial entre los ejes del encoder y del motor
- Tolerancia de inclinación
 - Ángulo entre los ejes del encoder y el motor
- Tolerancia de desplazamiento axial
 - Distancia axial entre los ejes del encoder y del motor
- Existen acoplamientos de plástico y de metal

3.3.6.3. Consideraciones de cableado

- No cablear las líneas de alimentación del encoder junto a las de potencia o alta tensión.
- Para alargar el cable considerar la frecuencia de trabajo. Puede distorsionarse la forma de onda. Se recomienda el modo de salida driver de línea.
- Cuando se conecta o desconecta el encoder se puede generar un pulso erróneo. Esperar 100 ms

3.3.6.4. Ajuste de la posición inicial

Con la salida de paso por cero y el chaflán del eje del encoder, el ajuste de la posición inicial es sencillo. Ver Fig.

3.3.6.4

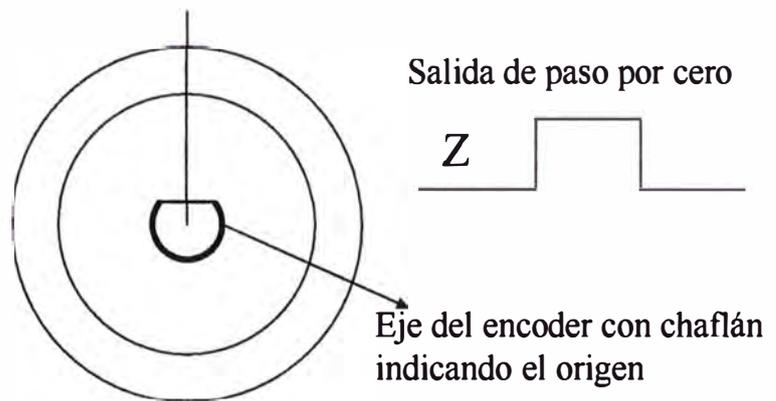


Fig. 3.3.6.4 Ajuste de la posición inicial

3.3.6.5. Interpolación

Para calcular puntos intermedios en una interpolación lineal o circular, es necesario efectuar mucho cálculo. La unidad de gobierno dispone de un microprocesador. Ver Fig. 3.3.6.5

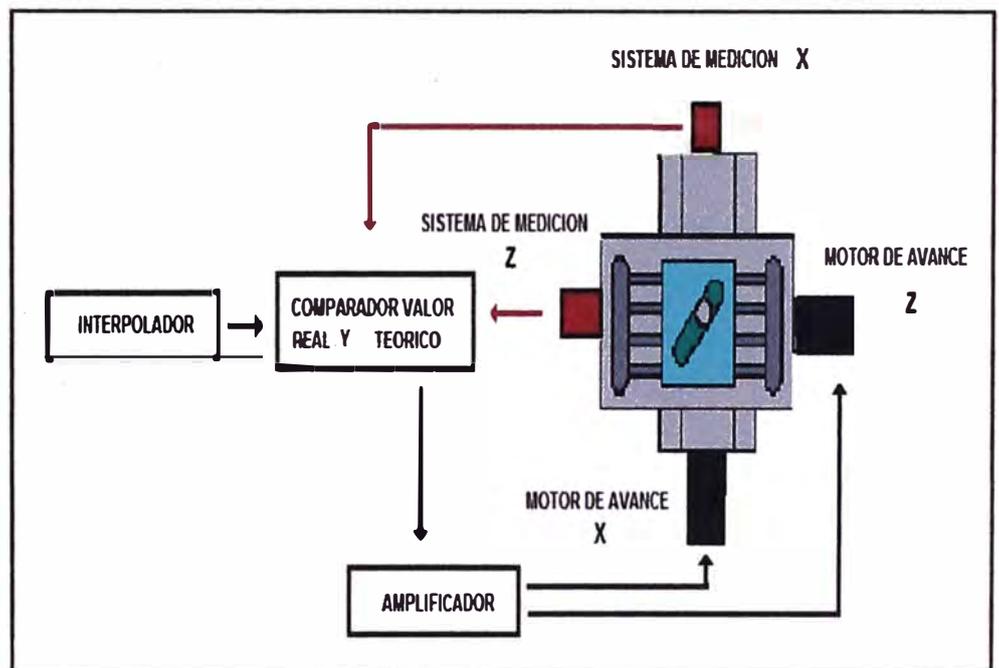


Fig.3.3.6.5 Interpolación de valores

3.3.6.6. Determinación de los desplazamientos X y Z

Los campos de trabajo de los desplazamientos del carro longitudinal son: Ver Fig. 3.3.6.6.

- Eje X

La distancia X = {0 a 140 mm}

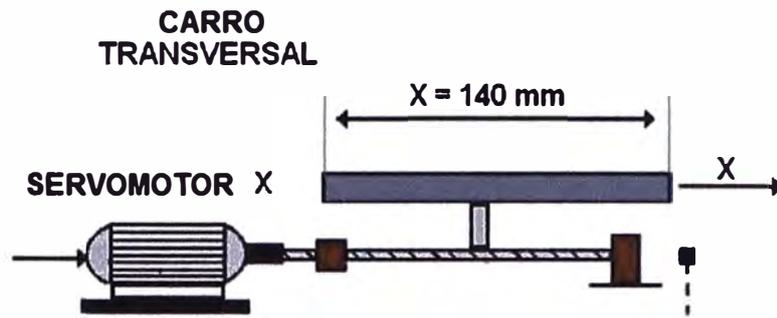


Fig. 3.3.6.6 Desplazamiento X

- Eje Z

La distancia Z = {0 a 800 mm}

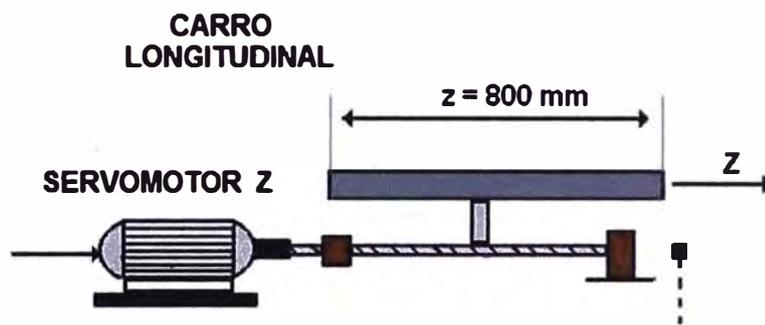


Fig. 3.3.6.6 Desplazamiento Z

3.3.6.7. Cálculo de las velocidades de los ejes

Para determinar las velocidades de los ejes

- Del eje X

$$\text{RPM}(\text{tornillo sin fin}) = \text{RPM}(\text{motor}) \times \frac{1}{R_d} \dots\dots\dots(3.3)$$

- Del eje z

$$G_{\phi}(\text{mm/min}) = \text{RPM}(\text{tornillo sin fin}) \times \text{PH}(\text{mm/rev}) \dots\dots(3.3)$$

Donde:

Rd: Coeficiente de reducción entre el motor y el tornillo sin fin

(Cuando no es acople directo)

PH: Paso del usillo en mm

3.3.6.8. Accionamiento principal

Motor de dos velocidades con freno de disco eléctrico cambio de giro manual con 18 velocidades y de 3 Kw de potencia.

itm	VELOCIDAD I (AZUL) (rpm)	VELOCIDAD II (ROJO) (rpm)
1	20	50
2	40	80
3	63	125
4	100	200
5	160	315
6	250	500
7	400	800
8	630	1250
9	1000	2000

Tabla 3.3.6.8 Rango de velocidades del motor principal

3.3.7. Dispositivos de accionamiento de los carros

Para el accionamiento se los carros se ha determinado seleccionar un servomotor con las características siguientes:

(Ver Manual de COMPUMOTOR)

Marca: COMPUMOTOR

Modelo: APEX 606

Especificaciones:

- Servomotor DC sin escobillas trifásico equipado con resolver
- Velocidad: 3600 RPM
- Corriente Media 5,3 A. y Corriente Pico 17.2 A.
- Tensión: Normal 220 v; Máxima: 250 v
- Potencia de Salida: 1,6 Kw. (2.1 HP)
- Torque 4,47 Nm y Máximo 13,8 Nm

Datos de Resolver

Marca: FASCO

Modelo: 21- BRCX-33S-539

Tipo: velocidad simple; rotor excitado

Datos del Driver

Marca: COMPUMOTOR

Modelo: P/N 88-013904-02A

Tipo: APEX 20 (Análogo servo driver)

3.3.8. Consideraciones de ajuste de máquina

3.3.8.1. Desplazamiento del punto cero

Después de encender la máquina CNC, y de acceder al punto de referencia el punto cero siempre esta en el punto cero de la máquina M. Ver Fig. 3.3.8.1

Mediante un desplazamiento del punto cero al origen de coordenadas puede ser trasladado a cualquier otro punto del área de trabajo de la máquina CNC

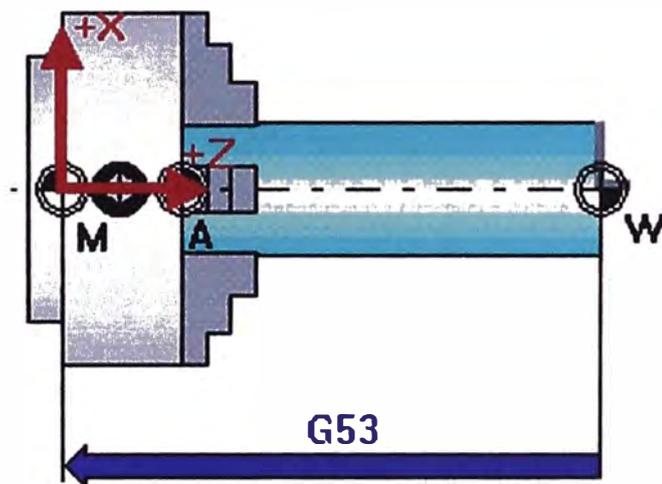


Fig. 3.3.8.1 Desplazamiento del cero

Como la posición de coordenadas del punto cero de la máquina no es apropiado para la programación se traslada a la posición de la pieza, en el traslado se elige la superficie refrendada plana de la pieza. La medida se realiza desde el refrendado. Fig. 3.3.8.1a

Este dato se encuentra registrado en el registro de desplazamiento cero.

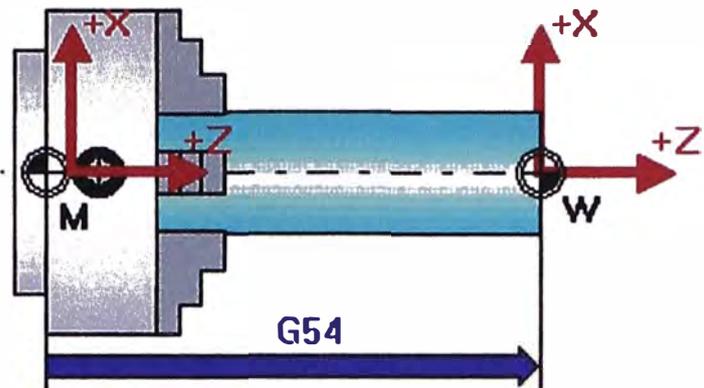


Fig. 3.3.8.1a Desplazamiento del cero

3.3.8.2. Desplazamiento del cero ajustable

Se ingresan por el teclado directamente, con el comando G54, se ingresa el numero 125, Ver Fig. 3.3.8.2

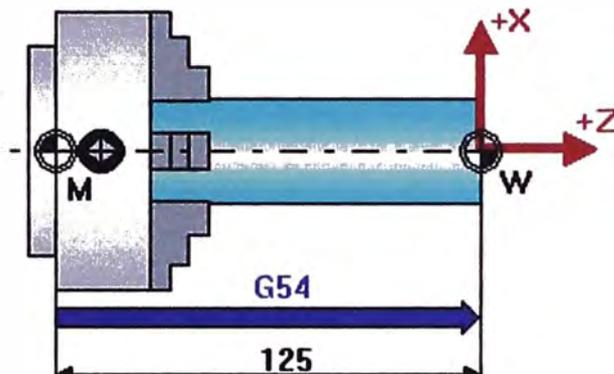


Fig. 3.3.8.2 Desplazamiento del cero ajustable

3.3.8.3. Desplazamiento del cero programable

Los valores son indicados en el programa CNC, esta variante tiene la propiedad de sumar el valor de desplazamiento aun desplazamiento ya ajustable ya activa desplazamiento aditivo)

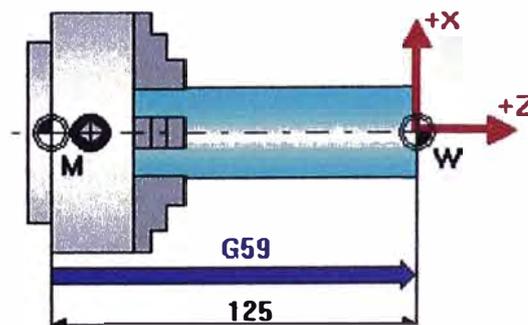


Fig. 3.3.8.3 Desplazamiento del cero programable

3.3.8.4. Desplazamiento del cero ajustable y programable

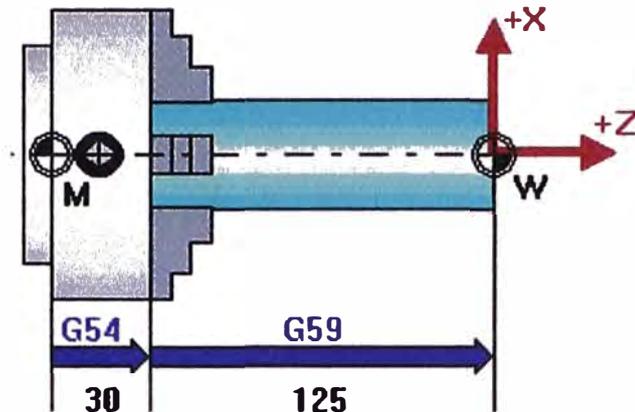


Fig. 3.3.8.4 Desplazamiento del cero ajustable y programable

3.3.8.5. Determinación de los valores de desplazamiento

Luego de acceder al punto de referencia R, el control reconoce las distancias XMR y ZMR. En los tornos se desplaza el punto CERO, solo en el eje Z alcanza con determinar la distancia ZMA (distancia entre el punto cero de la máquina y el tope A. Ver Fig. 3.3.8.5

Se traslada la superficie refrendada plana del cambiador de herramientas en dirección Z negativa hasta que le toca la cara frontal del plato.

