



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR**

**VIDA NUEVA**



**CARRERA:**

**TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA DEL PROYECTO DE APLICACIÓN PRÁCTICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE MOTORES  
PASO A PASO POR MEDIO DE UN PLC DELTA**

**AUTOR:**

**VALDIVIESO JÁCOME JOSÉ EDUARDO**

**TUTOR:**

**ING. MACHAY TISALEMA BYRON ORLANDO**

**FECHA:**

**ABRIL 2019**

**QUITO – ECUADOR**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, **VALDIVIESO JÁCOME JOSÉ EDUARDO** portador/a de la cedula de ciudadanía **1722178991**, facultado/a de la carrera **TECNOLOGÍA EN ELECTROMECHANICA**, autor/a de esta obra certifico y proveo al Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, usar plenamente el contenido plasmado en este escrito con el tema **“Diseño y construcción de un sistema de control de motores paso a paso por medio de un PLC Delta”**, con el objeto de aportar y promover la lectura e investigación, autorizando la publicación de mi trabajo de titulación en la colección digital del repositorio institucional bajo la licencia de Creative Commons: Atribución-NoComercial-SinDerivadas.

En la ciudad de Quito, abril del 2019.

---

**VALDIVIESO JÁCOME JOSÉ EDUARDO**

**C.I.: 1722178991**

## **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Tutor del Proyecto: “Diseño y construcción de un sistema de control de motores paso a paso por medio de un PLC Delta” en la ciudad de Quito, presentado por el estudiante Sr. Valdivieso Jácome José Eduardo, para optar por el título de Tecnólogo en Electromecánica, certifico, que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe .

TUTOR:

-----

**Ing. MACHAY TISALEMA BYRON ORLANDO**

## APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR O TRIBUNAL

Los miembros del jurado examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “Diseño y construcción de un sistema de control de motores paso a paso por medio de un PLC Delta” en la ciudad de Quito. Del estudiante: Valdivieso Jácome José Eduardo, de la Carrera en Tecnología en Electromecánica.

Para constancia firman:

.....

.....

.....

.....

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Valdivieso Jácome José Eduardo, con cedula de ciudadanía 1722178991, estudiante del Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, declaro que he realizado este trabajo de titulación tomando en consideración citas bibliográficas que se nombran en este texto.

El Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva puede utilizar este trabajo de titulación como una ayuda bibliográfica.

-----  
**VALDIVIESO JÁCOME JOSÉ EDUARDO**

**C.I.: 1722178991**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios por brindarme la vida, brindarme paciencia, sabiduría y fuerzas para enfrentar esta dura etapa de estudiar y trabajar al mismo tiempo, muchas de las veces pensé en renunciar pero creo que el resultado de todo tu esfuerzo se refleja en los éxitos que conquistas y éste es uno de ellos.

Agradecer a mis padres, hermanos, familiares, amigos y compañeros de trabajo quienes me han brindado su apoyo día a día para llegar a culminar con éxito esta etapa.

A todos los docentes por aportar con todos sus conocimientos y nutrir las capacidades de un futuro profesional, al Ingeniero tutor, a cargo de cooperar con la elaboración de este proyecto.

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
3. OBJETIVOS.....	3
4. DESARROLLO	
4.1 Marco Teórico-Conceptual	
4.1.1 Sistema de control.....	4
4.1.1.1 Objetivos de un sistema de control.....	4
4.1.1.2 Elementos que lo conforman.....	5
4.1.1.3 Ventajas de un sistema de control.....	6
4.1.1.4 Desventajas de un sistema de control.....	7
4.1.2 Equipos	
4.1.2.1 PLC.....	8
4.1.2.1.1 Funciones del PLC.....	9
4.1.2.1.2 Otras funciones.....	9
4.1.2.1.3 Aplicaciones.....	10
4.1.2.1.4 Características.....	11
4.1.2.1.5 Componentes.....	11
4.1.2.1.6 Software PLC.....	13
4.1.2.1.7 Sistemas d comunicación.....	15
4.1.2.1.8 Lenguaje Ladder o de contactos.....	15
4.1.2.1.9 Memoria.....	16
4.1.2.1.10 CPU.....	17
4.1.2.1.11 Interfaces de entrada y salida.....	17
4.1.2.2 HMI.....	18
4.1.2.2.1 Aplicaciones.....	18
4.1.2.2.2 Modalidades de HMI.....	19
4.1.2.3 Motor paso a paso.....	19
4.1.2.3.1 Tipos de motor.....	20
4.1.2.3.2 Tipos de torques.....	20
4.1.2.4 Driver de motor paso a paso.....	21
4.1.2.4.1 Tarjetas de conmutación mosfets.....	22
4.1.2.5 Fuente de alimentación.....	22



4.1.2.6	Relés.....	24
4.2	Procedimiento- Metodología.....	26
4.2.1	Diseño.....	26
4.2.1.1	Diseño de tablero de control.....	27
4.2.1.2	Programación.....	29
4.2.1.3	Software HMI.....	34
4.2.2	Construcción	
4.2.2.1	Montaje de equipos.....	37
4.2.3	Implementación	
4.2.3.1	Pruebas de funcionamiento.....	40
5.	CONCLUSIONES.....	42
6.	RECOMENDACIONES.....	43
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	44
8.	ANEXOS	
	Anexo 1 Modelo de los equipos.....	46
	Anexo 2 Manual de funcionamiento.....	47

## INDICE DE FIGURAS

1. Sistema de control.....	5
2. Controladores.....	6
3. Fuente, driver y motor.....	6
4. Sistema de control de una máquina.....	8
5. Diagrama de estructura interna de un PLC.....	13
6. Pantalla HMI.....	19
7. Diagrama de bloques de una fuente.....	23
8. Diseño interno de un relé.....	24
9. Conexión de un relé.....	25
10. Diagrama de conexiones de bobinadora.....	27
11. Diseño de tablero de control.....	28
12. Diseño de mesa de trabajo.....	28
13. Pagina inicial.....	29
14. Nombre del programa.....	29
15. Variables en los comandos.....	30
16. Valores ingresados multiplicación.....	30
17. Ingreso de contactos.....	31
18. Comando de salida de pulsos al PLC.....	31
19. Variables de comando DPLSY.....	32
20. Ingreso de comando contador.....	32
21. Ingreso de comando RESET.....	33
22. Comunicación.....	33
23. Selección de modelo HMI.....	34
24. Ingreso de datos.....	35
25. Registros.....	35
26. Luces.....	36
27. Botones de mando.....	36
28. Instalación de tablero de control.....	37
29. Conexiones del PLC.....	38
30. Montaje de driver, fuente, motor y protección de poleas.....	38
31. Relés a utilizar.....	39
32. Bornera de alimentación.....	39
33. Protección de cable.....	39

34. Culminación de montaje.....	40
35. Pruebas de funcionamiento, registro de datos.....	41
36. Pruebas de funcionamiento, verificación de giro de motor.....	41

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Símbolos de lenguaje Ladder.....	16
---	----

## 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto va enfocado al área educativa del Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva con el control de una máquina bobinadora, que reducirá tiempos de operación en las practicas realizadas manejando equipos de calidad y fáciles de controlar, dicha operación va directamente hacia el motor paso a paso, esto se logra con un PLC Delta y un sistema de interfaz HMI los cuales darán todas las ordenes a los motores, las cuales estarán previamente realizadas en un programa del PLC, este dará las ordenes de giro al motor paso a paso y la máquina estará operando con normalidad.

Dentro del sistema de interfaz HMI se ubicaran parámetros como son: el tiempo, número de vueltas del bobinado, velocidad de giro, etc. Al diseñar y construir un sistema de control para motores paso a paso se estará optimizando las funciones que realizará un PLC, mediante esto se propone maximizar el rendimiento del proceso, así como manejar la información para poder realizar un plan de mantenimiento, conocer el estado del proceso y obtener señales de alerta.

Es necesario optimizar las funciones que realiza un PLC en una máquina con motor paso a paso, así también optimizar tiempos de producción y menor manipulación de mano de obra, la productividad del sistema manual no es suficiente para alcanzar todos los procesos. A nivel institucional no existe un proceso de estas características y con esto se pretende fomentar en los estudiantes la importancia de controlar un sistema, ya que mediante esto las máquinas existentes tendrán una mejor aplicación en las prácticas realizadas.

## 2. ANTECEDENTES

En el control automático, en particular la aplicación de la realimentación, ha sido fundamental para el desarrollo de la automatización. Sus orígenes se encuentran en el control del nivel de agua en tanques, relojes de agua, y en los sistemas neumáticos e hidráulica del mundo antiguo. A partir del siglo 17, se diseñaron sistemas de control de temperatura, de control mecánico de molinos y la regulación de las máquinas de vapor, es importante comprender como funcionan estos sistemas, cuyos principios se transmitirán a lo largo de los siglos y que algunas características de los mismos tienen hoy vigencia.

El desarrollo de los controladores lógicos programables fue dirigido originalmente por los requerimientos de los fabricantes de automóviles que estaban cambiando constantemente los sistemas de control en sus líneas de producción.

El avance de la tecnología principalmente en la electrónica permitió el desarrollo de módulos integrados para tarjetas de entradas de contacto y salidas de relevadores, reemplazando de esta manera los relevadores electromecánicos.

Ebel, F. (2007) menciona que hoy en día, cuando se usa el concepto técnico de la automatización, se piensa en robots industriales y en sistemas de control mediante ordenadores. Pero, en principio, la técnica de la automatización empezó mucho antes en los talleres artesanales y en las plantas industriales.

Los PLC's han sido un mecanismo clave en estos procesos puesto que permiten, entre otras cosas, que ciertas tareas se realicen de forma más rápida y que el hombre evite su aparición en trabajos peligrosos tanto como para él, como para su entorno más próximo.

Dentro del instituto existen varias máquinas pero son pocas las que cuentan con un control para su sistema, dichas maquinas utilizan también controladores y HMI la optimización de las mismas es fundamental para el desarrollo y el aprendizaje de los estudiantes.

## RESUMEN

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de control para motores paso a paso mediante un PLC Delta, en la cual permita desarrollar cambio de variables para el funcionamiento del rebobinado de transformadores monofásico y bobinados concéntricos e imbricados de motores trifásicos. Estas variables son cambiadas y manipuladas por un HMI (Interfaz Hombre Máquina), que facilita el cambio de entradas como: el tiempo de bobinado, el conteo automático de los números de vueltas, velocidad de giro y paro automático.

La programación del PLC está desarrollada a través de un lenguaje Ladder que permite la acciones de la bobinadora automática y el software utilizado en la programación del HMI es OP Series Edit Tool el cual brinda las herramientas de interacción para el cambio de variables. El PLC consta de una conexión a la pantalla HMI vía Profinet a partir de un cable de comunicación configurado para el envío de datos, además el cable utilizado trabaja enlazando los conectores DB9 y PC2 (minidin).

