



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD ZACATENCO**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**

PRESENTAN:

**NICOLAS CORTES JUAN
RANGEL MEDRANO ALFONSO
SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ ISMAEL**

ASESORES

**ING. ZOSIMO ISMAEL BAUTISTA BAUTISTA
ING. RICARDO YAÑEZ MENDOZA**

MÉXICO DISTRITO FEDERAL 2017



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL "ADOLFO LÓPEZ MATEOS"

TEMA DE TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN
DEBERA (N) DESARROLLAR**

**INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
C. JUAN NICOLAS CORTES
C. ALFONSO RANGEL MEDRANO
C. ISMAEL SANCHEZ DOMINGUEZ**

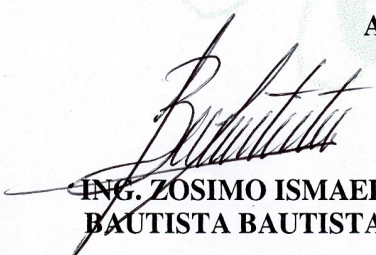
**"PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA
LONGITUDINAL"**

DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO
CON COSTURA LONGITUDINAL, UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PARA SU CONTROL,
ACOPLADO ESTE UN INTERFAZ HUMANO MÁQUINA.

- ❖ GENERALIDADES
- ❖ MARCO TEÓRICO
- ❖ INTEGRACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA AUTOMATIZACIÓN
- ❖ PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN
- ❖ CONCLUSIONES

CIUDAD DE MÉXICO, A 11 DE ENERO DE 2017.

ASESORES


**ING. ZOSIMO ISMAEL
BAUTISTA BAUTISTA**


**ING. RICARDO YAÑEZ
MENDOZA**


**M. EN. C. MIRIAM GÓMEZ ÁLVAREZ
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**



AGRADECIMIENTO A MIS PADRES

*COMO UN TESTIMONIO DE CARIÑO Y ETERNO
AGRADECIMIENTO POR MI EXISTENCIA,
VALORES MORALES Y FORMACIÓN PROFESIONAL.
PORQUE SIN ESCATIMAR ESFUERZO ALGUNO, HAN
SACRIFICADO GRAN PARTE DE SU VIDA PARA
FORMARME, Y PORQUE NUNCA PODRÉ PAGAR TODOS
SUS DESVELOS NI AÚN CON LAS RIQUEZAS MÁS
GRANDES DEL MUNDO.*

AGRADECIMIENTO A MIS MAESTROS

QUIENES SE HAN ESFORZADO POR AYUDARME A LLEGAR AL PUNTO EN EL QUE ME ENCUENTRO.

NO HA SIDO SENCILLO EL PROCESO, PERO GRACIAS AL CONOCIMIENTO Y DEDICACIÓN QUE ME HAN BRINDADO, HE LOGRADO IMPORTANTES OBJETIVOS COMO CULMINAR MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de automatización para el proceso de fabricación de tubos de acero con costura longitudinal, utilizando un Controlador Lógico Programable para su control, acoplado a este un interfaz humano máquina.

Objetivos Específicos

- *Desarrollar la secuencia de operación de cada una de las etapas del proceso utilizando un Controlador Lógico Programable Micrologix 1100 de la familia Allen Bradley.*
- *Realizar un estudio centrado en aspectos técnicos del proceso de fabricación de tubería con costura longitudinal, tomando en cuenta variables de operación y aspectos de seguridad que permita realizar medidas necesarias para llevar a cabo y de la mejor forma el desarrollo del proceso.*
- *Documentar la operación de este tipo de proceso ya que en la actualidad no existe información específica para su correcta operación.*

CONTENIDO

El presente trabajo se divide en 5 capítulos, los cuales contienen información para llevar a cabo dicho proyecto. A continuación se describe cada uno de ellos.

Capítulo I.-Generalidades. Teniendo en cuenta antecedentes y objetivos sobre lo que se va a desarrollar, este capítulo define los cuestionamientos y el análisis que surge al establecer la propuesta de automatización del proceso de producción de tubos de acero con costura longitudinal.

Capítulo II.-Marco Teórico. Define conceptos básicos de los elementos que hay de por medio, es decir dispositivos que intervienen en el proceso en función de las necesidades que se requieren.

Capítulo III.-Integración de los elementos de la automatización. Contiene la filosofía de operación del sistema, así mismo, muestra la integración y aplicación de los elementos de automatización para realizar la lógica de operación propuesta, dependiendo de las especificaciones y limitaciones por el cliente.

Capítulo IV.-Programación y Simulación. Contiene la programación propuesta para integrar los elementos de Automatización del Proceso.

Capítulo V.- Conclusiones. Define el análisis de pruebas y conclusiones generales de lo que se obtuvo y sugerencias para trabajos futuros.

INDICE

OBJETIVO GENERAL.....	I
CONTENIDO.....	II
INDICE.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del Problema.....	11
1.2.1 Análisis de tiempos y recursos Humanos.....	12
1.3 Justificación.....	13
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	
2.1 Métodos de fabricación de tubería con costura longitudinal.....	15
2.2 Diagrama a bloques para el proceso de fabricación de tubería con material pre-cortado.....	16
2.3 Material.....	16
2.4 Sistema de alimentación de lámina.....	19
2.5 Rodillos enderezadores.....	20
2.6 Equipo de corte.....	21
2.7 Rodillos planos de presión.....	21
2.8 Máquina perfiladora.....	22
2.9 Máquina soldadora.....	23
2.10 Lubricantes utilizados.....	24
2.11 Seguridad.....	24
2.11.1 Seguridad en zona peligrosa.....	24
2.11.2 Normas de seguridad en modo automático.....	25

2.11.3 Seguridad durante el mantenimiento e instalación.....	25
2.13 Mantenimiento.....	25
2.14 Ventilación necesaria.....	26
2.15 Especificaciones de otras variables de proceso.....	26
2.16 El controlador Lógico Programable (PLC).....	27
2.16.1 ¿de qué se ocupan los controladores lógicos programables PLC?.....	28
2.16.2 Características del hardware.....	28
2.16.3 Filosofía de operación.....	30
2.16.4 Memoria.....	31
2.16.5 CPU.....	31
2.16.6 Unidades de E/S.....	32
2.16.7 Interfaces.....	32
2.16.8 Equipos o unidades de programación.....	33
2.17 Labview.....	33
2.17.1 Principales usos.....	34
2.17.2 Principales características.....	34
2.17.3 Hardware de adquisición de datos (DAQ).....	34
 CAPITULO III INTEGRACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA AUTOMATIZACION	
3.1 Características del material para la formación de tubo con costura longitudinal.....	36
3.2 Diagrama a bloques del proceso de fabricación de tubería con costura longitudinal.....	36
3.3 Esquema del proceso de fabricación de tubería.....	37
3.4 Dimensiones y tolerancias.	38
3.5 Descripción del proceso.....	40
3.6 Etapa 1 alimentación de material.....	40
3.7 Etapa 2 enderezador de lámina.....	41
3.8 Etapa 3 corte de lámina.....	41
3.9 Etapa 4 Banda transportadora.....	42
3.10 Etapa 5 Máquina perfiladora.....	43

3.11 Soldadora.....	43
3.12 Etapa 6 apilador.....	46
3.13 Sistema de seguridad.....	46
3.14 Plantas auxiliares.....	46
3.15 Adiciones y modificaciones.....	53
3.16 Ajustes y pruebas.....	56
3.17 Variables de proceso.....	56
3.18 Mando principal del sistema eléctrico.....	56
3.19 Ubicación de consola operación y control.....	56
3.20 Velocidad de formación.....	56
3.21 Lubricación.....	57
3.22 Alternativas de propuesta.....	57
 CAPITULO IV PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN	
4.1 Comunicación serial utilizando PLC Micrologix 1100.....	59
4.2 Desarrollo de la programación.....	63
4.3 Entradas y salidas.....	72
4.4 Fuerza.....	80
4.5 Tablero de control.....	90
4.6 Simulación del HMI en Labview.....	92
4.6.1 Configuración OPC server.....	92
4.6.2 HMI.....	96
 CAPITULO V CONCLUSIONES	
Conclusiones.....	101
Bibliografía.....	103

INDICE DE FIGURAS

1.1	Proceso de perfilado en forma semiautomática.....	3
1.2	Devanadora.....	4
1.3	Diagrama de control de la devanadora.....	5
1.4	Diagrama de fuerza de la devanadora.....	5
1.5	Rodillos enderezadores.....	6
1.6	Diagrama de control de los rodillos enderezadores.....	7
1.7	Diagrama de fuerza de los rodillos enderezadores.....	7
1.8	Cizalla manual.....	8
1.9	Juego de engranes de los rodillos perfiladores.....	8
1.10	Rodillos guía y soldadura.....	9
1.11	Diagrama de control de los rodillos perfiladores y rodillos guía.....	10
1.12	Diagrama de fuerza de los rodillos perfiladores y rodillos guía.....	10
2.1	Devanadora de brazos.....	19
2.2	Bucle de lámina.....	20
2.3	Rodillos enderezadores de lámina.....	21
2.4	Rodillos planos de presión.....	22
2.5	Máquina perfiladora.....	23
2.6	Soldadora por inducción.....	23
2.7	Aplicaciones o medios de un PLC.....	28
2.8	Partes del PLC.....	29
2.9	Estructura interna.....	30
2.10	Módulos del PLC.....	32
2.11	Otros módulos del PLC.....	33
3.1	Esquema del proceso de fabricación de tubería.....	37
3.2	Dimensiones y tolerancias para el proceso de manufactura de tubos de acero con costura longitudinal.....	39
3.3	Soldadura por ERW.....	44
3.4	Sistema neumático.....	47

3.5 Compresor.....	48
3.6 Secador de aire.....	50
3.7 Filtro de línea.....	50
3.8 Unidad de acondicionamiento del aire.....	51
3.9 Niples y coples.....	51
3.10 Simbología de la electroválvula 3/2 monoestable.....	52
3.11 Simbología del cilindro de simple efecto.....	52
3.12 Simbología del regulador de velocidad con silenciador.....	53
3.13 Localización de sensores.....	55
4.1 Búsqueda del programa RSLinx classic.....	59
4.2 Ventana de RSLinx classic.....	59
4.3 Opción de configuración de controladores.....	60
4.4 Opción de conexión del PLC con cable RS-232.....	60
4.5 Nombrar proyecto.....	61
4.6 Nombrar el proyecto.....	61
4.7 PLC dado de alta en forma segura.....	62
4.8 Ventana de apertura después de dar de alta el PLC.....	62
4.9 Selección del autómatas Micrologix 1100 con serie A.....	63
4.10 Ventana de trabajo.....	63
4.11 Bloque de programación para la devanadora.....	64
4.12 Bloque de programación para los indicadores luminosos.....	65
4.13 Bloque de programación para los rodillos enderezadores.....	65
4.14 Bloque de programación para activar el cilindro de sujeción.....	66
4.15 Bloque de programación para activar y desactivar el cilindro de las cizallas de corte.....	67
4.16 Bloque de programación para desactivar el cilindro de sujeción.....	68
4.17 Bloque de programación para activar y desactivar el motor de la banda transportadora.....	68
4.18 Bloque de programación para activar los rodillos de la perfiladora y accionar la soldadora.....	69
4.19 Bloque de programación para el contador de tubos terminados y su reset.....	70
4.20 Bloque de programación para medidas de seguridad con los sensores de presencia.....	70

4.21	Compilación de la programación.....	71
4.22	Descarga del programa al PLC.....	71
4.23	Con las instrucciones realizadas se ejecuta el programa al PLC.....	71
4.24	Módulo de Expansión Micrologix 1762.....	73
4.25	E/S Conformadas en el proceso de manufactura de tubos de acero con costura longitudinal.....	76
4.26	Diagrama de cableado de tarjeta de entradas digitales 01.....	77
4.27	Diagrama de cableado de tarjeta de salidas digitales 01.....	78
4.28	Diagrama de cableado de tarjeta de salidas digitales 02.....	79
4.29	Diagrama de fuerza para el motor de la devanadora.....	80
4.30	Placa de datos del motoreductor de la devanadora.....	81
4.31	Diagrama de fuerza para el motor de los rodillos enderezadores.....	82
4.32	Placa de datos del motor de los rodillos enderezadores.....	83
4.33	Diagrama de fuerza electro neumático en el proceso de corte de lámina.....	85
4.34	Diagrama espacio-fase en la etapa de corte de lámina.....	85
4.35	Diagrama de fuerza para el motor de la banda transportadora.....	86
4.36	Placa de datos del motor de la banda transportadora.....	87
4.37	Diagrama de fuerza para el motor de la perfiladora.....	88
4.38	Placa de datos del motor de la perfiladora.....	89
4.39	Tablero de control.....	91
4.40	Creación de un nuevo tópico de comunicación.....	92
4.41	Configuración del tópico.....	93
4.42	Pruebas de comunicación al OPC Server	93
4.43	Creación de un grupo de ítems a comunicar.....	94
4.44	agregar ítems al grupo de comunicación.....	94
4.45	Configuración y direccionamiento del ítem.....	95
4.46	Pruebas de comunicación OPC server.....	95
4.47	Ubicación HMI.....	96
4.48	Proceso para la comunicación.....	97
4.49	Data socket herramienta de Labview.....	97

4.50 Conectividad vía OPC server.....	98
4.51 Dirección de bits y entradas.....	98

INDICE DE TABLAS

1.1 Tiempo de fabricación de los tubos en forma semiautomática.....	12
2.1 Calibres de cedulas de acero inoxidable.....	17
2.2 Norma Americana.....	18
3.1 Características de la devanadora.....	41
3.2 Características del enderezador de lámina.....	41
3.3 Características de la cizalla neumática.....	42
3.4 Características de la banda transportadora.....	42
3.5 Características de la máquina perfiladora.....	43
3.6 Características de la soldadora ERW.....	45
3.7 Características del apilador.....	46
3.8 Consideraciones técnicas para la selección del compresor.....	48
3.9 Consideraciones técnicas para la selección del secador de aire.....	50
3.10 Consideraciones técnicas para la selección del filtro de línea.....	50
3.11 Consideraciones técnicas para la selección de la electro válvula 3/2 monoestable.....	52
3.12 Consideraciones técnicas para la selección del cilindro de simple efecto.....	53
5.1 Tiempo de fabricación de tubos implementando la automatización.....	101



INTRODUCCION

A nivel mundial existe la necesidad de transportar fluidos. El transporte de fluidos de una zona a otra se puede realizar utilizando conductos formados por productos tubulares de forma cilíndrica fabricados con acero. A dichos productos se les denomina tubería que es un conducto que cumple la función de transportar fluidos y materiales diversos. Cabe señalar que la tubería de acero es utilizada en diversos sectores, lo cuales son:

- LA CONSTRUCCION.
- LA INDUSTRIA.
- LA AGRICULTURA.

Desacuerdo con datos de “CANACERO” (cámara nacional de la industria del hierro y del acero) la industria del acero y transformación de metal en México se encuentra dentro de un mercado de muy alta competitividad y de un rápido crecimiento. [4]

En México existe la problemática de que en una gran parte del sector industrial, es obsoleto en cuanto a equipo y maquinaria se refiere, es muy rudimentario o no se tienen las herramientas adecuadas para llevar a cabo ciertas tareas. Este problema se ve reflejado en producción de mala calidad, que no cumple con especificaciones o requerimientos por el consumidor, teniendo pérdidas significativas para la empresa.

Gracias al crecimiento importante en este sector, a la demanda de tubería de acero, y a la problemática que existe, se ha decidido incursionar en la automatización del proceso de fabricación de tubería de acero con costura longitudinal utilizando como control un PLC (controlador lógico programable) manipulando cilindros neumáticos, hidráulicos y diversos elementos eléctricos que nos permiten tener un mejor control del sistema, esto para mejorar el manejo de costos de producción, tener un producto terminado de mayor calidad, tener una mayor producción en un tiempo menor a la obtenida anteriormente y mantener sin accidentes al personal de producción.



CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El proceso de fabricación de tubería de acero cuenta con un proceso semiautomático, el cual tiene una producción bastante lenta, debido a que en la mayor parte del proceso hay interferencia humana, es decir los tiempos son más largos ya que el operario tiene contacto directo con la máquina y debe tener la precaución necesaria para llevar a cabo dichas tareas, haciendo este proceso bastante peligroso. Cada una de las etapas del proceso es semiautomática y ocasiona que haya mucho material desperdiciado en cada una de ellas, y esto se ve reflejado en los costos elevados de producción.

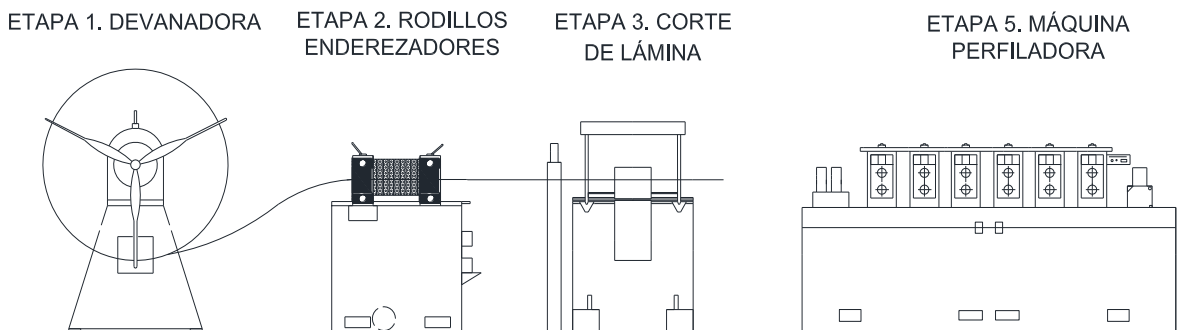


Figura 1.1. Proceso de perfilado en forma semiautomática.

A continuación se hace el análisis del proceso de fabricación de tubos anterior a la propuesta establecida.

Devanadora

La creciente importancia de la familia de miembros estructurales es la de los perfiles formados en frío (cold roll forming) a partir de láminas, placas o barras planas de acero. La formación de un perfil cilíndrico para la fabricación de tubería de acero con costura longitudinal comienza con la determinación previa del ancho de la lámina o fleje que se necesita para producir dicho perfil y así cumplir con las especificaciones que el cliente ha solicitado. [2]

El rollo de lámina es montado en la devanadora con ayuda de un montacargas, esta devanadora tiene el propósito de desenrollar la lámina y empezar con el proceso de enderezado y cortado con cizalla.

La etapa inicial de proceso comienza con el accionamiento de un botón para que el motor de la devanadora gire y desenrolle la lámina de a poco y se comience a trabajar en el enderezado de la misma.



Figura 1.2. Devanadora.

La máquina devanadora está compuesta por dos relevadores de accionamiento.

Un relé para que responda de manera adecuada al momento de desenrollar al fleje y el otro al enrollamiento de los flejes de acero que se estén usando. En esta etapa de proceso interviene un operario para que accione el primer botón (adelante) que sirve para energizar el motor de la devanadora en sentido horario y desenrolle el fleje hasta que llegue a la etapa de cortado, entre otro operario y corte hasta la longitud solicitada. Un segundo botón (reversa) se acciona para cambiar el sentido del motor con el segundo relevador, es decir en sentido anti horario para que el fleje regrese y enrolle por si llegase a ocurrir un problema con el exceso de lámina.

En las figuras 1.3 y 1.4 se muestran el diagrama de control y el diagrama de fuerza de la devanadora.

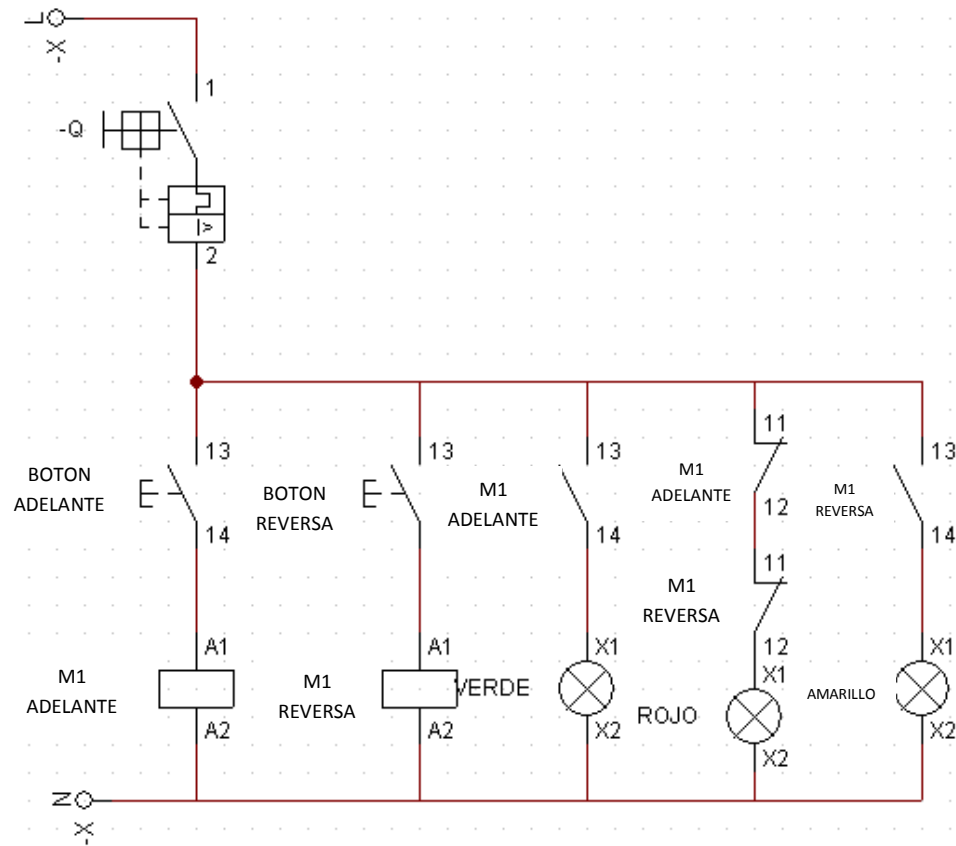


Figura 1.3. Diagrama de Control de la devanadora.

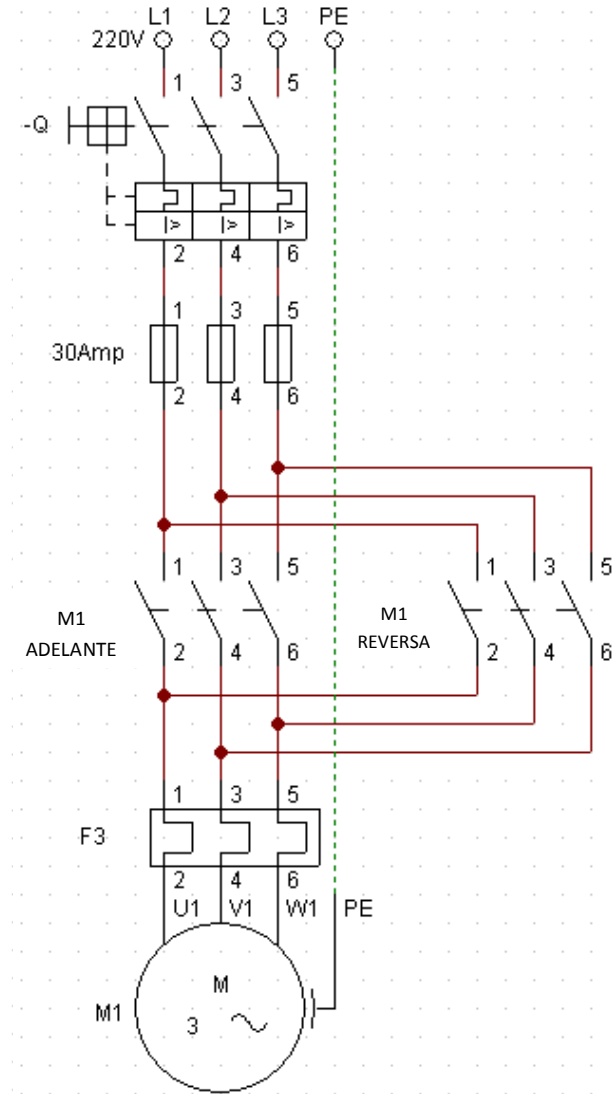


Figura 1.4. Diagrama de Fuerza de la devanadora

Rodillos enderezadores

Después de la etapa del des enrollamiento del fleje de acero, la lámina tiene que pasar por un proceso de enderezamiento, esto debido a que la lámina tiende a agarrar la forma de la lámina enrollada que impide el corte adecuado de la misma.

La lámina es colocada adecuadamente por un operario sobre unos rodillos paralelos horizontales que se ajustan para aplicar la fuerza considerable que le dan la forma plana que requiere, estos rodillos se activan por un juego de engranes que a su vez están conectados a la flecha de un motor eléctrico que es activado al mismo tiempo que la devanadora.



Figura 1.5. Rodillos enderezadores.

El motor del juego de engranes (M2) se acciona con un relevador (2M1), al mismo instante que el relevador M1 adelante se energiza a través un contacto normalmente abierto del relé, así que el motor permanece energizado mientras se oprima el botón (adelante) como se observa en la figura 1.6.

En las figuras 1.6 y 1.7 se muestran el diagrama de control y el diagrama de fuerza de los rodillos enderezadores.

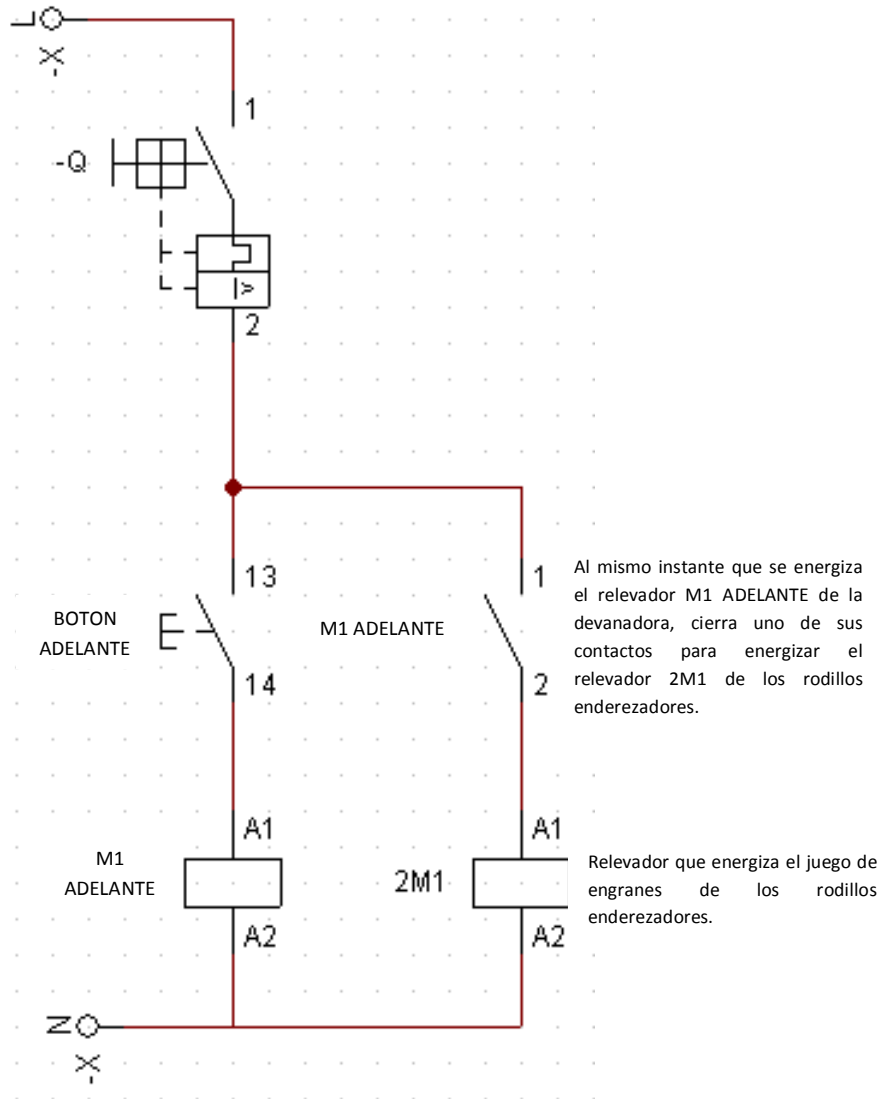


Figura 1.6. Diagrama de Control de los rodillos enderezadores.

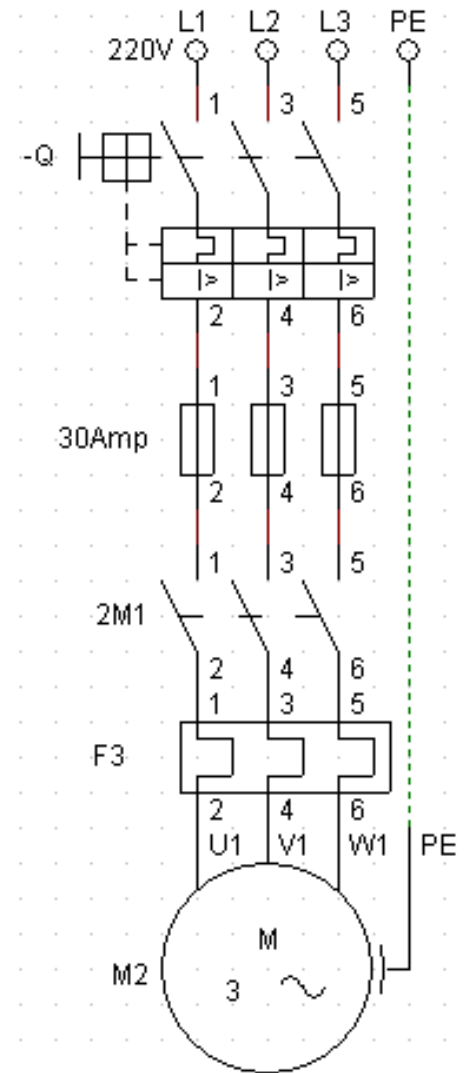


Figura 1.7. Diagrama de fuerza de los rodillos enderezadores.

Cizalla accionada manualmente

Cuando finaliza la etapa del enderezamiento de lámina, el segundo operario se encarga de revisar que la lámina salga perfectamente alineada y que se cubra con cierta longitud para posteriormente avisar al primer operario deje de oprimir el botón que hace girar a los dos motores mencionados anteriormente y se realice un corte en la lámina fijada según la longitud deseada, enseguida el operario las va apilando para que otro operario las lleve al siguiente proceso.



Figura 1.8. Cizalla Manual.

Maquina perfiladora y soldadura

Cuando la lámina es cortada a la medida, en seguida un tercer operario lleva la lámina hacia los rodillos perfiladores, dichos rodillos se mueven por una serie de engranes los cuales van conectados a la flecha de un motor, como se muestra en la figura 1.9. El operario pone en línea la lámina y con el pie en un pedal que activa el motor hasta que la lámina finalice el recorrido por todos los rodillos.



Figura 1.9. Juego de engranes de los rodillos perfiladores.

En seguida pasa por rodillos que van guiando al perfil cilíndrico, los cuales un cuarto operario activa el motor de dichos rodillos, al mismo nivel podemos encontrar la soldadura que va uniendo al perfil, así como se muestra en la figura 1.10. La soldadura es activada por el cuarto operario.



Figura 1.10. Rodillos guía y soldadura.

En las figuras 1.11 y 1.12 se muestra el diagrama de fuerza y de control del sistema semiautomático de la parte de la perfiladora y de la soldadura, un motor representa el juego de engranes que va conectados en los rodillos perfiladores dicho motor va conectado con un contacto que representa el pedal de activación. Por otro lado hay un segundo motor que representa al juego de engranes conectados en los rodillos guía que van direccionando al tubo a que pase por la soldadura, al mismo tiempo y en paralelo va conectado un interruptor que acciona una bobina la cual activa la soldadura.