La distancia que indica el control corresponde a la distancia ZMF, (distancia entre el punto cero de la máquina M yel punto de referencia del carro F)

La distancia ZMF, corresponde en la distancia ZMA, (distancia entre el punto cero de la máquina y el punto tope A)

Al alcanzar esa posición se lee la posición Z actual en la pantalla del control el valor indicado corresponde al valor del desplazamiento buscado ZMA

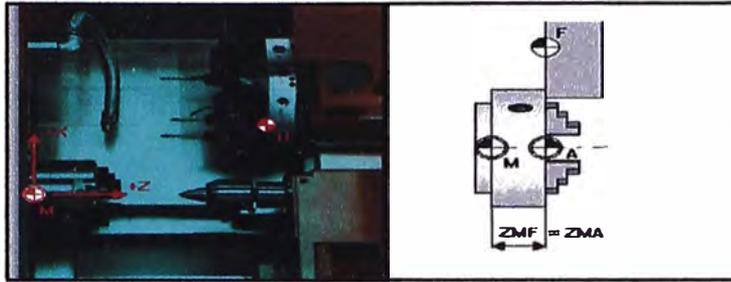


Fig. 3.3.8.5 Determinación de los valores de desplazamiento

3.3.8.6 Entradas y salidas del conector I / 0 1

Es un conector hembra tipo SUB-D de 37 terminales que permite la conexión con el armario eléctrico. Ver Tabla 3.3.8.6

Terminal	Señal y Función	
1	OV.	Entrada de alimentación externa.
2	T Strobe	Salida. Las salidas BCD muestran el código de herramienta.
3	S Strobe	Salida. Las salidas BCD muestran el código S (cabezal).
4	M Strobe	Salida. Las salidas BCD muestran el código de una función auxiliar.
5	Emergencia	Salida
6	Roscado ON	Salida
	Cicle ON	
7	Embrague Z	Salida
8	Reset	Salida
9	Embrague X	Salida
10	Micro lo (X)	Entrada del micro de búsqueda de referencia máquina.
11	Micro lo (3º eje)	Entrada del micro de búsqueda de referencia máquina.
12	Micro lo (Z)	Entrada del micro de búsqueda de referencia máquina.
13	Micro lo (4º eje)	Entrada del micro de búsqueda de referencia máquina.
	<u>Subrut. Emergencia</u>	Activación de la subrutina de emergencia.
14	<u>Stop Emergencia</u>	Entrada.
15	<u>Feed Hold</u>	Entrada.
	<u>Transfer inhibit</u>	
	<u>M ejecutada</u>	
16	<u>Parada</u>	Entrada.
	Subrut. Emergencia	Activación de la subrutina de emergencia.
17	Marcha	Entrada.
18	Entr. Condicional	Entrada.
19	Manual	Entrada. El CNC actúa como visualizador.
20	MST80	Salida código BCD, peso 80.
21	MST40	Salida código BCD, peso 40.
22	MST20	Salida código BCD, peso 20.
23	MST10	Salida código BCD, peso 10.
24	MST08	Salida código BCD, peso 8.
25	MST04	Salida código BCD, peso 4.
26	MST02	Salida código BCD, peso 2.
27	MST01	Salida código BCD, peso 1.
28	CHASIS	Conectar en él todos los apantallamientos de los cables utilizados.
29	24V	Entrada de alimentación externa.
30	± 10V.	Salida de consigna analógica para el regulador del eje X.
31	OV.	Salida de consigna analógica para el regulador del eje X.
32	± 10V.	Salida de consigna analógica para la herramienta motorizada.
33	OV.	Salida de consigna analógica para la herramienta motorizada.
34	± 10V.	Salida de consigna analógica para el regulador del eje Z.
35	OV.	Salida de consigna analógica para el regulador del eje Z.
36	± 10V.	Salida de consigna analógica para el regulador del cabezal.
37	OV.	Salida de consigna analógica para el regulador del cabezal.

Tabla 3.3.8.6 Conector I / 0 - 1

Micro lo del eje x – terminal 10

Esta ENTRADA debe encontrarse a nivel lógico alto siempre que el micro interruptor de búsqueda de referencia máquina del eje X de encuentre pulsado.

Micro lo del eje c o 3° – terminal 11

Esta ENTRADA debe encontrarse a nivel lógico alto siempre que el microinterruptor de búsqueda de referencia máquina del eje C o del 3° eje se encuentre pulsado.

Micro lo del eje z – terminal 12

Esta ENTRADA debe encontrarse a nivel lógico alto siempre que el microinterruptor de búsqueda de referencia máquina del eje Z se encuentre pulsado.

Micro lo del 4° – activación subrutina de emergencia – terminal 13

Cuando la máquina dispone de 4° eje "P614 (1) = 1", esta entrada corresponde al micro lo del 4° eje. Debe encontrarse a nivel lógico alto siempre que el microinterruptor de búsqueda de referencia máquina del 4° eje se encuentre pulsado.

Cuando la máquina no dispone de 4° eje "P614 (1) = 0" y se dispone de subrutina de emergencia, "P716" distinto de 0. El CNC activará la subrutina de emergencia cuyo número se indica en el parámetro "P716" cada vez que pone a nivel lógico bajo esta entrada.

Si la máquina dispone de 4° eje el CNC utiliza como entrada de activación de la subrutina de emergencia la entrada 16 de este mismo conector.

Stop emergencia – terminal 14

Está ENTRADA debe encontrarse normalmente a nivel lógico alto.

Si se pone a nivel lógico bajo, el CNC desactiva los embragues y las consignas de todos los ejes, interrumpe la ejecución del programa pieza y visualiza en pantalla el error 64.

No implica salida de emergencia (Terminal 5 de este conector).

Feed hold /transfer inhibit / m ejecutada – terminal 15

Está ENTRADA debe encontrarse normalmente a nivel lógico alto, y su significado depende del tipo de bloqueo o de la función que se esté ejecutado.

- Si durante el desplazamiento de los ejes se pone esta señal (FEEF HOLD) a nivel lógico bajo, el CNC mantiene el giro del cabezal y detiene el avance de los ejes, proporcionando consignas de valor OV y manteniendo los embragues activados.

Cuando esta señal vuelve a nivel lógico alto, el CNC continuará con el desplazamiento de los ejes.

- Si durante la ejecución de un bloque sin movimiento se pone esta señal (TRANSFER INHIBIT) a nivel lógico bajo, el CNC detiene la ejecución del programa una vez finalizado el bloque actual.
- Cuando esta señal vuelve a nivel lógico alto, el CNC continuará con la ejecución del programa.
- La señal "M EJECUTADA" se utilizará cuando el parámetro máquina "P602(79)" se ha personalizado con el valor "1".
- El CNC espera a que el armario eléctrico ejecute la función auxiliar M solicitada, es decir, a que vuelva a activar la señal "M EJECUTADA".

Parada /Activación subrutina de emergencia –

Terminal 16

Esta ENTRADA debe encontrarse normalmente a nivel lógico alto, y su significado depende de la configuración del sistema.

- Si la máquina dispone de 4º eje "P614(1) = 1" y de subrutina de emergencia, "P716" distinto de 0, el CNC activará la subrutina de emergencia cuyo número se indica en el parámetro "P716" cada vez que pone a nivel lógico bajo esta entrada.
- Si la máquina no dispone de 4º eje "P614 (1) =0 de subrutina de emergencia "P716= 0", el CNC trata esta entrada (PARADA) de la siguiente forma:

Si se pone a nivel lógico bajo el CNC detiene la ejecución del programa. Su tratamiento es idéntico a la tecla del PANEL DE MANDO.

Para poder continuar con la ejecución del programa es necesario que esta señal vuelva a nivel lógico alto y que se active la entrada MARCHA (Terminal 17 de este mismo conector) p que se pulse la tecla del PANEL DE MANDO.

Marcha- Terminal 17

Está ENTRADA debe encontrarse normalmente a nivel lógico bajo.

Además, en posición de reposo esta entrada deberá conectarse, a través de una resistencia de 10 K Ohmios, a OV.

Cuando se detecta un flanco de subida, cambio de nivel lógico bajo el nivel lógico alto, el CNC actúa como si se hubiera pulsado la tecla del PANEL DE MANDO.

No obstante, si desea deshabilitar la tecla del PANEL DE MANDO y utilizar únicamente esta entrada, se debe personalizar el parámetro máquina "P601 (5)" con el valor 1.

Entrada condicional – Terminal 18

Cada vez que el CNCN ejecuta la función auxiliar M01 (parada condicional) se analizará el estado de esta entrada. Si se encuentra activada, nivel lógico alto, el CNC detiene la ejecución del programa.

Del mismo modo, cada vez que el CNC debe ejecutar un "bloque condicional" se analizará el estado de esta entrada, ejecutándose la misma si esta entrada se encuentra activada, nivel lógico alto.

Manual (Modo Visualizador) – Terminal 19

Si estando el CNC en modo manual (JOG), se pone esta ENTRADA a nivel lógico alto, el CNC actúa como visualizador.

Salidas:

T Strobe – Terminal 2

El CNC activa esta salida, la pone a nivel lógico alto, siempre que por las salidas BCD (terminales 20 a 27) se está enviando el código correspondiente a una herramienta (función T).

S Strobe – Terminal 3

En CNCN activa esta salida, la pone a nivel lógico alto, siempre que por las salidas BCD (terminales 20 a 27) se está enviando el código correspondiente a la velocidad del cabezal (función S en BCD).

S Strobe – Terminal 4

El CNC activa esta salida, la pone a nivel lógico alto, siempre que por las salidas BCD (terminales 20 a 27) se está enviando el código correspondiente a una función auxiliar (función M).

Emergencia – Terminal 5

El CNC activa esta salida siempre que detecta una condición de alarma o emergencia interna.

El estado normal de funcionamiento de esta salida (nivel lógico alto o bajo) depende del cómo se haya personalizado el parámetro "P605 (4)".

"P605 (4) = 0" ROSCADO ON.

El CNC activa esta salida, la pone a nivel lógico alto, siempre que se encuentra ejecutando un roscado.

"P605 (4)= 1" CYCLE ON.

El CNC activa esta salida, la pone a nivel lógico alto, siempre que está ejecutando un bloque de programa.

Embragues – Terminal 7

El CNC activa esta salida, se pone a nivel lógico alto, siempre que se necesite habilitar el regulador del eje Z.

Reset – Terminal 8

Esta salida se activa, se pone a nivel lógico alto, siempre que se inicializa el CNC mediante la tecla (RESET).

El CNC mantiene la señal activa durante 80 milisegundos.

EMBRAGUE X Terminal 9

El CNC activa esta salida, la pone a nivel lógico alto, siempre que se necesite habilitar el regulador del eje X.

MST80 Terminal 20

MST40 Terminal 21

MST20 Terminal 22

MST10 Terminal 23

MST08 Terminal 24

MST04 Terminal 25

MST02 Terminal 26

MST01 Terminal 27

El CNC utiliza estas salidas para indicar al armario eléctrico la función M, S o T que se ha seleccionado.

Dicha información se encuentra codificada en BCD y el peso de cada una de estas salidas viene indicado por el nemónico correspondiente.

Por ejemplo, cuando se debe seleccionar la primera gama de cabezal el CNC enviará al armario eléctrico el código M41.

MTS80	MTS40	MTS20	MTS10	MTS08	MST04	MTS02	MST01
0	1	0	0	0	0	0	1

Tabla 3.3.8.6 Gama de cabezal

Junto con estas señales se activará la salida "M Strobe", "T Strobe" o "S Strobe" para indicar el tipo de función que se ha seleccionado.

Consigna del eje X 10V Terminal 30

Consigna del eje X 0V Terminal 31

Estas salidas proporcionan la señal analógica correspondiente para gobernar la herramienta motorizada. Su conexión al regulador se realizará mediante cable apantallado
Consigna de la herramienta motorizada 10V Terminal 32

Consigna de la herramienta motorizada 0V Terminal 33

Estas salidas proporcionan la señal analógica correspondiente para gobernar la herramienta motorizada. Su conexión al regulador se realizará mediante cable apantallado.

Consigna del eje Z 10V Terminal 34

Consigna del eje Z 10V Terminal 35

Estas salidas proporcionan la señal analógica correspondiente para gobernar el eje Z. Su conexión al regulador se realizará mediante cable apantallado.

Consigna del cabezal 10V Terminal 36

Consigna del cabezal 0V Terminal 37

Estas salidas proporcionan la señal analógica correspondiente para gobernar el cabezal. Cuando se encuentra el lazo abierto (S) o cuando trabaja como eje C. Su conexión al regulador se realizará mediante cable apantallado.

3.3.8.7 Conector I / 0 2

Es un conector hembra tipo SUB – D de 25 terminales que permite la conexión con el armario eléctrico.

PIN	SEÑAL Y FUNCIÓN	
1	0V	Entrada de alimentación externa
2	0V	Entrada de alimentación externa
3	Salida M1	Valor de bit 1 de la tabla de funciones auxiliares M.
4	Salida M2	Valor de bit 2 de la tabla de funciones auxiliares M.
5	Salida M3	Valor de bit 3 de la tabla de funciones auxiliares M.
6	Salida M4	Valor de bit 4 de la tabla de funciones auxiliares M.
7	Salida M5	Valor de bit 5 de la tabla de funciones auxiliares M.
8	Salida M6	Valor de bit 6 de la tabla de funciones auxiliares M.
9	Salida M7	Valor de bit 7 de la tabla de funciones auxiliares M.
10	Salida M8	Valor de bit 8 de la tabla de funciones auxiliares M.
11	Salida M9	Valor de bit 9 de la tabla de funciones auxiliares M.
12	Salida M10	Valor de bit 10 de la tabla de funciones auxiliares M.
13	Salida M11	Valor de bit 11 de la tabla de funciones auxiliares M.
	Embrague 4º eje	
14	0V	Salida consigna analógica para el regulador del 4º eje
15	± 10V	Salida consigna analógica para el regulador del 4º eje
16	CHASIS	Para conectar los apantallamientos de los cables utilizados
17	0V	Salida consigna analógica para el regulador del 3º eje
18	± 10V	Salida consigna analógica para el regulador del 3º eje
19		Entrada de alimentación externa
20	24V	Entrada de alimentación externa
21	24V	Salida modo de operación manual seleccionado
22	Manual	Valor de bit 15 de la tabla de funciones auxiliares M.
	Salida M15	
	Bloqueo cabezal	
23	Embrague eje C	Valor de bit 14 de la tabla de funciones auxiliares M.
	Salida M14	
24	G00	Valor de bit 13 de la tabla de funciones auxiliares M.
	Salida M13	
25	Giro torreta	Valor de bit 12 de la tabla de funciones auxiliares M.
	Salida M12	
	Embrague 3º eje	

Tabla 3.3.8.7 Conector I / 0 - 2

Salidas:

Salidas M decodificadas

Terminales 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 22, 23, 24, 25

Estas SALIDAS proporcionan los valores que se encuentran seleccionados en la tabla decodificada correspondiente a la función auxiliar M seleccionada.

Por ejemplo: Si la tabla correspondiente a la función M41 se ha personalizado de la siguiente forma:

M41 100100100100100 (salidas que se activan)
 00100100100100100 (salidas que se desactivan)

El CNC actuará de la siguiente forma cada vez que se ejecute la función auxiliar M41 (selección de la primera gama de cabezal):

Salidas M11 / Embrague de 4º eje Terminal 13

Esta SALIDA proporciona el valor del bit 11 de la tabla decodificada correspondiente a la función auxiliar M seleccionada.

Cuando la máquina dispone del 4º eje P614(l)=1", esta salida será el embrague del 4º eje.

Se debe tener cuidado, cuando se dispone de esta opción, de no utilizar el bit correspondientes a esta salida en la tabla de M decodificadas ya que el CNC activará esta salida en ambos casos.

Consigna de 4º eje $\pm 10V$ Terminal 15

Consigna de 4º eje $\pm 0V$ Terminal 14

Estas SALIDAS proporcionan la señal analógica correspondiente para gobernar el 4º eje. Su conexión al regulador se realizará mediante cable apantallado.

Consigna de 3° eje $\pm 10V$ Terminal 18

	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15
Terminal I/O2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	25	24	23	22
A24V	X			X			X			X			X		
a 0V			X			X			X			X			
No modificada		X			X			X			X				

Tabla 3.3.8.7 Conector I/O - 2

Consigna de 3° eje $\pm 0V$ - Terminal 17

Estas SALIDAS proporcionan la señal analógica correspondiente para gobernar el 3° eje. Su conexión al regulador se realizará mediante cable apantallado.

Manual - Terminal 21

El CNC activa esta SALIDA poniéndolo a nivel lógico alto siempre que se encuentre seleccionado el modo de operación MANUAL.

**Salidas M15 / Bloqueo del cabezal / Embrague del eje C
Terminal 22**

Esta SALIDA proporciona el valor del bit 15 de la tabla decodificada correspondiente a la función auxiliar M seleccionada.

Cuando el cabezal trabaja en el lazo cerrado (M19) esta salida indica el bloqueo de cabezal, es decir, se encontrará a nivel lógico 0 cuando debe desplazarse el eje y volverá al estado lógico 1 cuando el eje haya alcanzado la posición programada (cuando se encuentre dentro de la banda de muerte).

Cuando la máquina dispone del 3º eje "P612 (1)=1" y además dicho eje se ha personalizado como eje C "P613 (5)=1", esta salida será el embrague del eje C.

Se debe tener cuidado, cuando se dispone de una de estas opciones, de no utilizar el bit correspondiente a esta salida en la table de M decodificadas ya que el CNC activará esta salida en todos los casos.

