



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO



REACONDICIONAMIENTO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE FABRICACIÓN DE FILTROS DE REFRIGERACIÓN.

Vanessa Fernández Lago

C.I. 18194337

Jorge Blanco Chacón

C.I. 17967568

Naguanagua; 28 de Junio de 2012



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.3 OBJETIVOS.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO II.....	8
2.1 ANTECEDENTES.....	8
2.2 MARCO TEÓRICO	10
2.2.1 REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN.....	11
2.2.3 SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES	16
2.2.4 SENSORES DE PROXIMIDAD	17
2.2.5 señal PWM	21
2.2.8 SERVO MOTOR.....	27
2.2.9 ENCODER	28
2.2.10 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN ESCALERA (LADDER).	31
CAPÍTULO III	41



MARCO METEODOLÓGICO	41
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	41
3.2 METODOLOGÍA A UTILIZAR	41
3.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN	42
CAPÍTULO IV	45
4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO PRINCIPAL Y PANEL DE CONTROL ...	45
4.1.1 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	45
4.1.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL TABLERO	49
4.1.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL PANEL DE CONTROL	52
4.2 Comunicación controlador lógico programable-Driver servo motor	56
4.2.1 Conexión Física.	56
4.2.2 Ajustes de parámetros de comunicación en el driver.	59
4.2.3 OTRAS CONEXIONES.....	60
4.5.1 Ajuste de parámetros mecánicos.	62
4.6 PROGRAMACIÓN BAJO LA INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN WPLSoft V2.20.	
.....	65
4.6.1 USO DEL LENGUAJE LADDER BAJO EL PROGRAMA WPLSoft 2.20	
PARA EL DESARROLLO DE ALGORITMOS.....	65
4.6.2 PROGRAMA PRINCIPAL.	65
4.6.2.2 MANEJO DEL JOG	67
4.7. PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA	73
CAPÍTULO V.....	80
5.1 RESULTADOS	80
6.1 CONCLUSIONES.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÉNDICE A: Código Fuente del PLC.....	89
APÉNDICE B: Diagrama de conexiones del PLC.....	98



ANEXOS: Instruction sheet de los dispositivos utilizados	100
☐ PLC DELTA ELECTRONICS.....	101
☐ SERVO DRIVER DELTA ELECTRONICS	103
☐ Conector CN1	105
☐ Identificación de Terminales	106



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de Bloques de la Fabricación de un filtro.....	10
Figura 2.2 Filtro Secador	11
Figura 2.3 Partes internas de un filtro secador.	14
Figura 2.4 PLC marca DELTA ELECTRONICS	15
Figura 2.5 Sensores.	18
Figura 2.6 Activación de un Sensor Inductivo.	19
Figura 2.7 Funcionamiento de Sensor Inductivo.....	20
Figura 2.8 Tren de pulsos.	21
Figura 2.9 Funcionamiento cilindro doble efecto.....	23
Figura 2.10 Parte interna cilindro doble efecto.	23
Figura 2.11 b Vástago posición 2.	25
Figura 2.11.a Vástago posición 1.	25
Figura 2.12 Sistema de control realimentado de posición.....	26
Figura 2.13 Vista interna de un Servo motor.	28
Figura 2.14 Forma de lectura del Encoder.	29
Figura 2.15 Representación de las señales incrementales en el disco óptico.	30
Figura 2.16. Representación gráfica INPUT.	31
Figura 2.17. Representación gráfica NC-INPUT.	32
Figura 2.18. Representación gráfica OUTPUT.	32
Figura 2.19. Representación gráfica.....	33
Figura 2.20 Representación grafica.....	34
Figura 2.21 Representación gráfica Temporizador.	34
Figura 2.22 Representación gráfica Contador descendente.	35
Figura 2.23. Representación gráfica Contador ascendente.	35
Figura 2.24 Representación grafica Contador Programable ascendente/descendente.	36
Figura 2.25. Descripción lógica LADDER.	37
Figura 2.26 Vista frontal de un PLC simple.....	39



Figura 2.27. Conexión interna dispositivo opto acoplador.....	39
Figura 2.28. Panel frontal del PLC.....	40
Figura 4.1 Controlador Lógico Programable DELTA DVP-40EH00T2.	46
Figura 4.2 Servo motor ECMA-C30604GS.	48
Figura 4.3 Servo Driver ASD-A0421-AB.....	49
Figura 4.4 Tablero Principal.....	51
Figura 4.5 Mando de control.	54
Figura 4.8. Ubicación de sensores en la máquina.	56
Figura 4.9. Ubicación de sensor en la estrella.	56
Figura 4.10 Bornera de Interconexión.....	57
Figura 4.11. Fuente interna del Driver.	58
Figura 4.12. Bornera de Interconexión.....	60
Figura 4.13 AUTO TUNING.	64
Figura 4.14. Parámetros mecánicos.....	65
Figura 4.15. a) Diagrama de Flujo. b) Diagrama escalera (ajuste de parámetros)	67
Figura 4.16. a) Diagrama de Flujo Manejo del JOG. b) Diagrama escalera Manejo del JOG (ajuste de parámetros).....	69
Figura 4.17.a. LADDER Instrucción de giro de estación a estación.....	69
Figura 4.17.b. Diagrama de Flujo Giro de estación a estación.....	71
Figura 4.18. a) Diagrama de Flujo. b) LADDER Medidas de seguridad empleadas.	74
Figura 4.19. Lazo de control de giro de la mesa.	75
Figura 4.20 Encoder.	75
Figura 4.21 a) Programación en LADDER del Encoder b) Diagrama de Flujo del Encoder.	79
Figura 4.22 Esquema de control final.....	80



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 5.1 Promedio de filtros indexados por día	81
Gráfica 5.2 Unidades defectuosas por día de producción	82
Gráfica 5.3 Tiempo de Parada por turno de producción.....	82
Gráfica 5.4 Porcentaje del Costo de incidencia por unidad de filtro.	83
Gráfica 5.5 Impacto sobre el beneficio neto.....	84



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.2.1 Tipos de sensores.....	18
Tabla 2.2. Funcionamiento del cilindro do ble efecto con amortiguación interna.	24
Tabla 4.1 Selección del controlador Lógico Programable.	45
Tabla 4.2 Entradas y Salidas del PLC	45
Tabla 4.3 Características servo motor DELTA ECMA-C30604GS.....	47
Tabla 4.4 Especificaciones de elementos en el Tablero de control.	49
Tabla 4.5 Elementos empleados en el mando de control.	52
Tabla 4.6 Especificación de funcionamiento de sensores.	55
Tabla 4.7 Conexionado interno de la bornera.....	58
Tabla 4.8 Conexión realizada para la comunicación PLC/Driver servo	59
Tabla 4.9 Manipulación de entradas digitales	61
Tabla 4.10 Manipulación de las salidas digitales del driver.....	62



AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso que nos ha dado la vida, salud, inteligencia, y las fuerzas necesarias para la culminación de nuestra carrera universitaria con la realización de este Trabajo Especial de Grado y por guiar nuestros pasos por el camino del éxito.

A nuestra Alma Mater, la Universidad de Carabobo, por habernos dado la oportunidad de adquirir una formación profesional con alto grado de calidad, compromiso y moral, la cual llevaremos con orgullo durante el resto de nuestras vidas.

A nuestros Padres y Familiares por su apoyo incondicional durante toda nuestra carrera.

A nuestros profesores, quienes han servido de guía durante todo este tiempo y quienes han sido dignos ejemplos de constancia, perseverancia y excelencia. Para todos ustedes mil gracias.

A nuestro tutor, Ing. Wilmer Sanz, por la receptividad que tuvo ante nosotros, por enseñarnos el sentido de la responsabilidad y por su correcta guía durante el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado. Por otorgarnos su confianza y su aprecio, sepa usted que del mismo modo le es retribuido.

Al personal de la empresa PROYECTOS 2560 por toda su colaboración para con nosotros en la realización de las actividades requeridas para llevar a cabo los objetivos de este Trabajo Especial de Grado.

A todos nuestros compañeros y amigos, futuros colegas con los cuales compartimos este estupendo camino que hoy nos abre las puertas al éxito.



DEDICATORIA

Primeramente a Dios por permitirme realizar todos nuestros sueños, por llevarnos por el camino del bien y guiar mis pasos hasta alcanzar el éxito.

A nuestros padres por ser más que eso, por ser mis amigos, consejeros en los momentos buenos y malos, por dar apoyo cuando más lo necesitábamos, por ser un ejemplo a seguir, gracias a ustedes es todo nuestro éxito.

A nuestras hermanas, por sencillamente ser ustedes, alegrándonos en los momentos más tristes ayudándonos a seguir adelante y siendo un ejemplo para ambos.

A mis amigos y compañeros de carrera por formar parte de mi vida y siempre tenerme presente extendiendo una mano amiga para ayudarme en lo necesario.

Gracias!

Jorge Blanco y Vanessa Fernández



RESUMEN

REACONDICIONAMIENTO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DE FABRICACIÓN DE FILTROS DE REFRIGERACIÓN

Autores:

Vanessa P. Fernández Lago

Jorge R. Blanco Chacón

Año: 2012

Instituto: Universidad de Carabobo.

Tutor: Ing. Wilmer Sanz

RESUMEN

REFRIMET, empresa localizada en San Francisco de Yare, cuenta con una máquina indexadora que fabrica los filtros de diversos diámetros para sistemas de refrigeración (dispensadores de agua, aires acondicionados, y refrigeración comercial en general); esta máquina está formada por 7 estaciones y una mesa giratoria.

Un problema típico que presentan estos sistemas, y razón principal por la cual se decidió ejecutar este proyecto, es la pérdida del home (centro de acción de la máquina), lo que ocasionaba que los pistones impactaran en las estaciones de la mesa giratoria, generando gran daño en el eje principal de la máquina, en los actuadores, en los filtros fabricados y cuya consecuencia principal fue la exclusión de la máquina en la línea de producción de la empresa.

Dicho esto, se llevó a cabo el diseño, implementación y puesta en marcha de un automatismo en el cual se hizo uso de un controlador lógico programable para el procesamiento de información del ciclo de fabricación de la máquina, así como también, la implementación de un servo motor que permitiese un movimiento más rápido y preciso que el sistema neumático que poseía la máquina; el movimiento del servo motor depende de impulsos enviados desde la salida del controlador lógico programable.

El proyecto elaborado consta físicamente consta de un tablero de control donde se colocaron los elementos necesarios para llevar a cabo la automatización y de un mando de



RESUMEN

control el cual incluye interruptores, pulsadores y luces pilotos, requeridas por el operador para el proceso de producción.

Palabras clave:

- Controlador lógico programable
- Servo motor
- Encoder
- Programación en lenguaje escalera



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado, tiene como función principal describir el proceso llevado a cabo por los autores, para el diseño, implementación y puesta en marcha de un automatismo realizado en una máquina indexadora de filtros para sistemas de refrigeración, perteneciente a la empresa REFRIMET, ubicada en Yare Edo Miranda.

Está dividido en 6 capítulos con el siguiente contenido: Capítulo I titulado "El Problema", donde se plantea la problemática en la cual se enfoca el presente trabajo de grado, con su debida justificación, así como también, se fijan los objetivos que se esperan alcanzar al culminar la investigación.

Capítulo II titulado "Marco teórico" incluye las bases teóricas necesarias para el entendimiento del trabajo realizado, así como también, una recopilación de los antecedentes de la investigación.

Capítulo III titulado "Marco Metodológico", enfoca el trabajo de grado en los tipos de investigación propuestos por las "Técnicas actuales de investigación documental", y por el "Manual para la elaboración de trabajos de grado, tesis doctorales y trabajos especiales" de la UPEL, así como también expone los pasos a seguir para llevar a cabo este proyecto.

El Capítulo IV titulado "Marco Operacional" describe en detalle las condiciones de diseño, funcionamiento y manejo del sistema automatizado, así como también el análisis de los códigos usados para la programación del controlador lógico programable,

Capítulo V titulado "Resultados", muestra gráficamente los resultados y beneficios obtenidos por la automatización de la máquina



Capítulo VI titulado “Conclusiones y Recomendaciones” finaliza el trabajo de grado aportando una serie de conclusiones y recomendaciones, producto de la realización del mismo, para que de esta manera sea posible un análisis retrospectivo del proyecto, y se abra la posibilidad de continuar con este.



CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo de la industria actual surgen constantemente situaciones que implican problemas de indispensable solución, en ello radica la importancia de la investigación a nivel de ingeniería, mediante la cual se hace posible llegar a una solución efectiva de cualquier problema que se presente y generalmente esto da paso a la innovación y evolución de los diferentes métodos conocidos. Gran parte de los problemas que se presentan día a día a nivel industrial implican la reparación de maquinarias y equipos cuyo funcionamiento es vital para el proceso en cuestión, generalmente esto conlleva a la sustitución de partes eléctricas defectuosas u obsoletas por partes nuevas que deben ser ensambladas al equipo y programadas para que realicen funciones específicas.

La industria de refrigeración en Venezuela abarca una gran gama de empresas, con criterios de ingeniería de alta tecnología usando sistemas de control complejos y equipos muy modernos, una de ellas REFRIMET, pequeña empresa localizada en San Francisco de Yare, especializada en la fabricación de filtros secadores para todas las áreas de refrigeración doméstica, comercial, industrial y automotriz.

Esta empresa cuenta con una máquina indexadora que fabrica los filtros de diversos diámetros para sistemas de refrigeración (dispensadores de agua, aires acondicionados, y refrigeración comercial en general); esta máquina está formada por 7 estaciones y una mesa giratoria.

En la primera estación la máquina suministra los tubos uno por uno de acuerdo a un tiempo específico, en la segunda estación se encuentra vacía, en la tercera estación se activa luego



CAPÍTULO I

de haber transcurrido un tiempo específico, y un pistón baja y posiciona la tapa en el fondo del tubo, en la cuarta estación se dosifica por cierto tiempo, molecular (Silica) dentro del tubo, en la quinta estación un pistón baja y activa un final de carrera cuando el tubo tiene el nivel correcto de molecular, (esto decide si el tubo esta bueno o no), en la sexta estación un pistón baja cada cierto tiempo y posiciona una tapa en el tope, en la séptima estación un mecanismo expulsa los tubos buenos. Cada cierto tiempo, se da una señal para que la mesa gire; esta gira por medio de un mecanismo con un pistón y un tornillo sinfín, el cual se ha ido desgastando mediante el uso y el tiempo.

La propuesta realizada en este proyecto de grado consistió en la implementación de un controlador lógico programable para el procesamiento de información del ciclo de fabricación de la máquina, así como también la inclusión de un servo motor que permitiese un movimiento más rápido y preciso que el sistema neumático que tenía dicha máquina. Para lograr cerrar el lazo de control del movimiento, se incluyo en la automatización la instalación de un encoder.



CAPÍTULO I

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En cualquier empresa incluida la empresa REFRIMET, es de vital importancia mantener un adecuado nivel de producción, para poder llevar a cabo el suministro de productos a todos sus consumidores, en el menor tiempo posible y con los altos estándares de calidad que los identifican. Puesto que la mayoría de sus procesos productivos demandan un gran consumo de materia prima y un tiempo de producción continuo, la empresa se ve afectada con pérdidas considerables debido a que se detiene el proceso de producción. Las paradas de máquina originadas por la fabricación de un filtro malo, producen importantes pérdidas económicas.

La problemática principal por la cual se decidió abordar dicha investigación e implementación, es debido a la falta de reacondicionamiento de la máquina indexadora ubicada en la empresa REFRIMET C.A, con la cual se pueda aprovechar de manera correcta el tiempo de producción y la materia prima necesaria destinada para uso de la máquina; la cual está encargada de la fabricación de filtros para refrigeración de alto rendimiento.

Dicha máquina cumple con la característica de que detiene su producción una vez que genera un filtro fuera de estándar, haciendo así una mala utilización del recurso de tiempo y del humano, cabe destacar que cada vez que se produce un filtro fuera de estándar, solo se puede corregir la falla empleando la asistencia de los empleados calificados para el restablecimiento operativo de la máquina, haciendo así que se deba incrementar la dependencia de la presencia del recurso humano para la solución de problemas que pueden hacerse de manera automática. Esto fue tomado en cuenta gracias a las inquietudes del personal calificado encargado de operar dicha máquina en la empresa REFRIMET C.A.



CAPÍTULO I

1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Automatizar una máquina indexadora, fabricante de filtros de refrigeración ubicada en la empresa REFRIMET.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Construir un Tablero y un mando de control, en el que se incluirá un controlador lógico programable, el Driver del Servo motor, y diferentes elementos de control necesarios para la automatización del proceso y manejo de la máquina por parte del operador
2. Seleccionar los parámetros adecuados del Driver del Servomotor (posición y velocidad) que cumplan con las condiciones óptimas, necesarias para el giro.
3. Establecer comunicación entre el PLC y el Driver del Servo motor, para el correcto funcionamiento y posicionamiento del giro de la mesa.
4. Desarrollar un programa en el controlador lógico programable para el completo funcionamiento automatizado de la máquina.
5. Poner en marcha la máquina para su incorporación y uso en la línea de producción de filtros de Secado para sistemas de refrigeración en la empresa Refrimet.



CAPÍTULO I

1.4 ALCANCE

- Diseño de un tablero de control en base al espacio disponible, en el cual se incluirán los distintos elementos necesarios para el automatismo de la máquina como lo son: PLC, Driver de Servomotor, Borneras de Entrada, Relés de Salida, 2 Fuentes de Poder 24VDC (para entradas y salidas respectivamente), Elementos de protección para el circuito.
- Construcción de un mando de control, en el cual se encuentren pulsadores, interruptores y luces piloto para así facilitar la metodología de funcionamiento y estado de la máquina indexadora por parte del operador.
- Implementación de un sistema, con algoritmos de control óptimos y de alto desempeño, que permita el cumplimiento de los estándares de producción de la empresa REFRIMET.
- Inclusión y puesta en marcha de la máquina indexadora de Filtros de refrigeración en la línea de producción de la empresa REFRIMET, para el aumento de la productividad y disminución del esfuerzo humano en este proceso de manufactura.
- Evaluación de beneficios generados por la automatización en cuanto a la productividad y aprovechamiento de materia prima.
- Estimación de tiempo de recuperación de costos generados por la automatización.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

- **Machado L. Allen, Martínez F. Eduard.** En el año 2011 La empresa SERTEQUIM C.A ubicada en el sector industrial el recreo de la ciudad de Valencia, edo Carabobo, cuenta con una línea de producción de ácido sulfónico lineal, compuesta por un reactor tipo BATCH, operando manualmente, el proceso de producción se realiza en tres etapas. La empresa lleva a cabo este proceso manualmente, generando tiempos de operación muy largos y sin ningún control de las variables del proceso, por tal motivo la empresa se ve en la necesidad de automatizar el proceso, de este modo se disminuirán los tiempos de operación además de garantizar que el proceso se efectúe entre rangos de operación adecuado. Cabe destacar que la empresa se encuentra en una etapa de expansión a fin de aumentar la producción de ácido sulfónico lineal, por lo que cuenta con otro reactor de iguales características que el ya instalado y con el cual se plantea realizar un arreglo de reactores en paralelo, por lo tanto se requiere automatizar la línea de producción para así optimizar el proceso, obtener un producto de mayor calidad y disminuir el tiempo de operación. De esta manera se ve de gran importancia el estudio de esta tesis ya que dará una idea de la operación con reactores y las operaciones de trabajos con ácidos, en donde se pretende automatizar todo el proceso. [1]
- **Alfonso Montellano López** en el año 2008, expone ante la Universidad Pontificia Comillas de Madrid, la elaboración de un diseño y optimización de un servosistema de altas prestaciones dinámicas; donde se tiene como objetivo principal diseñar un Sistema Controlado, mono-eje y lineal cuya misión sea la de controlar el



CAPÍTULO II

movimiento y posición de una masa que se mueve linealmente, accionada por un servomotor a través de una interfaz mecánica. Esta investigación es de gran importancia para este estudio, ya que en el mismo, identifican paso a paso la escogencia de los parámetros del servomotor en base a la carga que va a mover, así como también, la manera de implementar y acoplar elementos mecánicos al sistema. [9]

- **Rodríguez Adrian, Zurita Simón** en el año 2002 presentan el proyecto de rediseño e implantación de la automatización de un proceso de inyección de plásticos mediante un autómatas programable PLC, que tiene como objetivo principal el rediseño e implantación de un sistema de control, realizados al proceso de inyección de plásticos de la máquina #2 (PLASTIC-METAL 65/120, MIP 65/120) de la empresa de moldeo por inyección C.A (IMICA), con la finalidad de reemplazar la vieja tecnología de control instalada y mejorar la eficiencia del proceso, empleando un nuevo sistema de control (PLC y HMI). La importancia del estudio de este proyecto radica en que busca, también, la modernización de un sistema que ya está implantado (rediseño).
- **Emilio Giménez Macías** en el año 2002 presenta el siguiente trabajo de investigación: Técnicas de automatización avanzadas en procesos industriales, donde se tiene como fin dar una visión más amplia de todo lo que es la automatización desde su concepto fundamental hasta explicar la programación avanzada implementada en el área industrial. Los 7 capítulos que componen esta tesis doctoral explican en detalle todo lo referente a PLCs, la programación en general y su implementación a los campos industriales, que es de gran importancia, y sirve como base para empezar a realizar el presente estudio de modernización de un sistema automatizado.[2]



2.2 MARCO TEÓRICO

El filtro secador es uno de los componentes más importantes en el sistema de refrigeración o aire acondicionado. Su función es retener la más mínima impureza y humedad además de reducir la formación de ácidos. Es importante que el interior del sistema se mantenga limpio y seco. De esta manera se evita la corrosión prematura de los componentes dándole una larga vida al equipo. [7]

El proceso de fabricación de un filtro secador comprende de 4 simples pasos:

1. Disposición de un tubo de cobre.
2. Colocación un disco de metal de malla fina en el fondo.
3. Dispensar cierta cantidad de tamiz molecular dentro del tubo.
4. Colocación de un segundo disco de metal de malla fina en el tope.

En la figura 2.1 se ilustra el diagrama de la fabricación de un filtro secador.

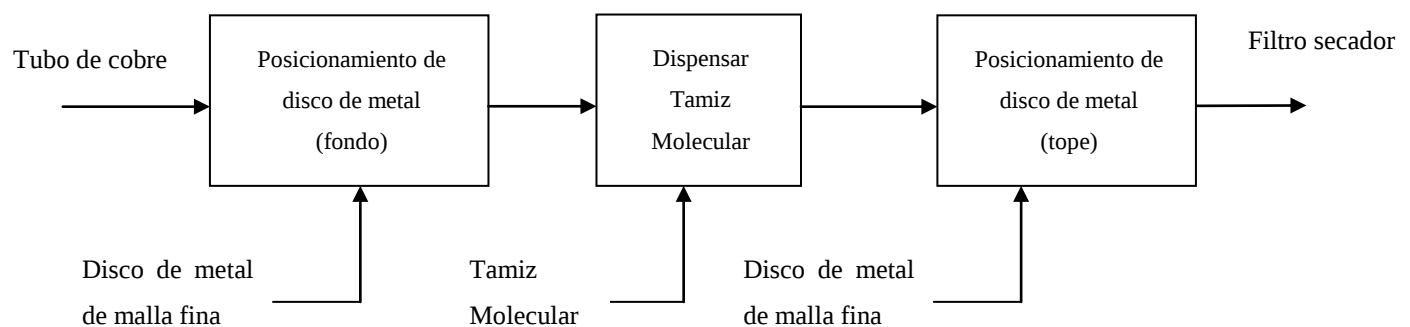


Figura 2.1 Diagrama de Bloques de la Fabricación de un filtro. Fuente propia.

En la figura 2.2 se ilustra un filtro secador con corte transversal.



Figura 2.2 Filtro Secador. Fuente Online.

La refrigeración es el proceso de producir frío, en realidad extraer calor. Para producir frío lo que se hace es transportar calor de un lugar a otro. Así, el lugar al que se le sustrae calor se enfría. Al igual que se puede aprovechar diferencias de temperatura para producir calor, para crear diferencias de calor, se requiere energía. Se consigue producir frío artificial mediante los métodos de compresión y de absorción.

2.2.1 REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN

El método convencional de refrigeración, y el más utilizado, es por compresión. Mediante energía mecánica se comprime un gas refrigerante. Al condensar, este gas emite el calor latente que antes, al evaporarse, había absorbido el mismo refrigerante a un nivel de temperatura inferior. Para mantener este ciclo se emplea energía mecánica, generalmente mediante energía eléctrica. Dependiendo de los costos de la electricidad, este proceso de refrigeración es muy costoso. Por otro lado, tomando en cuenta la eficiencia de las plantas termoeléctricas, solamente una tercera parte de la energía primaria es utilizada en el proceso. Además, los refrigerantes empleados hoy en día pertenecen al grupo de los fluoroclorocarbonos, que por un lado dañan la capa de ozono y por otro lado contribuyen al efecto invernadero.

Un ciclo simple frigorífico comprende cuatro procesos fundamentales:

1. La regulación.



CAPÍTULO II

2. La evaporación.
3. La compresión.
4. La condensación.

2.2.1.1 REGULACIÓN

El ciclo de regulación ocurre entre el condensador y el evaporador, en efecto, el refrigerante líquido entra en el condensador a alta presión y a alta temperatura, y se dirige al evaporador a través del regulador. La presión del líquido se reduce a la presión de evaporación cuando el líquido cruza el regulador, entonces la temperatura de saturación del refrigerante entra en el evaporador y será en este lugar donde se enfría. Una parte del líquido se evapora cuando cruza el regulador con el objetivo de bajar la temperatura del refrigerante a la temperatura de evaporación.

2.2.1.2 EVAPORACIÓN

En el evaporador, el líquido se vaporiza a presión y temperatura constantes gracias al calor latente suministrado por el refrigerante que cruza el espacio del evaporador. Todo el refrigerante se vaporiza completamente en el evaporador, y se recalienta al final del evaporador. Aunque la temperatura del vapor aumenta un poco al final del evaporador debido al sobrecalentamiento, la presión se mantiene constante. Aunque el vapor absorbe el calor del aire alrededor de la línea de aspiración, aumentando su temperatura y disminuyendo ligeramente su presión debido a las pérdidas de cargas a consecuencia de la fricción en la línea de aspiración, estos detalles no se tienen en cuenta cuando uno explica el funcionamiento de un ciclo de refrigeración normal.



CAPÍTULO II

2.2.1.3 COMPRESIÓN

Por la acción del compresor, el vapor resultante de la evaporación es aspirado por el evaporador por la línea de aspiración hasta la entrada del compresor. En el compresor, la presión y la temperatura del vapor aumenta considerablemente gracias a la compresión, entonces al vapor a alta temperatura y a alta presión es devuelto por la línea de expulsión.