**PALABRAS CLAVES:** PLC Delta, motor paso a paso, HMI.

## **ABSTRACT**

The project consists of the design of a control system for stepper motors through a Delta PLC, which allows to develop variable changes for the operation of the rewinding of single-phase transformers and concentric windings and imbricated of three-phase motors. These variables are changed and manipulated by an HMI (Human Machine Interface), which facilitates the change of inputs such as: winding time, automatic counting of the number of turns, speed of rotation and automatic stop.

The PLC programming is developed through a Ladder language that allows the actions of the automatic winding machine and the software used in the HMI programming is OP Series Edit Tool which provides the interaction tools for the variables changing. The PLC consists of a connection to the HMI screen via Profinet from a communication cable configured for sending data, besides the cable used works linking the DB9 and PC2 connectors (minidin).

**KEYWORDS:** PLC Delta, engine step by step, HMI.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Diseñar y construir un sistema de control de motores mediante un PLC DELTA en el Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva en el ciclo académico abril 2018-septiembre 2018.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Definir las funciones y operaciones que realizarán el PLC y HMI para el control de la máquina.
- Realizar la programación de los sistemas en los programas WPLSoft y HMI Delta.
- Montaje de los equipos en su necesario espacio físico y además con sus correspondientes cables de comunicación.
- Elaboración de un manual de funcionamiento para que no existan errores al momento de la puesta en marcha del equipo



## 4. DESARROLLO

### 4.1 Marco Teórico-Conceptual

#### 4.1.1 Sistema de control.

El sistema de control es el que involucra varios tipos de componentes como: mecánicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos, etc., dichos componentes en conjunto almacenaran información para alcanzar un funcionamiento óptimo de un equipo, según (Hernández 2010) menciona que “Un sistema de control automático es una interconexión de elementos que forman una configuración denominada sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlarse por sí mismo.” (pág. 2).

Los equipos que se involucran en el sistema mencionado operan mediante una orden o entrada y posteriormente ejecutará una respuesta o salida. Todo sistema de control debe realizar su trabajo eficientemente, pero estos sistemas están sujetos a cambios que al diseñar no se consideró.

La palabra control generalmente se usa para designar regulación, dirección o comando. Al combinar las definiciones anteriores se tiene:

Un sistema de control es un ordenamiento de componentes físicos conectados de tal manera que el mismo pueda comandar, dirigir o regularse a sí mismo o a otro sistema. En el sentido más abstracto es posible considerar cada objeto físico como un sistema de control. Cada cosa altera su medio ambiente de alguna manera, activa o positivamente.

##### **4.1.1.1 Objetivos de un sistema de control.**

Dentro de los principales objetivos o metas que debe llegar a cumplir un sistema de control están:

- Garantizar la estabilidad y funcionalidad del equipo cuando se presenten adversidades externas.
- Mejorar la productividad de un proceso, ya sea práctico o a nivel industrial, siempre mejorando la calidad del producto final.

- Debe ser eficiente, tratando de no tener comportamientos erróneos e irreales en las variables de entrada.
- Su aplicación e implementación debe ser fácil y cómodo de manejar en tiempo real y con la ayuda del ordenador.
- Reducir tiempos en los procesos a realizar en cualquier ámbito, en este caso a nivel práctico y educativo.

Las partes de un sistema de control se muestran en el diagrama de la figura 1.

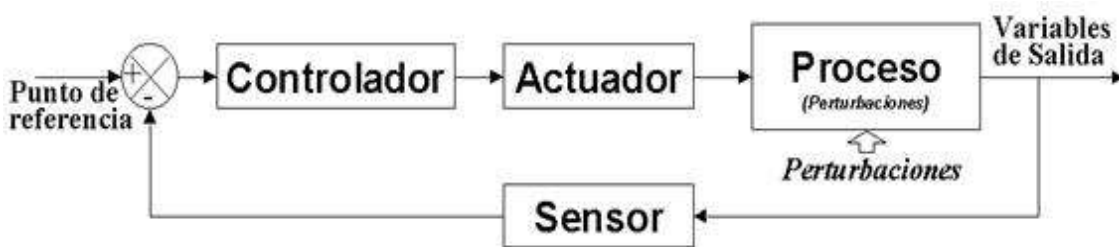


Figura 1. Sistema de control. (2018) Recuperado de: <http://orlandophilco.blogspot.com/2012/05/clasificacion-de-los-sistemas-de.html>

#### **4.1.1.2 Elementos que lo conforman.**

La mayoría de sistemas están conformados por similares componentes dependiendo de la necesidad y operación que se dé a un sistema dentro de los más comunes lo conforman:

##### **4.1.1.2.1 Sensores**

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.

##### **4.1.1.2.2 Controlador**

Son dispositivos electrónicos muy utilizados en la automatización industrial. Los PLC controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales y también realizan operaciones aritméticas para manejar señales analógicas para realizar estrategias de control.



Figura 2. Controladores. (2018) Recuperado de:

[http://us.idec.com/Catalog/ProductFamily.aspx?FamilyName=40\\_PLC\\_HMI](http://us.idec.com/Catalog/ProductFamily.aspx?FamilyName=40_PLC_HMI)

#### 4.1.1.2.3 Actuador

Es el mecanismo que realiza la acción u orden calculada por el controlador y que modifica las variables de control. El motor paso a paso es el que ejecuta el giro hacia los moldes de bobinas, previo al motor existe un driver el cual recibe los pulsos del PLC y ejecuta el giro del motor en un ángulo determinado según la orden del PLC, como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Fuente, driver y motor. (2018) Recuperado de: <http://longs-motor.com>

#### 4.1.1.3 Ventajas de un sistema de control.

Una de las ventajas principales es la reducción de tiempos al momento de controlar un equipo, los tiempos de operación disminuyen ya que al hacerlo manualmente tardaría un poco más de tiempo.

El control permite realizar procesos con un nivel de precisión más elevado, evitando así errores en un proceso manual, también no existen tiempos muertos o cambios de procesos. El estudiante tendrá una interfaz fácil de manejar y controlar, con esto se brinda mayor comodidad dentro de las horas de práctica.

Se da en los estudiantes una visión de mejorar los equipos para próximas generaciones, ya que al pasar de un proceso manual a uno automático o semiautomático se está innovando en la productividad de una empresa, sociedad o un país.

A nivel industrial aumenta la competitividad en el mercado, ofertando productos de mejor calidad en menor tiempo, mismos productos están sujetos a cambios según la necesidad del cliente.

#### ***4.1.1.4 Desventajas de un sistema de control.***

A nivel industrial una desventaja es la reducción de mano de obra directa, ya que al darle control a un sistema o proceso se está eliminando la intervención humana y por lo cual se reduce las plazas de trabajo. Es necesaria la intervención de un personal operativo capacitado o con conocimientos básicos en estos procesos. La inversión económica de estos equipos así como su mantenimiento es un poco elevada.

Dentro de la industria es necesaria una dependencia tecnológica, la empresa puede verse obligada a mantenimientos necesarios de la máquina con personal externo a la empresa.

## 4.1.2 Equipos.

### 4.1.2.1 PLC.

La definición de PLC es la de Controlador Lógico Programable o ya sea Autómata Programable, misma definición se le da a toda máquina o equipo electrónico diseñado para controlar en un medio industrial procesos secuenciales en tiempo real, además de manipular señales analógicas, digitales y operaciones de regulación. Según (Aguilera 2002) Menciona que: “Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC), o Autómata Programable, a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales”. (Pág. 14). El diagrama de bloque de un sistema de control se muestra en la figura 4.

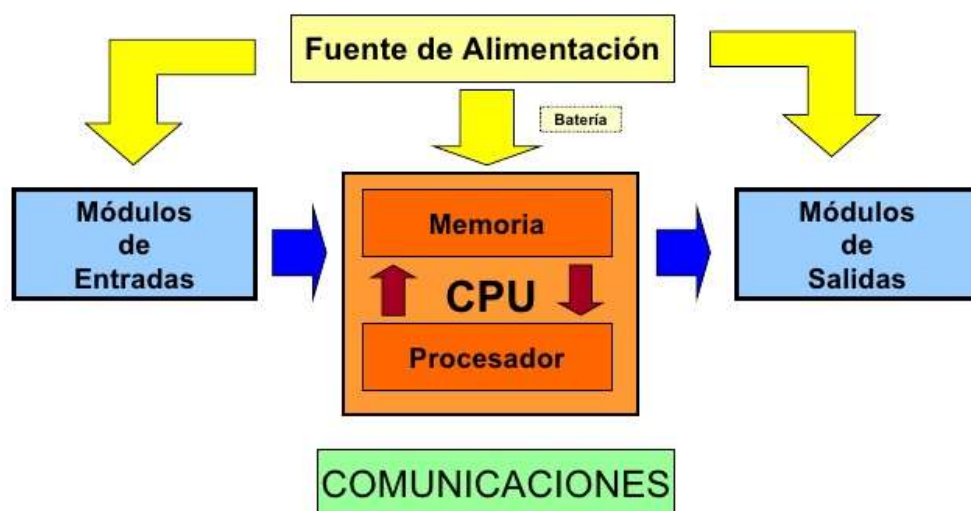


Figura 4. Sistema de control de una máquina. (2017) Recuperado de: <https://es.slideshare.net/aucega/plc-basico-1>

Todo PLC tiene una característica especial para el control automatizado dentro de los procesos industriales de cualquier tipo por su amplia compatibilidad y conectividad con equipos de otras marcas.

Una de las principales ventajas es que permite cambiar o modificar un sistema de control sin necesidad de volver a realizar las conexiones de los equipos de entrada y salida, únicamente el usuario digitará mediante una pantalla las

instrucciones deseadas. Dentro de las principales características del PLC están:

Están diseñados para soportar vibraciones, humedad, temperaturas y ruido por su construcción robusta y sus características internas.

La interfaz de las entradas y las salidas se encuentran dentro del controlador. En la parte de la programación es medianamente sencilla, así también la comprensión del lenguaje de programación que implementa este equipo, el cual tiene sus bases en operaciones lógicas y de conmutación.

#### **4.1.2.1.1 Funciones del PLC.**

##### **4.1.2.1.1.1 Detención.**

Muestra la lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

##### **4.1.2.1.1.2 Mando.**

Permite elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y pre accionadores.

##### **4.1.2.1.1.3 Diálogo hombre máquina.**

Mantiene un diálogo con el operador de la máquina, obedeciendo sus acciones de acuerdo a sus necesidades operativas y también informando el estado del proceso, así como cualquier anomalía existente.

##### **4.1.2.1.1.4 Programación.**

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómatas. El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómatas controlando la máquina o equipos.

#### **4.1.2.1.2 Otras funciones.**

##### **4.1.2.1.2.1 Redes de comunicación.**

Permite establecer comunicación con otras partes del control. Dentro de las redes industriales permite tener comunicación a tiempo real entre autómatas,

en tan solo milésimas de segundo pueden intercambiarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

#### **4.1.2.1.2.2 Sistemas de supervisión.**

Además los autómatas permiten comunicarse con ordenadores con programas de supervisión industrial, esta comunicación se ejecuta por una red industrial o por conexión en el puerto serie del ordenador.