Salidas M14 / G00 - Terminal 23

Esta SALIDA proporciona el valor de bit 14 de la tabla decodificada correspondiente a la función auxiliar M seleccionada.

Si se personaliza el parámetro máquina "P609(6)=1", esta SALIDA se pone a nivel lógico alto siempre que la torreta se deba desplazar en sentido positivo.

Si se dispone, por ejemplo, de una torreta con 12 herramientas y se está trabajando con la herramienta 2, el valor de esta salida depende del número de herramienta que se desea seleccionar.

Si se selecciona la herramienta 4, esta salida se pone a nivel lógico alto (sentido 2, 3, 4).

- Si se selecciona la herramienta 10, esta salida se pone a nivel lógico bajo (sentido 2, 1, 12, 11, 10)

Se debe tener cuidado, cuando se dispone de esta opción de no utilizar el bit correspondiente a esta salida e la tabla M decodificadas ya que el CNX activará esta salida en ambos casos.

Salidas M12 / Embrague del 3º eje - Termina 25

Esta SALIDA proporciona el valor de bit 12 de la tabla decodificada correspondiente a la función auxiliar M seleccionada.

Cuando la máquina dispone del 3º eje "P612(1)=1" esta salida será el embrague del 3º eje.

Se debe tener cuidado, cuando se dispone de esta opción, de no utilizar el bit correspondiente a esta salida en la tabla M decodificadas ya que el CNC activará esta salida en ambos casos.

3.3.8.8 Esquema de la fuente de alimentación

Es necesario diseñar y construir una fuente de alimentación regulable y estabilizada de 1.2 v - 24 v c. c. – 1.0 A. para tal aplicación usamos el regulador de tensión LM 317, Ver Anexo A.

3.3.8.9 Esquema del circuito de potencia

De la línea de alimentación principal debemos de obtener las tensiones necesarias para los circuitos respectivos. Ver Anexo B.

3.3.8.10 Circuito de corrección del OFF – SET

Los operacionales presentan una desviación del valor de la tensión de salida, cuando en sus entradas inversoras y no inversoras No existe tensión de alimentación la salida debe ser cero pero en el OPAMP existe un valor de tensión llamada tensión OFF-SET, que tiene que ser corregida, para el cual se diseña un circuito de corrección. Ver Anexo C.

3.3.8.11 Circuito de fuerza

Es el circuito de accionamiento de los servomotores X, Z, motor del refrigerante y del circuito de frenado del motor del usillo. Ver Anexo D.

3.3.8.12 Circuito de Mando

Circuito basado en la lógica de reles, prácticamente es el tablero de mando. Ver Anexo E.

3.3.8.13 Circuito de Freno

Se ha diseñado el circuito de freno dinámico para el usillo, Ver Anexo F.

3.3.8.14 Circuito de conexión de drives

Circuito diseñado para la conexión de los drives a los servomotores X y Z, con sus respectivos elementos de protección y la corrección del OFF- SET necesaria. Ver Anexo G.

3.3.8.15 Circuito de I / O – 1

Circuito para conectar los reles que controlara los drives X y Z, el motor del refrigerante y el usillo en ambos sentidos de giro. Ver Anexo H.

3.3.8.16 Circuito de I / O – 2

En este circuito se instalan las entradas que accionaran el refrigerante, usillo en ambos sentido de giro, verificación de los drives, emergencia los micro 0X y 0Z. Ver Anexo I

3.3.8.17 Regleta de bornes

Dispositivo de conexión de las entradas y salidas correctamente identificadas en una regleta de PVC o baquelita. Ver Anexo J

3.3.8.18 Cambiador de Ganancia

Circuito que permite regular y controlar la ganancia del circuito con OPAMP. Ver Anexo K.

3.3.8.19 Ubicación de elementos en el tablero

Este esquema permite visualizar la ubicación correcta de los elementos y dispositivos que intervienen en el diseño del tablero de control. Ver Anexo L.

3.3.8.20 Parámetro de Maquina

Los parámetros de maquina dados por el fabricante. El diseñador y/o operador debe saber programarlo y conocer sus aplicaciones. Ver Anexo M.

3.3.8.21 Funciones preparatorias

Define las funciones de la programación en CNC. Ver Anexo N.

3.3.8.22 Intercambio de información entre el CNC 8025T y el PLCI

Define las entradas del PLCI y la salida del CNC y la entradas CNC con las salidas del PLCI. Ver Anexo O.

3.3.8.23 Relación de materiales y componentes electrónicos

Se establece la relación de los componentes y/o elementos de utilitaje eléctrico con sus respectivas características técnicas normalizadas. Ver Anexo P.

3.4 Recursos y comandos y programación del PLCI**3.4.1. Recursos del PLCI**

Los principales recursos del PLCI son

Entradas:	I 1-104
Salidas:	O 1-64
Marcas de usuario:	M 1-512
Asociados a los mensajes	M 1801-1990
Asociadas a los registros:	M 1901-1964
De flags aritmético:	M 2001-2003
De relojes:	M 2009/2024
De estado fijo:	M 2046/2047
Temporizadores:	T 1-32
Contadores:	C 1-16
Registros de usuario:	R 1-100
Reservados al sistema:	R 101-255

El valor almacenado en cada registro será considerado por el PLC como un número entero consigo (± 32767) o sin signo (0 a 65535), pudiendo referenciarse el mismo en uno de los siguientes formatos:

Decimal : Un número entero con o sin signo.

Hexadecimal: Precedido por la letra H y entre 0 y FFFF

Binario : Precedido por la letra B y formado por hasta 16 bits (1 ó 0).

3.4.2. Proposiciones directivas

PRG	Modulo principal
CY1	Modulo de primer ciclo
PE1 t	Módulo periódico. Se ejecutará periódicamente cada período de tiempo t (en centésimas de segundo).
END	Final del módulo
L 1-64	Etiqueta (LABEL)
REA	Las consultas se realizarán sobre los valores reales
IMA	Las consultas se realizarán sobre los valores imagen.
NOP	No operación. Produce retardo de 20 microsegundos

Tabla 3.4.2 Directivas

3.4.3. Instrucciones de consulta simples

I 1-164	Entradas
O 1-64	Salidas
M 1-512 y M1801-2047	Marcas
T 1-32	Temporizadores
C 1-16	Contadores
B (0-15) R (1-164 ó 201 – 203)	Bit de registro

Tabla 3.4.3 Tabla de consultas simples

3.4.4. Instrucciones de consulta de detección de flancos

DFU Detección de flanco de subida

DFD Detección de flanco de bajada

DFU	I 1-104
DFD	O 1-64
	M 1-1512

Tabla 3.4.2 Detección de flancos

3.4.5. Instrucciones de consulta de comparación

CPS Permite realizar comparaciones con signo.

CPU Permite realizar comparaciones sin signo.

CPS	T 1-32	GT	T 1-32
CPU	C 1-16	GE	C 1-16
	R 1-164 o 201-203	EQ	R 1-164 ó 201-
	#	NE	203
		LE	#
		LT	

Tabla 3.4.5 Comparación

3.4.6. Operadores

NOT Invierte el resultado de la Instrucción de Consulta que precede.

OR Realiza la función lógica "Y" entre instrucciones de consulta.

XOR Realiza la función lógica "O" entre instrucciones de consulta.

Realiza la función lógica "O EXCLUSIVO" entre instrucciones de consulta.

Tabla 3.4.6 Operadores

3.4.7. Instrucciones de acción binarias de asignación

= I 1-104	Entradas
= O 1-64	Salidas
= M 1-512 ó 1801 – 2047	Marcas
= TEN 1-32	Temporizadores
= TRS 1-32	Temporizadores
= TGn 1-32 #/R	Temporizadores
= CUP 1-16	Contadores
= CDW 1-16	Contadores
= CEN 1-16	Contadores
= CPR 1-16 #/R	Contadores
= B 0-15 R (1-164 ó 201-203)	Bit de Registro

Tabla 3.4.7 Acción binarias

3.4.8. Instrucciones de acción binarias condicionadas

- = **SET** Si la expresión lógica es un "1" esta acción asigna un "1" al recurso.
- = **RES** Si la expresión lógica es un "1" esta acción asigna un "0" al recurso.
- = **CPL** Si la expresión lógica es un "1" esta acción complementa el estado del recurso.

Tabla 3.4.8 Directivas

3.4.9. Instrucciones de acción de ruptura binarias condicionada de secuencia

= JMP L 1-64	Salto Incondicional
= CAL L 1-64	Llamada a Subrutina
= RET	Retorno o Final de Subrutina

Tabla 3.4.9 Binarias condicionadas de secuencia

3.4.10. Instrucciones de acción aritméticas

- = **MOV** Transferencia de información entre diversos recursos.

	Origen	Destino	Código Origen	Código Destino	Nº bits a transmitir
Mov	11-104	I 1-104	0 (Bin)	0 (Bin)	16
	O 1-64	O 1-64	1 (BCD)	1 (BCD)	12
	M 1-512 ó 1801-2047	M 1-512 ó 1801-2047			8
	T 1-32				4
	C 1-16	R 1-164 ó 201-203			
	R 1-164 ó 201-203				
#					

Tabla 3.4.10 Instrucciones de Aritmética

- = **NGU** R 1-164 ó 201-203 Negociación sin tener en cuenta el signo del registro.
- = **NGS** R 1-164 ó 201-203 Negociación teniendo en cuenta el signo del registro.
- = **NGD** R 1-164 o 201-203 Negociación de un registro doble (32 bits) teniendo en cuenta el signo del registro.

- = **ADU, ADS, ADD** Suma aritmética con o sin signo o entre registros dobles.
- = **SBU, SBS, SBD** Resta aritmética con o sin signo o entre registros dobles.

= MLU, MLS, MLD	Multiplicación aritmética con o sin signo o entre registros dobles.
= DVU, DVS, DVD	
= MDU, MDS, MDD	División aritmética con o sin signo o entre registro dobles. Módulo o resto de división aritmética con o sin signo o entre registros dobles.

Tabla 3.4.10a Aritméticas

3.4.11. Instrucciones de acción lógica

= AND	Operación lógica AND entre contenido de registros o entre contenidos de registro y número.
= OR	Operación lógica OR entre contenido de registros o entre contenidos de registro y número.
= XOR	Operación lógica XOR entre contenidos de registros o entre contenidos de registro y número.

Tabla 3.4.11 Acción Lógica

= RR 1/2	Rotación de registro a derechas.
= RL 1/2	Rotación de registro a izquierdas.

Tabla 3.4.11 a Acción lógica

3.4.12. Instrucciones de acciones especiales

= ERA Borrado en
bloque

ERA	I 1-104	1-104
	O 1-64	1-64
	M 1-512 ó 1801 – 2047	1-512 ó 1801 -2047
	T 1-32	1-32
	C 1-16	1-16
	R 1-164 ó 201-203	1-164 ó 201-203

Tabla 3.4.12 Acciones especiales

3.4.13. Programa del PLCI

Si P737 = 0, Indica que el CNC NO participa en el intercambio de marcas
Si P737 <> 0, El usuario determina marca del PLC a usar, en nuestra innovación se ha usado el PLC de la misma marca

Programa PLC del torno CNC

1	=	CY1	
2	=	MZ047	
3	=	ERA I1 41	
4	==	ERA 01 36	
5	==	ERA M1 512	
6	==	ERA T1 32	
7	==	END	
8	==	PRG	
9	==	ISE	
10	==	ERA 01 64	
11	==	ERA M1 512	
12	==	ERA T1 ϕ 1 ϕ	
13	=	I 1	
14		ANA NOT I2	
15		SET 035	
16		SET 036	
17		SET 034	
18		SET 037	
19		SET 033	
20		NOT TRS 1 ϕ	
21		NOT I2	
22		TEM 1 ϕ	
23	=	I57	
24	=	OR I59	
25	=	TG1 1 ϕ 2 ϕ ϕ	
26	=	I57	
27	=	AND (
28	=	T1 ϕ	
29	=	OR I5	
30	=)	
31	=	O5	
32	=	I59	
33	=	AND(
34	=	T2 ϕ	
35	=	OR IS	
36	=)	
37	=	O6	
38	=	I3	ZERO MAQUINA E/E
39	=	O4 ϕ	X
40	=	I4	ZERO MAQUINA E/E
41	=	O36	Z
42	=	CPS R201 NE - 1	
43	=	MOV R201 R51 1 ϕ 16	ANALIZA
44	=	MOV - 1 R201 ϕ ϕ 16	FUNCIONES M
45	=	CPU R51 EP3	
46	=	SET M103	
47	=	RES M104	
48	=	RE 05 ϕ	
49	=	RES 03S	FUNCIÓN ϕ 3

50	=	MOV - 1 R51 $\phi\phi 16$	
51	=	M103	
52	=	O3	
53	=	I6	
54	=	SET 05 ϕ	
55	=	SET 035	
56	=	CPU R51 Ey4	
57	=	SET M10	
58	=	RES M103	
59	=	RES 05 ϕ	
60	=	RES O35	
61	=	MOV -1 R51 $\phi\phi 16$	FUNCIÓN M $\phi 4$
62	=	M104	
63	=	O4	
64	=	I7	
65	=	SET 05 ϕ	
66	=	SET 035	
67	=	CPU R51 EQ5	
68	=	RES M104	
69	=	RES M103	
70	=	RES O5 ϕ	
71	=	RES 035	
72	=	MOV - 1 R51 $\phi\phi 16$	FUNCIÓN M $\phi 5$
73	=	NOT I6	
74	=	AND NOT I7	
75	=	SET O35	
76	=	SET O5 ϕ	
77	=	CPU R51 Ey B	
78	=	SET MI $\phi\phi$	
79	=	MOV - 1 R51 $\phi\phi 16$	M $\phi 8$
80	=	MI $\phi\phi$	
81	=	AND IB	
82	=	O7	
83	=	CPU R51 EyG	
84	=	RES MI $\phi\phi$	M $\phi 9$
85	=	MOV - 1 R51 $\phi\phi 16$	
86	=	I 2	
87	=	MI 601	VISUALIZACIÓN DE ALARMAS
88	=	NOT I5	
89	=	MI802	
90	=	END	

Tabla 3.4.2 Programa del PLCI

3.4.14. Bloqueo y desbloqueo del PLCI

Se establece la siguiente secuencia para bloquear / desbloquear el acceso al programa del PLCI

a. Bloqueo

- Pulsar la tecla [OP MODE]
- Pulsar la tecla [9] para seleccionar modos especiales
- Pulsar la tecla [4], para acceder al PLCI
- Pulsar la tecla [F3], de Util.
- Pulsar la tecla [F4], Para bloquear
- Escribir con el teclado: UNI
- Pulsar [ENTER]

De esta manera NO se podrá tener acceso al programa del PLCI

b. Desbloquear

- Seguir los pasos anteriores hasta el paso 4
- Pulsar la tecla [F5], hasta desbloquear
- Escribir con el teclado: UNI
- Pulsar [ENTER]

De esta manera se podrá tener acceso al programa del PLCI

Para visualizar el programa del PLCI, una vez desbloqueado el acceso se tiene que detener o parar la maquina.

3.5 Recursos humanos y equipamiento**3.5.1. Recursos humanos**

La inversión del proyecto es costoso por lo que es necesario contar con profesionales calificados que garanticen el funcionamiento del tomo convertido a CNC.

Los recursos Humanos se muestran en la tabla 3.4.3 adjunta

Ítem	PERSONAL	Número	Tiempo (mes)
1	Ing. Electrónico	1	1
2	Ing. Mecánico	1	1
3	Técnico en Electrónica	1	4
4	Técnico en Mecánica	1	4
5	Programador CNC	1	1
6	Técnico en Computación	1	1
7	Técnico en Autocad	1	1

Tabla 3.4.1 Tablas de recursos Humanos

3.5.2. Equipos materiales

Se encuentra sintetizado en la tabla 3.4.4 adjunta

Ítem	Equipo a Materiales	Número
1	Unidad de gobierno	1
2	Servomotores	2
3	Encoder	2
4	Componentes electrónicos	1
5	Computador personal	1
6	Material de ferretería	1
7	Componentes eléctricos de mando y protección	1

Tabla 3.4.2 Tablas de equipamiento

3.5.3. Dimensionamiento de componentes

Las especificaciones técnicas de los componentes serán de acuerdo al código Nacional eléctrico de electricidad.