2.2.1.4 CONDESACIÓN

El vapor atraviesa la línea de expulsión hacia el condensador donde libera el calor hacia el aire exterior. Una vez que el vapor ha prescindido de su calor adicional, su temperatura se reduce a su nueva temperatura de saturación que corresponde a su nueva presión. En la liberación de su calor, el vapor se condensa completamente y entonces es enfriado. El líquido enfriado llega al regulador y está listo para un nuevo ciclo. [12]

Una de las partes más importantes en un sistema de refrigeración, es el filtro secador, como su nombre lo indica, este es un dispositivo que cumple dos funciones: filtrar o detener cualquier impureza que se haya introducido al sistema con el fin de evitar que el tubo capilar o restrictor sea obstruido, de ahí que la posición del mismo debe ser antes del restrictor, para cumplir esta función el filtro está provisto de una malla a la entrada en forma cilíndrica y otra malla a la salida en forma circular, como se puede observar a continuación en la figura 2.3

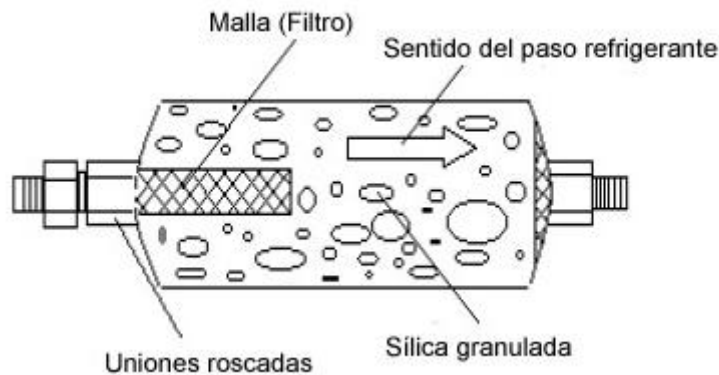


Figura 2.3 Partes internas de un filtro secador. Fuente Online.

La otra función es la de remover la humedad del sistema de refrigeración, su posición que es en la línea líquida o sea enseguida del condensador hace que el material desecante actúe rápidamente absorbiendo la humedad que se haya quedado dentro del sistema siempre y cuando la cantidad de humedad no sea superior a la que esta sustancia sea capaz de absorber. La sustancia más utilizada para la remoción de humedad en los sistemas de refrigeración doméstica es la silica, material que generalmente se encuentra en forma granulada. Este material cumple con las propiedades requeridas para un buen desecante que son:

- Reducir el contenido de humedad del refrigerante.
- Actuar rápidamente para reducir la humedad en un paso de refrigerante a través de la unidad de secado.
- Soportar aumentos de temperatura hasta 70 °C sin que se altere su eficiencia.
- Ser inerte químicamente al aceite.
- Permanecer insoluble, no debe disolverse con ningún líquido.
- Permanecer en su condición sólida original.
- Permitir el flujo uniforme del refrigerante a través de los gránulos, bolitas o bloque con una baja restricción o caída de presión del elemento refrigerante.



CAPÍTULO II

2.2.2 AUTÓMATA PROGRAMABLE

Los PLC (Programmable Logic Controller en sus siglas en inglés) o Controlador Lógico Programable, son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial, con diferentes modelos y fabricantes. Un ejemplo de estos equipos, se ilustra a continuación en la figura 2.4.



Figura 2.4 PLC marca DELTA ELECTRONICS. Fuente: Catálogo DELTA ELECTRONICS

Un autómata programable o PLC, es un equipo electrónico, programable en lenguaje informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los sensores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar



CAPÍTULO II

señales analógicas para realizar estrategias de control, y posicionamiento tales como servomotores.

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operando, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, y funciones de comunicación multiprotocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos como un driver de un servomotor.

2.2.3 SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de On/Off (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente). Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta. Las señales discretas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al On y otro rango al Off. Un PLC puede utilizar 24V de voltaje continuo en las entradas/salidas (E/S) donde valores superiores a 22V representan un On, y valores inferiores a 2V representan Off. Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas.



CAPÍTULO II

Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos. Por ejemplo, una entrada de 4-20 mA o 0-10 V será convertida en enteros comprendidos entre 0-32767. Las entradas de intensidad son menos sensibles al ruido eléctrico que las entradas de tensión.

2.2.4 SENSORES DE PROXIMIDAD

Los sensores de proximidad que se obtienen en la industria son resultado de la necesidad de contar con indicadores de posición en los que no existe contacto mecánico entre el actuador y el detector. Pueden ser de tipo lineal (detectores de desplazamiento) o de tipo conmutador (la conmutación entre dos estados indica una posición particular). Hay dos tipos de detectores de proximidad muy utilizados en la industria: inductivos y capacitivos.

Los detectores de proximidad inductivos se basan en el fenómeno de amortiguamiento que se produce en un campo magnético a causa de las corrientes inducidas (corrientes de Foucault) en materiales situados en las cercanías. El material debe ser metálico. Los capacitivos funcionan detectando las variaciones de la capacidad parásita que se origina entre el detector propiamente dicho y el objeto cuya distancia se desea medir. Se emplean para medir distancias a objetos metálicos y no metálicos, como la madera, los líquidos y los materiales plásticos.



2.2.4.1 TIPOS DE SENSORES

Hay cuatro principales tipos de sensores: Inductivo, capacitivo, fotoelectrico y ultrasónico. Los sensores inductivos detectan la presencia de metales mediante un campo electromagnético, los sensores capacitivos usan un campo electrostático, los sensores ultrasónicos usan ondas ultrasónicas y los sensores fotoeléctricos reaccionan a los cambios en la cantidad de luz recibida. En la figura 2.5 se observan físicamente como son los sensores.



Figura 2.5 Sensores. Fuente Online.

En la tabla 2.1 se resumen los tipos de sensores con los objetos que son capaces de detectar y la tecnología que utilizan.

Tabla 2.1. Tipos de sensores.

Sensor	Objeto detectado	Tecnología
Inductivo	Metal	Campo electromagnético
Capacitivo	Todos	Campo electrostático
Ultrasónico	Todos	Ondas de sonido
Fotoeléctrico	Todos	Luz

Fuente propia.



2.2.4.2 SENSORES INDUCTIVOS

Los sensores inductivos son detectores electrónicos que sirven para detectar materiales ferrosos sin necesidad de contacto físico, se basa en la variación de los campos electromagnéticos. Pueden detectar objetos que se le acerquen tanto axial como lateralmente. La distancia máxima a la que son capaces de detectar un objeto están en torno a los 20 mm según el tipo y tamaño de este. En la figura 2.6 se puede observar cómo se activa un sensor inductivo.

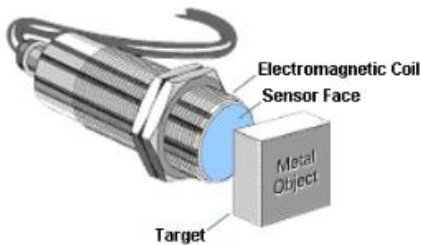


Figura 2.6 Activación de un Sensor Inductivo. Fuente Online.

Este tipo de sensores incorporan una bobina electromagnética que es usada para detectar la presencia de un objeto de metal conductor. Ignoran los objetos no metálicos. Son utilizados principalmente en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia de objetos metálicos en determinados contextos (control de presencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de rotación, de codificación y de conteo).

Son insensibles a las vibraciones y no presentan inseguridad de contacto debido a acercamientos lentos como puede suceder en sensores o detectores con actuadores mecánicos.



2.2.4.3 FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES INDUCTIVOS

Los sensores inductivos hacen uso de las propiedades magnéticas de diversos materiales, y de las variaciones de diferentes parámetros asociados a los circuitos magnéticos (longitudes o secciones de núcleos, entrehierros, etc.), para alterar la inductancia de bobinas normalmente fijas, consiguiendo variar la geometría del circuito magnético, permitiéndole detectar la presencia de objetos metálicos.

Cuando un metal conductor o placa metálica se mueven dentro de un campo magnético, sobre la placa o el metal se generan unas corrientes eléctricas conocidas como corriente de Eddy o corrientes de Foucault.

Este es el principio que usan la mayor parte de los sensores inductivos empleados en la industria. En ellos la bobina de sensado está provista de un núcleo descubierto hacia el lado de detección, al aplicar tensión al sensor la bobina produce un campo magnético alterno de alta frecuencia, dirigido hacia el lado activo o sensible. En la figura 2.7 se observa el funcionamiento de un sensor inductivo.

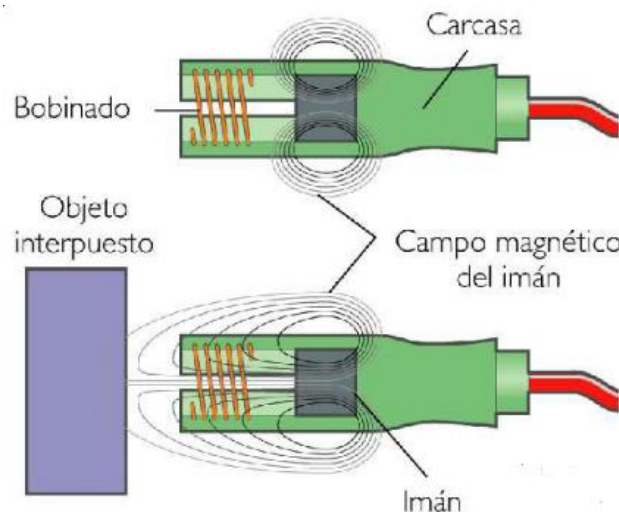


Figura 2.7 Funcionamiento de Sensor Inductivo. Fuente Online



2.2.5 SEÑAL PWM

Los servomotores utilizan tres cables, uno de alimentación, otro para tierra (GND), y por ultimo uno para la señal PWM. Una señal PWM (pulse width modulation en inglés) es un tren de pulsos en el que envía un pulso cada X segundos, y la duración de dicho pulso indicará, en nuestro caso, la posición que el servomotor debe establecer. En la figura 2.8 se muestran diferentes trenes de pulso dependiendo de su ciclo de trabajo.

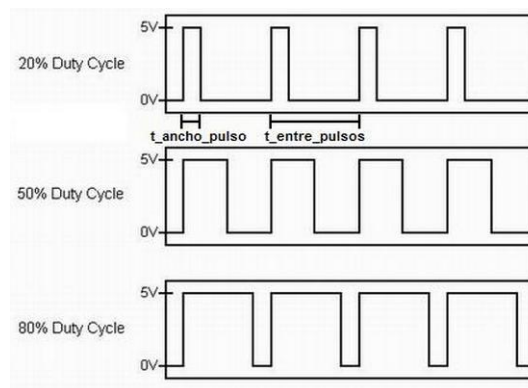


Figura 2.8 Tren de pulsos. Fuente: Online.

Una señal PWM estándar para el control de servomotores es de 60Hz, o sea, un pulso cada 16,6ms (tiempo entre pulsos), donde además, el ancho de dicho pulso puede variar entre 0,5 y 2,5 milisegundos (tiempo entre ancho de pulsos).

2.2.6 ACTUADOR NEUMÁTICO:

Los actuadores neumáticos son mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico por medio de un movimiento lineal de vaivén, o de motores. Los actuadores neumáticos se clasifican en dos grande grupos:

- Cilindros
- Motores



CAPÍTULO II

En este proyecto, solo se requirió el uso de los actuadores neumáticos tipo cilindro

2.2.6.1 CILINDROS NEUMÁTICOS

Los cilindros neumáticos producen se encargan de producir trabajo, transformando la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según el modo en que se realiza el retroceso del vástago, los cilindros se dividen en tres grupos:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto
- Cilindro de rotación

Generalmente, el cilindro neumático está constituido por un tubo circular cerrado en los extremos mediante dos tapas, entre las cuales se desliza un émbolo que separa dos cámaras, al émbolo va unido a un vástago que saliendo a través de una de las tapas, permite utilizar la fuerza desarrollada por el cilindro (gracias a la presión del fluido al actuar sobre las superficies del émbolo).

Para la automatización de la maquina indexadora de filtros de refrigeración, fue necesario el uso de cilindros doble efecto como parte de la neumática empleada

2.2.6.2 CILINDROS DE DOBLE EFECTO

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial, ya que hay un esfuerzo neumático en ambos sentidos. Se dispone de una fuerza útil en ambas direcciones. El



CAPÍTULO II

funcionamiento de este tipo de cilindros se explica a continuación en la figura 2.9.a y 2.9.b respectivamente.

2.9.a) El aire comprimido empuja el émbolo hacia fuera.

2.9.b) El aire comprimido empuja el émbolo hacia dentro.

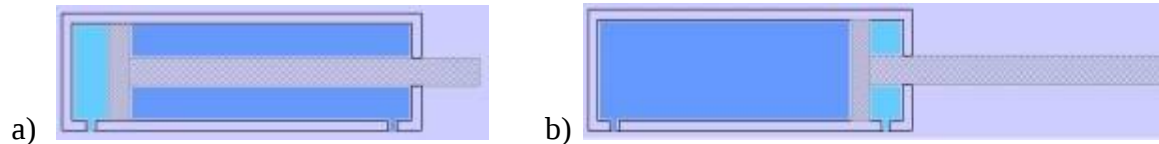


Figura 2.9 Funcionamiento cilindro doble efecto. Fuente: Online

Podemos encontrar hasta 4 tipos de cilindros de doble efecto:

- Con amortiguación interna
- De vástago pasante
- Posicionadores
- De percusión

A continuación se explica el funcionamiento de los cilindros doble efecto con amortiguación interna y los de vástago pasante, ya que fueron los empleados en el automatismo.

En la figura 2.10 se ilustra la representación física del cilindro doble efecto.

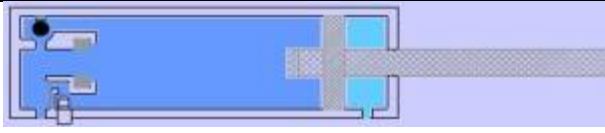
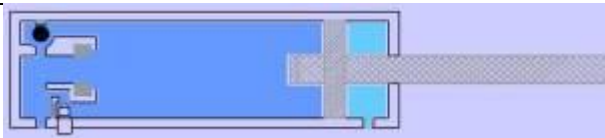


Figura 2.10 Parte interna cilindro doble efecto. Fuente: Catálogo Festo.

2.2.6.3 CILINDROS CON AMORTIGUACIÓN INTERNA:

Si el cilindro tiene que trasladar masas grandes, para evitar choques bruscos y daños: se usa un amortiguador que funciona antes de acabar “la carrera” del émbolo. En la tabla II.2.6.3.1 se esquematiza el funcionamiento del cilindro doble efecto con amortiguación interna.

Tabla 2.2. Funcionamiento del cilindro doble efecto con amortiguación interna.

-1-		Se introduce aire comprimido por la parte del amortiguador, el vástago se empuja hacia fuera.
-2-		Introducimos aire comprimido por la parte opuesta al amortiguador, obligando al vástago volver a su posición inicial.
-3-		El aire comprimido se comprime más en la última parte de la cámara del cilindro.
-4-		Esta sobrepresión producida se disminuye gracias al escape de aire (la sección de escape es muy pequeña).
-5-		Entonces el émbolo se desliza poco a poco hasta su posición final.
-1-		Se vuelve a introducir aire comprimido, y así sucesivamente.

Fuente: Online.



2.2.6.4 CILINDROS DE DOBLE VÁSTAGO

Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. Dando la posibilidad de dar trabajo por cada lado. Solo dispone de dos cojinetes facilitando el movimiento del vástago. Este tipo de cilindro, fue empleado en las estaciones 3 y 6 del automatismo planteado. A continuación se presenta una explicación breve sobre el funcionamiento del mismo a través de las figuras 2.11.a y 2.11.b.

2.11.a) Entra aire comprimido por la izquierda entonces el vástago se mueve hacia la derecha.

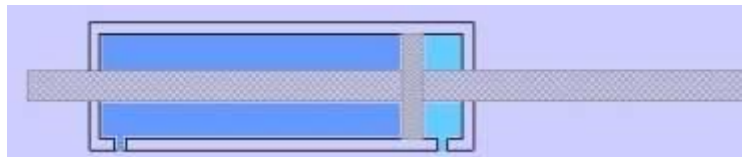


Figura 2.11.a Vástago posición 1. Fuente: Online

2.11.b) Entra aire comprimido por la derecha entonces el vástago se mueve hacia la izquierda.

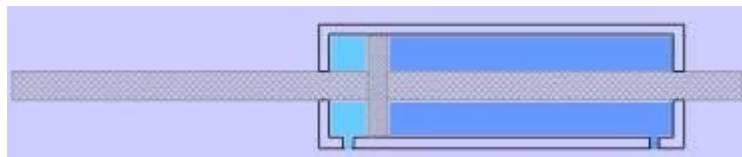


Figura 2.11 b Vástago posición 2. Fuente: Online

2.2.7 SERVOMECANISMO

De acuerdo a la terminología del estándar Industrial Japonés (JIS), un servomecanismo está definido como un mecanismo que usa la posición, dirección, u orientación de un objeto como una variable de proceso para controlar un sistema para seguir cualquier cambio en el valor objetivo (set point). Simplemente, un servomecanismo es un mecanismo de control



CAPÍTULO II

que monitorea cantidades físicas como posiciones especificadas. El control realimentado está normalmente ejecutado por un servomecanismo.

Un servosistema se podría definir en más detalle como un mecanismo que:

- Se mueve a una velocidad especificada
- Coloca un objeto en determinada posición

Para desarrollar tal servosistema, un sistema de control automático que implica un control realimentado deberá ser diseñado. Este sistema de control automático se ilustra en la figura 2.12.

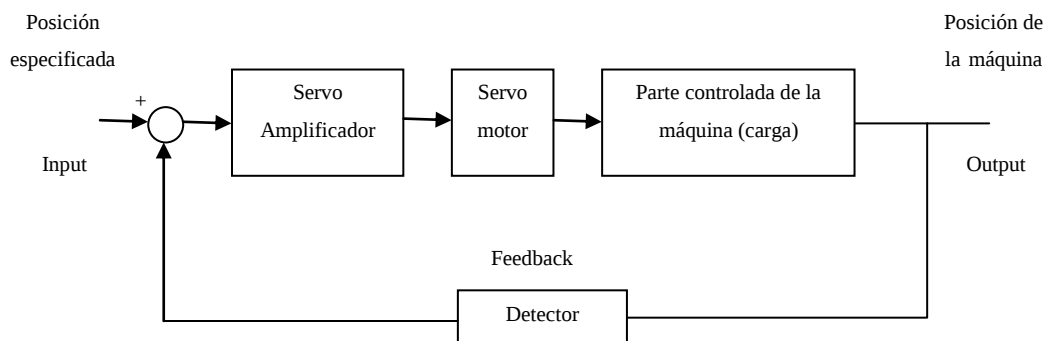


Figura 2.12 Sistema de control realimentado de posición. Fuente: Online.

Este servosistema es un sistema de control automático que detecta la posición de la máquina (datos de salida), realimenta los datos al lado de entrada, los compara con la posición especificada (dato de entrada) y mueve la máquina por la diferencia entre los datos comparados.

En otras palabras, el servosistema sirve para controlar los datos de salida para que coincidan con los datos de entrada especificados.



CAPÍTULO II

Posición, velocidad, fuerza (torque), corriente eléctrica, son valores controlados típicos para un servosistema.

2.2.8 SERVO MOTOR

Un servomotor (también llamado servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Estos tienen la capacidad de ser controlados, en velocidad y/o posición.

- Control en velocidad: posibilidad de hacer girar al motor a una velocidad determinada independientemente de la carga o fuerza que deba vencer.
- Control en posición: posibilidad de realizar desplazamientos entre dos posiciones determinadas con precisión. [10]

La forma más adecuada de realizar cualquiera de estas operaciones es mediante un control en lazo cerrado, en el cual se están midiendo continuamente velocidad y posición para, en función de estos valores, aportar mayor o menor tensión al motor.

Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, tiene un consumo de energía reducido.

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado, pero no es muy alto si el servo está libre moviéndose todo el tiempo. En la figura 2.13 se observa la parte interna de un servomotor.



Figura 2.13 Vista interna de un Servo motor. Fuente: Catálogo DELTA ELECTRONICS.

2.2.9 ENCODER

El Encoder es un transductor rotativo que transforma movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos generados pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal. Las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controles numéricos CNC, controladores lógicos programables, sistemas de control etc. Las aplicaciones principales de estos transductores están en las maquinas herramienta o de elaboración de materiales, en los robots, en los sistemas de motores, en los aparatos de medición y control. En los Encoder METALTEX, la detección del movimiento angular se ejecuta en base al principio de exploración fotoeléctrica. El sistema de lectura se basa en la rotación de un disco graduado con un reticulado radial formado por líneas opacas, alternado con espacios transparentes. Este conjunto está iluminado de modo perpendicular por una fuente de rayos infrarrojos. El disco proyecta de este modo 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.

La señal eléctrica detectada para generar impulsos correctamente escuadrados y sin interferencias, debe ser procesada electrónicamente. Para incrementar la calidad y



CAPÍTULO II

estabilidad de las señales, el sistema de lectura se efectúa generalmente de manera diferencial, comparando dos señales casi idénticas, pero desfasados en 180° eléctricos. Su lectura se efectúa en base a la diferencia de las dos señales, eliminando de este modo las interferencias definidas de modo común porque están superpuestas de igual manera en toda forma de onda. [11]

En la figura 2.14 Se muestra la forma de lectura del Encoder.

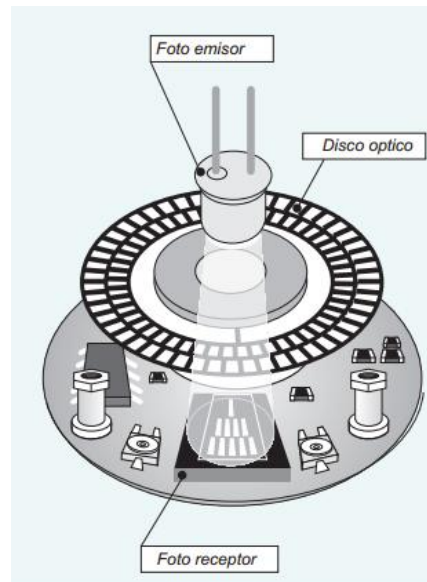


Figura 2.14 Forma de lectura del Encoder. Fuente: Online.

Existen varios tipos de encoder como lo son: el incremental, incremental con fases de conmutación integradas y el sinusoidal. La diferencia entre estos radica en su precisión así como también en la forma de la señal de salida disponible. Para este proyecto se empleó un encoder de tipo incremental.

El encoder incremental proporciona normalmente dos formas de onda cuadradas y desfasadas entre sí a 90° eléctricos los cuales por lo general son "canal A" y "canal B". Con la lectura de un solo canal se dispone de la información correspondiente a la velocidad de rotación, mientras que si se capta también la señal "B" es posible discriminar el sentido de



CAPÍTULO II

rotación en base a la secuencia de datos que producen ambas señales. Está disponible además otra señal llamado canal Z o Cero, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder. Esta señal se presenta bajo la forma de impulso cuadrado con fase y amplitud centrada en el canal A. En la figura 2.15 se observa la representación de las señales incrementales A, B y Z en el disco óptico.

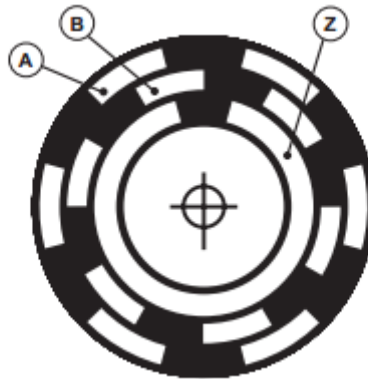


Figura 2.15 Representación de las señales incrementales en el disco óptico. Fuente: Online.

La precisión de un encoder incremental depende de factores mecánicos y eléctricos entre los cuales, el error de división del retículo, la excentricidad del disco, la de los rodamientos, el error introducido por la electrónica de lectura e imprecisiones del tipo óptico. La unidad de medida para definir la precisión de un encoder es el grado eléctrico, este determina la división del impulso generado por el encoder: en efecto, los 360° eléctricos corresponden a la rotación mecánica del eje, necesaria para hacer que se realice un ciclo o impulso completo de la señal de salida. Para saber a cuantos grados mecánicos corresponden 360 grados eléctricos es suficiente aplicar la formula siguiente:

$$360^{\circ} \text{ eléctricos} = \frac{360^{\circ} \text{ mecánicos}}{N^{\circ} \text{ impulsos/giro}} \quad [1]$$

El error de división de un encoder está dado por el máximo desplazamiento expresado en grados eléctricos, de dos frentes de onda consecutivos. Este error existe en cualquier encoder y se debe a los factores antes citados.



2.2.10 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN ESCALERA (LADDER).

El lenguaje de programación LADDER (escalera) permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso dado mediante el uso simbólico de contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados (N.A y N.C respectivamente), temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, relés, etc. Este tipo de lenguaje debe su nombre a su similitud con los diagramas eléctricos de escalera. El programa en lenguaje LADDER, es realizado y almacenado en la memoria del controlador lógico programable (sólo en ciertos tipos de PLC's que están preparados para ello) por un individuo (programador). En este tipo de programa cada símbolo representa una variable lógica cuyo estado puede ser verdadero o falso, a continuación se muestra la simbología comúnmente usada en la elaboración de diagramas de escalera, según la normativa IEC-1131:

2.2.10.1 INPUT:

Representa a una entrada normalmente abierta. Este componente puede representar a una entrada física del PLC o a una entrada lógica asociada a un relé interno (auxiliar) del PLC. El esquema gráfico en el lenguaje de programación escalera se ilustra en la figura 2.16.



Figura 2.16. Representación gráfica INPUT. Fuente: Online.

2.2.10.2 NC-INPUT:

Representa a una entrada normalmente cerrada. Este componente puede representar a una entrada física del PLC o a una entrada lógica asociada a un relé interno (auxiliar) del PLC. El esquema gráfico en el lenguaje de programación escalera se ilustra en la figura 2.17.



Figura 2.17. Representación gráfica NC-INPUT. Fuente: Online.

Es importante destacar que tanto los contactos asociados a las entradas del PLC como los contactos de los relés internos o auxiliares del mismo, pueden constituir configuraciones lógicas AND, OR, NOT, XOR, etc; o en forma general, pueden estar representados en las conocidas "tablas de la verdad" a fines de activar o desactivar a salidas específicas del PLC o a relés internos del mismo.

2.2.10.3 OUTPUT:

Representa a un dispositivo genérico de salida que puede estar asociado a una salida física del PLC o a una salida lógica del diagrama escalera (por ej. una bobina de un relé interno del PLC). El esquema gráfico en el lenguaje de programación escalera se ilustra en la figura 2.18.



Figura 2.18. Representación gráfica OUTPUT. Fuente: Online.

2.2.10.4 TOFF:

Este dispositivo representa a un temporizador con retardo a la desconexión. Al aplicar un nivel lógico alto en la entrada IN, inmediatamente se activa la salida Q. En este punto, si se corta la señal en la entrada IN, es cuando comienza a transcurrir el tiempo en el



CAPÍTULO II

temporizador. Cuando el tiempo programado (aplicado a la entrada PT) ha transcurrido (permaneciendo cortada la señal en la entrada IN), la salida Q se desactiva. Esta condición se mantendrá mientras la entrada IN permanezca sin señal. Si se aplica nuevamente un nivel lógico alto a la entrada IN antes de que el temporizador alcance su tiempo programado, la cuenta del tiempo se pondrá en cero y la salida Q se activará. El pin de salida ET indica el tiempo actual transcurrido. El esquema gráfico en el lenguaje de programación escalera se ilustra en la figura 2.19.

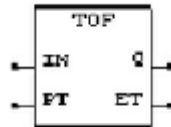


Figura 2.19. Representación gráfica TOFF. Fuente: Online.