#### **4.1.2.1.2.3 Control de procesos continuos.**

Dispone de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

#### **4.1.2.1.2.4 Entradas salidas distribuidas.**

Los módulos de entrada salida no necesariamente tienen que estar en el armario del autómata, pueden estar distribuidos por la instalación y se comunican con la unidad central del autómata por medio de un cable de red.

#### **4.1.2.1.2.5 Buses de campo.**

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional.

#### **4.1.2.1.3 Aplicaciones.**

Dentro del campo industrial día a día va evolucionando la tecnología para poder satisfacer necesidades dentro del control y automatización de una industria, debido a esto su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, manufactura, etc. En este caso una bobinadora, la cual permite el conteo automático del número de vueltas de cable, para realizar las prácticas de bobinado, por lo tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Debido a su tamaño, la facilidad de su instalación, la posibilidad de almacenar programas para su posterior utilización, la corrección o cambio de los mismos, hace que su utilización se aplique en procesos con las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción frecuentemente modificados.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalación de procesos complejos y amplios.
- Verificación de programación centralizada de las partes del proceso.

#### **4.1.2.1.4 Características.**

La gama de PLC delta es muy variable cada una con sus características y necesidades según la aplicación que se vaya a dar a estos equipos.

La Serie de PLC's de Delta DVP están diseñados para un alto rendimiento, alta flexibilidad, y facilidad de programación. Se cuenta con PLC modulares ultra pequeños hasta los PLC grandes estilo ladrillo la línea de productos DVP ofrece numerosas funciones, incluyendo velocidad de 0,24 microsegundos por instrucción, dos ejes lineales síncronos, interpolación de Arco, conectividad Ethernet, Web Server, Multi-lazo de control de temperatura, PID auto-ajutable, y 500kHz pulsos de salida. Estas características, junto el DVP facilita la integración con todos los productos de automatización de Delta, crea un sistema que cumple con muchas de las aplicaciones más difíciles en el mercado de hoy. (Varitel, 2018, pág. 2).

#### **4.1.2.1.5 Componentes.**

Consta de dos estructuras una interna y una externa dentro de esta última encontramos que pueden ser:

##### **4.1.2.1.5.1 Compacta.**

Todos los elementos se encuentran instalados en un solo bloque.



#### **4.1.2.1.5.2 Modular.**

Cada elemento puede venir por separado (fuente, CPU, módulos de entrada y salida), gracias a esto puede crecer sus aplicaciones debido a que su estructura es configurable a una ampliación de acuerdo las necesidades del usuario.

Dentro de la estructura interna:

#### **4.1.2.1.5.3 Interfaces de entradas.**

Se trata de líneas de entrada, las mismas pueden ser análogas o digitales, en cualquiera de los casos tenemos rangos de tensión característicos los cuales vienen con las normas de fábrica. En estas líneas se conectarán los sensores (paro de emergencia y final de carrera).

#### **4.1.2.1.5.4 Interfaces de salidas.**

Se componen de una serie de líneas de salida que también pueden ser análogas o digitales, a estas líneas se conectarán los elementos actuadores (driver de motor paso a paso, motor).

#### **4.1.2.1.5.5 Unidad central CPU.**

Es la encargada de procesar el programa de usuario que se inserta, para esto se dispone de diversas zonas de memoria, registros e instrucciones de programa.

También se pueden disponer de los siguientes elementos:

- Unidad de alimentación.
- Unidad o consola de programación: la cual permite introducir, modificar y supervisar al programa del usuario.
- Dispositivos periféricos: nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- Interfaces: mejora la comunicación del autómata mediante enlace serie con otros dispositivos externos.

El diagrama de estructura interna del PLC Delta se muestra en la figura 5.



Figura 5. Diagrama estructura interna de un PLC. (2018) Recuperado de: <https://docplayer.es/7966272-Universidad-veracruzana-facultad-de-ingenieria-ciudad-mendoza-ver.html>

#### 4.1.2.1.6 Software PLC.

Para la programación del PLC es necesario un software de programación, el cual es un conjunto de herramientas que permite el desarrollo de aplicaciones de software.

Un software de PLC es el que almacena toda la información con la cual se ejecuta el programa, consta de reglas y parámetros programables los cuales pueden ser modificados para que se ejecute el sistema, estos sistemas están involucrados en diversos ámbitos industriales, manejo de maquinarias, etc.

Un software PLC es un conjunto de reglas programables que permite que el equipo de hardware funcione. El software normalmente se almacena en un dispositivo de memoria no volátil (memoria flash, ROM, discos duros y cintas magnéticas). Un software PLC es el corazón del sistema PLC y se compone de instrucciones, funciones y elementos utilizados para monitorear o controlar el PLC. (Gilani, 2018, pág. 16).

DVP-ES2/EX2/SS/SA2/SX2 es un controlador lógico programable que abarca un rango de entrada/salida de 10-256 puntos de entrada/salida (SS2/SA2/SX2: 512 puntos). El PLC puede controlar una amplia variedad de dispositivos para solucionar sus necesidades de automatización. El PLC monitorea entradas y

modifica salidas conforme al control del programa de usuario. El programa de usuario ofrece operaciones de lógica booleana, conteo, temporización, operaciones matemáticas complejas y comunicaciones con otros productos.

El software de un PLC se compone principalmente de:

- Un sistema operativo.
- Un entorno de programación que puede soportar uno o más lenguajes de programación.

Además, existe una serie de componentes adicionales para el software de estos dispositivos como pueden ser aquellos programas utilizados para diagnosticar y encontrar fallos, los que permiten la visualización de los resultados o la comunicación entre diversos dispositivos. Casi siempre, este tipo de programas forma parte del sistema operativo.

El sistema operativo puede ser de tipo convencional, como un PLC basado en un PLC (ejemplo, Windows, Linux, Mac OS), hay que mencionar que los PLC también poseen librerías con módulos de programación suplementarios en su memoria para otro tipo de operaciones más específicas.

El sistema operativo o OS, se trata de un programa o conjunto de ellos que, para un determinado sistema informático, gestiona los recursos hardware y provee servicios a los programas de aplicación. En el caso de los PLCs, las principales funciones del sistema operativo son:

- Inicialización de los PLC.
- Escaneo (lectura) de las entradas digitales y actualización de las tablas PII.
- Escaneo de las entradas y salidas analógicas.
- Ejecución del programa del usuario.
- Mantenimiento de los temporizadores, contadores, etc.
- Actualización de las salidas de control por medio de las tablas PIO.
- Mantenimiento de los programas.
- Autodiagnóstico del sistema.

- Comunicación en el entorno de red.
- Gestión de las tareas cuando los PLCs se controlan por multitareas del OS en tiempo real.

#### **4.1.2.1.7 Sistema de comunicación.**







El sistema de comunicación utilizado en este proceso de acondicionamiento y accionamiento por medio del programa de computador (WPLSoft) es a través de un cable conversor que simula un puerto Rs232 pero conectado al PLC por medio USB para poder trabajar con este, simplemente necesitamos como mínimo el puerto USB y los drivers, estos drivers que se requiere deben solicitarse en integra para instalarlos en el computador a trabajar para que sirva puesto que estos controladores son programas que sirven como una especie de intérpretes entre el sistema operativo y el dispositivo que es el PLC, sin estos el computador ni siquiera se daría cuenta que el PLC existe.

#### **4.1.2.1.8 Lenguaje Ladder o de contactos.**

También conocido como lenguaje de escalera, es un lenguaje de programación grafico muy popular dentro de los PLC, debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos previos, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Sus símbolos más conocidos se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Símbolos de lenguaje Ladder.*

SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCION
	Contacto NA	Se activa cuando hay un 1 lógico, el elemento representa una entrada para captar información del proceso a controlar.
	Contacto NC	Se activa cuando hay un 0 lógico, es un elemento de entrada pero en este caso negado.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un 1 lógico. Respuesta elementos de salida.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un 0 lógico es complemento de la bobina NA.
	Bobina set	Sirve para memorizar bits y usada junto con la bobina reset dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina reset	Permite desactivar una bobina que esta previamente activada.

Nota: Tomado de Morgan (2019)

#### **2.1.2.1.9 Memoria.**

Se encuentran dentro del CPU y están disponibles para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí se inserta el programa que va a ejecutarse cíclicamente.
- Memoria de tabla de datos: suele subdividir en zonas según el tipo de datos
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que supervisa el sistema.

- Memoria de almacenamiento: se trata de una memoria externa que se emplea para almacenar el programa de usuario.

#### **4.1.2.1.10 CPU.**

El CPU es el que comanda todo el sistema, recibe las órdenes del operador a través de una consola HMI luego esta información la procesa y envía las operaciones de salida.

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las órdenes, del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso. (Canto, 2015, pág. 2).

Es el encargado de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema, dentro de sus principales funciones están:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo.
- Ejecutar el programa de usuario.
- Crear una imagen de las entradas, debido a que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen, las mismas obtenidas al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Monitoreo del sistema.

#### **4.1.2.1.11 Interfaces de entrada y salida.**

Casi siempre se dispone de dos tipos de E/S:

Digital: se basan en el principio de todo o nada, quiere decir conducen o no señal alguna o posee un nivel mínimo de tensión.

Analógicas: pueden poseer cualquier valor dentro de un determinado rango especificado por el fabricante, se basan en convertidores A/D y D/A aislado de la CPU.

#### **4.1.2.2 HMI.**

Human-Machine Interface es el significado de sus siglas en inglés, se trata de un interfaz humano-maquina. Quiere decir es la interfaz o el medio de enlace entre el proceso y el operador de una máquina, una línea de producción, una empresa o cualquier sistema donde es necesaria la intervención humana. Según (Cauca 2018).menciona que “en la interacción del hombre con las maquinas a través de medios computacionales, es muy importante tener en cuenta la Interface Hombre-Máquina, que es la que permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactúe con los procesos” (pág. 85).

Es una de las principales herramientas utilizadas en las empresas para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. El HMI traduce variables de un proceso complejo en información útil y procesable.

##### **4.1.2.2.1 Aplicaciones.**

La principal función de un HMI es mostrar en tiempo real la información necesaria, brindando gráficos visuales y amigables con el usuario, los mismos aportaran significado y contexto sobre el estado de cualquier equipo y demás parámetros de un proceso específico.

Quiere decir, suministra información operativa al proceso y permiten controlar y optimizar los objetivos de productos y del proceso en general. El éxito de este tipo de productos depende del precio, confiabilidad, y ciclo de vida; además depende de la capacidad de manipulación y facilidad de uso, quiere decir, que mientras más fácil sea de operar estos equipos será mucho mejor.

Sus principales aplicaciones están en el campo de:

- Industria verde
- Domótica
- Robótica
- Educación
- Manufactura



Figura 6. Pantalla HMI. (2018) Recuperado de: <https://m.es.dhgate.com/product/1-pcs-text-display-op320-a-hmi-panel-display/446719654.html>

#### **4.1.2.2.2 Modalidades de HMI.**

##### **4.1.2.2.2.1 Terminal de operador.**

Consiste en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, alfanuméricos o gráficos. Además de ser con pantalla táctil.