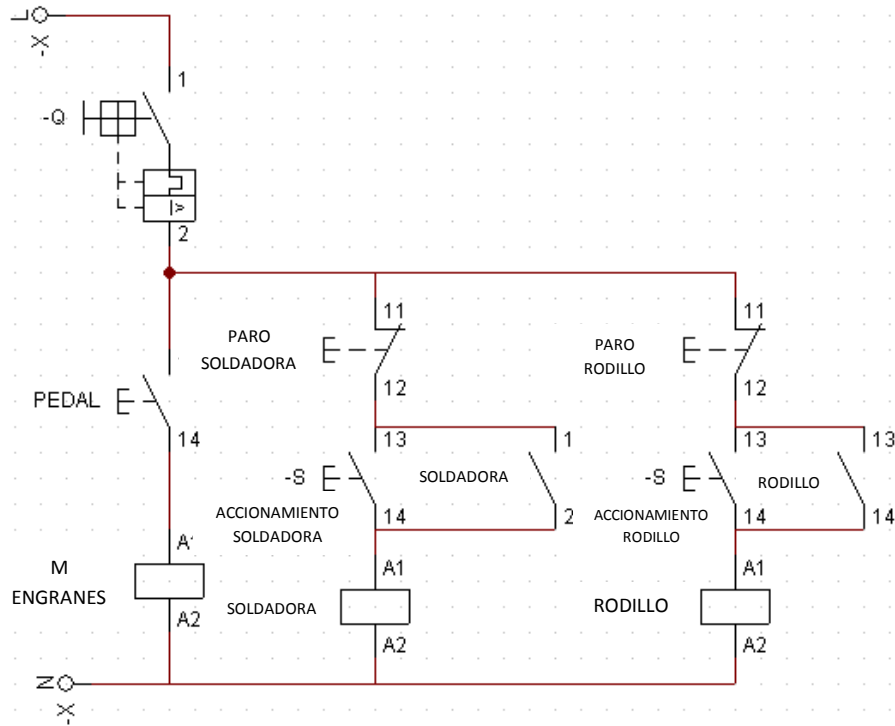


Figura 1.11. Diagrama de control de los rodillos perfiladores y rodillos guía.

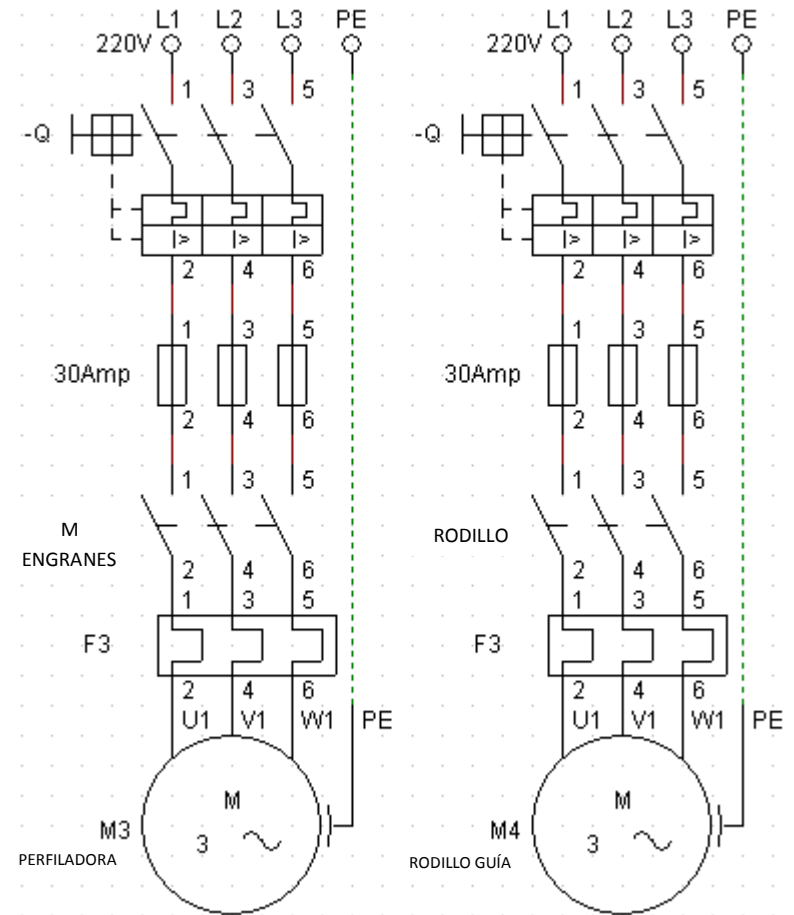


Figura 1.12. Diagrama de fuerza de los rodillos perfiladores y rodillos guía.



Apilado

Ya que el tubo finalice la etapa de soldadura, pasa por un recipiente, lo suficientemente grande para que el tubo quepa. El recipiente cuenta con un refrigerante, el cual hace que el tubo tenga una temperatura ambiente, después un quinto operario saca el tubo del recipiente para acomodarlo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se lee en los antecedentes sobre la explicación del proceso se procede hacer un análisis sobre cada una de las etapas de la fabricación del tubo de acero con costura longitudinal.

En la primera etapa de proceso que es la devanadora, se puede observar que se tiene el inconveniente de que depende de un operador. El operador tiene que estar activo toda la jornada laboral, al mismo tiempo debe estar atento para recibir indicaciones de un segundo operador.

Entrando en la segunda etapa de los rodillos enderezadores se tiene un segundo operario, el cual alinea la lámina para que entre correctamente en los rodillos enderezadores, esto puede ser difícil, ya que no se cuenta con un canal que guíe la lámina hacia los rodillos, esto implica que el personal deba levantar la lámina y posicionarla en la entrada de los rodillos.

En la etapa de corte con la cizalla manual se tienen irregularidades en la longitud de la lámina ya que el corte depende de la vista del operador y este a su vez tiene que dar un aviso al operador de la devanadora, esto hace que la lámina supere la longitud deseada; por otra parte, al momento del corte de la lámina sale con rebaba, haciendo que el operario tenga la precaución adecuada en la manipulación.

En la etapa de perfilado se debe tener un tercer operario que coloque la lámina a la perfiladora y accione el motor de los rodillos, haciendo que el operario tenga coordinación de movimientos y debe mantener presionado el pedal hasta que el perfil llegue al último rodillo perfilador.

En la fase de la soldadura hay un cuarto operario que está atento para encender los rodillos que guían al perfil cuando este llegue a la soldadura, así mismo el operario activa la soldadura, esto trae como consecuencia que el operario en varias ocasiones no active la soldadura en el momento adecuado ya que depende de un cálculo visual.

En la etapa de apilado, un quinto operario tiene la dificultad de sacar el tubo del recipiente para que llegue a ser apilado.



1.2.1 ANÁLISIS DE TIEMPOS Y RECURSOS HUMANOS

El proceso semiautomático genera algunos inconvenientes, lo cual implica que se vea afectado en los costos de producción, es decir que dichos costos sean más elevados ya que requiere más intervención de personal en el proceso, esto trae retrasos en la línea de producción, haciendo que haya tiempos de producción más prolongados.

A continuación se muestra una tabla que muestra el tiempo de manufactura de un tubo de acero en forma semiautomática.

Tabla 1.1 Tiempo de fabricación de los tubos en forma semiautomática

No. de Tubos	Tiempo de fabricación en segundos
1	45
2	90
3	135
4	180
5	225
6	270
7	315
8	360
9	405
10	450
20	900
30	1350
40	1800
50	2250
60	2700
70	3150
80	3600

Como se observa en la tabla 1.1, el proceso de fabricación del tubo es muy tardado, porque en el tiempo de 45 segundos interviene directamente el operador y el tiempo que le toma en trasladarse de la cortadora a la máquina perfiladora y la soldadora para terminar con el proceso este tiempo es un tiempo aproximado porque no tenemos la certeza si el operador a completará las tareas en ese tiempo ya que depende mucho de la maniobra y la habilidad de operación y en solo una hora (3600 segundos) se producen 80 tubos, lo que indica que la producción es muy baja, produciendo elevados gastos de producción y el operador rinda a completando esa cantidad de producto final entonces difiere mucho la cantidad de tubos manufacturados en una hora.



Como se mencionó anteriormente, en este proceso hay una intervención del personal para la supervisión y para la manipulación de la maquinaria utilizada en cada secuencia de proceso, que influye directamente en los costos de manufactura, lo cual implica un pago fijo al personal y algunas veces una indemnización a causa de los accidentes ocurridos dentro del área de trabajo. Los costos de operación por parte de la industria manufacturera de tubos de acero incluye gente calificada para realizar este tipo de trabajo eficientemente y de la manera más práctica para producir las tuberías de una manera rápida y necesaria para evitar desperdicios de materia prima, es decir buscar el personal adecuado para realizar estas tareas implica el costo de operación para cada etapa de proceso y conlleva un pago por ello.

1.3 JUSTIFICACION

Este trabajo de investigación se justifica, con base a investigación sobre el proceso de fabricación de tubo con costura longitudinal, analizando cada una de las etapas del proceso para dar una propuesta viable para la automatización de este proceso. Ya que este en la mayoría de los casos implementados no cuenta con elementos de control que hagan que la producción sea mayor en un tiempo menor, otro aspecto que se toma en cuenta es la seguridad al personal, ya que la mayoría de empresas no cuentan con medidas de seguridad para sus trabajadores, por este motivo se realiza la propuesta de automatización de este proceso, que plantea proponer un sistema sin riesgo para el personal, y esto se logra con la automatización basado en la neumática, electro neumática y controladores lógicos programables.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



2.1 MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE TUBERÍA CON COSTURA LONGITUDINAL.

Existen dos tipos de métodos para la fabricación de tubería con costura longitudinal, a continuación se presentan sus respectivas características.

1. Método de material pre-cortado Máquinas que hacen servir láminas de acero con las dimensiones iniciales. Este tipo de máquinas, o células de conformado, necesita normalmente un sistema de almacenamiento y alimentación para introducir la lámina pre cortada en la máquina. Las velocidades que suelen conseguir estas máquinas suelen estar comprendidas entre 15 y 75 m/min, es importante destacar que esta velocidad es constante, es decir, la máquina no se detiene en ningún momento. Suele ser necesario también un transportador exterior para el perfil obtenido y un sistema de almacenaje posterior. Este método se suele usar para operaciones de bajo volumen o cuando es difícil conseguir el suficiente espacio como para lograr que todo el proceso (tanto la bobinadora, como operaciones externas al perfilado que deban ser incluidas en el perfil) se consiga de forma progresiva mediante una disposición en serie. A menudo el material pre cortado se obtiene de una bobina y una cortadora de lámina externa, que trabajan de forma independiente suministrando la lámina con las dimensiones necesarias para perfilar.

Se trata de un sistema relativamente barato, ya que las opciones complementarias se pueden realizar de forma totalmente independiente, y la máquina cortadora solo necesita una matriz cortante recta de características muy simples. Los inconvenientes de este método es que la logística necesaria para conseguir una buena productividad es bastante compleja, ya que el material realiza saltos de una máquina a otra, y por lo tanto el tiempo perdido en la manipulación de la lámina es bastante elevado. A esto se le debe añadir que, la longitud del producto final como mínimo tiene que ser dos veces la amplitud del perfil, y que es más difícil conseguir tolerancias precisas, por lo tanto es necesario un mayor número de etapas para conseguir el mismo perfil pero usando el método post-cortado.

2. Método de material post-cortado Máquinas que usan una bobina de lámina. Esta lámina entra a la máquina desde una bobinadora de forma continua y el tamaño final del perfil se consigue con el posterior corte del perfil (en una máquina cortadora).

El sistema de pre corte tiende a producir un pliegue en el extremo del perfil mayor que los sistemas con corte posterior. Por esta razón, a pesar que la guillotina del



sistema de post corte suele ser más cara que una usada en máquinas de pre corte, se suele utilizar más el post cortado. [1]

El método seleccionado para la propuesta de automatización del proceso de fabricación de tubería con costura longitudinal es método de pre-cortado por ser el más económico y viable en su implementación.

2.2 DIAGRAMA A BLOQUES PARA EL PROCESO DE FABRICACION DE TUBERIA CON MATERIAL PRE-CORTADO



2.3 MATERIAL

Las tuberías fabricadas de acero inoxidable, son utilizadas principalmente en equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego, su demanda va en aumento, por



ello se opta por la utilización de este material el cual está formado por una aleación de hierro con cromo. Poseen características como una excelente resistencia a la corrosión y al calor. Esta resistencia se debe al cromo, debido a que conserva una gran afinidad por el oxígeno, el cual funciona como una capa pasivadora. La viabilidad de la fabricación de tubería con acero inoxidable se debe a la gran demanda de este producto en diferentes sectores tanto en uso doméstico e industrial. [2]

Acero inoxidable T-304

Este es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases.

Tabla 2.1 calibres de cedulas de acero inoxidable.

Calibre Espesor	25	24	23	22	21	20	19	18		17	16	15	14	13	12	11	10
Pulg.	.020	.022	.025	.028	.032	.035	.042	.049		.058	.065	.072	.083	.095	.109	.120	.134
mm	.51	.56	.64	.71	.81	.89	1.07	1.24		1.47	1.65	1.83	2.11	2.41	2.77	3.05	3.76

Un aspecto importante que se debe de tomar en cuenta es que actualmente en México la mayor parte de maquinaria empleada son de tecnología extranjera, pueden ser tanto europea o americana. [10]

Algunos factores que se deben de tomar en cuenta al hacer la selección de una tubería son: el diámetro, el calibre o cédula, y estas varían dependiendo en el sistema que se encuentren fabricados, el diámetro exterior en PIPE y en DIN es nominal, es decir si una tubería tiene un diámetro de cuatro pulgadas este en PIPE será en el exterior de cuatro y medio y en DIN de cuatro con un octavo, como se observa en la tabla 2.2.

DIAMETROS INTERIORES Y ESPESORES DE TUBERIA Y CONEXIONES SOLDABLES DE ACERO INOXIDABLE							
----	----	CEDULA 5S		CEDULA 10S		CEDULA 40S Y ESTANDAR WT	
Diámetro Nominal	Diámetro Externo	Espesor	Diámetro interior	Espesor	Diámetro Interior	Espesor	Diámetro interior
1/8	.405	.....	.....	.049	.307	.068	.269
¼	.540	.....	.....	.065	.410	.068	.364
3/8	.675	.....	.....	.065	.545	.091	.493
1/2	.840	.065	.710	.083	.674	.109	.622
¾	1.050	.065	.920	.083	.884	.113	.824
1	1.315	.065	1.185	.109	1.097	.113	1.049
1 ¼	1.660	.065	1.530	.109	1.445	.140	1.380
1 ½	1.900	.065	1.770	.109	1.682	.145	1.610
2	2.375	.65	2.245	.109	2.153	1.54	2.067
1 ½	2.875	.83	2.709	.120	2.635	.203	2.469
3	2.500	.83	3.334	.120	3.260	.216	3.068
3 ½	4.000	.83	3.834	.120	3.760	.226	3.548
4	4.500	.83	4.334	.120	4.260	.237	4.026
5	5.563	.109	5.345	.134	5.295	.258	5.047
6	6.625	.109	6.407	.134	6.357	.280	6.065
8	8.625	.109	8.407	.184	8.329	.322	7.981
10	10.750	.134	10.482	.165	10.420	.365	10.020
12	12.750	.156	12.438	.180	12.390	.375	12.000
14	14.000	.156	13.688	.188	13.624	.375	13.250
16	16.000	.165	15.670	.188	15.624	.375	15.250
18	18.000	.165	17.670	.188	17.624	.188	17.624
20	20.000	.188	19.624	.218	19.564	.218	19.564
24	24.000	.218	23.564	.250	23.500	.250	23.500

PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL.				Escala: N/A	
TABLA: 2.2 NORMA AMERICANA				Acot: N/A	
				FECHA: 11-06-2013	
NO. TABLA: 2.2		PAG. 1 DE 1		Revisión: 0	

H.C.S.O.
Design
H.C.S.O.
Process
J.C.T.U.
DR Eng.
J.C.T.U.
DR Tech.

En la tabla 2.2 de norma americana, se puede apreciar el diámetro nominal (d_n) y el diámetro real o diámetro exterior de nuestra tubería; así como los valores para otras partes de la tubería. [4]

A continuación se presenta de forma sistematizada las etapas que necesarias para la realización de la fabricación de tubo con costura longitudinal con material pre-cortado, así como también una descripción de la tecnología utilizada para su control.

2.4 SISTEMA DE ALIMENTACION DE LÁMINA

Normalmente el sistema de alimentación de lámina es mediante fleje o bobina. Por lo tanto será necesario que en el taller, o lugar donde se vaya a hacer servir esta máquina, disponga de una grúa o montacargas para poder manipular las bobinas.

Devanadora

Esta máquina consiste en un mandril expansible que permite encajarse en el diámetro interior del fleje o bobina deseada. Los parámetros de selección básicos son la capacidad de carga de la bobinadora, la anchura máxima y el diámetro máximo de la bobina o fleje que albergará. Algunas de estas devanadoras, como la mostrada en la figura 2.1, presentan una base giratoria y dos brazos. Una bobina puede ser posicionada en un brazo mientras otra bobina está siendo utilizada en el otro brazo, reduciendo el tiempo de cambio de bobina en la devanadora. Este tipo de máquina es ventajosa cuando las bobinas son relativamente pequeñas y la producción requerida es alta, ya que la proporción del tiempo consumido en el cambio de bobinas podría llegar a ser importante dentro del tiempo total de la producción.



Figura 2.1. Devanadora de brazos.

El bucle de lámina es una cantidad de lámina que se deja expresamente para que sirva de reserva, y que de esta forma evitar un estiramiento de la lámina por parte de la máquina enderezadora. Se trata de un parámetro fundamental, y que debe

ser tenido muy en cuenta por el cliente. En la figura 2.2 podemos observar un ejemplo de bucle de lámina.

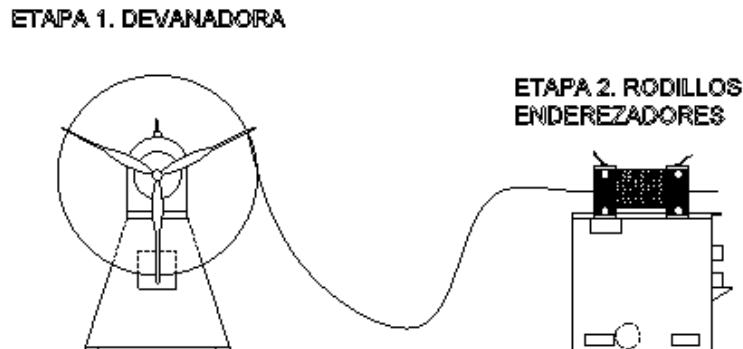


Figura 2.2. Bucle de lámina.

Existe un freno que permite parar el giro de la devanadora en caso de que sea necesario o por un evento inesperado que haga parar de forma repentina la máquina enderezadora. En algunos casos, la devanadora incorpora un sensor que permite limitar la altura de bucle de lámina. Este sensor, situado en el punto donde consideramos que el bucle debe ser máximo, actúa parando la máquina devanadora. Esto permite que no se obtenga un exceso de lámina debido a que la devanadora gire más rápido que lo que la máquina enderezadora necesita. En el caso de que la devanadora sea más lenta que la alimentación de lámina necesaria, y que los tiempos de parada no sean suficientes como para que la devanadora alimente lámina de reserva mientras la enderezadora este parada, será necesario incorporar una antena de contacto en la parte superior de la bobina que de la orden de parar la máquina enderezadora el tiempo suficiente para que la devanadora reponga la cantidad de lámina idónea para el correcto funcionamiento.

El tipo de control explicado obtiene unos resultados óptimos en la mayoría de los casos, aunque en algunos casos, cuando se dispone de suficiente bucle para que el peso sea significativo, es posible hacer servir devanadoras sin motor, más económicas, y que consiguen alimentar el bucle por el propio peso de la lámina. En otros casos, donde el proceso de conformado del perfil es más complejo, será necesario un método de control numérico. Este método es más caro y más complejo, por lo tanto no tendría que ser considerado a menos que fuese realmente necesario. El tipo de devanadora, la altura del bucle, la distancia de este y el número y forma de ubicación de los sensores debe ser estudiado por el cliente para un correcto funcionamiento del proceso en conjunto y, de esta forma, poder disminuir el tiempo de ciclo del proceso. Además de evitar excesivos arranques y paros por parte de los motores involucrados, evitando los inconvenientes asociados a este hecho. [5]

2.5 RODILLOS ENDEREZADORES

Se trata de unos rodillos situados normalmente a la salida de la devanadora que permiten aplanar la lámina. La razón es que en el material existen tensiones y

desigualdades. Las láminas planas y libres de tensiones aumentan la estabilidad de los procesos sucesivos en el mecanizado, con ello se aumenta la calidad del producto final.

Esta etapa en una serie de rodillos situados a diferente altura que obligan a la lámina a hacer cambios de dirección en ellos, obteniendo a la salida una lámina plana por defecto. En la figura 2.3 se puede observar un ejemplo de rodillos enderezadores.



Figura 2.3. Rodillos enderezadores de lámina.

2.6 EQUIPO DE CORTE

La razón de la importancia de un equipo de corte viene debido a que los perfiles son realizados a partir de bobinas o flejes, por lo tanto es necesario cortar la lámina en el tamaño adecuado para conseguir que el perfil tenga la longitud deseada. La mayoría de estas máquinas son de accionamiento neumático o hidráulico de doble efecto, y suelen hacer servir una construcción de tipo cerrada, que permite asegurar una gran rigidez. Es necesario un sistema de regulación de la holgura de las cuchillas. Estas máquinas suelen incorporar un pisador de la lámina, este consiste de un soporte flotante suave que permite sujetar la lámina sin dejar marcas, consiguiendo de esta forma que durante el corte la lámina no presente movimiento que pueda afectar a la precisión del corte.

Para un buen funcionamiento del sistema en conjunto, el control se hace imprescindible. La tendencia es el situar un contador de tiempo que permita calcular la distancia de perfil que llevamos recorrido, tal como muestra la figura, y por lo tanto que de la señal de paro de la máquina enderezadora y la señal de corte a la máquina cortadora. [2]

2.7 RODILLOS PLANOS DE PRESION

En ocasiones, resulta interesante colocar a la entrada de la máquina perfiladora unos rodillos planos de presión. Estos rodillos motorizados, no locos, dan una

ligera presión a la lámina a la entrada de la primera etapa de rodillos, y de esta forma conseguir que la alimentación de la máquina sea más fluida.

La forma es muy simple, son dos rodillos planos regulables en altura, que permiten dar mayor o menor presión sobre la lámina, y de esta forma permitir que la lámina se vea más forzada a entrar en la máquina y evitar de esta forma que pueda doblarse a la entrada de la máquina. En la figura 2.4 se puede observar un ejemplo de este tipo de rodillos.



Figura 2.4 Rodillos planos de presión.

2.8 MAQUINA PERFILADORA

La máquina perfiladora o formadora de tubos es de tipo máquina-herramienta, esta máquina tiene la funcionalidad de dar a la lámina la forma de cilindro.

La máquina perfiladora de lámina en frío más comúnmente usada tiene un número de etapas comprendido entre 5 y 15, cada una de las cuales formada por una pareja de rodillos montados uno sobre el otro. Uno de los lados es ajustable mientras que el otro es fijo. La flexibilidad de esta construcción permite al diseñador utilizar suficientes etapas para satisfacer las necesidades del perfil. En algunas ocasiones se construye la máquina de forma modular; esta disposición permite añadir una longitud adicional a la base, que a su vez, permite añadir etapas adicionales para una posible necesidad futura.

Los pernos roscados que permiten el ajuste vertical de los rodillos superiores suelen ser diseñados con tuerca y contra-tuerca de apriete, que permiten fijar con seguridad la etapa superior. Adicionalmente, existe en el mercado la posibilidad incorporar un micrómetro como se observa en la figura 2.5, que permite ajustar con mayor precisión la altura de los rodillos y una forma de “guardar” un valor de la posición para cada etapa. Facilitando en gran medida el reajuste de la máquina en caso de necesidad. [2]



Figura 2.5 Máquina perfiladora

2.9 MÁQUINA SOLDADORA

La soldadora de tubo por alta frecuencia puede soldar tubos con un rango de diámetro que va desde 15mm hasta 63,5mm. La soldadura por inducción de alta frecuencia, la corriente de soldadura se transmite al material a través de una bobina de trabajo en frente del punto de soldadura (véase la figura 2.6). La bobina de trabajo no hace contacto con el tubo la corriente eléctrica es inducida en el material a través de campos magnéticos que rodean el tubo. Soldadura por inducción HF elimina marcas de contacto y reduce la configuración necesaria al cambiar el tamaño del tubo. También requiere menos mantenimiento para que se suelden los contactos. [3]

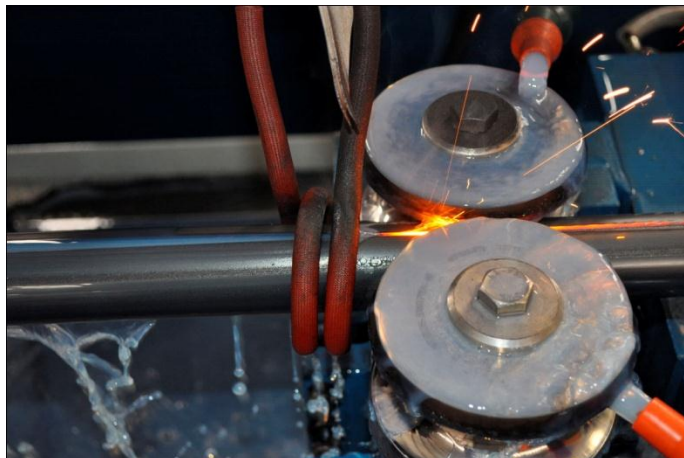


Figura 2.6 soldadora por inducción



2.10 Lubricantes utilizados.

Este lubricante se sitúa a una cierta altura de la máquina perfiladora y es suministrado al inicio de la entrada de la hoja de acero a la máquina mediante el rocío suministrado por una bomba eléctrica. En este caso de vertido hay que tomar medidas para evitar que valla al drenaje, aguas de la superficie o aguas subterráneas. Los métodos de limpieza en caso de vertido son mediante la mezcla de este y su recirculación al proceso y ser eliminado mediante las normativas vigentes de seguridad e higiene. [1]

2.11 SEGURIDAD

Los métodos de seguridad deberán ser acordes con el nivel de peligro y riesgo al que puede estar expuesto el personal. Dichos métodos incluirán todas las precauciones descritas a continuación y todas las medidas de seguridad adicionales según los requisitos de la instalación de una máquina de perfilar, además de las normas de seguridad vigentes en ese momento para la planta o taller. Para obtener más información sobre este punto, se puede consultar las siguientes normas:

UNE-EN 292-2/A1 Seguridad de las máquinas

UNE-EN 292-1 Seguridad de las máquinas

UNE-EN 292-2 Seguridad de las máquinas

2.11.1 Seguridad en zona peligrosa

La zona eminentemente peligrosa donde una persona expuesta presente un peligro o riesgo para su salud o su propia seguridad es la zona de deformación de la lámina, así como la zona de transmisión del movimiento. Para poder proteger al usuario de este peligro se ha pensado en una protección de rejilla metálica. Presenta la capacidad de protección deseada para evitar la interferencia física de cualquier persona, y la capacidad de visualización necesaria para el buen funcionamiento y mantenimiento de la máquina.

Otra zona mecánicamente peligrosa es la zona del motor. Este va ubicado bajo la bancada, para dar la protección deseada y por una cuestión estética, lo que se hace es cerrar exteriormente la bancada, con rejillas suficientes para la ventilación del motor, y con una caja a medida que cubrirá el sistema de transmisión por cadena.



2.11.2 Normas de seguridad en modo automático

Para poder hacer la máquina más segura, se introduce la automatización de la máquina y su funcionamiento. Esto consiste en introducir sensores de puerta abierta, motores en ON, etc. Que permitirán evitar situaciones de peligro para el operario. En el panel de controlador la función de paro de emergencia deberá ser activada cuando exista un peligro real para el personal o para el equipo. Para mayor seguridad es posible incorporar pulsadores de emergencia en diferentes zonas del proceso para facilitar su accesibilidad. Es posible incluir dispositivos de emergencia externos por parte del cliente, pero estos deberán ser conectados siempre cumpliendo con las normas en vigor referentes a los circuitos de paro de emergencia.

Antes de volver a poner la máquina en marcha, se deberá haber determinado el motivo que ha originado el paro y corregir el fallo. Antes de la puesta en servicio de la máquina de conformado del perfil, todos los pulsadores de paro de emergencia o cualquier otro tipo de equipo de seguridad deberán ser comprobados por el operario para asegurar su correcto funcionamiento.

2.11.3 Seguridad durante el mantenimiento e instalación.

Con el fin de prevenir accidentes y daños durante la instalación, se deberá siempre seguir las normas vigentes, así como las instrucciones de instalación y mantenimiento proporcionados por fabricantes.

Durante la fase de mantenimiento o ajuste de los rodillos, los pulsadores de emergencia citados en el punto automático también permiten el paro instantáneo de la máquina. [10]

2.13 MANTENIMIENTO

El mantenimiento de este tipo de proceso es muy bajo, donde se presenta mayor desgaste de trabajo es en rodamientos, los motores de corriente alterna son de bajo mantenimiento, y la maquina perfiladora tan solo hay que vigilar que no se desajusten los rodillos de conformación, evitando de esta forma que no exista una pérdida de calidad del perfil obtenido. Los rodillos, con la utilización suelen ir desgastándose y deteriorándose. En caso de desgaste es posible compensarlo con un ajuste del rodillo horizontal superior haciendo servir los husillos de ajuste vertical. En caso de deterioro se pueden mecanizar y volver a montarse nuevamente en la máquina.

Los rodamientos utilizados requieren grasa. Deben de tener un retén de grasa. Por lo general la grasa sale entre el hueco del retén y del eje, quedando visible a simple vista. De esta forma se simplifica la visualización de la falta de lubricación



en los rodamientos y la consiguiente recarga por parte del operador de la máquina. [5]

2.14 Ventilación necesaria.

El lubricante usado en el proyecto para la deformación de la hoja de acero es nocivo por inhalación o por ingestión. Por lo tanto se destaca que es recomendable que la fábrica debe presentar un sistema de ventilación que permita renovar el aire en la zona de trabajo y en el lugar de almacenamiento del lubricante en stock.

Además de la ventilación es necesario medidas anti incendio y una prevención por inhalación en caso de incendio, ya que produce gases tóxicos por su combustión.

2.15 ESPECIFICACIONES DE OTRAS VARIABLES DEL PROCESO

- **Refrigerante.**

Se puede utilizaría el refrigerante QUINTOLUBRIC 807-WCM. Que es un fluido sintético de base acuosa, especial para refrigerar procesos con soldadura eléctrica, corte y formado de tubos de tubos. La proporción a mezclar con agua es de 1:15.

- **Potencia requerida por los motores eléctricos.**

Los motores de formación y de calibración serán de potencia requerida por el tipo de material que se requiera maquinar. Por la laminadora se procesa una tubería de determinadas dimensiones de grosor y materiales. Por lo que de esta manera se calculara el tipo y tamaño de motor requerido para que se asegure la potencia necesaria para conformar el tubo.

- **Velocidad de formación.**

Con respecto a la velocidad de formación, se utilizaran especificaciones tanto del fabricante de la maquina soldadora y del fabricante del material a maquinar para determinar la velocidad utilizada para conformar el tubo.

- **Potencia de la soldadura.**

Para tener control en los rangos de operación, se está sujeto a especificaciones del fabricante de la máquina de soldar en donde se indique la potencia requerida para cada material, y también en la práctica en campo se va a mejorar esta etapa.

- **Tolerancias del proceso.**

Para predecir las tolerancias de nuestro proceso se requiere un estudio al material después del enderezado, para ver como es el comportamiento del diámetro externo y saber si podíamos cumplir con las especificaciones del cliente.



- **Material de los rodillos.**

Se utilizara el material que es usado más comúnmente para los rodillos el cual es acero para herramientas de alto carbono y cromo (D2) dureza 60 hasta 63 HRC. Con el control de todas las variables del proceso, las dimensiones del tubo conformado y el cumplimiento de las propiedades mecánicas requeridas por la norma, el proceso de producción directo de laminación es completamente factible.

2.16 EL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)

Los Controladores Lógicos Programables (PLC's Programmable Logic Controller) nacieron a finales de la década de los 60s y principios de los 70s. Las industrias que propiciaron este desarrollo fueron las automotrices. Utilizaban sistemas industriales basadas en relevadores (relés), en sus sistemas de manufactura. Buscando reducir los costos de los sistemas de control, la General Motors preparó en 1968 ciertas especificaciones detallando un "**Controlador Lógico Programable**".