2.2.10.5 TON:

Este dispositivo representa a un temporizador con retardo a la conexión. Al aplicar un nivel lógico alto en la entrada IN, comienza a transcurrir el tiempo en el temporizador. Cuando el tiempo programado (aplicado a la entrada PT) ha transcurrido (manteniendo la señal en la entrada IN), la salida Q se activa. Esta condición continuará hasta que se corte la señal en la entrada IN. Si la señal en la entrada IN es cortada antes de que el temporizador alcance su tiempo programado, la cuenta del tiempo se pondrá en cero y la salida Q se desactivará. El pin de salida ET indica el tiempo actual transcurrido. El esquema gráfico en el lenguaje de programación escalera se ilustra en la figura 2.20.

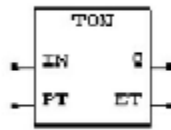


Figura 2.20 Representación grafica TON.

2.2.10.6 TP:

Este tipo de temporizador tiene el mismo comportamiento del temporizador de simple-tiro o monoestable. Cuando una transición de flanco ascendente (de OFF a ON) es detectada en la entrada IN, la salida Q se activa. Esta condición continuará hasta que el temporizador alcance su tiempo programado en la entrada PT. Luego de que transcurra el tiempo programado en el temporizador, la salida Q permanecerá activa siempre y cuando se mantenga la señal en la entrada IN. Este temporizador no es re-disparable, es decir, que luego de que comience a transcurrir el tiempo en el temporizador, no se podrá detener sino hasta que se complete la sesión. El pin de salida ET indica el tiempo actual transcurrido. El esquema gráfico en el lenguaje de programación escalera se ilustra en la figura 2.21.

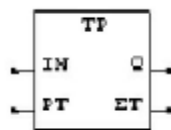


Figura 2.21 Representación gráfica Temporizador. Fuente: Online.

2.2.10.7 CTD:

Representa a un contador descendente. Un flanco ascendente en la entrada CD (count-down) decrementará la cuenta en 1. La salida Q se activará cuando la cuenta actual sea igual o menor que cero. Si se le aplica un nivel lógico alto en la entrada LD (load), el contador se



CAPÍTULO II

cargará (carga asíncrona) con el valor que tenga la entrada PV (programmed value). El pin de salida CV (counter value) indica el valor actual de la cuenta. El esquema gráfico en el lenguaje de programación escalera se ilustra en la figura 2.22.

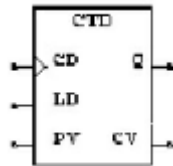


Figura 2.22 Representación gráfica Contador descendente. Fuente: Online.

2.2.10.8 CTU:

Representa a un contador ascendente. Un flanco ascendente en la entrada CU (count-up) incrementará la cuenta en 1. Cuando la cuenta actual alcance al valor fijado en la entrada PV, la salida Q se activará. Si se le aplica un nivel lógico alto en la entrada R (reset), el contador se pondrá en cero (puesta a cero asíncrona). El pin de salida CV indica el valor actual de la cuenta. Se ilustra a continuación la figura 2.23 la cual es la representación gráfica del CTU

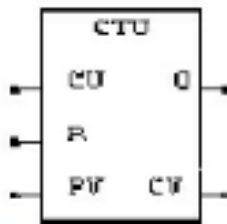


Figura 2.23. Representación gráfica Contador ascendente. Fuente: Online.



2.2.10.9 CTUD:

Representa a un contador programable ascendente/descendente. Un flanco ascendente en la entrada CU incrementará al contador en 1, mientras que un flanco ascendente en la entrada CD lo decrementará en 1. Si se le aplica un nivel lógico alto en la entrada R, el contador se pondrá en cero. Un nivel lógico alto en la entrada LD cargará al contador con el valor que tenga la entrada PV. La salida QU se activa cuando la cuenta actual sea mayor o igual que el valor fijado en la entrada PV. La salida QD se activa cuando la cuenta actual sea menor o igual que cero. El pin de salida CV indica el valor actual de la cuenta. El esquema gráfico en el lenguaje de programación escalera se ilustra en la figura 2.24.

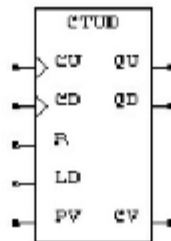


Figura 2.24 Representación grafica Contador Programable ascendente/descendente. Fuente: Online

Los elementos antes definidos fueron de suma importancia para la elaboración de este proyecto, ya que el lenguaje empleado en la programación del controlador lógico programable fue escalera (ladder).



2.2.11 PROGRAMACION ESCALERA PLC BÁSICA

2.2.11.1 DESCRIPCIÓN DEL LENGUAJE ESCALERA (LADDER).

Los diagramas de escalera son esquemas de uso común para representar la lógica de control de sistemas industriales. Se le llama diagrama "escalera" porque se asemejan a una escalera, con dos rieles verticales (de alimentación) y "escalones" (líneas horizontales), en las que hay circuitos de control que definen la lógica a través de funciones. De esta manera

Las principales características del lenguaje escalera son:

- Instrucciones de entrada se introducen a la izquierda
- Instrucciones de salida se situarán en el derecho.
- Los carriles de alimentación son las líneas de suministro de energía L1 y L2 para los circuitos de corriente alterna y 24 V y tierra para los circuitos de CC
- La mayoría de los PLC permiten más de una salida por cada renglón (Rung).
- El procesador (o "controlador") explora peldaños de la escalera de arriba a abajo y de izquierda a derecha.

En la figura 2.25 se presenta la descripción de la lógica LADDER.

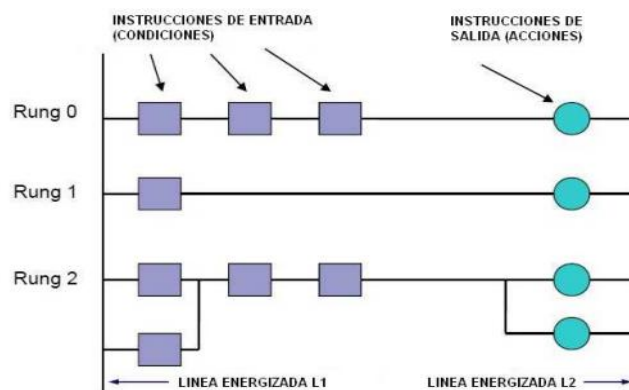


Figura 2.25. Descripción lógica LADDER. Fuente: Online.



CAPÍTULO II

Las instrucciones de entrada son las condiciones que tiene el circuito para dejar o no dejar pasar la corriente de una línea a la otra. Estas condiciones se manejan comúnmente con contactos normalmente abierto o normalmente cerrados los cuales interpretan las señales de alto y bajo de sensores o interruptores. Si las condiciones son verdaderas la corriente llega a las instrucciones de salida las cuales generan acciones como energizar la bobina de un motor o energizar una lámpara por ejemplo. De esta forma el paso de la corriente a las bobinas de salida están condicionadas por la lógica que manejen las instrucciones de entradas.

Un PLC tiene varios terminales "de entrada" y también varios terminales de salida, a través de los cuales se producen las señales "alta" o "baja" que se transmiten a las luces de energía, solenoides, contactores, pequeños motores y otros dispositivos que se prestan a control on/off. En un esfuerzo por hacer PLC fácil de programar, el lenguaje de programación ladder fue diseñado para asemejarse a los diagramas de lógica de escalera. Por lo tanto, un electricista industrial o ingeniero eléctrico, acostumbrados a leer esquemas de lógica ladder se sentirán más cómodos con la programación de un PLC si se maneja con el lenguaje ladder.

2.2.11.2 LÓGICA LADDER Y SU CABLEADO.

Las conexiones de las señales y estándares de programación varían un poco entre los diferentes modelos de PLC, pero los conceptos son los mismos, así que tanto el cableado de alimentación como la programación son de alguna forma genéricos.

La figura 2.26 muestra un PLC simple (sin módulos de entrada/salida agregados), como podría parecer desde una vista frontal. Dos terminales de tornillo proporcionan una conexión a 120 voltios de corriente alterna para alimentar los circuitos internos del PLC, L1 y L2. Seis terminales de tornillo en el lado izquierdo permiten conectar dispositivos de



CAPÍTULO II

entrada, cada terminal que representa una entrada diferente "canal" con su propio "X" de la etiqueta. La terminal de tornillo inferior izquierda es un "común" de conexión, que suele ser vinculado a la L2 (neutral) de la fuente de alimentación de 120.

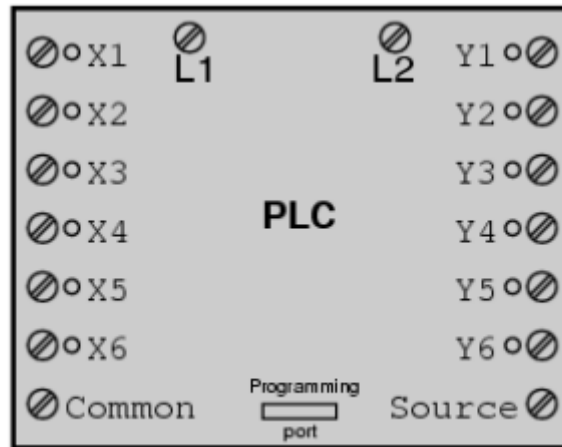


Figura 2.26 Vista frontal de un PLC simple. Fuente: Online.

Dentro del PLC, conectado entre los bornes de entrada y el terminal común, está un dispositivo opto-acoplador que proporciona una señal de "alto" al circuito interno del PLC cuando hay una señal de 120 VCA aplicada entre el terminal de entrada correspondiente y el terminal común. Un LED indicador en el panel frontal del PLC da una indicación visual de una "energía" de entrada. La figura 2.27 ilustra la conexión interna del dispositivo opto acoplador.

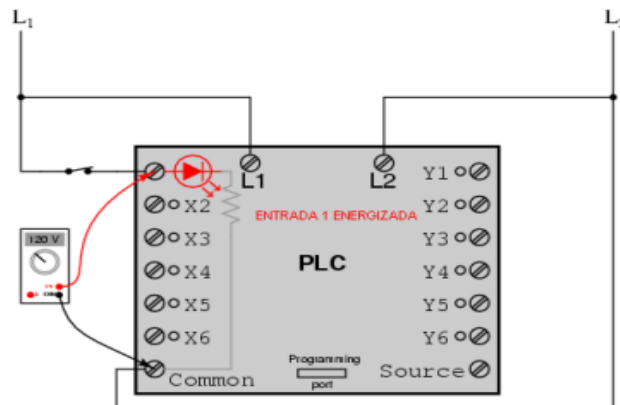


Figura 2.27. Conexión interna dispositivo opto acoplador. Fuente: Online.



CAPÍTULO II

Las señales de salida son generadas por el circuito de la CPU del PLC que activa un dispositivo de conmutación (transistor, TRIAC, o incluso un relé electromecánico), conectando la "fuente" a cualquier terminal de la terminales de salida "Y". La "Fuente" de los terminales, en consecuencia, es por lo general relacionada con L1 de la fuente de alimentación de 120 VCA. Al igual que con cada entrada, un LED indicador en el panel frontal del PLC da una indicación visual de una "energía" de salida. La figura 2.28 ilustra el panel frontal del PLC.

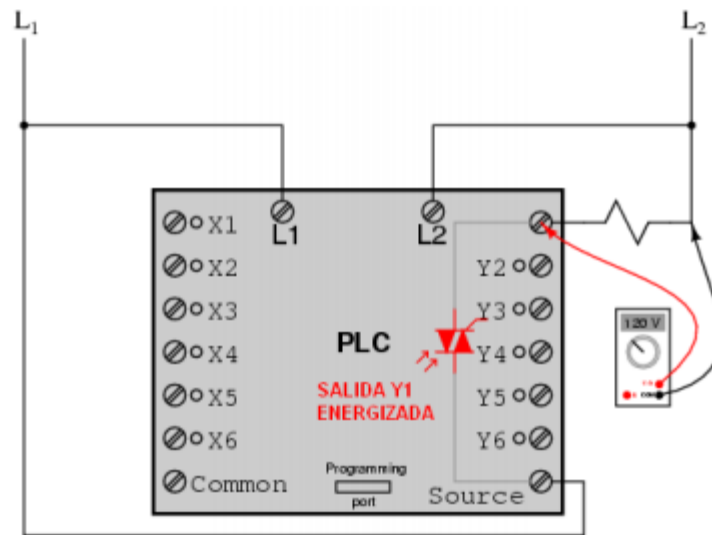


Figura 2.28. Panel frontal del PLC. Fuente: Online.

La lógica real del sistema de control se establece en el PLC por medio de un software. Este software determina qué salida se energiza en qué condiciones de entrada. Aunque el programa en sí parece ser un diagrama de lógica ladder, con los símbolos de interruptores y relés, no hay contactos de interruptores reales o bobinas de relés dentro del PLC para crear las relaciones lógicas entre la entrada y salida. Estos contactos y bobinas son imaginarios. El programa se carga en el PLC y es visto a través de una computadora personal conectada al puerto de programación del PLC.



CAPÍTULO III

MARCO METEODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La característica más relevante de la de la investigación realizada es que contemplo el diseño e implementación de un sistema, es decir, se mostró un prototipo físico de lo que se quiere, resolviendo con esto una problemática que estuvo latente, tomando características de un proyecto factible. [4]

Un proyecto factible se define como la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable, cuyo propósito es la búsqueda de solución de problemas y satisfacción de necesidades. [4]

Este proyecto no presenta características de los demás tipos de investigaciones por lo que no entran en esas categorías. [3]

3.2 METODOLOGÍA A UTILIZAR

La metodología de estudio a seguir se desarrolló a partir de submetas, es decir se comenzó buscando solucionar problemas en cada etapa para así lograr cumplir con cada objetivo específico con miras a lograr de manera satisfactoria el cumplimiento del objetivo principal planteado en este trabajo de investigación. [5]



3.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Los objetivos que alcanzados con el desarrollo del proyecto fueron:

1. Construcción de un Tablero de control, en el que se incluyó un PLC y el Driver del Servo motor, necesarios para la automatización del proceso. La selección del controlador lógico programable se realizó a través de una comparación con otro dispositivo controlador de diferente marca, mientras que la selección del servo motor se hizo en base a los requerimientos planteados.
2. Se estableció comunicación entre el PLC y el Driver del Servo motor, para el correcto funcionamiento y posicionamiento del giro de la mesa.
3. Instalación de un Servomotor en el eje de la mesa giratoria de la máquina, a través de una caja reductora 40:1.
4. Instalación de un Encoder para así generar un lazo de control cerrado del movimiento.
5. Selección de los parámetros adecuados del Driver del Servomotor (posición y velocidad) que cumplan con las condiciones óptimas, necesarias para el giro.
6. Desarrollo de un programa en el PLC para el completo funcionamiento automatizado de la máquina.
7. Puesta en marcha de la máquina.

La manera como se logró cumplir exitosamente cada uno de ellos fué:

- I. Construcción de un Tablero de control, en el que se incluirá un PLC y el Driver del Servo motor, necesarios para la automatización del proceso.**

Este primer objetivo consistió en distribuir de manera óptima el espacio confinado por la lámina metálica del tablero, incluyendo elementos y dispositivos de control como: relés, borneras de entradas, breakers, dos fuentes de poder de 24 VDC,



CAPÍTULO III

bornera del Driver, y canaletas. Se realizaron planos de la canalización del montaje para así facilitar cualquier tipo de mantenimiento o de reestructuración en el futuro. También se construyó un mando de control para el manejo de la máquina por parte del operador; se realizó una distribución de 4 pulsadores, 2 switcheras y 2 luces piloto que indican el estado de funcionamiento de la máquina, los cuales fueron instalados en un cajón metálico de acuerdo al diseño planteado.

II. Establecimiento de la comunicación entre el controlador lógico programable y el Driver del Servo motor, para el correcto funcionamiento y posicionamiento del giro de la mesa.

Se realizó un conexionado por medio de una bornera especial del driver para establecer comunicación entre el PLC y este, seguidamente se realizaron pruebas para elegir el modo correcto de trabajo del driver.

III. Instalación de un Servomotor en el eje de la mesa giratoria de la máquina, a través de una caja reductora 10:1.

Esta parte del proyecto fue desarrollada por parte de mecánicos especializados pertenecientes a la empresa PROYECTOS 2560. Solo se estuvo en la instalación del servo en la caja reductora, fue de gran importancia este acople mecánico para la reducción ya que gracias a él, se logró proteger el eje del servo motor aislándolo mecánicamente del sistema.

IV. Instalación de un Encoder para así generar un lazo de control cerrado del movimiento.

Este dispositivo fue colocado en la caja reductora en la parte del eje principal de la máquina indexadora, para así, brindar información precisa sobre la diferencia del



CAPÍTULO III

número de pulsos que ha girado el plato y el número del pulsos que ha realizado el servo; es decir, para cerrar el lazo de control.

V. Selección DE los parámetros adecuados del Driver del Servomotor (posición y velocidad) que cumplan con las condiciones óptimas, necesarias para el giro.

Se realizó un estudio enfocado en la manipulación de parámetros de interés en este proyecto, como lo son la velocidad, aceleración, tiempo de vuelo, y desaceleración; de manera de optimizar el giro del plato.

VI. Desarrollo de un programa en el controlador lógico programable para el completo funcionamiento automatizado de la máquina.

Se elaboró un programa en estructura escalera para el manejo de la máquina, el cual cumplió con las especificaciones de producción establecidas por la empresa así como también las de operación indicada por el antiguo operador de esta máquina.

VII. Puesta en marcha la máquina para su incorporación y uso en la producción de filtros de secado para sistemas de refrigeración en la empresa REFRIMET.

Se realizó pruebas de arranque y ensayos en la máquina, y de funciones específicas para así depurar el programa; hasta lograr que la máquina cumpliera con los estándares de producción establecidos por la empresa y de esta manera se disminuyeron los tiempos de parada.



CAPÍTULO IV

MARCO OPERACIONAL

4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO PRINCIPAL Y PANEL DE CONTROL

4.1.1 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Para la selección del PLC se tomaron en cuenta 2 modelos; las características de los PLC's se detallan en la tabla 4.1

Tabla 4.1 Selección del controlador lógico programable

Modelo PLC	DELTA DVP-40EH00T2	SIEMENS S7-200 224
Entradas digitales	24	14
Salidas digitales	16	10
Alimentación	110 VAC	24 VDC
Tarjeta de Memoria	5 KB	8 KB
Tipo de comunicación	RS232	RS232
Precio Bs	3000	4200

Fuente propia.

Se detalla a continuación en la Tabla 4.2 las entradas y salidas necesarias para el automatismo.

Tabla 4.2 Entradas y salidas necesarias para el automatismo

x0	Encoder A	Y0	Pulsos Servo
x1	Encoder B	Y1	Dirección Servo
x2	Encoder Z	Y2	_____
x3	Pulsador rojo	Y3	_____
x4	Pulsador negro	Y4	Pistón 2 (Deja caer cilindro)
x5	Parada de Emergencia	Y5	Pistón 1 (Abre estación)
x6	Selector Auto/Auto 2	Y6	Pistón 3 (Placa)
x7	Selector Placa/No Placa	Y7	Pistón 4 (Molecular)



CAPÍTULO IV

Tabla 4.2 Entradas y salidas necesarias para el automatismo

x10	Sensor Placa (Est 3)	Y10	Sensa Molecular
x11	Sensor Pistón 3 Arriba	Y11	Pistón 6 (Filtro)
x12	Pulsador verde	Y12	Pistón 7 (Salida)
x13	Sensor tubo malo	Y13	Pistón 8 (Transportador)
x14	Sensor molecular	Y14	Pistón 9 (Tubo malo)
x15	Sensor Pistón 6 Arriba	Y15	Pistón 10 (Tranca mesa)
x16	Sensor filtro (Est 6)	Y16	Luz piloto verde
x17	Sensor Estrella	Y17	Luz piloto roja
x20	Sensor tubo (Est 1)		
x21	Home Encoder		
x22	Presostato		
x23	Servo Ready		
x24	Servo Alarm		
x25	_____		
x26	Tranca Arriba		
x27	_____		

Fuente: Propia

De acuerdo a estas características se decidió trabajar con el PLC Delta DVP-40EH00T2; su disponibilidad era inmediata, era el de menor precio y cumplía con todos los requisitos para realizar el automatismo. En la figura 4.1 se pueden observar las dimensiones del PLC, las unidades de medida son centímetros.

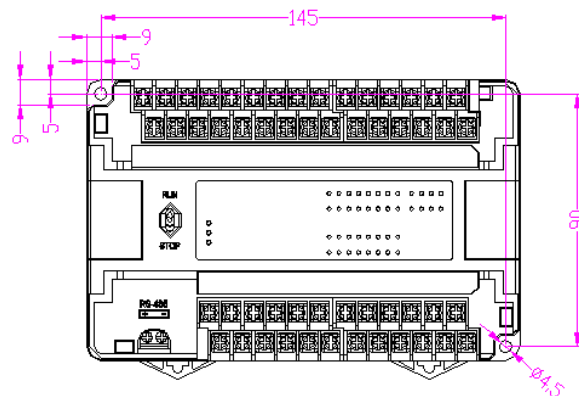


Figura 4.1 Controlador Lógico Programable DELTA DVP-40EH00T2. Fuente: Online.



CAPÍTULO IV

4.1.2 SELECCIÓN DEL SERVO MOTOR

Se trabajó con un Servo motor DELTA ECMA-C30604GS, las especificaciones se detallan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Características servo motor DELTA ECMA-C30604GS.

Modelo		ECMA-C30604GS
Alimentación		Monofásica 100-115 VAC
Frecuencia		50/60 Hz
Corriente continua de Salida		6.2 A rms
Potencia		400 W
Control del circuito Principal		SVPWM Control
Modo de Ajuste		Auto / Manual
Freno Dinámico		Integrado
Modo de Control de Posición	Frec. Max de Impulso de entrada	Max. 500Kpps (Line driver) / Max. 200Kpps (Open collector)
	Tipo de Pulso	Pulso + Dirección, Fase A+ Fase B, Pulso Horario + Pulso Anti horario
	Comandos de Entrada	Tren de pulsos externos/ Parámetros Internos ,
	Torque limite de Operación	Establecido por Parámetros

Fuente: User Manual DELTA.



CAPÍTULO IV

En la figura 4.2 se muestra el servo motor con sus conexiones de alimentación y de control.

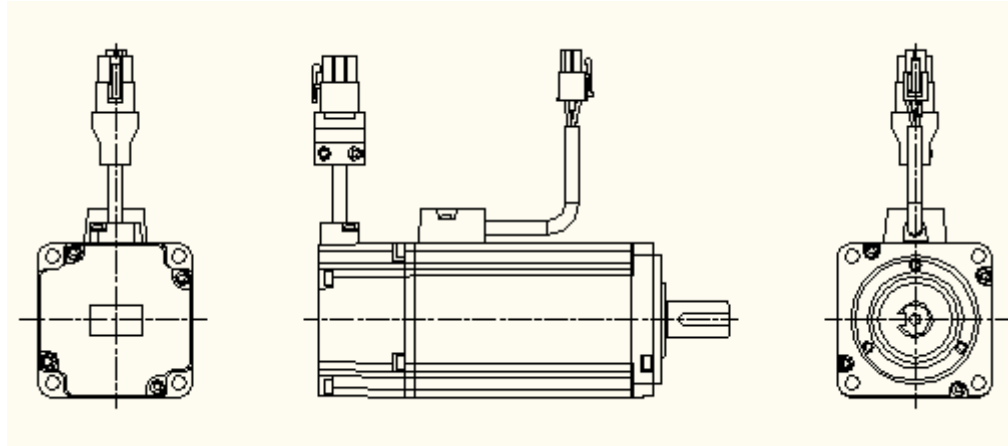


Figura 4.2 Servo motor ECMA-C30604GS. Fuente: User Manual DELTA

Este servo motor incluye un Driver modelo ASD-A0421-AB para su control y alimentación. En la figura 4.3 se pueden observar sus dimensiones y puertos de conexión. Las dimensiones vienen expresadas en centímetros.

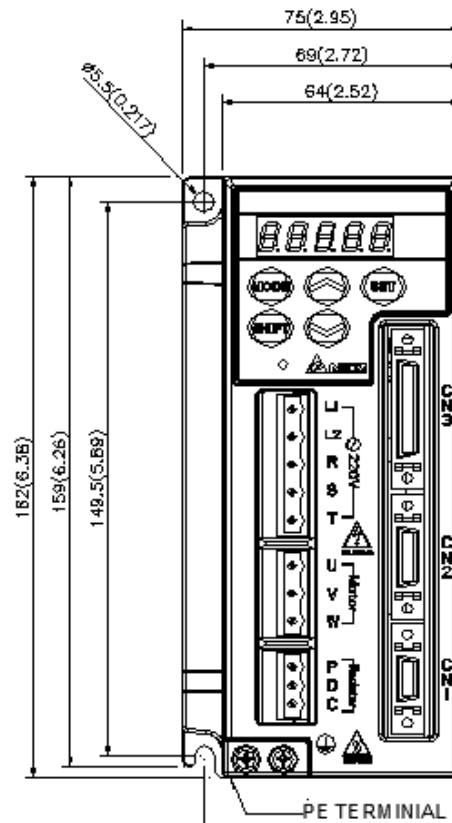


Figura 4.3 Servo Driver ASD-A0421-AB.

4.1.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL TABLERO

Los criterios para la distribución de los elementos en el Tablero fue el espacio disponible (una placa de metal de 1 m de ancho por 1 m de largo). La visualización de todos los elementos y el espacio de separación entre las fuentes de alimentación y el Driver por la ventilación que estos necesitan.

Las especificaciones y cantidades de elementos necesarios se muestran en la tabla 4.4.



CAPÍTULO IV

Tabla 4.4. Especificaciones de elementos en el tablero de control.

Elementos	Cant	Modelo	Voltaje	Función
Fuente	2	DELTA	I:110 V O: 24 VDC	Alimentación de las entradas del PLC. Relés de salida que accionan las electroválvulas
Breakers	3	Siemens	110 V	Protección del PLC Protección de fuentes
	2		24 VDC	Protección Relés de Salidas del PLC
Breaker Bipolar	1	Siemens	110 VAC por línea	Protección del Driver
Breaker de Fuerza Tripolar	1	Siemens	110 VAC por fase	Protección del Servo motor
Driver	1	DELTA	I: 2 líneas 110 V O:	Recibe los impulsos del PLC y los traduce a movimientos del Servo motor
PLC	1	DELTA	110 V	Controlar el funcionamiento de la máquina por medio de señales recibidas desde los sensores, switches y pulsadores.
Bornera de interconexión PLC/Driver	1	-----		Interconectar el PLC con el Driver del Servo motor
Borneras	3	METALTEX		Tierra de la conexión 110 VAC
	4			0 VDC de la primera fuente
	2			24 VDC provenientes de la primera fuente (cajetín de sensores)
	15			Entradas del PLC provenientes de los sensores, switches y pulsadores
	2			0 VDC provenientes de la primera fuente (entradas del PLC)
	3			0 VDC provenientes de la segunda fuente (salidas del PLC)
Relés	12	METALTEX		Salidas del PLC/ Actuadores de la máquina.
Canaletas	1			6 metros

Fuente de elaboración propia.



CAPÍTULO IV

En la figura 4.4 se ilustra la distribución de elementos realizada en el tablero principal empleado para el automatismo.