3.5.2.1 Fusibles

La capacidad de apertura de los fusibles se calcularan con la siguiente formula

- Motor Principal

$$I_a = 1.25 \left[4 \frac{P}{\eta U \cos \phi} \right] \dots \dots \dots (3.4)$$

Donde:

I_a: Intensidad de apertura en Amperios

P: Potencia en watos

n : eficiencia

CosΦ: Factor de potencia

3.5.2.2 Contactores

Principal de 220 v - 25 A, con red RC

Contactador (servomotores) de 220 v - 16 A

3.5.2.3 Reles

De 24 v y de 5 A. doble contactos 3NA y 3NC

- El salvamotor de 220 v y rango de 4 a 25 A

- Finales de carrera
- Pulsadores de paro y marcha
- Pulsador de emergencia
- Lámpara de señalización: 24 v/ 40 w
- Lámpara de alumbrado: 220 v – 100 w
- Fusibles para la fuente de 1.5 A – 250

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Cálculo de los costos de producción con torno mecánico – máquina seca

Para determinar el tiempo de producción de una pieza en un torno mecánico paralelo es necesario calcular tiempos que se emplean en efectuar los pasos en el proceso de mecanizado.

Para efectos de cálculo lo haremos a máquina seca, es decir sin considerar el consumo de energía y los pagos de los servicios del operario y la deprecación de la máquina

Para hacer los cálculos mecanizaremos una pieza de aluminio con las dimensiones siguientes:

L = 150 mm

D = 40 mm

Material: ST37

Dado la solicitud del cliente, Las operaciones a realizar serán de refrentar y cilindrar. Es necesario tomar en cuenta la habilidad del operario para manipular los dos carros simultáneamente.

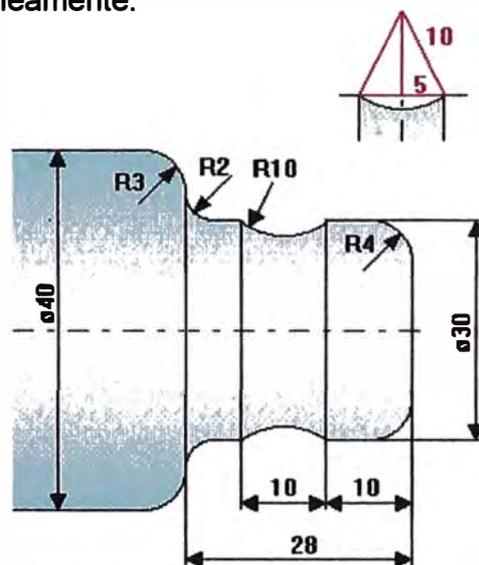


Fig. 4.1 Pieza a mecanizar

En la tabla 4.1 adjunta establece los pasos del proceso

TABLA

Itm	PASOS DEL PROCESO	CANT.	TIEMPO (hr)	TOTAL PARCIAL (hr)
1	Diseño de Plano de la Pieza Mecánica	01	2	2
2	Requerimiento de Material con los Datos Técnicos	01	0.5	0.5
3	Colocación de la Pieza y Cuchillas en el torno	01	0.5	0.5
4	Numero de Pasadas	10	0.008	0.08
5	Tiempo de paradas para verificar medidas	10	0.08	0.8
6	Tiempo de paradas para cambiar cuchillas	05	0.16	0.8
7	Desmontaje y verificación final	01	0.016	0.16
	TOTAL		4.84hr	

Tabla 4.1 Tablas tiempo con torno

Entonces la hora máquina es:

$$H/m = \frac{C}{T} \dots\dots\dots(4.1)$$

Donde:

C: Costo del trabajo (soles)

T: Tiempo empleado (Hr)

$$H/m = \frac{C}{T} = \frac{70}{4.84} = 15.46$$

Es decir el precio de la hora/máquina seca es S/. 15.46

4.2 Cálculo de los costos de producción con torno CNC

Para efectos comparativos mecanizaremos la pieza con torno CNC, con los pasos dados en la tabla 4.2 adjunta

TABLA

Itm	PASOS DEL PROCESO	CANT.	TIEMPO (hr)	TOTAL PARCIAL (hr)
1	Diseño de Plano de la Pieza Mecánica	01	0.5	0.5
2	Requerimiento de Material con los Datos Técnicos	01	0.5	0.5
3	Colocación de la Pieza y Cuchillas en el torno	01	0.5	0.5
4	Numero de Pasadas	5	0.008	0.04
5	Tiempo de paradas para cambiar cuchillas	05	0.16	0.8
6	Desmontaje y verificación final	01	0.016	0.16
TOTAL			2.50hr	

Tabla 4.2 Tablas del tiempo con CNC

El programa en CNC es el que se muestra en la figura.

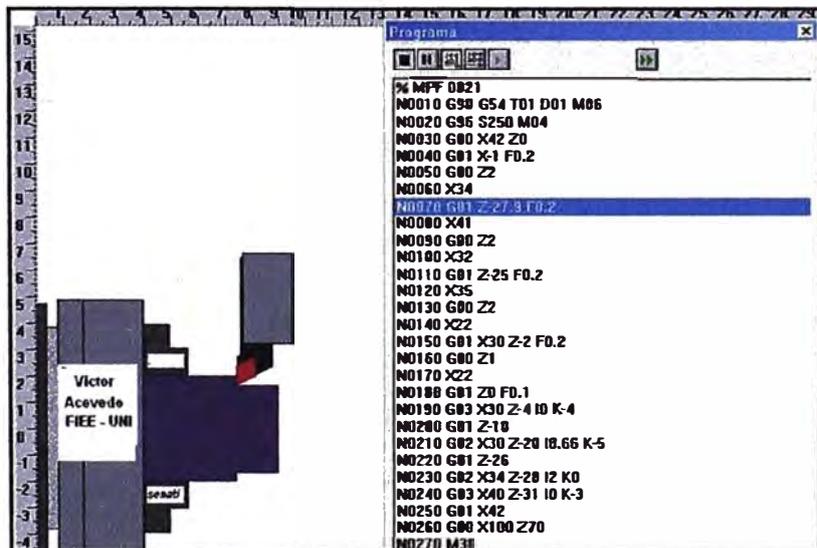


Fig. 4.2 Programa CNC

Calculo de la Hora/máquina:

$$H/m = \frac{C}{T} = \frac{50}{2.5} = 20.0 \dots\dots\dots(4.2)$$

Por cada pieza mecanizada, la reducción de tiempo con el torno CNC es aproximadamente 2.30 hr.

En 10 piezas el tiempo reducido es  23.00 hrs.

En consecuencia la producción en serie aumenta la productividad y reduce costos y elimina tiempos muertos

4.3 Presupuesto de la Conversión

El presupuesto de inversión en la conversión del torno mecánico a CNC, tiene dos partes:

a. Materiales

La relación de materiales sintetizado se muestra en la Tabla 4.3 adjunta

TABLA

It	EQUIPOS MATERIALES	CANT.	PRECIO UNITARIO (s/)	PAR.
1	Unidad de Gobierno, marca FAGOR MS	01	35,000	35,000
2	Servomotores Marca COMPUMOTOR, MODELO APEX 606	02	1,800	3,600
3	Drive Marca:COMPUMOTORModelo: APEX 20	02	1000	2,000
4	Encoder Marca:Compumotor	02	300	600
5	Accesorios Eléctricos			2,000
6	Material de Ferretería			1,000
7	Dispositivos electrónicos			200
6	Accesorios Mecánicos			600
	TOTAL C		45,000	

Tabla 4.3 a equipos y materiales

b. Humanos

Los recursos humanos se muestran en la tabla adjunta de una manera simplificada en la tabla D

TABLA

Itm	RECURSOS HUMANOS	CANT.	TIEMPO (mes)	SUELDO (mes)	
1	Ing. Electrónico	01	1	3,500	3,500
2	Ing. Mecánico	01	1	3,500	3,500
3	Técnico Electrónico	01	4	600	2,400
4	Técnico en Máquinas Herramientas	01	4	600	2,400
5	Programador CNC	01	1	600	600
6	Técnico en Dibujo Mecánico	01	1	600	600
	TOTAL D			13,000	

Tabla 4.3 b Tablas de recursos Humanos

$$\text{TOTAL INVERSION C + D} = 13,000 + 45,000 = \text{S/ } 58,000$$

4.4 Tiempo de Ejecución

El tiempo de la ejecución es de 4 meses, el cronograma de actividades se muestra en la tabla 4.4 adjunta

TABLA

itm	ACCIONES O ACTIVIDADES	MES			
		1er	2do	3er	4to
1	Recopilación de datos técnicos del torno mecánico	x			
2	Planeamiento de la Conversión	x	x		
3	Adquisición de la Unidad de Gobierno		x		
4	Adquisición de los servomotores y driver		x		
5	Adquisición de accesorios eléctricos, mecánicos, ferretería y electrónicos		x		
6	Proceso operativo de la Conversión (mecánica, eléctrica y electrónica)		x	x	x
7	Verificación, acabado final y puesta en marcha				x

Tabla 4.4 Tabla del tiempo de ejecución

4.5 Retorno de la Inversión

El retorno de la inversión se calcula por la formula adjunta

$$X = \frac{\text{Inv.Total}}{\text{Costo - unitario}} \times \text{Piezas / dia} \dots \dots \dots (4.5)$$

Reemplazando datos

$$X = \frac{58,000}{50} \times \frac{1160}{4} = 290 \text{ dias}$$

$$X = 9 \text{ meses}$$

La recuperación de la inversión se obtendrá a aproximadamente a los 9 meses.

CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo de conversión de un torno mecánico a CNC son las siguientes:

- a. Las piezas con geometría complicada que difícilmente se pueden producir en un torno convencional. se mecanizaran en un torno CNC con alta precisión y rapidez
- b. Producción de piezas en serie produce un incremento notable de la productividad
- c. Ahorro de herramientas de corte y utilitaje
- d. Reducción del tiempo muertos en la verificación de las dimensiones geométricas de la pieza mecanizada
- e. Reducción de tiempos muertos en el cambio de cuchillas
- f. Aumento de la productividad por el menor tiempo en la mecanización y en el diseño de los planos
- g. Flexibilidad de mecanización. Un programa puede cambiar y servir para otro de geometría similar
- h. Establecer sub programas o sub rutinas
- i. Posibilidad de trabajar en una Red Local
- j. Aumento de la productividad por NO haber fatiga excesiva del operador
- k. Disminución de la energía eléctrica al modificar los métodos de arranque de motores, cuando se efectúan paradas
- l. Flexibilidad de cambio de las dimensiones geométricas

- m. **Disminución de los accidentes de trabajo**
- n. **Disminución del consumo de energía eléctrica**
- o. **Aplicación de las normas técnicas ISO, por aplicación del software estandarizado**
- p. **Cumplimientos de las normas de conservación del medio ambiente e impacto ambiental.**

RECOMENDACIONES

- a. Garantizar los recursos económicos necesarios hasta concluir el proyecto que son elevados inicialmente
- b. La elevada inversión inicial tanto en el torno mecánico paralelo y en la unidad de gobierno, exige una planificación del trabajo y los recursos humanos a utilizar
- c. Capacitar al personal operador en programar máquinas – herramientas a Control numérico computarizado
- d. Los costos de reparación en las máquinas CNC son muy costosas, por lo que requiere un estricto plan de mantenimiento preventivo
- e. Recopilación de los datos técnicos del torno mecánico
- f. Selección del personal profesional y técnicos idóneo y competente de preferencia con experiencia en máquinas CNC que efectuaran los trabajos de conversión
- g. Adquirir los accesorios eléctricos, electrónicos y material de ferretería que cumplan
- h. Antes de poner en marcha la máquina , efectuar una revisión total
- i. Medir los resultados periódicamente.

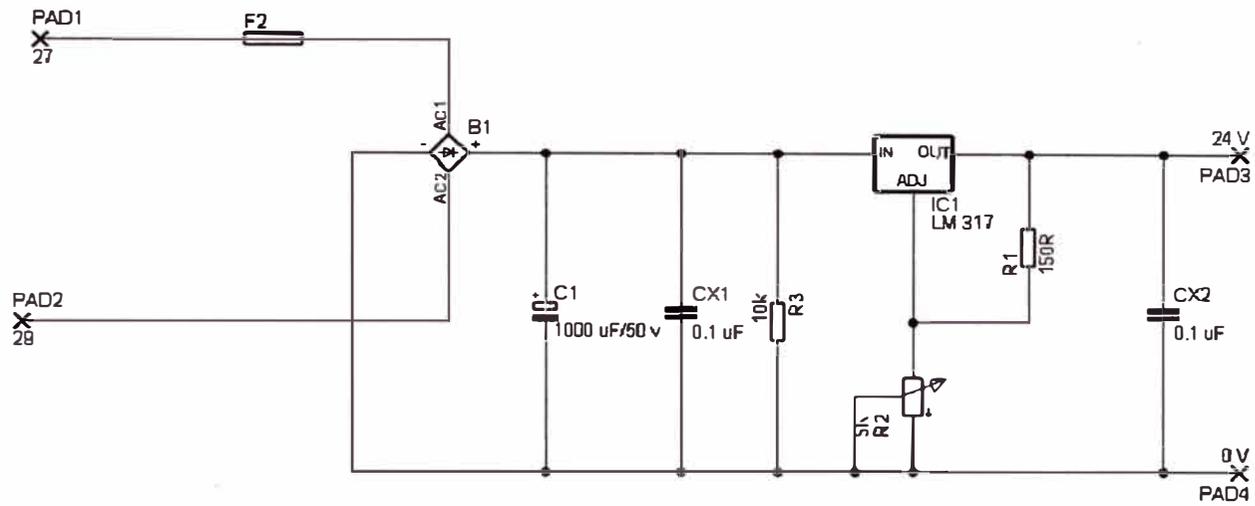
Respecto a los proceso de instalación del encoder

- a. Hay que tener en cuenta las pequeñas tolerancias que puede llegar a absorber el acoplamiento.
- b. Tolerancia de excentricidad
- c. Distancia radial entre los ejes del encoder y del motor.

- d. Tolerancia de inclinación
- e. b. Ángulo entre los ejes del encoder y el motor
- f. Tolerancia de desplazamiento axial
- g. Distancia axial entre los ejes del encoder y del motor.
- h. Existen acoplamientos de plástico y de metal
- i. No cablear las líneas de alimentación del encoder junto a las de potencia o alta tensión.
- j. Para alargar el cable considerar la frecuencia de trabajo. Puede distorsionarse la forma de onda. Se recomienda el modo de salida driver de línea.
- k. Cuando se conecta o desconecta el encoder se puede generar un pulso erróneo. Esperar 100 ms.
- l. Prevención de contaje erróneo.
- m. Cuando el encoder se para próximo al flanco de subida o bajada, se puede generar un impulso erróneo.
- n. Para prevenir este efecto se debe usar un contador reversible.
- o. Extensión de la salida de driver de línea.
- p. Se recomienda utilizar pares de cables trenzados y un receptor RS-422A.
- q. De este modo se elimina el ruido en modo común.
- r. Las normalizaciones y homologaciones

FUENTE DE ALIMENTACIÓN D.C.

ANEXO A
FUENTE DE ALIMENTACIÓN D.C.