##### **4.1.2.2.2.2 Pc + software.**

Esto constituye otra alternativa basada en un pc en donde se carga un software apropiado para su aplicación. Como PC se puede utilizar cualquiera según la necesidad del proyecto. De aquí provienen los llamados industriales, los cuales se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador.

#### **4.1.2.3 Motor paso a paso.**

Es un motor de CD sin escobillas que puede ser de imán permanente o reluctancia variable que tiene como características de desempeño rotar en las dos direcciones, girar con incrementos angulares precisos, sostener un torque de retención a velocidad cero y controlarse por circuitos digitales. Este tipo de motor se puede posicionar con precisión sin ningún sensor de retroalimentación, por lo que puede mostrar como un controlador de circuito abierto.



Una vez que se ejecuta el programa desde el PLC hacia el motor, activa las bobinas y este gira de acuerdo a los pulsos que envié el controlador y el giro dependerá de las revoluciones con las que se trabaja de acuerdo a la necesidad del operador.

El número y tasa de los pulsos controla la posición y velocidad del eje del motor. Casi siempre, estos se fabrican con pasos por revolución de 12, 24, 72, 144, 180 y 200, lo que resulta en incrementos de eje de 30°, 15°, 2.5°, 2° y 1.8° por paso. Al activar las bobinas del motor en un orden en particular, permite que fluya una corriente a través de ellos que magnetiza el estator provocando polos electromagnéticos que causaran la propulsión del motor. (Mecatronica, 2018, pág.3).

#### **4.1.2.3.1 Tipos de motor.**

Existen dos tipos los unipolares, requieren solo una fuente de poder y los bipolares los cuales requieren dos fuentes de poder de polaridad conmutable.

##### **4.1.2.3.1.1 Unipolares.**

Presentan un menor torque, es de mayor tamaño, costo elevado, su control es más simple al requerir únicamente un circuito de alimentación, menor anclaje.

##### **4.1.2.3.1.2 Bipolares.**

Presentan un mayor torque, tamaño reducido, es más económico, su control es más complicado, ya que requiere una tarjeta con etapas de control en potencia y de giro, mayor anclaje debido a los bobinados.

#### **4.1.2.3.2 Tipos de torques.**

El torque puede entenderse como el momento de fuerza o momento dinámico. Se trata de una magnitud vectorial que se obtiene a partir del punto de aplicación de la fuerza.

Dentro de un motor paso a paso encontramos diferentes torques que son importantes para el diseño de nuestro proyecto.

#### **4.1.2.3.2.1 Torque de arranque.**

Es el torque máximo para vencer la inercia del rotor para empezar a girar a máxima velocidad o a la velocidad indicada.

#### **4.1.2.3.2.2 Torque de giro.**

Es el máximo torque que el motor puede generar sin que este sufra pérdidas de pasos.

#### **4.1.2.3.2.3 Torque de retención.**

Es el torque máximo aplicado sin provocar la rotación del eje cuando el motor se encuentra sin energizar.

#### **4.1.2.3.2.4 Torque de anclaje.**

Es el torque máximo que puede ser aplicado sin provocar la rotación, esto pasa al tener el motor parado y alimentado.

#### **4.1.2.4 Driver de motor paso a paso.**

El motor paso a paso es el convertidor electromecánico que permite la conversión de una información en forma de energía eléctrica, en una energía mecánica y una información de posición. Estos motores están contruidos por un rotor e imanes, estos a su vez necesitan un controlador para su ejecución.

Básicamente estos motores están contruidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras en su estator. Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación o excitación deber ser externamente manejada por un controlador (Gardonio, 2018, pág. 5).

Están formados por tres tarjetas, dos de las cuales son las responsables de la conmutación de los MOSFETs del puente en H que controla la circulación de corriente por cada fase, mientras que la tercera tarjeta es la encargada de acondicionar las señales provenientes del encoder.

#### **4.1.2.4.1 Tarjetas conmutación mosfets.**

Se compone de dos tarjetas, que incorporan circuitos de control y potencia. Cada una de las tarjetas tiene como función el gobierno de una de las fases del motor paso a paso. Exteriormente difieren en que una de ellas lleva incorporada la conexión con el PC, pero se han diseñado de la misma manera y por lo tanto bastara con explicar el funcionamiento de una sola de ellas.

Cada fase se encuentra conectada a la salida de un convertidor en puente de cuatro transistores MOSFET con encendidos y apagados controlados al objeto de excitar correctamente el motor. El control de corriente por los devanados del motor se realiza por medio de la modulación PWM que realizan los transistores de las ramas inferiores a través de circuito lógico.

Cada vez que se genera interrupción debido a que un controlador interno del microprocesador ha finalizado su cuenta, se envía una serie de señales analógicas y digitales al driver del motor paso a paso. El intervalo entre la generación de dos interrupciones sucesivas determina de forma directa la velocidad de giro del motor.

#### **4.1.2.5 Fuente de alimentación.**

Una fuente de alimentación proporciona un valor de tensión adecuado para el funcionamiento de cualquier dispositivo, provee los 24V. necesarios para el funcionamiento del driver del motor paso a paso, mediante un diagrama de bloques se puede entender su funcionamiento, como se muestra en la Figura 7.

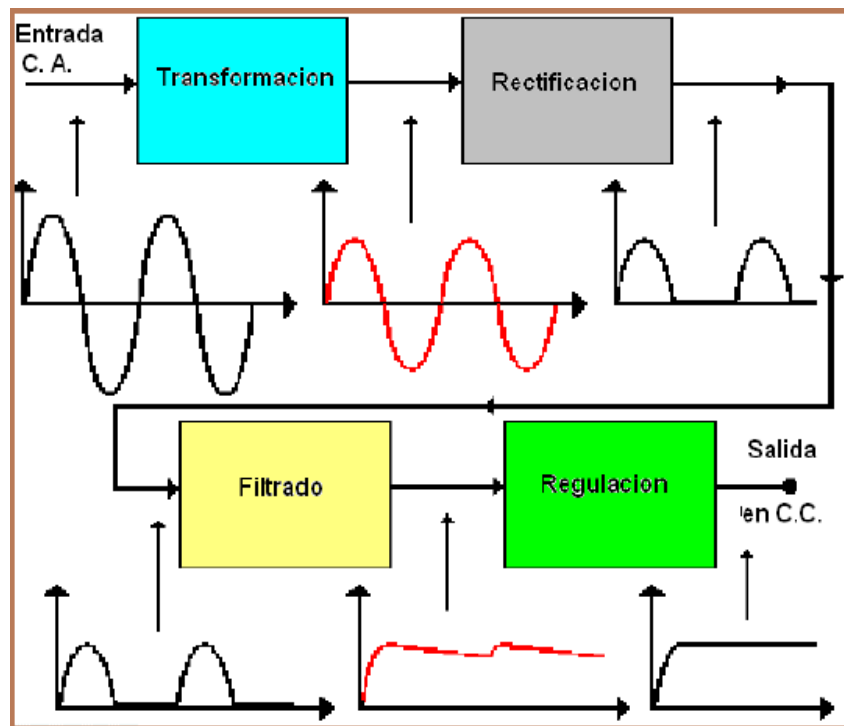


Figura 7. Diagrama en bloques de una fuente (2018). Recuperado de:  
<http://fuenteslinealeskelly.blogspot.com/p/diagrama-de-bloques.html>

La fuente de alimentación es la encargada de convertir la entrada de tensión alterna de la red en una tensión continua y consta de varias etapas las cuales son: transformación, rectificación, filtrado y regulación.

#### 4.1.2.5.1 Transformación.

Consta básicamente de un transformador que está formado por un bobinado primario y uno o varios bobinados secundarios, que convierte la energía eléctrica alterna de la red, en energía alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético.

#### 4.1.2.5.2 Rectificación.

Esta etapa queda constituida por diodos rectificadores cuya función es de rectificar la señal proveniente del bobinado secundario del transformador.

#### 4.1.2.5.3 Filtrado.

Esta etapa queda constituida por uno o varios capacitores que se utilizan para eliminar el componente de tensión alterna que proviene de la etapa de

rectificación. Los capacitores se cargan al valor máximo de voltaje entregado por el rectificador y se descargan lentamente cuando la señal pulsante desaparece. Permitiendo lograr un nivel de tensión lo más continua posible.

#### 4.1.2.5.4 Regulación.

Consiste del uso de uno o varios circuitos integrados que tienen la función de mantener constante las características del sistema y tienen la capacidad de mantener el estado de la salida independientemente de la entrada.

La fuente a utilizar es una de fase única tienen un rango de temperatura de funcionamiento amplio de  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta  $70^{\circ}\text{C}$ . Su corriente de salida es de 4.7 A. y 24 V. como voltaje continuo de salida.

#### 4.1.2.6 Relés.

Se trata de un dispositivo electromecánico que permite la conmutación de una línea eléctrica de media o alta potencia a través de un circuito electrónico de baja potencia. La principal ventaja y el motivo por el que se usa bastante en electrónica es que la línea eléctrica está completamente aislada de la parte electrónica que controla el relé. Consta de una bobina, núcleo, armadura y contactos como se muestra en la figura 8.

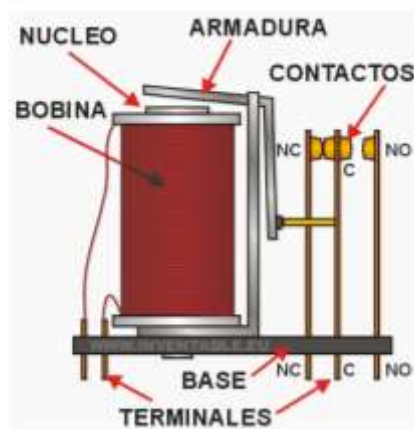


Figura 8. Diseño interno de un relé (2018). Recuperado de: <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>

Son relés simples en los cuales la bobina de activación trabaja con una tensión continua mientras que a través de los contactos se puede hacer pasar lo

necesario (tensión continua o alterna). El relé tiene una bobina para 24 VDC es el utilizado en este sistema, los cables que van a las salidas del PLC son de baja tensión y baja corriente y estos actuaran encendiendo las luces según el control requerido.

La manera más sencilla para controlar un relé es a través de un pulsador o un interruptor alimentado con baja tensión continua, en este caso las salidas del PLC, como se muestra en la figura 9.

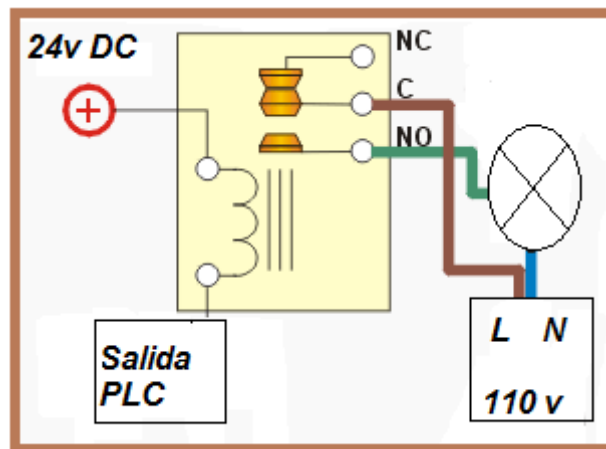


Figura 9. Conexión de relé (2018). Recuperado de: <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>

## **4.2 Procedimiento- Metodología.**

Primera etapa:

Mediante la investigación realizada sobre un sistemas de control se establece que equipos se utiliza en este sistema así como los medios de comunicación, el Software, diseño y programación. Además establecer procesos de mantenimiento y elaboración de un manual.