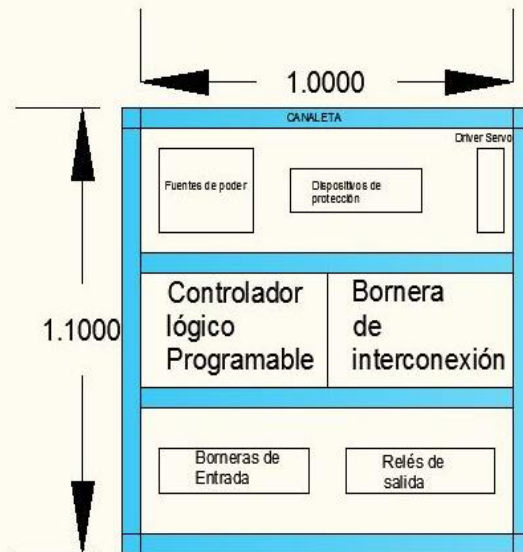
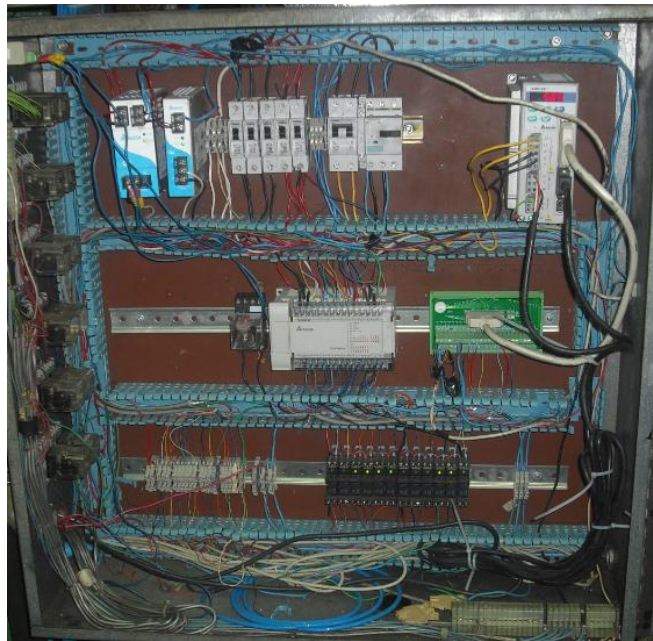


Figura 4.4 Tablero Principal. Fuente propia.



CAPÍTULO IV

4.1.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL PANEL DE CONTROL

La distribución del panel de control se hizo de acuerdo a las necesidades de los operadores. Se contó con un recuadro de metal de 40 cm x 25 cm. Las especificaciones y cantidades de elementos utilizados se detallan en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Elementos empleados en el mando de control.

Elemento	Cantidad	Marca	Función
Pulsadores simples	3	METALTEX	Verde: Giro/Inicio Rojo: Pistón/Parada Negro: JOG
Switches 2 posiciones	2	METALTEX	Selección del modo de funcionamiento de la máquina MANUAL, AUTO, PLACA, NO PLACA.
Luces Piloto	2	METALTEX	Indica el modo de funcionamiento de la máquina y las diferentes alarmas.
Pulsador con retención	1	METALTEX	PARADA DE EMERGENCIA Detiene el funcionamiento total de la máquina

Fuente de elaboración propia.

En la figura 4.6 se ilustra la distribución de los elementos empleados para la construcción del mando de control.

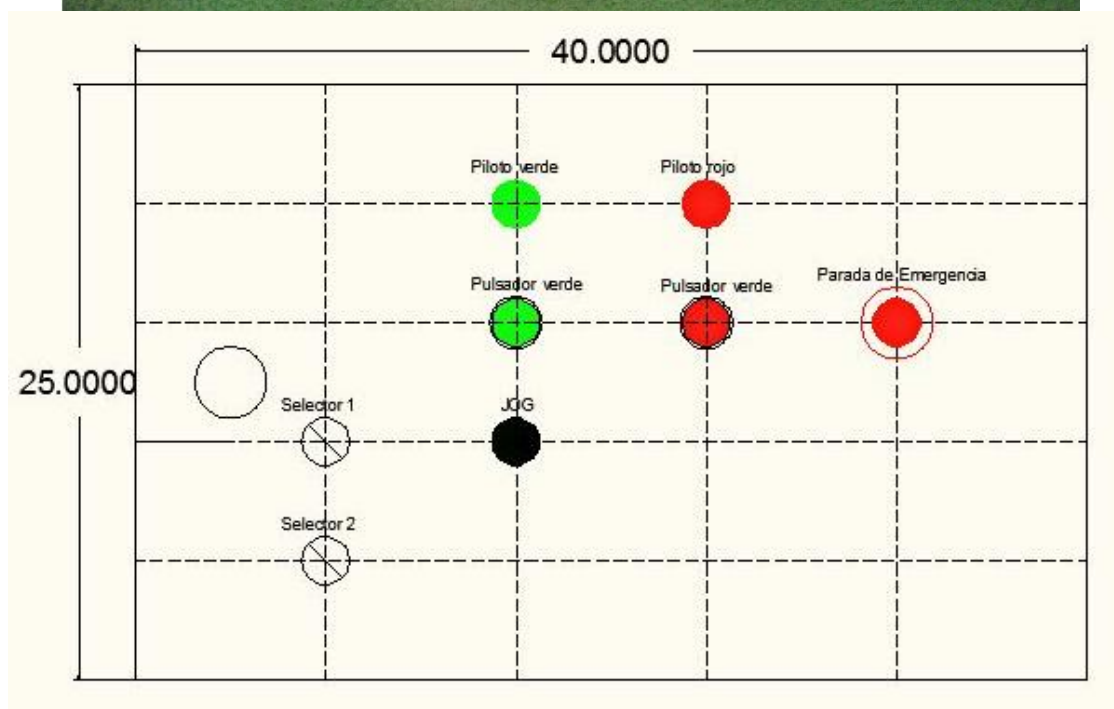


Figura 4.5 Mando de control. Fuente propia.



CAPÍTULO IV

4.1.5 UBICACIÓN DE SENSORES EN LAS ESTACIONES DE LA MÁQUINA

Para realizar el monitoreo del funcionamiento de la máquina fue necesario instalar sensores en las respectivas estaciones. La especificación del funcionamiento de cada sensor empleado se detalla en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Especificación de funcionamiento de sensores.

Sensor	Ubicación	Función
S1	Estación 1	Presencia de tubo
S2	Estación 3	Presencia de fondo
S3		Pistón 3 esta retraído
S4	Estación 5	Cantidad correcta de molecular
S5	Estación 6	Presencia de tapa
S6		Pistón 6 retraído
S7	Estación 8	Presencia de filtro malo
S8	Estrella de mesa giratoria	Mesa giratoria en correcto posicionamiento
Especificaciones Técnicas	Marca	METALTEX
	Tipo	Inductivo
	Alimentación	10 - 36 VDC
	Salida	PNP

Fuente de elaboración propia.

En la figura 4.8 se ilustra la ubicación espacial de los sensores en la máquina indexadora.

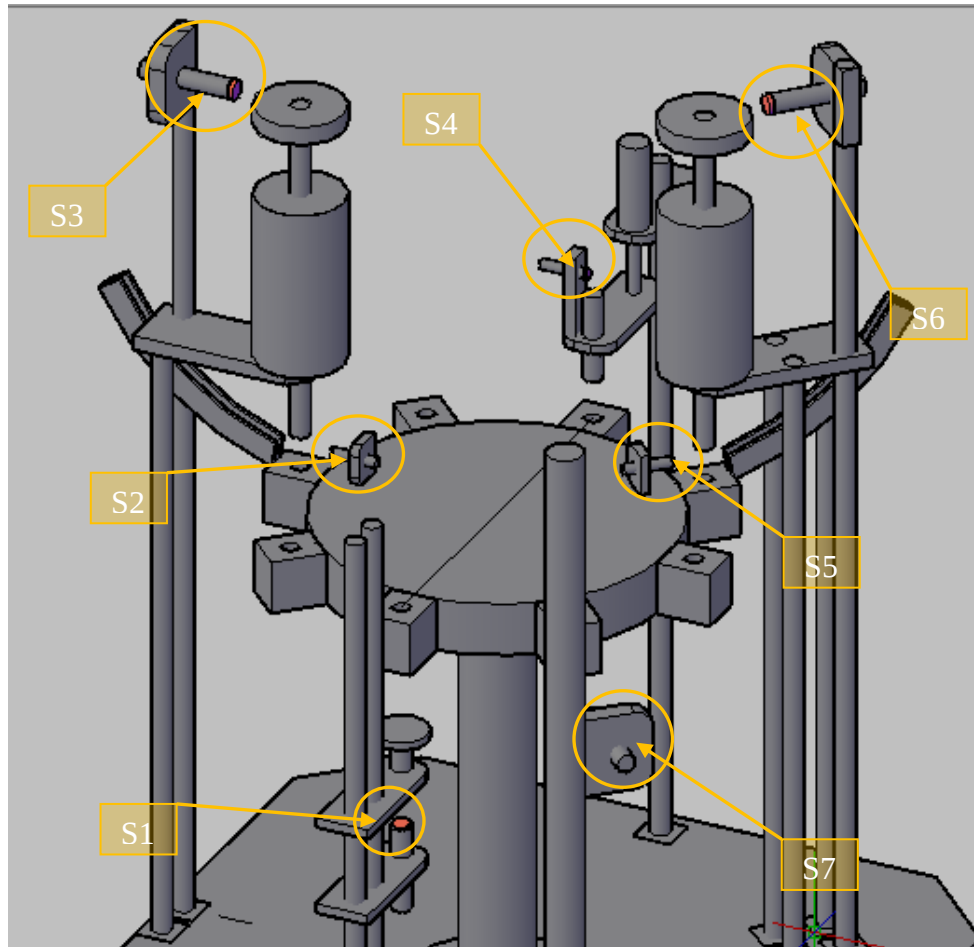


Figura 4.8. Ubicación de sensores en la máquina. Fuente propia.

En la figura 4.9 se ilustra la ubicación y posicionamiento del sensor que detecta la estrella.

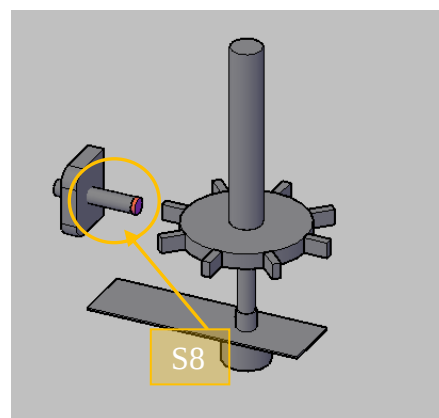


Figura 4.9. Ubicación de sensor en la estrella. Fuente propia.



CAPÍTULO IV

4.2 COMUNICACIÓN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE-DRIVER SERVO MOTOR

Para el logro de este objetivo, fue necesario dividir el procedimiento en 3 pasos fundamentales como lo son:

- 4.2.1 Conexión Física.
- 4.2.2 Ajustes de parámetros de comunicación en el driver.
- 4.2.3 Otras conexiones.

4.2.1 CONEXIÓN FÍSICA.

Se realizó mediante una bornera de interconexión para servo motor modelo DELTA ECMA-C30604GS, la cual plasma detalladamente los puertos de información a tomar, para el cableado de comunicación. En la figura 4.10 se presenta la distribución de los pines de información de dicha bornera.

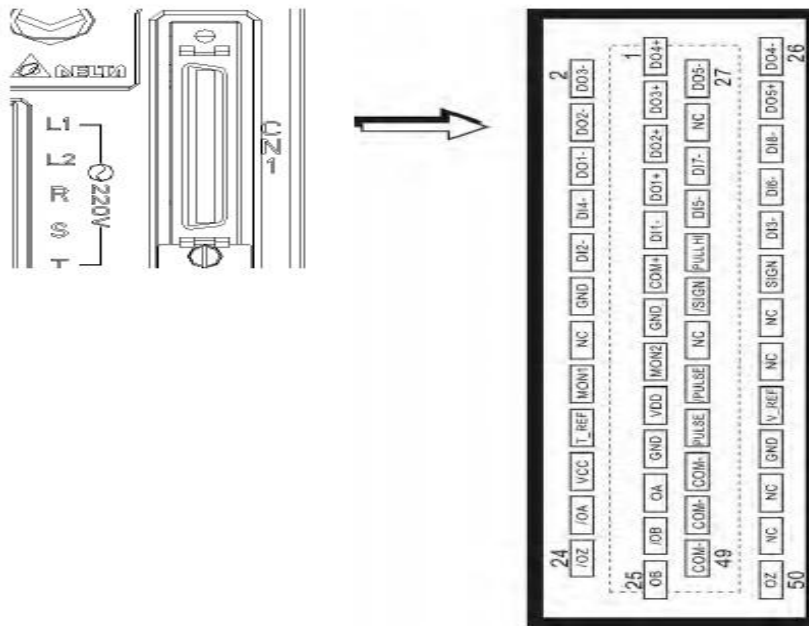


Figura 4.10 Bornera de Interconexión. Fuente: Manual ASDA-AB series users manual.



CAPÍTULO IV

Debido a que los impulsos de control del Driver, provienen de una fuente externa (controlador lógico programable), fue necesario realizar ajustes en los pines del elemento, para así lograr que estuviesen activas las entradas y salidas digitales del Driver. En la tabla 4.6 se muestra el conexionado interno de la bornera.

Tabla 4.7. Conexionado interno de la bornera.

Puerto de salida	Puerto de llegada	Función
VDD (17)	COM + (11)	Alimentar con fuente de +24V proveniente del driver, al común de las entradas y salidas digitales. Conexión modo “source”
	PULL HI (35)	Correcto funcionamiento de de fuente interna del driver. Refiérase a la figura 4.11.

Fuente de elaboración propia.

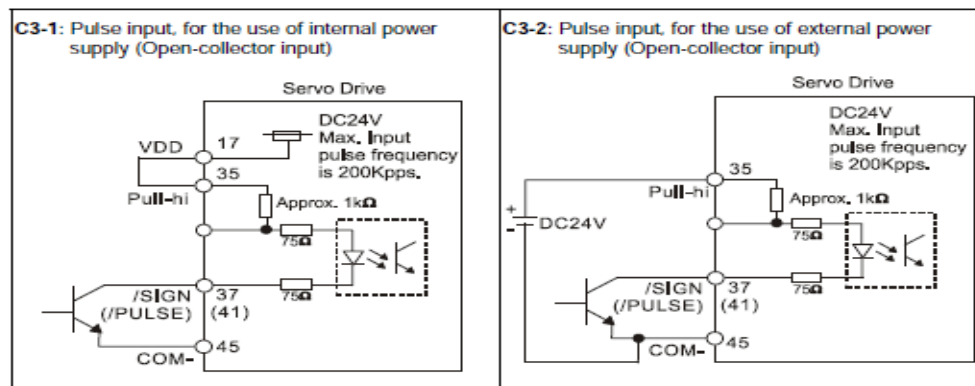


Figura 4.11. Fuente interna del Driver. Fuente: ASDA- AB series users manual.

El tipo de conexión plasmado en la tabla 4.7, fue empleado para el aprovechamiento de la fuente interna de +24V que posee el driver, al momento de alimentar las entradas y salidas digitales del mismo, a este tipo de conexión se le denomina modo “source”, y se logró



CAPÍTULO IV

gracias a la identificación metodológica de cableado planteada en el manual del equipo “ASDA-AB series user manual”.

En la tabla 4.8 se especifica la conexión realizada para lograr que el driver del servo motor, fuese activado y controlado por una fuente externa, en este caso, dicha fuente fue el controlador lógico programable.

Tabla 4.8. Conexión realizada para la comunicación PLC/Driver servo.

Puerto de salida (PLC)	Puerto de llegada (Bornera)	Función
C0	COM- (45) Power ground (VDD)	Conexión del común del driver al común del controlador lógico programable como fuente externa de poder
Y0	PULSE (43) Pulse input (+)	Permite al interpretar los pulsos tipo “Colector abierto”
Y1	SIGN (36) Position sign (+)	Permite seleccionar cualquiera de los parámetros de impulsos (P1-00, cuadratura, CW+CCW pulso y pulso/dirección).

Fuente de elaboración propia.



CAPÍTULO IV

En la figura 4.12, se presenta la conexión física realizada en la bornera de interconexión.

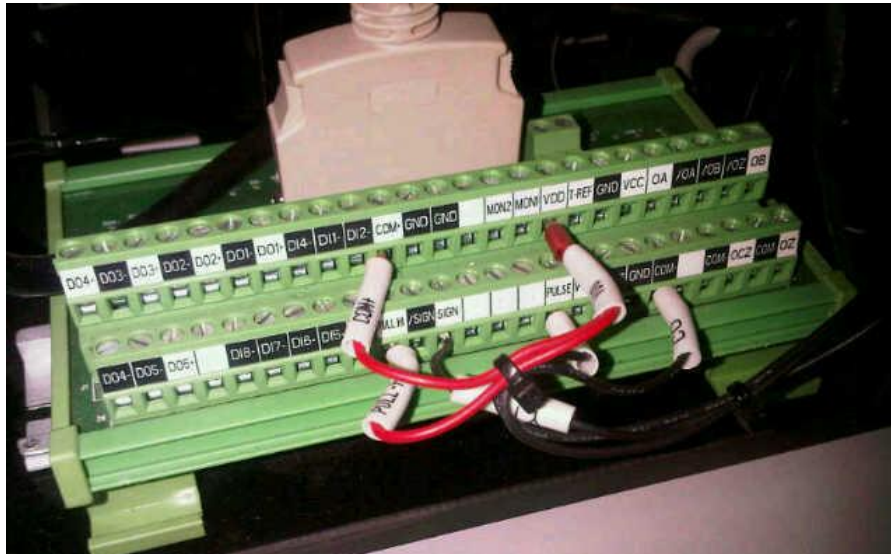


Figura 4.12. Bornera de Interconexión. Fuente propia.

Para la identificación y función del resto de los puertos de información de la bornera, referirse a los anexos.

4.2.2 AJUSTES DE PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN EN EL DRIVER.

Para lograr que el driver interpretara los pulsos enviados por el controlador lógico programable, fue necesario realizar ajustes de valor en el software de programación del driver (ASDA_Soft V4.05.01) en los siguientes parámetros:

4.2.2.1 SELECCIÓN DE MODO PT (EXTERNAL POSITION MODE).

Este modo plantea que la posición y el control del servo motor son activadas por medio de un pulso externo.

Ajuste realizado en parámetro P1-01= 0



4.2.2.2 PARÁMETRO FUENTE DE POSICIÓN.

El driver ASDA-A0421-AB posee tres formas de interpretar los trenes de pulsos provenientes de una fuente externa, los cuales son: fase AB, horario-anti horario y pulso+dirección, por lo cual, fue necesario establecer el parámetro para el correcto funcionamiento de la comunicación entre dicho equipo y el controlador lógico programable.

Ajuste realizado en parámetro: P1-00= 2. Plantea que los pulsos recibidos del PLC son interpretados como pulso de arranque más la dirección deseada. Este ajuste se logró por la lógica de comunicación planteada en el manual del driver “ASDA-AB series user manual”.

4.2.3 OTRAS CONEXIONES.

En la tabla 4.9 se presenta esquemáticamente las conexiones realizadas para manipular las entradas digitales del driver necesarias para el control de la máquina desde un mando exterior.

Tabla 4.8. Manipulación de entradas digitales del driver.

Puerto de salida (PLC)	Puerto de llegada (Driver)	Función
Y0 (Pulsador negro)	DI1-	Activar el servo motor
Y0 (Pulsador verde)		
Y3 (Pulsador rojo)	DI5- Pin 33	Hacer reset al servo en caso de presentarse algún tipo de falla

Fuente de elaboración propia.

En la tabla 4.9 se presenta esquemáticamente las conexiones realizadas para la manipulación de salidas digitales del driver, con el fin de activar alarmas en el mando de control o para uso de la programación.



CAPÍTULO IV

Tabla 4.10. Manipulación de las salidas digitales del driver.

Puerto de salida (Bornera del driver)	Puerto de llegada en el controlador lógico programable	Función
D01+ Pin 7	X23	El servo está listo para trabajar.
D04+ Pin 1	X21	Se transmite una señal indicando que se ejecutó el comando de movimiento de manera satisfactoria.
D05+ Pin 28	X24	Se transmite una señal indicando que ha ocurrido una falla en el servo motor

Fuente de elaboración propia

4.3 INSTALACIÓN DE UN SERVOMOTOR EN EL EJE DE LA MESA GIRATORIA DE LA MÁQUINA, A TRAVÉS DE UNA CAJA REDUCTORA 40:1.

Esta parte del proyecto fue desarrollada por parte de mecánicos especializados pertenecientes a la empresa PROYECTOS 2560. Solo se estuvo durante la instalación del servo en la caja reductora, fue de gran importancia este acople mecánico para la reducción ya que gracias a él, se logró proteger el eje del servo motor aislándolo mecánicamente del sistema.

4.4 INSTALACIÓN DE UN ENCODER PARA ASÍ GENERAR UN LAZO DE CONTROL CERRADO DEL MOVIMIENTO.

Este dispositivo fue colocado desarrollada por parte de mecánicos especializados pertenecientes a la empresa PROYECTOS 2560 en la caja reductora en la parte del eje



CAPÍTULO IV

principal de la máquina indexadora, para así, brindar información precisa sobre la diferencia del número de pulsos que ha girado el plato y el número del pulsos que ha realizado el servo; es decir, para cerrar el lazo de control.

4.5 SELECCIÓN DE LOS PARÁMETROS ADECUADOS DEL DRIVER DEL SERVO MOTOR.

4.5.1 AJUSTE DE PARÁMETROS MECÁNICOS.

Para el funcionamiento óptimo del servo motor, se tenían que tomar en cuenta distintos parámetros como lo son: peso del plato giratorio, velocidad angular deseada, sobre oscilación máxima, reducciones en juego de poleas y caja para el giro del carrusel, carga máxima a transportar y precisión de la parada. La forma en la que trabaja el driver del servo para lograr el giro del motor, es transmitiéndole valores de una rampa pre-calculada (tomando en cuenta el valor de los parámetros antes mencionados), la cual, brindará especificaciones exactas sobre la aceleración, tiempo de vuelo, desaceleración y frenado completo del mismo. Tomando en cuenta el enfoque de este proyecto, el cálculo mecánico necesario para la obtención de los valores de los parámetros antes mencionados, estarían fuera de contexto, por lo cual, se decidió ejecutar una función que brinda el software del servo motor ASDA_Soft V4.05.01, denominada AUTOTUNNING, dicha función tiene como objeto, hacer que el sistema del servomotor funcione de una manera estable y lo más efectiva posible, y para esto, va realizando ajustes en los valores de los parámetros de la ganancia de lazo de control del circuito en el driver. La metodología empleada para llevar a cabo esta función fue:

1er Paso: Ejecutar el programa ASDA_Soft V4.05.01 en el computador y conectar el driver del servomotor al puerto RS-232 del equipo de programación



CAPÍTULO IV

2do Paso: Desplegar la barra de herramientas (Tools) y seleccionar la función denominada AUTO-GAIN TUNNING

3er Paso: Seguir el diálogo y seleccionar la opción On-Line Autotuning ya que el driver del servomotor se encuentra conectado a la computadora.

4to Paso: En el recuadro referido a Assign Bandwidth, se seleccionó la segunda opción (assign band-width using P2-31) tal cual como lo muestra la figura 4.13. Esta selección se hizo de esta manera ya que el driver del servo motor calculará de manera automática la ganancia óptima del ancho de banda y la asignará en el valor de dicho parámetro, de haber seleccionado la primera opción (automatically assign), era necesario calcular e introducir los valores de parámetros como el ancho de banda, relación de inercia de carga vs inercia del motor (JL/Jm), y rigidez, los cuales no son de interés para un proyecto de automatización.



Figura 4.13 AUTO TUNING. Fuente: Software ASDASoft V4.05.01.

Al realizar la selección antes mencionada, automáticamente se desplegará otro recuadro de dialogo el cual plantea: To assign P2-31(Band width), must set auto gain mode (P2-32 X=2, or X=2), en el cual se debe seleccionar la primera opción (P2-32 X=2). Esto se debe a que el radio de inercia del motor no va a variar, ya que la carga (los filtros de refrigeración) son despreciables para este cálculo.

4to Paso: En el recuadro referido a To assign P2-31(Band width), must set auto-gain mode seleccionar la segunda opción (P2-32 X=1) tal como lo muestra la figura 4 14



CAPÍTULO IV

Luego de haber realizado todos los pasos antes mencionados, el driver del servo comandará el servo motor y hará que este empiece a girar en sentido horario y anti-horario, para así estimar el radio de carga de inercia a la inercia del motor y de esta manera tomar ese resultado y colocarlo en el valor de la ganancia

El valor de los parámetros mecánicos obtenidos, se muestran en la figura 4.14.

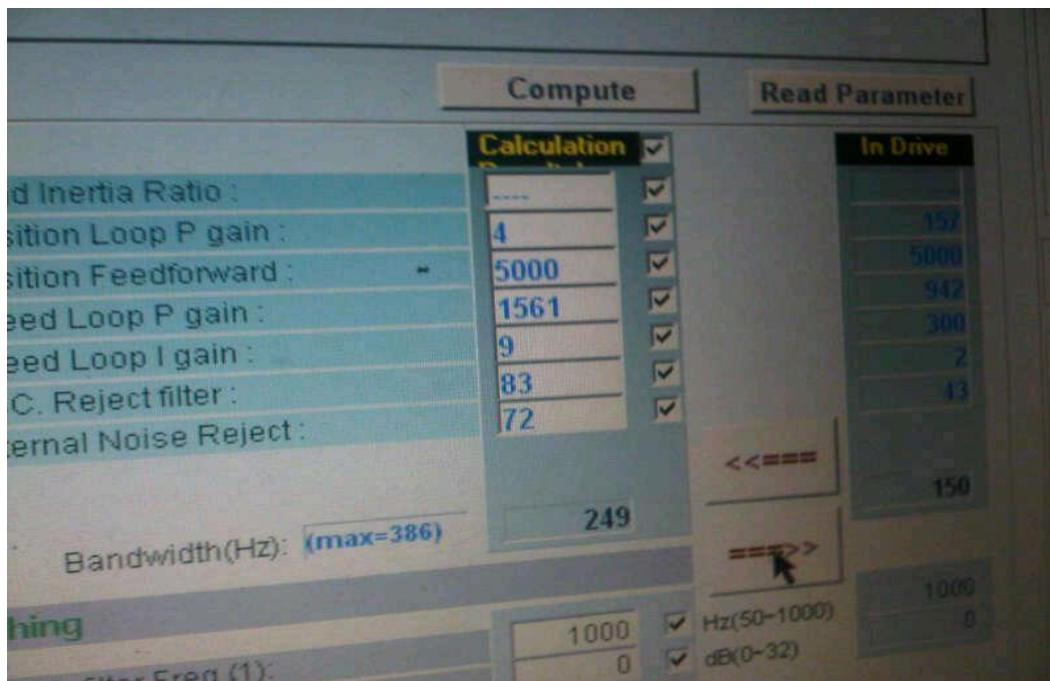


Figura 4.14. Parámetros mecánicos. Fuente: Software ASDASoft V4.05.01.



4.6 PROGRAMACIÓN BAJO LA INTERFAZ DE PROGRAMACIÓN WPLSoft V2.20.

4.6.1 USO DEL LENGUAJE LADDER BAJO EL PROGRAMA WPLSoft 2.20 PARA EL DESARROLLO DE ALGORITMOS

Con el software WPLsoft 2.20 se realizó la programación del sistema; este posee los protocolos necesarios para la comunicación entre el PLC y el Driver e instrucciones dedicadas para el movimiento del servo motor.