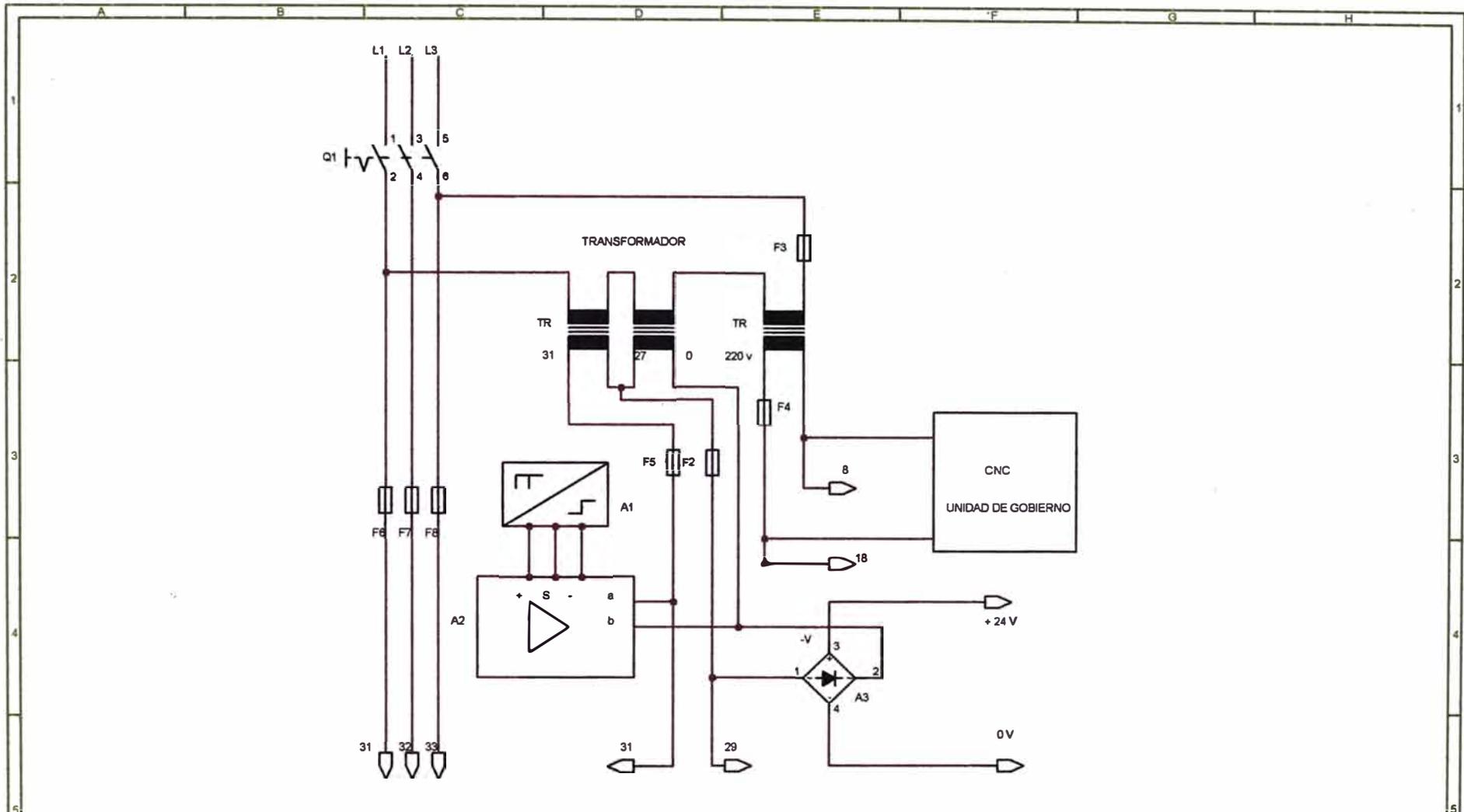


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FAC. DE ING. ELECTRONICA
 VICTOR ACEVEDO S.

FUENTE DE PODER
 30/06/2008 11:15:29a
 Sheet: 1/1

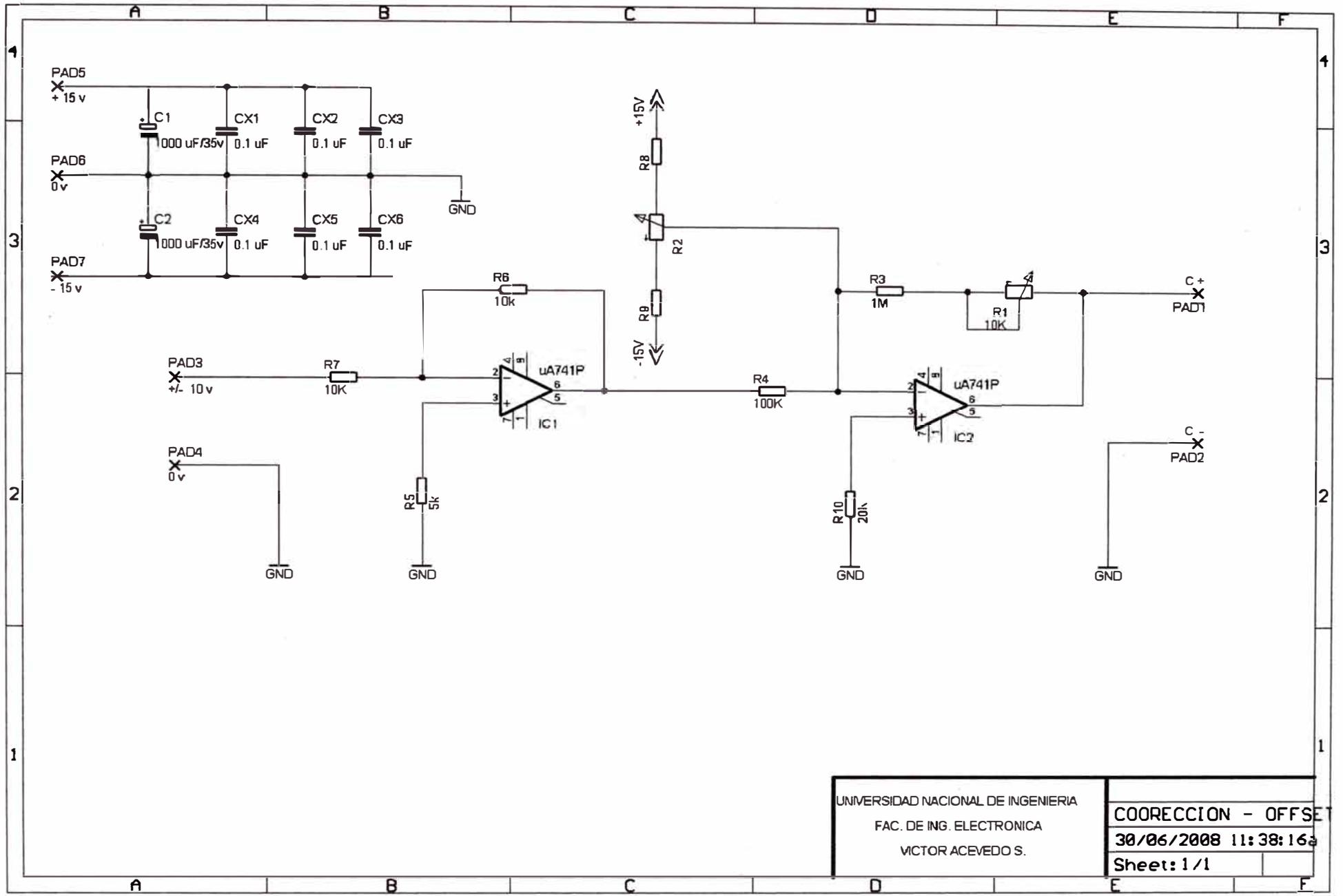
CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL

ANEXO B
CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL



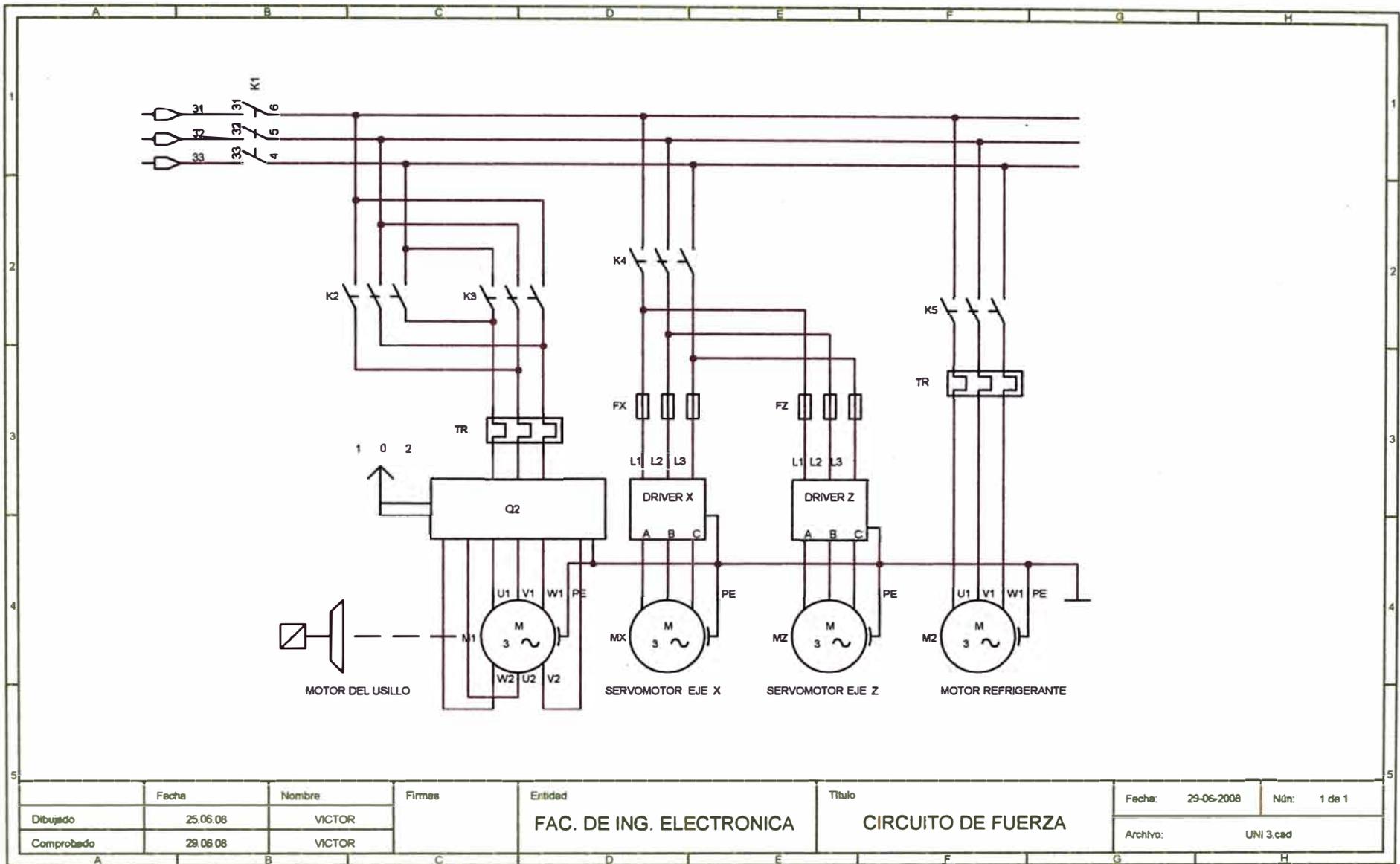
	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha: 29-06-2008	Núm: 1 de 1
Dibujado	25.06.08	VICTOR		FAC. DE ING. ELECTRONICA	CIRCUITO DE ALIMENTACION	Archivo: UNI 2.cad	
Comprobado	29.06.08	VICTOR					