Segunda etapa:

Mediante el software de programación WPL Soft se da las funciones de comando al PLC Delta teniendo en cuenta sus entradas y salidas para que no existan errores al momento de las pruebas, mediante un diagrama de conexión, y además un software de programación OP Series Edit Tool utilizado para comandar el HMI el cual brinda la interfaz hombre-máquina para que, desde éste, operar el equipo con todas sus opciones según lo requiera el operador.

Tercera etapa:

El manual de funcionamiento permite conocer los parámetros de este equipo, cuáles son sus rangos o límites de operación, además de cómo realizar una modificación a los equipos en algún momento, ya sea por requerimiento propio de la máquina o de las practicas a realizar según corresponda.

### **4.2.1 Diseño.**

Mediante un análisis de conexión se elabora un circuito, desde la entrada de voltaje 110V. Inicia la conexión por un breaker, a continuación las conexiones del PLC, pulsadores de emergencia y sensor de conteo, continua con la conexión del PLC hacia el driver del motor y luego de este hasta el motor paralelamente con la conexión de una fuente, finalmente se conecta las luces piloto con sus respectivos relés y el selector de auto-manual, la pantalla necesita entradas de 24 y 0V., las mismas que se toman de una bornera de distribución, como se muestra en la figura 10.

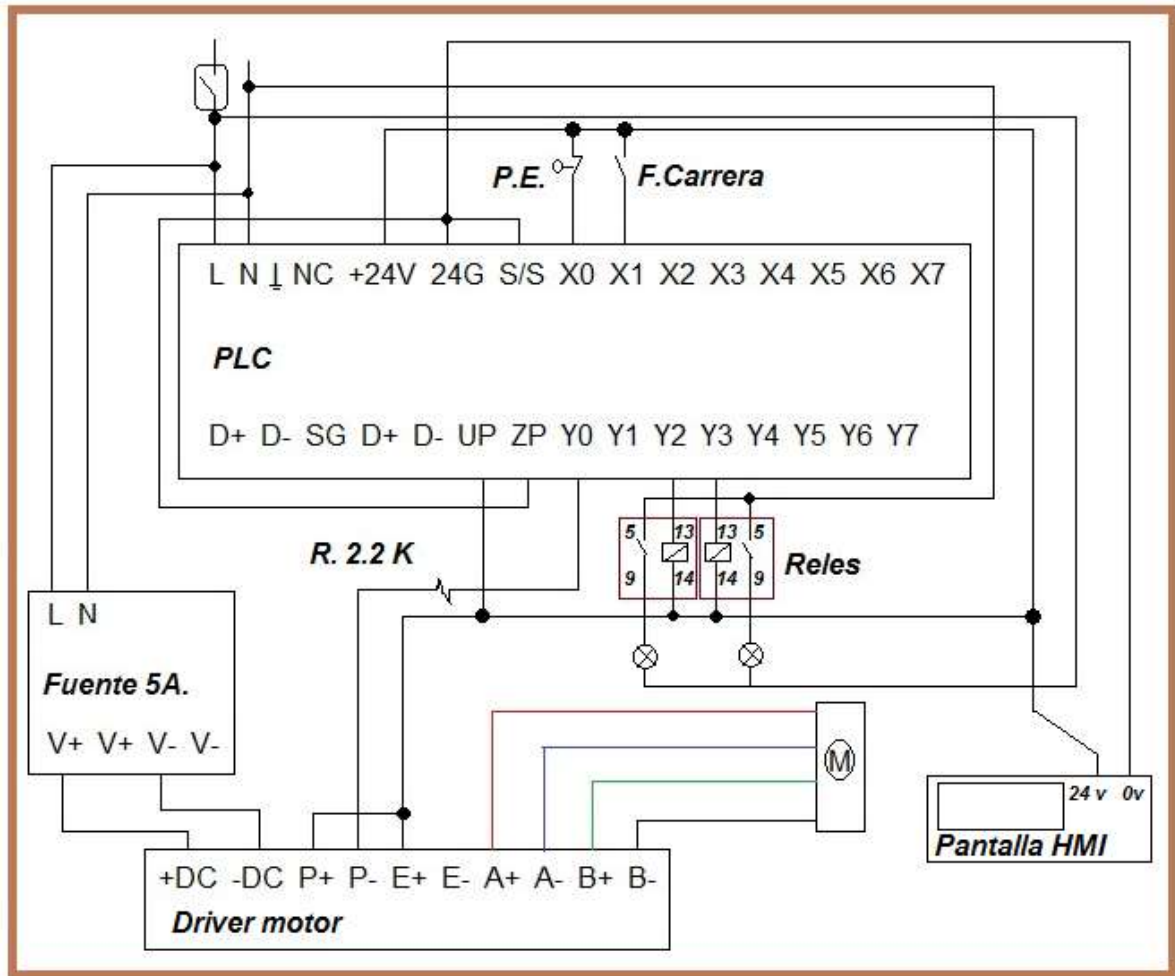


Figura 10: Diagrama de conexiones de bobinadora. Elaboración propia. (2019).

#### 4.2.1.1 Diseño de tablero de control.

Para el montaje de los equipos es necesario un tablero con los cortes y medidas exactas, se dispone de una plancha de acrílico de 50X25cm, se ubica sobre una mesa de trabajo previamente elaborada de metal, dentro del tablero se colocan el PLC, el HMI, luces piloto, paro de emergencia, selector auto-manual, breaker, como se muestra en la figura 11.



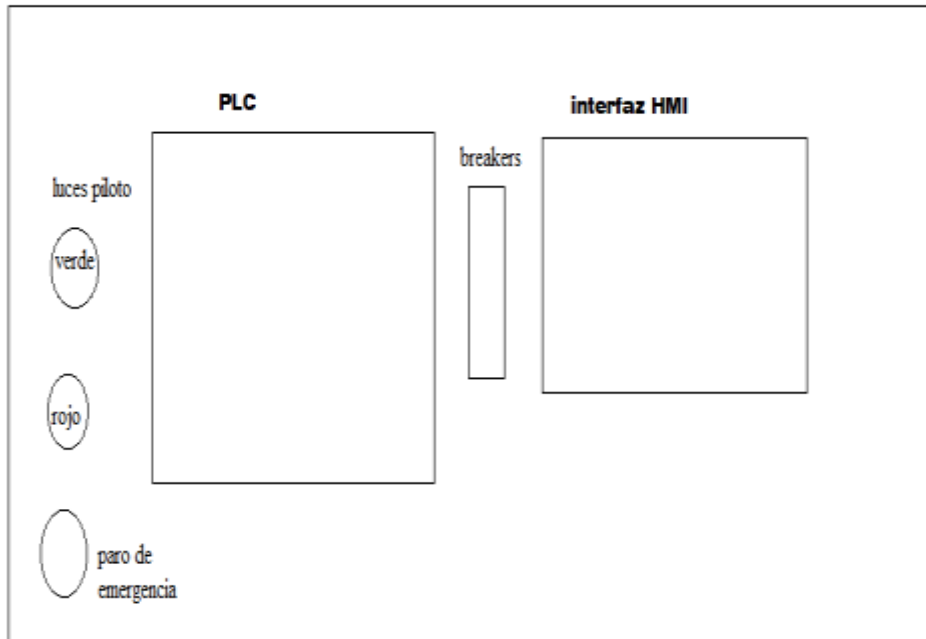


Figura 11: Diseño del tablero de control. Plasencia S. (2019).

En la mesa de trabajo se ubican el driver, fuente, motor paso a paso, bornera, relés, sistema de transmisión, sensor de vueltas, moldes de bobinado, y bobina de cable de cobre, su diseño de construcción se muestra en la figura 12.

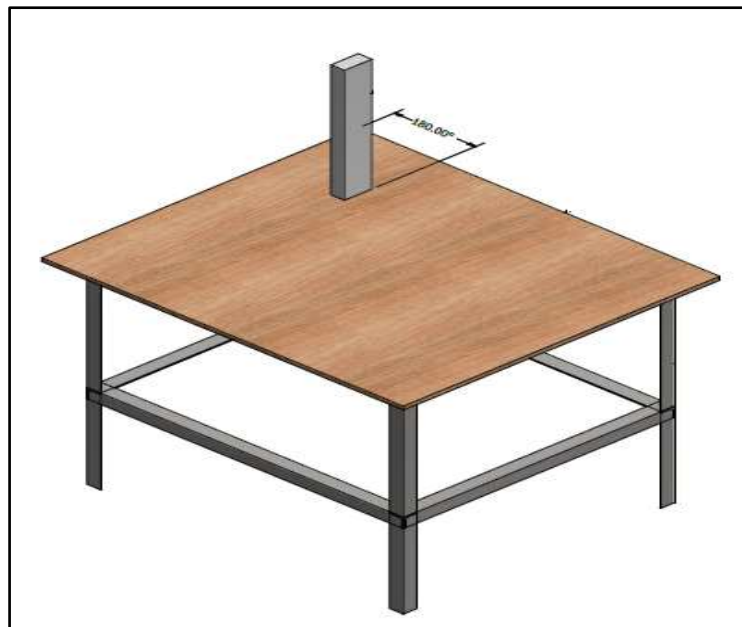


Figura 12: Diseño de la mesa de trabajo. Plasencia S. (2019).

#### 4.2.1.2 Programación.

Al abrir una nueva ventana en el programa WPL Soft genera una ventana como muestra la figura 13.

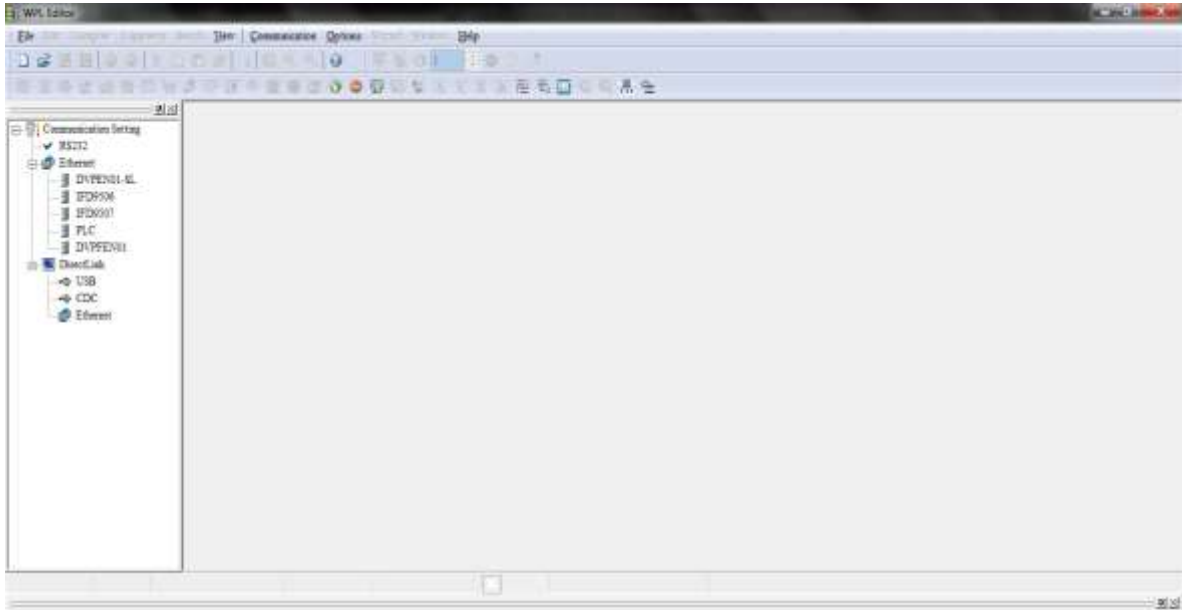


Figura 13: Pagina inicial. Elaboración propia. (2019).