Para implementar de manera exitosa los pasos para fabricar un filtro se procederá a desarrollar de manera secuencial cada uno mediante diagrama de flujo para su fácil interpretación y codificación en lenguaje LADDER.

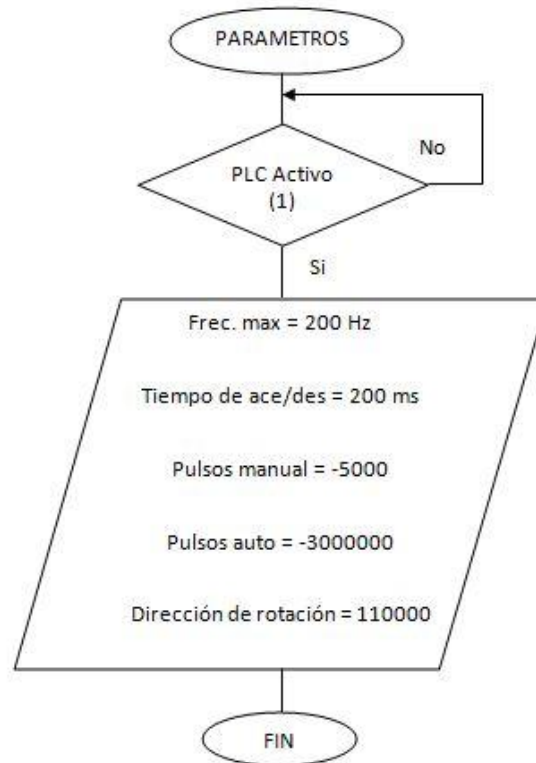
4.6.2 PROGRAMA PRINCIPAL.

4.6.2.1 PARÁMETROS DEL SERVO MOTOR

En la primera corrida del programa se ajustan los parámetros de funcionamiento del servo motor frecuencia máxima de salida, tiempo de aceleración y desaceleración, posiciones a recorrer en automático. Se activa también el Enable del Servo motor. En la figura 4.15.a se observa el Diagrama de Flujo de la programación mientras que en la figura 4.15.b se ilustra el diagrama escalera empleado para el ajuste de parámetros.



CAPÍTULO IV



a)Diagrama de Flujo.



b)LADDER.

Figura 4.15. a) Diagrama de Flujo. b) Diagrama escalera (ajuste de parámetros). Fuente de elaboración WPLSoft 2.20.



4.6.2.2 MANEJO DEL JOG

Para el manejo del JOG se hace un llamado a la instrucción dedicada al movimiento del servo motor (DDRVA. Drive to absolute). El movimiento se realiza presionando el pulsador negro. Este comando se explica a continuación:

DDRVA	S1	S2	D1	D2
-------	----	----	----	----

S1: Número de pulsos.

S2: Frecuencia de pulsos.

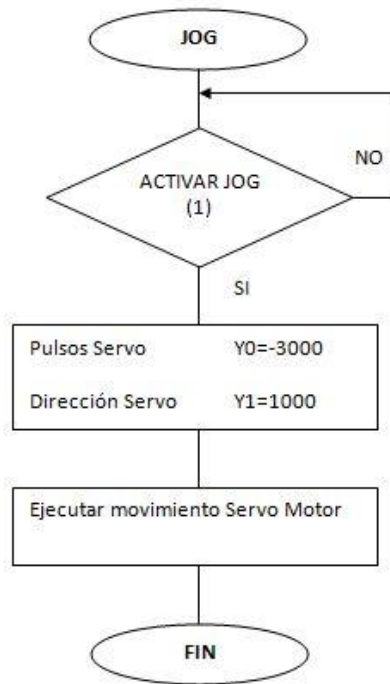
D1: Puerto de salida de los pulsos.

D2: Dirección de la rotación.

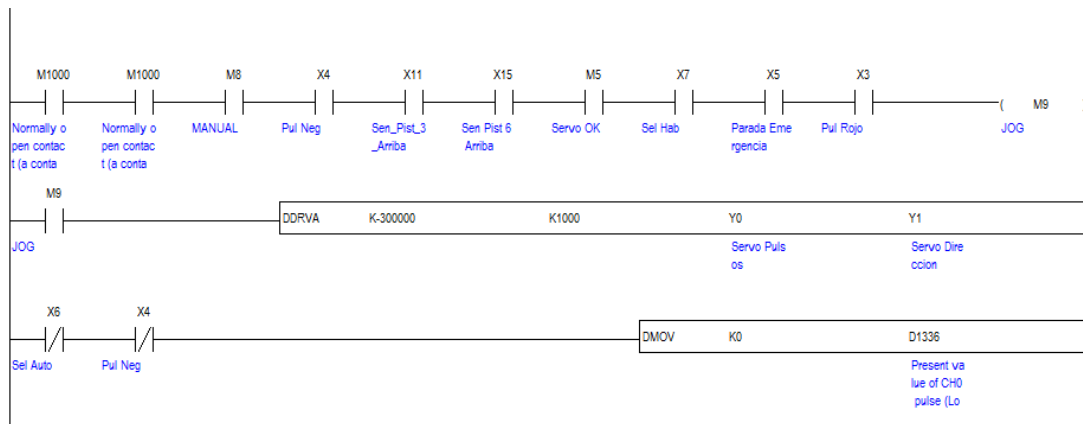
En la figura 4.16.a se observa en el diagrama de flujo que los números de pulsos son negativos; esto indica que el movimiento que se realiza en el servo motor es anti horario, ya que el servo esta acoplado con correas a la caja reductora; el giro se invierte en el plato. En la figura 4.16.b se ilustra la programación escalera empleada para lograr la inclusión de dichos parámetros.



CAPÍTULO IV



a) Diagrama de Flujo.



b) LADDER.

Figura 4.16. a) Diagrama de Flujo Manejo del JOG. b) Diagrama escalera Manejo del JOG (ajuste de parámetros) Fuente WPLSoft.2.20.



CAPÍTULO IV

4.6.2.3 GIRO DEL PLATO DE ESTACIÓN A ESTACIÓN

Al estar el switch en posición AUTO los pulsos de movimiento y la frecuencia de salida están preestablecidos para dar un paso de una estación a la siguiente. Con la misma instrucción DDRVA se realiza el movimiento llamando a dos memorias D600 y D700. En la figura 4.17.a se muestra el llamado a la instrucción.

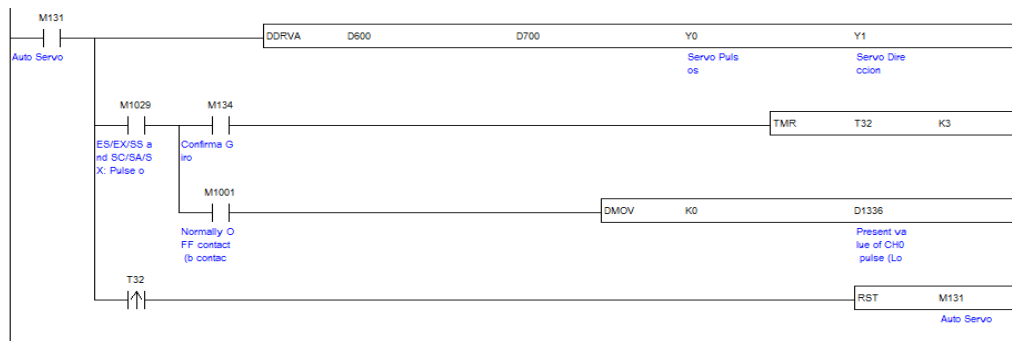


Figura 4.17.a) LADDER Instrucción de giro de estación a estación. Fuente de elaboración propia.

En la figura 4.17.b se muestra el diagrama de flujo del giro del plato de estación a estación.



CAPÍTULO IV

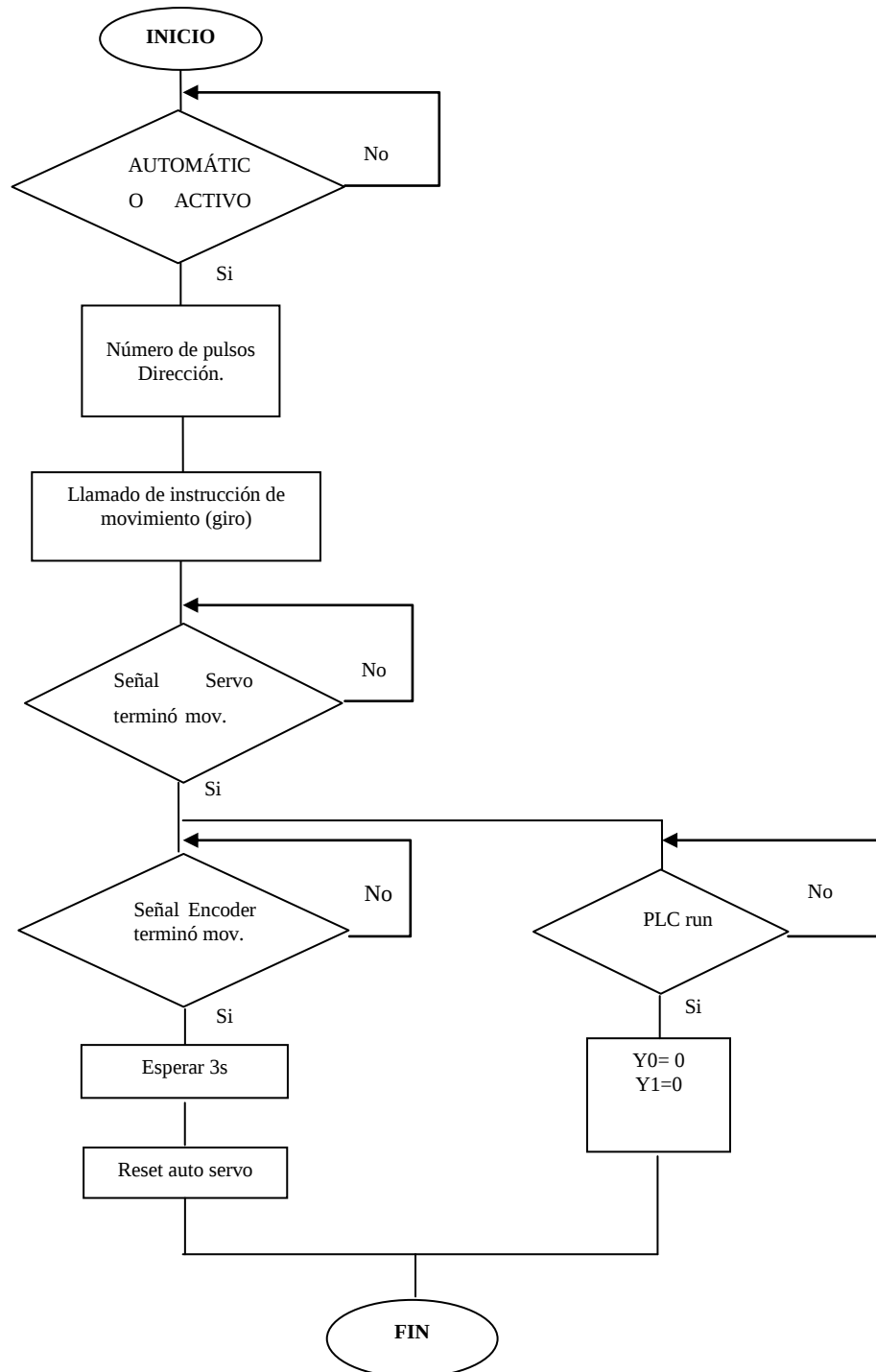


Figura 4.17.b) Diagrama de Flujo Giro de estación a estación. Fuente de elaboración propia.



CAPÍTULO IV

4.6.2.4 MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LA ACTIVACIÓN DEL GIRO.

Los pistones de las estaciones deben estar inactivos para proceder con el giro de la mesa; para esto se establecieron medidas de seguridad chequeando los sensores en los finales de carrera de los actuadores y deshabilitando el pistón que tranca la mesa giratoria. En la figura 4.18.a se muestran todas las condiciones de seguridad efectuadas mediante un diagrama de flujo mientras que en la figura 4.18.b se ilustra el lenguaje escalera empleado.

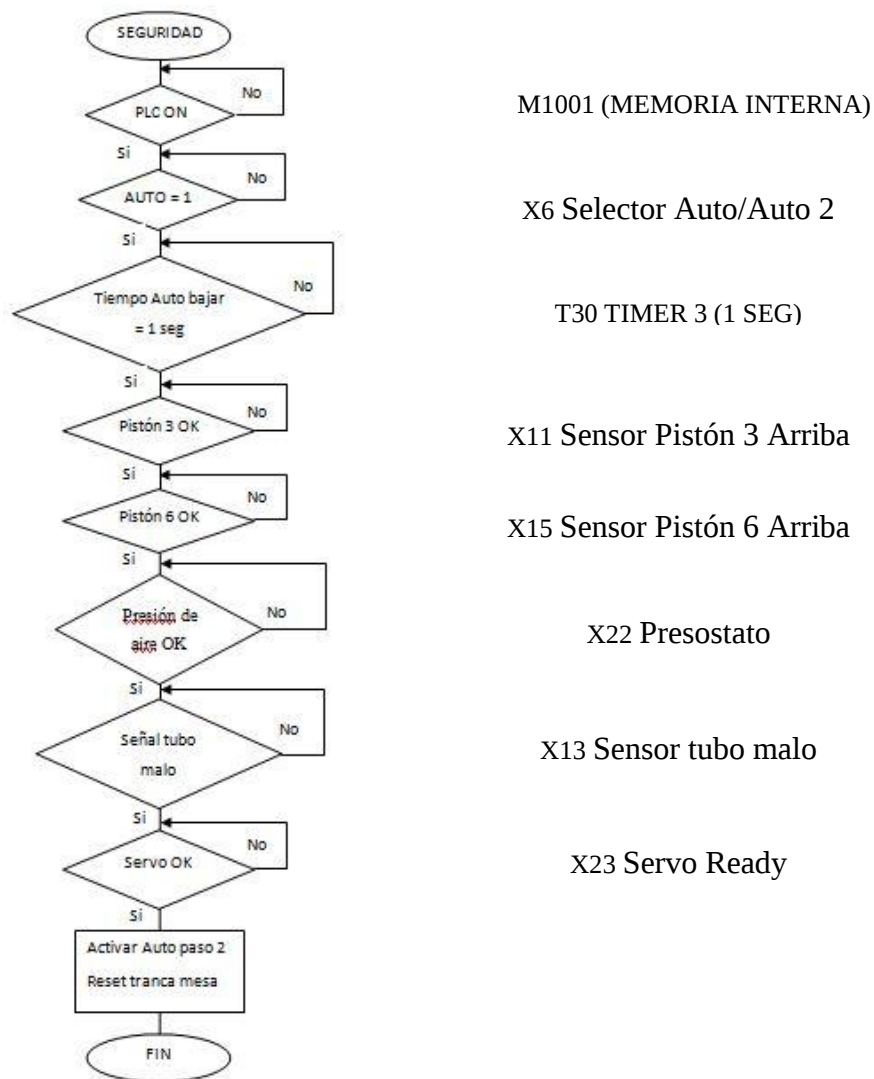


Figura 4.18.a) Diagrama de Flujo.



CAPÍTULO IV

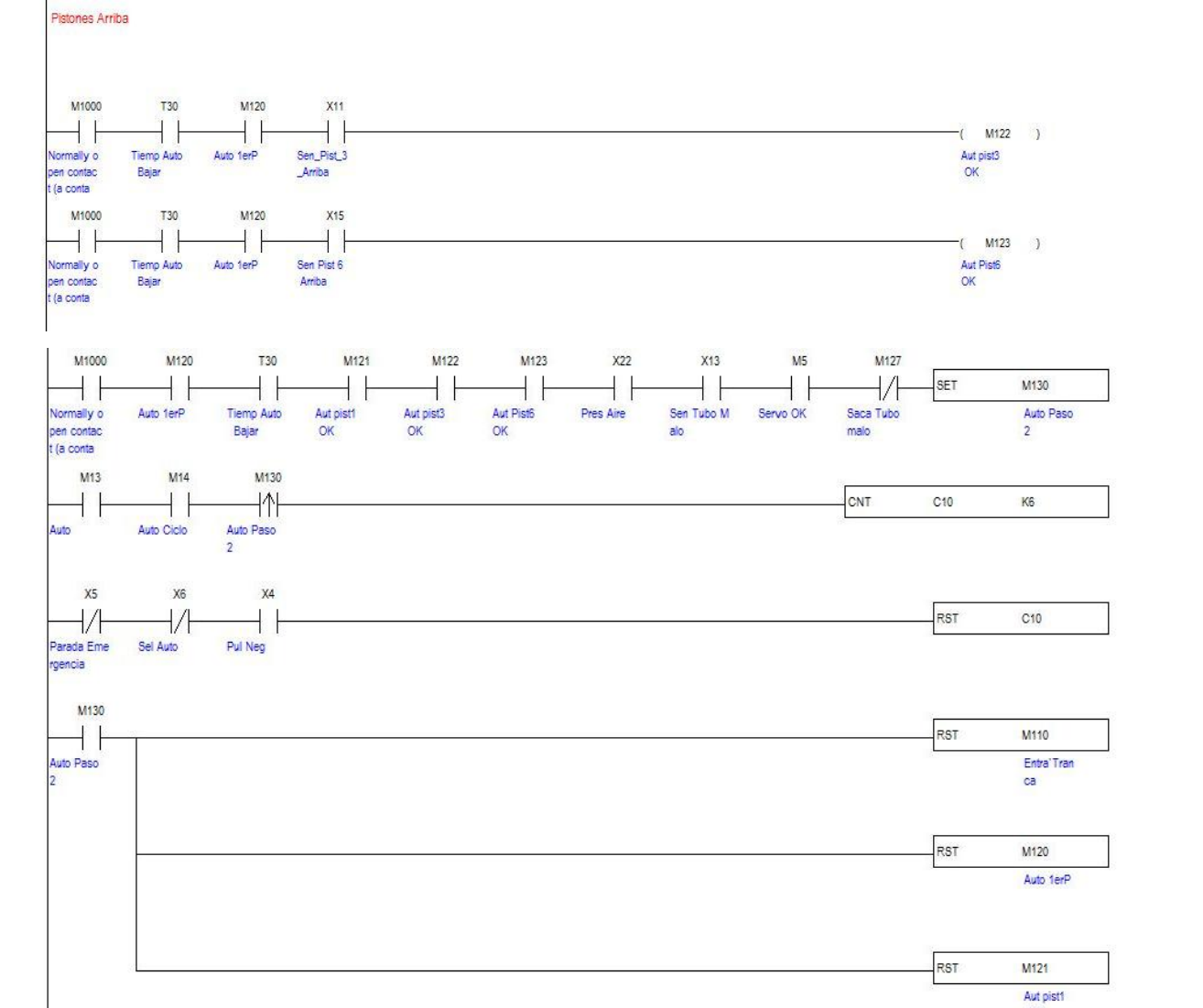


Figura 4.18.b) LADDER

Figura 4.18. a) Diagrama de Flujo. b) LADDER Medidas de seguridad empleadas. Fuente de elaboración propia



4.7. PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA

4.7.1 PRUEBA DE PISTONES

Esta prueba se realizó cargando un programa con menos instrucciones para la activación de los pistones uno a uno. Esto tuvo como finalidad verificar si existían fugas en las mangueras de aire comprimido y el correcto funcionamiento de los pistones.

4.7.2 PRUEBA DE GIRO

Se cargó un programa que realice el giro de la mesa sin el funcionamiento de los pistones; se giró en sentido horario y anti-horario para realizar la calibración del plato. En este paso se aplicó el Auto tuning del ASDASoft para obtener los parámetros de ajuste mecánico finales del Driver.

Esta prueba arrojó errores en el movimiento. Se enviaron señales para que realizara una vuelta completa y la mesa no llegaba a su *home*; lo que significaba que no había cabal respuesta a todos los impulsos enviados por el PLC. Debido a esto se decide instalar un Encoder para el cierre del lazo de control del movimiento de la mesa.

4.7.3 INSTALACIÓN DEL ENCODER

Se seleccionó un Encoder marca METALTEX de 3600 pasos para cerrar el lazo de control del movimiento de la mesa. Se instaló en el eje de la mesa giratoria para realmente saber cuántos pulsos llegaba está a realizar. En la figura 4.19 se muestra el diagrama de bloques del lazo de control.



CAPÍTULO IV

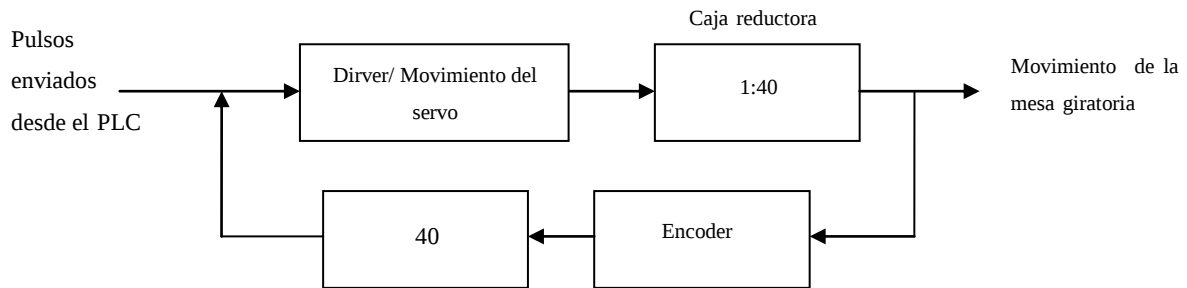


Figura 4.19. Lazo de control de giro de la mesa. Fuente de elaboración propia.

En la figura 4.20 se puede observar la ubicación del Encoder en el eje de la mesa.



Figura 4.20 Encoder.

4.7.4 PROGRAMACIÓN DEL ENCODER

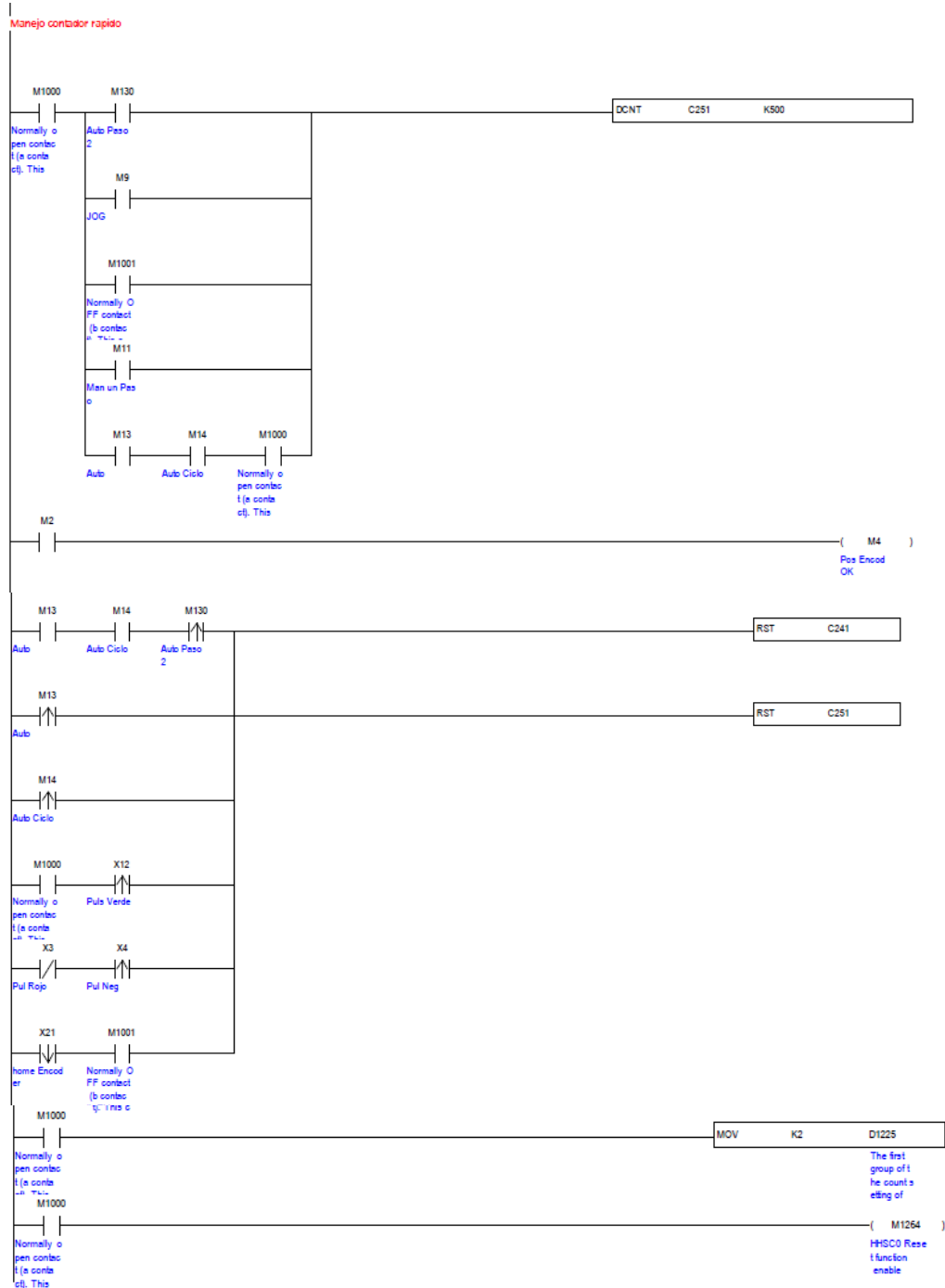
Se adicionó un código en el PLC para que el giro de la mesa fuese monitoreado por el Encoder. El PLC envía los pulsos para que se mueva el servo motor y el Encoder verifica cuantos pulsos realmente se movió, si estos son menos el PLC envía la diferencia de pulsos a ejecutarse para que la mesa quede en la posición deseada.



CAPÍTULO IV

Se realizó una nueva prueba de giro y esta arrojó resultados satisfactorios; el movimiento comandado por el PLC fue igual al giro realizado por la mesa.

En esta fase de la programación se generó el lazo cerrado de control del movimiento.