Estas especificaciones definían un sistema de control por relevadores que podían ser asociados no solamente a la industria automotriz, sino prácticamente a cualquier industria de manufactura. Estas especificaciones interesaron a ciertas compañías tales como GEFanuc, Reliance Electric, MODICON, Digital Equipment Co., de tal forma que el resultado de su trabajo se convirtió en lo que hoy se conoce como Controlador Lógico Programable. La gran diferencia con los controles por relevador fue su facilidad de instalación, ocupan menor espacio, costo reducido, y proporcionan autodiagnósticos sencillos.

Gradualmente se fue mejorando la idea inicial de los PLC's convirtiéndose en lo que ahora son, Sistemas Electrónicos Versátiles y Flexibles. El Control Lógico Programable es ideal para ser operado en condiciones críticas industriales, ya que fue diseñado y concebido para su uso en el medio ambiente industrial. En la siguiente figura se muestra una aplicación de este dispositivo. [8]

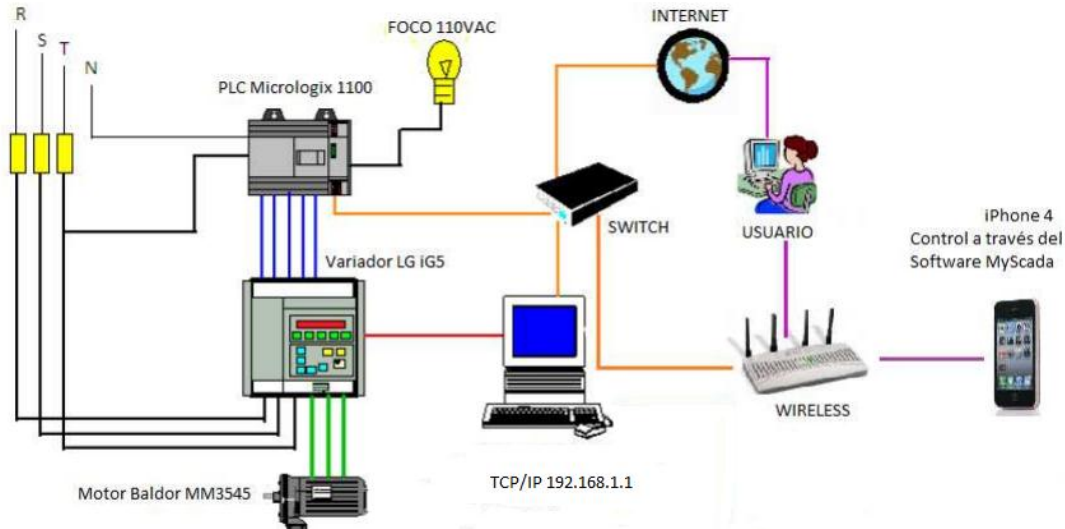


Figura 2.7. Aplicaciones o medios de un PLC.

2.16.1 ¿De qué se ocupan los “Controladores lógicos programables PLC”?

Los cambios que se están produciendo en el mundo del trabajo a partir del desarrollo de procesos de reestructuración tanto en la producción como en los servicios, demandan permanentes procesos de actualización y de capacitación de todos los actores sociales involucrados, como así también el desarrollo de nuevas tecnologías. Hoy, los sistemas informáticos, mecánicos, electrónicos y de comunicaciones (redes y protocolos) se integran entre ellos en un todo armónico y funcional, como un único complejo automático. La automatización –que, en su concepto más amplio, consisten en el control y en la gestión de sistemas automáticos, accionados mediante un conjunto de técnicas y dispositivos particulares se convierte, así, en el fundamento de todos los procesos industriales avanzados y, en consecuencia, en una disciplina de base común a todas las direcciones de especialización profesional. Y, como cada cambio tecnológico modifica notablemente la imagen de estas máquinas automáticas sobre todo, por el efecto de las transformaciones en el campo electrónico, y por el avance de las técnicas eléctricas y electrónicas de control en tecnologías tradicionales como la neumática y la hidráulica, los conocimientos requeridos a quien opera en este sector proyectando, instalando y manteniendo los equipos, asumen el carácter de capacitación multidisciplinar.

2.16.2. Características del hardware.

Se le puede definir como una «caja negra» en la que existen terminales de entrada a los que se conectan pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores, terminales de salida a los que se conectan bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas. La actuación de estos últimos está en función de las

señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado. Esto quiere decir que los elementos tradicionales relés auxiliares, relés de enclavamiento, temporizadores, contadores son internos. La tarea del usuario se reduce a realizar el programa que no es más que la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida. Pero, el manejo y programación de PLC pueden ser realizados por personal eléctrico-electrónico sin conocimientos informáticos.

En la actualidad, la tecnología aplicada en la industria y empresas es el empleo del PLC "controlador Lógico Programable" ya que es un equipo rentable y eficiente, además los circuitos pueden ser diseñados y simulados en el software disponible, por esta razón es importante tener un conocimiento previo de la funciones y elementos con los que cuenta el PLC, además se tuvo que tener en cuenta el modelo de Autómata Programable correcto para que nuestra aplicación funcione correctamente a la hora de la ejecución. Es el módulo lógico, donde se resuelven tareas de instalación, también utilizadas para controles en invernaderos o jardines, para el procesamiento de señales en controles, mediante la conexión de un módulo de comunicaciones, que lleva integrado los siguientes componentes:

- Control
- Unidad de mando
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de ampliación
- Interfaz para módulo de programación (Card) y cable para PC
- Funciones básicas habituales reprogramadas
- Temporizador
- Módulos digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del modelo.

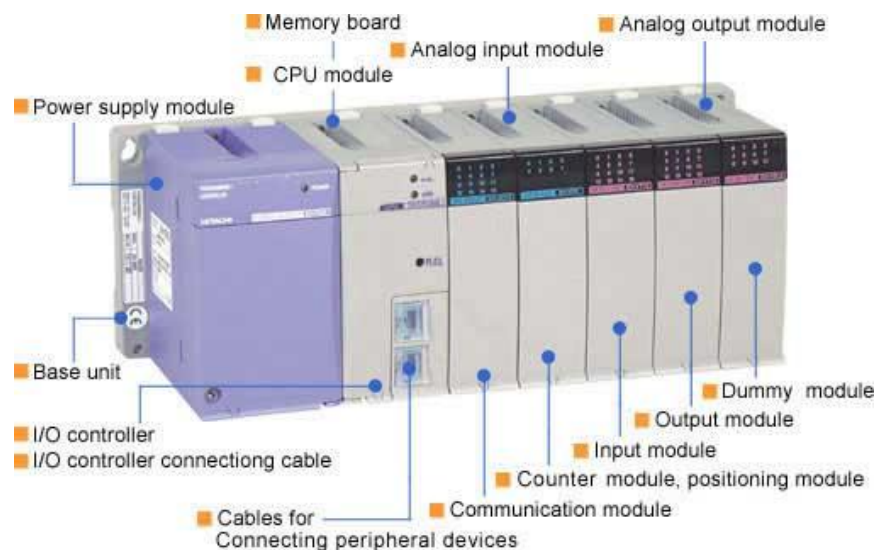


Figura 2.8 Partes del PLC.

2.16.3 Filosofía de operación.

Estructura interna.

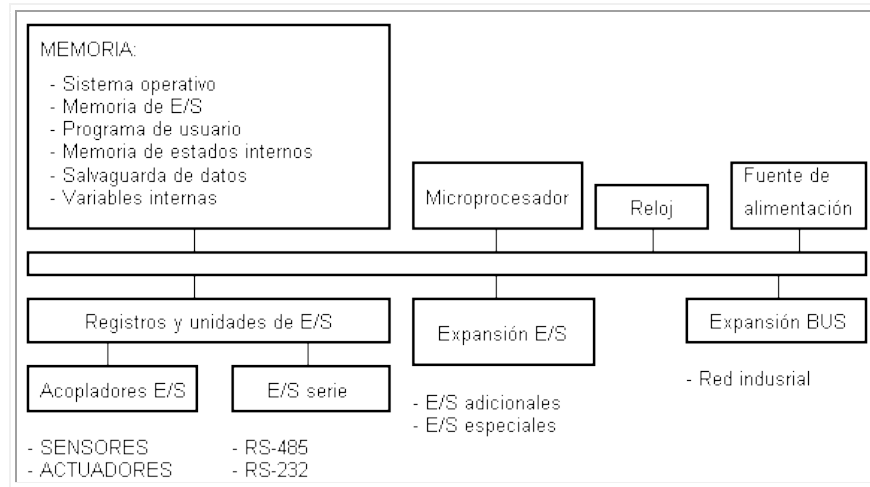


Figura 2.9. Estructura Interna.

Los elementos esenciales, que todo autómatas programable posee como mínimo, son:

- Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos tenemos unos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas conectaremos los sensores.
- Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.
- Unidad central de proceso (CPU): se encarga de procesar el programa de usuario que le introduciremos. Para ello disponemos de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa.

Adicionalmente, en determinados modelos más avanzados, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc.

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU según el tipo de autómatas que utilizemos. Normalmente se suelen emplear opto acopladores en las entradas y relés/opto acopladores en las salidas.

Aparte de estos elementos podemos disponer de los siguientes:

- Unidad de alimentación (algunas CPU la llevan incluida).
- Unidad o consola de programación: que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.



- Dispositivos periféricos: como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- Interfaces: facilitan la comunicación del autómatas mediante enlace serie con otros dispositivos (como un PC).

En los siguientes apartados comentaremos la estructura de cada elemento.

2.16.4 Memoria.

Dentro de la CPU vamos a disponer de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí introduciremos el programa que el autómatas va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador / micro controlador que posea el autómatas.
- Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

Cada autómatas divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

2.16.5 CPU.

La CPU es el corazón del autómatas programable. Es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema (es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema). Sus funciones son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no excede un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Watchdog (perro guardián).
- Ejecutar el programa de usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Chequeo del sistema.

2.16.6 Unidades de E/S.



Figura 2.10. Módulos de PLC

Generalmente vamos a disponer de dos tipos de E/S:

- Digital.
- Analógica.

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario.

Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU (ópticamente o por etapa de potencia). Estas señales se manejan a nivel de byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

Las E/S son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S.

2.16.7 Interfaces.

Todo autómatas, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como un PC).

Lo normal es que posea una E/S serie del tipo RS-232 / RS-422.

A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del autómatas, incluido la programación del mismo, y suele emplearse para monitorización del proceso en otro lugar separado.

2.16.8 Equipos o unidades de programación.



Figura 2.11. Otros módulos del PLC

El autómata debe disponer de alguna forma de programación, la cual se suele realizar empleando alguno de los siguientes elementos:

- Unidad de programación: suele ser en forma de calculadora. Es la forma más simple de programar el autómata, y se suele reservar para pequeñas modificaciones del programa o la lectura de datos en el lugar de colocación del autómata.
- Consola de programación: es un terminal a modo de ordenador que proporciona una forma más cómoda de realizar el programa de usuario y observar parámetros internos del autómata. Desfasado actualmente.
- PC: es el modo más potente y empleado en la actualidad. Permite programar desde un ordenador personal estándar, con todo lo que ello supone: herramientas más potentes, posibilidad de almacenamiento en soporte magnético, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante software SCADA, etc.

Para cada caso el fabricante proporciona lo necesario, bien el equipo o el software / cables adecuados. Cada equipo, dependiendo del modelo y fabricante, puede poseer una conexión a uno o varios de los elementos anteriores. En el caso de los microcontroladores se escoge la programación por PC o por unidad de programación integrada en la propia CPU. [8]

2.17 LABVIEW

¿Qué es LabVIEW?

“LabVIEW es un revolucionario entorno de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de medida y presentaciones de datos. LabVIEW le da la flexibilidad de un potente ambiente de programación, pero mucho más sencillo que los entornos tradicionales”.



2.17.1 Principales usos

En tareas como:

- *Adquisición de datos
- *Control de instrumentos
- *Automatización industrial
- * Diseño de control
- *Diseño embebido1
- *Domótica.

2.17.2 Principales características

Hoy en día, científicos, ingenieros, técnicos y estudiantes utilizan LabVIEW para desarrollar soluciones que respondan a sus interrogantes más exigentes, es por ello que damos fe que su principal característica es la facilidad de uso que posee. También resulta válido para personas con pocos conocimientos en programación, ya que pueden realizar programas relativamente complejos, imposibles para ellos y a veces hasta para uno mismo con los lenguajes tradicionales. LabVIEW posee facilidad de manejo para las siguientes interfaces de comunicación: Puerto serie, Puerto Paralelo, GPIB, USB, PXI, VXI, TCP/IP, UDP, Data Socket Irda, Bluetooth OPC.

LabVIEW posee la capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones: o DLL (librerías de funciones), .NET, ActiveX, MultiSim, Matlab/Simulink, AutoCAD, Solid Works, etc. o Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales, Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos, Adquisición y tratamiento de imágenes, Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior), Tiempo Real estrictamente hablando, Programación de FPGAs para control o validación y Sincronización entre dispositivos.

2.17.3 Hardware de Adquisición de Datos (DAQ)

National Instruments sostiene que: “La adquisición de datos es el proceso de obtener o generar información de manera automatizada desde recursos de medidas analógicas y digitales como sensores y dispositivos bajo prueba. Utiliza una combinación de hardware y software basados en PC para brindar un sistema de medida flexible y definido por el usuario.” Es por lo anterior que los dispositivos DAQ son instrumentos, ideales para una gran variedad de aplicaciones, desde registros de datos simples hasta sistemas integrados, ya que han sido diseñados con el propósito general de medir señales de voltaje. [8]



CAPÍTULO III

INTEGRACION DE LOS ELEMENTOS DE LA AUTOMATIZACION



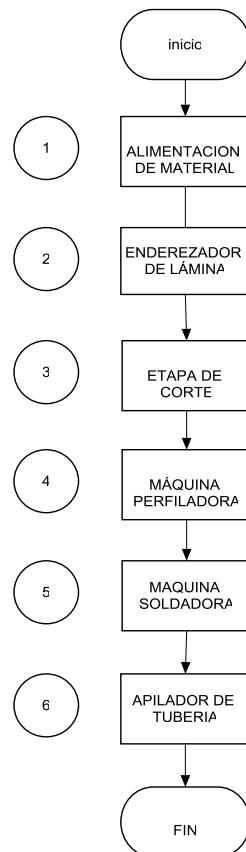
En este capítulo se plantea el desarrollo sistemático de la propuesta para la automatización del proceso de fabricación de tubo con costura longitudinal.

Cabe mencionar que el método utilizado para el desarrollo del proceso es “Slitter” en él la bobina es pre-cortada antes de ingresarla al tren de rodillos que le darán la forma de tubo, en cambio en el proceso de “coiler” la bobina es continua gracias al empate de la misma con la reserva y el proceso de cortado se realiza al final del proceso de laminación.

3.1 Características del material para la formación de tubo con costura longitudinal.

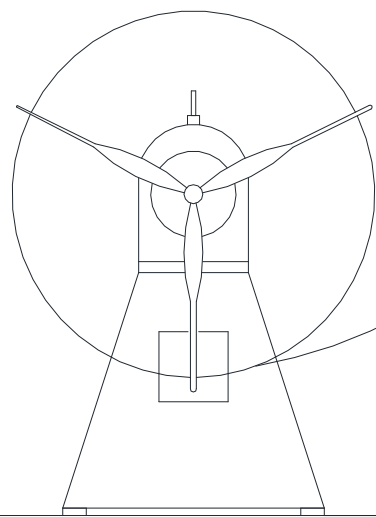
El material con el cual se trabaja en el proceso es mediante bobina o fleje de acero inoxidable t-304, se elige este tipo de material por ser uno de los más usados entre aceros inoxidables, tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura de tipo cedula. El calibre de la lámina de acero es de cedula 16 ya que es la más utilizada en la fabricación de tubería, con este material se puede fabricar tubería desde $\frac{1}{4}$ hasta $4 \frac{1}{2}$ ” de diámetro, el espesor de este material se encuentra en la tabla 2.2. [2]

3.2 DIAGRAMA A BLOQUES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBERIA DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL

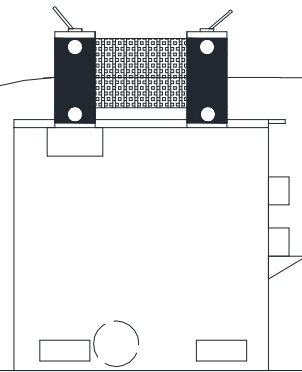


3.3 ESQUEMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBERIA

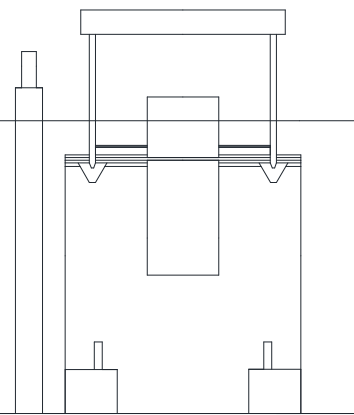
ETAPA 1. DEVANADORA



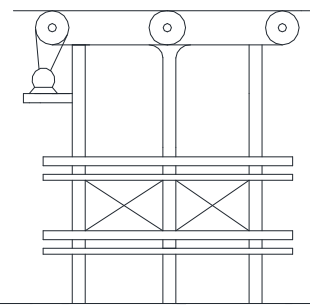
ETAPA 2. RODILLOS ENDEREZADORES



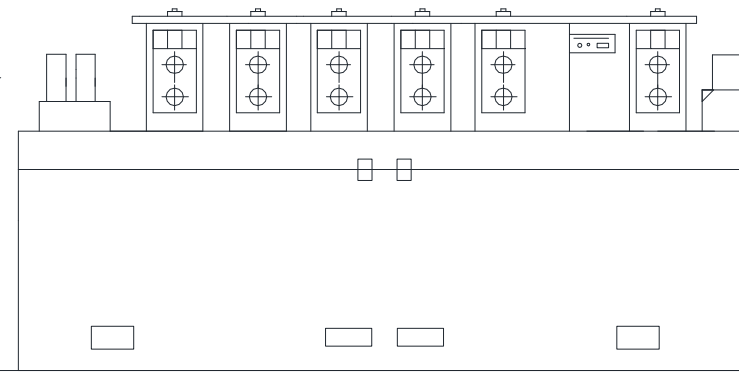
ETAPA 3.
CORTE DE
LÁMINA



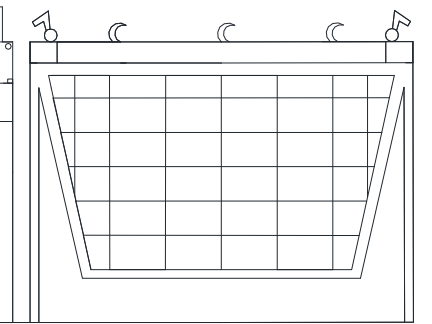
ETAPA 4. BANDA TRANSPORTADORA



ETAPA 5. MÁQUINA PERFILADORA



ETAPA 6. APILADOR



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL.		Escala: N/A
DIAGRAMA: 3.1 ESQUEMA DEL PROCESO DE FABRICACION DE TUBERIA		Acot: N/A
		FECHA: 11-06-2013
NO. DIAGRAMA: 3.1	PAG. 1 DE 1	Revisión: 0

H.C.S.O.
Design
H.C.S.O.
Process
J.C.T.U.
DR Eng.
J.C.T.U.
DR Tech.



3.4 DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

Las dimensiones y tolerancias son de suma importancia, por ser un proceso continuo y ya que no va existir interferencia de algún usuario para la operación directa de las máquinas excepto para cargar los flejes de acero a la devanadora y para el mantenimiento, trae una relación de funcionamiento lógico y confiable de las máquinas en la línea de producción y trae una producción continua sin tener la incertidumbre que haya demoras y errores de fabricación final en las especificaciones solicitadas por el cliente. Sin un estudio previo y un análisis sobre las tolerancias y las dimensiones de las máquinas para el proceso de manufactura sería imprescindible la automatización de la línea de producción, ya que pueden presentarse inconvenientes en la operación, el ajuste, la longitud del tubo solicitado, el estancamiento de lámina suministrada o tubo fabricado, etc.

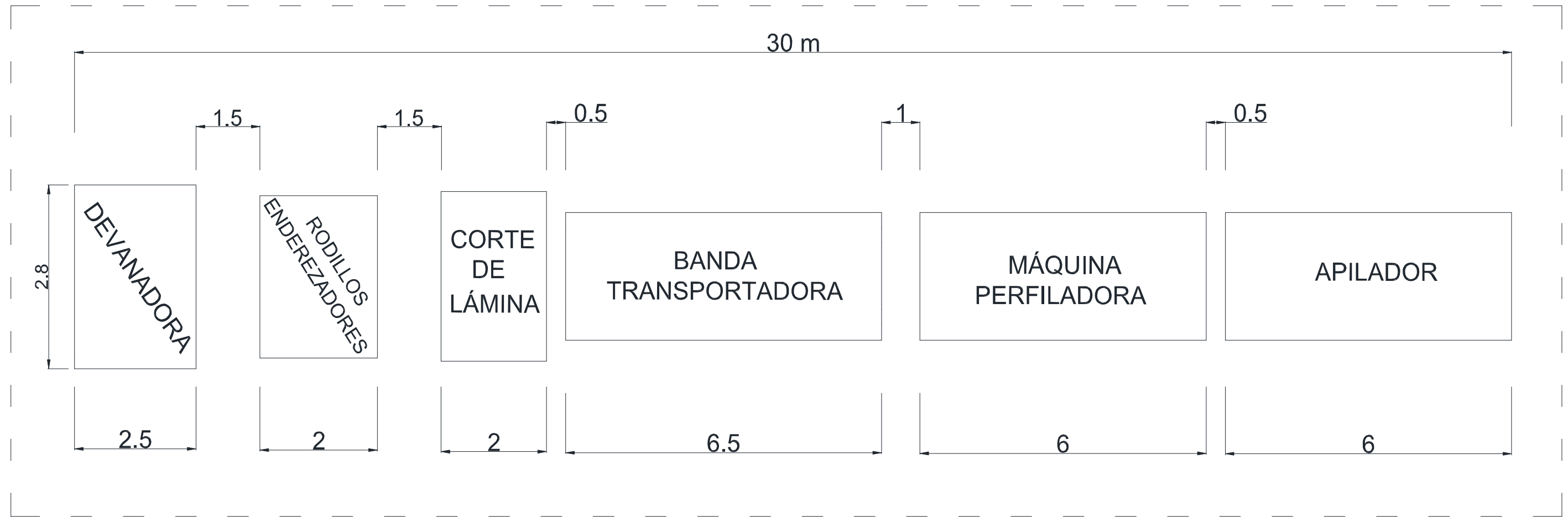
La tolerancia entre la devanadora y los rodillos enderezadores de 1.5m resulta fácilmente perceptible, ya que la devanadora suelta continuamente lámina y el fleje necesita una ondulación de tolerancia hacia abajo antes de entrar a los rodillos enderezadores para que no la jale directamente y surjan inconvenientes como estancamiento de tubos manufacturados en la línea de producción.

La longitud estándar máxima para un tubo de acero de este tipo es de 6 metros, por esa razón la longitud de la banda transportadora, el apilador, la máquina perfiladora y el número de sus rodillos montados tienen una similitud en la dimensión muy significativa en el proceso de manufactura.

La tolerancia de 0.5m entre la cizalla de corte y la banda transportadora tiene una relación en conjunto porque en el momento que tiene lugar la etapa de corte con la cizalla neumática posteriormente entra la banda transportadora para transportarla hasta la máquina perfiladora. La secuencia de funcionamiento para cada una de estas dos etapas de proceso se relaciona directamente con la longitud del tubo fabricado y el transporte de lámina hacia la máquina perfiladora.

La tolerancia de 1m de la banda transportadora y la máquina perfiladora tiene relación con la secuencia previa de corte y el transporte de lámina hasta la entrada de la máquina perfiladora porque en ese mismo momento el transporte de lámina oprime un interruptor de límite que para el motor de la banda transportadora y los rodillos formadores de la máquina perfiladora comienzan a girar y jalan la lámina para formar el perfil cilíndrico.

La tolerancia final entre la máquina perfiladora y el apilador de 0.5m tiene su relación directa entre la longitud estándar máxima del tubo y el rodillo formador a la salida de la máquina perfiladora para rodar por el apilador de tubos terminados. Véase la fig. 3.2 para observar las dimensiones y tolerancias del proceso.



CUARTO DE CONTROL

PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL.		Escala: N/A	
DIAGRAMA: 3.2 DIMENSIONES Y TOLERANCIAS PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL		Acot: N/A	
		FECHA: 11-06-2013	
NO. DIAGRAMA: 3.2	PAG. 1 DE 1	Revisión:	0

H.C.S.O.
Design
H.C.S.O.
Process
J.C.T.U.
DR Eng.
J.C.T.U.
DR Tech.



3.5 DESCRIPCION DEL PROCESO

La automatización del proceso de fabricación de lámina de acero con costura longitudinal propuesto consiste en 6 etapas, cada una de las cuales tiene elementos que tienen la finalidad de agilizar y de tener un control adecuado de el proceso desde la alimentación del material hasta el producto final, estos elementos de control son propuestos tomando en cuenta diversos factores que lo hacen ineficiente y es necesaria su implementación en el proceso.

El proceso parte con la alimentación del material en este caso es acero inoxidable tipo t-304 de espesor cedula 16, el cual está cortado al diámetro de la tubería a fabricar, esta bobina se encuentra en una máquina devanadora , la cual tiene el propósito de desenrollar la lámina para alimentar a la etapa 2 que es el enderezador de lámina aquí es donde se corrigen todo de tipo de deformaciones producidas por el enrollado de la bobina, después pasa a la etapa de corte, aquí se corta la lámina a medida de la longitud de la tubería que se va a fabricar, posteriormente es transportado por una banda transportadora, la cual manda a la lámina a la etapa 4 o maquina perfiladora, en esta etapa se da doblez a la lámina por medio de rodillos mecánicos para lograr dar forma cilíndrica a la lámina, siguiendo el se llega a la etapa 5 máquina soldadora, aquí se une los dos extremos de la lámina doblada para el acabado final de la tubería, de aquí se va a la etapa 6 un apilador que se encarga de llevar un registro de producto terminado y de ir acomodándolo.

3.6 ETAPA 1 ALIMENTACION DE MATERIAL

Devanadora

La devanadora es el inicio del proceso, en el se introduce una bobina de acero, la cual ya esta maquilada a las especificaciones requeridas para la producción, es decir está cortada a la medida del diámetro final de la tubería, aquí es donde se implementa la primera parte de automatización, con el control de un moto reductor de CA, el cual se puede manipular ya sea en forma automática o manual dependiendo de la tarea, este motor tiene la característica de disminuir y controlar las revoluciones mediante un arreglo de engranes. Se elige este tipo de motor para tener una alimentación de material continua y no tener que parar y arrancar el motor cada vez que la lámina llegue a otra etapa. Esta máquina puede ser manipulada tanto de forma manual, al iniciar el proceso para centrar la lámina en la siguiente etapa. Este motoreductor es acoplado al eje de la devanadora para transmitir movimiento.

Tabla 3.1 Características de la devanadora.

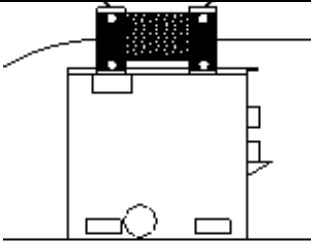
ETAPA 1 ALIMENTACION	IMPLEMENTACION	CARACTERISTICAS
 <p>DEVANADORA</p>	 <p>MOTO REDUCTOR</p>	<p>Diámetro máx/min. Del rollo 1.380/1.070mm.</p> <p>Diámetro máximo del fleje 580/300mm.</p> <p>Velocidad 70 rpm</p> <p>Peso máximo del rollo 3000 kg</p> <p>Potencia del motoreductor 10 HP</p>

3.7 ETAPA 2 ENDEREZADOR DE LÁMINA

Planificadora

El material al estar en la bobina, se deforma, aquí es donde entra la siguiente etapa de control, una vez que se alinea la hoja de lámina a la máquina planificadora, tiene la tarea de planificar de nuevo a la lámina, esto se hace a través de ejercer presión utilizando rodillos sobre la lámina, y hacerla pasar entre ellos, esto se logra mediante el control de un motor trifásico de CA, especificado por el proveedor y la presión ejercida neumáticamente por medio de actuadores.

Tabla 3.2 Características del enderezador de lámina.

ETAPA 2 ENDEREZADOR DE LÁMINA	IMPLEMENTACION	CARACTERISTICAS
 <p>ENDEREZADOR DE LÁMINA</p>	<p>Control automático para controlar un motor que da movimiento a los rodillos.</p>	<p>Programación de comandos necesarios para realizar la tarea de avance simultáneo con el motoreductor de la devanadora.</p>

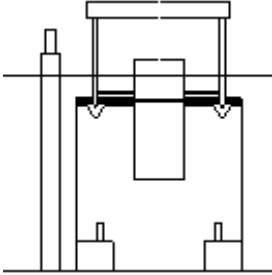

3.8 ETAPA 3 CORTE DE LÁMINA

Cortadora de hoja de lámina

Una vez que la lámina es uniforme, es cortada a una longitud pre-programada, aquí la etapa de control actúa sobre una cizalla que trabaja una vez que la lámina tiene la longitud requerida, la señal es mandada por un contador el cual es

utilizado en este momento para simulación, una vez que la lámina tiene la longitud deseada, se acciona un cilindro neumático, la cizalla es accionada y la lámina es cortada.

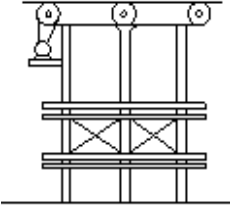
Tabla 3.3 Características de la Cizalla neumática.

Etapa 3 Corte de lámina	Implementación	características
 <p data-bbox="305 758 509 785">Cizalla neumática</p>	<p data-bbox="618 453 992 667">En esta cortadora se realiza el control de dos cilindros neumáticos de simple efecto, por medio de dos electroválvulas mono estables.</p>	<p data-bbox="1015 489 1388 632">2 electroválvulas neumáticas son de 3 vías 2 posiciones con regreso por muelle.</p>
 <p data-bbox="293 1087 521 1115">Sensor de límite</p>	<p data-bbox="618 831 992 1045">Se utiliza un sensor de límite para medir la longitud de la lámina, y así mandar la señal a la cizalla para hacer el corte.</p>	<p data-bbox="1015 867 1388 976">Interruptor de límite normalmente abierto (N.A)</p>

3.9 ETAPA 4 BANDA TRANSPORTADORA

La hoja de acero es transportada a la siguiente operación del proceso, esta es accionada por un temporizador interno cuando sale de la cizalla y se detiene una vez que llega a la entrada de la máquina perfiladora.

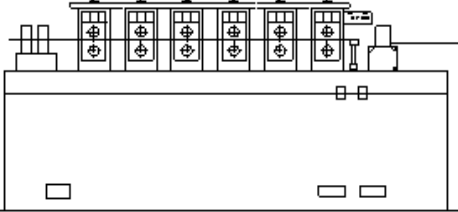
Tabla 3.4 Características de la banda transportadora.

BANDA TRANSPORTADORA	IMPLEMENTACION	CARACTERISTICAS
 <p data-bbox="245 1791 570 1818">BANDA TRANSPORTADORA</p>	<p data-bbox="618 1560 992 1703">En este punto se controla un motor de CA, que da movilidad a los rodillos de la banda transportadora.</p>	<p data-bbox="1015 1560 1388 1629">Control por medio del PLC</p>

3.10 ETAPA 5 MAQUINA PERFILADORA

En esta etapa se controla la máquina perfiladora, esta máquina trabaja mediante un motor que transfiere el movimiento a una distribución de engranes que hacen mover los rodillos mediante tomas de fuerza a una velocidad constante.

Tabla 3.5 Características de la máquina perfiladora.

ETAPA 5 MAQUINA PERFILADORA	IMPLEMENTACION	CARACTERISTICAS
 <p>MAQUINA PERFILADORA</p>	<p>Control de un motor de CA. de forma automática para la formación del perfil.</p>	<p>El motor se controla por medio del PLC.</p>

3.11 SOLDADORA

Tipo de soldadura a utilizar.