Luego se crea un archivo nuevo, aquí se especifica el nombre del archivo y las características del PLC en este caso ES2. Como se muestra en la figura 14.



Figura 14: Nombre del programa. Elaboración propia. (2019).

Mediante el lenguaje Ladder, se identifica las entradas, salidas, memorias, contador, aplicaciones, funciones matemáticas, etc. Contactos abiertos y

cerrados según la programación. Se les da valores de 5 y múltiplos, para poder identificarlos y vincularlos con la programación de la pantalla HMI. En el comando de función aritmética se escoge la opción DMUL y se designa las variables y constantes para que realice la operación. Como muestra la figura 15.

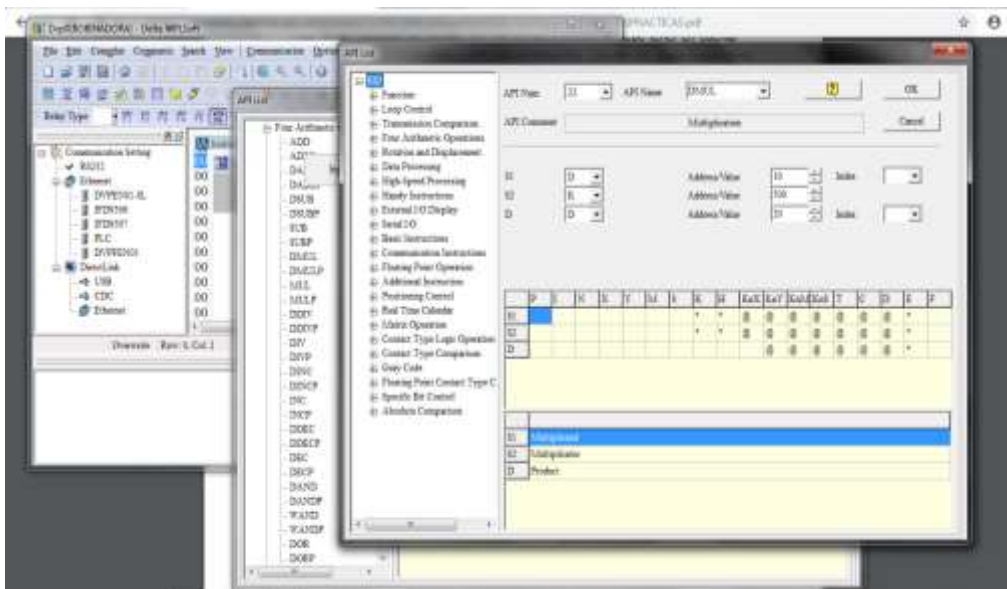


Figura 15: Variables en los comandos. Elaboración propia. (2019).

Las variables ingresadas serán:

M5\_\_REFESCAR DATOS HMI\_\_va conectado al comando de multiplicación.

S1\_\_D\_\_10; Es la identificación HMI mando N° Vueltas.

S1\_\_K\_\_500; Es el valor multiplicador que realiza el PLC, 500 pulsos=1 vuelta.

D\_\_D\_\_20; Resultado interno que ira vinculado a otro comando. Como se muestra en la figura 16.

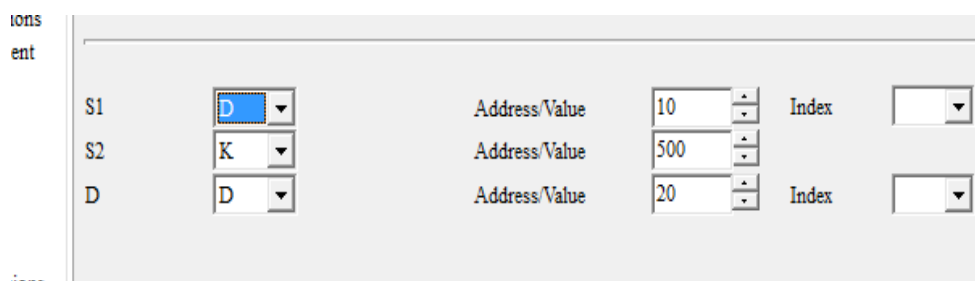


Figura 16: Valores ingresados multiplicación. Elaboración propia. (2019).

A continuación se ingresan nuevos contactos abiertos con la simbología de memorias.

M0\_\_START HMI\_\_va conectado a un SET de M5.

M5\_\_va conectado al comando MOV, el cual da un registro de conteo desde el PLC. Como muestra la figura 17.

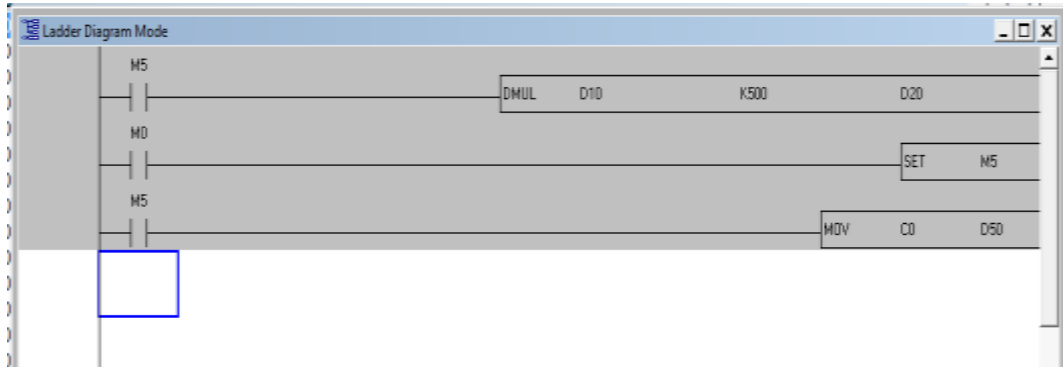


Figura 17: Ingreso de contactos. Elaboración propia. (2019).

A continuación se adiciona contactos abiertos en símbolo de memoria, la variable de paro de emergencia y el comando de salida de pulsos al PLC.

X0\_\_salida M44; Entrada del PLC, conectado al paro de emergencia.

M5\_\_M44\_\_DPLSY; Instrucción que asigna el número de pulsos de salida S2 del dispositivo de salida D a la frecuencia S1,

A partir de M44 en paralelo\_\_C0 (contacto cerrado) \_\_M22 (memoria luz).como se muestra en la figura 18.

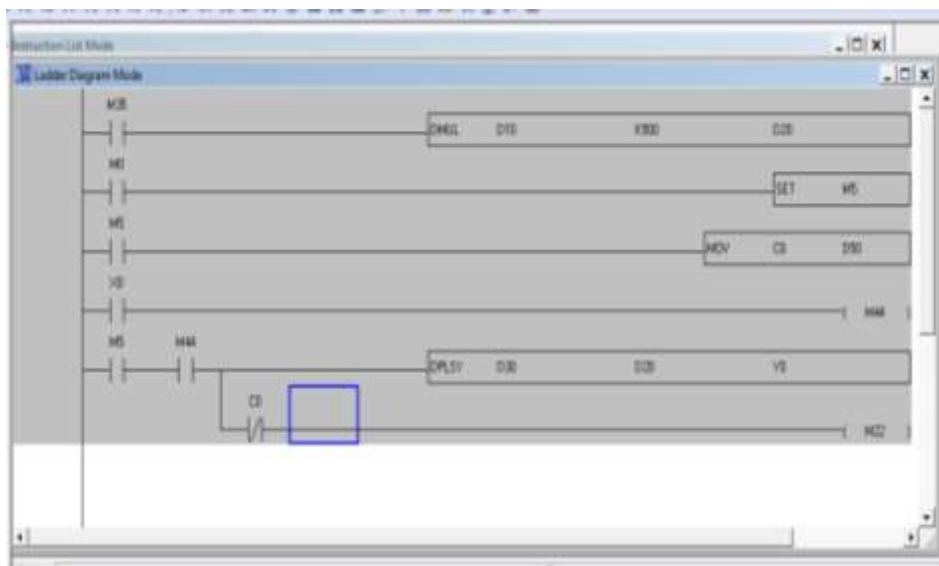


Figura 18: Comando de salida de pulsos al PLC. Elaboración propia. (2019)

El comando DPLSY brinda los pulsos que se envían al driver del motor consta de variables como se muestra en la figura 19.

API Num	57	API Name	DPLSY	
API Comment	Pulse Output			
S1	D	Address/Value	30	Index
S2	D	Address/Value	20	Index
D	Y	Address/Value	0	

Figura 19: Variables del comando DPLSY. Elaboración propia. (2019).

A continuación se muestra más contactos abiertos y el comando CNT el cual contara las señales registradas por el sensor que se encuentra en las poleas de la bobinadora, salida de luz verde y memoria y salida de luz roja.

M22\_\_Y2; Salida luz verde.

X1\_\_CNT; Contador de señales del sensor (X1).

C0\_\_M33; Memoria de luz roja.

M33\_\_Y3; Salida luz roja.

Como se muestra en la figura 20.

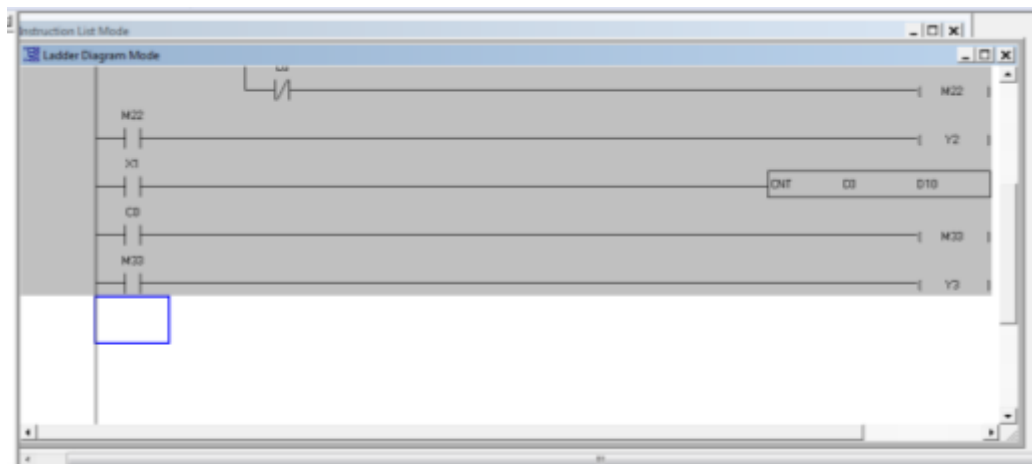


Figura 20: Ingreso de comando contador. Elaboración propia. (2019).