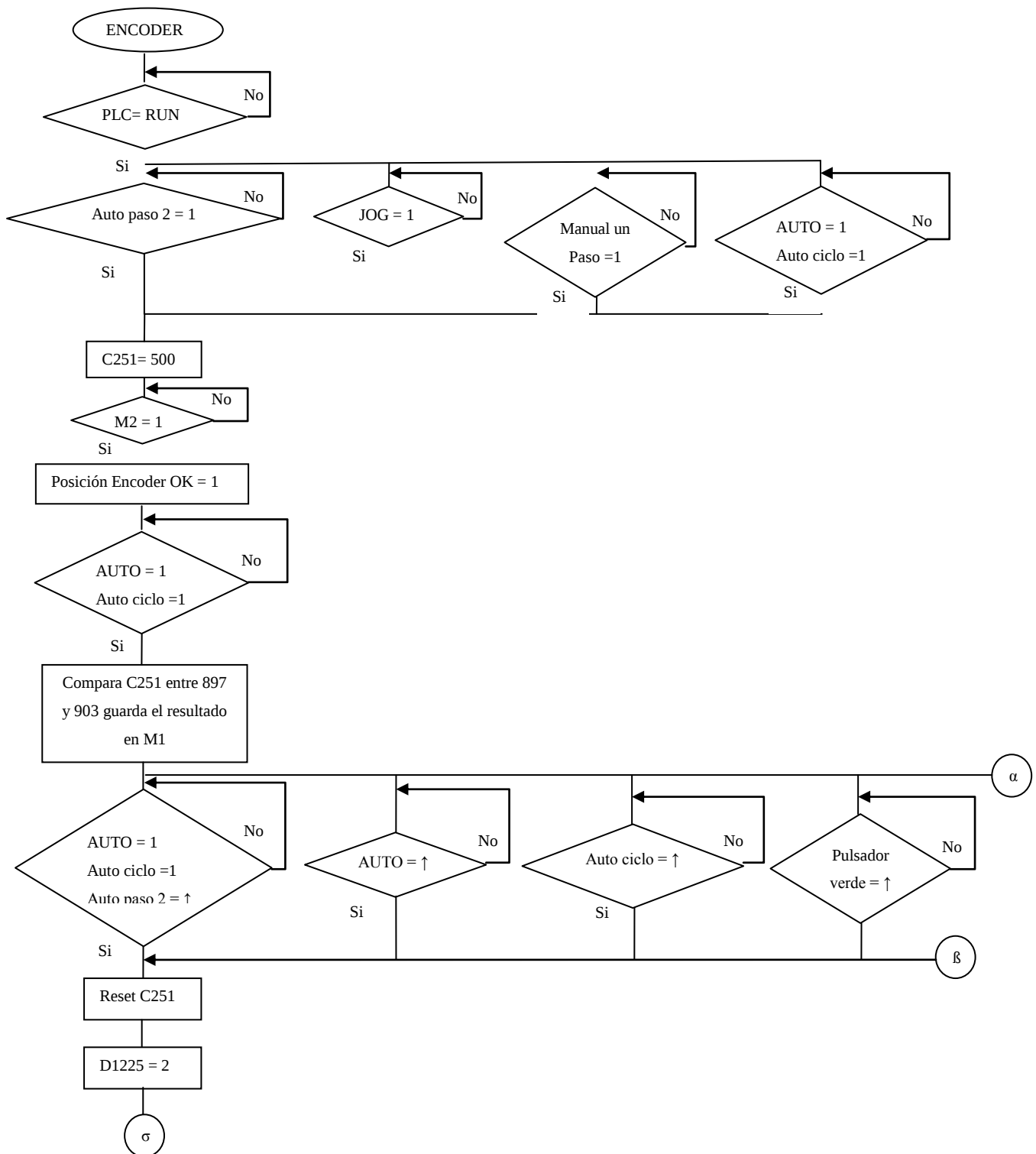
CAPÍTULO IV



Figura 4.21.a) Programación en LADDER



CAPÍTULO IV





CAPÍTULO IV

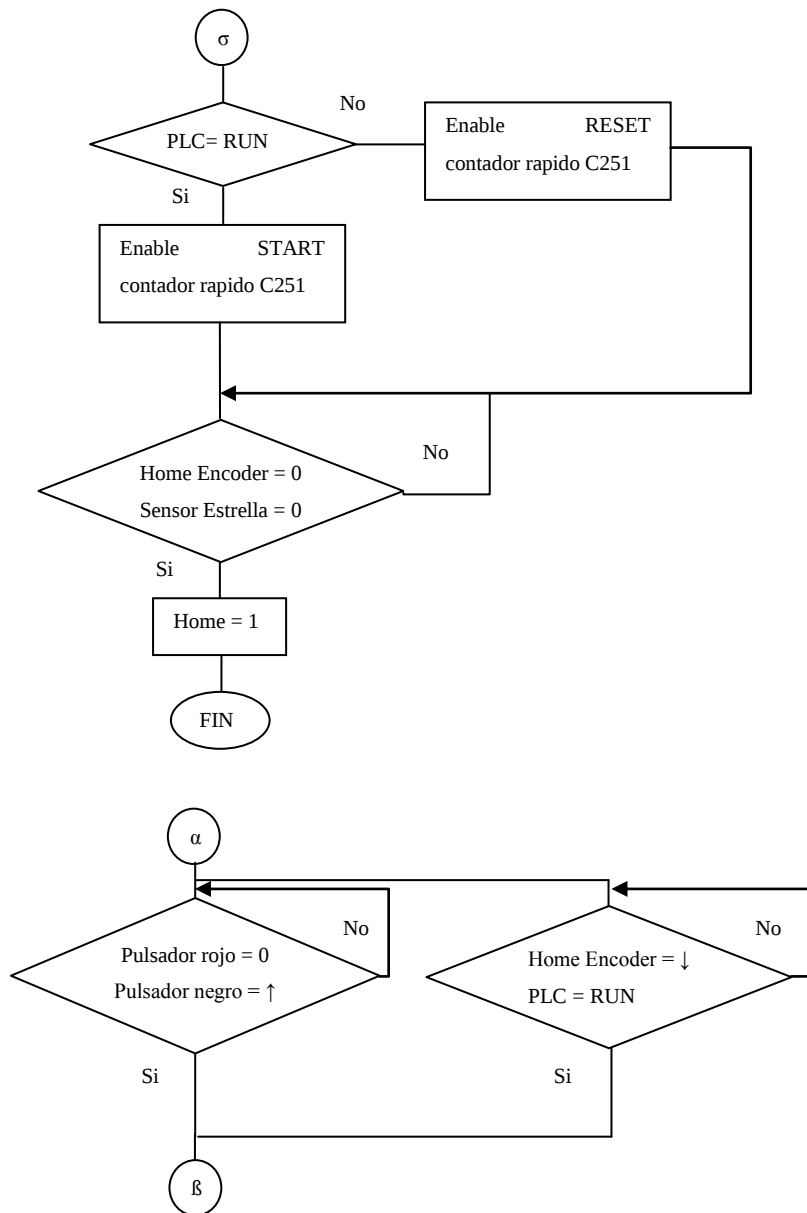


Figura 4.21.b) Diagrama de Flujo

Figura 4.21 a) Programación en LADDER del Encoder b) Diagrama de Flujo del Encoder.



4.7.5 ARRANQUE DE LA MÁQUINA

Se guardó el programa principal en el controlador lógico programable y se encendió la máquina; se probaron todos los modos de funcionamiento y se ejecutaron sin ningún problema.

Se dejó la máquina funcionando y se monitoreó durante tres meses; luego de este tiempo se regresó a la empresa para evaluar los resultados de la producción. En la figura 4.22 se muestra el esquema final de control de la máquina.

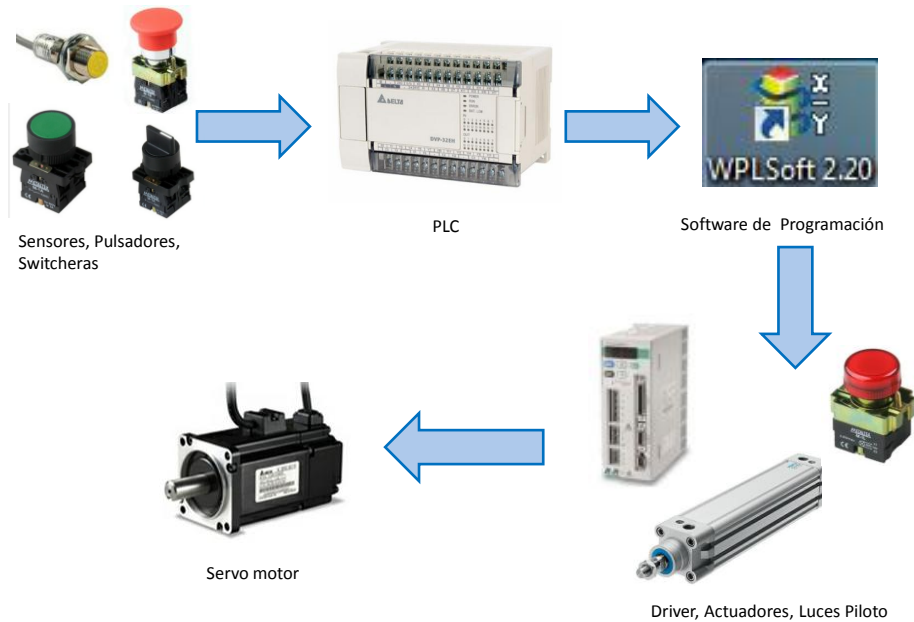


Figura 4.22 Esquema de control final. Fuente de elaboración propia.



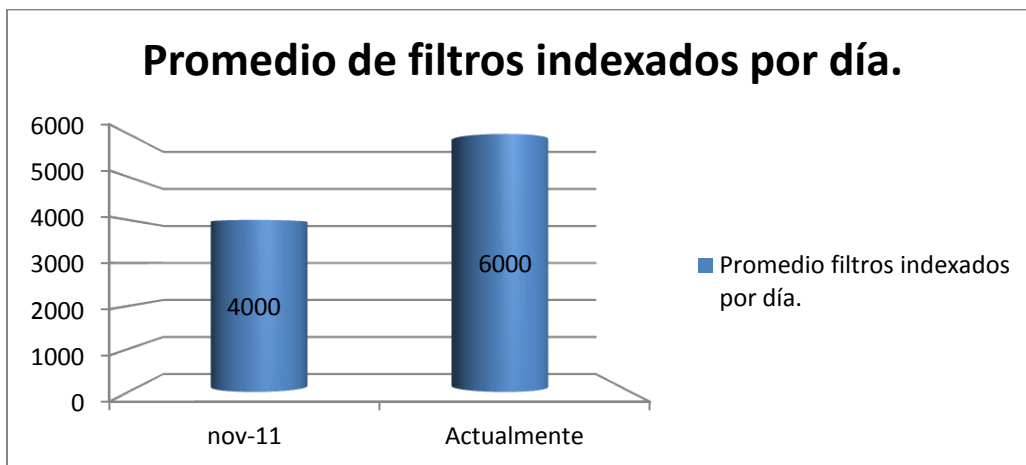
CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 RESULTADOS

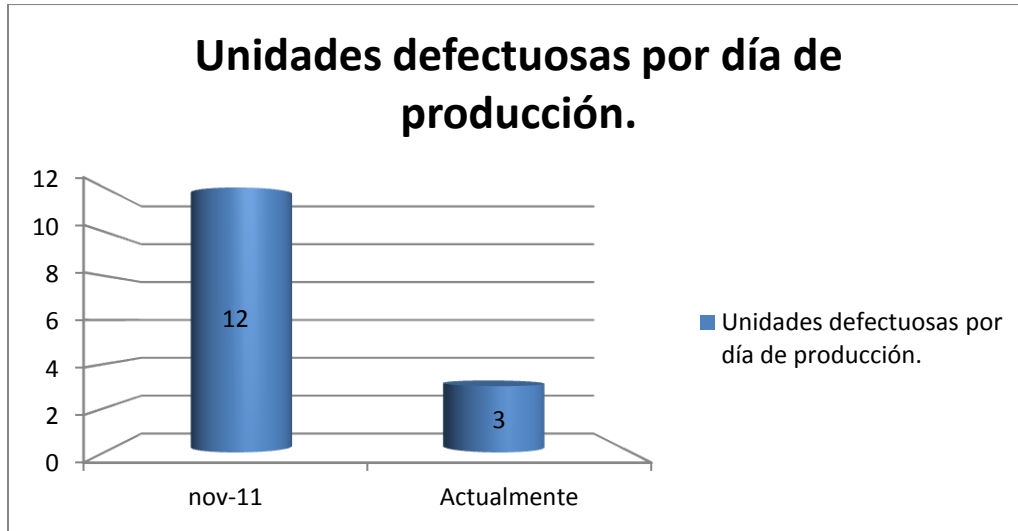
Luego de haber realizado las pruebas de arranque, se procedió a incluir en la línea de producción de la empresa REFRIMET, a la máquina indexadora. Este proceso de inclusión ocurrió entre las fechas 22/02/2012 y 25/02/2012. Los resultados que se presentan a continuación, son extraídos de una visita realizada el día lunes 28 de mayo de 2012, y fueron suministrados por el gerente de producción de dicha empresa Ing Dario Mora.

A continuación se presenta la gráfica 5.1, la cual compara la producción antes y después de haber realizado la automatización.



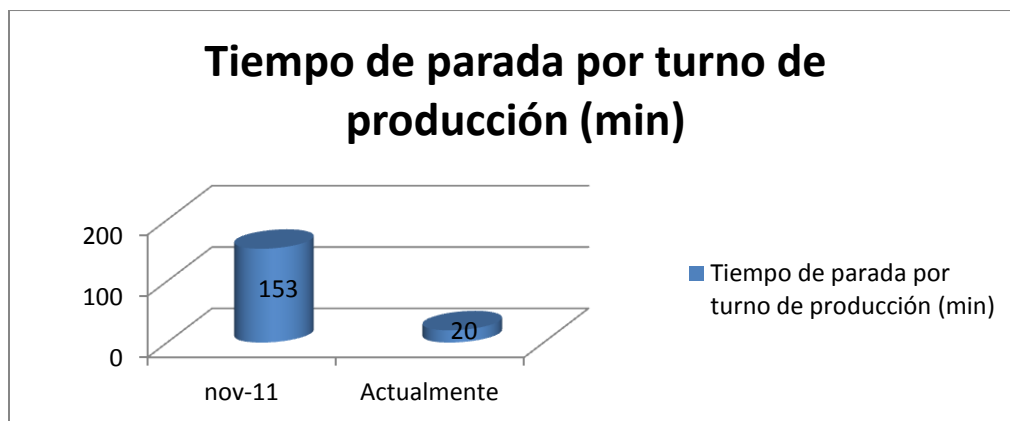
Gráfica 5.1 Promedio de filtros indexados por día.

A continuación se presenta la gráfica 5.2 la cual establece comparación sobre las unidades defectuosas producidas por día.



Gráfica 5.2 Unidades defectuosas por día de producción.

A continuación se presenta la gráfica 5.3 la cual contiene datos sobre el tiempo de parada (en minutos) por turno de producción, sin incluir tiempo de ajuste realizado por cambio de presentación en el producto.



Gráfica 5.3 Tiempo de parada por turno de producción.

A continuación se procede a realizar un análisis sobre el impacto económico generado en la empresa REFRIMET por la automatización de la máquina indexadora, para así evaluar el tiempo estimado de recuperación de costos y factibilidad del proyecto. Tomando como base



CAPÍTULO V

para este estudio 280 días de producción (1 año), que el costo total del reacondicionamiento y automatización del equipo fue de 135000 BsF y que actualmente la diferencia de los promedios de producción diaria de filtros es de 2000 unidades debido a los trabajos realizados, entonces:

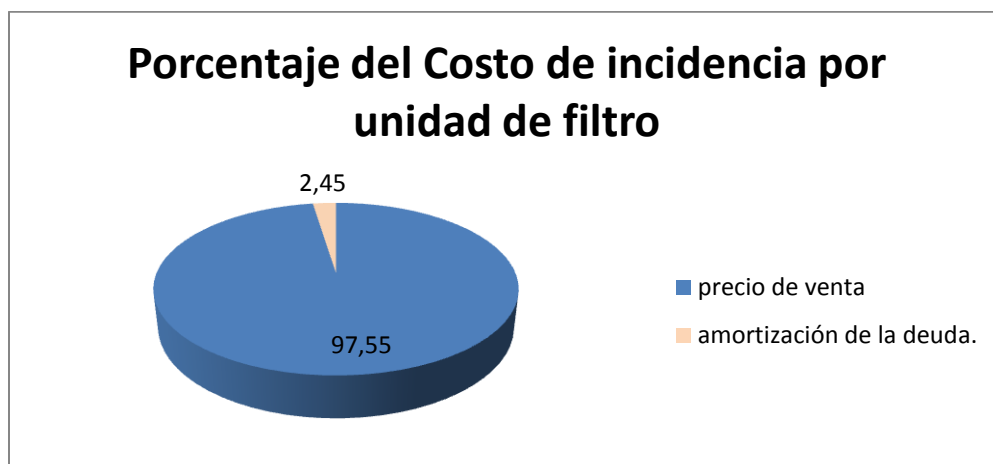
Cantidad estimada (en base a los 2000 filtros de diferencia) de unidades a producir en un año = 560000 unidades.

Precio de venta del producto = 9.81 BsF/Unidad.

Costo de producción de cada filtro = 5,2 BsF.

El beneficio neto por unidad es de 4,61 BsF, lo que implica que el beneficio total en base a las 560000 unidades de la actual producción será de 2.581.600 BsF. Lo que representa un tiempo de recuperación de costos de 15 días de manufactura. $((135000/2581600)*280\text{días})$.

En la gráfica 5.4 se puede apreciar en porcentajes, el impacto en el costo del precio de venta de un filtro, para amortizar la deuda en un año de producción.

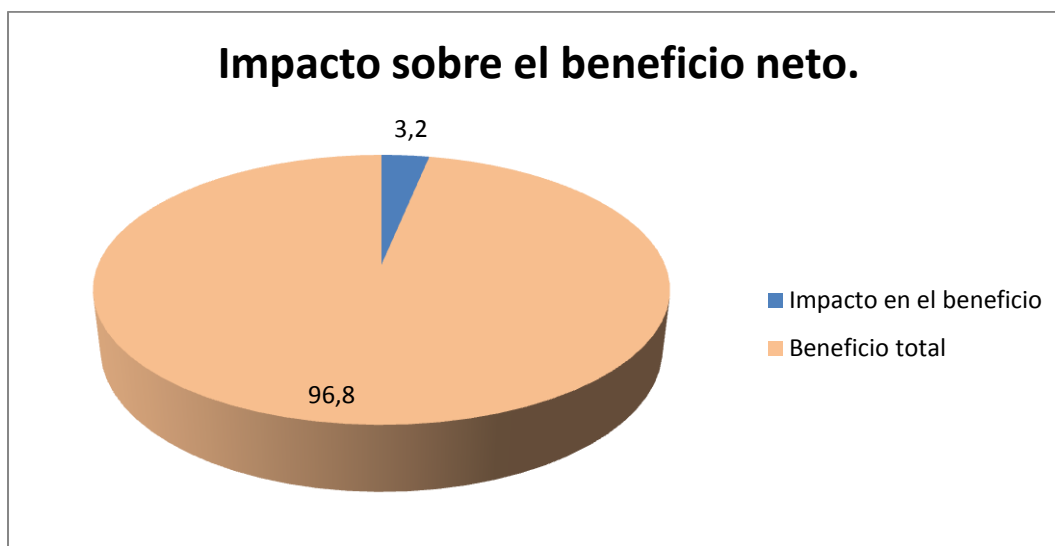


Gráfica 5.4 Porcentaje del costo de incidencia por unidad de filtro.



CAPÍTULO V

En la gráfica 5.5 se muestra en porcentajes, el impacto sobre el beneficio neto de cada filtro, tomando como tiempo de amortización de la deuda, 1 año de producción.



Gráfica 5.5 Impacto sobre el beneficio neto.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La funcionalidad del sistema implementado fue verificado mediante pruebas en las que se ejecutaron las funciones de la misma: Dispensar tubo, colocar fondo, dispensar el molecular, sensar el nivel de molecular, colocar la tapa, despachar el filtro bueno. Entre cada una de estas acciones también se encuentra el giro correcto y preciso de la mesa y el trancamiento o parada de la mesa cuando está en posición correcta.
- El panel de control diseñado en este proyecto permite al operario un fácil manejo de las funciones de la máquina para llevar a cabo la elaboración de un filtro.
- El software desarrollado en este proyecto se asegura de que los pistones de la estación 3 y 6 estén retraídos para realizar el giro de la mesa y no ocasionar daños mecánicos.
- Luego de realizar las pruebas de giro se vio en la necesidad de incluir un Encoder para cerrar el lazo de control del giro y disminuir el error del movimiento generado por la caja reductora.
- La automatización generó una reducción en el tiempo de paradas de máquina en un 86.9%.
- El estudio de costos realizado arrojó que la producción aumentó un 50% en los 3 meses de funcionamiento que tenía la máquina hasta el 28 de Mayo del 2012.



CAPÍTULO VI

- Las unidades defectuosas fabricadas o "filtros malos" se redujeron en un 75%, y el defecto común en ellas, es la falta de molecular, pero se logró eliminar en un 99% las unidades defectuosas por golpes mecánicos.



CAPÍTULO VI

6.2 RECOMENDACIONES

- Diseñar una mesa giratoria con más posiciones (16) para aumentar la capacidad de fabricación de filtros.
- Reemplazar el mecanismo de sensado de la estación 5 por un sensor óptico o capacitivo.
- Colocar mecanismos de alimentación en los estadios de placas y filtros para eliminar la alimentación manual.
- Colocar guardas de seguridad en los mecanismos móviles de la máquina para evitar que los operadores tengan accidentes.
- Colocar una caja reductora apropiada para acoplarse directamente con el servo motor y no utilizar el mecanismo de engranajes y correas.
- Cambiar los pistones de las estaciones 3 y 6 por unos más actuales con contengan internamente sensores de final de carrera.



BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Machado L Allen, Martínez F. Eduard (2000):** Automatización del proceso de la línea de producción de ácido sulfónico lineal, compuesto por un reactor tipo Batch en la empresa SERTEQUIM C.A. Universidad de Carabobo, Valencia, Edo Carabobo.
- [2] **Emilio Giménez Macías (2002):** Técnicas de Automatización Avanzadas En Procesos Industriales. Universidad de Carabobo, Valencia, Edo Carabobo.
- [3] **L. Cazarez Hernandez, M. Christen, E. Jaramillo Levy, L. Villaseñor Roca Y L. E. Zamudio Rodriguez (2000):** Técnicas actuales de investigación documental, 3ª. Edición, Ed. Trillas-UAM, México.
- [4] **Manual para la elaboración de Tesis Doctorales, Trabajos de Grado y Trabajos Especiales** Upel Enero 2004.
- [5] **Manual de investigación documental.** Tomado de la Red Mundial de Internet el 16/04/2012. <http://www.upel.edu.ve/>
- [6] **Tamices moleculares** Tomado de la Red Mundial de Internet el 23/04/2012. <http://www.molecularsieve.org/>
- [7] **Refrimet CA (2011). Boletín Técnico N°1** Selección adecuada del Filtro Secador en la Refrigeración Comercial Top Flo.
- [8] **Refrimet CA (2011). Ecological TOP FLO** Filtros de cobre para refrigeración doméstica.



BIBLIOGRAFÍA

[9] **Diseño y optimización de un servosistema de altas prestaciones dinámicas**

Tomado de la Red Mundial de internet el 16/04/2012

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kqiHrkfbSTUJ:www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/486686ddd3bec.pdf+&cd=8&hl=es&ct=clnk&gl=ve>

[10] **Selección de parámetros para el correcto funcionamiento de un servo motor como dispositivo de control**

Tomado de la Red Mundial de internet el 07/05/2012 <http://plc-scada-dcs.blogspot.com/2012/03/auto-gain-tuning-of-delta-asda-b-servo.html#axzz1vYRNDwxw>

[11] **Bases teóricas aplicadas al funcionamiento de un Encoder** Tomado de la Red Mundial de internet el 12/05/2012.

<http://facultad.bayamon.inter.edu/arincon/encoderIncrementales.pdf>

[12] **Sistemas de refrigeración** Tomado de la Red Mundial de internet el 15/05/2012.