CORRECCIÓN DEL OFF-SET Y CONTROL DE GANANCIA



CIRCUITO DE FUERZA

ANEXO D
CIRCUITO DE FUERZA



	Fecha	Nombre
Dibujado	25.06.08	VICTOR
Comprobado	29.06.08	VICTOR

Firmas

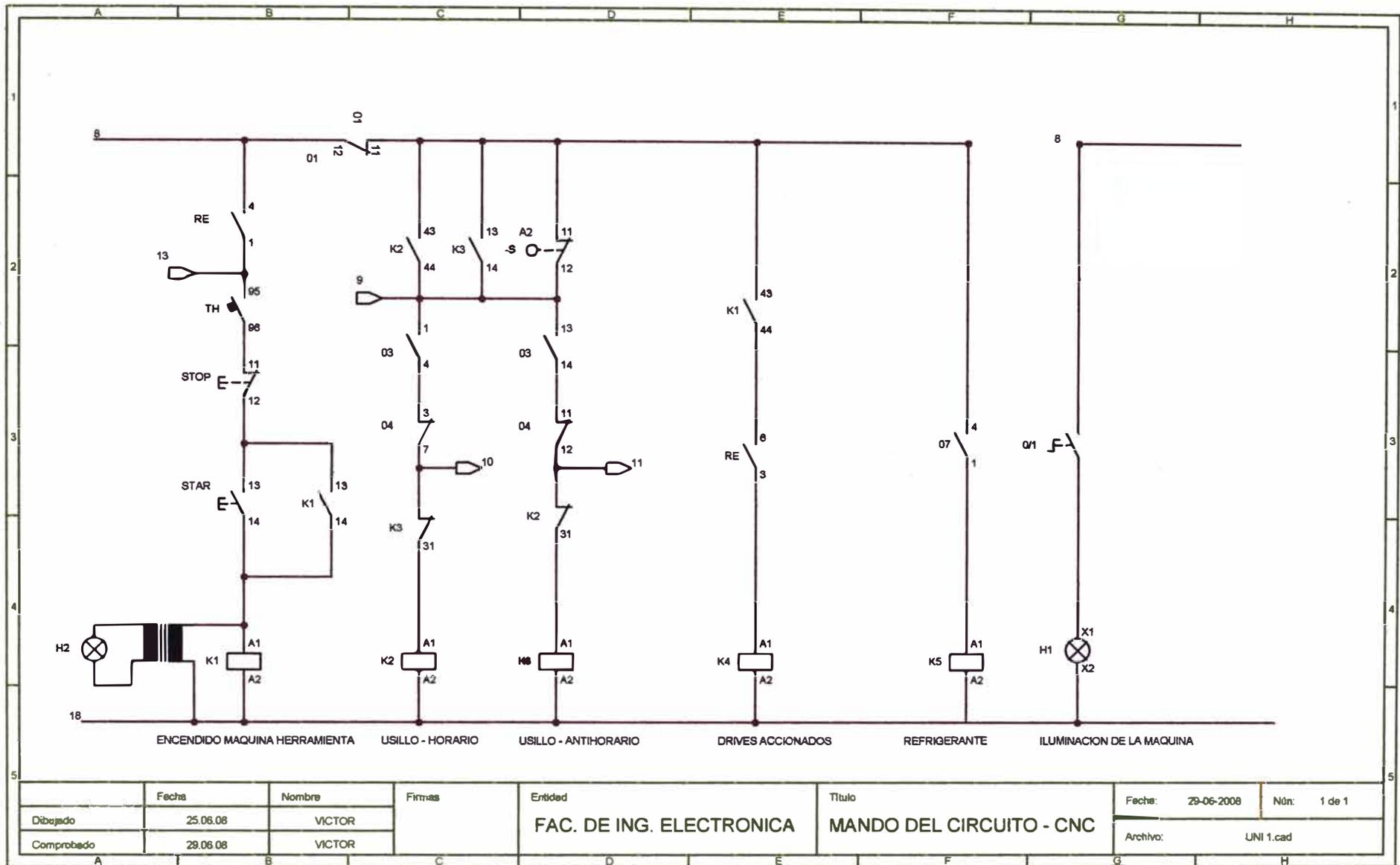
Entidad
FAC. DE ING. ELECTRONICA

Título
CIRCUITO DE FUERZA

Fecha:	29-06-2008	Núm:	1 de 1
Archivo:	UNI 3.cad		

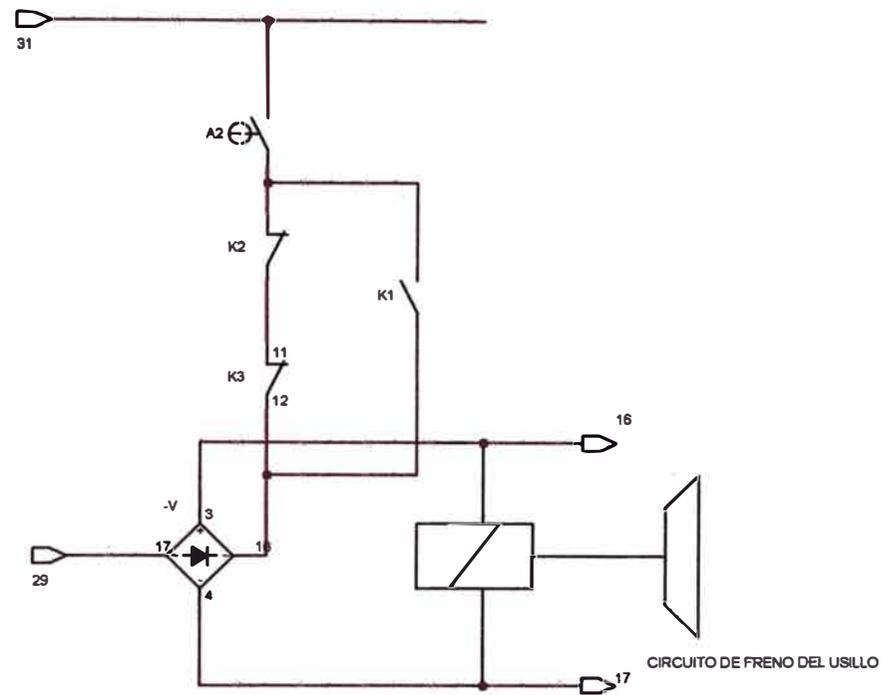
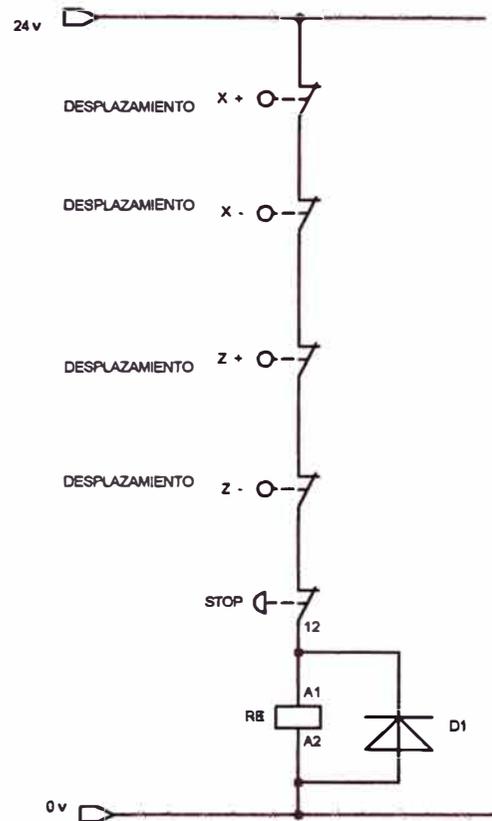
CIRCUITO DE MANDO DEL CNC

ANEXO E
CIRCUITO DE MANDO DEL CNC



CIRCUITO DE FRENO

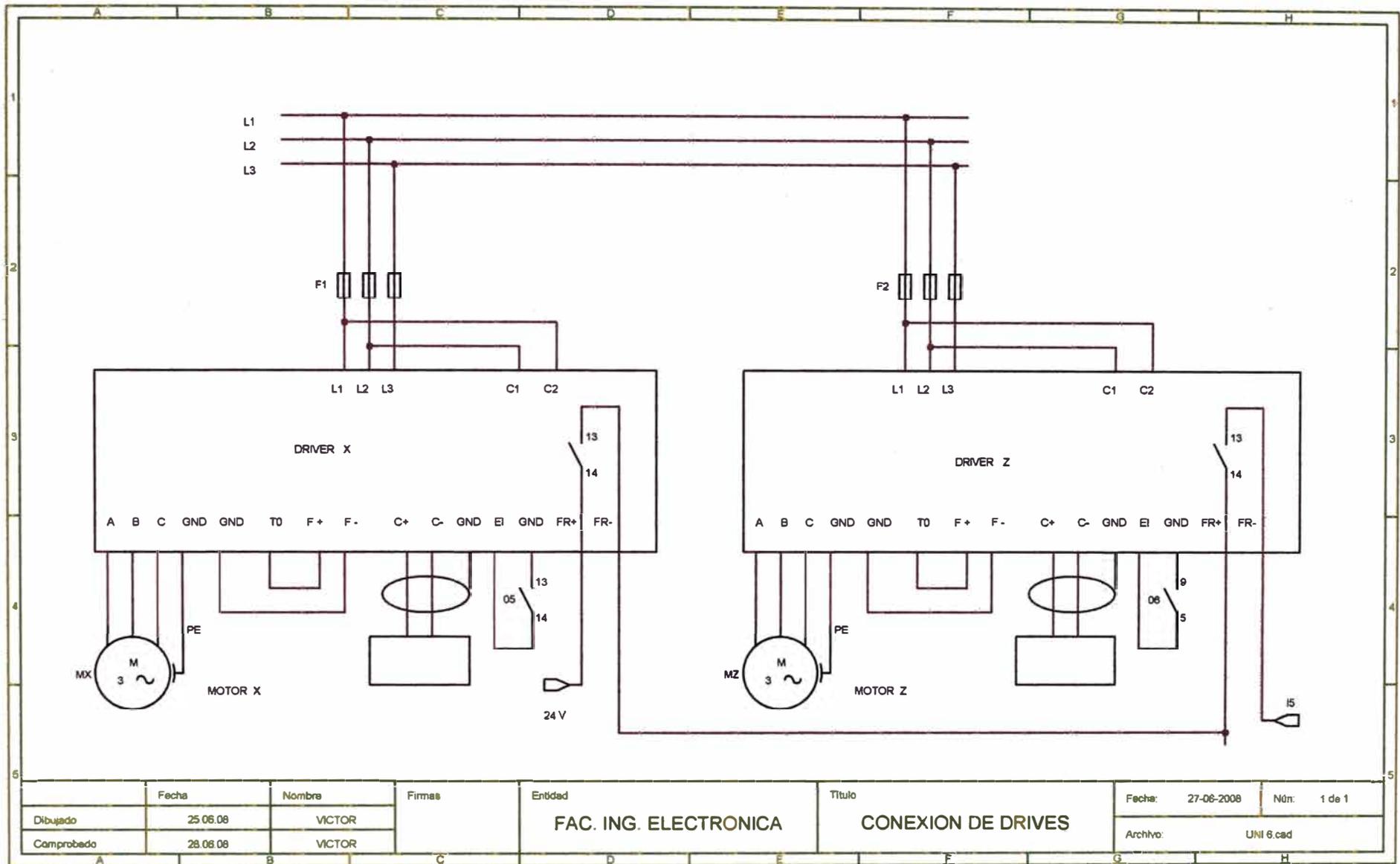
ANEXO F
CIRCUITO DE FRENO



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha:	Núm.
Dibujado	27.06.08	VICTOR		FAC. ING. ELECTRONICA	CIRCUITO DE FRENO	2-06-2008	1 de 1
Comprobado	29.08.08	VICTOR				Archivo:	UNI 4.cad

CIRCUITO DE CONEXIÓN DE DRIVES

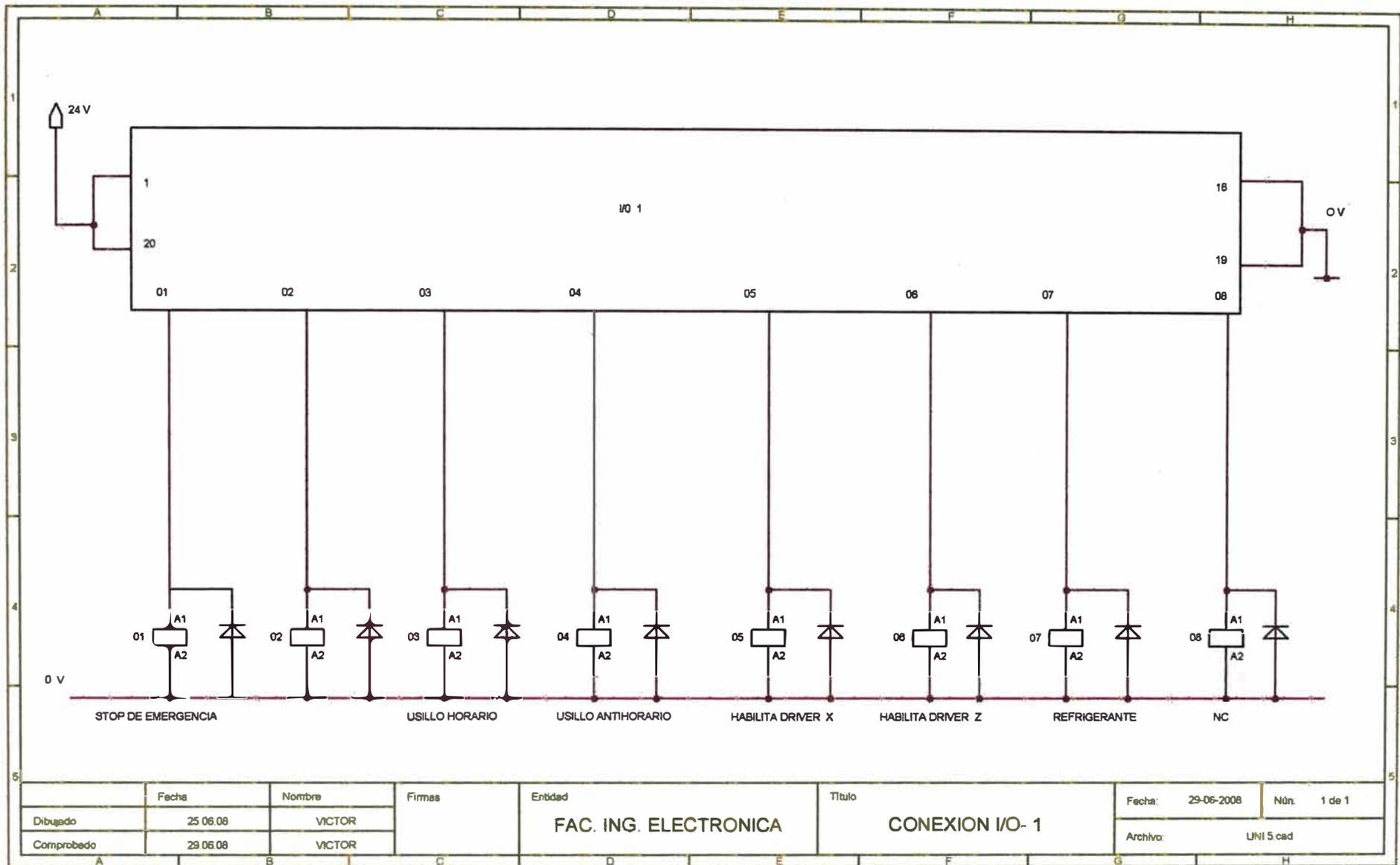
ANEXO G
CIRCUITO DE CONEXIÓN DE DRIVES



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha:	Nºn:
Dibujado	25.06.08	VICTOR		FAC. ING. ELECTRONICA	CONEXION DE DRIVES	27-06-2008	1 de 1
Comprobado	28.08.08	VICTOR				Archivo:	UNI 6.cad

