

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN  
INGENIERÍA**

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO  
ST-2000 MEDIANTE LA PLATAFORMA COMPACTLOGIX DE  
ALLEN BRADLEY”**

**REALIZADO POR:  
JUAN FERNANDO LÓPEZ CAMPOS  
HENRY FERNANDO MOLANO CÁRDENAS**

**SANGOLQUÍ – ECUADOR**

**2009**

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: “Automatización de la estación de almacenamiento ST-2000 mediante la plataforma CompactLogix de Allen Bradley”. Ha sido realizado en su totalidad por los señores Juan Fernando López Campos con CI: 1720275096 y Henry Fernando Molano Cárdenas con CI: 1717768038, bajo nuestra dirección.

---

Ing. Paúl Ayala T.

DIRECTOR

---

Ing. Rodolfo Gordillo O.

CODIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por darme la fortaleza necesaria y la inteligencia para poder llevar a cabo éste proyecto, y todos los proyectos que se presentan en mi existencia.*

*A mis padres, por su ayuda incondicional, el amor y el apoyo que he recibido de ellos durante toda mi vida.*

*A mis hermanos, por estar siempre dispuestos a dame una mano, a veces hasta dejando a un lado sus propias tareas.*

*A mis profesores, Ing. Paúl Ayala e Ing. Rodolfo Gordillo, por dirección y la ayuda durante todo el proyecto, sin duda alguna son personas muy dignas de ser considerados amigos.*

*Al decano de la facultad Ing. Hugo Ortiz quien fue mi profesor, y con sus enseñanzas de PLC's, tuve una buena base para el desarrollo del proyecto.*

*A todos mis profesores que por sus consejos y compañía durante el desarrollo del proyecto se convirtieron en amigos; ustedes supieron guiarme a lo largo de la carrera.*

*A mis compañeros y amigos, quienes de una u otra forma colaboraron o participaron en la realización de este proyecto, directa o indirectamente.*

*A todas las personas que depositaron su confianza en mí, de todo corazón,  
MUCHAS GRACIAS.*

*Juan Fernando*

## **AGRADECIMIENTO**

*Antes que nada agradezco a Dios por haberme llenado de sabiduría.*

*A mis padres, por su esfuerzo permanente y constante, para poder ver a su hijo convertirse en un profesional.*

*A mi hermana, por sus palabras dulces y tiernas, que alimentaron mi alma y mi espíritu, y me dieron fuerzas para seguir adelante.*

*A mis profesores, en especial al Ing. Paul Ayala, por haber transmitido su invaluable conocimiento y su amistad.*

*A los Ingenieros Raquel Salas y Guillermo Ferreira, por haberme brindado su apoyo, amistad y la oportunidad de desenvolverme como profesional.*

*A mis amigos y compañeros, que han contribuido, directa o indirectamente durante el desarrollo del presente proyecto, pero en especial a mis amigos de toda la vida, Nandy y Lore.*

*Henry Molano Cárdenas*

*Henriomol.*

## DEDICATORIA

*Éste proyecto de grado marca una nueva etapa de mi vida, por lo que va dedicado de manera muy especial y primordial a Dios y la Virgen María, en quienes confié con todo mí ser.*

*Dedico éste trabajo a mi familia; especialmente a mis padres Juan José López Alemán e Irma Idalia Campos Aguirre, quienes han sido un modelo de vida con todas sus acciones y por la calidad de personas que son; con sus enseñanzas y su paciencia han hecho de mí un profesional, y más que nada una persona con valores, principios y consciencia tanto moral como social, muchas gracias.*

*A mis hermanos Mónica y José Luís, mi hermana que me ayudó en todo lo que pudo durante toda mi carrera, y es otro modelo a seguir; a mi hermano quién también me prestó ayuda en los momentos difíciles, y espero que en su carrera sea un excelente profesional.*

*También dedico éste trabajo a todos mis amigos, dentro y fuera de la universidad, quienes han sido un gran apoyo en los momentos buenos y malos.*

*Juan Fernando*

## DEDICATORIA

*El presente trabajo va dedicado a mis Padres, Rosemberg Molano y Gloria Cárdenas, a quienes amo y respeto con todo mi corazón, porque ellos han sido y seguirán siendo mi motor de motivación durante mi trayecto de formación y también para mi hermosa hermana, mi negrita, que con todo cariño para ustedes.*

*Henry Molano Cárdenas*

*Henriomol.*

## PRÓLOGO

El presente proyecto que se plantea realizar tiene como finalidad, actualizar la plataforma con la que se maneja el actual CIM 2000, es decir, tener una plataforma nueva y eficiente que permita realizar procesos de manufactura de muy buena calidad y optima.

Para obtener el resultado que se desea, es importante conocer cómo trabaja cada estación del CIM 2000 y en especial la de la Estación Automática de Almacenamiento ST-2000, para la cual se enfoca el proyecto.

Esta estación por ser la última, no necesariamente será la menos importante. Tendrá también su grado de complejidad y tendrá la misma temática con la que fue diseñado el CIM 2000.

El presente proyecto tiene la finalidad de diseñar e implementar una estación completamente funcional con equipos de la Marca Allen Bradley, con el fin de potenciar sus características, además de proporcionar una estación didáctica a los alumnos que van a hacer uso del laboratorio C.I.M.

La Estación Automática de Almacenamiento ST-2000 será implementada con el PLC CompacLogix 5000 de Allen Bradley, el cual por sus características, permitirá realizar varias actividades dentro de la estación; con mejoras respecto al PLC- 984-145 COMPACT-A145, el cuál será desmantelado.

Dentro de la estación se diseñará un sistema de Control y Monitoreo a través de una interfaz de HMI, por medio de un Software de programación gráfica, que permitirá el desarrollo del mismo.

Se dispondrá de un modelo de manipulación de la Estación ST-2000 en forma Manual, Semi-Automático y Automático.

Se realizará la documentación apropiada, para la Manipulación y Operación adecuada de la Estación de Almacenamiento ST-2000 del laboratorio del C.I.M. 2000.



## **INDICE:**

### **CAPÍTULO 1**

INTRODUCCIÓN .....	- 1 -
--------------------	-------

### **CAPÍTULO 2**

DESCRIPCIÓN DE LAS PLATAFORMAS MODICON Y COMPACTLOGIX EN LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000.....	- 7 -
---	-------

2.1 INTRODUCCIÓN.....	- 7 -
-----------------------	-------

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000.....	- 8 -
---	-------

2.3 ELEMENTOS Y ESTADO DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000 EN LA PLATAFORMA INICIAL MODICON CON EL PROTOCOLO MODBUS.....	- 14 -
---	--------

2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOCOLO MODBUS.....	- 19 -
---	--------

2.4 PLATAFORMA COMPACT LOGIX DE ALLEN BRADLEY.....	- 26 -
--	--------

2.4.1 MODELO DE COMUNICACIÓN.....	- 27 -
-----------------------------------	--------

MODOS DE TRANSFERENCIA DE VARIABLES .....	- 29 -
---	--------

MODO PRODUCTOR/CONSUMIDOR.....	- 30 -
--------------------------------	--------

MODO DE MENSAJES.....	- 31 -
-----------------------	--------

2.4.2 CARACTERÍSTICAS.....	- 32 -
----------------------------	--------

2.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE COMPACTLOGIX 5000. ..	- 33 -
--	--------

2.5.1 LA UNIDAD DE ALIMENTACIÓN.....	- 33 -
--------------------------------------	--------

2.5.2 CONTROLADOR 1768-L43.....	- 37 -
---------------------------------	--------

2.5.2.2 CONSIDERACIONES DE FALLA EN LA EJECUCION DE UNA TAREA.....	- 43 -
--	--------

2.5.2.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN UTILIZADOS PARA PROGRAMAR EL CONTROLADOR 1768 L43.....	- 45 -
2.5.2.5	MEMORIA DE MANTENIMIENTO NO VOLÁTIL.....	- 52 -
2.5.2.6	INDICADORES DEL CONTROLADOR .....	- 53 -
2.5.3	MÓDULOS I/O DIGITALES 1769. ....	- 57 -
2.6	TOPOLOGÍA ETHERNET/IP DE COMPACTLOGIX.....	- 66 -
	INTRODUCCIÓN .....	- 66 -
2.6.1	REDES INDUSTRIALES. ....	- 67 -
2.6.1.8	TOPOLOGÍA DE LA RED.....	- 78 -
2.7	MÓDULO DE COMUNICACIÓN 1768-ENBT .....	- 81 -
2.7.1	CONFIGURACIÓN DE MÓDULO ETHERNET/IP PARA OPERAR EN LA RED.....	- 83 -
2.7.2	INDICADORES DEL MÓDULO ETHERNET 1768-ENBT. ....	- 85 -
2.8	ESTRUCTURA DE CABLEADO DEL CONTROLADOR RS-LOGIX 5000. -	88 -
2.8.1	CONEXIONADO DE PANEL FRONTAL DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO. ....	- 90 -
2.9	ESTRUCTURA DE CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL CONTROLADOR COMPACLOGIX 5000.....	- 96 -

### **CAPÍTULO 3**

	SOFTWARE.....	- 97 -
	INTRODUCCIÓN .....	- 97 -
3.1	DIAGRAMAS DE FLUJO .....	- 97 -
3.2	DISEÑO DE LA INTERFÁZ GRÁFICA (HMI) EN FACTORY TALK VIEW.....	- 101 -
3.3	COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE ETHERNET.....	- 156 -

### **CAPÍTULO 4**

	PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	- 165 -
--	---	---------

INTRODUCCIÓN .....	- 165 -
4.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO ST-2000. ....	- 165 -
4.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	- 172 -
4.3 ANALISIS TECNICO DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACION DE ALMACENAMIENTO ST-2000 CON EL PLC COMPACTLOGIX 5000 DE ALLEN BRADLEY.....	- 178 -
4.4 RESULTADOS.....	- 180 -
4.5 LIMITACIONES.....	- 184 -
<b>CAPÍTULO 5</b>	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	- 187 -
5.1 CONCLUSIONES.....	- 187 -
5.2 RECOMENDACIONES. ....	- 189 -
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>- 191 -</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>- 193 -</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>- 278 -</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>- 284 -</b>
<b>INDICE DE FLUJOGRAMAS.....</b>	<b>- 285 -</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>- 286 -</b>

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas y hasta el presente, las empresas, se han visto en la necesidad de mejorar sus procesos de producción con el fin de obtener un máximo rendimiento con el menor esfuerzo y el menor costo.

Con el avance de la tecnología, la industria de hoy en día cuenta con sistemas altamente modernos y eficientes capaces de realizar tareas complejas, en el menor tiempo posible, durante la ejecución de un determinado proceso. La productividad de un sistema se ve reflejada en la buena manipulación y utilización de los recursos para obtener un determinado producto, donde la industria aplica este concepto día tras día, con el fin de ser cada vez más competitivo dentro de su mercado.

Es por ello que se estima que del 60% al 80%, del tiempo total que toma en realizar un proceso de manufactura, es el tiempo utilizado para la manipulación de materiales.

Los procesos de manufactura abarcan una amplia variedad de recursos y actividades entre los cuales se tienen, diseño del producto, maquinaria y herramientas a emplear, planificación de ejecución del proceso, materiales, control de producción, empaquetamiento y distribución.

La aparición de equipos y dispositivos de última generación y avance tecnológico, implementados en los procesos de manufactura actuales, permiten

que los mismos se lleven a cabo de la manera más eficiente posible, donde los productos diseñados satisfacen normas y especificaciones.

En los últimos años, muchos fabricantes se han enfocado en el desarrollo de tecnologías que permitan a la industria incrementar su productividad, y al a vez obtener productos de mayor calidad; sin embargo, no solo con la ayuda de la tecnología se llegan obtener buenos resultados en la industria, sino que también es necesario hacer uso de la unión de varios elementos los cuales permitan hacer una integración, lo cual se lo conoce como manufactura asistida por computadora.

La fabricación integrada por computadora (CIM) aprovecha plenamente el potencial de la tecnología al combinar varias actividades asistidas por computadoras, las cuales incluyen; el control de existencias, cálculo de costes de material y el control final y total del proceso de producción.

Las tecnologías de automatización, herramientas de control de la calidad, el modelo ejecución de los procesos y las nuevas formas de medir el rendimiento de la planta, son servicios industriales básicos que se deben cumplir en la industria para llegar a obtener una administración dinámica y eficiente.

Los sistemas de Almacenamiento AS/RS son sistemas de administración de inventarios, los cuales han permitido dentro de la industria, manipular de manera óptima los materiales y productos, permitiendo de esta manera, garantizar una mayor productividad y un crecimiento empresarial a gran escala.

Los sistemas de Almacenamiento AS/RS (Automated Storage / Retrieval System) están conformados por equipos y elementos, que permiten la manipulación adecuada de material, para su respectiva entrega y recepción, en tiempos cortos, con una alta precisión y con un algo grado de disponibilidad dentro de la Industria.

Estos sistemas varían de acuerdo a las necesidades y requerimientos de la industria, y éstos pueden ir desde sistemas simples, con la ayuda de más trabajadores y maquinarias, dentro de áreas pequeñas; hasta sistemas altamente automatizados y modernos, dentro de amplias áreas de trabajo, en donde se requiera sistemas altamente integrados para determinados procesos de manufactura y distribución.

La gran variedad de sistemas AS/RS, que existen en las industrias, dependen de las necesidades de la empresa, en donde los métodos de control utilizados varían en base a las políticas y requerimientos de la misma. En la figura 1.1 se pueden observar varios modelos AS/RS, utilizados en grandes Compañías.



**Figura 1.1 Estación de Almacenamiento AS/RS en Aplicaciones Industriales.**

Son varias las aplicaciones que se les pueden atribuir a estos sistemas AS/RS, y grandes los beneficios que se pueden obtener, dependiendo de la tecnología utilizada y la efectividad con la que sus componentes trabajen.

Precisamente para lograr obtener un producto terminado y de alta calidad, dentro de un CIM, se cuenta con la participación de varias estaciones, quienes

son las encargadas de realizar determinadas tareas, y que al integrarlas cumplen con un determinado proceso que es la de fabricación de un producto.

Dentro de las estaciones que conforman al laboratorio CIM, se cuenta con la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 (*Automated Storage/Retrieval System*), cuya función es la de almacenar y entregar determinados materiales según sean los requerimientos de la Estación Central.

Las ventajas que ofrece el fabricante del controlador CompactLogix L43A para su implementación y programación, permite elegir su plataforma, con el fin de desarrollar aplicaciones que se ajusten a las necesidades y a los requerimientos a los cuales se desea diseñar.

La necesidad de realizar procesos cada vez más rápidos, eficaces y robustos, permite hacer uso de nuevos equipos con nuevas tecnologías que hoy en día se encuentran a disposición, como es el caso de los controladores CompactLogix de la Familia Allen Bradley, cuya implementación a la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000 abre paso a un nuevo Sistema altamente automatizado.

En el presente documento se describe de manera puntual, las actualizaciones realizadas a la estación, el mantenimiento realizado, su lógica de control, el hardware y Software requerido, así como también las necesidades de cambiar de plataforma.

Con el presente proyecto se tiene como finalidad, actualizar la plataforma con el que se maneja el actual laboratorio CIM, es decir, tener una plataforma en la cual se pueda implementar un nuevo controlador cuya tecnología es ampliamente utilizado a nivel mundial y donde el estudiante pueda familiarizarse, para que pueda desarrollar sus respectivas prácticas.

Comprender las funciones que debe realizar una estación como ésta, permite llevar a cabo el proceso de una manera más eficiente, es decir una estación de almacenamiento AS/RS, permite que se reduzca el tiempo en la búsqueda del material deseado, se evita la pérdida o el daño de productos, se llevan registros exactos de los materiales, se realizan entregas a tiempo de los productos, se optimiza espacios, se tiene un inventario actualizado y dentro de ambientes industriales reales, se evita la exposición de los trabajadores durante la manipulación de grandes cantidades de materiales durante un proceso de entrega o recepción de los mismos.

La estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 del laboratorio CIM, está diseñado bajo herramientas computacionales, las cuales permiten manipular los elementos que conforman la estación, a través del controlador y a la vez permitan desplegar en pantalla, a manera de interfaz gráfica, el estado de dichos elementos, con el fin de determinar el estado de la estación.

El algoritmo de programación de la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 está en función de las actividades de entrega y recepción de determinados materiales, según sea la necesidad de la estación central, como también del operador que manipula la estación, así como también sea el modo de operación de la misma, durante un tiempo de ejecución, donde los elementos que conforman a la estación cumplen determinadas funciones, las cuales han sido optimizadas durante el desarrollo del presente proyecto.

El presente trabajo está organizado de la siguiente forma: *Capítulo 2*, donde se describe brevemente la plataforma inicial utilizada en la Estación de Almacenamiento así como también todo lo referente a la plataforma CompactLogix de Allen Bradley y además una descripción general de los dispositivos que integran a la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000. *Capítulo 3*, se describe la lógica utilizada en el controlador CompactLogix 1768-L43, la configuración para la comunicación entre el PC y el controlador, y por último la trama de comunicación ETHERNET. *Capítulo 4*, se describe las pruebas



y los resultados obtenidos con el Controlador CompactLogix 1768-L43 y posteriormente las limitaciones que se observaron durante la realización de las mismas. *Capítulo 5*, se presenta las conclusiones y recomendaciones sobre la nueva plataforma implementada en la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000 con el controlador CompactLogix 1768-L43.

## **CAPÍTULO 2**

### **DESCRIPCIÓN DE LAS PLATAFORMAS MODICON Y COMPACTLOGIX EN LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

En el presente documento se describe los elementos que conforman a la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000, el estado de sus elementos y una breve descripción de la plataforma MODICON, así como también los protocolos utilizados por el Controlador 948-145-COMPACT-A145.

También se describirá de la plataforma COMPACT LOGIX, las características del controlador, sus módulos de entrada y salida, el módulo Ethernet utilizado para la comunicación y el formato utilizado para el intercambio de información dentro de la red.

Por último se detallarán las conexiones eléctricas referentes a los brazos de la estación de almacenamiento y sus funciones específicas durante la ejecución de una determinada subrutina.