<http://www.taringa.net/posts/info/970322/Sistemas-de-refrigeracion.html>

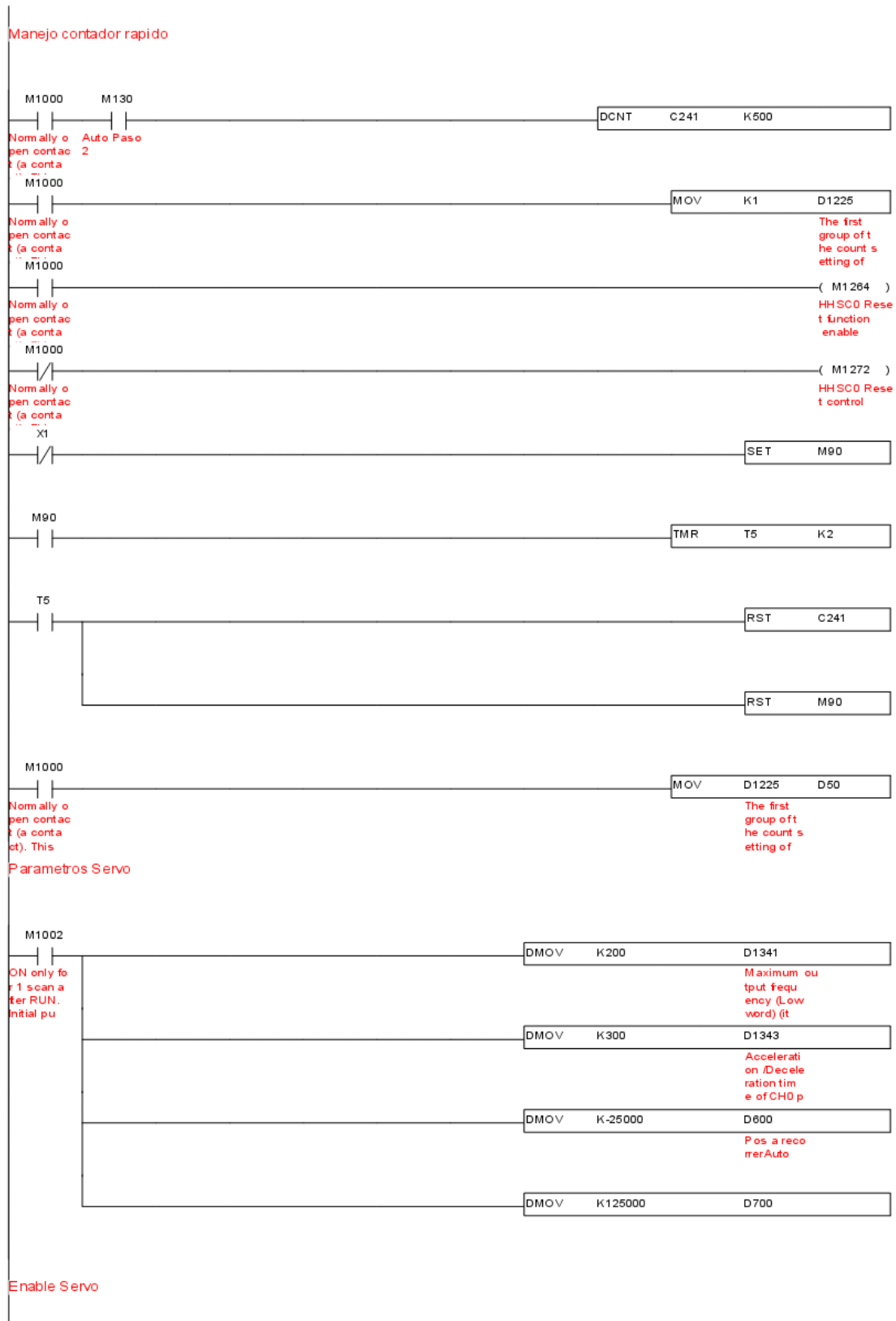


APÉNDICE A

APÉNDICE A **Código Fuente del PLC**

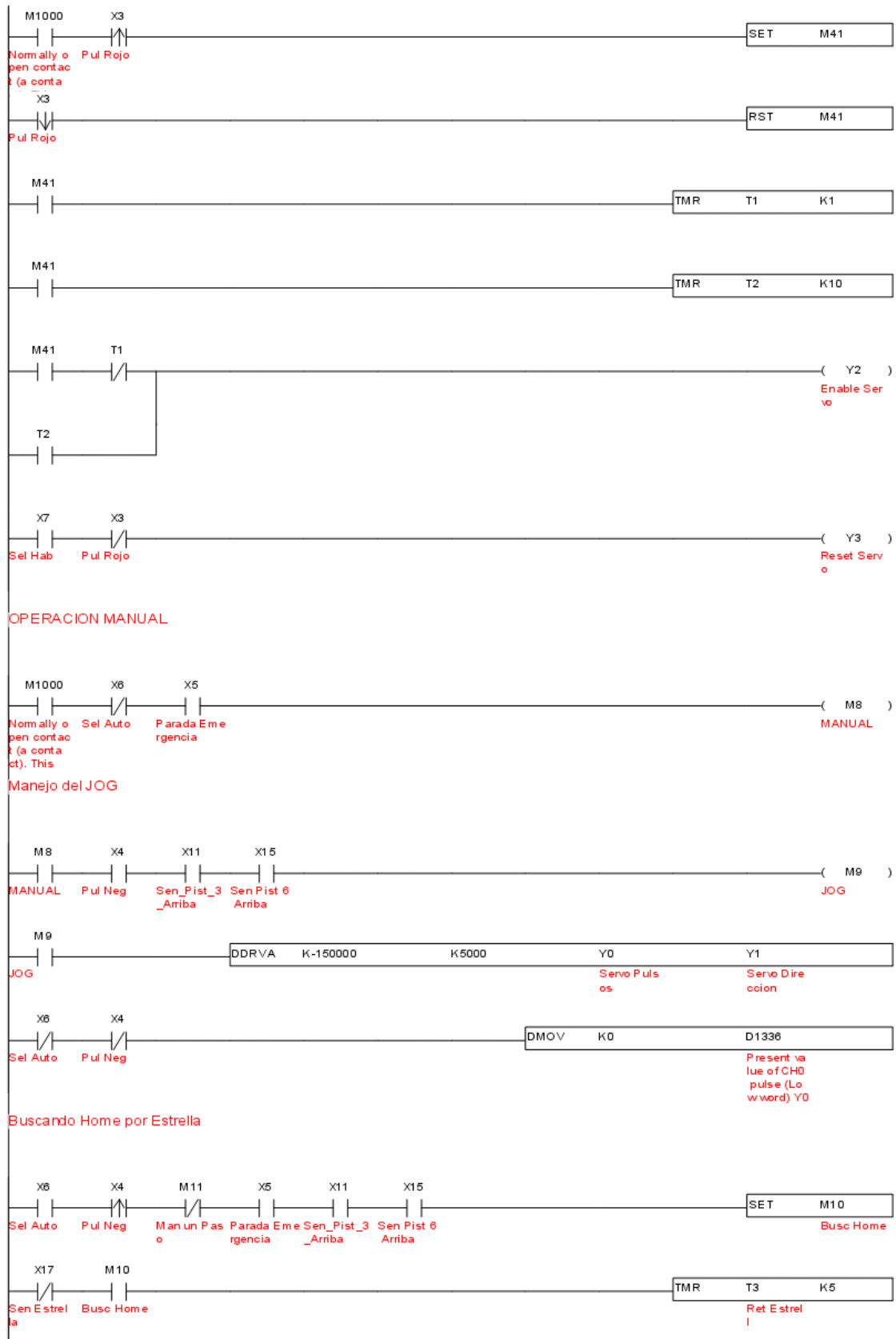


APÉNDICE A



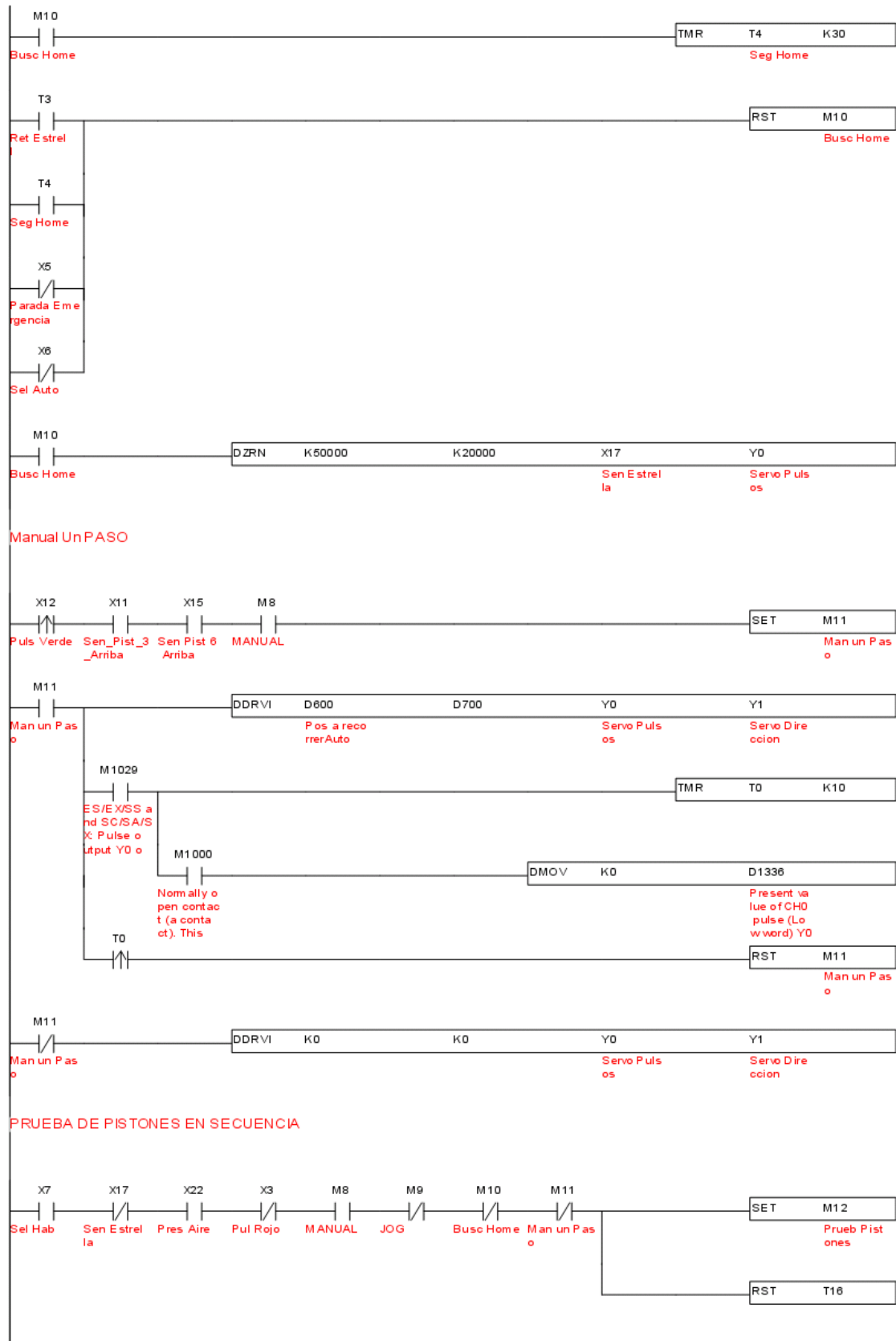


APÉNDICE A

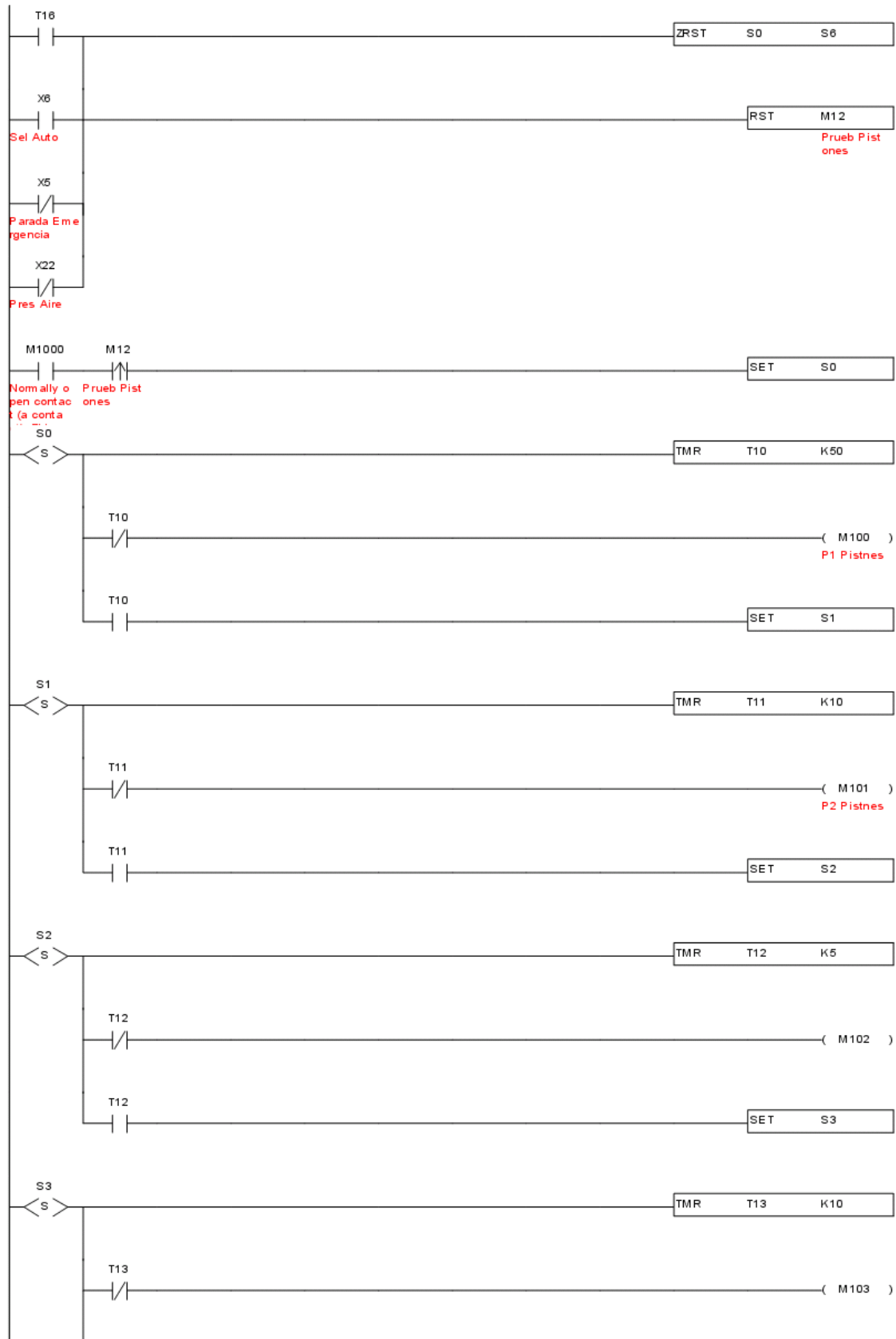




APÉNDICE A

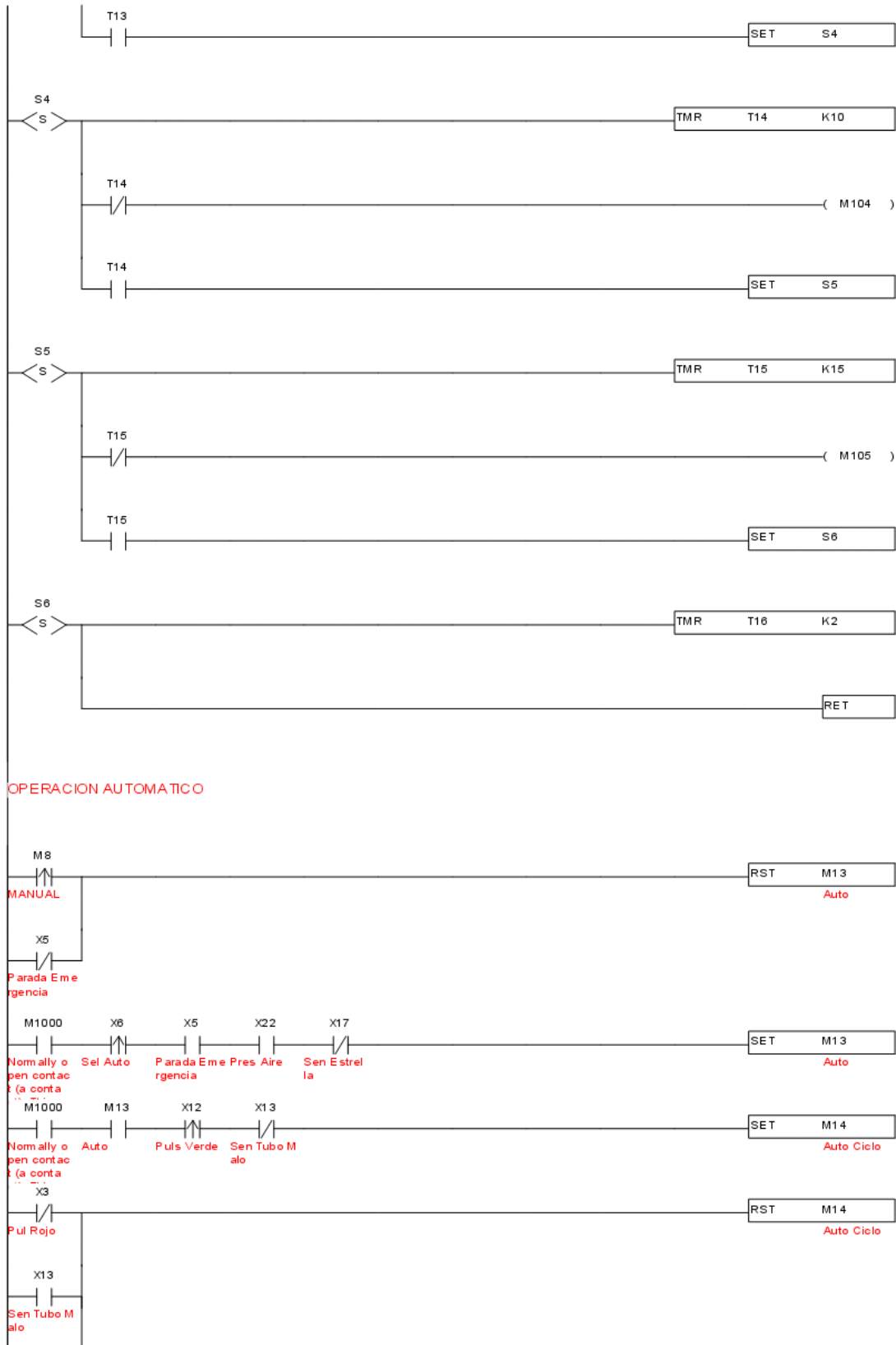


APÉNDICE A



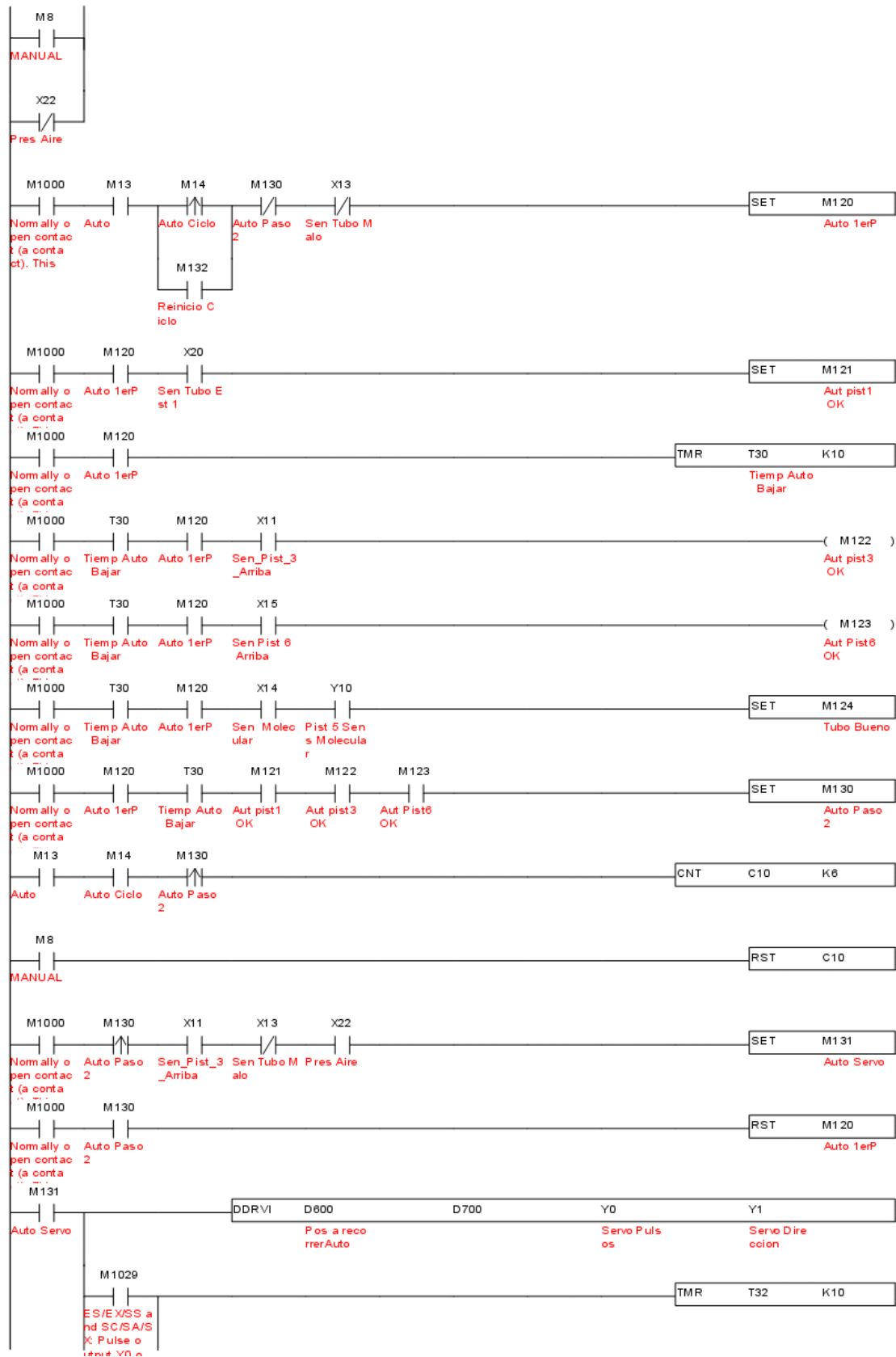


APÉNDICE A





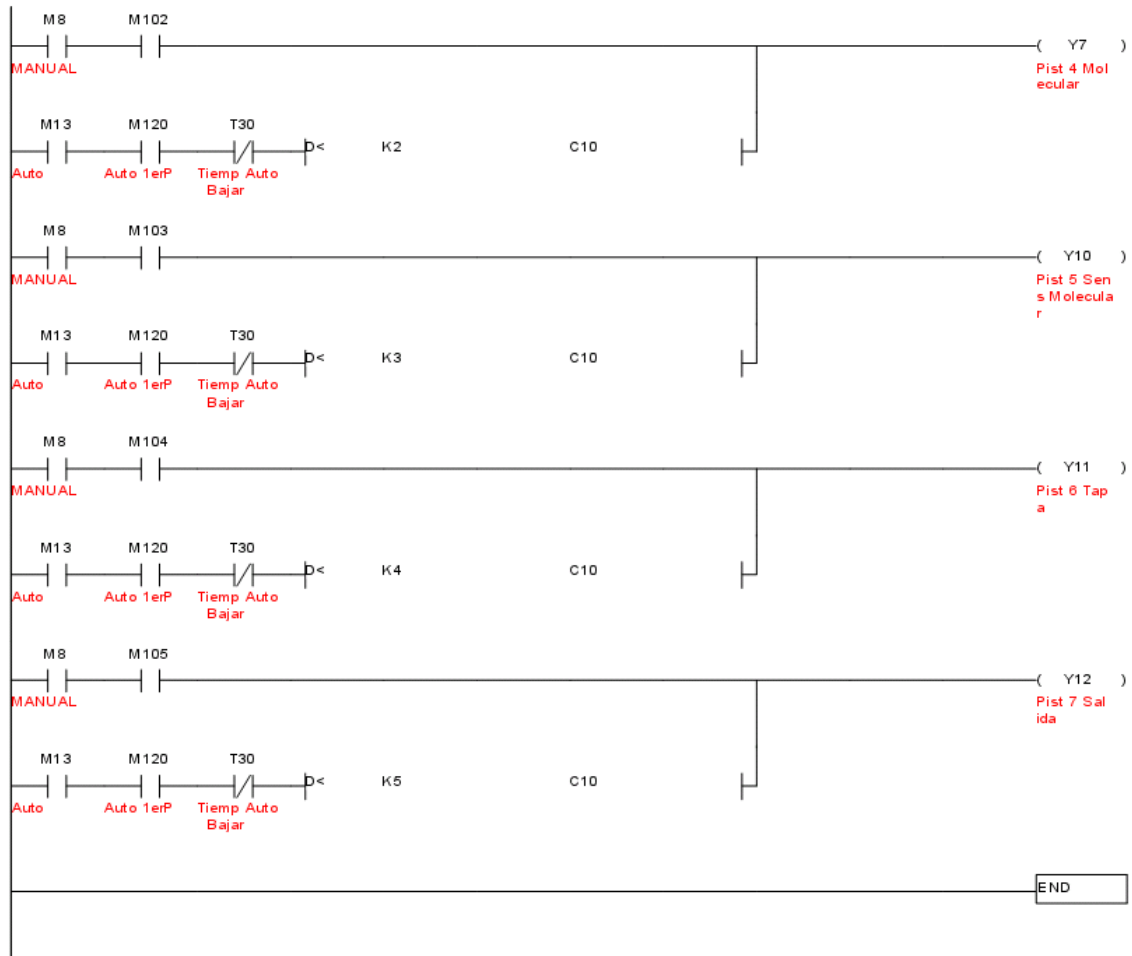
APÉNDICE A







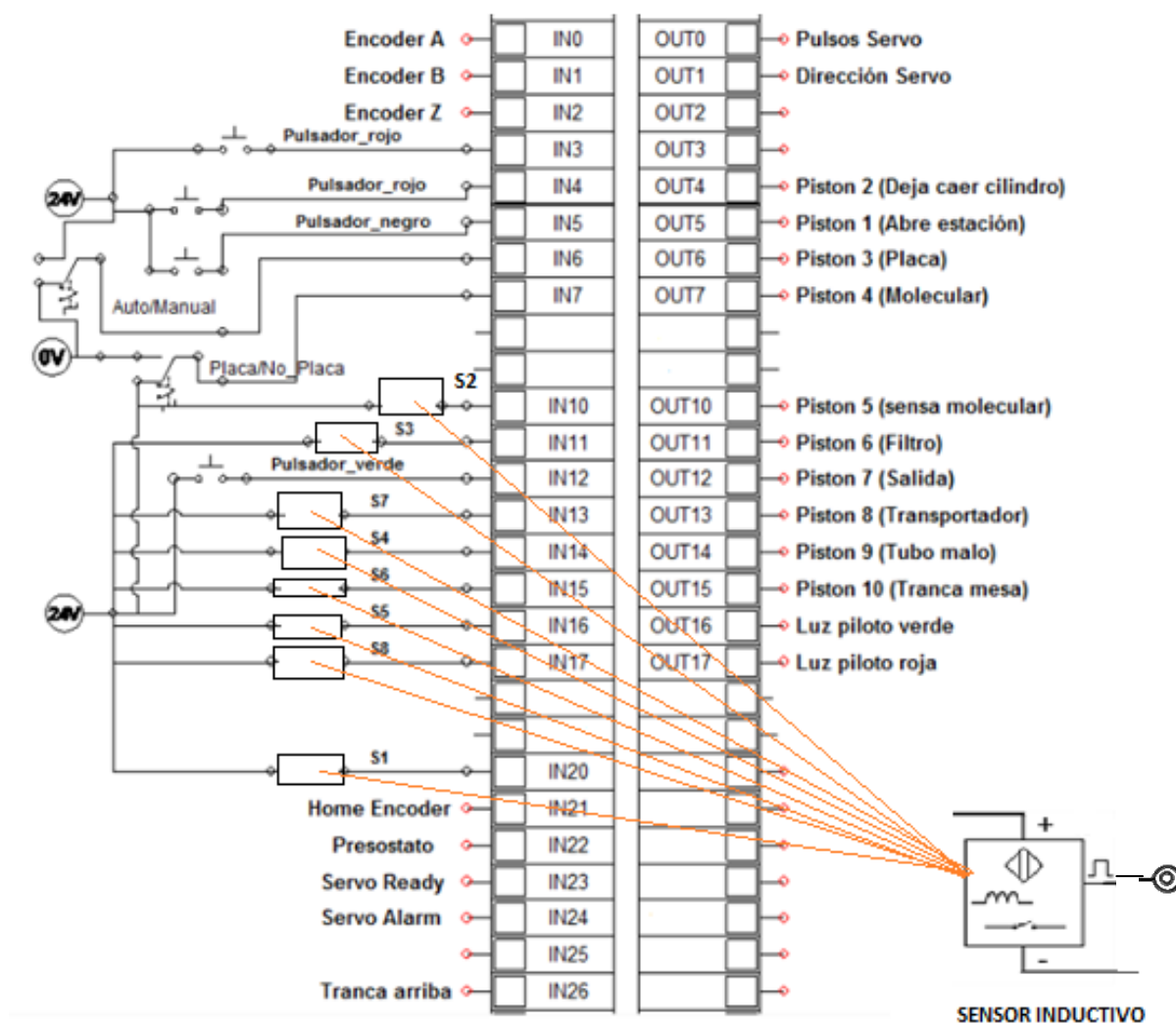
APÉNDICE A





APÉNDICE B

Diagrama de conexiones del PLC





ANEXOS

ANEXOS

Instruction sheet de los dispositivos utilizados



DVP-EH

4.5 Power Input Wiring



- DO NOT** supply AC100V or AC220V to the I/O terminals, or it might short-circuit the wiring and would cause direct damage to the PLC.
2. After using the peripheral devices to write the program into the MPU and used the ERROR LED of the MPU is not on, it means that the program is not legitimate, and it is now waiting for the user to give the RUN command.

3. Use HPP to execute the forced On/Off test of the output contact.
- ④ Operation & Test
- If the ERROR LED of the MPU is not blinking, use RUN/STOP switch or the peripheral device (HPP or SWL) to give the RUN command, and the RUN indicator will then be on. If the RUN LED is not on, it indicates that there is no program inside the PLC.
- HPP could be utilized to monitor the settings and the registered values of the timer (T), the counter (C) and the data register (D) during operation, and moreover, to force the output contacts to conduct the On/Off action. If the ERROR LED is on (but not blinking), it means that the setting of the user's program has exceeded the preset time-out limit, thus users have to double check the program and perform the On/Off function again. (The PLC is at the moment back to STOP automatically)

④ PLC Input/Output Reaction Time

The table reaction time from the input signal to the output operation is calculated as follows:

Reaction Time = Input delay time + program scan time + output delay time
Input delay time D1020~1021
Program scan time Please refer to the usage of special register D1010
Output delay time Relay module: 10ms, Transistor module: 20~30ms

8 TROUBLESHOOTING

Judge the errors by the indications on the front panel. When errors occurred on DVP PLC, please check:

④ POWER LED

The POWER LED at the front of the MPU will be lit (in green) if the power is on. If the indicator is not on when the MPU is powered up, please remove the wiring on terminals +24V. Once the indicator lights after this, it means that the 24V DC power supply of the PLC is overvoltage. Please do not use the DC power supply from the +24V terminals, but use a DC24V power supply instead. If the ERROR LED is blinking swiftly, it suggests that the +24V power supply of the PLC is not enough. If the indicator is not on when the MPU is powered up and with the input power being normal, it is an indication that the PLC is out of order. Please have this machine replaced or directly contact the dealer for repair.