El siguiente tipo de soldadura siguiente se propone, por ser común en este tipo de proceso ya que es versátil en cuanto a variaciones de material y de menor precio comparado con otras tecnologías de soldadura, es controlada por un control on-off y no se requiere de mayores requerimientos.

Cabe mencionar que el proceso de unión por ERW que se emplea en este proceso se utiliza para fabricar tubos de hasta 12.7 mm (0.5 in). que es el máximo espesor que la maquina soldadora puede unir sin tener el riesgo de generar faltas de fusión, de hecho el proceso ERW para fabricación de tubería no es aceptado en México para servicio amargo. El producto así obtenido sólo necesitara un tratamiento térmico de normalizado para que puede ser vendido directamente como tubo soldado por resistencia eléctrica. Sin embargo, en el caso de tubos de conducción de gas amargo, que generalmente sobrepasan el espesor antes mencionado. La soldadura ERW se considera solamente como un proceso de punteado, es decir, que su único objetivo es el de mantener el tubo unido, mientras pasa a las máquinas de soldadura por arco sumergido. Este tubo al cual se le aplica el proceso de soldadura por ERW sólo como punteo, no requeriría del tratamiento térmico de normalizado debido a que no es necesario regenerar la micro estructura pero se aplica para aliviar los esfuerzos generados por el proceso de unión, y poder manejarlo en la etapa de corte y seguir sin ningún riesgo de fisura.

Cuando se realiza el proceso de soldadura por ERW. Tanto el flujo de la corriente eléctrica. Como la metalurgia de la soldadura deben analizarse conjuntamente. La corriente para el calentamiento por resistencia es. Usualmente. De alto amperaje y bajo voltaje a 60 hz. De corriente alterna, la cual se introduce mediante dos contactos como se observa en la figura 3.3.

Uno en cada borde de la placa. La corriente sigue la trayectoria de menor resistencia en el acero a lo largo de la "V" desde un electrodo hasta el otro, es decir que el circuito se inicia en el contacto 1. Circula por el borde de la placa hasta llegar al vértice formado en la zona donde se unen los dos bordes para formar el tubo y se cierra en el contacto 2. En las zonas aledañas a cada electrodo se proporciona suficiente corriente como para tomar un corto circuito entre los bordes a unir y el mecanismo de calentamiento es por el efecto skin que conduce al incremento de temperatura en el borde de la placa. A medida que el metal en la zona de unión alcanza la temperatura de soldadura y se acerca al paso final, un par de rodillos angulares aplican una fuerza lo suficientemente alta como para unir y recalcar ambos lados de la placa, con lo que parte del metal forma una rebaba, que posteriormente se elimina con una herramienta de corte al momento de salir del molino.

A la salida del proceso de soldadura por ERW. El tubo es sometido de forma continua a un tratamiento térmico de normalizado o relevado de esfuerzos localizado justo en la región recién soldada. Dicho calentamiento se lleva a cabo por inducción utilizando valores de parámetros que estén de acuerdo con las características de la tubería que se está fabricando.

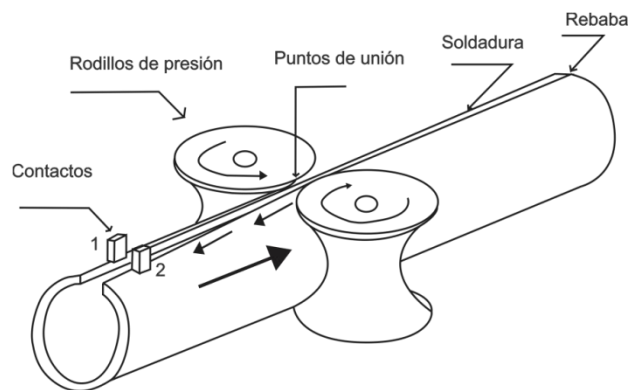


Figura 3.3. Soldadura por ERW.

El proceso ERW emplea una combinación de fuerza y calor para lograr la unión de los bordes de la placa. El calentamiento por resistencia ocurre, como ya se mencionó, mediante el flujo de corriente eléctrica a través de la pieza de trabajo, la cual generalmente está en el circuito secundario de un transformador que convierte alto voltaje y baja corriente de potencia comercial, en alta corriente con


bajo voltaje. El calor generado por el flujo de corriente puede ser expresado mediante la siguiente relación. La corriente de soldadura y el tiempo pueden ser fácilmente medidos, pero la resistencia es un factor complejo y difícil de medir. La que en ella influyen factores como:

- La resistencia de contacto entre el electrodo y la pieza de trabajo.
- La resistencia de contacto entre las piezas de trabajo.
- La resistencia de la pieza de trabajo.
- La resistencia de los electrodos.

La resistencia de contacto es fuertemente afectada por las condiciones de la superficie, tales como limpieza, presencia de óxidos u otros compuestos químicos y por la rugosidad de las superficies. La resistencia de contacto está directamente relacionada con la resistividad de los materiales en contacto. En superficies de condición uniforme, la presión de soldadura se vuelve en un factor muy importante para lograr una buena soldadura, de esta forma, superficies no uniformes y oxidadas, como las que se presentan en el acero, ocasionan un difícil control de energía en la soldadura. Es por lo tanto preferible eliminar estos óxidos química o mecánicamente antes de soldar.

La cantidad de energía requerida para producir una soldadura de resistencia está determinada por varios factores. La zona que se desea soldar (volumen a calentar), temperatura máxima, calor específico de la pieza de trabajo y las pérdidas de calor en el metal cercano a la unión, así como los electrodos, son factores claves. Un incremento en magnitud de uno o más de éstos, requiere el correspondiente incremento en energía para producir la soldadura. [3]

Tabla 3.6 Características de la Soldadora ERW.

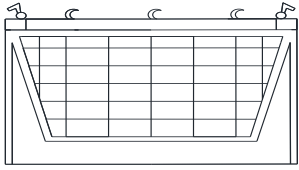
SOLDADORA	IMPLEMENTACION	CARACTERISTICAS
 <p>SOLDADURA ERW</p>	Control automático de la máquina de soldar tipo ERW.	Control por medio del PLC. Características dadas por el fabricante: <ul style="list-style-type: none"> • Potencia de 7,5 kW • Velocidad de giro $n_1 = 1.400 \text{ min}^{-1}$ • Velocidad de salida $n_2 = 37,4 \text{ min}^{-1}$ • Diámetro de salida de 65 mm. La cadena de transmisión presenta las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • Cadena doble de paso 1,5" • relación de transmisión $i = 1,66$

3.12 ETAPA 6 APILADOR

Apilador.

Cuando se ha completado el proceso de soldadura, el tubo es desplazado del bastidor hacia un apilador de tubo terminado. En esta etapa se encuentra un sensor de límite que registra el número de tubos fabricados.

Tabla 3.7 Características del apilador.

ETAPA 6 APILADOR	IMPLEMENTACION	CARACTERISTICAS
 <p>APILADOR</p>	<p>En esta última etapa se implementa un sensor de límite para registrar el número de tubos producidos.</p>	<p>Señal de salida digital</p> <p>Sensor fabricado con acero inoxidable</p>

3.13 SISTEMA DE SEGURIDAD

A lo largo de la línea de producción se han tomado en cuenta aspectos importantes para la seguridad del personal, estas medidas son tomadas en cuenta por la falta de seguridad que existe hacia el trabajador, muchas veces se deja de lado este punto muy importante, es de gran ayuda evitar este tipo de riesgos primero para evitar pérdidas para la empresa como también perjudicar la salud del trabajador.

Se han colocado sensores en distintos puntos críticos del proceso, también indicadores o alarmas para alertar de una posible contingencia.

3.14 PLANTAS AUXILIARES

- **SISTEMA NEUMÁTICO**

Este tipo de sistema tiene la función de suplir a los cilindros situados en la cizalla neumática para el proceso de corte de lámina dentro del proceso de producción.

La neumática es la tecnología que emplea aire comprimido como modo de transmisión de la energía, necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

El aire tiene la propiedad de ocupar todo el volumen de cualquier recipiente. Así podemos encerrarlo en un recipiente con un volumen determinado y posteriormente provocarle una reducción de su volumen usando una de sus propiedades la compresibilidad.

El hecho de comprimirse, se comprime también todas las impurezas que contiene, tales como polvo, hollín, suciedad, hidrocarburos, gérmenes y vapor de agua. A estas impurezas se suman las partículas que provienen del propio compresor, tales como polvo de abrasión por desgaste, aceites y aerosoles, residuos y depósitos de la red de tubería, tales como oxido, residuos de soldadura y las sustancias hermetizantes que pueden producirse durante el montaje de las tuberías y accesorios.

Estas impurezas pueden crear partículas más grandes (polvo +aceite), por lo que da origen a muchas averías y pueden conducir a la destrucción de los elementos neumáticos. Es vital eliminarlas en los procesos de producción de aire comprimido, en los compresores y en la preparación para la alimentación directa en los dispositivos neumáticos. [7]

Los elementos principales que componen un sistema neumático se muestran en la figura 3.4.

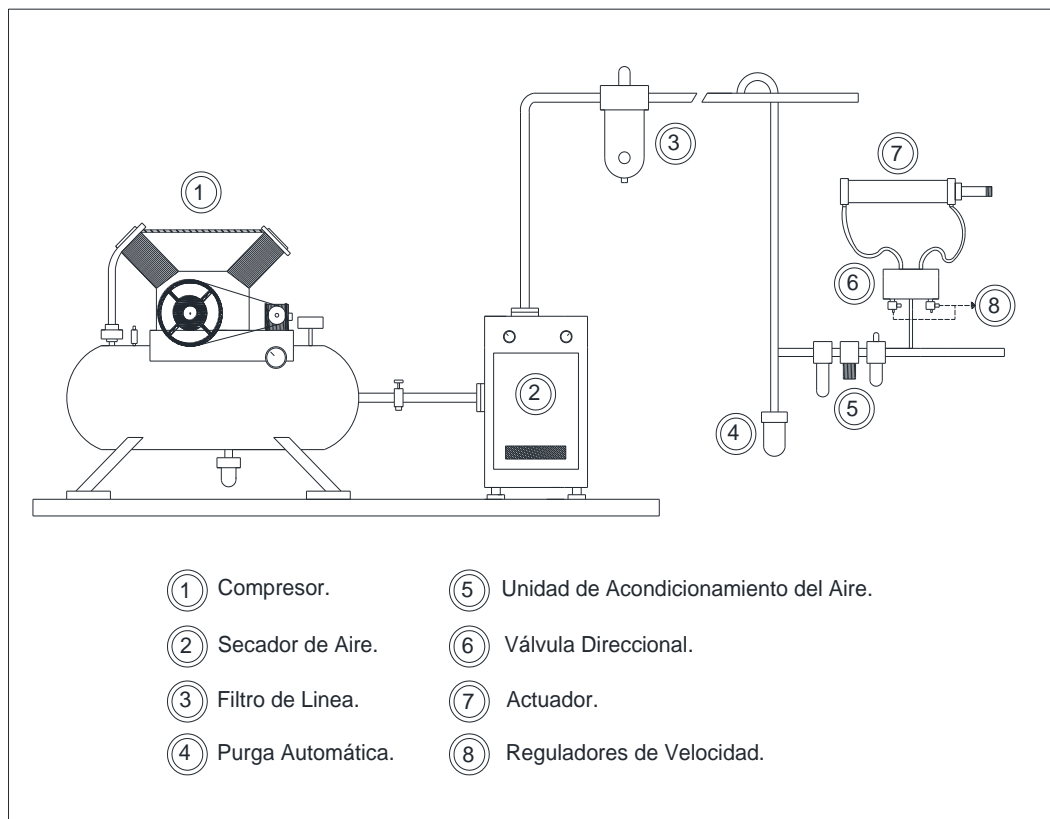


Figura 3.4. Sistema neumático.

Compresor

Lo primero que se tiene en el sistema neumático es el elemento generador de energía en este caso es el compresor, que es una máquina destinada a elevar la

presión del aire que se aspira de la atmosfera, alimentado por un motor eléctrico. Es recomendable instalarlo en una estación o un cuarto cerrado, aislado, fresco, exento de polvo y alejado de toda fuente calorífica.

El compresor cuenta con un acumulador de aire comprimido o tanque, cuya finalidad es adaptar el caudal del compresor al consumo de la red neumática, amortiguar las pulsaciones del caudal de la salida y permitir que los motores de arrastre de los compresores no tengan que trabajar de manera continua, sino intermitente y hacer frente a las demandas punta del caudal sin que se provoquen caídas de presión. El acumulador debe contener un grifo de purga, un manómetro, válvula de seguridad, válvula de cierre y un indicador de temperatura.



Figura 3.5. Compresor.

Tabla 3.8. Consideraciones técnicas para la selección del compresor.

DESPLAZAMIENTO Máximo: 15 p ³ /m	CANTIDAD DE ACEITE 0.5 Litros
REVOLUCIONES POR MINUTO (RPM) 1200	PESO 115 Kg.
PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO 125 PSI	DIMENSIONES Largo: 125 Cm. Altura: 81 Cm. Profundidad: 50 Cm.
MOTOR 3HP	TANQUE Horizontal, 235 Litros



La tabla 3.8 muestra los parámetros a considerar en la selección del compresor, el cual cuenta con un motor eléctrico con una potencia de 3HP, para que el caudal se reabastezca sin demoras ya que el proceso es continuo y el aire tiene que recuperarse en un tiempo muy corto, tiene un tanque con capacidad de 235 litros que de igual forma es para reabastecer de manera rápida en los momentos de mayor consumo, además garantiza un caudal constante y la presión máxima con la que trabaja el compresor es de 125 PSI ya que con esa presión es la adecuada y necesaria para el sistema neumático y para los equipos de trabajo que se ocupan en la instalación.

Después de seleccionar el alimentador o el compresor adecuado para el sistema neumático se sigue con el proceso de preparación del aire comprimido que se clasifica en tres fases: la eliminación de partículas gruesas, el secado del aire y la preparación fina del aire.

En el compresor, el aire se calienta por lo que es necesario montar un equipo de refrigeración del aire después del compresor. Si no se utiliza un compresor exento de aceite, el aire contendrá una mezcla comprimida de aire, aceite y partículas gruesas que deben extraerse mediante un separador o depósito acumulador situado a la salida del compresor.

Secador de Aire

Después de haberse extraído las partículas gruesas provenientes del compresor, el aire pasa por un proceso de secado para conseguir un punto de rocío bastante inferior a la temperatura mínima donde están los equipos neumáticos de utilización.

El secado tiene lugar en el filtro secador, siendo los procedimientos usuales el secado por frío, absorción, membrana y el de adsorción.

El método de secado por frío es el más adecuado para la instalación en el proceso de corte de lámina, ya que es uno de los más sencillos porque no necesita componentes externos para funcionar, no necesita agentes químicos peligrosos y no necesita reemplazo continuo de agentes que detengan la operatividad del proceso de producción.

En el método de secado por frío o refrigeración, el aire disminuye por efecto de un agente refrigerante formándose condensado y disminuyendo así el contenido de agua del aire.



Figura 3.6. Secador de aire.

Tabla 3.9. Consideraciones técnicas para la selección del secador de aire.

TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA	49°C
TEMPERATURA AMBIENTE MINIMA	4°C
TEMPERATURA MÁXIMA DE ENTRADA	66°C
PRESIÓN MÁXIMA	230 Psi
REFRIGERANTE	R134A

Filtro de línea

Su función principal es liberar las impurezas, sobre todo agua condensada. Donde el aire es conducido por una guía que la imprime con un movimiento circular, donde las partículas más pesadas son proyectadas hacia la pared de la cubeta del filtro, donde se precipitan mientras que las partículas más finas son retenidas por el cartucho filtrante, por el cual debe circular aire comprimido en su fluir hacia los elementos de trabajo. El cartucho de filtro debe limpiarse o sustituirse periódicamente. [7]



Figura 3.7. Filtro de línea.

Tabla 3.10. Consideraciones técnicas para la selección del filtro de línea.

MODELO	LF-D-MIDI-AC543
PRESIÓN MÁXIMA	12 bar/180 Psi
FILTRO	40 µm

Unidad de acondicionamiento del aire

- **Regulador:** Se encarga de que la compresión en los elementos de trabajo se mantenga por debajo de un cierto límite y a presión constante, dispone de una válvula de escape que libera aire cuando la presión aumenta.
- **Lubricador:** inyecta unas gotas de aceite de tamaño muy fino dentro del flujo de aire, tiene como finalidad evitar que el aire produzca un desgaste excesivo de los elementos de trabajo. [7]



Figura 3.8. Unidad de acondicionamiento del aire.

Elementos de transporte

Son los encargados de llevar el fluido en los circuitos hasta los puntos de consumo, Es decir son las tuberías de transporte del aire comprimido hasta los elementos de trabajo.

El material debe ser lo suficientemente resistente como para soportar la presión del aire en su interior. Se recomienda el uso de niples y coples de 1/4'' para la red de transporte neumático en la instalación.



Figura 3.9. Niples y coples.

Válvula direccional: Electroválvula 3/2 monoestable

Las electroválvulas resultan del acoplamiento de un sistema electromecánico (solenoides-electroimán de accionamiento) a una válvula de distribución neumática elemental convirtiéndola a una de accionamiento eléctrico. [7]

En el sistema neumático dentro del proceso en la etapa de corte de lámina se utilizan 2 electroválvulas 3/2 monoestables, ya que va a controlarse desde un PLC con la facilidad de ser altamente modificable en la operación y con la ventaja de

que en el proceso se elimina el uso de más salidas y más entradas físicas en el PLC, haciéndolo más simple en la conexión. Se le conoce como monoestable debido a que cuenta con un solo solenoide, y con el accionamiento neumático se comporta como una válvula para el control pasa/no pasa, para alimentar a diferentes líneas de mando y es la más simple para controlar cilindros de simple efecto, su simbología se muestra a continuación:

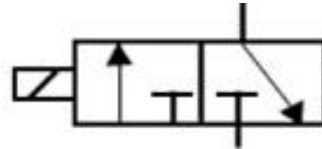


Figura 3.10. Simbología de la electroválvula 3/2 monoestable.

Tabla 3.11. Consideraciones técnicas para la selección de la electroválvula 3/2 monoestable.

FLUIDO	AIRE FILTRADO CON O SIN LUBRICACIÓN
FIJACIÓN	MEDIANTE AGUJEROS PASANTES SOBRE EL CUERPO
ALIMENTACIÓN	24 VCD
CONEXIÓN	ISO 1/4
DIAMETRO NOMINAL	5 mm
PRESIÓN DE EJERCICIO	10 bar (145 PSI)
TEMPERATURA	DE -5°C HASTA 50°C
CAUDAL	1.300 NI/min

Actuador: Cilindro de simple efecto

Este tipo de cilindros realizan un trabajo en un solo sentido, es decir la presión desplaza al embolo o pistón que retrocede por una fuerza externa o un muelle, el retroceso se verifica al evacuar el aire a presión de la parte posterior, lo que permite devolver el vástago a su posición de partida. [7]

La selección de este tipo cilindro en el proceso de corte de la lámina es debido a que como se mencionó en la electroválvula 3/2 monoestable, se usa este tipo de cilindro de accionamiento de simple efecto, por razones de no tener que agregar más módulos de entrada y de salida, por cuestiones económicas. Su simbología es:

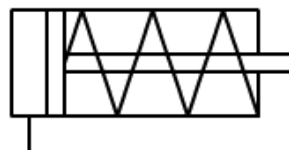


Figura 3.11. Simbología del cilindro de simple efecto.

Tabla 3.12. Consideraciones técnicas para la selección del cilindro de simple efecto.

CONFIGURACIÓN	DE SIMPLE EFECTO
MATERIAL	ACERO INOXIDABLE
CARRERA	1 mm- 500 mm
ESFUERZO	DE 19N- 1870N
DIÁMETRO	32, 40, 50 mm
AMORTIGUACIÓN	FIJA/REGULABLE/AUTOREGULABLE
BRIDA	DE FIJACIÓN

Reguladores de velocidad con silenciador incorporado

Estos componentes se colocan en las conexiones roscadas de los escapes de las válvulas direccionales, cada uno de ellos permite la regulación de la velocidad respectiva de los dos sentidos sin interferir con el circuito de alimentación del propio actuador, son de fácil instalación, económicos y simples.



Figura 3.12. Simbología del regulador de velocidad con silenciador.

3.15 ADICIONES Y MODIFICACIONES.

El objetivo de este proyecto es mejorar en eficiencia y velocidad la producción de tubería de acero con costura longitudinal, esto se logra a través de la adición de diversos elementos eléctricos, neumáticos y de control a lo largo de la línea de producción.

Para poder cubrir de manera satisfactoria las necesidades que se presentan en las diferentes etapas que comprende el proceso es importante contar con un elemento de control, el cual se encarga de manipular de manera secuencial y consecutiva los elementos eléctricos y neumáticos que de tal suerte que se lleven a cabo tareas en tiempo y forma. Para este punto se emplea un PLC de la familia micrologix modelo 1100, dadas sus características es suficiente para poder cubrir las necesidades requeridas en este proyecto.

Una adición bastante significativa para el proceso es la implementación de un HMI, esta herramienta es de gran ayuda para la operación de las diversas etapas de la línea de producción, con esto se pretende que el operario tenga dominio completo del proceso en un solo punto o tablero de control, arrancando y parando a voluntad ante una posible falla o eventualidad de la maquinaria o intervención de un operario. El HMI se lleva a cabo utilizando el software de National Instruments llamado LabView, el cual tiene interacción directa con el elemento de control que



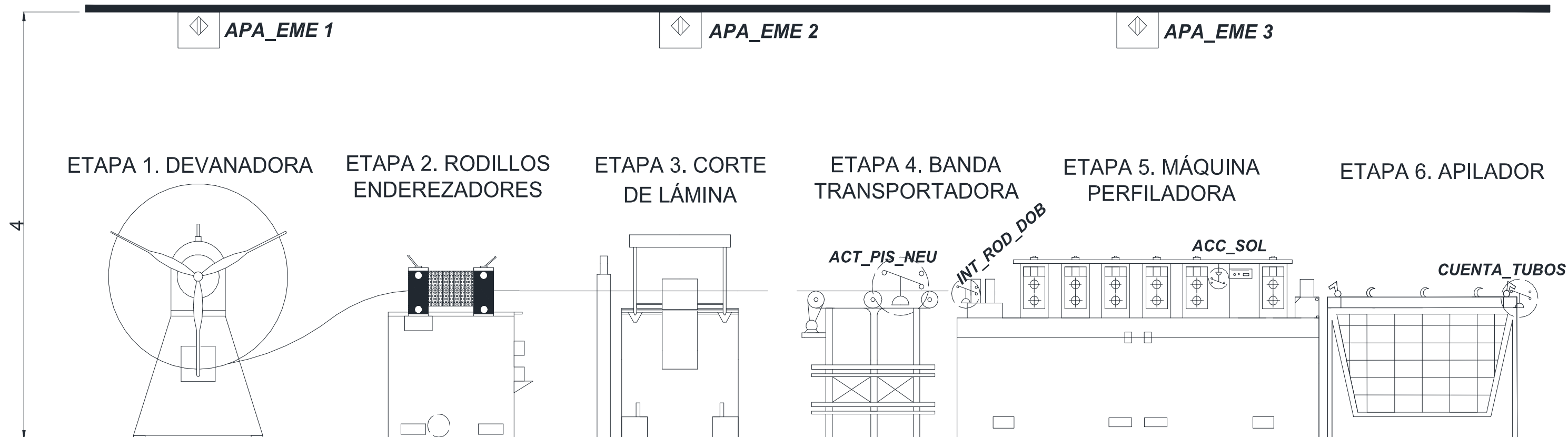
en este caso es el PLC sin necesidad de incorporar elementos externos para su acoplamiento.

Es importante señalar la mejora en la cizalla donde se ha dejado por completo la operación manual dando lugar a una operación automática, esto es posible a la implementación del equipo electro neumático controlado por el controlador lógico programable PLC, en esta etapa se utilizan dos cilindros neumáticos de simple efecto que cumplen con la función de sujetar y cortar la lámina con la longitud requerida por el cliente, estos cilindros son manipulados por electroválvulas monoestables 3/2 para cada cilindro respectivamente, recibiendo la señal de accionamiento por medio del programa del PLC.

Otra cosa muy importante que se debe de tomar en cuenta es que a lo largo de la línea de producción se debe tener señales de entrada y salida para enviarlas a nuestro controlador lógico programable y realice las operaciones necesarias para el control secuencial del sistema y así cumplir con el objetivo, estas señales de entrada y de salida se obtienen a través de los sensores de límite y de presencia colocados de manera estratégica en puntos distintos a lo largo de la línea de producción. Los sensores de presencia están colocados a 4 metros por encima de la línea de producción, por medio de una canalización aérea como se muestra en la imagen de la parte de abajo. Los 3 sensores están colocados uno arriba de la devanadora, otro arriba de la cizalla neumática y el otro arriba de la máquina perfiladora, están conectados en serie para detectar la presencia de personal y se comporte como un circuito abierto para poder parar la línea de producción por cuestiones de seguridad tanto de los equipos como la del personal dentro de la planta.

Por otro lado, los sensores de límite están colocados de manera que cuando la lámina entre a la línea de producción por medio de los elementos, oprima su contacto para accionar directamente los actuadores dentro del proceso, como lo son motores eléctricos y cilindros neumáticos.

A continuación se muestra la localización de los sensores de límite (ACT_PIS_NEU, INT_ROD_DOB, ACC_SOL, CUENTA_TUBOS) y de los sensores ópticos (APA_EME 1, APA_EME 2, APA_EME 3).



 **INTERRUPTOR DE LIMITE**
 **SENSOR ÓPTICO**

PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL.		Escala: N/A	
DIAGRAMA: 3.13 LOCALIZACIÓN DE LOS SENSORES		Acot: N/A	
		FECHA:11-06-2013	
NO. DIAGRAMA: 3.13	PAG. 1 DE 1	Revisión:	0

H.C.S.O.
Design
H.C.S.O.
Process
J.C.T.U.
DR Eng.
J.C.T.U.
DR Tech.



3.16 AJUSTES Y PRUEBAS.

Los ajustes se efectuarán tras realizar una pieza de prueba, y serán tanto más fáciles cuanto mayor sea la precisión de las medidas y calibraciones de las máquinas. En la preparación de la bobina, existen ocasiones en que después del montaje y ajustes de las partes, se debe recalibrar puesto que los flejes se producen fuera de tolerancias permitidas y especificaciones definidas.

3.17 VARIABLES DEL PROCESO.

En el proceso de laminación el material es formado progresivamente a medida que pasa de una estación a otra. Las variables que inciden en el proceso operacional son las siguientes: potencia requerida, velocidad de formación y tipo de lubricante.

Estos parámetros son determinados por el espesor, tipo de material, complejidad de la forma del larguero, acabado superficial y precisión en las tolerancias, así como también por los fabricantes de la maquinaria seleccionada

3.18 MANDO PRINCIPAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

Los controladores principales y los sistemas eléctricos asociados se encuentran en una cabina de acero ventilada que puede colocarse en cualquier lugar conveniente a una distancia razonable de la línea de proceso de formación de tubos con soldadura longitudinal.

3.19 UBICACIÓN DE CONSOLA OPERACIÓN Y CONTROL.

La consola principal de operaciones se encuentra localizada cerca de línea de proceso y permite al supervisor u operador el controlar distintos aspectos de la formadora: control de motores eléctricos, control del motor de la máquina soldadora y otros controles Neumáticos, requeridos para la operación de la formación de tubo. La consola de operación se coloca en una posición donde el operador pueda observar todas las operaciones claves y asegurar que las distintas operaciones están trabajando en forma segura y efectiva. La consola de operación consta de un botón de emergencia que permite detener la máquina de forma inmediata.

3.20 VELOCIDAD DE FORMACIÓN.

Uno o más de los siguientes puntos pueden influenciar en la velocidad de formación, en este caso es necesaria la calibración en conjunto tanto de maquinaria como de programación. Los siguientes aspectos son considerados por el fabricante de maquinaria, con base a ellos se desarrolla la implementación.



- Composición del metal
- Limite de fluencia o dureza del material a trabajar.
- Espesor del material a trabajar.
- Complejidad del proceso de formación.
- Acabado y longitud final.
- Número de estaciones de rodillos
- Uso de lubricante (Refrigerante).

3.21 LUBRICACION.

Previene que el rodillo se desgasten por el metal, mejoran el acabado superficial y prolonga la vida útil de los rodillos. También previenen el sobrecalentamiento de los rodillos y del metal a trabajar, cuando los rodillos se sobrecalientan su vida útil se ve acortada. Si el material se sobrecalienta puede pandearse o doblarse. Aceites solubles (mezclado en proporciones de 1 a 12 con agua) es lo más usado como lubricantes. Es usualmente bombeado desde una fosa a través de un conjunto de mangueras a lo largo de todas las estaciones del laminador. Los lubricantes tienen que ser no tóxicos, no corrosivos para el metal que está siendo formado (así como también para el rodillo y otros componentes de la máquina) y de fácil remoción por un sistema de limpieza.

En esta etapa se utiliza una bomba hidráulica accionada por un motor de CA, que se encarga de bombear de un depósito subterráneo el lubricante necesario para proteger rodamientos, una vez utilizado es regresado por gravedad al depósito.

También es importante lubricar todos los rodamientos de las distintas máquinas que conforman el proceso para prolongar la vida útil y no forzar la maquinaria.

3.22 ALTERNATIVAS DE PROPUESTA

Esta propuesta tiene un gran número de alternativas ya que es la base para llevar a cabo la fabricación de un gran variedad de perfiles, tanto de tamaños como de materiales, esta propuesta puede convertirse más adelante si el cliente lo requiere en un proceso de producción con costura longitudinal con más etapas para la producción de tubería con distintas características y materiales, por ejemplo agregar una máquina de recocido, galvanizado, o el tratamiento que requiera el material que se esté maquinando.



CAPÍTULO IV

PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN

4.1 COMUNICACIÓN SERIAL UTILIZANDO PLC MICROLOGIX 1100

El software RSLogix 500 es el software destinado a la creación del autómatas en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógico de escalera (Ladder). Existen diferentes partes dentro de la aplicación, las más importantes son: el editor Ladder, el panel de resultados (donde se genera la lista de errores por medio del verificador de proyectos) y el árbol de proyectos mediante el cual se manejan todas las posibilidades existentes. [9]

A continuación se explica el procedimiento para generar un nuevo documento en RSLogix 500. Se procede a buscar el programa RSLinx Classic, ya que este programa ayuda a dar de alta al PLC Micrologix (Véase la fig.4.1).

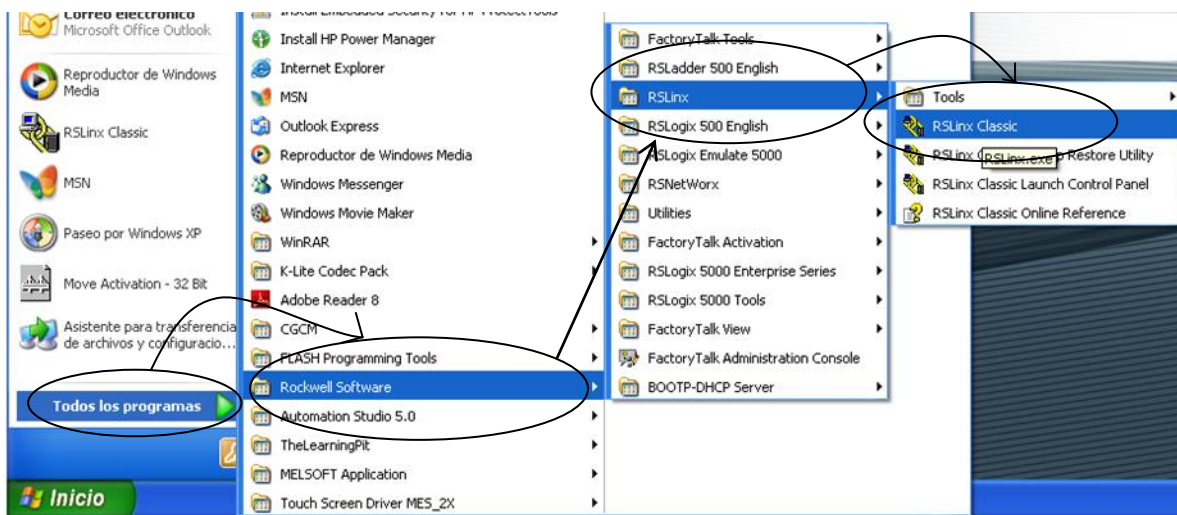


Figura 4.1. Búsqueda del Programa RSLinx Classic.