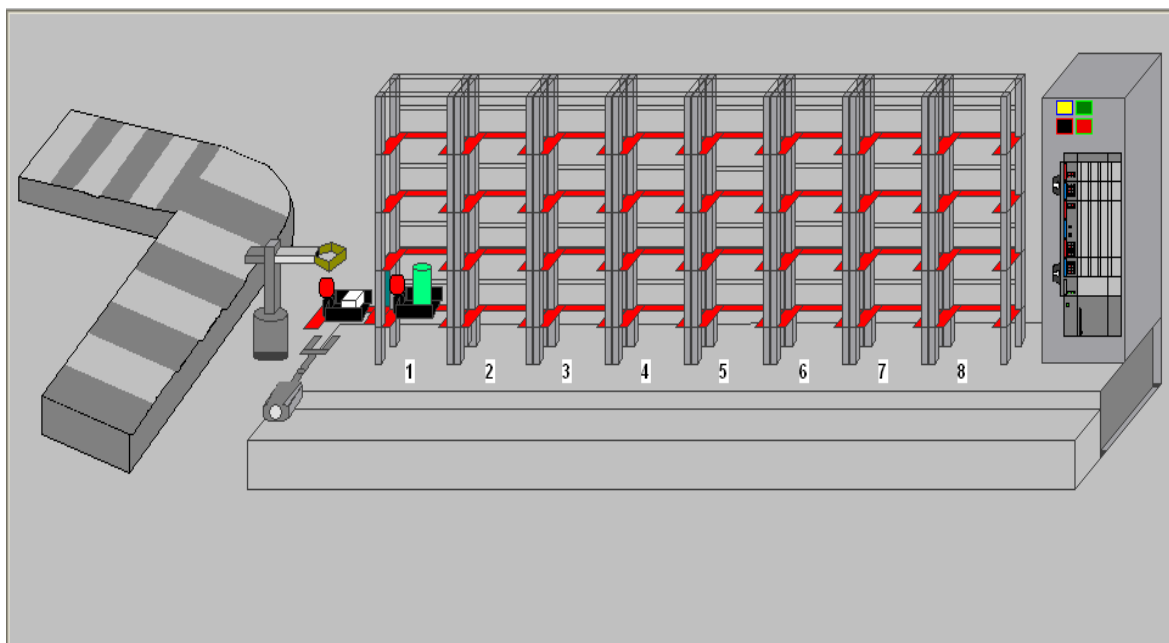
Se pretende, en el presente capítulo, describir el funcionamiento de los controladores 948-145-COMPACT-A145 de MODICON y 1768-L43 COMPACTLOGIX, con el fin de sustentar la migración de la plataforma de la estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000.

## 2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000.

La estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 es un sistema completamente autónomo y altamente computarizado cuyas operaciones son las de cargar, descargar, clasificar y organizar los distintos materiales que se manejan en los compartimientos.

La estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 está integrada por algunos elementos, como se puede observar en la figura 2.1, de la HMI, los cuales realizan determinadas funciones, según se los requiera.

A continuación se describen los elementos que integran a la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 del laboratorio C.I.M:



**Figura 2.1** Figura HMI de los elementos que integran la estación de almacenamiento.

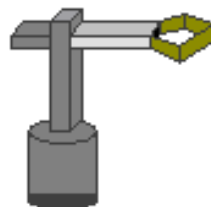
**Manipulador Giratorio:** Lo componen principalmente dos pistones, uno axial y otro Giratorio, y de una agarradera o “*gripper*”, todos neumáticos. A demás cuenta con un diversificador Neumático, el cual sirve como distribuidor de la alimentación de aire para los dispositivos que componen al manipulador Neumático. El Diversificador cuenta con un sensor de presión, cuya señal indica la presencia o ausencia de aire en éste.

El pistón axial permite el movimiento de arriba hacia abajo y viceversa del manipulador. El pistón giratorio permite un movimiento de 180° del manipulador.

Los Pistones del manipulador disponen de sensores de posición de vástago, cuyas señales indican la ubicación del brazo como tal.

El manipulador giratorio es encargado tanto recibir de los vagones del conveyor, los materiales o productos a ser almacenados, como entregar los materiales requeridos, por parte de la estación Central, en los vagones respectivos.

El algoritmo de programación de recepción o despacho, dependerá del modo de operación de la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000.

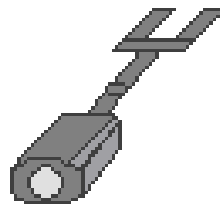


**Figura 2.2** Figura HMI de manipulador giratorio.

**Manipulador Cartesiano:** Muy similar al caso anterior. Éste manipulador cuenta con un Pistón Neumático para el movimiento en el eje z y dos motores

eléctricos a 24VDC para los movimientos tanto en el eje *X* como en el eje *Y*. Sobre el Pistón neumático se tiene dos sensores de posición de vástago, los cuales envían señales la ubicación del mismo, es decir, indican si el vástago se encuentra fuera o dentro del cilindro. Además también, para que los movimientos de los ejes “*X*” y “*Y*”, sean limitados sobre todo el rango de movimiento, se dispone finales de carrera, los cuales interrumpen la alimentación a los motores, cuando se ha llegado al límite del eje.

Éste manipulador realiza las funciones de, recolección del material o producto que se encuentra en la bahía 0 y ubicarlo en la bahía que corresponda. También retira el material requerido por el operador o por la estación central, dependiendo el modo de trabajo de la estación, y ubicarlo en la bahía 0, para ser recogido posteriormente por el brazo giratorio.



**Figura 2.3** Figura HMI de manipulador cartesiano.

**Zona de almacenamiento:** Es el lugar en donde las paletas, con el respectivo material o producto, serán almacenadas o retiradas, dependiendo de la instrucción que se le ordene al controlador y el modo en el que esté trabajando la estación.

La estación de almacenamiento está formada por una matriz de bahías de 4 filas y 8 columnas, obteniendo un total de 32 bahías dentro de los cuales se alojaran materiales y productos.

Es necesario tomar en cuenta la bahía 0, la cual sirve de almacenamiento temporal de producto o material.

El conjunto de bahías conforman la zona de almacenamiento, la cual funciona como bodega, donde se encontrarán prismas, cilindros, productos defectuosos, pallets vacíos y productos terminados, los cuales se dispondrán, dependiendo las necesidades de la estación central o del operador y del modo de trabajo de la estación.

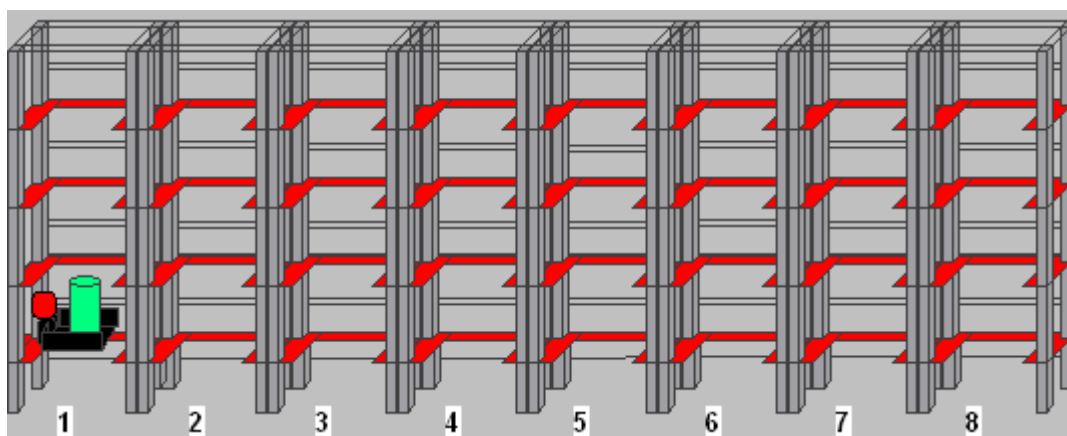


Figura 2.4 Figura HMI de zona de almacenamiento.

**Buffer de Paletas o bahía 0:** no es más que un compartimiento auxiliar en el cual se colocan las paletas a ser entregadas o recibidas. Se la utiliza como descanso del la paleta hasta ser retirada y llevada a donde corresponda.

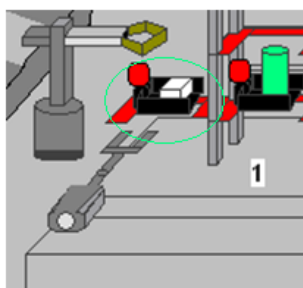


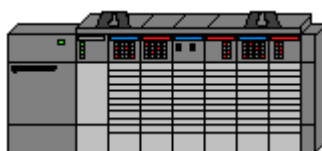
Figura 2.5 Figura HMI de buffer de pallets o bahía 0.

**PLC:** Es el controlador utilizado por la estación y es el encargado de realizar las operaciones necesarias, para satisfacer las tareas u operaciones propias de la estación de almacenamiento.

Las señales tanto de entrada y de salida provenientes del controlador, están enlazadas con la interfaz gráfica, diseñada en la PC de la estación, donde el operador estará al tanto de dichas señales y podrá verificar el estado de la estación.

El controlador dispone de una fuente de alimentación, un módulo de comunicación Ethernet/IP, módulos de entrada y salida, y finalmente de un módulo terminal de bus.

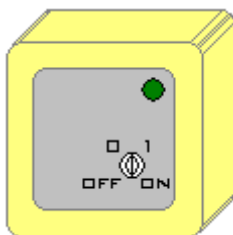
En los capítulos siguientes se detallará de mejor manera los elementos que componen el controlador CompactLogix 1768 L43 de Allen Bradley.



**Figura 2.6** Figura HMI del controlador.

**Gabinete Eléctrico:** La alimentación de toda la estación llega a éste gabinete que dispondrá de la energía necesaria por todos los elementos utilizados dentro de la estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000.

Éste armario cuenta con los elementos indispensables para la distribución de energía eléctrica a todo el sistema, así como también de las debidas protecciones del caso.



**Figura 2.7** Figura HMI del gabinete eléctrico.

**Panel Frontal:** Indica el estado del sistema. El panel frontal está compuesto por pulsadores e indicadores, los cuales poseen una determinada función dentro del sistema. Los elementos que conforman al panel frontal son:

- PLC ON: enciende al Controlador Compact Logix.
- PLC OFF: apaga al Controlador Compact Logix.
- EMERGENCY STOP: bloquea las operaciones del controlador y envía un mensaje de error a la estación central, quien registrará el error producido y tomará las medidas necesarias para eliminar el error producido por la estación.

Generalmente se lo utiliza en el caso de que el operador identifique un problema que atente contra el funcionamiento normal de la estación, así como también para prevenir un posible daño de los elementos que conforman la estación de almacenamiento.

- DC POWER ON: indica si el gabinete eléctrico dispone de energía eléctrica.
- CIM ON LINE: indica si la estación se encuentra en línea con las otras estaciones, es decir cuando se encuentra operando en el modo automático.



- **ERROR:** esta es una señal que indica falla de funcionamiento dentro de la estación de almacenamiento, misma que se envía, a través de un mensaje, a la estación central. A demás ésta señal será registrada por la estación central, para determinar la cantidad de errores producidos durante la ejecución de una o varias tareas.

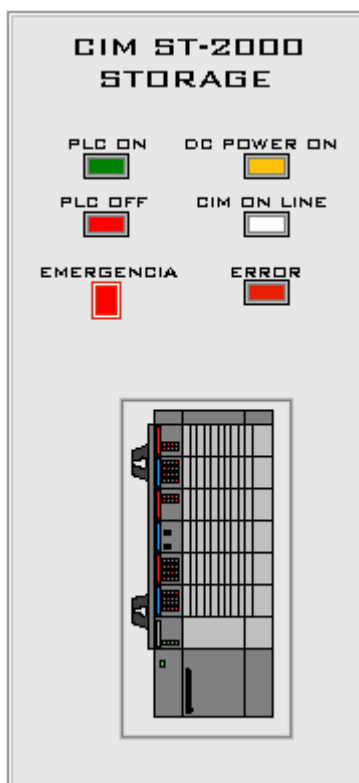


Figura 2.8 Figura HMI del panel frontal de la estación de almacenamiento.

### 2.3 ELEMENTOS Y ESTADO DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000 EN LA PLATAFORMA INICIAL MODICON CON EL PROTOCOLO MODBUS.

La estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 está conformada por varios elementos entre los cuales se encontraban principalmente sensores, finales de carrera, brazos neumáticos, motores eléctricos, elementos de protección, indicadores, accionamientos y un controlador (PLC: 948-145-COMPACT-A145), el

cuál será reemplazado por otro cuya plataforma es COMPACT LOGIX DE ALLEN BRADLEY.

De los elementos antes mencionados su estado requirió de mantenimiento mas no de su cambio, permitiendo así la utilización de los mismos para el funcionamiento integral de la Estación.

Básicamente tres modos de comunicación integraban a la estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000 y los cuales eran: Comunicación a través de señales discretas, Comunicación a través de MODBUS y Comunicación a través de MODBUSPLUS.

Por medio de señales discretas I/O de los módulos del PLC 984-145-COMPACT-A-145, se tenía un modelo de comunicación básico entre la estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000 y la Estación Central. A este modelo básico de mantener comunicadas ambas estaciones mediante señales de control se lo conocía como modelo de comunicación discreta. La gran desventaja que se podía observar en este modo de comunicación básico, era la gran cantidad de cables empleados, así como también las grandes distancias que tenían que recorrer éstos, para llevar las señales requeridas a las demás estaciones y principalmente a la Estación Central, haciendo que su mantenimiento sea más demoroso y con posibilidades de no poder solucionar cualquier desperfecto en caso de que se presente uno.

La estación de Almacenamiento hacía uso de nueve señales discretas, entre las cuales se tenían tres señales de entrada, tres señales de salida y otras tres señales de control. De éstas últimas se tenían dos señales de entrada y una de salida.

En la figura 2.9, se muestra el modelo de comunicación discreto utilizado entre la estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000 y la Estación Central del C.I.M.

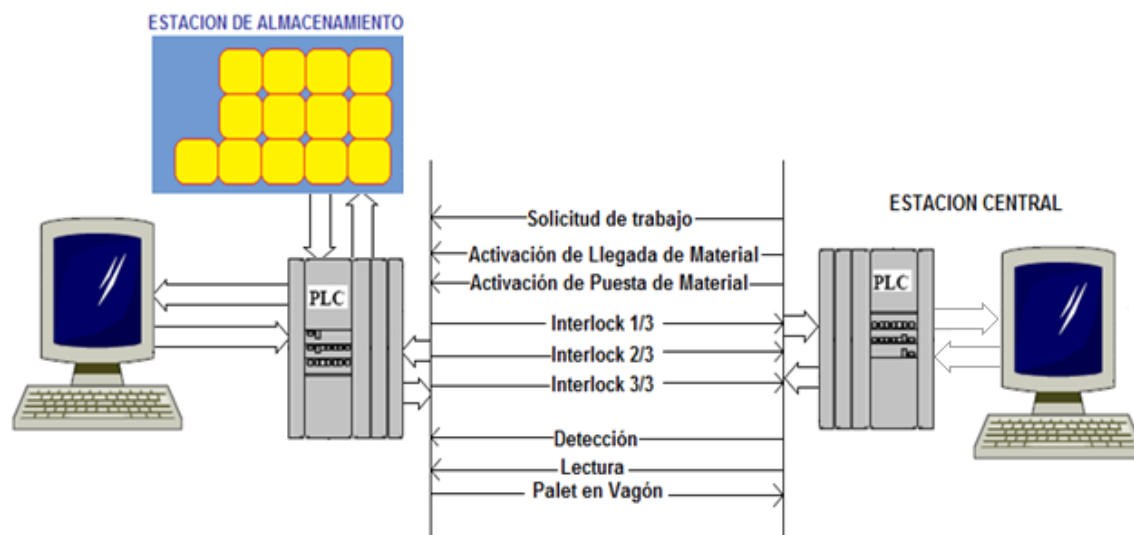


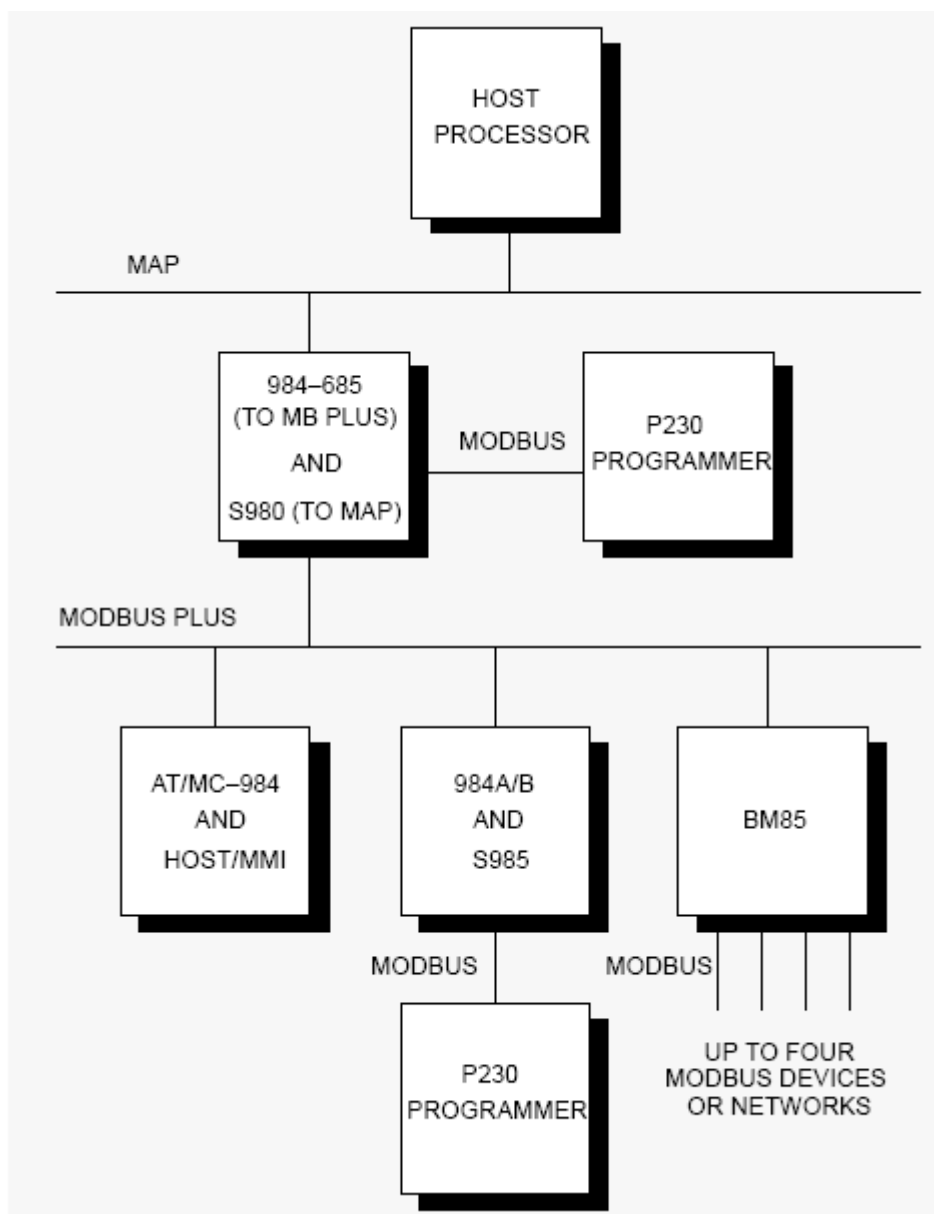
Figura 2.9 Modelo de Comunicación Discreto.