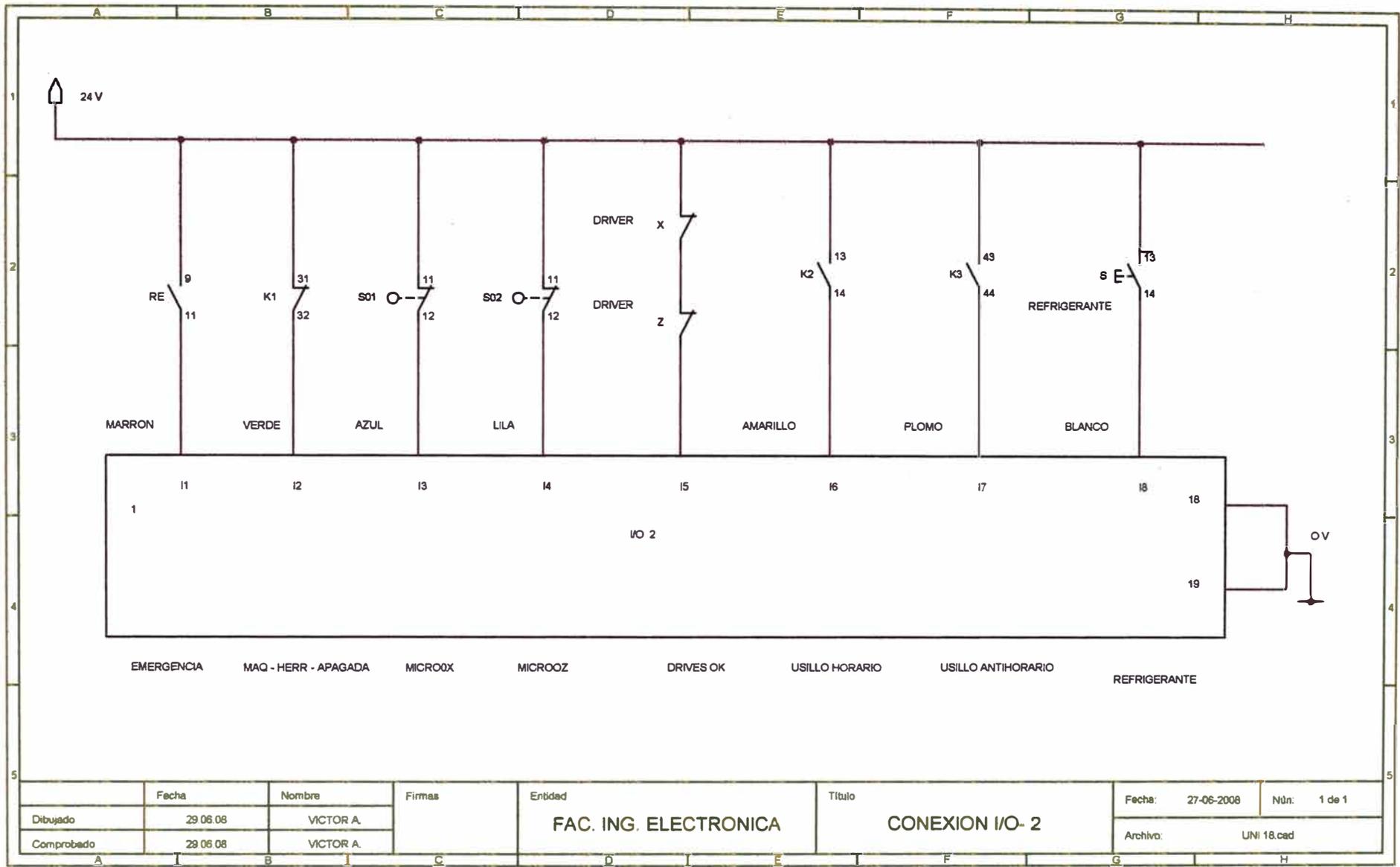
CIRCUITO DE CONEXIÓN DE I/O - 1

ANEXO H
CIRCUITO DE CONEXIÓN DE I/O - 1



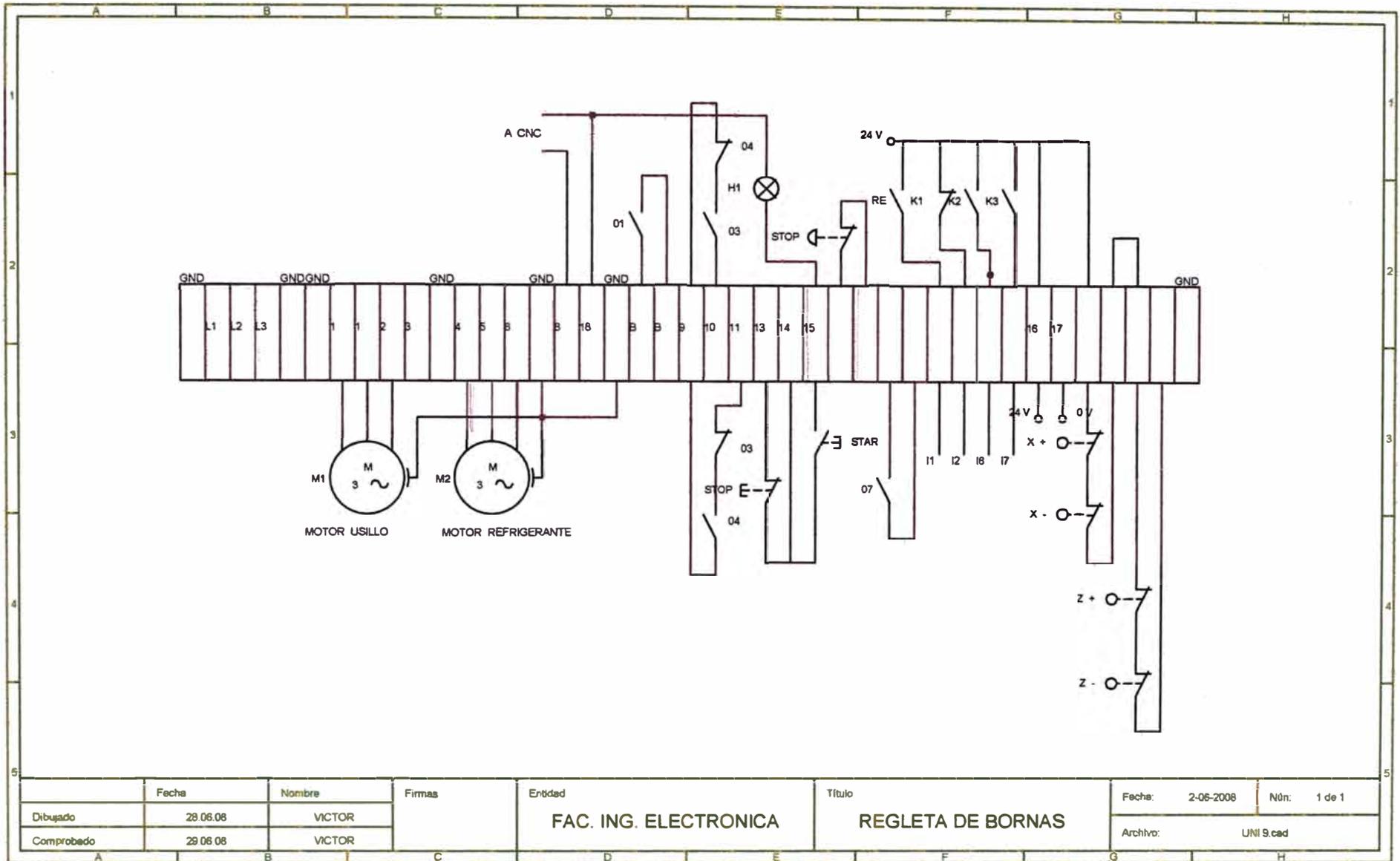
CIRCUITO DE CONEXIÓN DE I/O - 2

ANEXO I
CIRCUITO DE CONEXIÓN DE I/O - 2



REGLETA DE BORNES DEL CNC - 1

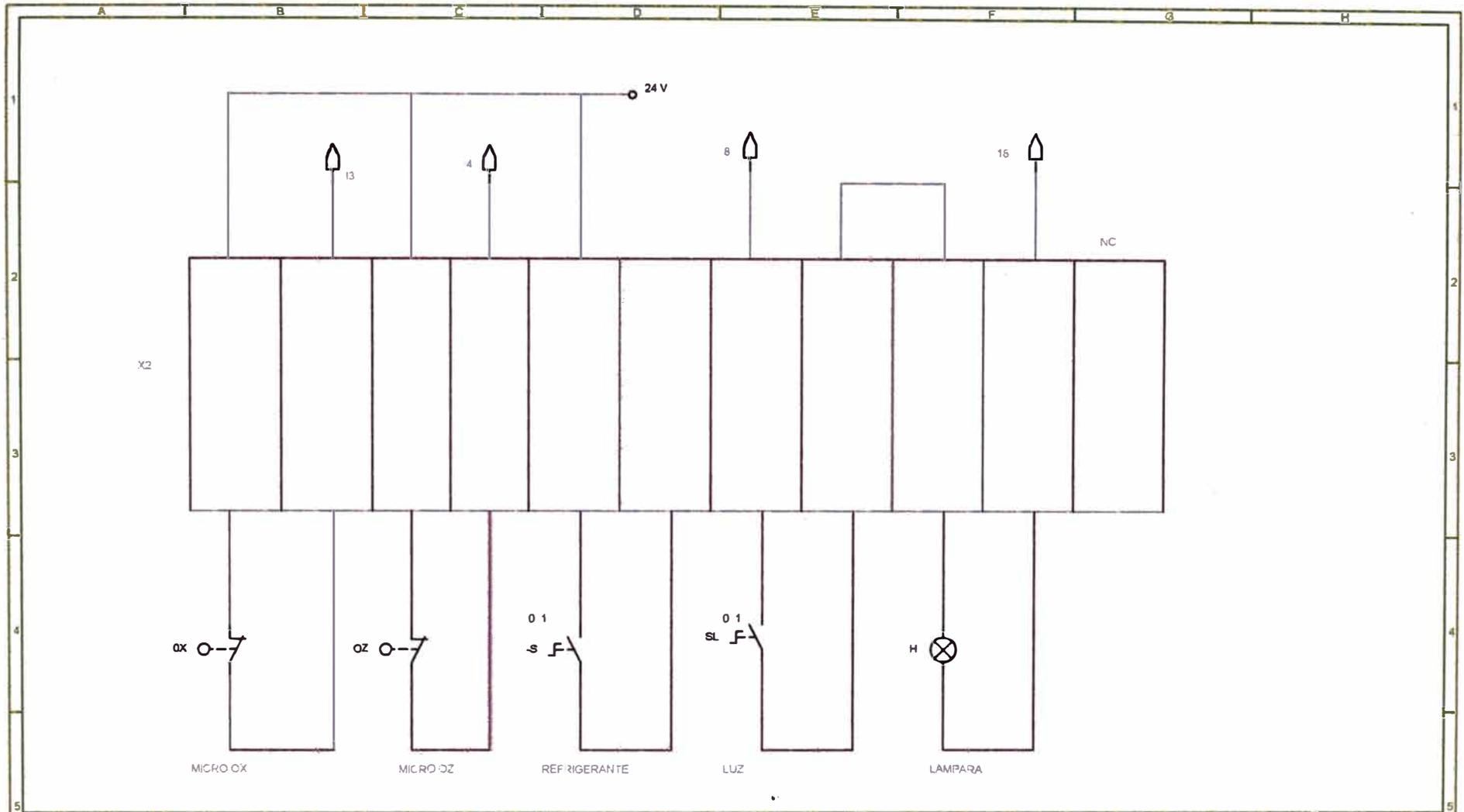
ANEXO J
REGLETA DE BORNES DEL CNC - 1



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha: 2-06-2008	Núm: 1 de 1
Dibujado	28.06.08	VICTOR		FAC. ING. ELECTRONICA	REGLETA DE BORNAS	Archivo:	UNI 9.cad
Comprobado	28.06.08	VICTOR					

REGLETA DE BORNES CNC - 2

ANEXO K
REGLETA DE BORNES CNC - 2

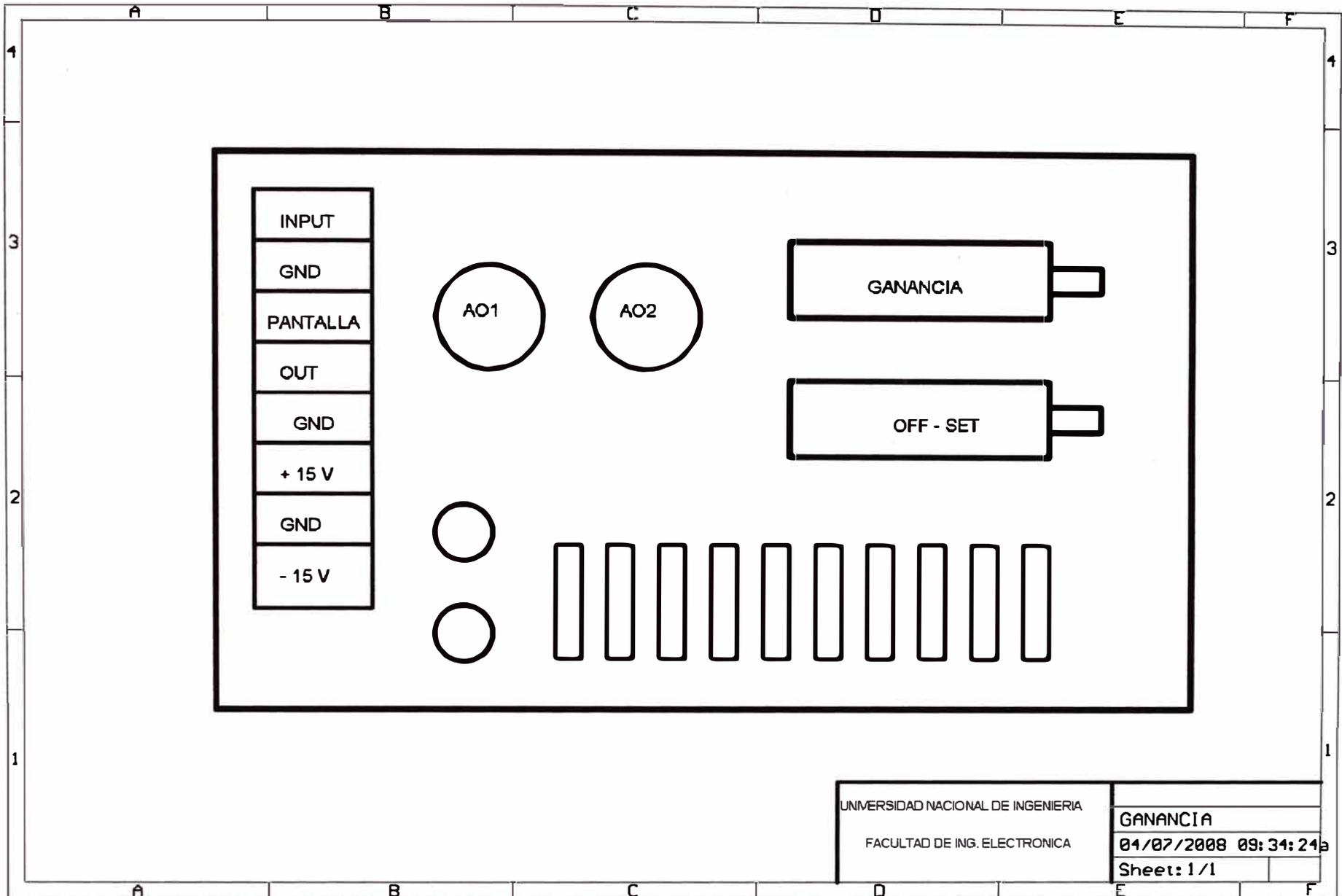


	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha: 29-06-2008	Núm. 1 de 1
Dibujado	29.06.08	VICTOR A.		FAC. ING. ELECTRONICA	REGLETA	Archivo: UNI 11.cad	
Comprobado	29.06.08	VICTOR A.					