Una vez abierto el RSLinx Classic se abre una ventana como la que se muestra en la figura 4.2.

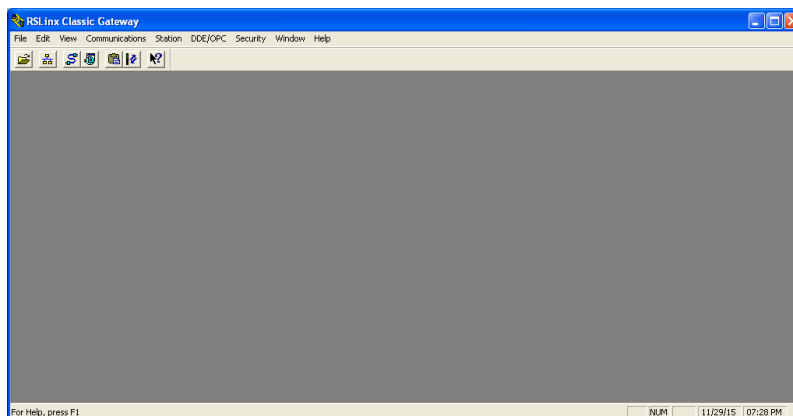


Figura 4.2. Ventana de RSLinx Classic.

En la barra de herramientas se hace clic en la opción de comunicación y enseguida en la opción de configuración de controladores (Véase la fig.4.3).

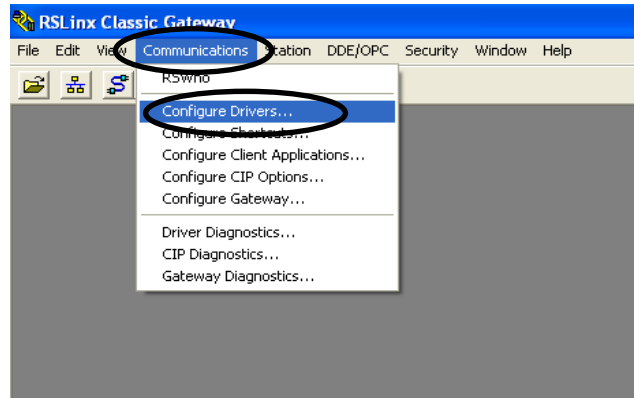


Figura 4.3. Opción de configuración de controladores.

Una vez hecho clic en configuración de controladores saldrá una ventana la cual sirve para seleccionar la forma en que se conectara el PLC en este caso será a través del cable RS-232 (Véase la fig.4.4).

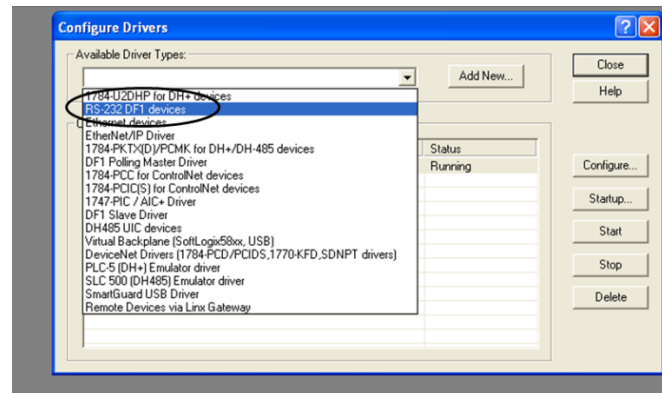


Figura 4.4. Opción de conexión del PLC con cable RS-232.

Una vez seleccionado el tipo de cable, dar clic en el botón de Add New, se aparece una ventana como la que se muestra en la figura 4.5, en el cual se pondrá un nombre cualquiera, en este caso se pone el nombre del proyecto, después se da clic en OK.

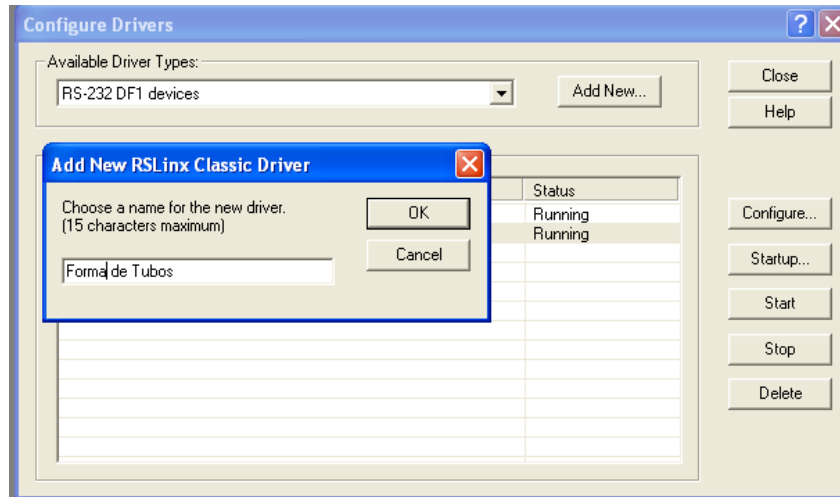


Figura 4.5. Nombrar Proyecto.

Posteriormente se abre una ventana (Véase la fig.4.6) en la cual se configura el cable, en este caso se da Auto Configure. Esto es para que el programa reconozca la línea y así mismo reconozca la conexión al PLC, teniendo la autoconfiguración exitosamente, por último se da clic en OK. Y se cierra la ventana.

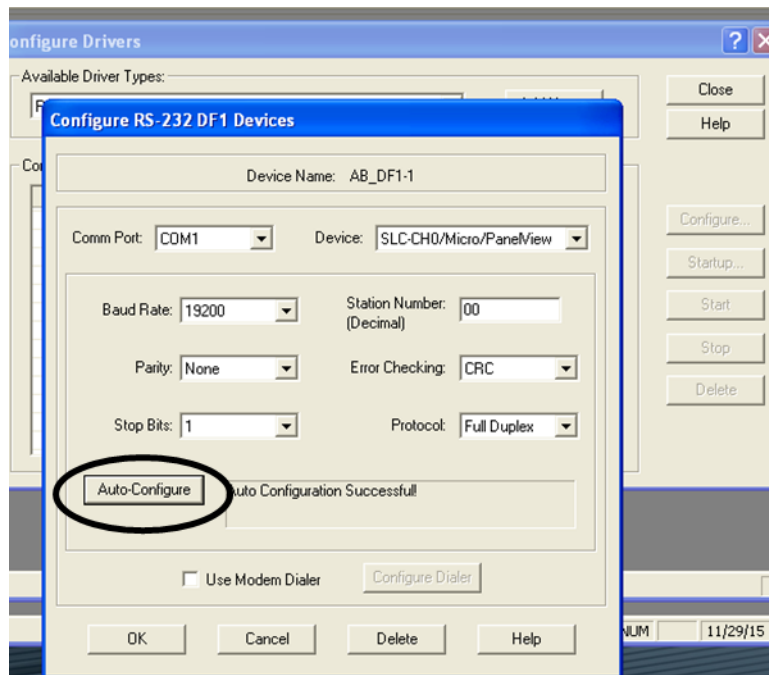


Figura 4.6. Nombrar el Proyecto.

Al terminar la autoconfiguración se confirma en la opción de RSwho que se dé de alta el PLC, si el PLC se muestra así como se ilustra en la figura 4.7, es indicación de que esta dado de alta en forma segura.

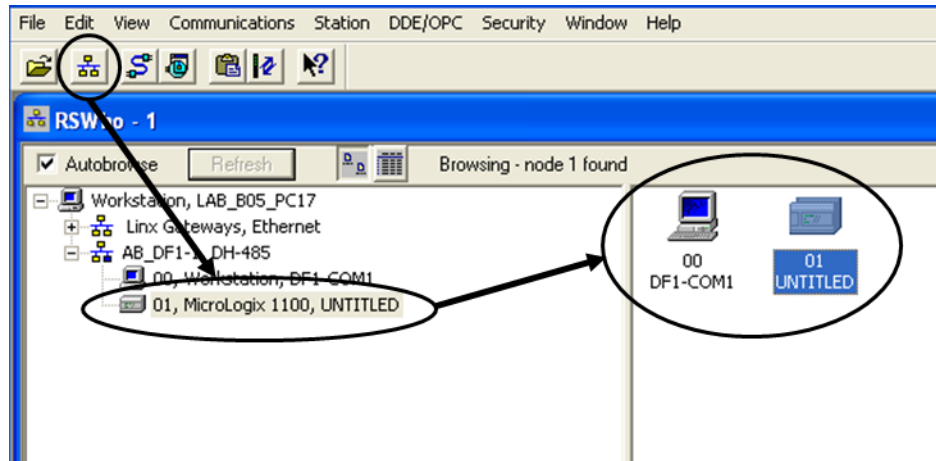


Figura 4.7. PLC dado de alta en forma segura.

Después de dar de alta el PLC. Se abre el programa RSLogix 500 y se tendrá una ventana como la que se muestra en la figura 4.8.

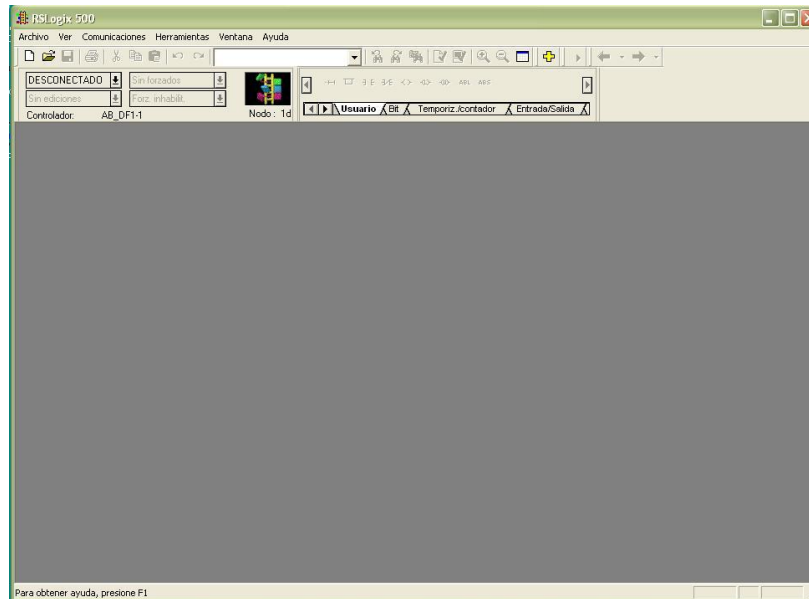


Figura 4.8. Ventana de apertura después de dar de alta el PLC.

Al iniciar un nuevo proyecto con el RSLogix 500 se debe especificar el tipo de autómatas utilizado y la red de comunicación a la que pertenece, en este caso es el Micrologix 1100 (Véase la fig.4.9).

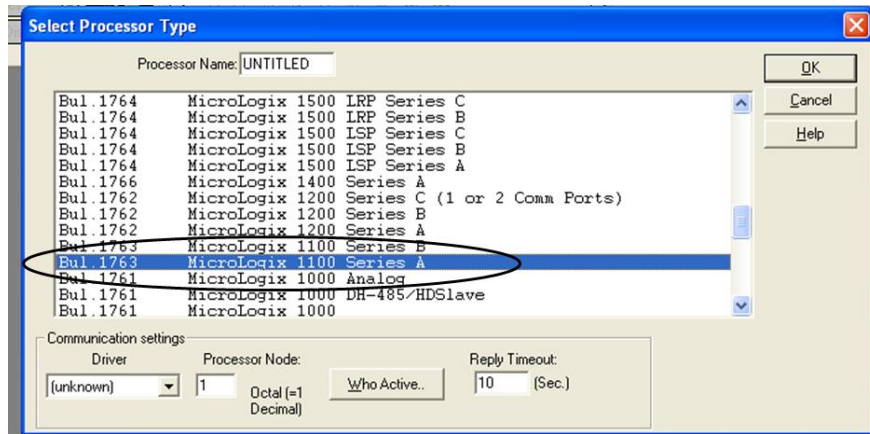


Figura 4.9. Selección del autómeta Micrologix 1100 con serie A.

Después de seleccionar el tipo de PLC se abre la ventana de trabajo (Véase la fig.4.10), en donde se comienza a programar.

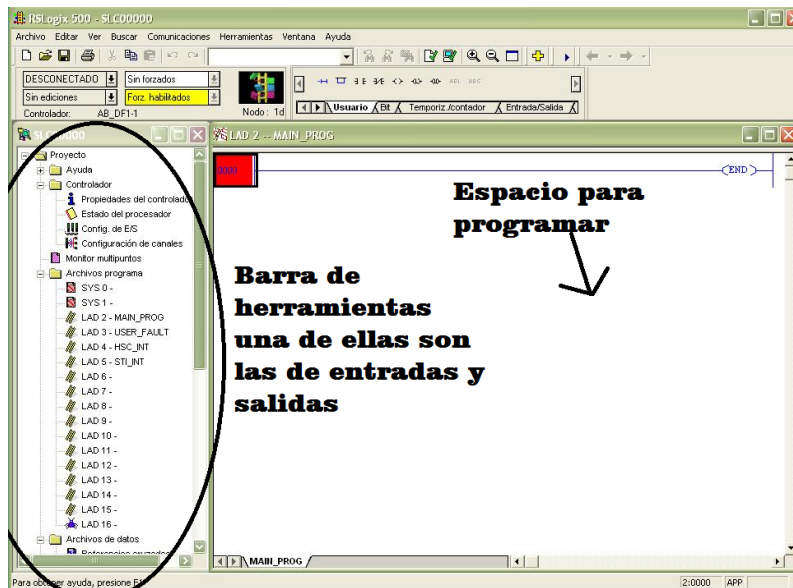


Figura 4.10. Ventana de trabajo.

4.2 Desarrollo de la programación

A continuación se explica de forma general la secuencia de programación que se realiza para el análisis de este trabajo.

En la programación están integradas contactos en forma de bit con las iniciales HMI no se explicaran esos contactos, ya que esos contactos son iguales que los físicos la única diferencia es que los contactos con HMI son la interfaz que se hace con el software LabView, es decir que el programa se puede operar de forma virtual. En las líneas de la cero a la dos se muestra la parte del control ON-OFF del motor de la devanadora ya que representa su arranque en sentido horario y

anti horario así como su paro normal y su paro de emergencia por si hay alguna contingencia que se pueda generar en el transcurso del proceso y así poder proteger en primer instancia al personal y en segundo lugar el equipo. Cabe mencionar que el motor a controlar es un motor trifásico de CA el cual desarrolla la función de avance y retroceso para el momento del ajuste inicial, alinear la hoja de acero para introducirla a la planificadora del material, y posteriormente el avance continúa en el desarrollo del proceso, también la línea cero cuenta con la desactivación del motor del fleje cuando se está cortando la lámina (Véase la fig.4.11).

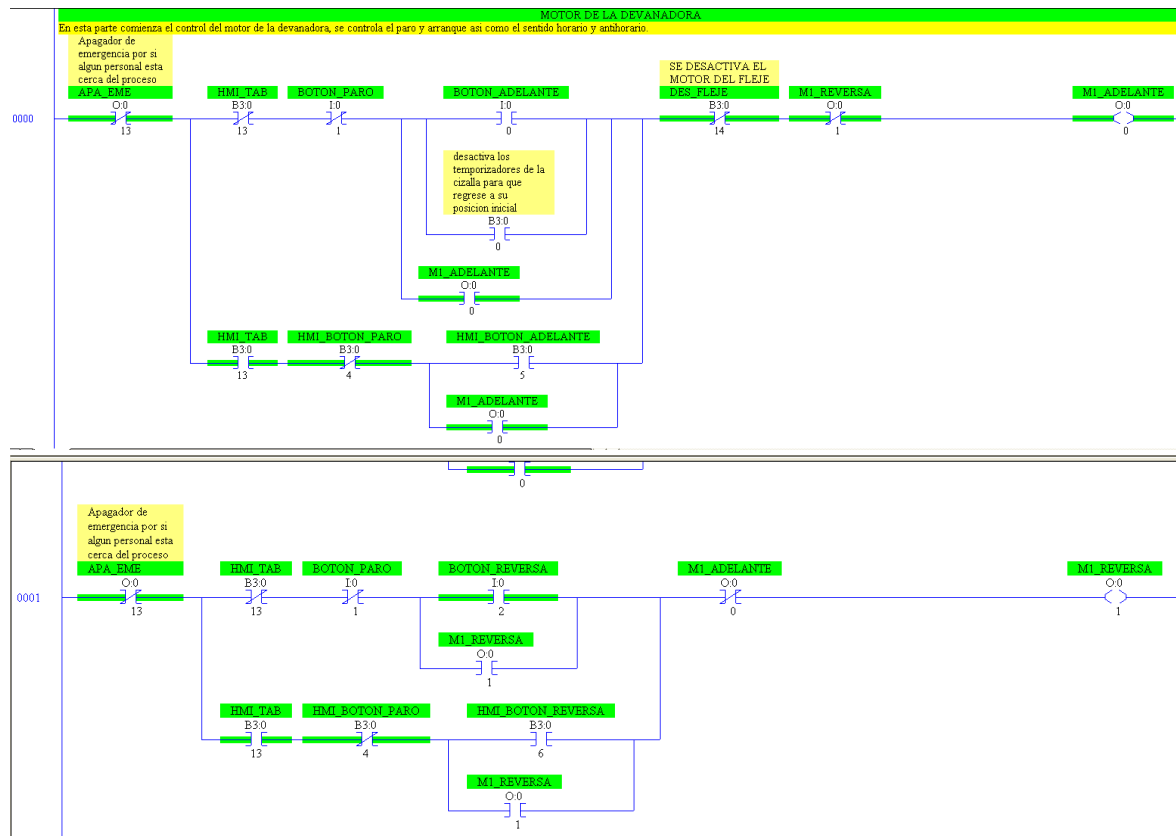


Figura 4.11. Bloque de programación para la devanadora.

En las líneas de la dos a la cuatro se introducen indicadores luminosos los cuales indican la función que se está realizando en la devanadora (sentido horario, anti horario así como paro total del motor). Véase la figura 4.12.

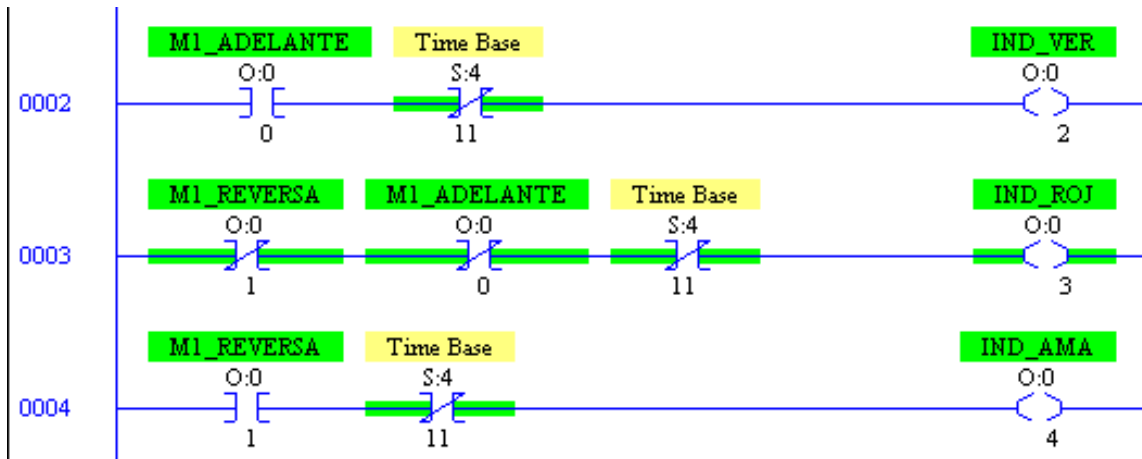


Figura 4.12. Bloque de programación para los indicadores luminosos.

En la línea número cinco se muestra el código del motor de los rodillos enderezadores, el cual activa un motor por medio de un interruptor de tacto cuando pasa la lámina por el primer rodillo enderezador. En la misma línea podemos encontrar una entrada normalmente cerrada que representa el paro de emergencia y otra entrada normalmente cerrada la cual representa al interruptor de contacto que activa los pistones que sostiene la lámina para ser cortada este contacto se abre para detener el motor de los rodillos aplanadores (Véase la fig.4.13). Esta etapa es importante porque el material al estar enrollado en la devanadora tiende a deformarse.

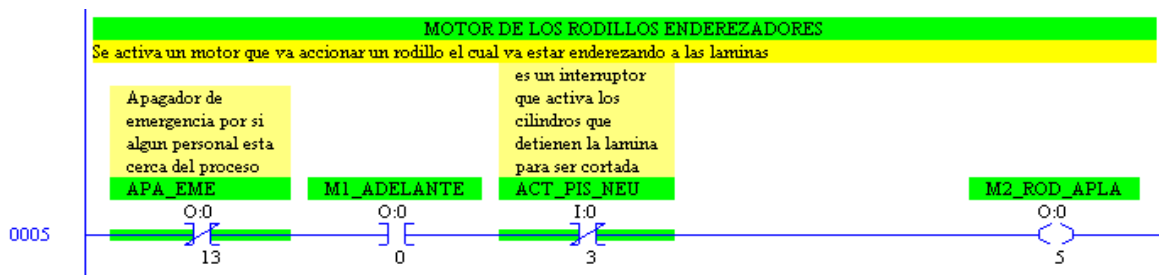


Figura 4.13. Bloque de programación para los Rodillos enderezadores.

Las líneas seis y siete representan el comienzo del proceso de los cilindros que aplanan la lámina que posteriormente será cortada a la medida requerida por unas cizallas. Los cilindros se activan por un interruptor de contacto el cual manda a llamar a un sistema neumático que acciona dichos cilindros. Al activar los cilindros se activa un temporizador que al terminar su cuenta manda a llamar las cizallas que cortan la lámina (Véase la fig. 4.14).

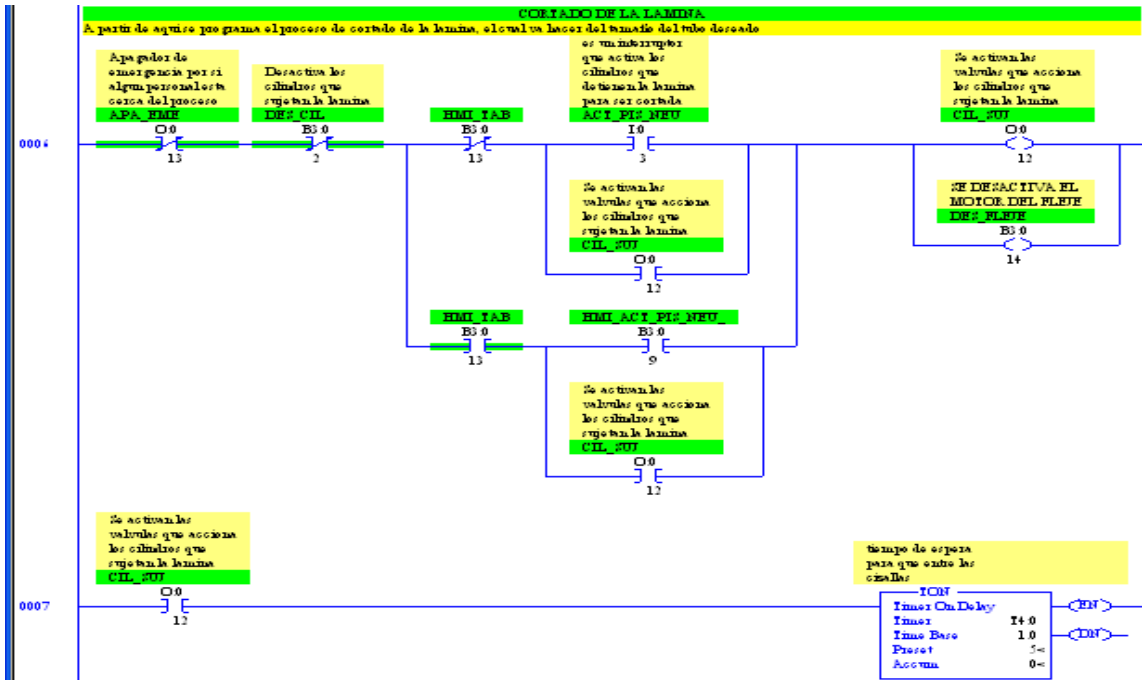


Figura 4.14. Bloque de programación para activar el cilindro de sujeción.

Las siguientes líneas muestran la continuación de la etapa del corte de la lámina, al activarse las cizallas se activa un temporizador tomando el tiempo que tardara las cizallas en estar trabajando, el tiempo está calculado para que las cizallas corten toda la lámina. Cabe mencionar que el contacto que activa los cilindros que sostienen la lámina está colocada a una distancia que representa el tamaño del tubo requerido 6 metros aprox. Aquí también están integrados estratégicamente los paros de emergencia en caso de que el personal este cerca de este proceso (Véase la fig. 4.15).

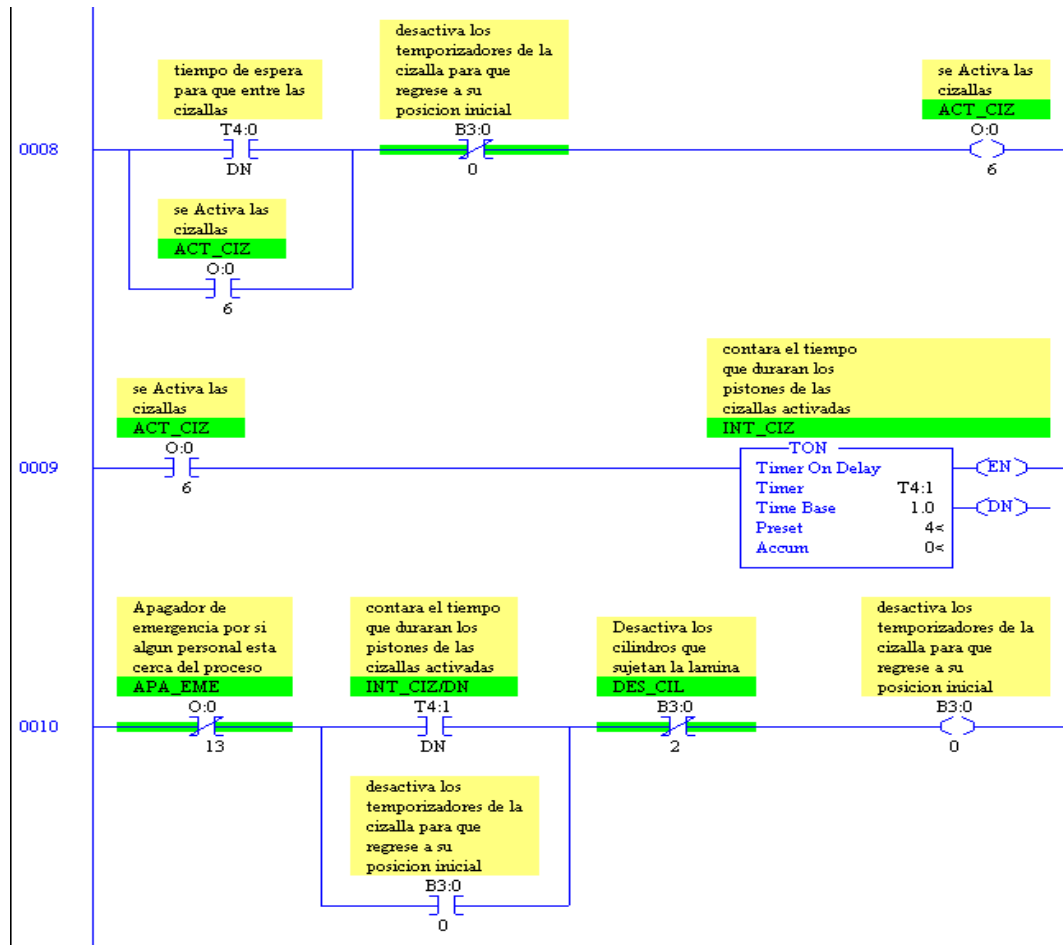


Figura 4.15. Bloque de programación para activar y desactivar el cilindro de las cizallas de corte.

Las líneas once y doce es la continuación del ciclo del corte de la lámina, estas líneas muestran el regreso de carrera que hacen las cizallas y el regreso de su posición inicial de los cilindros que sujetan la lámina, siempre desactivando primero las cizallas y después el cilindro de sujeción (Véase la fig. 4.16).

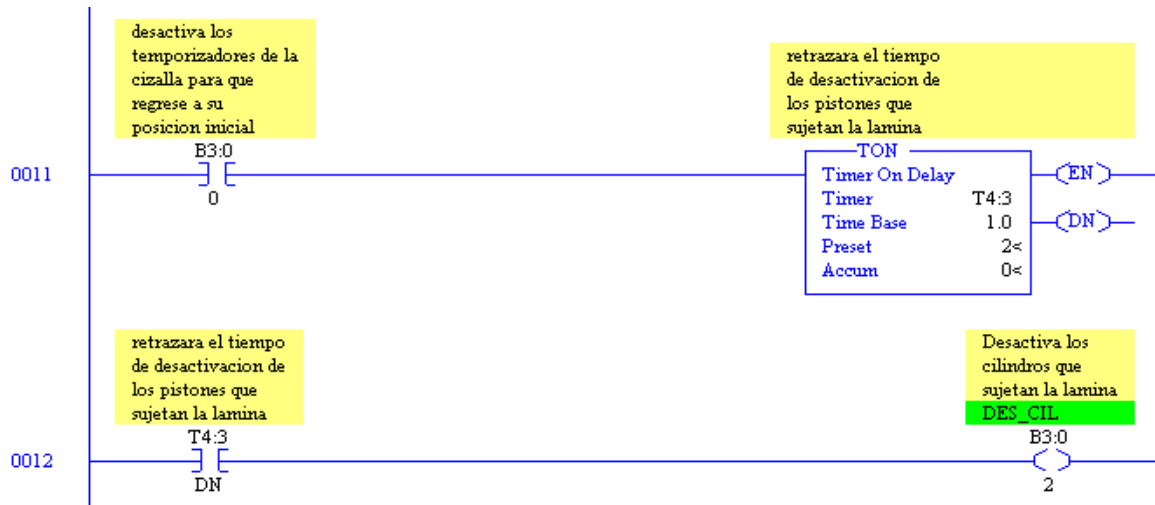


Figura 4.16. Bloque de programación para desactivar el cilindro sujeción.

La línea trece, catorce, quince muestran el control On-Off de una banda transportadora, la banda se activa al mismo tiempo que regresan las cizallas a su posición inicial. La banda tiene el trabajo de llevar la lámina hacia los rodillos que le darán forma de tubo. Las líneas catorce y quince, dichas líneas muestran la activación de un temporizador que indica el tiempo que estará activa la banda transportadora (dicho tiempo es el necesario para transportar a la lámina a los rodillos dobladores) cuando el temporizador llegue al tiempo estimado manda a abrir un contacto que desactiva a la banda transportadora (Véase la fig. 4.17).