Haciendo uso del estándar de comunicación, RS-232, los controladores MODICON eran capaces de soportar redes tales como MODBUS y MODBUSPLUS.

El estándar de comunicación RS-232 previamente implementado dentro de la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000, era el encargado de la transmisión de datos seriales dentro de la Plataforma MODICON con el protocolo MODBUS, entre el controlador y la PC de la estación.

El RS-232 está diseñado para transmitir datos hasta 20Kpbs y hasta una distancia máxima de 15m.

En la figura 2.10 se puede ver un modelo de interconexión jerárquica de conexión de dispositivos en la red haciendo uso de las diferentes técnicas de comunicación. En transacciones por mensajes, el protocolo MODBUS embebido en cada paquete de red, posee un lenguaje de comunicación común, que permite la comunicación entre dispositivos.



**Figura 2.10 Modelo Jerárquico de comunicación entre dispositivos.**

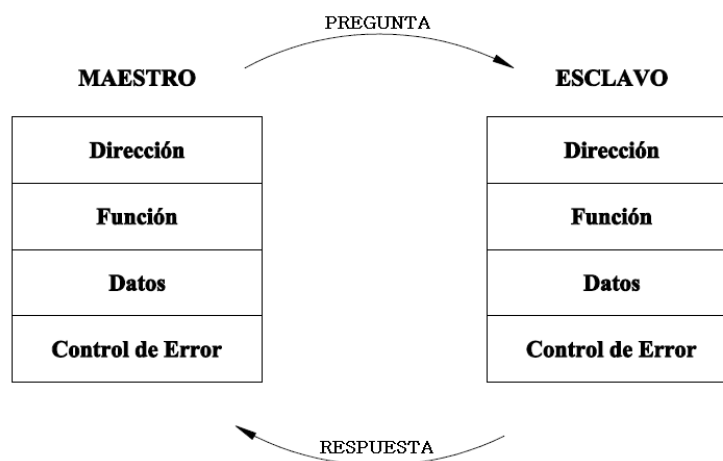
Al ser MODBUS un protocolo de petición/respuesta, capa 7, ofrece servicios especificados por un determinado código de función. Es decir MODBUS es un protocolo de capa de mensajería para la comunicación entre un cliente y un servidor dentro de una red.

La comunicación por MODBUS, permitía enviar y recibir los datos desde la PC hacia el controlador, esto con la ayuda del estándar de comunicación RS-232.

Los puertos estándar MODBUS del controlador hacían uso de una interfaz serial RS-232, el cual define conectores de pines de salida, cableado, niveles de voltaje o señal, tasas de transmisión y chequeo de paridad.

Con la ayuda del protocolo RS-232 la información de una unidad a otra se la hacía en grandes cantidades, en tiempos pequeños y a distancias pequeñas, pero se mantenía la interactividad con el proceso.

En la figura 2.11 se muestra el modelo utilizado por las tramas de MODBUS.



**Figura 2.11 Maestro-Esclavo Petición-Respuesta.**

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOCOLO MODBUS.

Haciendo uso de la técnicas Maestro /Esclavo se puede hacer uso de la comunicación con el controlador, en donde el Maestro inicia la transacción y los otros, esclavos, responden a los requerimientos de datos de Maestro.

El protocolo MODBUS define una PDU simple (*Protocol Data Unit*), independiente de las capas sub-adyacentes. El mapeo del protocolo MODBUS puede añadir en la red campos adicionales en la ADU (*Aplication Data Unit*).

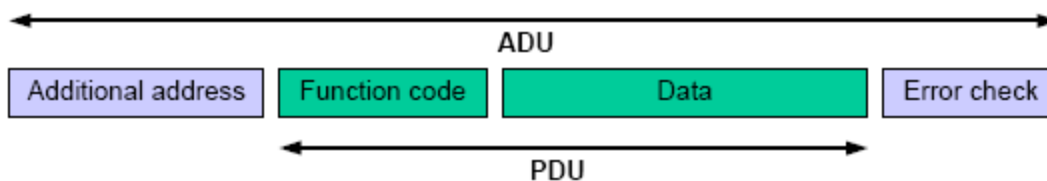


Figura 2.12 PDU y ADU de MODBUS.

La ADU es creada por el cliente que inicia la transacción. El campo **function code** indica al servidor la acción a ejecutar o realizar y finalmente el protocolo de aplicación establece la comunicación entre el cliente y el servidor.

El tamaño de la PDU sobre líneas seriales, sin tomar en cuenta los campos **Server Address** y **Error Check**, es 253 kbytes.

MODBUS PDU = 256 - Server address (1 byte) - CRC (2 bytes) = 253 bytes.

#### Modos de transmisión en MODBUS.

Existen dos formatos o modos de comunicación, ASCII y RTU, como se indica en la figura 2.13, que utiliza el controlador PLC 984-145-COMPACT-A-145 del fabricante MODICON.

Modo ASCII					
Comienzo de Trama	Dirección	Función	Datos	Control de Errores	Fin de Trama
:	2 bytes	2 bytes	N x 2 bytes	2 bytes	CR + LF

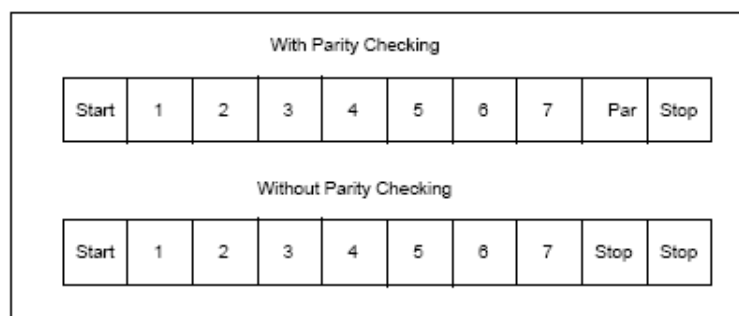
  

Modo RTU					
Comienzo de Trama	Dirección	Función	Datos	Control de Errores	Fin de Trama
Tiempo de 3 bytes	1 bytes	1 bytes	N x 1 bytes	2 bytes	

**Figura 2.13 Modos de Comunicación ASCII y RTU.**

### **Modo ASCII (American Standard Code Informaion Innterchange)**

Cuando el controlador es configurado en este modo de comunicación, cada 8 bits o byte de un mensaje, es enviado como dos caracteres ASCII.



**Figura 2.14 Modo de Comunicación ASCII.**

En la figura 2.14, se puede observar la trama utilizada en el modo de comunicación ASCII.

## Modo RTU

Si el controlador es configurado en este modo, cada 8 bits o byte de un mensaje, contiene 2 4 bits de caracteres hexadecimales. La gran ventaja de este modo es la gran cantidad de caracteres transmitidos más que en el modo ASCII, a la misma tasa de velocidad.

Cada mensaje debe ser transmitido como una trama continua. A continuación se muestran unas tablas que indican las funciones utilizadas por el formato de las tramas enviadas y contestadas, MODBUS:

### Campos de Funciones:

Código	Acción	Significado
01	Leer Bobinas (0:xxxx)	Obtiene el estado actual ON/OFF de un grupo de bobinas lógicas.
02	Leer Entradas (1:xxxx)	Obtiene el estado actual ON/OFF de un grupo de entradas lógicas.
03	Leer Registros (4:xxxx)	Obtiene el valor binario de uno o más registros de almacenamiento.
04	Leer Registros (3:xxxx)	Obtiene el valor binario de uno o más registros de entrada.
05	Escribir Bobina (0:xxxx)	Fuerza el estado de una bobina.
06	Escribir Registro (4:xxxx)	Escribe el valor binario de un registro de almacenamiento.
15	Escribir Bobinas (0:xxxx)	Fuerza el estado de un grupo de bobinas.
16	Escribir Registros (4:xxxx)	Escribe el valor binario de un grupo de registros de almacenamiento.

**Figura 2.15 Campo Funciones de los formatos MODBUS.**

Interrogación						
Dirección	Función	Bobina comienzo (alto)	Bobina comienzo (bajo)	Cantidad Bobinas (alto)	Cantidad Bobinas (bajo)	Control de Error
0A	01	04	A1	00	01	4F

Respuesta:			
Dirección	Función	Código de Error	Control de Error
0A	81	02	73

**Figura 2.16 Formato de mensaje, cuando el esclavo no puede realizar.**



## Código de Error.

Código	Tipo de Error	Significado
01	Función ilegal	La función recibida no esta permitida en el esclavo.
02	Dirección ilegal	La dirección esta fuera del rango permitido.
03	Dato ilegal	El dato contiene un valor no válido.
04	Falla en el dispositivo	El controlador no responde o ha ocurrido un error.
05	Reconocimiento (ACK)	Se ha aceptado la función y se esta procesando.
06	Ocupado	El mensaje ha sido recibido sin error, pero el dispositivo no puede procesarlo en este momento.
07	Reconocimiento Negativo (NAK)	La función solicitada no puede realizarse en este momento.

Figura 2.17 Campo Funciones de los formatos MODBUS.

## EJEMPLOS DE TRAMAS MODBUS

### Trama de Función de leer Bobinas (0: xxxx).

PREGUNTA						
Dirección	Función	Bobina comienzo alto	Bobina comienzo bajo	Cantidad Bobinas alto	Cantidad Bobinas bajo	Control de Error
11	01	00	13	00	25	B6

RESPUESTA								
Dirección	Función	Cuenta de bytes	Bobinas 20-27	Bobinas 28-35	Bobinas 36-43	Bobinas 44-51	Bobinas 52-56	Control de Error
11	01	05	CD	6B	B2	0E	1B	D6

Figura 2.18 Formato de mensaje para lectura de Bobinas del Controlador.

### Trama Función de leer Entradas (1: xxxx).

PREGUNTA						
Dirección	Función	Entrada comienzo (alto)	Entrada comienzo (bajo)	Cantidad de Entradas (alto)	Cantidad de Entradas (bajo)	Control de Error
17	02	00	C4	00	16	0D

RESPUESTA						
Dirección	Función	Cuenta de bytes	Entradas 10197-10204	Entradas 10205-10212	Entradas 10213-10218	Control de Error
17	02	03	AC	DB	35	28

Figura 2.19 Formato de mensaje para lectura de registros del Controlador.

## COMUNICACIÓN POR RED MODBUS PLUS.

La comunicación a través de la red MODBUS PLUS permitía realizar la comunicación con los demás controladores, intercambiando así información. La red MODBUS PLUS, es una red en anillo de velocidad promedio con paso de testigo sobre la cual las otras estaciones se comunican con la estación central.

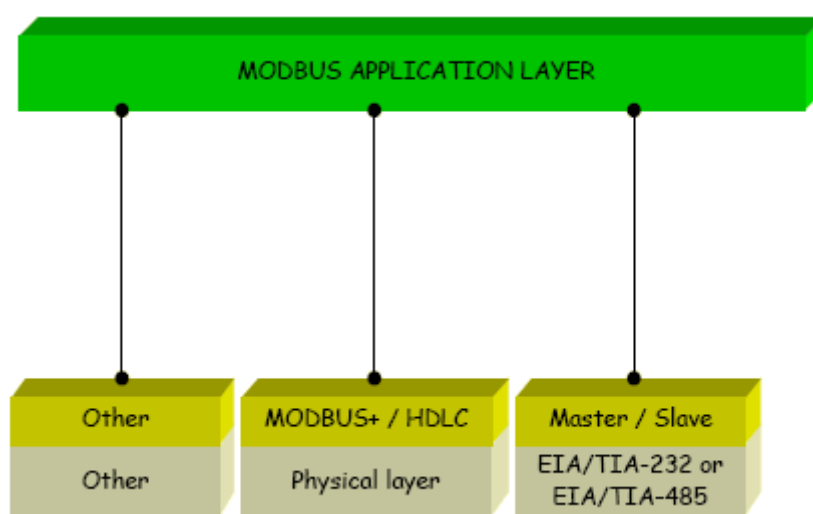


Figura 2.20 Formato de acceso a la capa de aplicación MODBUS.

La Red MODBUS PLUS implementada anteriormente en la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000, estaba diseñada para establecer una red de comunicación local industrial (LAN), con una capacidad de conectar hasta 64 nodos, a una distancia mínima de separación entre nodos de 3m o hasta a una distancia máxima de 1500 pies, en una configuración Multi Drop, utilizando cable BELDEN apantallado de 2 hilos y hasta una velocidad de 1Mbps.

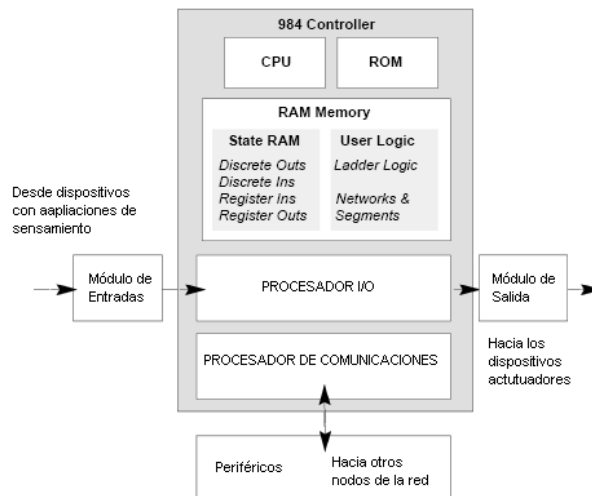
Cada uno de los nodos que integraban la red, poseían identificadores de dirección, los cuales eran asignados a través de unos mini interruptores, con rangos del 1 al 64, en una configuración de modo binaria.

MODBUS PLUS hace uso del concepto de secuencia rotativa, en el cual implicaba que para llevar un mensaje de un nodo a otro, el mensaje debía pasar por los otros nodos intermedios hasta llegar al nodo a su destino.

La red MODBUS PLUS utiliza la estructura de operación en la red, llamada TOKEN, o paso de testigo circulante, donde éste contiene un paquete de palabras de datos, los cuales pasa a través de todos los nodos, los cuales extraen o actualizan la información que cada uno de los nodos contiene. Su secuencia va desde el nodo de más baja dirección hasta llegar el nodo de más alta dirección, secuencialmente, repitiéndose la secuencia nuevamente desde la dirección más baja.

Varias instrucciones eran utilizadas dentro del PLC para realizar las operaciones antes mencionadas, con el fin de poder tener entre la estación central y la estación de almacenamiento, una comunicación de las actividades a realizar, tareas en ejecución o tareas ya terminadas.

En la figura 2.21 se puede observar la arquitectura interna del controlador MODICON, en donde se disponen de sus partes principales.



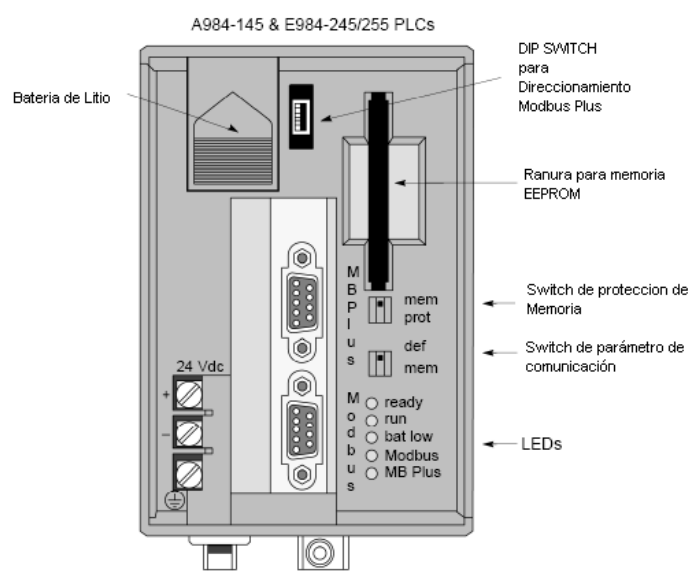
**Figura 2.21** Arquitectura interna del Controlador 984-145-COMPACT-A145.

## CARACTERÍSTICAS DEL CONTROLADOR 984-145-COMPACT-A145

El controlador implementado con anterioridad en la estación de almacenamiento AS/RS, posee las siguientes características, las cuales representan ventajas o desventajas con respecto a la actual plataforma que esta implementada en la estación de almacenamiento.

- Posee un puerto de comunicación MODBUS y otro MODBUSPLUS para la comunicación en la red per-to-per.
- Ranura para Memoria EEPROM de 8 a 32 bytes.
- Memoria interna de 8Kbytes
- Alimentación externa de 24VDC
- 2Kbytes de memoria RAM y 8Mhz de CPU

En la figura 2.22 se puede observar, la cara frontal del controlador 984-145 compact, donde se pretende indicar el cerebro principal que comandaba la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000.



**Figura 2.22 Vista frontal del Controlador 984-145-COMPACT-A145.**

## **HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES UTILIZADAS POR EL COTROLADOR 984-145-COMPACT-A145**

Dos paquetes Computacionales estaban implementados o eran utilizados en la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000, VUNIQ y CDMODSOFT, los cuales servían para tener una interfaz gráfica humana (HMI) y para la configuración y programación del controlador, respectivamente. Los paquetes computacionales implementados hacían que la interfaz no sea muy amigable con el usuario y poco interactiva, pero si necesaria.