④ RUN LED

Identify the status of the PLC. When the PLC is in operation, this light will be on, and users could thus use HPP or the editing program of the ladder diagram to give commands to make the PLC STOP or use RUN/STOP switch to make the PLC STOP.

④ ERROR LED

If incorrect programs are loaded to the MPU, or that the comments and the components exceed the allowable range, the indicator will blink. At this moment, the user should check both the error codes saved in the MPU data register D1000 and the Error Code Table below to correct the programs. The address that the error occurs will be stored in data register D1137. After the error is found and the program is revised, send the revised version to the MPU. If not being able to be connected with the PLC, and that the LED is blinking swiftly, it is an indication that the 24VDC power supply is not enough. Please check whether the power supply of 24VDC is normal or not. When the ERROR LED is on (not blinking), users should make a judgment from the special relay M008 of the MPU. If it is on, it indicates that the execution time of the program step has exceeded the time-out setting (set by D1000). Please turn the PLC RUN/STOP switch to STOP and find out the address of the time-out program by special data register D1008. M007 command can be used to solve the problem.

④ BATTERY LED

When the battery voltage is low, the BATTERY LED will be on, and the battery should be replaced as soon as possible, otherwise the user program and the data in battery area will lose. (For the unplugged PLC, please charge battery within 3 minutes to retain the PLC's internal user programs and data). Choose lithium battery TDR1L-2150S. Please refer to the following table for battery life information.

Battery life:

Precision of calendar timer:

Temperature(°C)	0	25	50	70
Life (years)	9	8	6	5

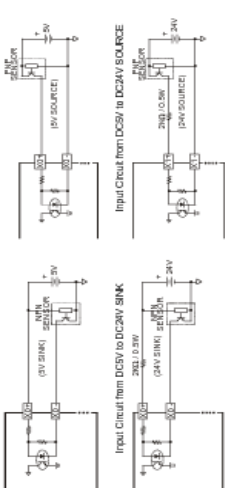
At 0°C/32°F, less than ~17 seconds error per month.
At 25°C/77°F, less than 32 seconds error per month.
At 50°C/122°F, less than ~38 seconds error per month.

④ INPUT LED

The On/Off signals of the input point could be displayed through the Input LED, or the status of the input point could be monitored through the device monitoring function of HPP. As long as the motion of the input point is valid, the LED is on. Therefore, if errors are detected, use HPP, the LED and the input signal circuits to check whether the status is normal.

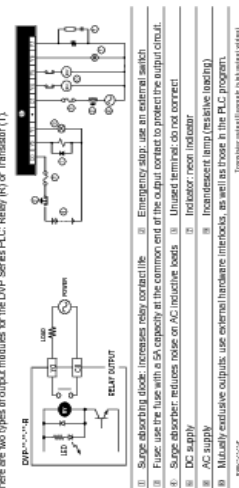
④ OUTPUT LED

Output LED indicates if the output signals are On or Off. Please check the following items when the LED On/Off indication does not correspond to the commands: 1. Output contacts may be melted and stuck together due to a short circuit or current overload. 2. Check wiring and verify that the screws are tight.

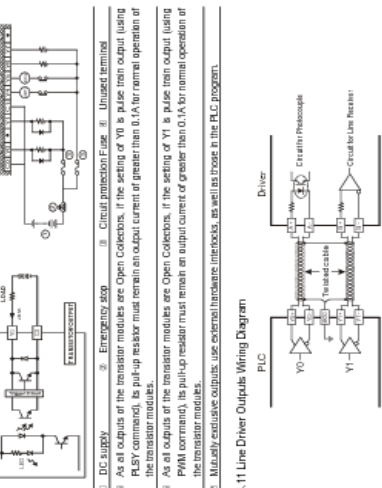


4.10 Output Point Wiring

There are two types of output modules for the DVP Series PLC: Relay (R) or Transistor (T).



4.11 Line Driver Output Wiring Diagram



5 TRIAL RUN

④ Power Indication

The POWER LED at the front of the MPU or the Extension Units will be lit if the power is on. If the indicator is not on when the MPU is powered up, it means that the 24V DC power supply of the PLC is overvoltage. It is necessary to remove the wiring on terminals +24V and 24G, and to use a 24VDC power supply instead. If the ERROR LED is blinking swiftly, it suggests that the +24V power supply of the PLC is insufficient.

④ Low Voltage Indication

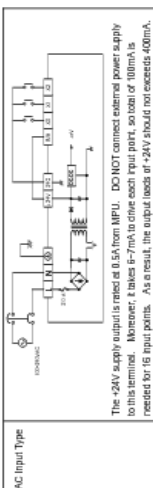
The LOW V+ LED on the Extension Unit is an indication that the input power voltage is not enough, thus all outputs of the extension unit should be turned off.

④ Low Battery Voltage Indication

There is also a BATTERY LED at the front of the MPU. When the LED is on, it indicates that the battery voltage is not enough. Please change the battery as soon as possible (within 3 minutes), otherwise the user programs and the data in the battery area may be lost.

④ Preparation

1. Prior to applying power, please verify that the power lines and the input/output wiring are correct. Please



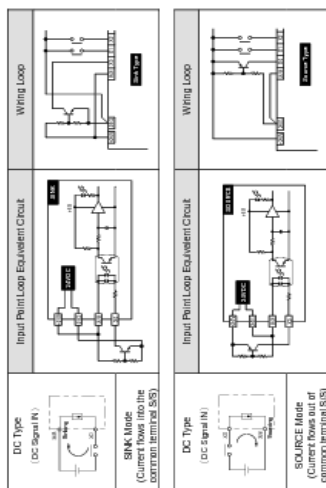
4.6 Safety Wiring

Since the PLC is in control of numerous devices, motion of either one device could affect the motion of other devices. Therefore, the breakdown of either one device would consequently be detrimental to the whole auto control system, and danger will thus be resulted. Please use the recommended wiring below for the power input.



4.7 Input Point Wiring

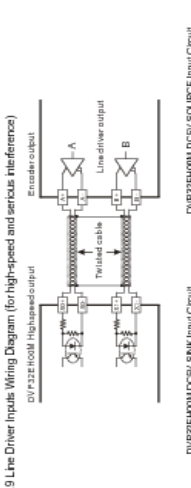
The input signal of the input point is the DC power DC input. Two types of DC source: SINK and SOURCE, defined as follows:



4.8 Line Driver Inputs Wiring

X0-X1 and X2-X5 are DC5V high-speed input circuit (the others are DC24V input) of DVP32EH0M. The high-speed input can be up to 200kHz, which is mainly used for Line Driver output, but in the environment with low interference and frequency (under 50kHz), it is feasible to use single DC5V SINK/SOURCE input or connect a 2KΩ/0.5W resistor in series to become DC24V SINK/SOURCE input.

4.9 Line Driver Inputs Wiring Diagram (for high-speed and serious interference)



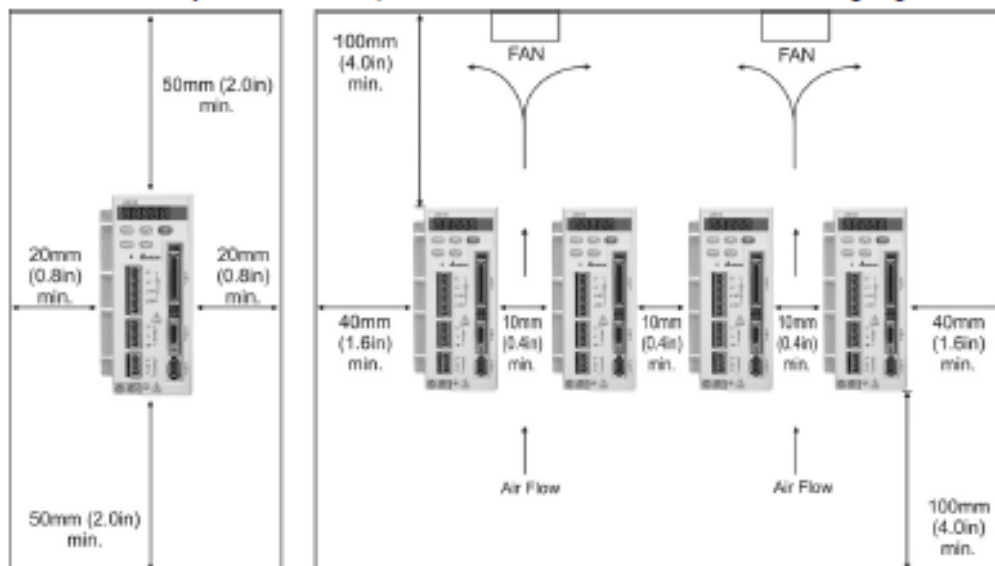
DVP32EH0M/DC5V SINK Input Circuit

DVP32EH0M/DC5V SOURCE Input Circuit

- SERVO DRIVER DELTA ELECTRONICS

Minimum Clearances:

Install a fan to increase ventilation to avoid ambient temperatures that exceed the specification. When installing two or more drive adjacent to each other please follow the clearances as shown in the following diagram.



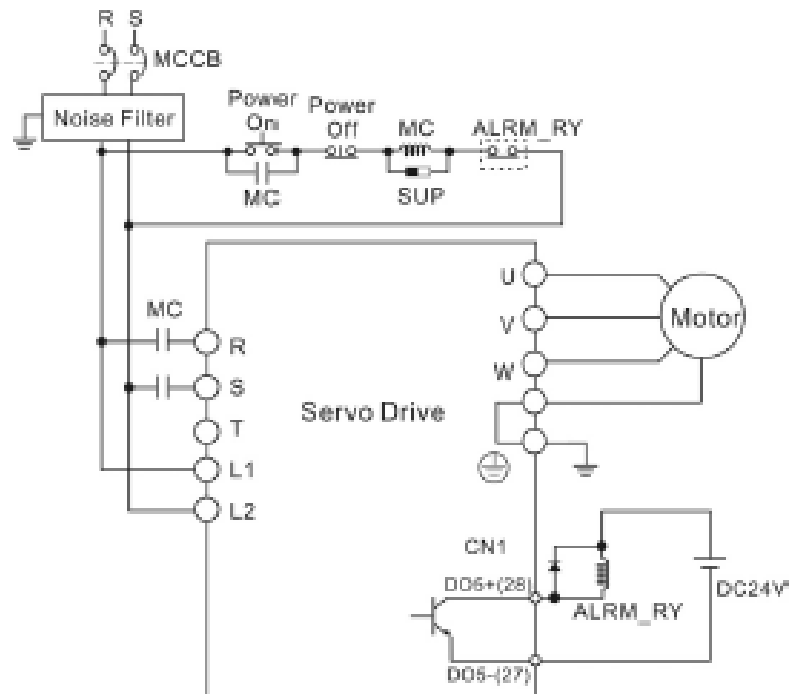
Servo Drive and Servo Motor Combinations

Power	Servo Drive	Servo Motor
100W	ASD-A0111-AB ASD-A0121-AB	ECMA-C30401□S (S=8mm)
200W	ASD-A0211-AB ASD-A0221-AB	ECMA-C30602□S (S=14mm)
400W	ASD-A0411-AB ASD-A0421-AB	ECMA-C30604□S (S=14mm) ECMA-C30804□7 (S=14mm) ECMA-E31305□S (S=22mm) ECMA-G31303□S (S=22mm)
750W	ASD-A0721-AB	ECMA-C30807□S (S=19mm) ECMA-G31306□S (S=22mm)
1000W	ASD-A1021-AB	ECMA-C31010□S (S=22mm) ECMA-E31310□S (S=22mm) ECMA-G31309□S (S=22mm)
1500W	ASD-A1521-AB	ECMA-E31315□S (S=22mm)
2000W	ASD-A2023-AB	ECMA-C31020□S (S=22mm) ECMA-E31320□S (S=22mm) ECMA-E31820□S (S=35mm)
3000W	ASD-A3023-AB	ECMA-E31830□S (S=35mm)

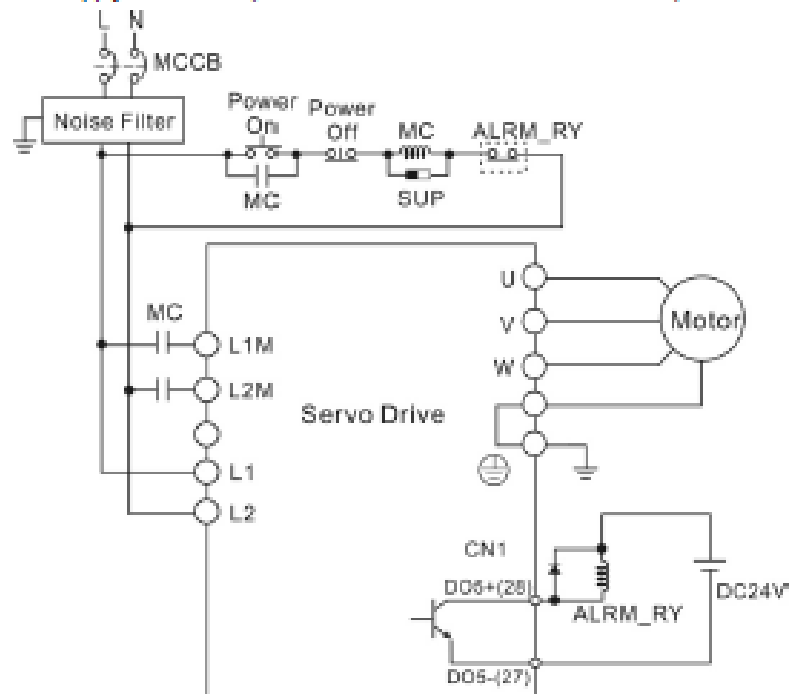
The boxes (□) at the ends of the model names are for optional configurations (keyway, brake and oil seal).

Wiring Methods

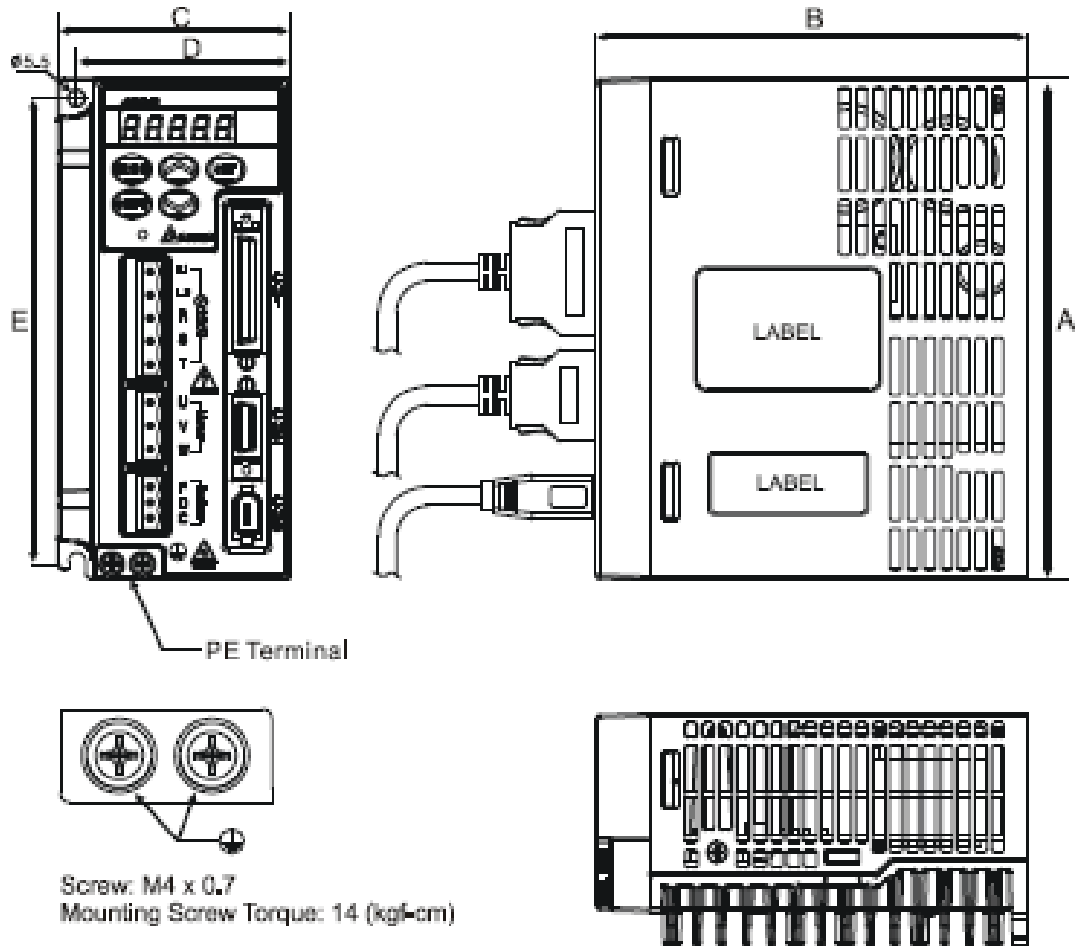
Single-Phase Power Supply Connection (For 1.5kW and below models, 220V series)



Single-Phase Power Supply Connection (For 400W and below models, 110V series)



Servo Drive Dimensions



	A	B	C	D	E	Weight
100W ~ 400W	162 (6.38)	140 (5.51)	75 (2.95)	69 (2.72)	150 (5.91)	1.5 (3.3)
750W ~ 1.5kW	162 (6.38)	191 (7.52)	93 (3.66)	83 (3.27)	149 (5.87)	2.0 (4.4)
2kW ~ 3kW	245 (9.65)	206 (8.1)	110 (4.33)	91.2 (3.59)	229.5 (9.04)	3.0 (6.6)

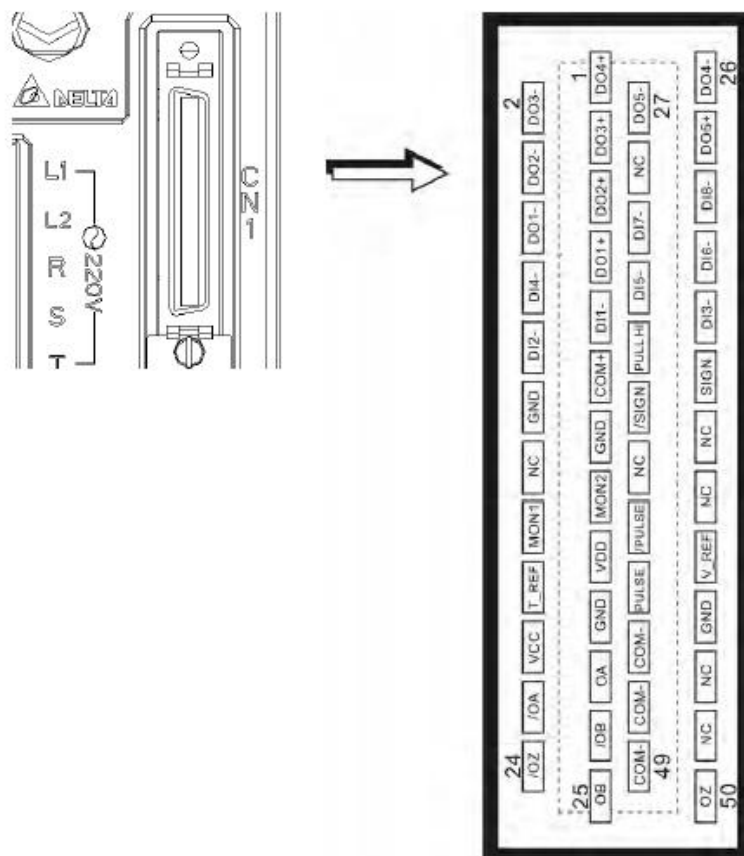
NOTE

- 1) Dimensions are in millimeters and (inches).
- 2) Weights are in kilograms and (pounds).
- 3) In this quick start, actual measured values are in metric units. The units in (imperial units) are for reference only. Please use metric for precise measurements.

- Conector CN1

3.3.1 CN1 Terminal Identification

Figure 3.9 The Layout of CN1 Drive Connector



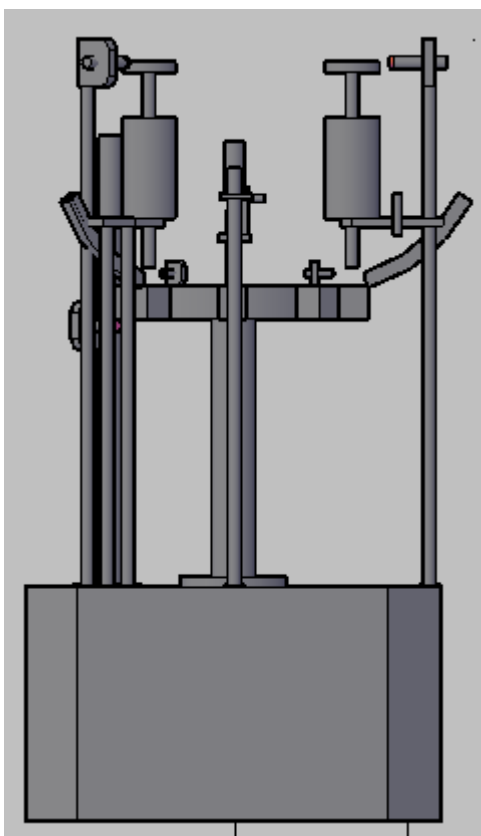
- Identificación de Terminales

CN1 Terminal Signal Identification

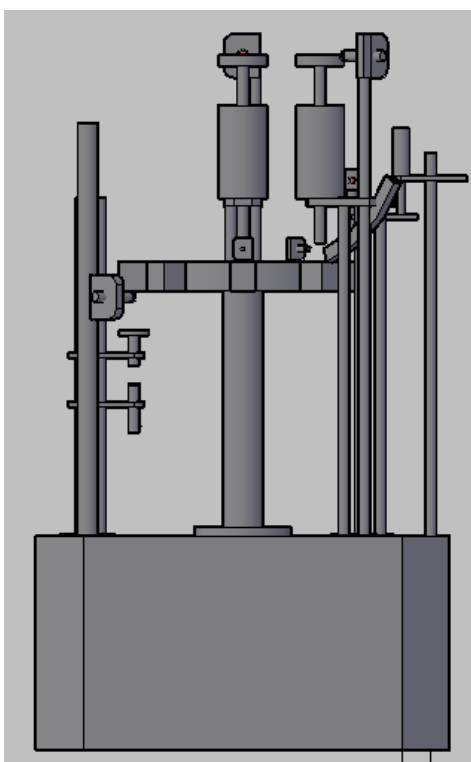
2	DO3-	Digital output	1	DO4+	Digital output	27	DO5-	Digital output	26	DO4-	Digital output
4	DO2-	Digital output	3	DO3+	Digital output	29	NC	No Connection	28	DO5+	Digital output
6	DO1-	Digital output	5	DO2+	Digital output	31	DI7-	Digital input	30	DI8-	Digital input
8	DI4-	Digital input	7	DO1+	Digital output	33	DI5-	Digital input	32	DI6-	Digital input
10	DI2-	Digital input	9	DI1-	Digital input	35	PULL HI	Pulse applied power	34	DI3-	Digital input
12	GND	Analog input signal ground	11	COM+	Power input (12~24V)	37	/SIGN	Position sign (-)	36	SIGN	Position sign (+)
14	NC	No Connection	13	GND	Analog input signal ground	39	NC	No Connection	38	NC	No Connection
16	MON1	Analog monitor output 1	15	MON2	Analog monitor output 2	41	/PULSE	Pulse input (-)	40	NC	No Connection
18	T_REF	Analog torque Input	17	VDD	+24V power output (for external I/O)	43	PULSE	Pulse input (+)	42	V_REF	Analog speed input (+)
20	VCC	+12V power output (for analog command)	19	GND	Analog input signal ground	45	COM-	VDD(24V) power ground	44	GND	Analog input signal ground
22	/OA	Encoder /A pulse output	21	OA	Encoder A pulse output	47	COM-	VDD(24V) power ground	46	NC	No Connection
24	/OZ	Encoder /Z pulse output	23	/OB	Encoder /B pulse output	49	COM-	VDD(24V) power ground	48	OCZ	Encoder Z pulse Open-collector output
			25	OB	Encoder B pulse output				50	OZ	Encoder Z pulse Line-driver output



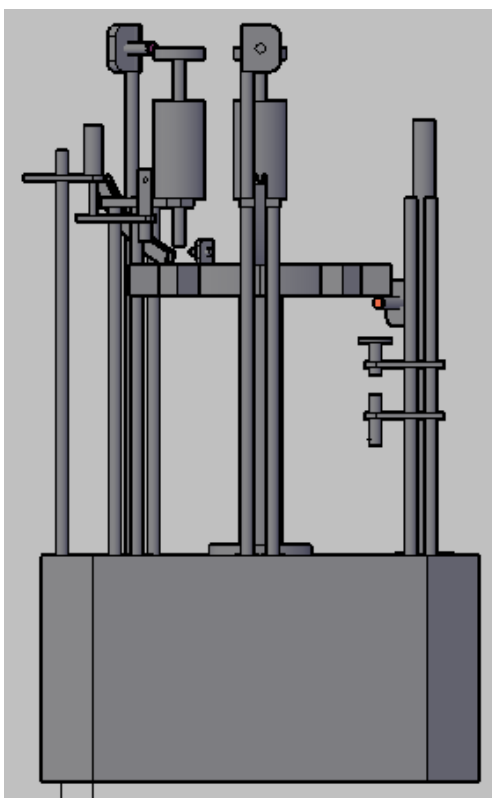
ANEXOS



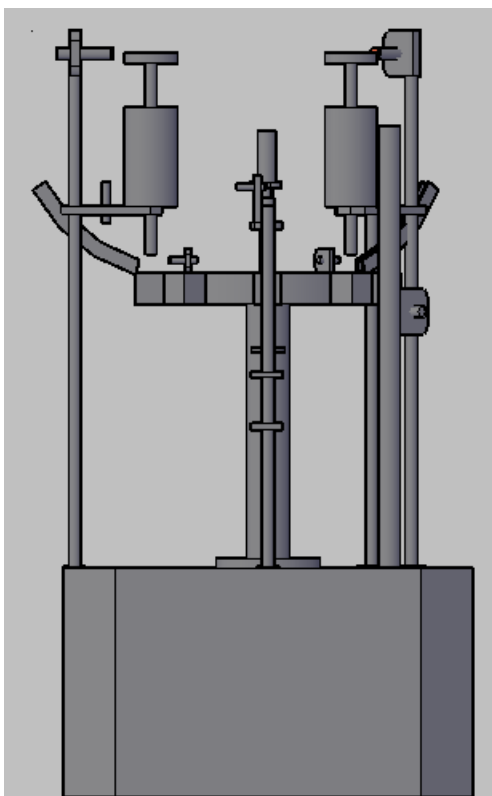
Vista lateral Derecha



Vista lateral Izquierda



Vista frontal



Vista Posterior