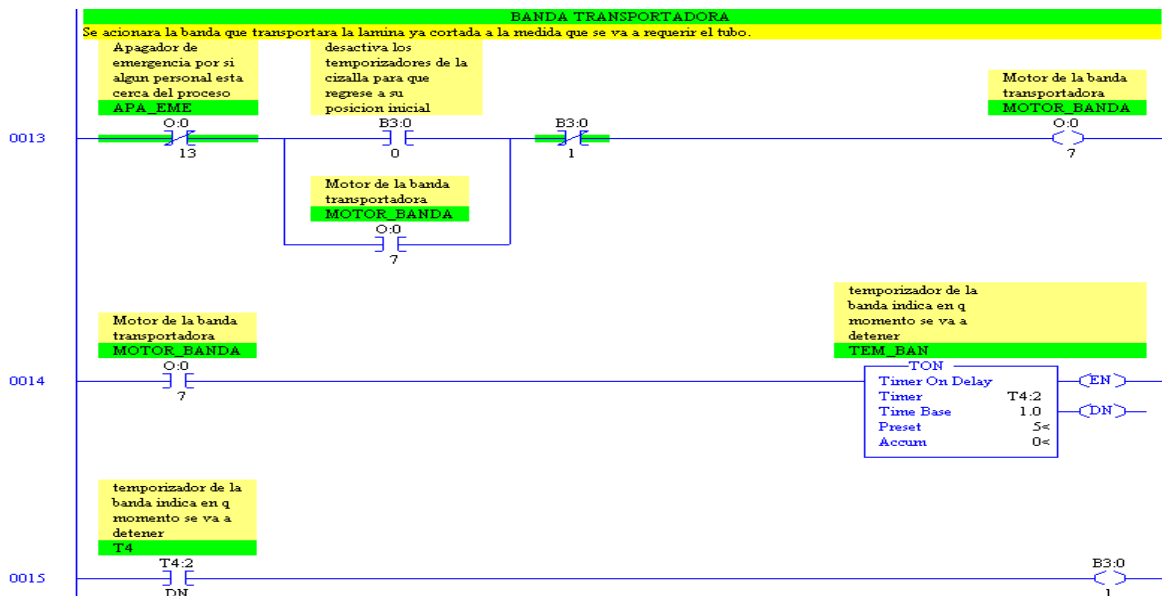


Figura 4.17. Bloque de programación para activar y desactivar el motor de la banda transportadora.

En la línea dieciséis muestra la etapa de activación del motor que mueve a la máquina perfiladora que dan a la lámina la forma cilíndrica, al mismo tiempo que se activa la perfiladora se activa un actuador que deja salir líquido lubricante que

hace más eficiente la deformación de la lámina así como disminuir fricción y evitar desgaste en las piezas. Las líneas diecisiete y dieciocho se muestra el interruptor que activa la soldadura mientras el tubo va desplazándose hacia lo largo, al tiempo que va soldando se activa un actuador que libera un líquido refrigerante para que el tubo ya formado regrese a su temperatura ambiente (Véase fig. 4.18).

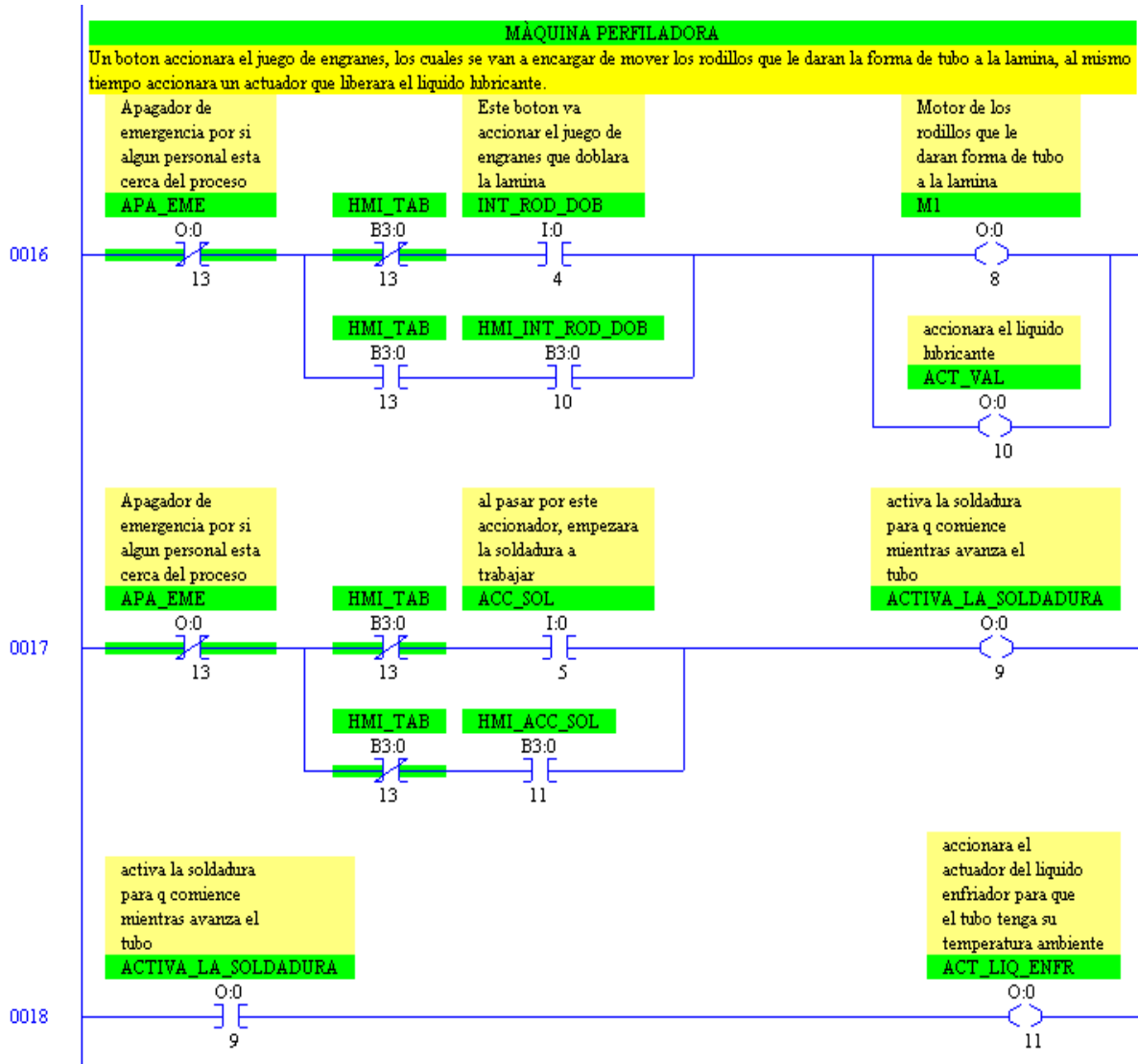


Figura 4.18. Bloque de programación para activar los rodillos de la perfiladora y accionar la soldadora.

Una vez soldado el tubo pasa a un apilador el cual tiene un sensor de conteo que va registrando cuantos tubos va almacenando, sirve para llevar un control de cuanta producción se va teniendo, esto está programado en la línea diecinueve. Se pone como bit el sensor ya que se comprueba con LabView que efectivamente el contador va avanzando conforme se activa el bit. La línea 20 solo sirve para resetear el contador (Véase la fig. 4.19).

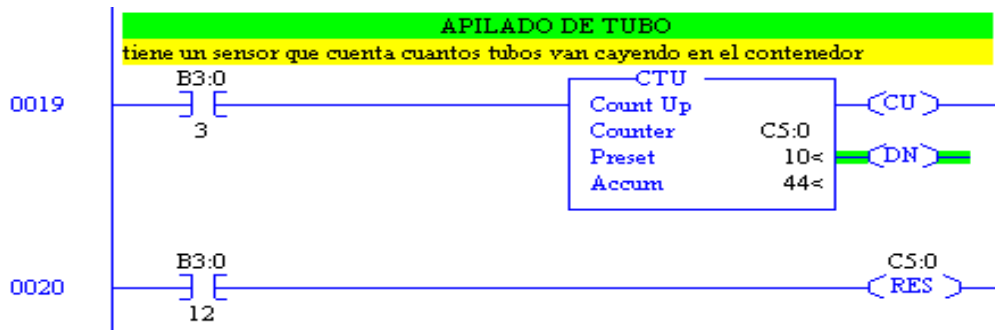


Figura 4.19. Bloque de programación para el contador de tubos terminados y su reset.

Las líneas veintiuno veintidós muestran la programación del paro de emergencia, el cual está formado por un sensor de presencia que estará colocado en puntos críticos, excepto en el área de apilado, ya que ahí se requiere personal para que vaya empaquetando los tubos (Véase la fig. 4.20). Este sensor al percibir una presencia humana detendrá el proceso para evitar algún riesgo al personal que este cerca de la maquinaria, al mismo tiempo se activa una alarma sonora y/o luminosa indicando dicho problema. Esta alarma tiene un bit virtual que sirve para que sea desactivada por medio del HMI.

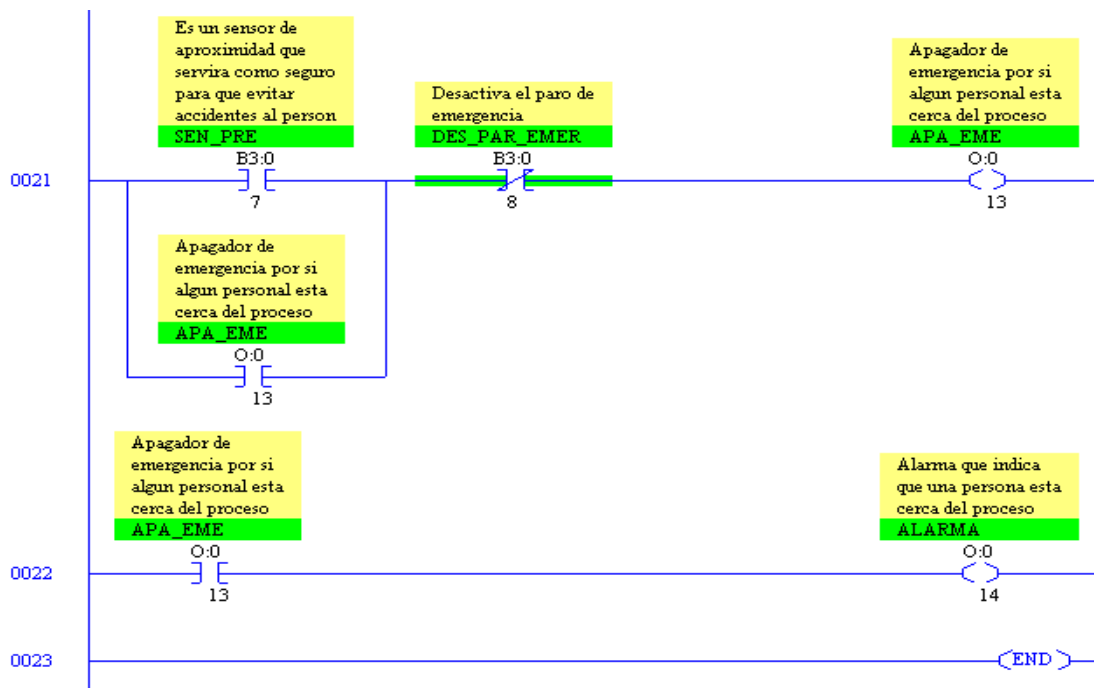


Figura 4.20. Bloque de programación para medidas de seguridad con los sensores de presencia.

Una vez teniendo el programa terminado se compila para ver si no tiene errores como se muestra en la figura 4.21.



Figura 4.21. Compilación de la programación.

Si no se tiene ningún error se prosigue a descargar el programa al PLC, se selecciona “Herramientas” en la barra superior y de ahí a comunicación de sistema (Véase la fig. 4.22).



Figura 4.22. Descarga del programa al PLC.

En la ventana que se despliega se busca el PLC, ya que es localizado se selecciona la opción de “aplicar al proyecto” después se selecciona en descargar, ahí el código de programa se transfiere al PLC para que se pueda conectar de acuerdo al programa, al descargar el programa saldrá una ventana como la que se muestra en la figura 4.23, donde se selecciona aceptar y se pondrá el programa en línea (donde se puede ver cuando se ejecutan las entradas y las salidas).

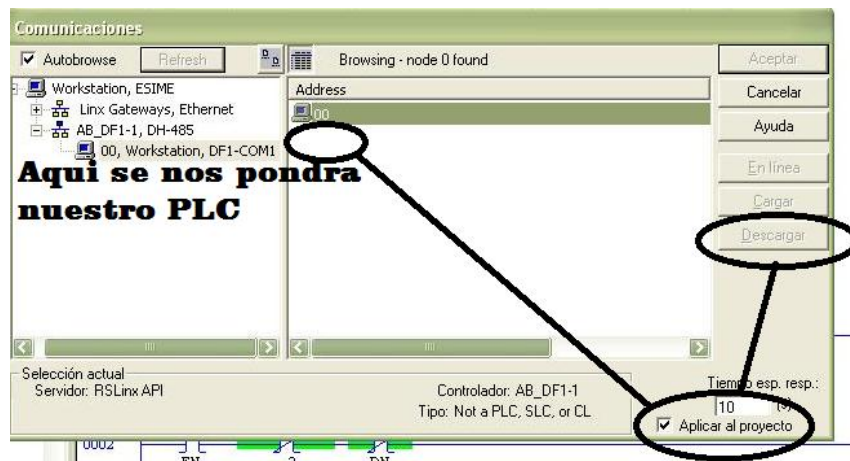


Figura 4.23. Con las instrucciones realizadas se ejecuta el programa al PLC.



4.3 ENTRADAS Y SALIDAS

En la selección del controlador lógico programable se debe considerar un sinnúmero de características tanto del mismo controlador, como del proceso, entre ellas una de las más importantes es el número de E/S y si admite módulos de expansión de E/S, de que tipo y cuantos soporta. Todo se ajusta de acuerdo a la magnitud y complejidad del proceso que se va a automatizar.

Para ello se consideran los accionamientos y actuadores que estén en el área de proceso, incluyendo la adición de otros más por cuestiones de seguridad, confiabilidad, eficiencia y operatividad.

El controlador lógico programable Micrologix 1100 tiene incorporado 18 E/S y se dividen en:

- 2 Entradas analógicas.
- 10 Entradas digitales.
- 6 Salidas digitales.

El PLC Micrologix 1100 cuenta con un panel LCD donde se muestra el estado de las E/S que se están manejando, es compatible con módulos E/S de expansión Micrologix™ 1762 (hasta cuatro módulos por controlador), el diseño modular de estos módulos sin rack mejora el ahorro de costos y reduce el inventario de piezas de respuesta y a su vez se pueden montar en el riel DIN o panel.

Las características de los módulos de expansión Micrologix™ 1762 son:

- La codificación de software previene el posicionamiento incorrecto dentro del sistema.
- Bloques de terminales con protección contra contacto accidental para cableado de E/S.
- Las medidas pequeñas reducen el espacio en el panel.
- Bus de E/S de alto rendimiento incorporado.
- Etiqueta para registrar las designaciones de terminal de E/S.
- Módulos de E/S especiales, analógicos y digitales disponibles.

Módulos de expansión de E/S digitales MicroLogix™ 1762

- 8, 16 o 32 entradas o salidas.
- Voltajes de CA y CC.
- Módulo combinado con ocho entradas y seis salidas de contacto.
- Módulos de salida de relé de CA/CC.

Módulos de expansión de E/S analógicas MicroLogix 1762

- Módulo de entrada con cuatro entradas diferenciales.
- Módulo de salida con cuatro salidas unipolares.
- Módulo combinado con dos entradas diferenciales y dos salidas unipolares.

Módulos de expansión de E/S especiales MicroLogix 1762

- Módulo RTD con cuatro canales de entrada.
- Módulo de termopar con cuatro canales de entrada además de un sensor CJC.

El controlador lógico programable Micrologix 1100 seleccionado para el proceso de fabricación de tubos de acero con costura longitudinal, cuenta con **“8 entradas y 14 salidas digitales”**, es decir **22 E/S digitales**, esto deja la duda de cuantos módulos de expansión se utilizarán para a completar en este caso las salidas digitales faltantes ya que como se mencionó anteriormente el PLC sólo tiene 6 salidas digitales y el proceso requiere 14.

Las salidas son digitales, es decir los actuadores sólo van a trabajar si y solo si se presenta un valor de energía diferente de cero, por esa razón, se selecciona el “módulo de expansión MicroLogix™ 1762 de 8 salidas digitales” y de esta manera se cubren las 8 salidas faltantes de las 14 salidas del proceso, el módulo de expansión se aprecia mejor en la figura 4.24. [9]



Figura 4.24. Módulo de expansión MicroLogix™ 1762



Las 8 entradas digitales del proceso son:

0. **APA_EME.**-Estos sensores generan una barrera a base de un haz de luz infrarrojo para la detección de interferencias físicas, en este caso se usa como seguridad entre el operario y el proceso.
1. **BOTON_PARO.**-Tiene la función de paro del motor de la devanadora y el motor de los rodillos enderezadores.
2. **BOTON_ADELANTE.**-Tiene la función de arranque del motor de la devanadora y el motor de los rodillos enderezadores.
3. **BOTON_REVERSA.**-Tiene la función de invertir el giro del motor de la devanadora, por si llega a ocurrir un problema con la lámina de alimentación.
4. **ACT_PIS_NEU.**-Se le conoce como sensor final de carrera o interruptor de límite, es uno de los sensores más comunes en un proceso automatizado. Por esa razón en las entradas: "5, 6 Y 7", también lo usan.
En este caso la lámina presiona el interruptor que activa un temporizador virtual y detiene momentáneamente el motor de los rodillos enderezadores para que posteriormente entre la etapa de corte de cizalla neumática y después arranque el motor de la banda transportadora.
5. **INT_ROD_DOB.**-Tiene la función de energizar un motor y por medio de un juego de engranes hace girar los rodillos de la máquina perfiladora y al mismo tiempo cubrir el perfil con lubricante.
6. **ACC_SOL.**-Este interruptor se encuentra en el último rodillo formador y tiene como función de activar la máquina soldadora y cubrir el perfil con líquido refrigerante, de esta manera dar por terminado la conformación del tubo.
7. **CUENTA_TUBOS.**-El interruptor se presiona cuando los tubos ruedan por el apilador y tiene la función de activar un contador virtual que cuenta el número de tubos terminados.

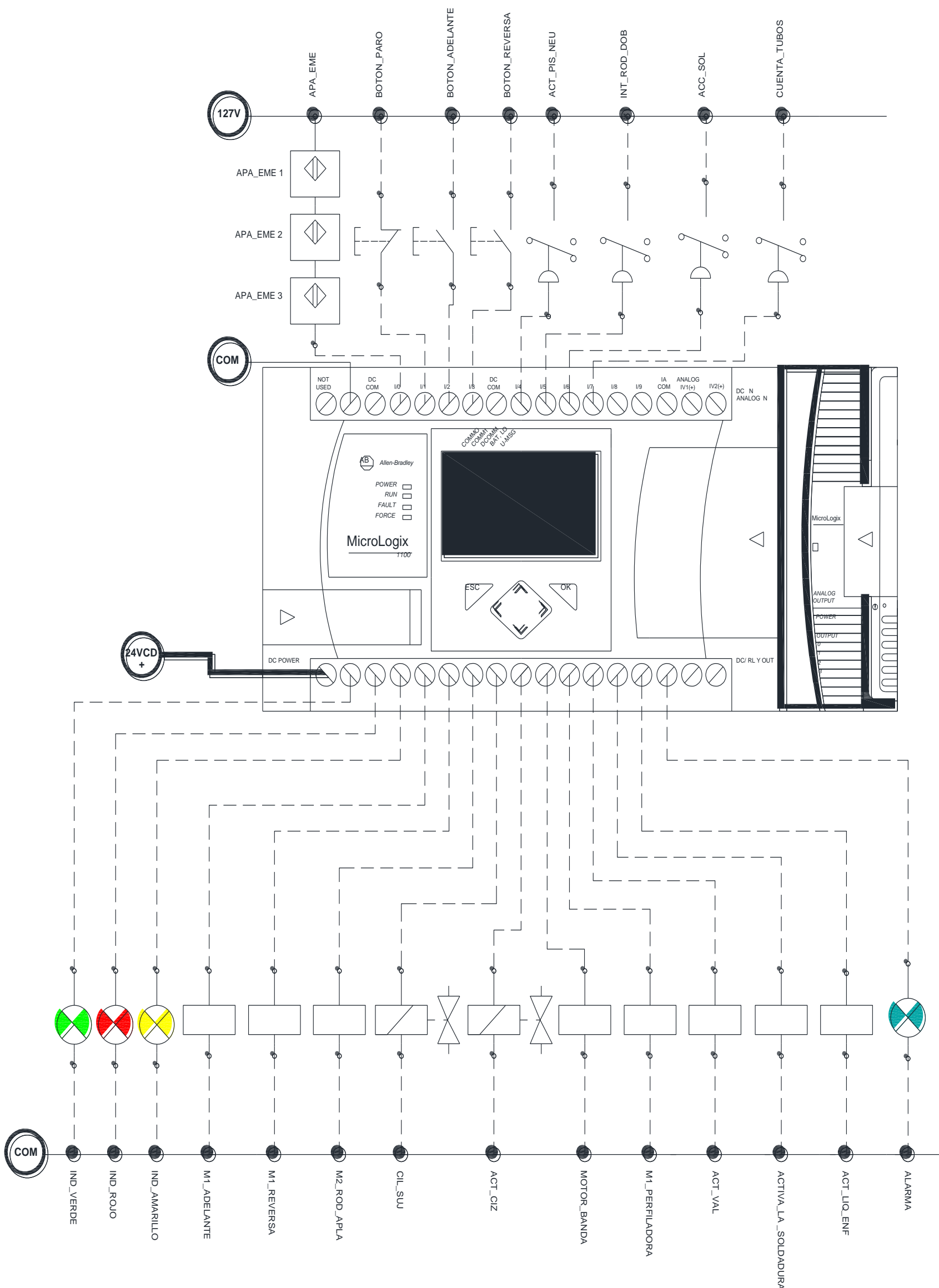


Las 14 salidas digitales del proceso son:

0. **IND_VERDE.**-Lámpara de color verde que indica cuando el proceso está en funcionamiento.
1. **IND_ROJO.**-Lámpara de color rojo que indica cuando el proceso se encuentra detenido.
2. **IND_AMARILLO.**- Lámpara de color amarillo que indica cuando el sentido de giro del motor de la devanadora de alimentación es invertido.
3. **M1_ADELANTE.**-relé que se encarga de energizar el motor de la devanadora de modo que el fleje de acero alimente al proceso.
4. **M1_REVERSA.**-relé que se encarga de invertir el sentido de giro del motor de la devanadora de modo que la alimentación (lámina) vuelva al fleje.
5. **M2_ROD_APLA.**-relé encargado de energizar el motor de los rodillos enderezadores.
6. **CIL_SUJ.**-Solenoides que tiene la función de energizar la electroválvula A para activar el cilindro de sujeción de la lámina.
7. **ACT_CIZ.**-Solenoides que tiene la función de energizar la electroválvula B para activar el cilindro de corte de lámina.
8. **MOTOR_BANDA.**-relé que se encarga de energizar el motor de la banda transportadora, para llevar la lámina cortada hasta la máquina perfiladora.
9. **M1_PERFILADORA.**-relé que se encarga de energizar el motor que hace girar los rodillos de la máquina perfiladora.
10. **ACT_VAL.**-se encarga de arrojar líquido lubricante a la lámina para la formación del perfil.
11. **ACTIVA_LA_SOLDADURA.**-se encarga de activar la soldadura sobre el perfil cilíndrico.
12. **ACT_LIQ_ENF.**-se encarga de arrojar líquido refrigerante después de soldar el tubo de acero.
13. **ALARMA.**-se acciona para Indicar problemas de seguridad en el proceso.

Las 22 E/S utilizadas en el proceso de manufactura de tubos de acero con costura longitudinal se aprecian mejor en el diagrama 4.25 (en dicho diagrama las 8 últimas salidas no están conectadas al módulo de expansión MicroLogix™ 1762, ya que solo es para mostrar las 22 E/S conformadas en el PLC y en el proceso).

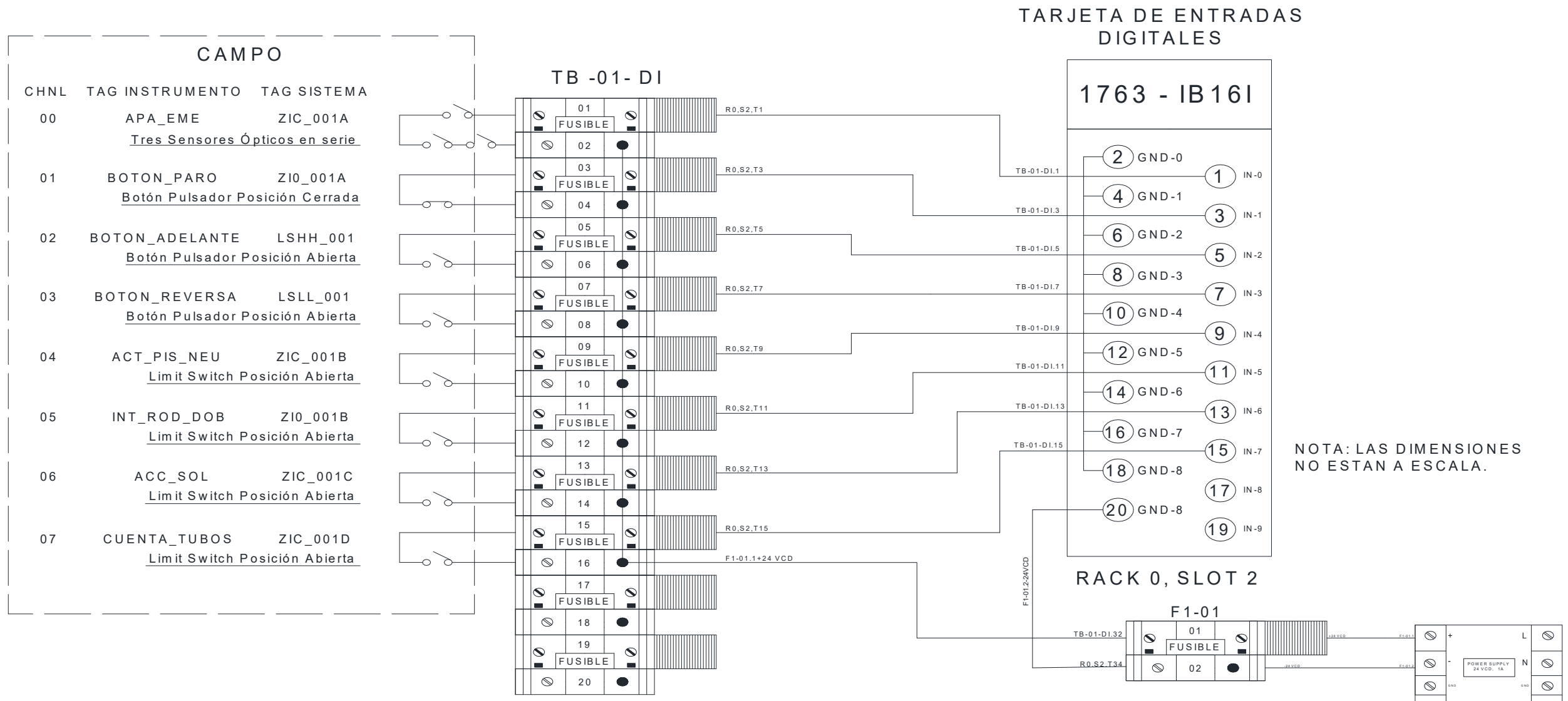
En los diagramas 4.26 diagrama de cableado de tarjeta de entradas digitales, 4.27 diagrama de cableado de salidas digitales 01 y 4.28 diagrama de cableado de salidas digitales 02, muestran el cableado de las tarjetas de entradas y salidas del PLC, en donde se aprecia que cada identificador o etiqueta va de acuerdo al punto en la tarjeta que se cablea y viceversa, además las clemas porta fusible protegen cada canal de la tarjeta del PLC.



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL.		Escala:	
		N/A	
DIAGRAMA: 4.25 E/S CONFORMADAS EN EL PROCESO DE MANUFACTURA DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL		Acot:	
		N/A	
FECHA: 11-06-2013			
NO. DIAGRAMA: 4.25	PAG. 1 DE 1	Revisión:	0

H.C.S.O.
Design
H.C.S.O.
Process
J.C.T.U.
DR Eng.
J.C.T.U.
DR Tech.

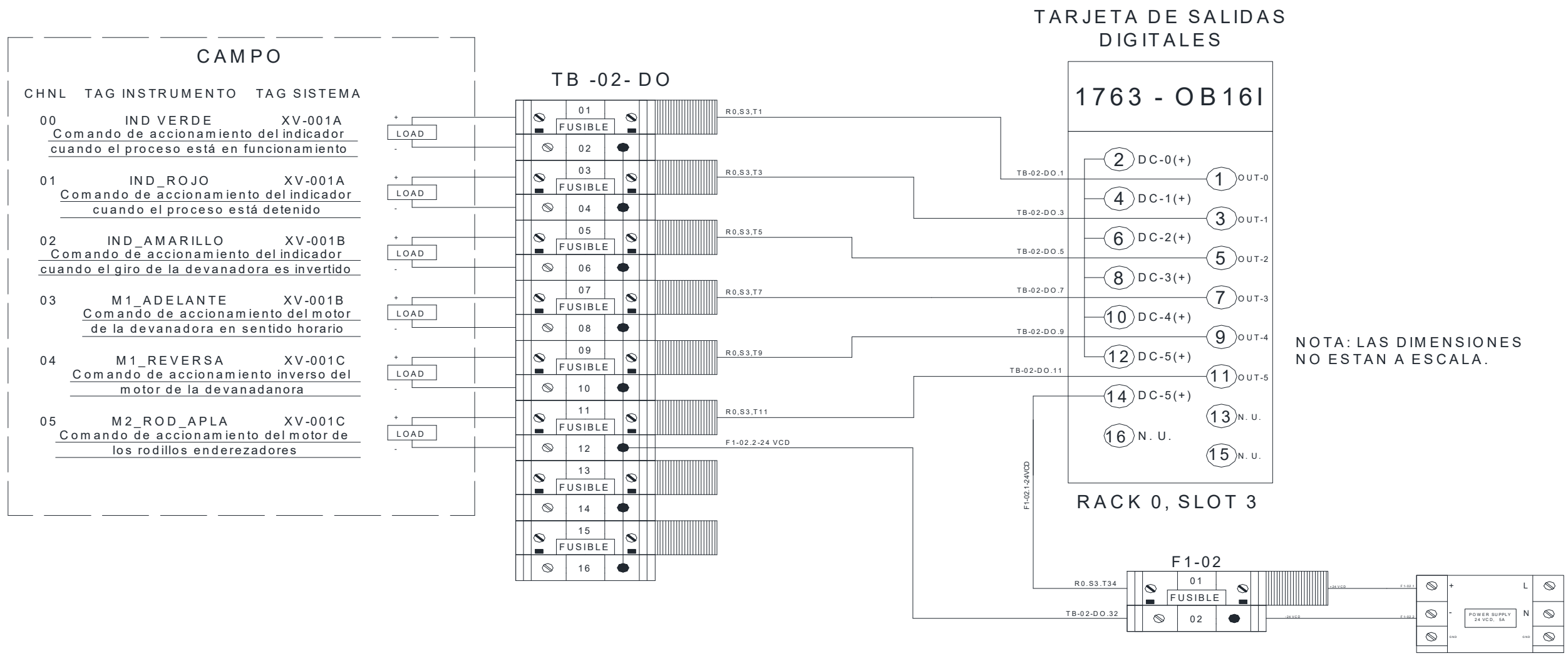
"DIAGRAMA DE CABLEADO INTERNO DE TARJETA DE ENTRADAS DIGITALES 01" "CANALES IN-0 A IN-10"



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL.		Escala: N/A
DIAGRAMA: 4.26 DIAGRAMA DE CABLEADO DE TARJETA DE ENTRADAS DIGITALES 01		Acot: N/A
FECHA: 11-06-2013		
NO. DIAGRAMA: 4.26	PAG. 1 DE 3	Revisión: 0

H.C.S.O.
Design
H.C.S.O.
Process
J.C.T.U.
DR Eng.
J.C.T.U.
DR Tech.