### **2.4 PLATAFORMA COMPACT LOGIX DE ALLEN BRADLEY.**

La plataforma CompactLogix de Allen Bradley ha sido escogida para conformar la estación de almacenamiento, por su gran capacidad de presentar soluciones de control a nivel de máquina haciendo uso de sus módulos I/O, movimiento y requerimientos de Red.

Los controladores Logix5000 comparten una plataforma la cual funciona de la siguiente manera:

- Permite realizar operaciones lógicas a altas velocidades.
- Opera bajo datos de 32 bits
- La memoria del controlador combina lógica, información y direccionamiento de bases de datos, en donde controladores tradicionales almacenaban únicamente símbolos.

Mediante los controladores Logix5000 se puede realizar aplicaciones de control tales como control Secuencial, Control de Procesos, Control de movimiento, etc.

Para el caso específico de la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000, con la ayuda de la plataforma es posible realizar el control de movimiento de los brazos de la estación, durante la entrega o recepción de un determinado producto en menor tiempo que la antigua plataforma y con una gran flexibilidad.

Dentro de la plataforma CompactLogix se cuenta con varios modos de programación y de un conjunto de instrucciones. Estas instrucciones pueden ser:

- Programación en modo escalera (Ladder).
- Instrucciones para la programación en escalera.
- Programación en modo Diagramas de Bloque
- Instrucciones basadas en bloques.
- Instrucciones de diagnóstico.
- Instrucciones para la realización de procesos de control tales como PID's
- Programación en Modo Lenguaje C o Visual Basic.

#### **2.4.1 MODELO DE COMUNICACIÓN.**

El modelo de comunicación requerido en la plataforma CompactLogix, es en base a mensajes, es decir a través de uno de ellos se realiza la transmisión de información, hacia los nodos que lo requieran.

Los mensajes son datos no programados, es decir no determinísticos. Son transmitidos luego de haber detectado que otros datos programados, han terminado de transmitir. Los mensajes pueden establecer una determinada comunicación como por ejemplo permitir descargar o subir aplicaciones hacia o desde el controlador. Los mensajes se distribuyen a través de la red de comunicación.

Al enviar mensajes de un controlador a otro es importante tomar en cuenta que ambos estén en la misma red y el tipo de dato del tag o variable de recepción como de envío, sea el mismo.

Los controladores de la familia Logix 5000 hacen uso de dos modos de transmisión de datos un modo productor/consumidor y otro mediante el uso de mensajes.

Para hacer tareas de control y supervisión es necesario hacer uso de herramientas computacionales, las cuales permitan realizar una secuencia de control para que la estación funcione de la manera más adecuada posible.

Entre las herramientas de software principales a utilizar se encuentran RSLinx, RSLogix 5000 y Factory Talk, además de sus respectivos componentes adicionales. Con la ayuda del software computacional RSLinx, se realiza la configuración de la comunicación a realizar con el controlador; con el Software RSLogix 5000 se realiza todo lo que tiene que ver con la programación necesaria y requerida, en el controlador, para una correcta operación de control de la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000; y finalmente con la ayuda del Software Factory Talk, se realiza una visualización de las tareas de control realizadas a manera gráfica, con el fin de que el operador pueda realizar su trabajo de supervisión de la estación.

Así también se puede tener alarmas, restricción de acceso a información, presentación de informes cada determinado tiempo, presentación de eventos, etc. Con la descripción realizada previamente se puede tener un panorama amplio de las ventajas y necesidades de implementar la plataforma CompactLogix para la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 y en general para el laboratorio C.I.M.

La plataforma CompactLogix, al permitir obtener tales posibilidades de flexibilidad, también pone a disposición su alta capacidad, de memoria, tiempo de procesamiento de datos, tasas de transmisión de información pequeñas entre nodos o controladores, entre otras característica más, que hace del rendimiento de la misma, sea eficiente a la hora de ser utilizada.

En la figura 2.23 se detalla la topología del laboratorio C.I.M. a la cual pertenece la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000, la cual detalla el modelo de comunicación e interacción entre el controlador de la estación de almacenamiento y la PC asignada a la misma, así como también la comunicación entre el controlador de la estación de almacenamiento, AS/RS ST-2000 sobre la Red Ethernet/IP.

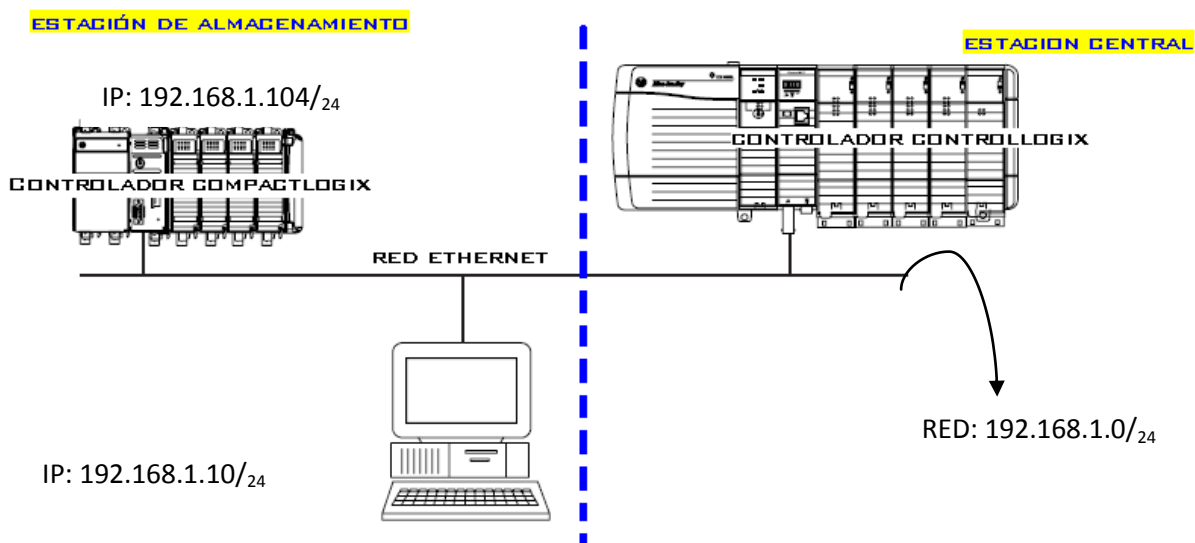


Figura 2.23 Topología de la red Ethernet.

## MODOS DE TRANSFERENCIA DE VARIABLES

Los controladores soportan dos modos de transferencia de datos, donde el primero es haciendo el uso de variables producidas y consumidas; y el otro modo es haciendo uso de mensajes.



## MODO PRODUCTOR/CONSUMIDOR

El controlador 1768-L43 puede producir (Broadcast) como Consumir (recibe) variables <sup>(1)</sup>.

Una variable **producida** es aquella que el controlador pone a disposición a otros controladores, los cuales hacen uso de esa variable. Ésta variable se la envía y son procesadas tan rápidamente esté configurado le RPI (Request Packet Inerval) del controlador.

El controlador productor de la variable, hace uso de una conexión para la misma y una conexión por cada variable a consumir. Al incrementar el número de controladores en la red que consuman variables producidos de un controlador, se reduce el número de conexiones del mismo.

Una variable **consumida**, es aquella que requiere de una conexión por parte del controlador que consume dicha variable. Si es necesaria la transferencia varios datos a un mismo controlador, es necesario agrupar los datos en una estructura o matriz, para optimizar el uso de las conexiones.

Para optimizar el ancho de banda de la red, es necesario hacer un incremento de la RPI del controlador y así disminuir datos críticos.

Generalmente este tipo de configuración es utilizado para realizar conexión Multicast o Unicast, en donde se puede optimizar el uso del ancho de banda del canal evitando trafico Broadcast.

---

<sup>1</sup> Ref. al texto **1756-rm094\_en-p** “ Logix5000 Controllers Design Consideration”.

Es necesario recalcar que para hacer este modelo de transferencia de variables, los controladores deben pertenecer a una misma red o subred. Dado a que el controlador no puede hacer la conmutación de una red a otra.

En el modelo Productor/Consumidor se tiene fiabilidad, es decir tal como se envía el mensaje, es recibido por los consumidores. No necesitan ser repetidos y el tiempo de entrega a todos los consumidores es el mismo.

### **MODO DE MENSAJES.**

La transferencia de datos, haciendo uso de mensajes, es sencilla y fácil de configurar. Los mensajes hacen uso de conexiones, cuando van a recibir o enviar datos. Los mensajes pueden dejar las conexiones, cuando éstos hayan dejado de transmitir información.

Existen dos formas de configurar un mensaje, dependiendo de la frecuencia con la que se use dicho mensaje.

Si el mensaje requiere de una conexión constante, es necesario utilizar un mensaje de conexión en caché, dado a que ésta se mantiene, optimizando el tiempo de ejecución, es decir que se optimiza el establecimiento de la conexión. El abrir y cerrar una conexión cada vez que se hace uso de un mensaje, incrementa el tiempo de ejecución.

La otra manera de configurar el mensaje, es cuando el mensaje se lo utiliza con poca frecuencia, muy pocas veces es utilizado el mensaje, para transmitir información.

### 2.4.2 CARACTERÍSTICAS.

- La plataforma CompactLogix de Allen Bradley, es una plataforma modular y autónoma, que permite realizar varios procesos a la vez.
- Su espacio físico está orientado hacia aplicaciones autónomas simples y en espacios reducidos. Es compacto, puede ser montado sobre *rails* ó paneles.
- Puede crecer horizontalmente como verticalmente, hasta 16 módulos I/O.
- Manejo de hasta 16 tareas, de las cuales una de ellas es se la conoce como tarea continua.
- Cada tarea puede contener hasta 32 programas, cada uno con sus propias rutinas y variables internas.
- Manejo de eventos
- Eventos a través de instrucciones
- Memoria del controlador 1768-L43: 2Mbytes
- Tipo de memoria No volátil: CompactFlash
- Puerto de comunicación integrado: RS-232
- Tipos de comunicación opcional: Ethernet, ControlNet, DeviceNet.
- Tipo de Comunicación serial: ASCII, DF1 (full/halfduplex), DF1 radio modem DH-485 Y MODBUS.

- Conexiones: 32 – 64 conexiones TCP  
64 – 128 conexiones CIP.  
El número de conexiones dependerá del firmware del controlador.
- Tasa de transmisión de paquetes: 5000 paquetes/segundo para I/O.  
900 paquetes/segundo para HMI/MSG.

## 2.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE COMPACLOGIX 5000.

Al controlador lo integran tanto como módulo de alimentación, módulo de comunicación Ethernet y módulos de entrada y salida de señales, las cuales todos en conjunto conforman un equipo potente y altamente eficiente al momento de realizar y proceso.

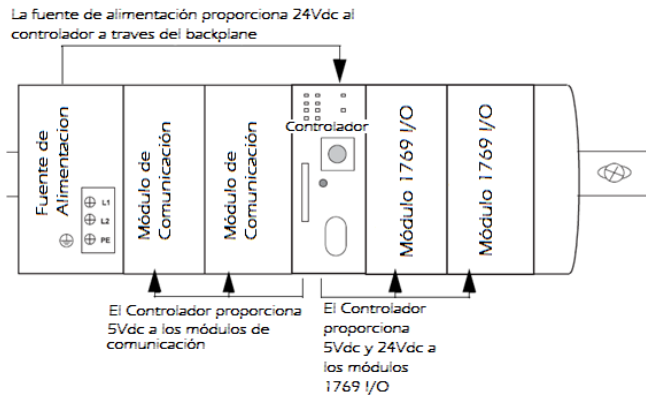
### 2.5.1 LA UNIDAD DE ALIMENTACIÓN

El 1768-PA3 Power Supply, opera en los rangos de voltaje de entre 85Vac-265Vac o 108Vdc-135Vdc. La unidad es capaz de entregar 24V y 5Vdc, en los cuales para el primer caso es utilizado por los módulos de I/O de señales y para el segundo caso es utilizado para alimentar a los módulos que se conectan al Backplane del controlador <sup>(2)</sup>.

La capacidad máxima de corriente que puede soportar la fuente de alimentación en backplane es 3.5A a 24v y la corriente máxima que puede soportar la fuente externamente es de 0.25A a 24V.

---

<sup>2</sup> Ref. al texto **1768-in001\_-en-p** "CompactLogix Power Supplies"

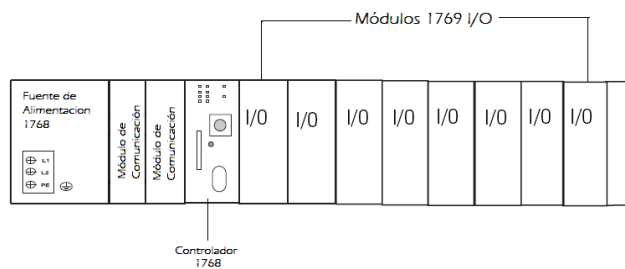


**Figura 2.24 Fuente de alimentación del ControlBus del controlador 1768-L43.**

El controlador convierte los 24Vdc que recibe desde la fuente de alimentación a 5Vdc y 24Vdc, los cuales se distribuyen hacia los módulos de entrada/salida discreta.

La fuente de alimentación cuenta con un fusible interno soldado e irremplazable. Este fusible se lo considera de protección en caso de producirse un cortocircuito y por ende causar un incendio.

La fuente es capaz de proveer de alimentación hasta 8 módulos 1769 I/O dentro del mismo banco al cual pertenece la fuente de alimentación.



**Figura 2.25 Disposición de los módulos 1769 y 1768 de la plataforma CompactLogix**

Las siguientes tablas muestran los posibles los estados del indicador de la fuente 1768-PA3 que integra al controlador CompactLogix 1768-L43 de la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-200, del laboratorio C.I.M.

ESTATUS INDICADOR PWR EN LA FUENTE	SIGNIFICADO	ACCIONES REQUERIDAS
OFF	ALIMENTACIÓN DESCONECTADA O INADECUADA	Verificar que la alimentación este funcionando y que este correctamente conectada la fuente
	SOBRECARGA EN EL SISTEMA 1768	Aislar la fuente de alimentación del sistema para que no afecte a los demás componentes
	FUENTE DE ALIMENTACIÓN NO TRABAJA	Reemplazar la fuente de Alimentación
VERDE	FUENTE DE ALIMENTACIÓN TRABAJA CORRECTAMENTE	Ninguna acción es necesaria y se puede trabajar apropiadamente
ROJO	LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN NO ENTREGA 24V A LOS MÓDULOS 1768	Desconectar todos los módulos del sistema
		Reactivar el sistema.
		Si el indicador permanece en <i>rojo</i> la fuente tiene que ser reemplazada
		Si el indicador cambia de <i>rojo</i> a <i>verde</i> , puede ser que los otros módulos tengan errores
		Reinstale cada uno de los módulos 1768
		Desconectar de uno en uno los módulos 1768
		Probar de uno en uno cada uno de los módulos 1768.
Probar hasta que el estado del indicador pase de rojo a verde		

**Tabla 2.1 Estados del Indicador del módulo 1768-PA3 (Falla en la fuente de alimentación)**

ESTATUS INDICADOR <i>PWR</i> EN EL CONTROLADOR	SIGNIFICADO	ACCIONES REQUERIDAS
OFF	PUEDE SER QUE EL CONTROLADOR, LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN O AMBOS NO FUNCIONEN	Verificar que todos los módulos del controlador estén correctamente instalados
		Remover el módulo de comunicación 1768
		Reinstalar el Controlador
		Si luego de haber realizado los pasos anteriores el controlador no da otro color en el indicador, posiblemente necesite ser cambiado
VERDE	EL CONTROLADOR ESTA OPERANDO CORRECTAMENTE	Ninguna acción es necesaria y se puede trabajar apropiadamente
ROJO	EL CONTROLADOR DEBE SER REEMPLAZADO	Desconectar todos los módulos del sistema
		Reactivar el sistema.
		Si el indicador permanece en <i>rojo</i> la fuente tiene que ser reemplazada
		Si el indicador cambia de <i>rojo</i> a <i>verde</i> , puede ser que los otros módulos tengan errores
	LOS MÓDULOS 1768 DEBEN SER REEMPLAZADOS	Desconectar los módulos de comunicación del sistema
		Reactivar el sistema.
		Si el estado cambia de rojo a verde, es posible que haya errores en los módulos 1768
		Si se mantiene en color Rojo implica que el controlador debe ser cambiado

**Tabla 2.2 Estados del Indicador del módulo 1768-PA3 (falla en el controlador).**

<b>ESTATUS INDICADOR PWR EN EL I/O EN EL CONTROLADOR</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>ACCIONES REQUERIDAS</b>
OFF	EL CONTROLADOR DEBE SER REEMPLAZADO	Reemplazar el controlador
VERDE	EL CONTROLADOR ESTA OPERANDO CORRECTAMENTE	Ninguna acción es necesaria y se puede trabajar apropiadamente
ROJO	EL CONTROLADOR DEBE SER REEMPLAZADO	Si hay una fuente 1769 en el banco local I/O, removerla
		Desconectar todos los módulos 1769 del sistema
	UNO DE LOS MÓDULOS 1769 I/O DEBE SER REEMPLAZADO	Si el indicador se mantiene en rojo es probable que uno de los módulos deba ser reemplazado
	EXISTE UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN 1769 EN EL BANCO LOCAL I/O	Si el indicador se mantiene en rojo es probable que el controlador deba ser reemplazado

**Tabla 2.3 Estados del Indicador del módulo 1768-PA3 (falla en uno de los módulos del controlador 1768).**

### 2.5.2 CONTROLADOR 1768-L43

Al controlador lo componen varios elementos entre los cuales se tienen: módulo de alimentación, módulo de comunicación, CPU, módulos I/O digitales y una unidad de alta impedancia.

El controlador es el cerebro de toda la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000, el cual es el encargado de realizar las tareas necesarias con el fin de que la estación cumpla con su función.



La memoria del controlador está separada en dos secciones completamente independientes, donde se tiene una **CPU Logix** y una **CPU de Backplane** <sup>(3)</sup>.

La **CPU Logix** es la encargada de realizar la ejecución de los códigos de aplicación y mensajes, mientras que la **CPU de backplane** es la encargada de procesar las señales de entrada y salida, y a la vez recibir y enviar datos hacia el backplane, donde éste es el bus de datos, sobre el cual todos los módulos se conectan, es decir, es la red interna del controlador donde las señales de los módulos son transmitidas al procesador del controlador.