Se ingresa el comando RESET el cual reinicia las aplicaciones asignadas.

M15\_\_RESET M5.

En paralelo\_\_RESET C0.

En paralelo\_\_RESET D50.

\_\_END.

M15 es el RESET HMI, con el comando RESET reinicia todas las aplicaciones asignadas y finalmente el comando END, este finaliza la programación. Como muestra la figura 21.

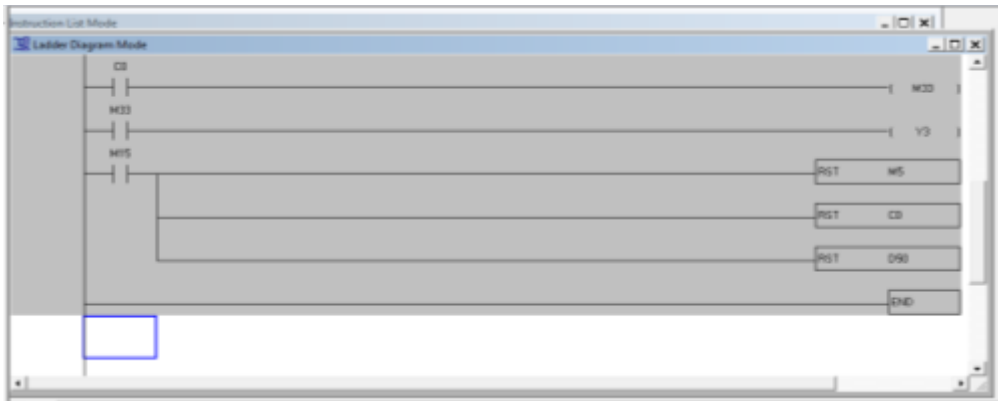


Figura 21: Ingreso de comando RESET. Elaboración propia. (2019).

Luego se compila el programa y se realiza la transferencia hacia el PLC, mediante este comando se comunica la PC y el PLC, una vez conectado el PLC en el puerto USB la computadora tiene que identificar el puerto COM, una vez identificado se puede hacer la transferencia del programa hacia el PLC como se muestra en la figura 22.



Figura 22: Comunicación. Elaboración propia. (2019).

Es necesario mencionar que debe estar en STOP el PLC una vez cargado el programa se ubicará la posición RUN. También se puede hacer pruebas de funcionamiento desde la PC. Cada vez que se realice un cambio o modificación en el programa hay que poner la posición STOP tanto en el PLC como el programa. Se requiere de un cable conversor Serial a USB.

### 4.2.1.3 Software HMI

El software utilizado para la programación del HMI es OP Series Edit Tool el cual brinda todas las herramientas, comandos y demás aplicaciones para interactuar de una manera fácil y entendible entre el operador y la máquina. Al ejecutar el programa aparece una ventana, en esta se selecciona proyecto nuevo y se selecciona la opción OP320-5A, la cual es el modelo de HMI con el que se está trabajando, como muestra la figura 23.

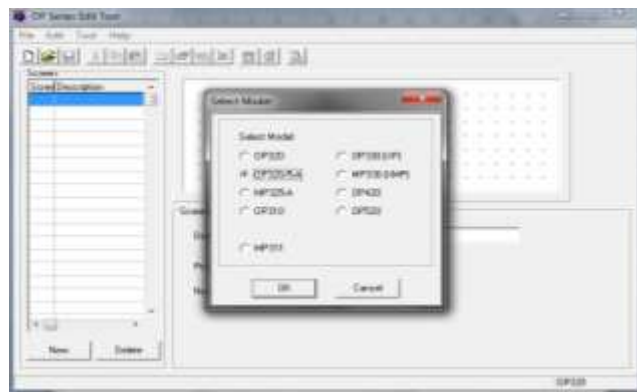


Figura 23: Selección de modelo de HMI. Elaboración propia. (2019).

Luego de esto se selecciona también el modelo de PLC usado, y aparece la pantalla de programación, donde se encuentra las ventanas a utilizar se les dará un nombre para identificarlas, se ubica comandos como texto, luces, registros, botones, etc. En la primera ventana se registra los datos del instituto y un vínculo con la ventana siguiente, como muestra la figura 24.

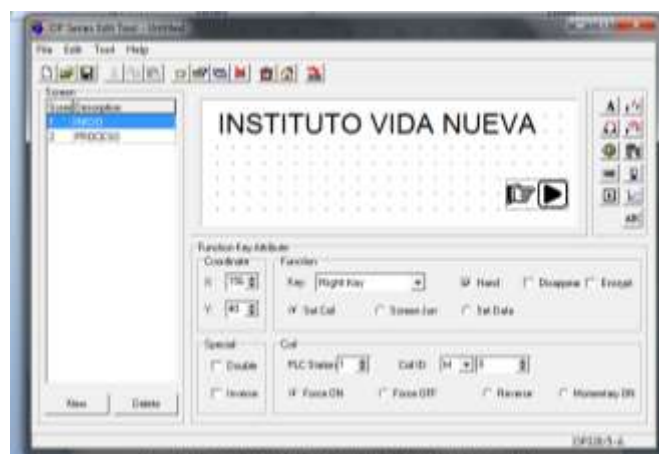


Figura 24: Ingreso de datos. Elaboración propia. (2019).

A continuación en la siguiente ventana que es la de procesos, aquí se coloca tres registros con sus respectivos textos estos darán a conocer el número de vueltas, el contador y la velocidad. En este caso los registros son valores que no sobrepasan los 3 dígitos, también en cada uno de los registros se ubicará los vínculos ID que se instalarán entre la pantalla HMI y el PLC en este caso son:

D 10\_\_HMI MANDO.

D 50\_\_Registro de conteo desde el PLC.

D 30\_\_Velocidad. Como muestra la figura 25.

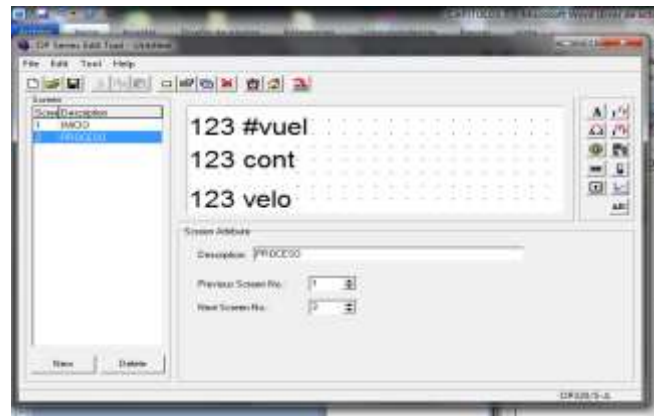


Figura 25: Registros. Elaboración propia. (2019).

Se ubica tres lámparas con sus respectivos textos en cada una de estas también ira los vínculos ID con el PLC, en este caso:

M22\_\_Luz verde.

M33\_\_Luz roja.

M44\_\_Paro de emergencia. Como se muestra en la figura 26.



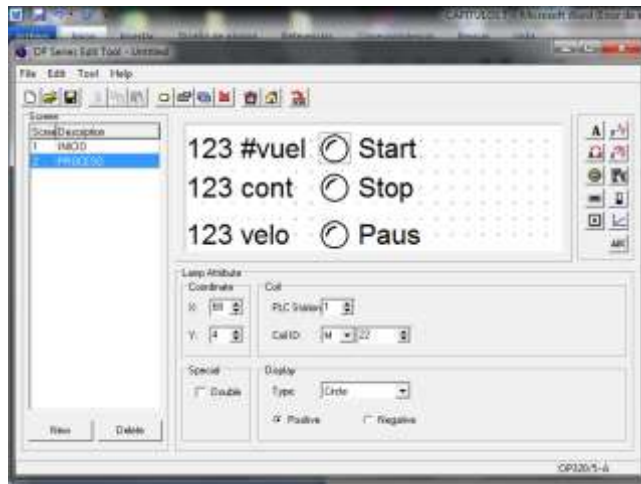


Figura 26: Luces. Elaboración propia. (2019).

A continuación se ubica funciones de mando con sus respectivos textos y el botón que se desea oprimir en la pantalla, también deben ir con los vínculos ID con el PLC, en este caso:

M 35\_\_Registro de datos.

M0\_\_Arranque de máquina.

M15\_\_Reset de datos. Como muestra la figura 27.



Figura 27: Botones de mando. Elaboración propia. (2019).

Y finalmente hay que cargar el programa en la pantalla HMI, para esto se conecta el cable con el convertidor serial a USB y se enciende la pantalla HMI, una vez hecho esto se presiona el comando DOWLOAD en la ventana, y el programa estará cargado.

## 4.2.2 Construcción.

### 4.2.2.1 Montaje de equipos.

Es importante conocer que el HMI trabaja con 24V. Se debe tomar la alimentación de las salidas del PLC 24V y 24G, el driver del motor trabaja también a 24V. y es alimentado por la fuente que transforma los 110VAC a 24VDC, las luces piloto trabajan a 110V. Y estas luces trabajan en conjunto con los relés, la identificación de los colores en los cables del motor paso a paso es de acuerdo a las bobinas internas, estas pueden ser identificadas midiendo continuidad entre cables con la ayuda de un multímetro. Es importante conectar bien los equipos, ya que al no hacerlo puede llegar a quemarse cualquiera de los equipos utilizados y dañar el sistema.

Para el montaje del sistema de control es necesaria la estructura física de la máquina, anteriormente diseñada, se instalan los equipos como son el PLC, HMI, motor paso a paso, driver y fuente de motor, relés, luces, paro de emergencia, sensor, bornera y cableado. Teniendo en cuenta el diagrama diseñado con anterioridad para una correcta conexión para evitar algún cortocircuito. El tablero de control diseñado anteriormente es el primero en ser ubicado en la mesa de trabajo a este se adiciona las luces piloto, el paro de emergencia, el selector auto-manual, unos soportes y una etiqueta de identificación, como muestra la figura 28.



Figura 28: Instalación de tablero de control. Elaboración propia. (2019).

A continuación se conecta el PLC con todas sus entradas y salidas correctamente, siguiendo el circuito eléctrico antes diseñado, esto se realiza

fuera del tablero de control hasta realizar la primera prueba de funcionamiento, cargando el programa antes diseñado, como muestra la figura 29.



Figura 29: Conexiones del PLC. Elaboración propia. (2019).

Se conecta también la fuente de alimentación, el driver de motor, el motor, protección de polea de transmisión y el sensor de conteo de vueltas, siguiendo la conexión eléctrica, como se muestra en la figura 30.



Figura 30: Montaje de driver, fuente, motor, y protección de poleas. Elaboración propia. (2019).