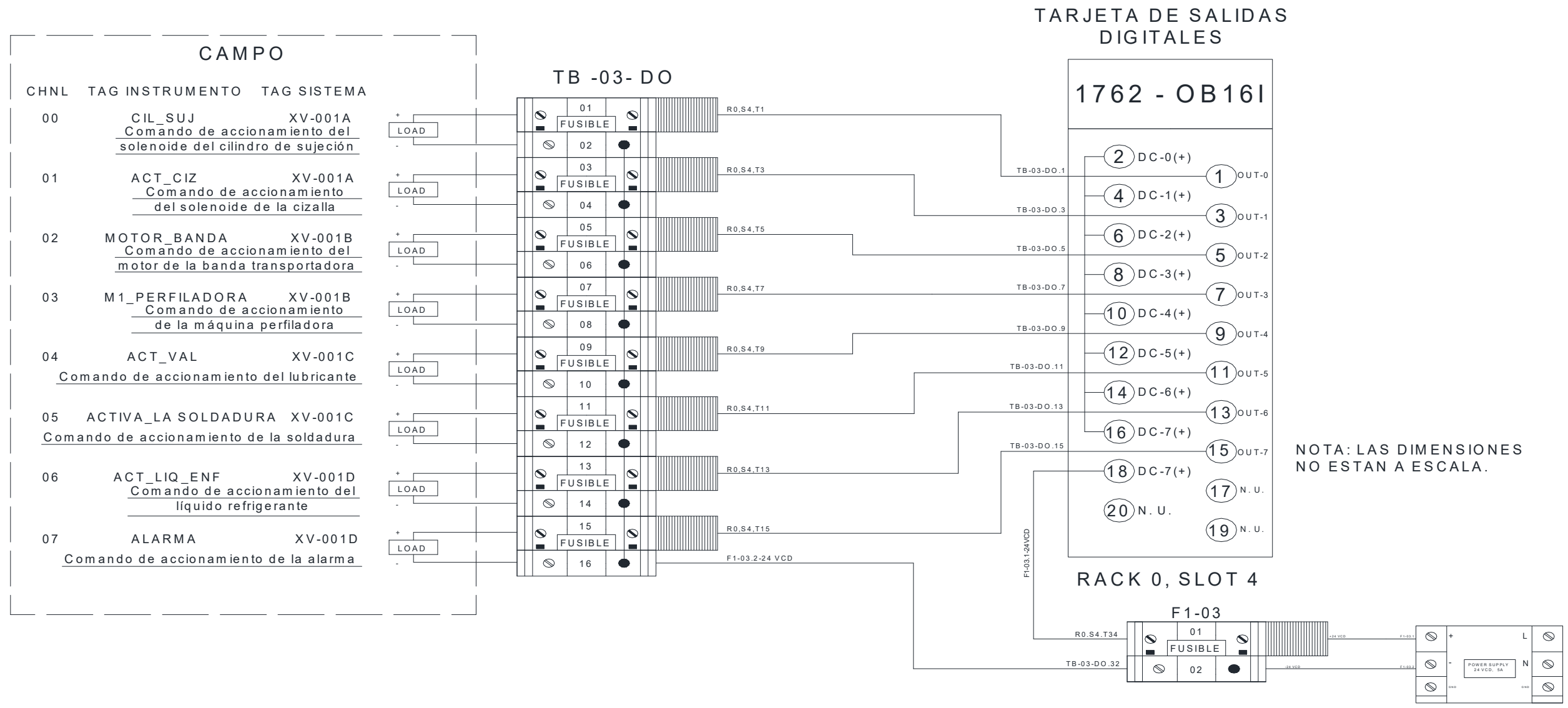
"DIAGRAMA DE CABLEADO INTERNO DE TARJETA DE SALIDAS DIGITALES 01" "CANALES OUT-0 A OUT-5"



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL.		Escala: N/A	
DIAGRAMA: 4.27 DIAGRAMA DE CABLEADO DE TARJETA DE SALIDAS DIGITALES 01		Acot: N/A	
FECHA: 11-06-2013			
NO. DIAGRAMA: 4.27	PAG. 2 DE 3	Revisión:	0

H.C.S.O.
Design
H.C.S.O.
Process
J.C.T.U.
DR Eng.
J.C.T.U.
DR Tech.

"DIAGRAMA DE CABLEADO INTERNO DE TARJETA DE SALIDAS DIGITALES 02" "CANALES OUT-0 A OUT-7"



PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL.		Escala: N/A
DIAGRAMA: 4.28 DIAGRAMA DE CABLEADO DE TARJETA DE SALIDAS DIGITALES 02		Acot: N/A
FECHA: 11-06-2013		
NO. DIAGRAMA: 4.28	PAG. 3 DE 3	Revisión: 0

H.C.S.O.
Design
H.C.S.O.
Process
J.C.T.U.
DR Eng.
J.C.T.U.
DR Tech.

4.4 FUERZA

Las funciones de las líneas de programa en Rslogix 500, tienen que ver con el accionamiento de los elementos de fuerza que actúan en la secuencia de operación del proceso.

DIAGRAMA DE FUERZA EN LA DEVANADORA

El proceso de fabricación de tubos de acero con costura longitudinal, comienza con el alimentador o devanadora que suministra lámina de acero al proceso consecutivo de enderezado, corte, formado y apilado del tubo. Para poner en marcha el motor de la devanadora se usa el BOTON_ADELANTE con este botón se energiza la bobina del relevador M1_ADELANTE y el motor de la devanadora empieza a girar de modo que empieza a soltar la lámina para el siguiente proceso de enderezado, para parar el motor se usa el BOTON_PARO. Cuando se oprime el BOTON_REVERSA se energiza la bobina del relevador M1_REVERSA y el motor de la devanadora invierte el giro de modo que empieza a recoger la lámina del fleje por si llega a ocurrir un problema en el proceso de fabricación del tubo. La Figura 4.29 muestra el diagrama de fuerza donde se tiene la conexión del motor de manera que se alternan las líneas para invertir el giro del motor.

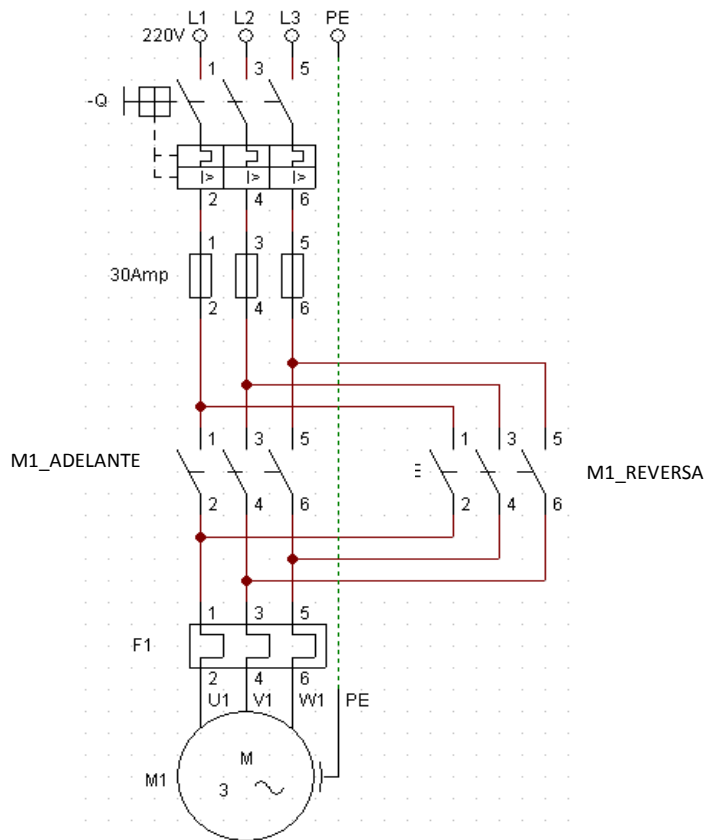


Figura 4.29. Diagrama de fuerza para el motor de la devanadora.



El diagrama de fuerza de la Figura 4.29 para el motor de la devanadora, cuenta con los siguientes elementos:

- 1) El primer elemento es la línea o acometida trifásica de alimentación a 220V.
- 2) **Interruptor seccionador o cuchillas.**- tienen por objeto dejar fuera de servicio la instalación eléctrica del motor en caso de que fuera necesario realizar una reparación por avería o mantenimiento, aislando la instalación eléctrica del resto de la línea.
- 3) **Fusibles de 30 Amp.**- Son dispositivos eléctricos de protección que dejan pasar la corriente eléctrica, mediante su filamento, hasta un cierto valor de intensidad, a partir de ese valor máximo el filamento del fusible se funde, impidiendo el paso de la corriente eléctrica y protegiendo la instalación.
- 4) **Contacto "M1_ADELANTE".**- es el mecanismo eléctrico encargado de cerrar el circuito para que el motor arranque, es accionado mediante el pulsador ADELANTE, poniendo en funcionamiento al motor de la devanadora, para que suelte la lámina y prosiga con el proceso.
- 5) **Contacto "M1_REVERSA".**- es accionado mediante el pulsador REVERSA, para que el motor gire de manera inversa y recoja la lámina.
- 6) **Relé térmico "F1".**- protege al motor frente a posibles sobrecargas eléctricas débiles y prolongadas. El relé térmico detecta la sobrecarga eléctrica mediante el calentamiento de una lámina metálica, que hace disparar al relé térmico si se calienta en exceso.
- 7) Se tiene un moto reductor trifásico de 10 HP para la devanadora de alimentación, con la capacidad de soporte de 3 toneladas por fleje, los datos del motor eléctrico se mencionan a continuación:



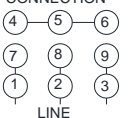


 NEMA Premium	SIEMENS <small>NEMA PREMIUM EFFICIENCY</small>	CE 
HP: 10 HZ: 60 V: 208-230/460 A: 25.5-23.0/11.5 RPM: 3555 S.F: 1.15 NEMA NOM EFF: 91.7% AT 60HZ GUARANTEED MIN .EFF: 91.0% PART No: 1LE23112AA214AA3 VFD COMPATIBLE AT 1.0 S.F. 10:1 V.T. 4:1 C.T.	KW: 7.46 HZ: 50 V: 200/400 A: 26.0/13.0 RPM: 2960 S.F: 1.0 NEMA DESIGN: B KVA: CODE: H GUARANTEED MIN .EFF: 91.0% SH END BRG: 40BC02JPP3 SERIAL No: D10T0007SE 3 LR 39020 CC032A	TYPE: SD100 3PH RATING: CONT. TEFC INS. CLASS: F AMB: 40°C TEMP. RISE: CLASS B FRAME: 215 T WT: 196 Lbs WT: 196 Lbs WT: 196 Lbs
		LOW VOLTAGE CONNECTION  HIGH VOLTAGE CONNECTION 
 Made in Mexico by SIEMENS GDL		

Figura 4.30. Placa de datos del moto reductor de la devanadora.

Como datos adicionales el motor estándar jaula de ardilla de 10 HP tiene una corriente a plena carga- Amps. de 28, el calibre mínimo del conductor cobre (75°C) THW, THWN, XHHW es de 8, la capacidad nominal-Amps del interruptor termo magnético es de 70, para el interruptor de seguridad cuenta con las siguientes características: servicio pesado-gabinete NEMA 1-CAT de número H322N y el fusible con retardo de tiempo y doble elemento-Amps 40. Para el arrancador magnético cuenta con las siguientes características: en gabinete NEMA 1- clase 8536 es de tipo SDG-1 y los tres elementos térmicos aleación y fusible es de número B50.

DIAGRAMA DE FUERZA EN LOS RODILLOS ENDEREZADORES

Los rodillos enderezadores son muy importantes dentro del proceso de manufactura de tubos de acero, ya que como se mencionó anteriormente tienen la función de laminar el fleje cuando este salga de la devanadora.

Lo anterior debido a que la lámina suele tomar la forma del fleje, es decir agarra la forma de espiral, por lo general esto trae problemas de precisión en el corte de la lámina y en la etapa de formado del perfil.

La potencia de los rodillos enderezadores se transmite por medio de un juego de engranes acoplados a la flecha de un motor.

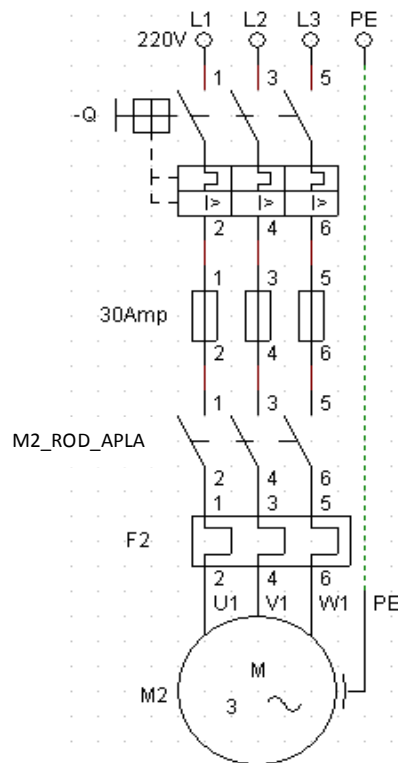


Figura 4.31. Diagrama de fuerza para el motor de los rodillos enderezadores.

El diagrama de fuerza de la Figura 4.31 para el motor del proceso de enderezado de lámina, cuenta con los siguientes elementos:

Los primeros 3 elementos son prácticamente los mismos que se mencionaron en el diagrama de fuerza de la devanadora.

- 4) **Contactor “M2_ROD_APLA”**.- es el mecanismo eléctrico encargado de cerrar el circuito para que el motor arranque, es accionado mediante el pulsador ADELANTE, poniendo en funcionamiento al motor de los rodillos enderezadores.
- 5) **Relé térmico “F2”**.- protege al motor frente a posibles sobrecargas eléctricas débiles y prolongadas. El relé térmico detecta la sobrecarga eléctrica mediante el calentamiento de una lámina metálica, que hace disparar al relé térmico si se calienta en exceso.
- 6) Se tiene un motor trifásico de 3 HP acoplado a los rodillos enderezadores para el proceso de laminación, los datos del motor eléctrico se mencionan a continuación:

BRANIK		THREE PHASE INDUCTION MOTOR	
TYPE	SGA	100L1-4	
	220/380	V	
	8.6/5	A	
50	HZ	IP	54
32	KG	NO	7017
		2.2	KW
		3	HP
		CONN	△/Y
		INS	F
		1420	RPM
		DATE	05 2008
J.B.ALBERDI 7138		(54-11)4687-0000	

Figura 4.32. Placa de datos del motor de los rodillos enderezadores.

Como datos adicionales el motor estándar jaula de ardilla de 3 HP tiene una corriente a plena carga- Amps. de 9.6, el calibre mínimo del conductor cobre (75°C) THW, THWN, XHHW es de 14, la capacidad nominal-Amps del interruptor termo magnético es de 20, para el interruptor de seguridad cuenta con las siguientes características: servicio pesado-gabinete NEMA 1-CAT de número H321N y el fusible con retardo de tiempo y doble elemento-Amps 15. Para el arrancador magnético cuenta con las siguientes características: en gabinete NEMA 1- clase 8536 es de tipo SBG-2 y los tres elementos térmicos aleación y fusible es de número B14. [6]



DIAGRAMA DE FUERZA EN EL PROCESO DE CORTE DE LÁMINA

Finalizado el enderezado, se prosigue a la etapa de corte de lámina con la implementación de una cizalla neumática y que a través de un cilindro pisa láminas y una guillotina neumática se hace el corte adecuado para formar el perfil cilíndrico.

El diagrama de fuerza electro neumático de la figura 4.33 cuenta con los siguientes elementos:

- 1) **Alimentación neumática.**-Después de acondicionar, limpiar y secar el aire que sale del compresor, el flujo de aire viaja hacia los elementos de trabajo (electroválvulas y actuadores) para realizar los trabajos posteriores de la cizalla neumática.
- 2) **Válvula de regulación.**-Sirve como apertura principal de la alimentación neumática hacia los elementos de trabajo.
- 3) **Indicador de presión.**-Es muy importante contar con este indicador, ya que se debe cumplir con la presión específica para los elementos neumáticos de trabajo, en este caso es de 125 PSI de presión máxima.
- 4) **Electroválvulas 3/2 monoestables.**- Sólo tienen un solenoide de apertura (CIL_SUJ, ACT_CIZ) para comportarse como válvulas para el control pasa/no pasa y es la más simple para controlar cilindros de simple efecto.
- 5) **Cilindros de simple efecto.**- Este tipo de cilindros realiza un trabajo en un solo sentido, es decir la presión desplaza al embolo o pistón y retrocede por una fuerza externa o un muelle, el cilindro "A" se utiliza para sujetar o fijar la lámina de acero y no se mueva cuando se corte la lámina y el cilindro "B" se utiliza para proceder al corte de lámina. [7]

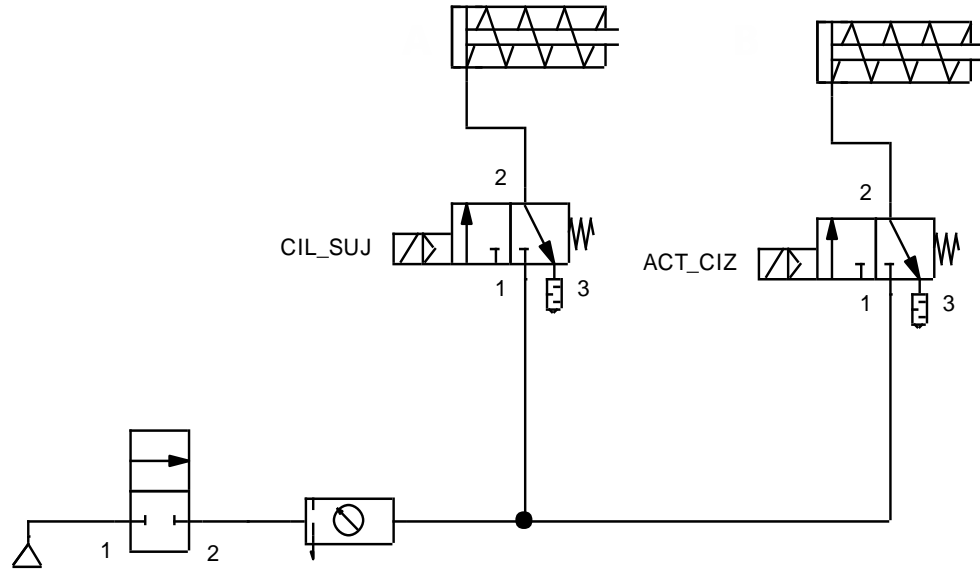


Figura 4.33. Diagrama de fuerza Electro neumático en el proceso de corte de lámina.

La Figura 4.34 muestra la secuencia que siguen los cilindros neumáticos en el proceso de corte de la cizalla.

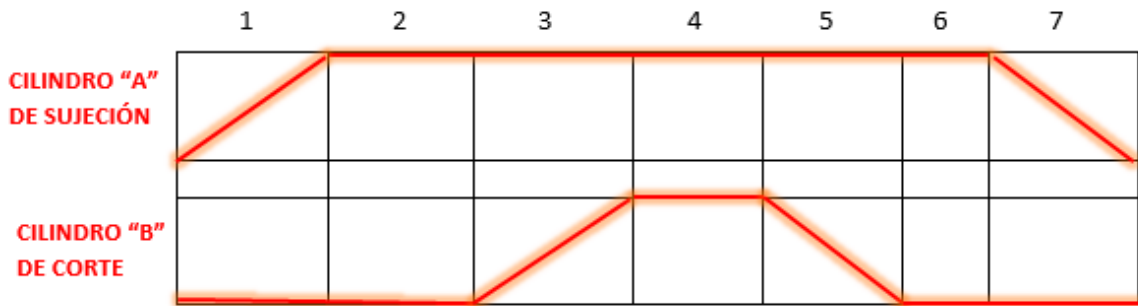


Figura 4.34. Diagrama espacio-fase en la etapa de corte de lámina.

En el diagrama espacio fase de la figura 4.34, el bloque número 1, se energiza el solenoide CIL_SUJ y el cilindro A se extiende debido a que se presionó el interruptor de límite Act_pis_Neu, en el bloque número 2 entra un temporizador virtual T4:0, con un tiempo de 5 segundos. En el bloque número 3 después de que el temporizador finalizó de contar los 5 segundos, se energiza el solenoide ACT_CIZ y el pistón del cilindro B sale. En el bloque número 4 entra un segundo temporizador virtual T4:1 que con un tiempo de 4 segundos da un tiempo de espera para que la cizalla corte de lámina, en el bloque 5 después de que el temporizador terminó de contar se des energiza el solenoide ACT_CIZ y por efecto del muelle el cilindro B se retrae. En el bloque 6 entra un tercer temporizador T4:3 que cuenta 2 segundos para des energizar el solenoide CIL_SUJ y en el bloque 7 después del tiempo transcurrido, el cilindro A de sujeción, se retrae.

DIAGRAMA DE FUERZA EN LA BANDA TRANSPORTADORA

Finalizado el corte de lámina, se activa un relé virtual que energiza el motor de la banda transportadora y que llevará las láminas cortadas a la medida hacia la máquina perfiladora para la formación del tubo.

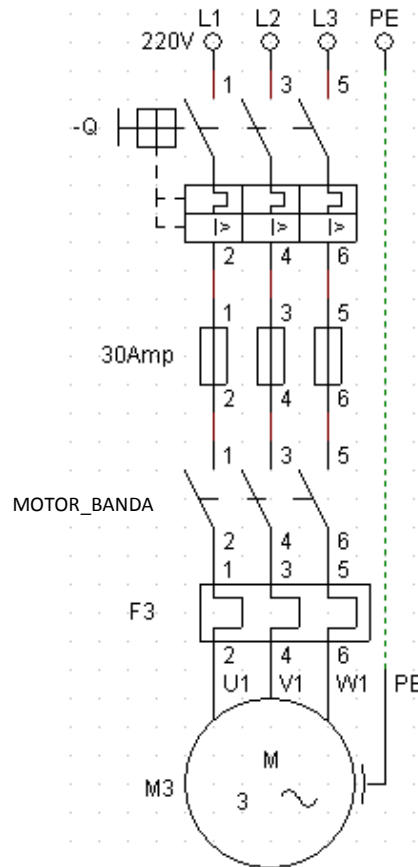


Figura 4.35. Diagrama de fuerza para el motor de la banda transportadora.

El diagrama de fuerza de la Figura 4.35 para el motor de la banda transportadora, cuenta con los siguientes elementos:

Los primeros 3 elementos son prácticamente los mismos que se mencionaron en el diagrama de fuerza de la devanadora.

- 4) **Contactor "MOTOR_BANDA"**.- es el mecanismo eléctrico encargado de cerrar el circuito para que el motor arranque, es accionado mediante un contacto virtual, poniendo en funcionamiento al motor de la banda transportadora.
- 5) **Relé térmico "F3"**.- protege al motor frente a posibles sobrecargas eléctricas débiles y prolongadas. El relé térmico detecta la sobrecarga eléctrica mediante el calentamiento de una lámina metálica, que hace disparar al relé térmico si se calienta en exceso.

- 6) Se tiene un motor trifásico de 3/4 HP acoplado a los baleros de la banda transportadora, los datos del motor eléctrico se mencionan a continuación:

SIEMENS		D91056 Ealagen		(H)	
				CE	
TYPE	SC	FR J56J		0.56	KW
				3/4	HP
220/460		V		CONN	
				△/Y	
2.6-2.4/1.2		A		SF 1.15	
				PH3	
60	HZ	IP	55	3450	
				RPM	
32	KG	224083M		CODEP	
				INSULCLASS B 40°C	
32142		1001		SF 1,1	

Figura 4.36. Placa de datos del motor de la banda transportadora.

Como datos adicionales el motor estándar jaula de ardilla de 3/4 HP tiene una corriente a plena carga- Amps. de 3.2, el calibre mínimo del conductor cobre (75°C) THW, THWN, XHHW es de 14, la capacidad nominal-Amps del interruptor termo magnético es de 15, para el interruptor de seguridad cuenta con las siguientes características: servicio pesado-gabinete NEMA 1-CAT de número H321N y el fusible con retardo de tiempo y doble elemento-Amps 5.6. Para el arrancador magnético cuenta con las siguientes características: en gabinete NEMA 1- clase 8536 es de tipo SAG-12 y los tres elementos térmicos aleación y fusible es de número B4.85.

DIAGRAMA DE FUERZA EN LA MAQUINA PERFILADORA

Cuando la lámina llega a la entrada de la máquina perfiladora desde la cizalla neumática a través de la banda transportadora, la lámina presiona el interruptor INT_ROD_DOB, el cual energiza la bobina del relevador M1_perfiladora. Los rodillos del motor de la máquina perfiladora empiezan a girar por una transmisión de cadena y posteriormente se arroja lubricante para la formación el perfil cilíndrico.

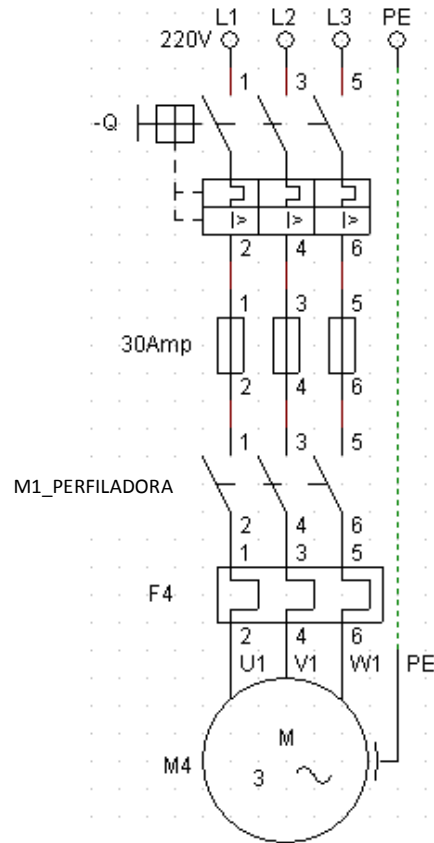


Figura 4.37. Diagrama de fuerza para el motor de la perfiladora.

El diagrama de fuerza para el motor de la máquina perfiladora para formar el tubo de acero que se muestra en la Figura 4.37, cuenta con los siguientes elementos:

Los primeros 3 elementos son prácticamente los mismos que se mencionaron en el diagrama de fuerza de la devanadora.

- 4) **Contactor “M1_perfiladora”**.- es el mecanismo eléctrico encargado de cerrar el circuito para que el motor arranque, es accionado con el interruptor INT_ROD_DOB, poniendo en funcionamiento al motor de la máquina perfiladora.
- 5) **Relé térmico “F4”**.- protege al motor frente a posibles sobrecargas eléctricas débiles y prolongadas. El relé térmico detecta la sobrecarga eléctrica mediante el calentamiento de una lámina metálica, que hace disparar al relé térmico si se calienta en exceso.
- 6) Se tiene un motor trifásico de 5 HP que con la transmisión de potencia por cadena hace girar los rodillos de la máquina perfiladora, los datos del motor eléctrico se mencionan a continuación:

SIEMENS							
Nebensch.-Mot.	1	GG3105-OGH40-3GU1-Z					
IEC 100	Nr.E	5767	2780	01	008	VDE	0530
V	1/min	A	KW				
29-300	50-3150	15,5-15,5	0,064-4,05				
300	3500	15,5	4,05				
Err./excit	V	A	▶	B2H	Lv	36	mH 380V/50 HZ
Fremd	310	0,71	IP	23	s	Bauf.	B3
	230	0,53					I.CL.F
Z : G04 - G20 - G14							
11	Fremdkühlung			Made in Germany			

Figura 4.38. Placa de datos del motor de la perfiladora.

Como datos adicionales el motor estándar jaula de ardilla de 5 HP tiene una corriente a plena carga- Amps. de 15.2, el calibre mínimo del conductor cobre (75°C) THW, THWN, XHHW es de 12, la capacidad nominal-Amps del interruptor termo magnético es de 30, para el interruptor de seguridad cuenta con las siguientes características: servicio pesado-gabinete NEMA 1-CAT de número H321N y el fusible con retardo de tiempo y doble elemento-Amps 25. Para el arrancador magnético cuenta con las siguientes características: en gabinete NEMA 1- clase 8536 es de tipo SCG-3 y los tres elementos térmicos aleación y fusible es de número B25. [6]



4.5 TABLERO DE CONTROL

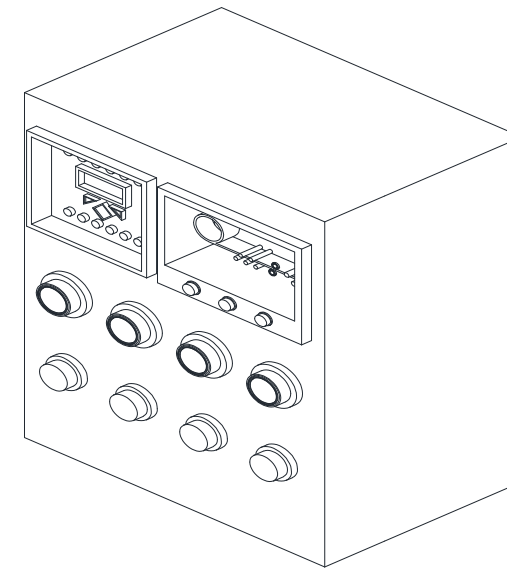
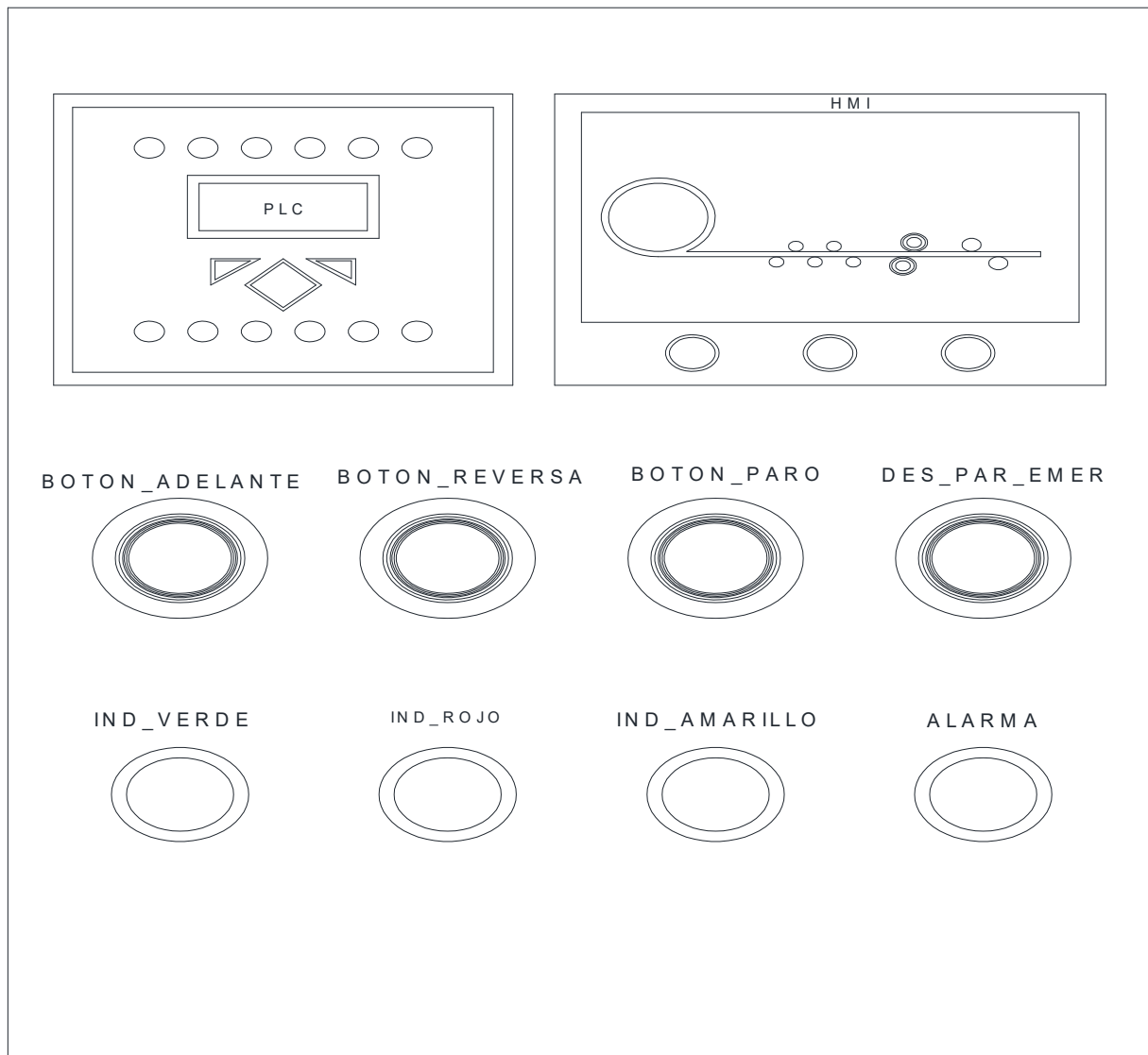
El tablero de control proporciona las funciones básicas para poner en marcha y monitorear el proceso de fabricación de los tubos de acero con costura longitudinal. Esto proporciona más seguridad al usuario, ya que no se expone directamente con el proceso como anteriormente se tenía, solo se tiene una intervención directa en el momento que se tiene que cambiar el fleje de acero y colocarlo en la devanadora con ayuda de un montacargas.