En la figura 2.36 se muestra el modelo de distribución de la memoria del controlador.

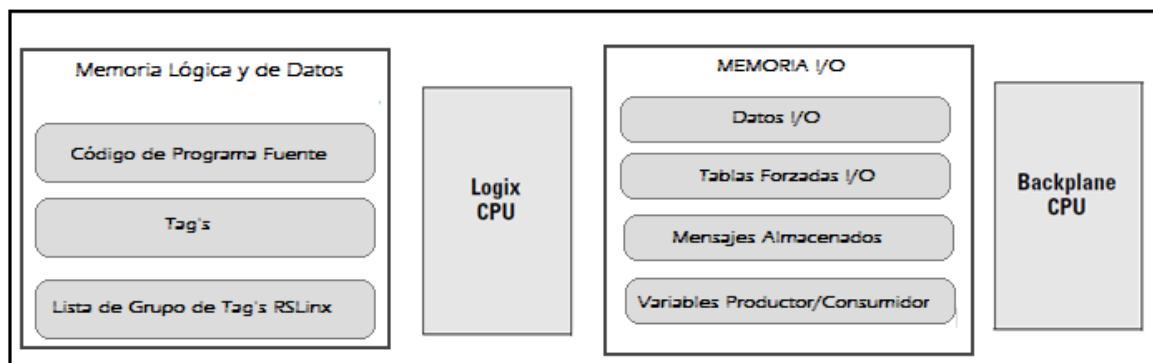


Figura 2.26 Distribución de la memoria interna del Controlador.

La memoria del controlador es utilizada principalmente para procesamiento de mensajes de entrada como los de salida, la manipulación de datos almacenados en variables y estructuras, ediciones en línea de instrucciones de programación y tendencias gráficas del buffer de datos.

<sup>3</sup> Ref. al texto **1756-rm094\_en-p** "Logix5000 Controller Design Considerations", pag 13

En la tabla 2.4 permite obtener un cálculo estimado de la cantidad de memoria utilizada por parte del controlador.

Tareas del Controlador	_____	x 4000 =	_____ bytes
Señales Digitales I/O	_____	x 400 =	_____ bytes
Modulos de comunicación	_____	x 2000 =	_____ bytes
Alarmas FactoryTalk	_____	x 1000 =	_____ bytes
Sobredimensionamiento de encabezado de trama (por conexión)	_____	x 1345 =	_____ bytes
	_____	x 4000 =	_____ bytes
Variables individuales	_____	x 45 =	_____ bytes
Arreglos/estructuras	_____	x 7 =	_____ bytes

**Tabla 2.4** Tabla para el cálculo estimado de uso de la memoria interna del Controlador.

Si los “tags” o variables se los usa en estructuras o arreglos, se puede reducir el tamaño de cabecera de trama y el número de conexiones necesaria para la obtención de los datos, optimizando el uso de memoria del controlador. El controlador, con el fin de realizar o ejecutar tareas con mayor rapidez, hace uso de instrucciones.

El Software RSLinx hace también uso de la memoria del controlador. Esta cantidad de memoria requerida dependerá de los tipos de datos que maneje la aplicación que se encuentra en el controlador.

El controlador hace uso de de las conexiones para establece un enlace de comunicación entre dispositivos, donde las conexiones pueden ser:

- Entre Controlador y Módulos I/O ó Módulos de Comunicación locales y remotos.
- Variables Producida y Consumidas
- Mensajes
- Acceso al Software de Programación RSLinx 5000.
- Entre el Software RSLinx 5000 y otras aplicaciones para realizar una HMI (Interfaz Gráfica Humana).

### **2.5.2.1 EL CONTROLADOR Y SUS MODOS DE OPERACIÓN INTERNO.**

El controlador se maneja en base a Tareas, Programas, Rutinas e Instrucciones.

Las tareas proveen de información de uno o varios de los programas configurados en su interior. Dentro de cada tarea se tiene uno o varios programas los cuales manejan instrucciones y variables de programa. Una vez que la tarea ha sido llamada, esta ejecuta de una en una las instrucciones programadas en el controlador.

Las tareas se dividen también en periódicas, continuas y eventuales.

***Tareas Continuas:***

Las tareas continuas se ejecutan en segundo plano y durante todo el tiempo. Si la tarea termina, ésta se restablece inmediatamente. Ejecuta en una determinada tarea, los programas en su interior continuamente.

***Tareas Periódicas.***

Estas tareas se ejecutan específicamente dentro de un intervalo de tiempo por múltiples ocasiones. El tiempo de ejecución de esta tarea puede ser modificable dentro entre los intervalos de 0.1 a 2000 $\mu$ s. Por defecto este tiempo está configurado como 10 $\mu$ s.

Si el tiempo de la tarea periódica expira, ésta interrumpe otra tarea de menor prioridad, se ejecuta una vez más y luego regresa el control a la tarea que la interrumpió.

Su desempeño depende del tipo de controlador LOGIX y de la programación realizada en la tarea.

***Tareas Eventuales:***

Estas tareas se ejecutan cuando algún evento se produce dentro del controlador. Los flancos de activación para los eventos pueden ser por variables de consumidor, una instrucción EVENT.

Las tareas del controlador pueden contener hasta 32 programas en su interior, en los cuales pueden contener a su vez rutinas y subrutinas.

Las tareas del controlador poseen un nivel de prioridad, el cual determina, cuál de las tareas configuradas en el controlador, debe ser considerada en primera instancia, en caso de ser llamada. La prioridad de las tareas están asignadas un número, donde 15 indica una tarea de menor prioridad y 1 una tarea de mayor prioridad, siendo ésta última quien pueda interrumpir cualquier tarea en cualquier instante de tiempo.

Generalmente la tarea que se ejecuta permanentemente, posee prioridad baja y las interrupciones, nivel alto.

El controlador 1768-L43 soporta hasta 16 tareas de las cuales solo una puede ser **Continua**.

Los programas están contenidos en una determinada tarea, donde éstos poseen rutinas y las variables de controlador. Una de las rutinas que contiene el programa, siempre es la que principal que lidera las subrutinas, en caso de ser llamadas por parte de ésta.

La rutina posee en cambio código ejecutable. Cada programa posee su rutina principal. Es posible realizar más rutinas o subrutinas dentro de una tarea, las cuales en su interior poseen un determinado programa. Estas subrutinas pueden ser llamadas a través de una instrucción (JSR) desde la rutina principal.

Las instrucciones son funciones que permiten realizar una determinada acción dentro de un programa en una rutina o subrutina. Estas pueden ser útiles a la hora de ser llamadas, permitiendo agilizar el proceso de control que se desea realizar.

### **2.5.2.2 CONSIDERACIONES DE FALLA EN LA EJECUCION DE UNA TAREA.**

#### ***Procesamiento I/O***

Los controladores CompactLogix utilizan tareas periódicas dedicadas para el procesamiento de datos I/O.

El procesamiento puede verse afectado si una de las tareas tiene mayor prioridad que las tareas para datos I/O.

#### ***Demora del Sistema (overhead).***

Se refiere al tiempo que tarda el controlador en comunicar un mensaje y realizar una determinada tarea en segundo plano.

La comunicación por mensajes ocurre únicamente si una tarea no funciona correctamente. Es por ello que si se utilizan varias tareas, el intervalo de ejecución y el tiempo de escaneo deben ser suficientes para transmitir el mensaje si es necesario.

La demora del sistema u overhead puede verse afectado también por la comunicación para HMI's, respuesta a mensajes y transmisión de mensajes.

El overhead viene dado en porcentajes, y mientras éste incrementa, el tiempo de de ejecución para la tarea continua disminuye

A continuación se muestra en la tabla 2.5 la relación entre la fracción de tiempo (%) y tiempo de demora de una tarea continua.

FRACCION DE TIEMPO	DE	LONGITUD DE TAREA	DE	OVERHEAD MAX
10%		9 ms		1 ms
20%		4 ms		1 ms
33%		2 ms		1 ms
50%		1 ms		1 ms

Tabla 2.5 Relación de Fracción de tiempo con una tarea continua.

### ***Procesamiento de Señales de Salida.***

Al final de la ejecución de una tarea, el controlador toma la decisión de utilizar ciertas entradas o salidas de los módulos I/O. La utilización de los módulos I/O pueden verse afectados si el procesamiento del controlador comienza a fallar (4).

### ***Exceso de Tareas.***

Por la gran cantidad de Tareas a ejecutarse puede ser que ninguna de ellas llegue a ser terminada por completo. Se puede experimentar solapamiento por ende no puede terminar la tarea y su interrupción es frecuente. Las propiedades del controlador baja y se vuelve lento.

Si existen varias tareas, no es recomendable ser utilizadas para la recolección de datos, dado a que el ancho de banda disminuye y puede haber problemas con los mismos.

---

<sup>4</sup> Ref. al texto **1768-um001\_-en-p** "1768 CompactLogix Controllers"

### **2.5.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN UTILIZADOS PARA PROGRAMAR EL CONTROLADOR 1768 L43.**

#### ***Programación en Escalera (ladder)*** <sup>(5)</sup>

- Se hace uso de instrucciones booleanas
- Se tienen instrucciones básicas y para realizar operaciones matemáticas.
- Se cuenta con temporizadores y contadores.
- Los tipos de datos se los puede convertir en vectores o matrices
- El ambiente de programación es muy intuitivo y fácil de utilizar en especial el set instrucciones que se tiene a disposición.
- La programación se la hace sobre peldaños o rungs los cuales pueden ser ilimitados.
- Durante el monitoreo del controlador, se pueden ver las instrucciones implementadas, animadas.
- Se puede forzar el estado de las instrucciones, siempre y cuando el controlador este en modo de programación.

#### ***Lenguaje de Texto estructurado***

- Se cuenta con instrucciones para la realización de operaciones matemáticas.
- Se tienen instrucciones para la realización de temporización y cuentas.
- Los tipos de datos pueden ser conformados como vectores o matrices.
- La programación es textual e ilimitada
- Durante el monitoreo del controlador, se puede ver las variables utilizadas interactuar.

---

<sup>5</sup> Ref. al texto **1756-rm094\_-en-p** “Logix5000 Controllers Design Considerations”, pag. 30



- La finalización de una secuencia de programación se la hace con una línea de terminación.
- Igual que en el caso anterior, la utilización de este método de programación es fácil e intuitivo, con las bases de programación adquiridas.

**Direccionamiento de Datos.**

Dentro de la nueva plataforma, el controlador 1768 L43 hace uso de la norma IEC 61131-3, en donde especifica los tipos de datos que este puede manejar, tales como BOOL, SINT, INT, DINT, LINT, y REAL.

El controlador juega con variables de 32bits, es decir 4 bytes. Si se crean variables que trabajen con menos de 4 bytes, el controlador asigna 4bytes a la variable creada, pero únicamente trabaja con la cantidad de bytes requeridos. En las tablas 2.6 y 2.7 se muestran los rangos de memoria utilizado por cada tipo de dato:

TIPO DE DATO	BYTE 3	BYTE 2	BYTE 1	BYTE 0					
	31....0	31....0	31....0	31	16	15	8	7	0
<b>BOOL</b>	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA				0 1	
<b>SINT</b>	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA				128.....127	
<b>INT</b>	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA		-32768.....32767			

<b>DINT</b>	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	-2,147,483,648...2,147,483,647
<b>REAL</b>	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	-3.402823Exp38.....1.1754Exp38 (para valores negativos) 1.1754Exp38.....3.402823Exp38 (para valores positivos)
<b>LINT</b>	En este tipo de dato contiene la fecha y la hora que va desde 1/1/1970 12:00:00 am hasta 1/1/3000 12:00:00 am			

**Tabla 2.6** Tabla de longitud de tipos de datos usados por el controlador.

	<b>SINT</b>	<b>INT</b>	<b>DINT</b>	<b>REAL</b>
Memoria reservada para una variable	4 bytes	4 bytes	4 bytes	4 bytes
Memoria reservada para datos definidos en un arreglo	1 byte	2 bytes	4 bytes	4 bytes
Memoria utilizada al acceder a un tag utilizando la instrucción ADD.	236 bytes	260 bytes	28 bytes	44 bytes
Tiempo de ejecución de la instrucción ADD	3.31µs	3.49µs	0.26µs	1.45µs

**Tabla 2.7** Tabla de longitud de tipos de datos haciendo uso de la instrucción ADD.

**Beneficios:**

No hay límite con el número de variables ni con el tipo de dato con el que éstos estén trabajando.

Dentro de las ventanas “Tag Editor” y “Data Monitor”, del Programa RSLogix 5000, se puede hacer filtrado de los tag por su respectivo tipo de dato que maneja, así como también ordenar en orden alfabético.

Los variables utilizadas, durante la programación pueden ser asignados automáticamente un tipo de dato y este se añadido al Editor de tags y Monitor de tags.

El tipo de dato LINT, es un tipo de dato de 64bits, en el cual se lo utiliza generalmente para almacenar la hora y la fecha, es decir se muestra, año, mes, día, segundos y microsegundos.

A los tags o variables se los puede configurar como arreglos o matrices, conservando el tipo de dato asignado.

Con la utilización de los arreglos, se puede optimizar la utilización de la memoria y el tiempo de comunicación con éstos. Los tags o variables vistas como arreglos y al ser asignados un tipo de dato, también se los puede asignar un alias o un nombre.

**Consideraciones:**

Cuando se trabaja con tipos de datos SINT o INT el controlador los convierte en DINT, ejecuta la rutina programada con esta variable y el resultado devuelve

un tipo de dato SINT o INT. Al realizar estas operaciones, el controlador consume memoria y tiempo.

Se utiliza el tipo de dato DINT cuando la variable a utilizar maneja valores numéricos o arreglos.

Utilizar el tipos de dato REAL, si la variable a manipular maneja valores con punto flotante o valores análogos, es decir valores decimales cambiantes periódicamente.

El tipo de dato INT o SINT configurado para una variable, puede ser válida su utilización si el controlador se conecta con otro dispositivo que no soporta valores tipo DINT.

### **ARREGLOS DE VARIABLES:**

Se conoce a un arreglo o **array**, a un bloque utilizado de la memoria del controlador, en donde se almacenan datos de un determinado tipo de dato.

Todas las variables tienen la posibilidad de ser convertidas en arreglos de una, dos y hasta tres dimensiones.

En la tabla 2.8 se muestra los tipos de arreglos que internamente el controlador manipula:


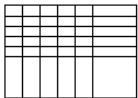
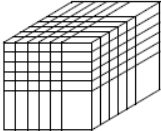
ARREGLO	FORMA DE ALMACENAMIENTO	EJEMPLOS				
		Nombre del Tag	Tipo	Dimensión 0	Dimensión 1	Dimensión 2
UNA DIMENSIÓN		VAR_1	DINT[7]	7	--	--
Total número de elementos = 7 Rango DINT[x] donde x=0->6						
DOS DIMENSIONES		VAR_2	DINT[4,5]	4	5	--
Total número de elementos = 4 x 5 = 20 Rango DINT[x,y] donde x=0->3, y->4						
TRES DIMENSIONES		VAR_3	DINT[2,3,4]	2	3	4
Total número de elementos = 2 x 3 x 4 = 24 Rango DINT[x,y,z] donde x=0->1, y->2, z->3						

Tabla 2.8 Tipos de arreglos usados por el controlador.

#### 2.5.2.4 OPERADORES DEL CONTROLADOR:

Los operadores en el controlador son indispensables para realizar una determinada operación y cuyo resultado es lo más importante para determinar si un determinado proceso está en lo correcto.

En la tabla 2.9 se muestran los operadores válidos utilizados en el controlador 1768 –L43, así como también los tipos de datos válidos que éstos manejan:

OPERADOR	DESCRIPCION	TIPO DE DATO QUE MANEJA
+	SUMA	DINT,REAL
-	RESTA	DINT,REAL
*	MULTIPLICACIÓN	DINT,REAL

/	DIVISIÓN	DINT,REAL
**	EXPONENT (x a la y)	DINT,REAL
ABS	VALOR ABSOLUTO	DINT,REAL
ACS	ARCO COSENO	REAL
AND	AND (&&)	DINT
ASN	ARCO SENO	REAL
ATN	ARCO TANGENTE	REAL
COS	COSENO	REAL
DEG	RADIANES A GRADOS	DINT,REAL
FRD	BDC A ENTERO	DINT
LN	LOGARITMO NATURAL	REAL
LOG	LOGARITMO (10)	REAL
MOD	MODULO DE LA DIVISION	DINT,REAL
NOT	COMPLEMENTO	DINT
OR	OR (  )	DINT
RAD	GRADOS A RADIANES	DINT,REAL

SIN	SENO	REAL
SQR	RAIZ CUADRADA	DINT,REAL
TAN	TANGENTE	REAL
TOD	ENTERO A BCD	DINT
TRN	TRUNCA	DINT,REAL
XOR	OR EXCLUSIVO	DINT

**Tabla 2.9 de operadores internos que maneja el Controlador.**

### **2.5.2.5 MEMORIA DE MANTENIMIENTO NO VOLÁTIL**

El controlador CompactLogix 1768-L43 hace uso de una tarjeta de memoria no volátil, la 1784-CF4 CompactFlash, la cual permite al programador tener almacenada una copia de un proyecto en el controlador.

Esta memoria permite aumentar la capacidad de memoria interna del controlador, donde en ella se puede grabar programas del controlador. Puede ser muy útil a la hora de realizar una actualización y recuperación de la información interna del controlador, en el caso de presentarse un inconveniente con la memoria del controlador, es decir trabaja como una unidad de almacenamiento de respaldo de datos. La configuración de utilización se la hace desde el Software RSLogix 5000.

Es necesario tomar en cuenta que el programa almacenado y cuya versión con la que fue almacenado, coincida con la versión del firmware del controlador

CompactLogix 1768-L43, dado a que si éstos no coinciden, se puede presentar una falla en el controlador.

La memoria externa del controlador CompactFlash no contiene el Firmware del controlador, solo el programa o proyecto.

La memoria externa del controlador CompactFlash puede ser utilizada para actualizar el firmware del controlador. El lector de memoria CompactLogix soporta archivos tipo FAT 16, el cual es el formato con el que se almacena los datos en la memoria.

## **NO USO DE BATERÍA**

El controlador CompactLogix 1768-L43, no hace uso de una batería, dado a que el controlador almacena el programa en su memoria interna, así no haya energía en él.