Para el encendido de las luces piloto se utiliza dos relés de 24V. como muestra la figura 31.



Figura 31: Relés a utilizar. Elaboración propia. (2019).

Todas las conexiones van distribuidas por una bornera de alimentación tanto para la fuente de 110V.AC, como para la alimentación 24V.DC, además de la protección de cables para toda la máquina, como muestran las figuras 32 y 33 respectivamente.

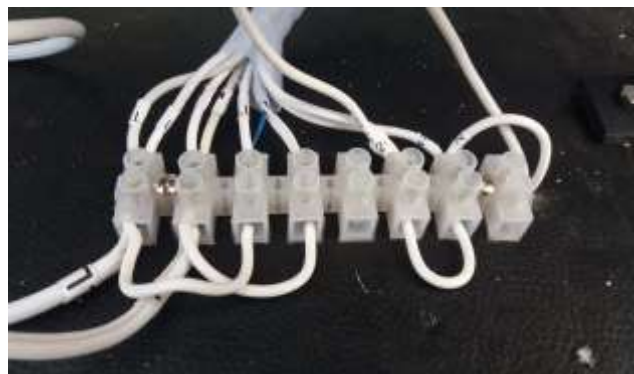


Figura 32: Bornera de alimentación. Elaboración propia. (2019).



Figura 33: Protección de cables. Elaboración propia. (2019).

Todos los cables fueron etiquetados para conocer de qué salidas provienen y hacia dónde van, utilizando las herramientas necesarias para una correcta conexión. Finalmente se anexa la parte mecánica de poleas y transmisión como muestra la figura 34.



Figura 34: Culminación de montaje. Elaboración propia. (2019).

### **4.2.3 Implementación.**

#### **4.2.3.1 Pruebas de funcionamiento.**

Es necesario crear y cargar un programa básico del PLC para verificar el funcionamiento correcto del motor y todos sus equipos complementarios, con esto se descartan cualquier anomalía en el sistema. Una vez cargado los dos programas originales tanto en el PLC como HMI se conectan estos dos dispositivos y se procede hacer una prueba de funcionamiento, ubicando el cable de cobre en los moldes, el cual está envuelto en una bobina, se arranca la máquina, previamente hay que colocar los datos como velocidad y el número de vueltas. También es importante tener el cable de comunicación correcto entre el PLC y el HMI, ya que de no ser el correcto estos equipos no podrán vincularse. Como muestra la figura 35.



Figura 35: Pruebas de funcionamiento, registro de datos. Elaboración propia. (2019).

Como se menciona anteriormente el proceso se puede ir monitoreando desde la computadora y verificando si existe algún error, el funcionamiento del sistema es normal y cumple todos los parámetros necesarios para su operación, el giro de las poleas dependerá de las revoluciones ingresadas en el registro de datos como muestra la figura 36.

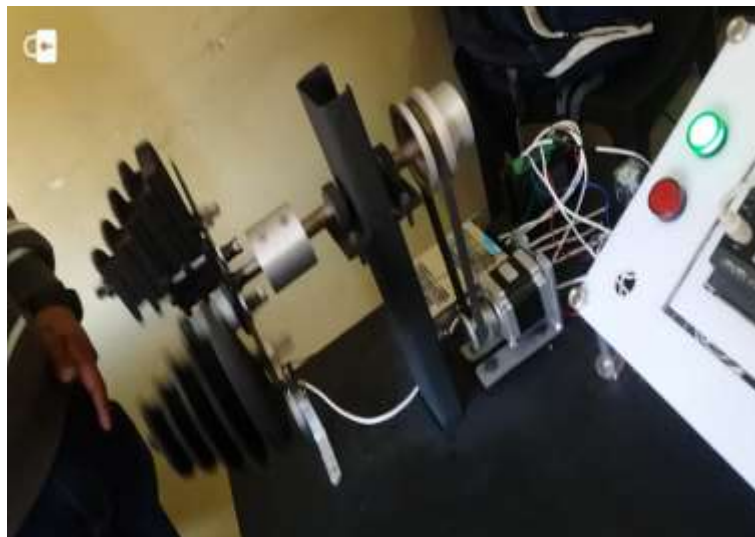


Figura 36: Pruebas de funcionamiento, verificación de giro de motor. Elaboración propia. (2019)

## 5. CONCLUSIONES

Para un funcionamiento óptimo, sin vibraciones y sin sobrecalentamientos, la máquina debe trabajar en un límite no menor a 400 y no mayor a 700 revoluciones las cuales serán ingresadas en la pantalla HMI para comandar el PLC.

En la configuración de entradas que se utilizaron en el proceso de programación se optó por adicionar un comentario en cada uno de estos, los mismos nos indican que función realiza dentro de la programación; start, refrescar datos, inicio HMI, reset.

El PLC consta de una conexión a la pantalla HMI vía Profinet a partir de un cable de comunicación configurado para este propósito, además el cable utilizado trabaja enlazando los conectores DB9 y PC2 (minidin).

La vida útil de este sistema es importante para esto se determinó, planifico y elaboro un manual de usuario con guías y parámetros más adecuados tanto para su manipulación como ejecución.

## **6. RECOMENDACIONES**

El equipo debe cumplir un rango de trabajo no mayor de tres a cuatro horas diarias, ya que tanto como el motor y el driver pueden llegar a recalentarse.

El PLC procesa el programa de diagrama de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha. Al momento de editar el diagrama de escalera el usuario debe adoptar este principio, ya que de lo contrario se detectará un error por WPLSoft al compilar el programa de usuario.

En la parte de la estructura física, la manipulación debe ser con mucho cuidado, ya que al tratarse de un tablero de acrílico frágil este puede sufrir rupturas, así como el orden y limpieza en la máquina.

Para un correcto funcionamiento de la máquina es necesario realizar un mantenimiento preventivo, además de que el operador lea el manual de funcionamiento para un óptimo manejo de los equipos.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilera, P. (2002). *Programación de PLC, Autómatas programables*. Nuevo León, México
- Bartolomeu, J. (2012). *Motores*. Recuperado el 16 de enero de 2018 de: [http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs2/PaP/MOTOR\\_PaP\\_FINAL.pdf](http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs2/PaP/MOTOR_PaP_FINAL.pdf)
- Ebel, F. (2007). *Fundamentos de las técnicas de automatización*. Denkendorf: Festo Didactic
- Gutiérrez, A. (2004). *Elaboración de tesis y actividades*. Quito: ediciones serie didactica a.g. Recuperado el 14 de noviembre de 2018 de: [http://www.raquena.com/files/PFC\\_Raquena.pdf](http://www.raquena.com/files/PFC_Raquena.pdf)
- Hernández, R. (2010). *Introducción a los sistemas de control, conceptos*. México: Pearson Educación
- Inventable. (2019). *Introducción a los relés*. Recuperado el 5 de enero de 2019 de: <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>
- Ramírez, D. (2018). *Fuentes de alimentación*. Recuperado el 22 de diciembre de 2018 de: [http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes\\_de\\_alimentacion.pdf](http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes_de_alimentacion.pdf)
- Rodríguez, J. (2014). *Automatismo en la industria*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA
- Moreno, M. (2019). *Controlador lógico programable*. Recuperado el 17 de enero de 2019 de: <http://www.microautomacion.com>
- Sistemas Master (2019). *PLC y automatización*. Recuperado el 17 de enero de 2019 de: <http://www.sistemas.com>

Schneider Electric (2018). *Comunicación HMI-PLC*. Recuperado el 19 de noviembre de 2018 de: <http://www.schneider-electric/hinterfaz.com>

Upna (2018). *Control de motores*. Recuperado el 9 de diciembre de 2018 de: <http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3547/577435.pdf?sequence=1>

Ventura, I. (2008). *Sistemas de control de motores eléctricos industriales*. Veracruz: Editorial Condumex.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1

Modelo de los equipos.



## **Anexo 2.**

### **Manual de funcionamiento.**

Este equipo está diseñado para el control de una bobinadora, mediante un motor paso a paso, está correctamente instalada y programada pero no está demás el asignar parámetros, rangos o límites que el estudiante deberá tener en cuenta para un correcto funcionamiento del mismo.

Tomar en cuenta que la maquina funciona a 110V. Consta de un breaker para su seguridad, antes de poner en marcha la máquina, entre las principales tareas del operador están:

- Verificar la posición de los moldes de bobinado con el diámetro de la vuelta deseada, y que estos estén debidamente ajustados.
- Colocar el tope del sensor luego de este para que la máquina inicie el conteo de la primera vuelta una vez que los moldes hayan girado una vuelta completa.
- Verificar que no exista ningún objeto que interrumpa el giro normal en poleas, banda de transmisión, mecanismos y moldes de bobinado.
- Previamente para encender la máquina se debe tener bobinado el alambre de cobre necesario para la práctica que se vaya a realizar, en unos carretes los cuales estarán a un costado de la máquina.
- Se coloca el alambre de cobre en el primer canal del molde y se ajusta ligeramente para que inicie el movimiento de la máquina.

Dentro de la manipulación del motor paso a paso es importante:

- Establecer un rango de trabajo en la parte de la frecuencia de giro o sea la velocidad del motor.
- En la pantalla HMI al asignar la velocidad a la maquina se debe trabajar en un límite no menor a 400 y no mayor a 700.

- Si se digita un valor de velocidad de giro menor a 400 el motor gira demasiado lento y vibrara demasiado y eso no le garantiza un funcionamiento óptimo a la máquina.
- Ahora por otro lado si se digita un valor mayor a 700 el motor gira muy rápido y el operador puede perder el control de la guía del alambre de cobre, sin mencionar el calentamiento excesivo del motor.
- Es recomendable un rango de trabajo no mayor de tres a cuatro horas diarias, ya que tanto como el motor y el driver pueden llegar a recalentarse.
- Mantener siempre limpia las entradas de cables del driver y la fuente, ya que al estar en contacto con residuos de alambre de cobre están expuestos a un posible cortocircuito.

Al manejar la pantalla HMI y el PLC es importante:

- La pantalla cuenta con botones fáciles de identificar y también fáciles de digitar los valores necesarios para realizar las practicas.
- Verificar siempre la conexión correcta entre el PLC y HMI con el cable Serial correcto, ya que al ser otro tipo de cable de comunicación no puede enviar o recibir las señales correctas y su funcionamiento no será normal.
- Tener en cuenta que para ejecutar la maquina el PLC debe estar en RUN.
- Si se da el caso de realizar otra programación para cualquiera de los dos equipos, ya sea para mejora o corrección de cualquier anomalía, verificar las variables de operación del motor paso a paso, además de asignar correctamente los comandos en la programación. Investigar los procesos y las características de estos equipos para una mejor comprensión de los mismos.
- Evitar siempre el consumo de alimentos, bebidas o cualquier elemento que ponga en riesgo el funcionamiento normal de esta máquina.

Es importante mantener siempre el orden y la limpieza en todas las áreas de trabajo y al operar esta máquina se debe cumplir este objetivo, organizando cables, herramientas, útiles escolares o cualquier objeto que interrumpa el funcionamiento normal.