TABLERO DE AJUSTE DE GANANCIA Y OFF - SET

ANEXO L

TABLERO DE AJUSTE DE GANANCIA Y OFF - SET



INPUT
 GND
 PANTALLA
 OUT
 GND
 + 15 V
 GND
 - 15 V

AO1

AO2

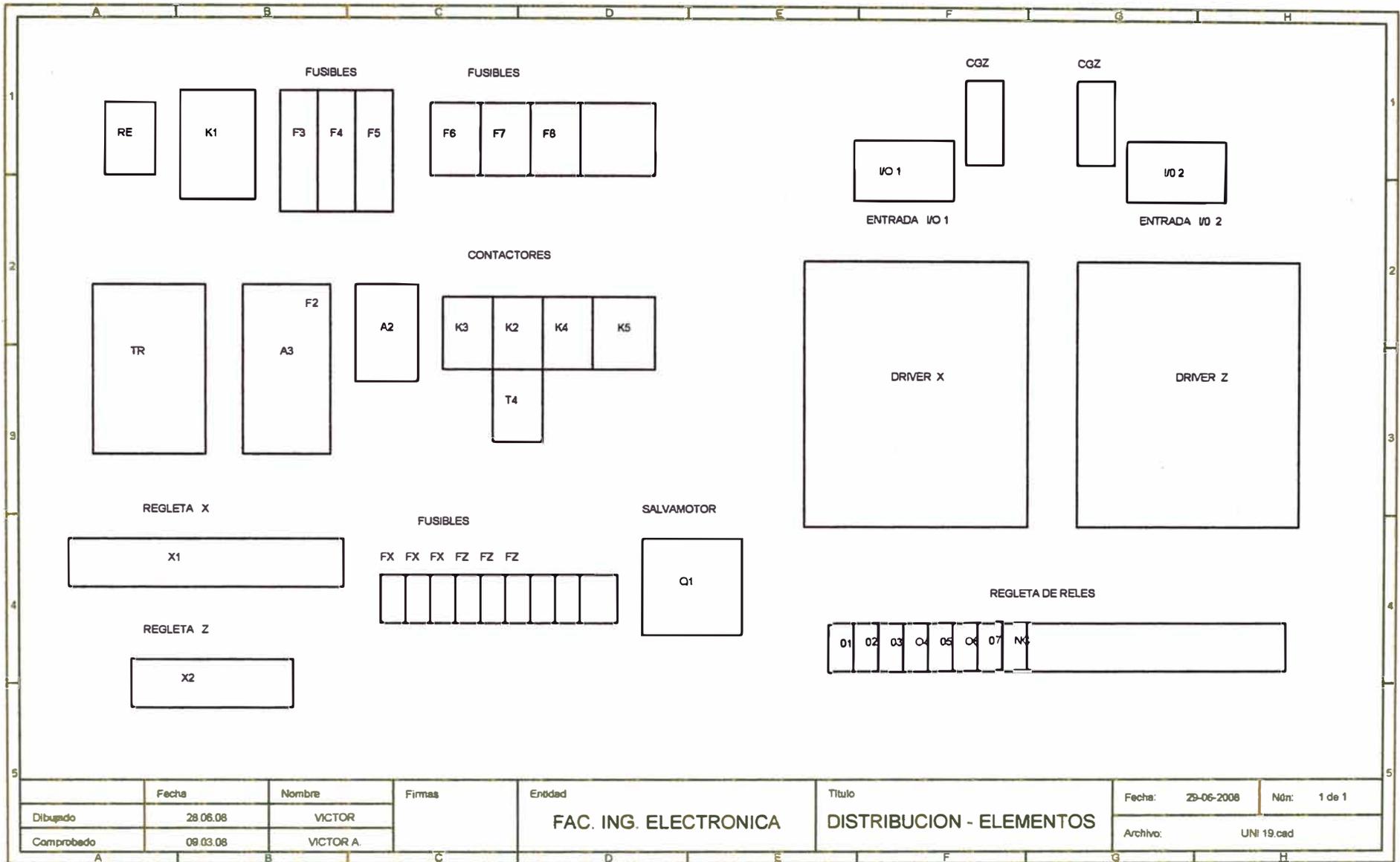
GANANCIA

OFF - SET

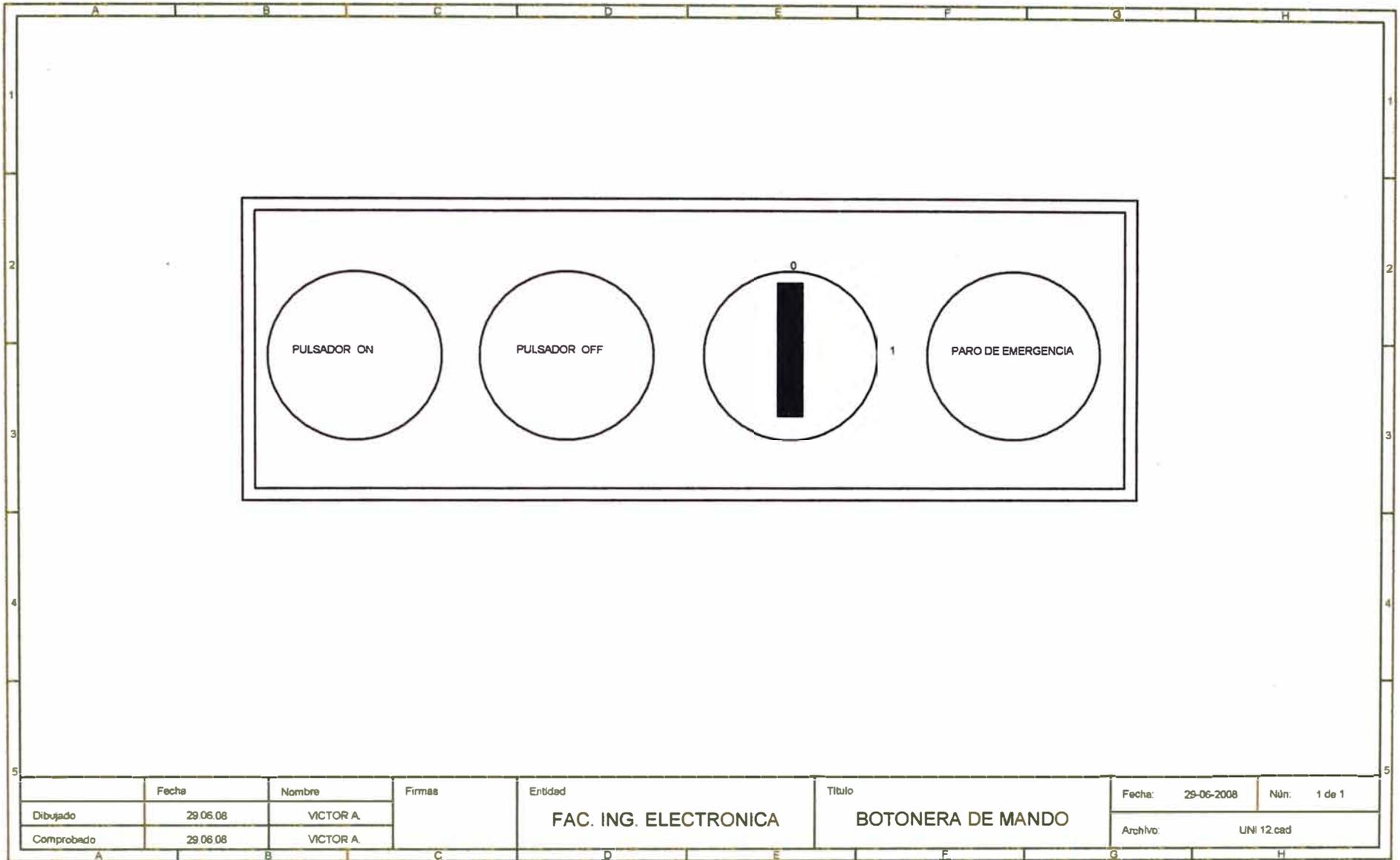
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE ING. ELECTRONICA	
GANANCIA	
01/07/2008 09:34:21a	
Sheet: 1/1	

PLANO DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS

ANEXO M
PLANO DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha: 29-06-2008	Núm: 1 de 1
Dibujado	28.06.08	VICTOR		FAC. ING. ELECTRONICA	DISTRIBUCION - ELEMENTOS	Archivo: UNI 19.cad	
Comprobado	09.03.08	VICTOR A.					



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha: 29-06-2008	Núm: 1 de 1
Dibujado	29.06.08	VICTOR A.		FAC. ING. ELECTRONICA	BOTONERA DE MANDO	Archivo: UNI 12.cad	
Comprobado	29.06.08	VICTOR A.					

PARÁMETROS DE MÁQUINA

ANEXO N
PARÁMETROS DE MÁQUINA

CUADRO ARCHIVO DE LOS PARÁMETROS MÁQUINA

Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR
PO		P4		P8		P12	
P1		P5		P9		P13	
P2		P6		P10		P14	
P3		P7		P11		P99	

Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR
P100		P200		P300		P400	
P101		P201		P301		P401	
P102		P202		P302		P402	
P103		P203		P303		P403	
P104		P204		P304		P404	
P105		P205		P305		P405	
P106		P206		P306		P406	
P107		P207		P307		P407	
P108		P208		P308		P408	
P109		P209		P309		P409	
P110		P210		P310		P410	
P111		P211		P311		P411	
P112		P212		P312		P412	
P113		P213		P313		P413	
P114		P214		P314		P414	
P115		P215		P315		P415	
P116		P216		P316		P416	
P117		P217		P317		P417	
P118		P218		P318		P418	
P119		P219		P319		P419	

Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR
P500		P501	

Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR
P600		P612	
P601		P613	
P602		P614	
P603		P615	
P604		P616	
P605		P617	
P606		P618	
P607		P619	
P608		P620	
P609		P621	
P610		P622	
P611		P623	

Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR
P700		P711		P722		P733	
P701		P712		P723		P734	
P702		P713		P724		P735	
P703		P714		P725		P736	
P704		P715		P726		P737	
P705		P716		P727		P738	
P706		P717		P728		P739	
P707		P718		P729		P740	
P708		P719		P730		P741	
P709		P720		P731			
P710		P721		P732			

Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR
P800		P806		P812		P818	
P801		P807		P813		P819	
P802		P808		P814		P820	
P803		P809		P815		P821	
P804		P810		P816		P822	
P805		P811		P817		P823	

Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR	Parámetro	VALOR
P900		P906		P912		P918	
P901		P907		P913		P919	
P902		P908		P914		P920	
P903		P909		P915		P921	
P904		P910		P916		P922	
P905		P911		P917		P923	

FUNCIONES PREPARATORIAS

ANEXO O
FUNCIONES PREPARATORIAS

FUNCIONES PREPARATORIAS

	T	TG	TS
EJES Y SISTEMAS DE COORDENADAS	x	x	x
Acotación de la pieza, Milímetros o pulgadas (G70, G71)	x	x	x
Programación absoluta / incremental (G90, G91)	x	x	x
Eje independiente (G65)	x	x	x
SISTEMAS DE REFERENCIA	x	x	x
Búsqueda de referencia máquina (G74)	x	x	x
Preselección de cotas (G92)	x	x	x
Traslados de origen (G53 ... G59)	x	x	x
Preselección del origen polar (G93)	x	x	x
Guardar el origen de coordenadas (G31)	x	x	x
Recuperar el origen de coordenadas (G32)	x	x	x
FUNCIONES PREPARATORIAS	x	x	x
Velocidad de avance F	x	x	x
Avance en mm/min o pulgadas / minuto (G94)	x	x	x
Avance en mm/revolución o pulgadas/ revolución (G95)	x	x	x
Feed – rate programable (G49)	x	x	x
Velocidad de giro de cabezal (S)	x	x	x
Velocidad de giro en rpm (G97)	x	x	x
Velocidad de corte constante (G96)	x	x	x
Limitación de S cuando se trabaja en corte constante (G92)	x	x	x
Selección de herramienta y corrector (T)	x	x	x
Activación del eje C en grados (G14)	x	x	x
Plano principal C – Z (G15)	x	x	x
Plano Principal C – X (G16)	x	x	x
FUNCIONES AUXILIARES	x	x	x
Parada de programa (M00)	x	x	x
Parada condicional del programa (M01)	x	x	x
Final del programa (M02)	x	x	x
Final del programa con vuelta al comienzo (M30)	x	x	x
Arranque del cabezal a derechas, sentido horario (M03)	x	x	x
Arranque del cabezal a izquierdas, sentido anti – horario (M04)	x	x	x
Parada del cabezal (M05)	x	x	x
Parada orientada del cabezal (M19)	x	x	x

Cambio de gamas del cabezal (M41, M42, M43, M44)	x	x	x
Cambio de herramienta con M06	x	x	x
Herramienta motorizada (M45 S)	x	x	x
Herramienta sincronizada (M45 K)	x	x	x
CONTROL DE TRAYECTORIA	x	x	x
Posicionamiento rápido (G00)	x	x	x
Interpolación lineal (G01)	x	x	x
Interpolación circular (G02, G03)	x	x	x
Interpolación circular con el centro de coordenadas absolutas (G06)	x	x	x
Trayectoria circular tangente a la trayectoria anterior (G08)	x	x	x
Trayectoria circular definida mediante tres puntos (G09)	x	x	x
Entrada tangencial al final de mecanizado (G38)	x	x	x
Redondeo controlado de aristas (G36)	x	x	x
Achaflanado (G39)	x	x	x
Roscado electrónico (G33)	x	x	x
FUNCIONES PREPARATORIAS ADICIONALES	x	x	x
Temporización (G04 K)	x	x	x
Trabajo en arista matada y en arista viva (G05, G07)	x	x	x
Factor de escala (G72)	x	x	x
Tratamiento de bloque único (G47, G48)	x	x	x
Visualizar código de error de usuario (G30)	x	x	x
Creación automática de bloques (G76)	x	x	x
Comunicación con la red local FAGOR (G52)	x	x	x

INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN ENTRE EL CNC – PLC – I

ANEXO P

INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN ENTRE EL CNC – PLC – I

INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN ENTRE EL CNC 8025T Y EL PLCI

Entradas del PLCI:

Entrada del PLC	Salida del CNC	Entrada del PLC	Salida del CNC
I42	Sin asignar	I74	Bit 1 de la tabla de funciones M
I43	Sin asignar	I75	Bit 1 de la tabla de funciones M
I44	Sin asignar	I76	Bit 1 de la tabla de funciones M
I45	Sin asignar	I77	Bit 1 de la tabla de funciones M
I46	Sin asignar	I78	Bit 1 de la tabla de funciones M
I47	Sin asignar	I79	Bit 1 de la tabla de funciones M
I48	Sin asignar	I80	Modo de operación Manual
I49	Código BCD, peso 1	I81	Embrague 4º eje
I50	Código BCD peso 2	I82	Embrague 3º eje
I51	Código BCD peso 4	I83	Embrague eje C
I52	Código BCD peso 8	I84	Cabezal bloqueado
I53	Código BCD peso 10	I85	Sentido de giro del almacén
I54	Código BCD peso 20	I86	Sin asignar
I55	Código BCD peso 40	I87	Sin asignar
I56	Código BCD peso 80	I88	Sin asignar
I57	Embrague eje X	I89	4º eje en movimiento
I58	Reset	I90	Eje Z en movimiento
I59	Embrague eje Z	I91	3º eje en movimiento
I60	Roscado ON	I92	Eje X en movimiento
I61	T Strobe	I93	Sin asignar
I62	S Strobe	I94	CYCLE ON (CNC en ejecución)
I63	M Strobe	I95	CNC interrumpido
I64	Emergencia	I96	Error
I65	Bit 1 de la tabla de funciones M	I97	Sin asignar
I66	Bit 1 de la tabla de funciones M	I98	Modo de operación Automático
I67	Bit 1 de la tabla de funciones M	I99	Desplazamiento rápido (G00)
I68	Bit 1 de la tabla de funciones M	I100	Sin asignar
I69	Bit 1 de la tabla de funciones M	I101	Sin asignar
I70	Bit 1 de la tabla de funciones M	I102	Sin asignar
I71	Bit 1 de la tabla de funciones M	I103	Sin asignar
I72	Bit 1 de la tabla de funciones M	I104	Sin asignar
I73	Bit 1 de la tabla de funciones M		

Entrada del PLC	Salida del CNC	Entrada del PLC	Salida del CNC
O25	Sin asignar	O45	Gestión del volante
O26	Sin asignar	O46	Sin asignar
O27	Sin asignar	O47	Sin asignar
O28	Sin asignar	O48	Sin asignar
O29	Sin asignar	O48	Transfer inhibit
O30	Sin asignar	O50	M ejecutada
O31	Sin asignar	O51	Sin asignar
O32	Sin asignar	O52	Sin asignar
O33	Marcha	O53	Sin asignar
O34	Parada (activa a 0V) Activación subrutina emergencia	O54	Sin asignar
O35	Feed Hold (activa a 0V)	O55	Sin asignar
O36	Stop Emergencia (activa a 0V)	O56	Sin asignar
O37	Micro I0 del 4º eje Activación subrutina emergencia	O57	Sin asignar
O38	Micro I0 del eje Z	O58	Sin asignar
O39	Micro I0 del 3º eje del eje C	O59	Sin asignar
O40	Micro I0 del eje X	O60	Sin asignar
O41	Manual (Modo Visualizador)	O61	Sin asignar
O42	Entrada condicional del CNC	O62	Sin asignar
O43	Inhibición del cabezal	O63	Sin asignar
O44	Gestión del volante	O64	Sin asignar

LISTA DE COMPONENTES

ANEXO Q
LISTA DE COMPONENTES

LISTA DE ELEMENTOS Y COMPONENTES

Ítem	Descripción	Cant.	Obser.
1	Unidad de gobierno marca FAGOR 8025/30 MS	01	
2	Servomotor Marca COMPUMOTOR Modelo APEX 606, 1.6 Kw. De potencia y 3,600 RPM	02	
3	Drives Marca Compumotor Modelo APX 20 (Analogo Servo Driver)	02	
4	Resolver , Marca FASCO, Modelo 21- BRCX-335-J39, de velocidad simple y rotor excitado	02	
5	Encoger de 500 Pasos/ revolución	06	
6	Lámpara de 220 v – 3 W	4	
7	Rele de 24 v – 2 A con diodo de protección	10	
8	Contactores de Fuerza 250 v/ 30 A con protección RC	06	
9	Transformador de 220 v/220 v/ 30 v – 5 A.	01	
10	Guardamotor de 220 v / 25 A – regulable de 3 a 30 A	02	
11	Pulsador de marcha	02	
12	Pulsador de Paro	02	
13	Pulsador de emergencia	01	
14	Regleta de bornes de PVC de 4 mm de 24 salidas	03	
15	Micro - ruptor tipo espiga de 2 A	03	
16	IC LM 317	01	
17	IC LM 741	02	
18	Potenciómetro de 5 k	02	
19	Potenciómetro de 10K	02	
20	Potenciómetro de ajuste fino – 1 k	04	
21	Resistencias de 1k/0.25 w	04	
22	Resistencias de 10k/0.25 w	02	
23	Resistencias de 5k/0.25 w	02	
24	Resistencias de 100k/0.25 w	01	
25	Resistencias de 150/0.25 w	02	
26	Finales de carrera - 2 A	06	

Item	Descripción	Cant.	Obser.
27	Condensador de 1000 uF / 35 v	03	
28	Condensador de 0.1 uF / 250 v	06	
29	Fusible de 220 v / 2 A	06	
30	Fusible de 220 v / 4 A	06	
31	Fusible de 220 v / 3 A	06	
32	Portafusibles de 20 A – Tipo DZ	06	
33	Puente rectificador de 250 v - 2 A	01	
34	Placa de cobre para circuito impreso de 10 x 15 cm	02	
35	Percloruro ferrico 500 ml	01	
36	Juego de destornilladores	01	
37	Juego de Alicates	01	
38	Juego de llaves mixtas	01	
39	Juego de brocas	01	
40	Taladro portátil de 450 w – Con percutor	01	
41	Tornillos autoroscantes de 3 mm	100	
42	Stobles de 1pulga x 1/8	50	
43	Cofre metálico de 30x40x60 cm	01	
44	Remaches de 3mm	25	
45	Remachadora portátil	01	

BIBLIOGRAFÍA

1. **Máquinas y Control Numérico.....Editorial Cultural S.A**
Edición 1999 – Madrid España.
2. **Máquinas – Cálculos en el Taller Mecánico**
A. L. Casillas
Printed in España – Edición 1998
3. **Concepto de Calificación CNC- de R&S KELLER – GMBH**
4. **Manual FAGOR 8025/30 – MS**
Unidad de Gobierno
5. **Control Numérico Computarizado – GTZ- Alemania**
6. **Manual del Torno NARDINI**

Modelo: ND 220AE
7. **WIN TRAIN CNC—Software CNC**