Existe una cantidad de energía de la fuente del controlador que se mantiene, suficiente para que el controlador almacene el programa en la memoria interna, más no en la memoria externa CompactFlash.

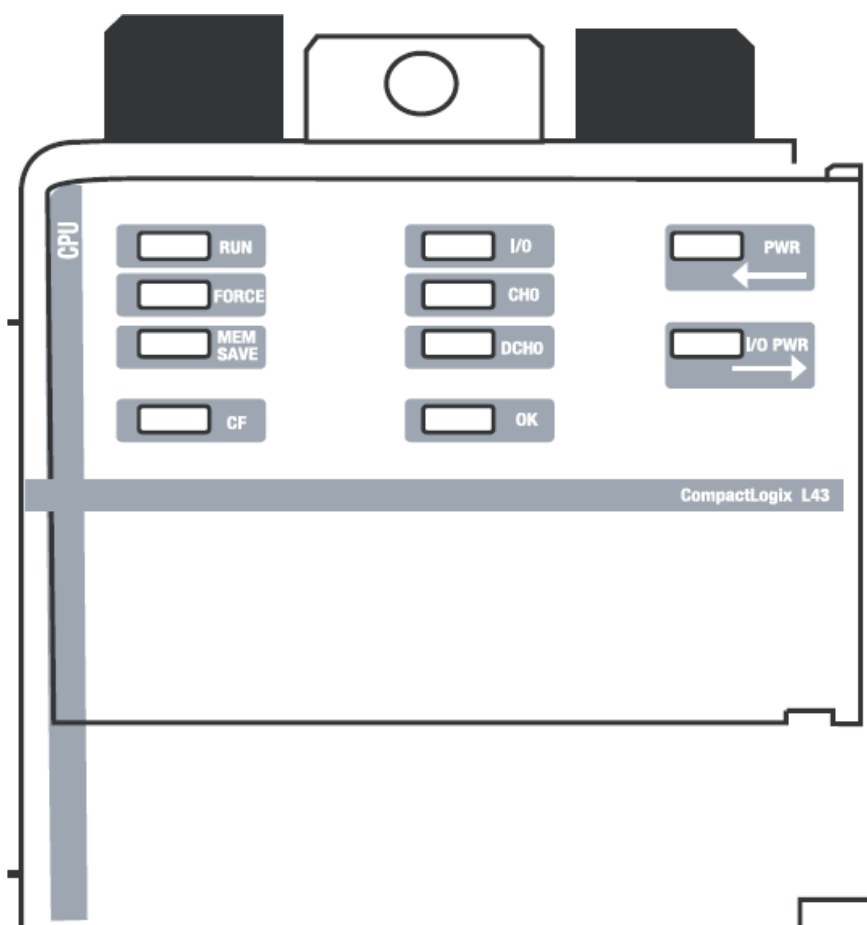
### **2.5.2.6 INDICADORES DEL CONTROLADOR**

La siguiente figura 2.5.2.6.1 se muestran los indicadores que se tienen en los controladores CompactLogix 1768-L43 <sup>(6)</sup>.

---

<sup>6</sup> Ref. al texto **1768-um001\_en-p** "1768 CompactLogix Controllers", pag. 117





**Tabla 2.10 Vista frontal del la Unidad de Control Central de la Estación de Almacenamiento (Controlador).**

En la tabla 2.11 se indican los estados de los controladores y sus respectivos significados.

INDICADOR	CONDICIÓN	SIGNIFICADO	ACCIONES REQUERIDAS
<b>RUN</b>	OFF	EL CONTROLADOR ESTA EN MODO DE PROGRAMA O PRUEBA	Ninguna operación es necesaria realizarla porque la operación es normal
	VERDE	EL CONTROLADOR ESTA EN MODO RUN	
<b>FORCE</b>	OFF	-NINGUNA VARIABLE I/O ESTA FORZADA -FORZAMIENTOS I/O ESTAN DESABILITADOS	
	AMBAR	.-FORZAMIENTOS I/O ESTAN ACTIVOS .-PUEDE EXISTIR O NO	

		FORZAMIENTOS I/O	
	INTERMITENTE AMBAR	UNA O ALGUNAS DIRECCIONES HAN SIDO FORZADAS. PERO NO HAN SIDO HABILITADAS	Habilitar los forzamientos o quitarlos de uno en uno
<b>MEM SAVE</b>	OFF	NO HA SIDO GRABADO EN LA MEMORIA FLASH DEL CONTROLADOR EL PROGRAMA NI LOS DATOS DE CONFIGURACIÓN	Ninguna operación es necesaria realizarla porque la operación es normal
	VERDE	SE HA GRABADO EN LA MEMORIA FLASH DEL CONTROLADOR EL PROGRAMA Y LOS DATOS DE CONFIGURACIÓN	
<b>I/O</b>	OFF	- NO SE HAN CONFIGURADO LOS MÓDULOS I/O -EL CONTROLADOR NO POSEE ALGUN PROYECTO O PROGRAMA	
	VERDE	EL CONTROLADOR ESTA TRATANDO DE COMUNICARSE CON LO MÓDULOS I/O	
	INTERMITENTE VERDE	LA CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS I/O NO ES LA CORRECTA Y EL CONTROLADOR NO LOS DETECTA	- Verificar que los módulos I/O estén correctamente configurados. - Verificar el firmware de los dispositivos.
	INTERMITENTE ROJO	EL CONTROLADOR NO SE ESTA COMUNICANDO CON NINGUNO DE LOS MÓDULOS I/O	- Con la ayuda del RSLogix 5000 determinar que módulo I/O no responde.
<b>OK</b>	OFF	- NO HAY ENERGIA ELECTRICA -SI <b>MEM SAVE</b> ESTA VERDE, EL PROGRAMA DE USUARIO Y LOS DATOS DE CONFIGURACIÓN ESTÁN SIENDO ALMACENADO EN LA MEMORIA DEL CONTROLADOR	Ninguna operación es necesaria realizarla porque la operación es normal

	INTERMITENTE ROJO	EL CONTROLADOR REQUIERE UNA ACTUALIZACIÓN DE FIRMWARE	Instalar la última actualización de firmware
		UNA FALLA MAYOR OCURRIDA EN EL CONTROLADOR	Pasar la llave de programación del controlador de Modo RUN a PROG o viceversa
		CODIGO DE FALLA 60 O 61	Seguir procedimientos operacionales del manual 1768-um001_en
	ROJO	EL PROYECTO SE BORRA DE LA MEMORIA DEL CONTROLADOR	Descargar el proyecto al controlador y pasarlo a modo RUN. Si el error continua hay que llamar a soporte técnico
	VERDE	EL CONTROLADOR ESTA OPERANDO CORRECTAMENTE	Ninguna operación es necesaria realizarla porque la operación es normal
	INTERMITENTE VERDE	EL CONTROLADOR ESTA ALMACENANDO O CARGANDO UNA APLICACIÓN DE LA MEMORIA INTERNA	
<b>PWR</b>	OFF	FUENTE DESCONECTADA O POTENCIA INSUFICIENTE FALLA DE FUENTE	VERIFICAR LA FUENTE
	VERDE	LA FUENTE ESTA OPERANDO CORRECTAMENTE	Ninguna operación es necesaria realizarla porque la operación es normal
	ROJO	LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN NO ESTA FUNCIONANDO APROPIADAMENTE	Realizar procedimientos operacionales del manual 1768-um001_en
<b>I/O PWR</b>	OFF	PUEDE QUE TANTO EL CONTROLADOR O LA FUENTE NO TRABAJEN CORRECTAMENTE	Realizar procedimientos operacionales del manual 1768-um001_en
	VERDE	EL CONTROLADOR ESTA OPERANDO CORRECTAMENTE	Ninguna operación es necesaria realizarla porque la operación es normal
	ROJO	-CONTROLADOR DEBE SER REEMPLAZADO	Realizar procedimientos operacionales del manual 1768-

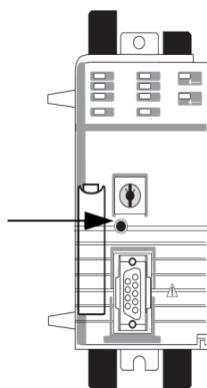
		.- UNO DE LOS MODULOS 1768 ESTA OPERANDO INCORRECTAMENTE	um001_en
--	--	---	----------

**Tabla 2.11 Tabla de estados de los indicadores del Controlador.**

## PULSADOR FRONTAL

El pulsador tiene dos funciones como se muestra en la figura 27:

1. Si el pulsador es presionado antes de energizar el controlador, la configuración del puerto RS-232 regresa a sus condiciones por defecto.
2. Si el pulsador es presionado mientras el controlador esta energizado, se borra el programa de usuario de la memoria del controlador.



**Figura 2.27 Pulsador del Controlador.**

### 2.5.3 MÓDULOS I/O DIGITALES 1769.

Los módulos I/O son los encargados de recoger y enviar señales. Recoge señales de los elementos que se encuentran en la estación de almacenamiento a través de los módulos de entrada y envía señales a los actuadores de la estación a través de los módulos de salida.

El controlador 1768-L43 soporta hasta un total de 16 módulos 1769 I/O, 8 módulos 1769 por sistema. Si es necesario añadir más módulos 1769, éstos deben ir sobre bancos I/O adicionales, los cuales deben tener su propia fuente 1769. La distancia de cada módulo 1769 hacia la fuente, debe ser en base al número de módulos a utilizar.

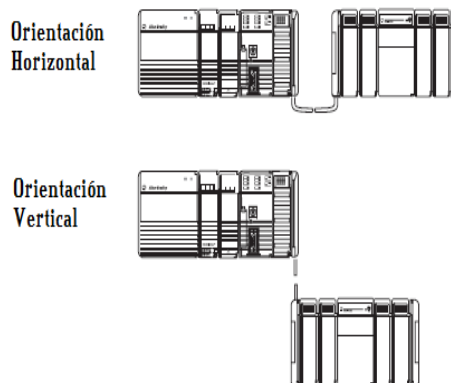
En la figura 2.28 se puede observar un ejemplo de la utilización de bancos adicionales:



**Figura 2.28 Modelo de expansión del controlador 1768L43 haciendo uso de bancos.**

Los módulos digitales 1769 I/O van a la derecha del controlador, y en el caso particular de la estación de almacenamiento, al no tener más extensiones de módulos I/O, se hace uso del módulo 1769-ECR, el cual es un módulo de acoplamiento y de terminación del bus de comunicación serial, el cual permite que no existe un retorno de señal en el bus, cuidando de esta manera a los equipos que están conectados al bus.

En la figura 2.29 se puede observar los modos de expansión de los módulos I/O así como también una tabla de los cables a utilizar para tales opciones:



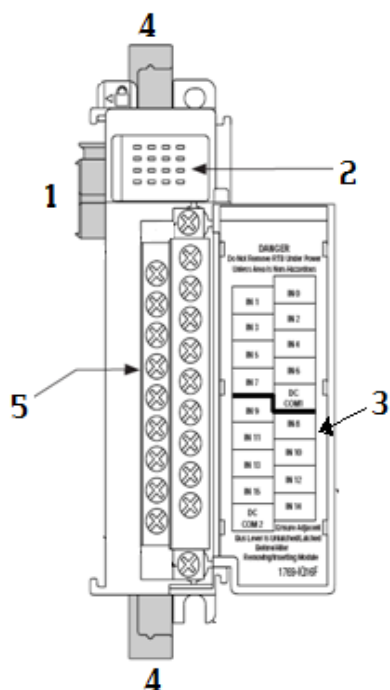
**Figura 2.29 Modelo de distribución de los controladores haciendo uso de terminales bus.**

Si se agrega	Modo de conexión del Banco adicional	Cable
Banco 2	Der. ->lzq.	1769-CRLx
	Der. ->Der.	1769-CRRx
Banco 3	Der. ->lzq.	1769-CRLx
	Der. ->Der.	1769-CRRx
	lzq. ->lzq.	1769-CLLx

Tabla 2.12 Tabla de tipos de cables utilizados para conectar terminales de bus

### 2.5.3.1 MÓDULO DIGITAL DE ENTRADA 1769-IQ16F

Descripción del Módulo:

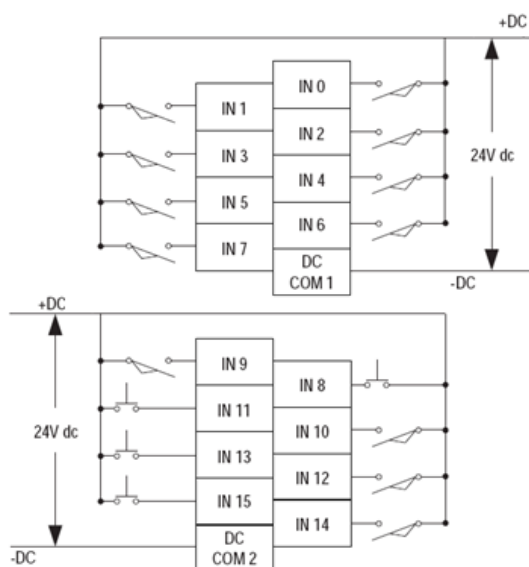


ítem	Descripción
1	Conector de interconexión a bus
2	Led's Indicadores de entrada
3	Puertilla con etiqueta identificadora
4	Sujetador DIN rail
5	Bornera de señales de Entrada

Figura 2.30 Modulo Digital de Entrada 1769-IQ16F

Puede haber dos modos de configuración del módulo de entrada 1769-IQ16F <sup>(7)</sup> para recibir las señales de los sensores que conforman a la estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000.

En el primer modo de configuración, el módulo utiliza como punto común o referencia a la fuente negativa (0v), y las entradas son alimentadas con +Vdc (+24Vdc). En la figura 2.31 se puede ver éste modo de configuración:



**Figura 2.31 Modo de configuración 0Vdc común.**

En el segundo modo de configuración, se tiene como referencia a la fuente positiva es decir +Vdc (+24Vdc), y las entradas del módulo son alimentadas con la fuente negativa (0Vdc). En la figura 2.32 se puede observar éste modo de configuración del módulo de entrada 1769-IQ16F.

<sup>7</sup> Ref. al texto **1769-in064\_en-p** "Compact 16-point 24V dc Sink/Source High-speed Input Module"

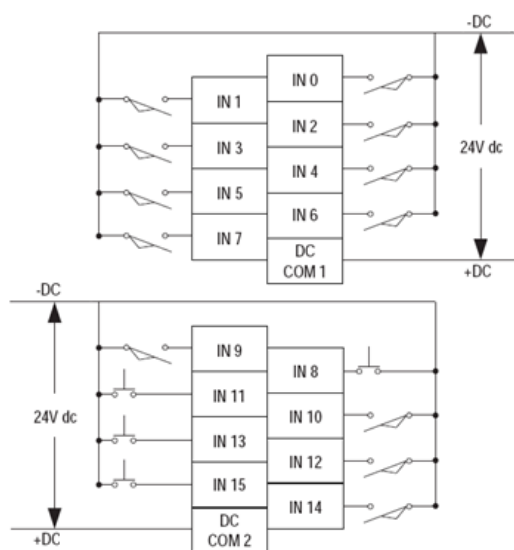


Figura 2.32 Modo de configuración +Vdc común.

**Palabra de Datos del Módulo de entrada 1769-IQ16F.**

Cada módulo de entrada se encuentra en un único slot, formando una palabra de datos, la cual contiene los estados que se encuentran las borneras de entrada.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de la palabra del archivo de datos de entrada.

word	Posición del Bit de Entrada															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r

Donde “r” indica que el módulo esta en el estado de lectura. A través de un archivo de configuración realizado desde cualquier Software de Programación



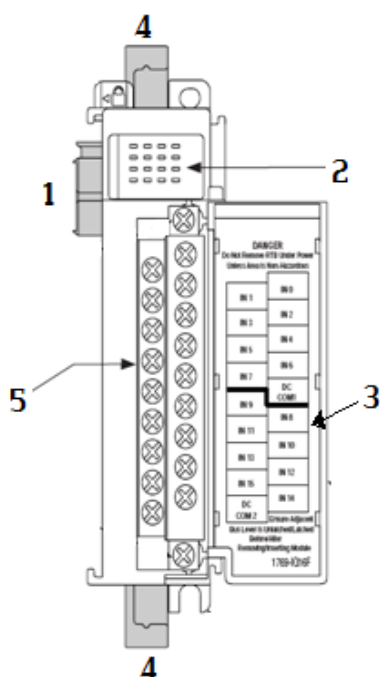
para la Plataforma, como por ejemplo RSLogix 5000, se pueden modificar o manipular las señales de entrada, realizando así filtrado de las señales.

### Características de módulo de entrada 1769-IQ16F:

Impedancia de entrada	de	3K $\Omega$
Rango de Funcionamiento	de	10->30 Vdc
Corriente de Bus		110mA/5Vdc
Filtro Digital	OFF->ON	0s, 100 $\mu$ s, 500 $\mu$ s, 1ms, 2ms
Filtro Digital	ON->OFF	0s, 100 $\mu$ s, 500 $\mu$ s, 1ms, 2ms
Corriente de Irrupción		250mA
Tiempo de Respuesta de cada punto del módulo de entrada	OFF->ON	100 $\mu$ s 300 $\mu$ s (máximo)
	ON->OFF	250 $\mu$ s 1ms (máximo)

**Tabla 2.13 Características del módulo de entrada 1769-IQ16F.**

## 2.5.3.2 MÓDULO DIGITAL DE SALIDA 1769-OB16



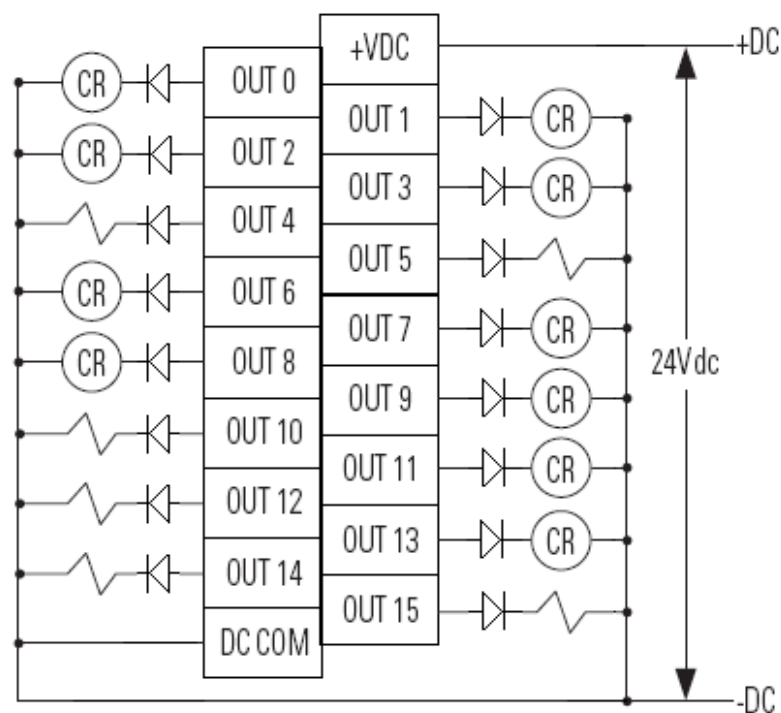
Ítem	Descripción
1	Conector de interconexión a bus
2	Led's Indicadores de salida
3	Puertilla con etiqueta identificadora
4	Sujetador DIN rail
5	Bornera de señales de Salida

Figura 2.33 Módulo Digita de Salida 1769-OB

El módulo de salida 1769-OB16<sup>(8)</sup>, hace uso de una fuente de alimentación de 24 Vdc. Cada bornera de salida, entrega 24Vdc según sea la programación realizada en el controlador.