El tablero proporciona más versatilidad ya que todos los elementos principales del proceso se concentran en él.

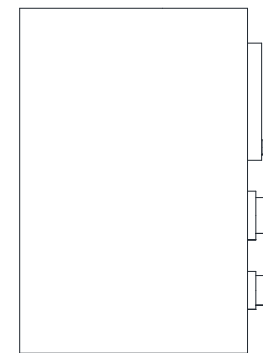
El tablero de control integra los siguientes elementos:

- Display para el HMI
- Botones paro/encendido de los motores:
 - BOTÓN_ADELANTE
 - BOTÓN_REVERSA
 - BOTÓN_PARO
 - DES_PAR_EMER
- Controlador Lógico Programable
- Indicadores luminosos del proceso
 - IND_VERDE
 - IND_ROJO
 - IND_AMARILLO
 - ALARMA

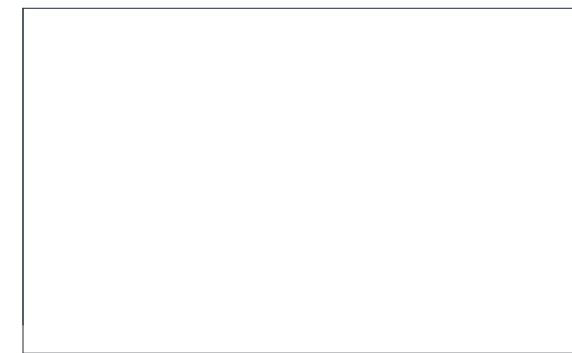
El tablero se encuentra ubicado a una distancia de 6 metros alejado del proceso esto hace que los elementos que se encuentren directamente en el proceso tengan que cablearse con una distancia considerable para que se tenga una conexión segura y confiable a cualquier falla en el proceso de manufactura.



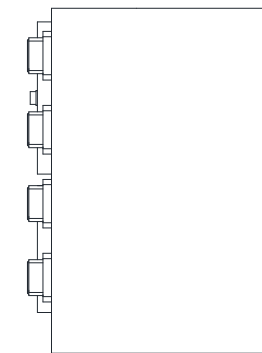
VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL DERECHA



VISTA POSTERIOR



VISTA LATERAL IZQUIERDA

PROYECTO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO CON COSTURA LONGITUDINAL.		Escala: N/A	
DIAGRAMA: 4.39 TABLERO DE CONTROL		Acot: N/A	
		FECHA: 11-06-2013	
NO. DIAGRAMA: 4.39	PAG. 1 DE 1	Revisión:	0

H.C.S.O.
Design
H.C.S.O.
Process
J.C.T.U.
DR Eng.
J.C.T.U.
DR Tech.

4.6 Simulación del HMI en Labview

Una vez definidas las etapas del proceso, y de la programación del controlador lógico en RSLogix500 cumpliendo con el control de los mecanismos del proceso, se realiza el HMI con la plataforma de labview, esto para cumplir con la propuesta de automatización del proceso

En un inicio se contemplan los elementos a utilizar en el HMI, esto con la finalidad de tener los indicadores necesarios para la manipulación del proceso.

Es de gran ayuda la realización del HMI ya que puede ser utilizado como simulador del proceso, en el cual permite conocer el comportamiento de señales analógicas.

4.6.1 Configuración OPC Server

Con el PLC en comunicación con la estación de trabajo, se hace clic derecho sobre el icono del PLC y se hace un clic en “Configure New DDE/OPC Topic” como se muestra en la figura 4.40.

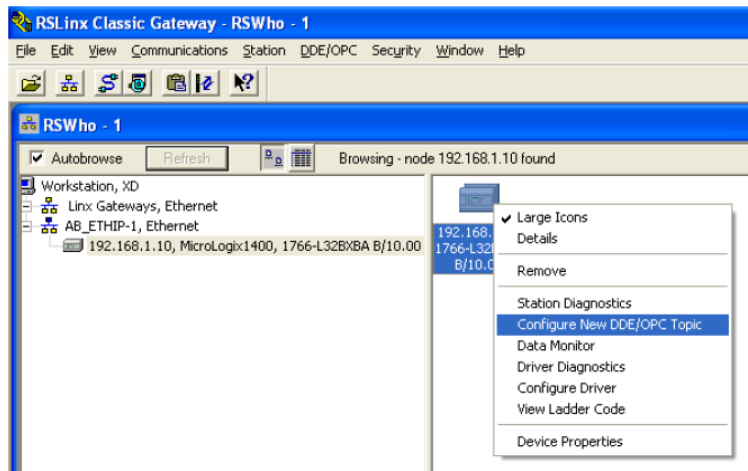


Figura 4.40. Creación de un nuevo tópico de comunicación.

Esta instrucción despliega una ventana donde se hace clic en New y se asigna un nombre al nuevo tópico de comunicación, posteriormente se pregunta si se desea cargar dicho tópico al PLC, se acepta la solicitud y luego clic en el botón Done (Véase la fig. 4.41).

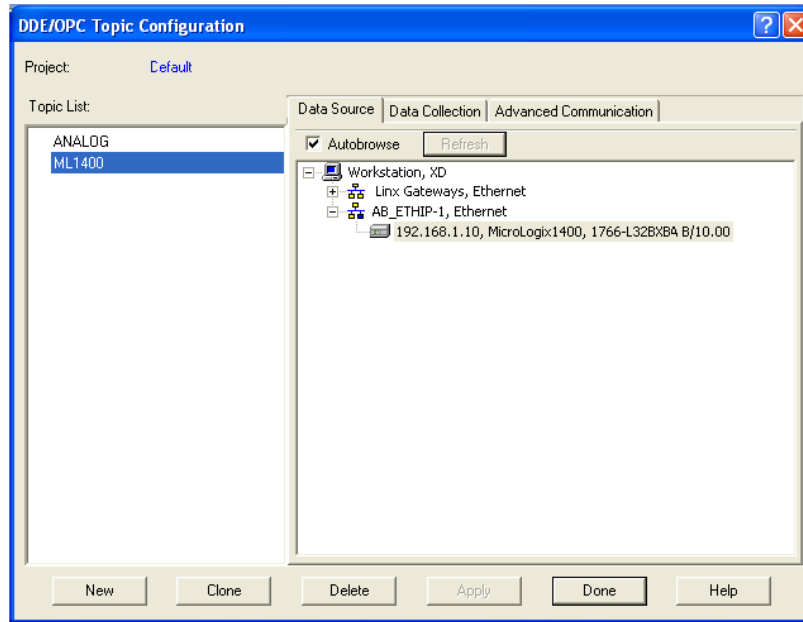


Figura 4.41. Configuración del tópico.

Una vez finalizado este punto de la configuración se abre una utilidad llamada OPC test Client, en inicio/Todos los programas/Rockwell Software/RSLinx/Tool y en esta ventana se crea un nuevo archivo, se selecciona el RSLinx OPC Server y damos clic en Ok (Véase la fig. 4.42).

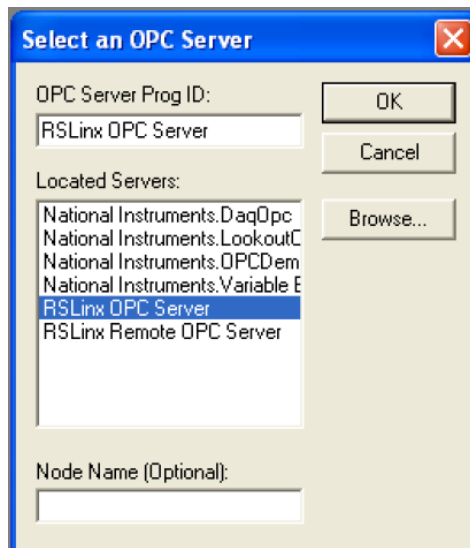


Figura 4.42. Pruebas de comunicación al OPC Server.

Una vez creado el archivo se selecciona el icono “ADD Group” y consecutivamente despliega una ventana como en la figura 4.43 con todos los datos presentados, se deja todos los parámetros existentes y se agrega cualquier nombre a nuestro grupo.

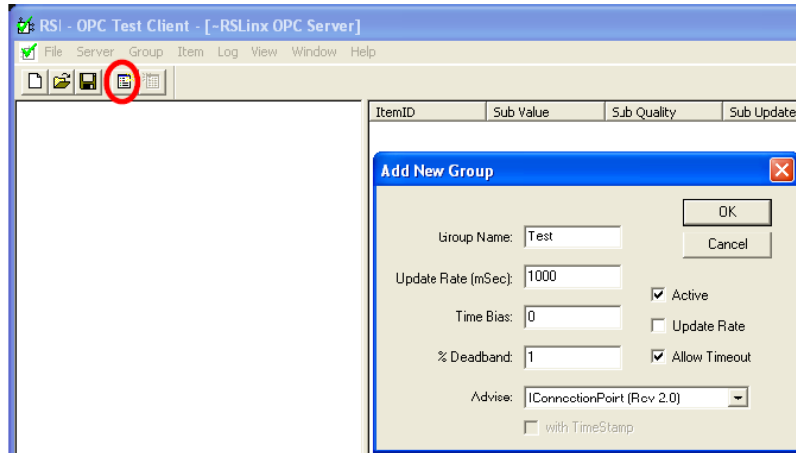


Figura 4.43. Creación de un grupo de ítems a comunicar.

Después de haber asignado el nombre del grupo, se necesita generar un direccionamiento para poder observar el comportamiento de los registros del PLC y que el OPC permita una comunicación adecuada. Se agrega un ítem al grupo actual, este ítem será direccionado a un registro del PLC, esto permite monitorear la comunicación del mismo (Véase la fig. 4.44).

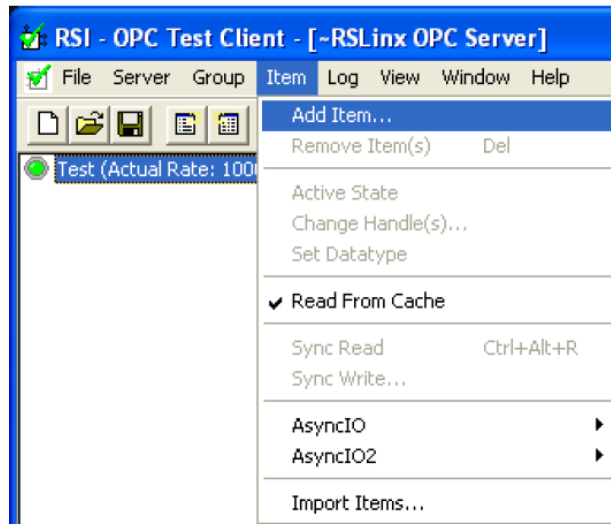


Figura 4.44. Agregar ítems al grupo de comunicación.

En la ventana de la figura 4.45 los parámetros a modificar son Acces path, este sería el nombre del tópicos de comunicación que se creó anteriormente y el ítem name (nombre del ítem), este último se debe referir a los registros del PLC y por lo tanto se debe direccionar de igual manera.

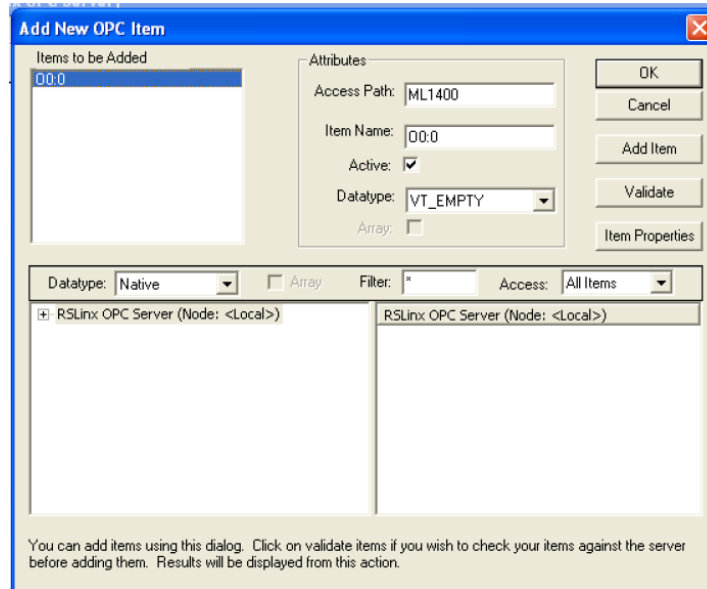


Figura 4.45. Configuración y direccionamiento del ítem.

Finalmente se da Ok y se visualiza el estado del ítem existente en el grupo y su estado de comunicación (Véase la fig. 4.46).

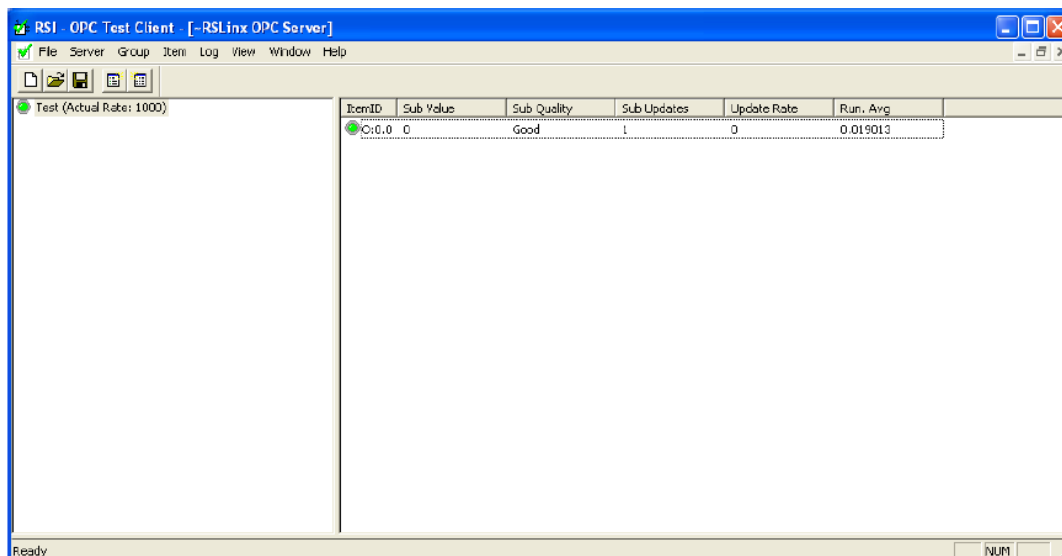


Figura 4.46. Pruebas de comunicación OPC Server.

4.6.2 HMI

En un inicio se contempla los ítems a utilizar en el HMI, esto con la finalidad de tener los interruptores e indicadores necesarios dependiendo de los procesos de fabricación que se quieran automatizar, en este caso se designaron: botones pulsadores e indicadores básicos como lo son leds y un indicador numérico.

Los botones pulsadores son utilizados para la apertura y la clausura o el cierre de los actuadores que cuenta cada una de las etapas de proceso.

Los indicadores led permiten la visualización de la apertura o el cierre de cada uno de los actuadores integrados en las etapas de proceso, de acuerdo a las salidas que se tenga en la programación del PLC. [8]

El indicador numérico que es una pequeña barra que muestra la lectura de las señales que se obtengan en el PLC, en este caso el contador de tubos que se está fabricando.

En la figura 4.47 se muestra la ubicación de los ítems del HMI, dividida en cada una de las etapas del proceso de fabricación de tubos de acero con costura longitudinal.



Figura 4.47. Ubicación HMI.

A continuación se establece la comunicación con el PLC, esto se realiza a través de un enlace OPC que proporciona el software de Rockwell, más concretamente en RSLinx Clasic, esta versión otorga un OPC server, el cual se utiliza para

realizar la comunicación desde LabView hacia RSLogix donde se encuentra nuestro programa de escalera (Véase la fig. 4.48).

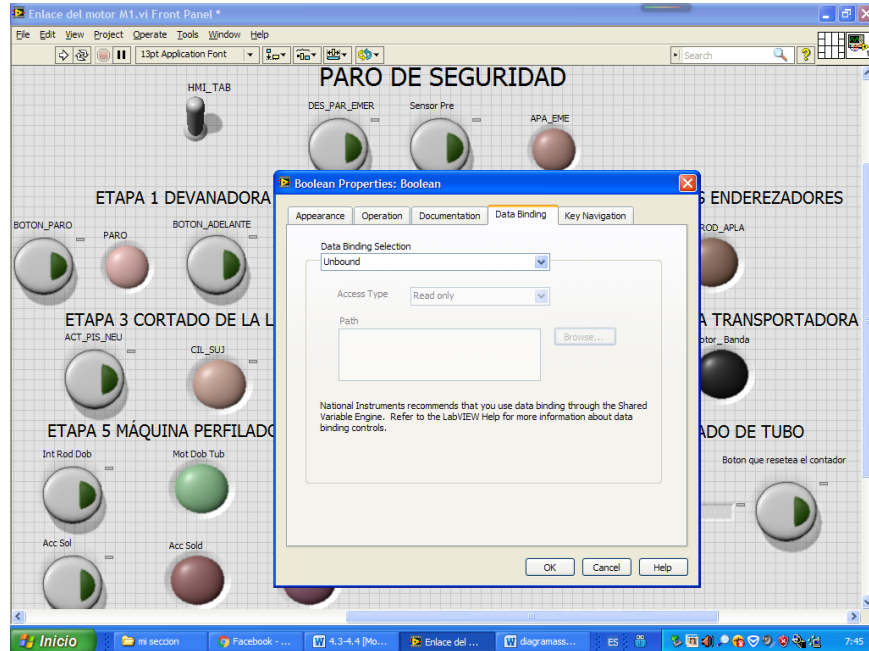


Figura 4.48. Proceso para la comunicación.

En la pestaña “Data Binding” se selecciona la opción de Data Socket esta opción permite determinar si el ítem ya sea un led, un botón pulsador o el indicador numérico es de escritura o de lectura. Se utiliza el DSTP Server como se ve en la figura 4.49.

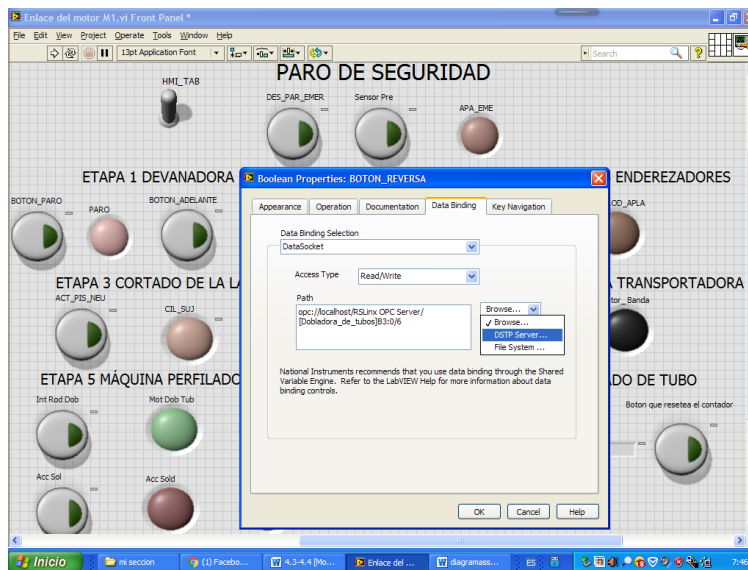


Figura 4.49. Data Socket herramienta de Labview.

Una vez determinado si el proceso es de lectura o escritura, se asigna una dirección del HMI al PLC, este proceso se observa el OPC Server de RSLinx y en este árbol se ubica el tópicó creado junto con el programa de escalera, posteriormente se selecciona la carpeta Online (Véase la fig. 4.50).

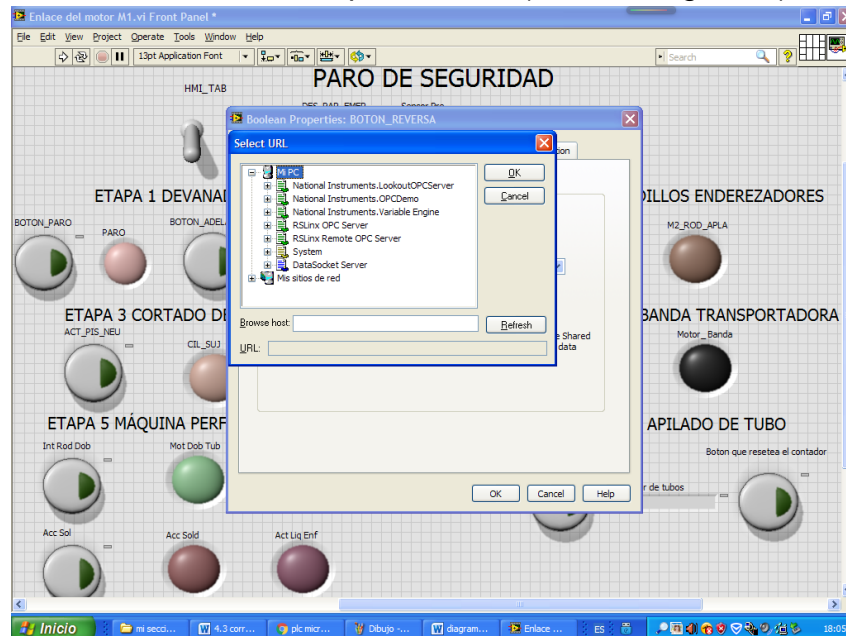


Figura 4.50. Conectividad vía OPC Server.

Como caso particular para el uso de bits de memoria, el Micrologix 1100 cuenta con un área de memoria de bits, por lo tanto el direccionamiento se realiza hacia los bits de memoria y como tal en el Labview y RSLogix son reconocidas como B3:0/#, donde # es el área de memoria que se va a utilizar (Véase la fig. 4.51).



Figura 4.51. Dirección de bits y entradas.

En la pantalla de programación de Labview se direccionan los indicadores, tal y como también se direccionan los botones pulsadores en la interfaz, solo que en los leds se direccionan con las salidas físicas correspondientes para cada elemento y actuador en el proceso (Véase la fig. 4.52).

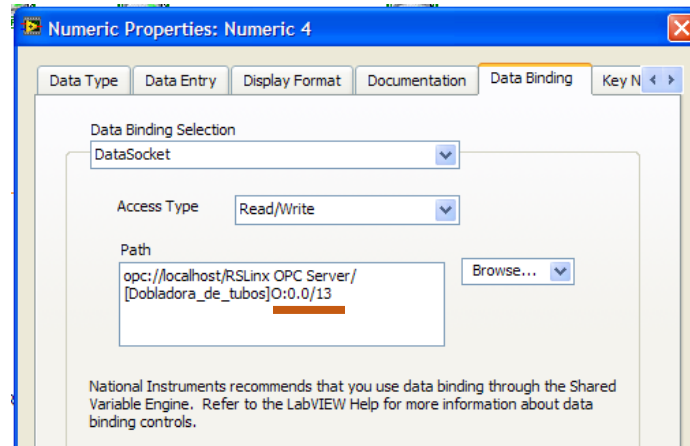


Figura 4.52. Dirección de salidas físicas para los indicadores.

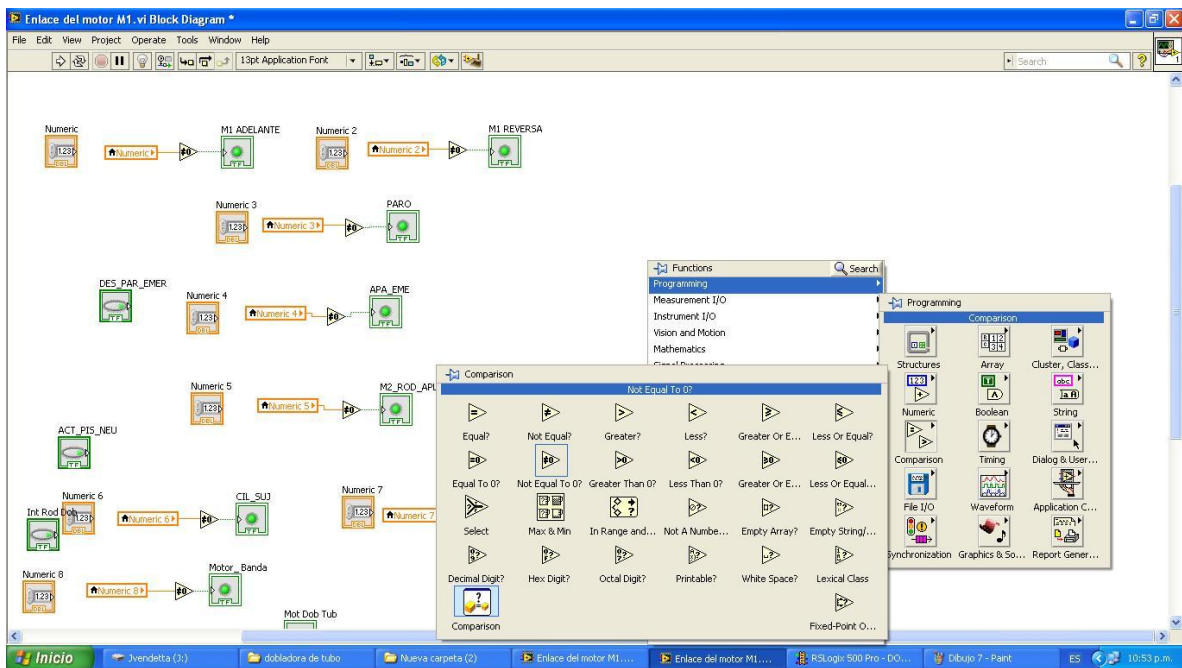


Figura 4.53. Conectividad de los indicadores en el diagrama de bloques de Labview.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

En la actualidad la mayoría de las empresas en México dedicadas a la fabricación de tubos de acero se encuentran en un rezago en cuanto a tecnología y formas de llevar a cabo el proceso de la fabricación de tubos de acero.

Habiendo establecido el análisis del problema y la documentación de la propuesta, se puede dar un análisis sobre los tiempos de fabricación del tubo de acero con la implementación de la automatización. En la tabla 5.1 se observa los tiempos de fabricación del tubo de acero con la implementación de la automatización. Con la implementación de la propuesta, la producción de un solo tubo tarda ocho segundos; ahora bien, en una hora de trabajo se generan aproximadamente 106 tubos, en comparación con la tabla 1.3 que establece que en una hora se producen tan solo 80 tubos de acero, se ve un mejoramiento notable, ya que hay un incremento de la producción en un 32.5%.

Tabla 5.1 Tiempo de fabricación de tubos implementando la automatización.

No. de Tubos	Tiempo de fabricación en segundos
1	34
2	68
3	102
4	136
5	170
6	204
7	238
8	272
9	306
10	340
100	3400
105	3570
106	3604

El tiempo para fabricar x número de tubos, señalado en la tabla 5.1, principalmente se toma en consideración el tiempo requerido para que la línea de producción pueda transformar el material de alimentación (lámina) para la manufactura de tubo de acero con costura longitudinal. En primera instancia se tiene un tiempo de 3 segundos para que la devanadora suministre la lámina de acero al proceso de producción, después se tiene la etapa de proceso para el enderezado con los rodillos aplanadores que en la medida estándar de 6 metros de largo por la lámina suministrada cubre un tiempo de 1 segundo por metro es



decir un tiempo total de 6 segundos por cada 6 metros de lámina, esto es un tiempo aproximado y comprendido por las medidas solicitadas por el cliente.

Siguiendo con la secuencia de producción, después se tiene la etapa de corte de lámina con la cizalla neumática, el proceso comienza con el cilindro de sujeción A y al mismo momento que se extiende, se activa internamente un temporizador y empieza a contar 5 segundos para que baje el segundo cilindro de corte B y al mismo momento que se extiende entra otro temporizador interno que cuenta 4 segundos para que la cizalla haga el corte adecuado, después del corte el cilindro B se retrae y al mismo momento se activa un tercer temporizador interno que cuenta 2 segundos para que el cilindro de sujeción se retraiga y termine la etapa de corte en 11 segundos.

Al finalizar la etapa de corte entra un cuarto temporizador interno que activa el motor de la banda transportadora durante 4 segundos para que la banda transportadora lleve la lámina hasta la entrada de la máquina perfiladora.

Cuando la lámina llega a la entrada de la máquina perfiladora se activa el motor que hace girar los rodillos de formación y durante 10 segundos se forma el perfil cilíndrico y se hace la costura longitudinal para terminar con la fabricación de tubo de acero con costura longitudinal, con el análisis de tiempos para cada etapa en la automatización conlleva un incremento en la producción.

Este aumento de producción trae como consecuencia un incremento de ganancias ya que con esta propuesta se reduce el costo de producción porque ya se cuenta con un sistema de producción más preciso, el cual reduce el desperdicio de materia prima. Al mismo tiempo se reduce en un 60% el personal que interviene en el proceso, quiere decir que al implementar esta propuesta, se eliminan riesgos para el personal lo cual se traduce en un ahorro de gastos médicos.

Por consiguiente cabe destacar que la propuesta es una alternativa bastante funcional que permite un mejor rendimiento en la fabricación de tubos de acero con costura longitudinal, haciendo a la empresa más competitiva. La propuesta logra unir varias tecnologías (Neumática, Eléctrica y la lógica de programación del PLC) para el funcionamiento de la producción en línea, con esto, los operadores tienen más seguridad y mejor desempeño laboral, ya que la automatización da la oportunidad de operar fácilmente el proceso y con una mayor eficiencia.

- Con la propuesta de automatización de este proceso, se logró aumentar la producción de tubería, disminuyendo tiempos muertos y costos de producción.
- La automatización en este proceso facilita su operación y funcionamiento de la maquinaria para el operario.



- Es posible realizar un HMI capaz de controlar el proceso en su totalidad.
- Este método de fabricación (pre cortado) tiene la ventaja de ser menos costoso, más productivo y fabricar producto con mejor acabado.
- Este proyecto es viable por su versatilidad es decir, es la base de fabricación de una amplia gama de perfiles, y con esto aumentar su rentabilidad,
- Los rodillos utilizados en la formación, pueden ser utilizados para laminar distintos tamaños.
- Este proyecto cumple con brindar seguridad al operario reduciendo condiciones inseguras.
- La demanda y el crecimiento de este tipo de productos hacen sustentablemente económico este proyecto.

Bibliografía:

[1] Blanco, O. "Procesos de Fabricación: Conceptos básicos". Caracas, Venezuela 1987.

[2] Kalpakjian, S. "Manufactura Ingeniería y tecnología" México. Cuarta Edición. 2002. Edtit. Marcombo J. Hyde.

[3] Product Material Specification N° FW-11. ERW Tubing for Semi-float Axles.

[4] Fundamentos teóricos, del desarrollo de un nuevo proceso de fabricación de tubería ERW. CONDUVEN. C.A.

[5] Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros. ACalero Perez Mc Graw Hill. 1ª Ed. 1999. Aravaca (Madrid) 28023.

[6] Selección de motores y transmisiones en el proyecto mecánico. RIBA ROMEVA I C. Diseño de máquinas II. 2ª Reimpresión septiembre 1999. CPDA - ETSEIB . Barcelona.

[7] Waller D., Wemer H., neumática, Festo Pneumatics 1997.

[8] Terzi E., Regber H., Ebel F controles logicos programables.

[9] CATALOGO DE FABRICANTE Rockwell Automation Technical Data Control Logix Redundant Power Supply

[10] Fundamentos teóricos, del desarrollo de un nuevo proceso de fabricación de tubería ERW. CONDUVEN. C.A.



Manual. “Desarrollo de tubería soldada Eléctricamente ERW”. CONDUVEN.

Bibliografía complementaria

[1] AHMSA:<http://www.ahmsa.com/ahmsa/acero1/acero-ahmsa/placa-y-rollo/api-5l-x-65-rollo.htm> Consultado 25/04/2004.

[2]http://www.academia.edu/6288749/Metodos_de_fabricacion_clasificacion_y_propiedades_tuberias

[3]http://termomacchine.com/documenti/4_spa_induction_welded_small_diameter_tube.pdf

[4]<http://www.dimeco.es/es/maquinas-perfiladoras-metal.php>