El módulo de salida consta de un arreglo de diodos 1N4004 para no permitir corrientes de reversa o de ingreso al módulo de salida, provocando así un deterioro del módulo y posiblemente tener a futuro daños en el equipo. En la figura 2.34 se puede ver el modo de conexión que posee el módulo de salida 1769-OB16 para el funcionamiento de los actuadores de la estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000.

<sup>8</sup> Ref. al texto **1769-in054\_en-p** "Compact™ Solid State 24V dc Source Output Module"



**Figura 2.34 Arreglo de Diodos 1N4004 a la salida del Módulo 1769 OB16.**

Los diodos están diseñados para soportar las corrientes de salida del módulo 1769 OB16, de 1mA. Los diodos son capaces de soportar hasta 1A de corriente hasta una temperatura máxima de 175°C.

El módulo de salida posee interiormente una configuración hecha en base a resistores, Diodos, opto-acopladores, condensadores, cuyo diagrama se muestra en la figura 2.35.

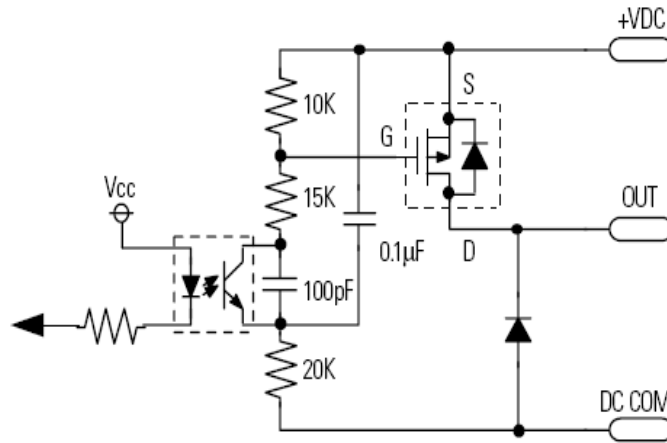


Figura 2.35 Diagrama de salida del Módulo 1769 OB16.

**Palabra de Datos del Módulo de Salida 1769-OB16.**

Cada módulo de salida se encuentra en un único slot, formando una palabra de datos, la cual contiene los estados que se encuentran las borneras del módulo de salida.

word	Posición del Bit de Entrada															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w

Donde “w” indica que el módulo esta en el estado de lectura. El módulo también consta de un archivo de datos de entrada, el cual refleja el estado de la palabra de salida. Este archivo también puede ser, como en el caso anterior, modificable a través de un Software de programación de la plataforma. Para realizar tales modificaciones en el archivo es necesario entender cómo funciona el arreglo del módulo.

**Características de módulo de Salida 1769-16OB:**

Rango de Funcionamiento	20.4->26.4 Vdc	
Corriente del módulo de salida	1mA.	
Tiempo de respuesta	Al encendido: 0.1ms Al apagado: 1ms	
Corriente de Bus	200mA/5Vdc	
Tiempo de Respuesta de cada punto del módulo de entrada	OFF->ON	100µs
	ON->OFF	1ms

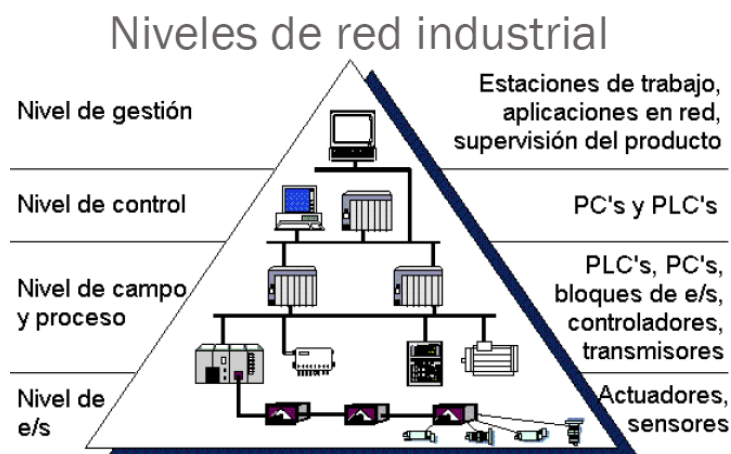
Tabla 2.14 Características principales del Módulo 1769 OB16.

**2.6 TOPOLOGÍA ETHERNET/IP DE COMPACTLOGIX.****INTRODUCCIÓN**

En este apartado se describirá el dispositivo que utiliza la plataforma CompactLogix para poder comunicarse tanto con su operador como también con los otros nodos, en especial la estación central, quien es el cerebro fundamental del funcionamiento y operación de todo el laboratorio CIM. En general se describirá como trabaja la topología en Red Utilizada.

Rockwell hace uso del concepto de redes abiertas, en base una arquitectura propia de fabricante llamada *NetLinx*, que abarca las redes *DeviceNet*, *ControlNet* y *Ethernet* y que haciendo uso del protocolo CIP (**Common Industrial Protocol**), permite tener un mismo lenguaje de comunicación para comunicarse con todas las redes y compartir servicios.

Gracias a la arquitectura de red abierta, *NetLinx*, la plataforma de la nueva estación de almacenamiento y en general con todo el laboratorio CIM, puede tener un modelo de red Industrial alta, similar al que se lo muestra en la figura 2.36:



**Figura 2.36 Niveles de una Red Industrial**

La estación de almacenamiento cuenta con el módulo 1768-ENBT, el cual permite que la misma sea altamente administrada, permita configurar al controlador y el monitoreo de las señales de entrada y de salida; gracias a la alta velocidad que la red posee.

### 2.6.1 REDES INDUSTRIALES.

La comunicación industrial se dio a partir de los años 80's, donde en un inicio se realizaba la obtención de las señales I/O de los módulos remotos así como también el estado de los controladores. Hoy en día existen en plantas altamente modernas, sistemas de interconectados, dentro de los cuales se pueden obtener tanto controladores, actuadores, sensores, etc. Integrados todos ellos en un solo tipo de infraestructura de Red, como Ethernet.

Las redes industriales se diferencian mucho de las redes comerciales o residenciales en dos aspectos importantes:

- Las redes industriales poseen características mejoradas en los tiempos de respuesta ante los requerimientos realizados por el dispositivo.
- Son aptas para ambientes en los cuales existen ruido, vibraciones, altas temperaturas y humedad, es decir donde existe condiciones extremas de operación, donde las señales requieren de tratamientos especiales, para su integridad.

#### **2.6.1.1 RED ETHERNET IP.**

A partir de los años 90`s las redes Ethernet comenzaron a tener una amplia aceptación a nivel industrial, dentro de procesos de manufactura, especialmente en aplicaciones llamadas "*non-time critical*". Con el pasar de los años, Ethernet fue ampliamente mejorando y evolucionando siendo así que de Ethernet 10Mbps, *half-duplex*, se tiene hoy en día Ethernet 100Mbps y 1Gbps *full dúplex*, entre switches y routers en una topología de estrella, evitando de esta manera tiempos críticos durante la ejecución de un proceso.

La red Ethernet ha sido una de las redes más maduras y confiables dentro de aplicaciones de automatización industriales. La red Ethernet/IP hace principal uso del estándar Ethernet, arquitectura TCP/IP y un protocolo de capa de aplicación abierta, llamada CIP (Protocolo de Control e Información), el cual es utilizado generalmente en redes DeviceNet y ControlNet, para la comunicación entre los dispositivos de la familia Rock Well Automation.

El estándar de red industrial abierto Ethernet, permite además la comunicación a través de mensajes tanto implícitos como explícitos, es decir el intercambio de mensajes en segundo plano o a través de señales provenientes de los módulos I/O en tiempo real.

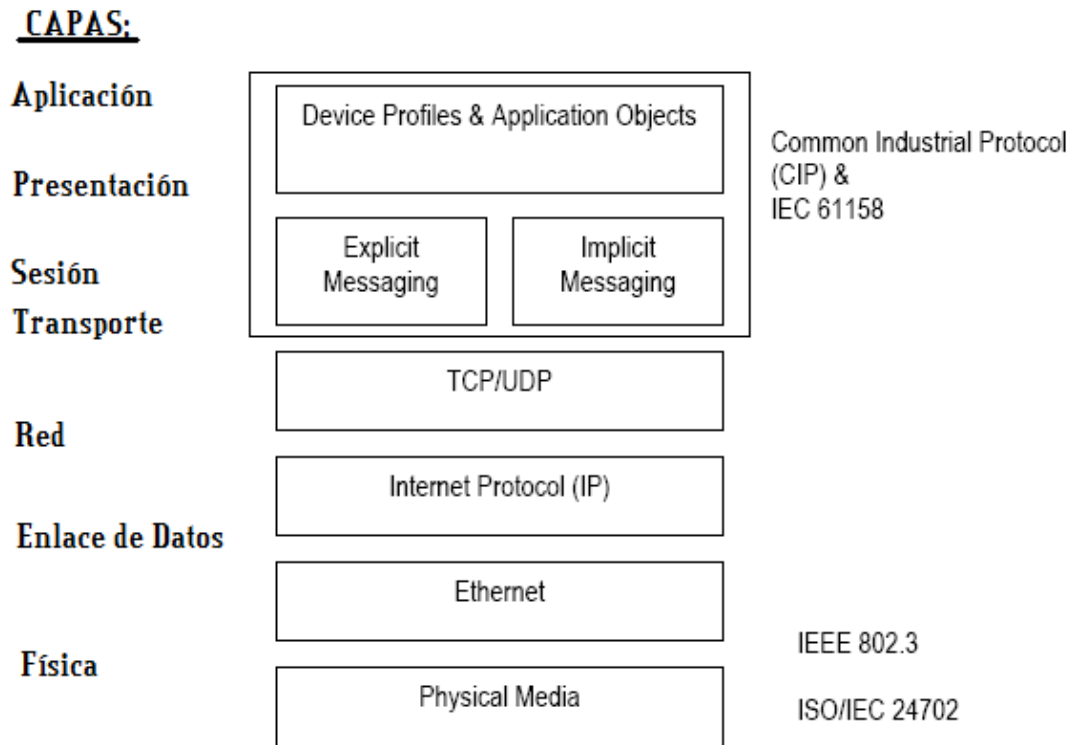
La idea del módulo y la plataforma se la da debido a la alta utilización de equipos dentro de la red Ethernet, y también debido al alto crecimiento de tecnologías dentro de esta plataforma.

La red Ethernet/IP permite realizar operaciones de manipulación y control de las variables que se encuentran dentro del controlador de la mejor manera, logrando así obtener una estación debidamente actualizada y controlada.

Un modelo de referencia fue desarrollado por la ISO (Organización de Estándares Internacionales), llamado OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos), el cual sirve como estructura base para el desarrollo de nuevos protocolos de comunicación.

En la figura 2.37, se puede observar el modelo de referencia OSI, bajo el cual está desarrollado Ethernet/IP.





**Figura 2.37 Configuración del protocolo CIP en Ethernet/IP.**

Dentro de las redes Ethernet/IP y las redes CIP, la transferencia de datos está basado en un modelo llamado *mensaje productor-consumidor*. Dentro de este modelo un dispositivo pone en la red datos y uno o varios dispositivos dentro de la misma, lo toman simultáneamente.

La implementación de CIP basado en el modelo anteriormente descrito, está soportado por el protocolo IP (Internet Protocol), para el servicio de Multicast, y que a su vez, éste protocolo está soportado por Ethernet. El principal beneficio de utilizar el modelo productor consumidor, es la eficiencia de la utilización del ancho de banda.

A continuación se detalla de manera general cada una de las capas de la Arquitectura TCP/IP:

### ***Capa Ethernet***

La capa física (1) y la capa de red de datos (2) hacen la capa Ethernet. Este es el cable físico y el método de acceso para usar el cable.

### ***Capa TCP/IP***

La capa de red o IP (3) maneja el enrutamiento y conversión de datos entre dos entidades conectadas en red; la capa de transporte o TCP (4) maneja la integridad de los datos, la transmisión sin errores de paquetes de información. TCP divide los paquetes en tamaños aceptables para el transporte y los coloca juntos otra vez cuando llegan a su destino.

### ***Capas de “Pass-through”***

A la capa de sesión (5) y a la capa de presentación (6) se les denomina las capas de “pass-through” puesto que no se implementan específicamente en una red TCP/IP.

### ***Capa de aplicación***

La séptima capa del modelo de referencia ISO/OSI es la capa de aplicación, la cual incluye el interface de programación de aplicación (7a) y el software de aplicación (7b). Esta capa controla funciones tales como la transferencia de archivos (ftp), emulación de terminal (telnet), y correo electrónico (SMTP). Proporciona el interface de usuario y la interface de programación de aplicación (API) a las aplicaciones de red.

### 2.6.1.2 PROTOCOLOS DE RED BÁSICOS.

El modelo de referencia OSI provee de una trama de comunicación entre computadoras, la cual con el uso de protocolos hace posible el método de comunicación.

Un protocolo es un conjunto de normas y reglas que rigen en la computadora para el intercambio de información sobre un medio. Un protocolo posee un conjunto de funciones dentro de cada capa del modelo de referencia OSI.

Algunos de los protocolos son utilizados en redes LAN (Redes de Área Local) o WAN (Redes de Área Extendida). Los protocolos LAN y WAN operan en la capa física (capa 1) y de enlace de datos (capa 2) del modelo de referencia OSI.

Los protocolos encargados del enrutamiento de la información, se encuentran en la capa de red (capa 3), en donde generalmente trabajan los Routers. Finalmente se tienen los protocolos de capa superior.

En la figura 2.38 los protocolos básicos que trabajan en cada capa de modelo de referencia OSI.

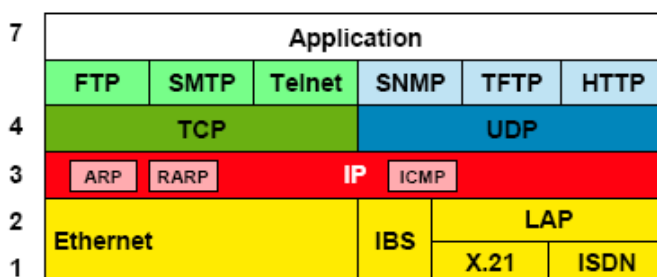


Figura 2.38 Protocolos básicos en el Modelo de referencia OSI.

Algunos protocolos dependen de otros para su operación, como el caso del protocolo CIP que hace uso de los protocolos *Internet Protocol (IP)*, *User Data Protocol (UDP)* y *Transmission Control Protocol (TCP)*.

### **2.6.1.3 PROTOCOLOS TCP/IP**

Ethernet/IP hace uso de los protocolos de la arquitectura TCP/IP, donde principalmente se utiliza los protocolos TCP, para mensajes explícitos, y UDP para mensajes I/O implícitos. Los protocolos TCP y UDP se encuentran dentro del de transporte de la Arquitectura TCP/IP.

### **2.6.1.4 PROTOCOLO TCP (*Transmission Control Protocol*)**

El protocolo TCP, es un protocolo orientado a la conexión, el cual envía datos como una cadena de bytes. Dentro de éste protocolo existe campos que confirman la llegada del mensaje. Este tipo de protocolo se lo utiliza cuando se hace uso de mensajes explícitos, por ejemplo cuando se descarga la configuración del controlador.

TCP provee de una entrega fiable de los paquetes que envía haciendo uso de números consecutivos que identifican a los paquetes segmentados, hacia el destino que corresponda. Los paquetes que son recibidos por parte del nodo destino envían una confirmación de recibo hacia el origen, el cual si éste no se llega a producir, el origen nuevamente retransmite el segmento que se perdió.

El mecanismo de TCP permite a los dispositivos dar confiabilidad en la entrega de los paquetes de datos, dado a que éste enfrenta pérdidas, retrasos, duplicidad o malinterpretación de los paquetes. Los paquetes TCP son reenviados hasta que lleguen todos a su destino. En el caso de recibir duplicidad en el paquete de recibo en el origen TCP lo detecta y lo descarta.

El protocolo TCP también permite la realizar la entrega de datos a los protocolos de capa superior del modelo de referencia OSI como se ve en la figura 2.6.1.3.

PUERTO ORIGEN		PUERTO DESTINO	
NÚMERO DE SECUENCIA			
NÚMERO DE CONFIRMACIÓN			
DATA OFFSET	RESERVADO	FLAGS	VENTANA
CHECKSUM		URGENT POINTER	
OPCIONAL (RELLENO)			
DATOS			

**Figura 2.39 Campos de paquetes TCP.**

### **2.6.1.5 INTERNET PROTOCOL (IP)**

Es un protocolo IP se encuentra en la capa 3 de la arquitectura TCP/IP. Se encarga del direccionamiento, detecta errores en los segmentos reensamblados en el origen, llamados datagramas.

Las direcciones IP son aquellas que permiten identificar a un nodo o dispositivo en la red, donde ésta es una dirección de 32 bits. Las direcciones se las dividen en públicas y privadas. Las direcciones privadas incluyen los siguientes rangos: 10.x.x.x, 172.16.31.x, 192.168.x.x.

Las direcciones IP están divididas en tres partes. La primera ubica las direcciones de red, la segunda detecta las subdirecciones, y finalmente una tercera parte, que es la dirección de host o nodo.

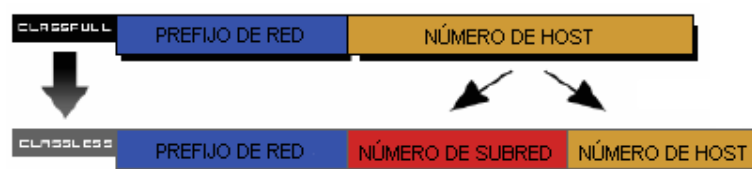
Las direcciones IP están divididas en clases, como se muestra en la tabla 2.15, las cuales son elegidas en base a las necesidades de la red, es decir por el numero de dispositivos conectados en la red.

CLASE	BITS DE ENCABEZADO	INICIO	FINAL
CLASE A	0	0.0.0.0	127.255.255.255
CLASE B	10	128.0.0.0	191.255.255.255
CLASE C	110	192.0.0.0	223.255.255.255
CLASE D (MULTICAST)	1110	224.0.0.0	239.255.255.255
CLASE E (RESERVADAS)	1111	240.0.0.0	255.255.255.255

**Tabla 2.15 Formato de Direccionamiento de las redes clase A, B, C, D y E.**

Las direcciones de red están divididas en subredes, las cuales permiten el aprovechamiento de todas las direcciones posibles existentes en un rango de Red. Haciendo uso del subneteo, es posible obtener más subredes dentro de una red, con un rango variable de direcciones para host. Las subredes dependen del número de host que integran a la red sumado un porcentaje de crecimiento de la misma.

En la figura 2.40 se observa el formato de obtención de subredes a partir de una red con clase.



**Figura 2.40 Formato de las redes y subredes.**

El campo “*prefijo de red*”, contiene los bits que corresponden a la dirección de red que pertenece uno o varios nodos, el campo “*número de subred*”, contiene una cantidad de bits prestados del campo “*número de host*”, y es quien determina las subredes necesarias para trabajar en una Red, así como también el número de host posibles en cada subred. La máscara de subred es un campo que permite determinar las subredes de una Red. Al igual que el direccionamiento IP, la máscara de subred, contiene 32bits, los cuales son llenados con 1’s y 0’s, y según sea el direccionamiento requerido por parte de la red en la que se desea trabajar.

La tabla 2.16, se muestra un ejemplo de un nodo con una dirección IP, perteneciente a una Subred, determinada con la máscara de subred:

	DIRECCIONAMIENTO DECIMAL	DIRECCIONAMIENTO BINARIO
DIRECCION IP DE HOST	192.168.5.10	11000000.10101000.00000101.00001010
MÁSCARA DE SUBRED	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000
PORCIÓN DE RED	192.168.5.0	11000000.10101000.00000101.00000000

**Tabla 2.16 Ejemplo de Direccionamiento de Red orientado a un nodo.**

Las direcciones IP son descubiertas con la ayuda de dos protocolos de capa 2, ARP (Address Resolution Protocol) y RARP (Reverse Address Resolution Protocol), donde el protocolo ARP, permite determinar direcciones físicas (MAC) a partir de direcciones lógicas haciendo uso de mensajes broadcast.

El protocolo RARP, determina direcciones lógicas a partir de direcciones físicas (MAC). Generalmente es utilizado por nodos que no se conoce el direccionamiento lógico en una red.

### 2.6.1.6 PROTOCOLO UDP (*User Data Protocol*)

El protocolo UDP, es un protocolo de transporte no orientado a la conexión, utilizado por protocolos de la capa de aplicación como por ejemplo: *Network File System* (NFS), *Simple Network Management Protocol* (SNMP), *Domain Name System* (DNS) and *Trivial File Transfer Protocol* (TFTP).

El protocolo UDP, contiene cuatro campos importantes que son: Puerto Origen, Puerto Destino, Longitud del Puerto y verificación de campos.

### 2.6.1.7 INDUSTRIAL ETHERNET Y BUSES DE CAMPO TRADICIONALES.

Desde los años 90`s la utilización de buses de campo tales como DeviceNet, han crecido significativamente, así como también Ethernet.

Si una planta posee una infraestructura de red Ethernet, los equipos en actualidad aprovechan ésta infraestructura y se conectan a ella, se generándose así una reducción en el costo de su implementación.

La implementación de una red Ethernet/IP es muy diferente a la implementación de un bus de campo, pero si es posible la transferencia de datos de una plataforma a otra, gracias al uso del protocolo CIP, de la arquitectura NetLix.

En la tabla 2.17 se puede observar las principales diferencias entre un bus de campo y una red Ethernet.

CONSIDERACIONES DEL SISTEMA DE CONTROL	DEVICENET	ETHERNET	DIFERENCIAS
Dispositivo y	10 dispositivos	Configuración en	Infraestructura requerida por cada



flexibilidad de conexión	Red limitada por la distancia.	estrella de 100 hasta 1000 dispositivos.	Dispositivo. Herramientas de administración de red requeridas
Transmisión de datos vs. Distancia	100kbps hasta una distancia de 500m con cable de cobre.	De 10Mbps hasta 100Mbps hasta una distancia de 100mts por cobre y 2000mts por fibra	Tipo de cable inmune al ruido Utilización de fibra, vidrio o ambos en un mismo sistema.
Protocolo	Un solo protocolo	Múltiples protocolos	Múltiples protocolos.

**Tabla 2.17 Diferencias entre un bus de campo y una red Ethernet/IP.**

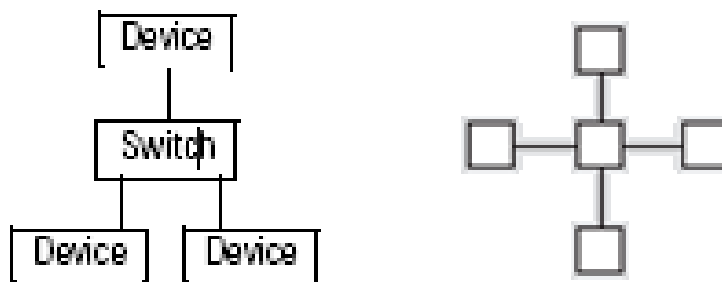
### **2.6.1.8 TOPOLOGÍA DE LA RED.**

La topología de la red tiene que ver como se configuran los controladores y las PC's del laboratorio CIM con el fin de que entre ellos se puedan comunicar o puedan intercambiar datos, especialmente para la sincronización de actividades.

Las redes Ethernet están configuradas en un esquema de conexión punto a punto usando un único cable para cada dispositivo que conforma la red. Las conexiones individuales debidamente sincronizadas que se unen a un switch poseen una topología en estrella.

La configuración de una topología en estrella permite tener menos problemas en los dispositivos de la red y en la infraestructura física, es decir con el cable de conexión utilizado por los nodos de la red para la implementación de ésta topología. Es recomendada por el fabricante utilizar éste tipo de topologías si la red posee pocos nodos y recorre distancias cortas. La topología en estrella da flexibilidad de implementación y de una arquitectura de control distribuido. La topología utilizada en el laboratorio CIM se la considera de *Estrella*, dado a que todos los nodos están unidos a un solo punto y a la vez controlados por este, en el caso de funcionar en modo automático.

La figura 2.41 muestra la topología de Red implementada en el laboratorio CIM a la cual la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 pertenece.



**Figura 2.41 Topología de conexión.**

Por medio de un Switch centralizado, todos los nodos se comunican. Éste dispositivo permite enviar tramas de datos desde un origen hacia un destino. Además opera en la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI.

#### **2.6.1.9 CONTROL DE ACCESO AL MEDIO**

El control de acceso determina “quién habla y cuándo”. La capa de red de datos, capa 2 del modelo de referencia ISO/OSI, maneja el control de acceso.

Ethernet usa Acceso múltiple detector de portadora con Detección de colisiones (CSMA/CD) como método de acceso. Los dispositivos en la red Ethernet pueden detectar si el canal está ocupado y pueden mantener sus transmisiones hasta que el canal esté disponible. Estos dispositivos pueden monitorizar el canal durante la transmisión para determinar si otras estaciones están intentando transmitir. Debido al retardo en el cable, dos o más estaciones pueden detectar un canal disponible y tratar de transmitir simultáneamente. Esto resulta en una colisión. Después de una colisión, cada nodo espera un momento de duración aleatoria antes de transmitir otra vez.

### **2.6.1.10 PROTOCOLO BOOTP**

El protocolo BOOTP, es un protocolo de nivel bajo, configurado en el módulo de comunicación Ethernet 1768-ENBT para poder obtener una dirección IP. Este protocolo de red arranca antes de que sea configurada la dirección IP del módulo del controlador y antes de que el controlador cargue su IOS.

Gracias a un servidor BOOTP es posible configurar la dirección IP del controlador el cual se detallo en el capítulo anterior.

### **2.6.1.11 UTILIZACIÓN DE BOOTP SERVER**

Los archivos de configuración BOOTP, permiten asignar dinámicamente direcciones IP a los módulos del controlador CompactLogix; también pueden obtenerse direcciones de Gateway y máscaras de subred desde BOOTP.

Si BOOTP está habilitado en el procesador al momento del encendido, el procesador envía un mensaje al servidor BOOTP en la red con su dirección de hardware. El servidor BOOTP compara esa dirección de hardware con las direcciones en su tabla de referencia en el archivo de configuración y envía un mensaje de regreso al procesador con la dirección IP apropiada. Con todas las direcciones IP y de hardware en una ubicación, se puede cambiar fácilmente direcciones IP en el archivo de configuración BOOTP, pero solamente si la red necesita ser cambiada. El valor predeterminado de fábrica es BOOTP habilitado.

Si BOOTP está inhabilitado (o no hay servidor BOOTP en la red), se deberá utilizar el software RSlinx y en propiedades del módulo Ethernet proceder a cambiar la dirección IP para cada procesador.

Allen-Bradley proporciona soporte de BOOTP para los siguientes sistemas operativos: DOS, Microsoft Windows, VMS y HP-UNIX.

En el capítulo siguiente se detalla la utilización del servidor BOOTP, para la asignación de una dirección IP al módulo del controlador CompactLogix 1768L43 de Allen Bradley.

## 2.7 MÓDULO DE COMUNICACIÓN 1768-ENBT

Para descargar una aplicación al controlador, se hace uso de un módulo el cual posee un puerto Ethernet, el cual hace posible también la comunicación con los otros controladores dentro de la red Ethernet. Este módulo hace uso de la trama Ethernet para transmitir mensajes de un lugar a otro. La velocidad a la que es capaz de transmitir éste módulo es de 100Mbps/s, es decir la velocidad a la cual la norma IEEE 802.3 establece.

El módulo también permite a su vez tener control sobre los módulos I/O de controlador, comunicación con otros controladores vía tags Productor/Consumidor y comunicación con una HMI.

La red Ethernet posee una alta eficiencia de procesamiento cuando tiene que ver con la comunicación con una Interfaz Máquina Humano (HMI). La utilización del módulo Ethernet/IP en la Red Ethernet se lo utiliza por las siguientes necesidades:

- Administración continua y eventual de la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000.
- Administración, configuración, control y recolección de datos I/O en una red simple y rápida.
- Constante comunicación con la Estación Central de CIM, para la transmisión de datos.

- Conexión Internet/Intranet.

El medio de comunicación utilizado para este tipo de red se la conoce como 10base T, o también 1 nodo por cada 100m. En la tabla 2.18 se pueden observar las especificaciones requeridas para el módulo Ethernet/IP 1768-ENBT:

Cat.	Tasa de comunicación	Número de Conexiones Max.	Número de Módulos x Controlador	Tipo de Conector	Potencia de Disipación	Corriente de consumo en Backplane (5v)
1768-ENBT	10/100MB	- 64 Conexiones CIP (I/O e Información) - 32 Conexiones TCP/IP	Hasta 2 módulos de comunicación 1768	RJ 45	4.38W	834mA

**Tabla 2.18 Características del módulo Ethernet 1768-ENBT.**

El módulo Ethernet/IP soporta hasta 32 conexiones TCP y 64 conexiones CIP a una tasa de transferencia de 5000 paquetes/segundo.

Dependiendo del Firmware del módulo, el número de conexiones TCP y CIP varían, es decir si el módulo posee el firmware 1.x, éste soporta 32 conexiones TCP y 64 conexiones CIP, pero si el módulo posee el firmware 2.x o superior, éste soporta 64 conexiones TCP y 128 conexiones CIP.

Con la ayuda del módulo Ethernet/IP se pueden tener 2 formas de transferencia de datos, la primera es en base a un modelo productor/consumidor y el otro en base a mensajes. Cada modo de transmisión de datos posee una configuración específica.

### 2.7.1 CONFIGURACIÓN DE MÓDULO ETHERNET/IP PARA OPERAR EN LA RED.

Una vez que el módulo se instala en el controlador y a su vez se comunica en la red, internamente corre BOOTP/DHCP con el fin de poder obtener una dirección IP a partir de su dirección MAC.

#### ***Parámetros de configuración del módulo Ethernet/IP***

***Dirección IP:*** la dirección IP es quien identifica unívocamente al controlador o host dentro de una Red LAN. La dirección IP lo conforman 4 Octetos (xxx.xxx.xxx.xxx), cuyo rango xxx va desde 0 hasta 255. Es importante conocer que direcciones son reservadas y por ende el módulo no las puede tener:

127.0.0.1

0.0.0.0

255. 255. 255. 255

***Máscara de Subred:*** permite identificar a que sitio de red pertenece la dirección IP asignada. A demás permite limitar la porción de Host y la de Red, es decir con la máscara de subred se puede limitar el número de usuarios o nodos que pueden operar dentro de la red.

Así mismo está conformado por 4 octetos cuyos rangos van desde 0 a 255.

***Puerta de Enlace (Gateway):*** es la dirección que permite comunicar un Host ubicado en una red con otro host ubicado en otra.  
0.0.0.0 es la dirección de Gateway configurado por defecto.

**Host name:** es un nombre que identifica a un host dentro de una red. La dirección completa del host es *host\_name.domain\_name*.

**Domain name:** la dirección de dominio identifica a que dominio de red pertenece el módulo del controlador. El nombre de dominio tiene como limitante hasta 48 caracteres.

## CONFIGURACIÓN DE UNA DIRECCIÓN IP

El módulo Ethernet/IP puede ser configurado haciendo uso del protocolo BOOTP y de la herramienta de software BOOTP/DHCP o a través de los programas RSLinx o RSLogix 5000.

En la figura 2.42, muestra un diagrama de flujo referente a la asignación de una dirección IP a un módulo Ethernet.

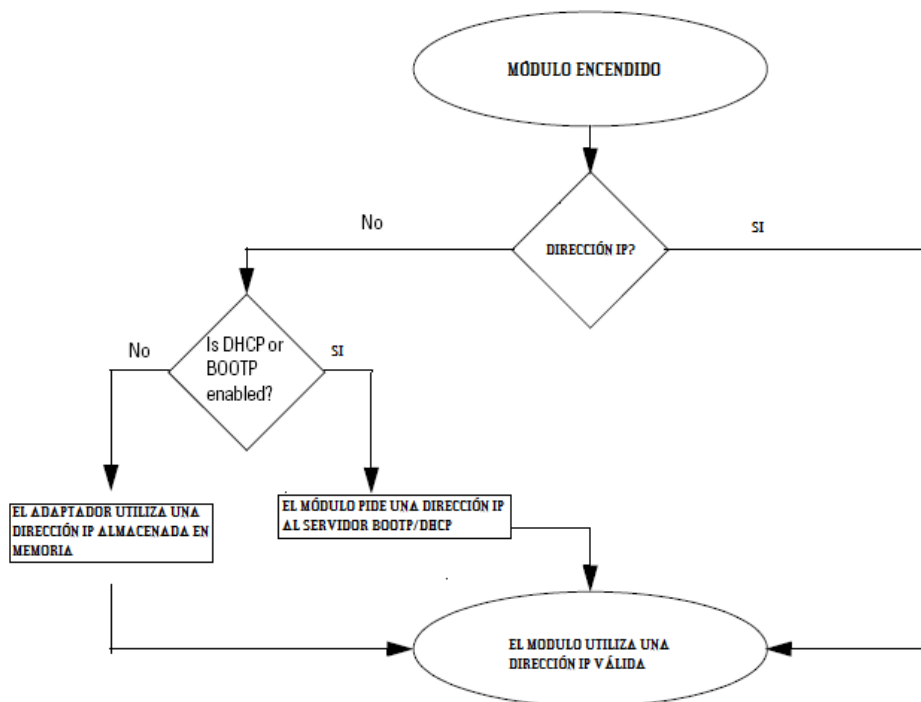


Figura 2.42 Diagrama de flujo de asignación de dirección IP.

## DETECCIÓN DE DIRECCIONES DUPLICADAS.

Si un módulo posee una dirección IP similar a la de otro host en la red, se producirá un conflicto de direcciones. Si el módulo detectara tal conflicto, los led's indicadores *OK* y *NET* parpadearán en color rojo y el display generará los siguientes mensajes:

***OK <IP\_address\_of\_this\_module> Duplicate IP***

***<Mac\_address\_of\_duplicate\_node\_detected>.***

***Ejemplo: OK: 192.168.1.104 Duplicate IP: 00:00: BC: 02:34:B4***

### 2.7.2 INDICADORES DEL MÓDULO ETHERNET 1768-ENBT.

La figura 2.43 muestra la vista frontal del módulo Ethernet 1768-ENBT, así como también los indicadores del estado del módulo.

Cada led indicador, representa el estado de las funciones internas que el módulo realiza, así por ejemplo el indicador "*LINK*", comprueba si el módulo está conectado físicamente a la red, es decir verifica conectividad de capa 1 y 2, el indicador "*NET*", muestra si una dirección IP ha sido configurada en el módulo y finalmente el indicador "*OK*", determina si el módulo está funcionando correctamente.

El display ubicado frontalmente en el módulo Ethernet, permite identificar si éste está asignado una dirección IP, caso contrario mostrará su dirección MAC, la cual servirá, para que a través del BOOTP SERVER, se asigne una dirección IP, que corresponda a la red que se desea operar.



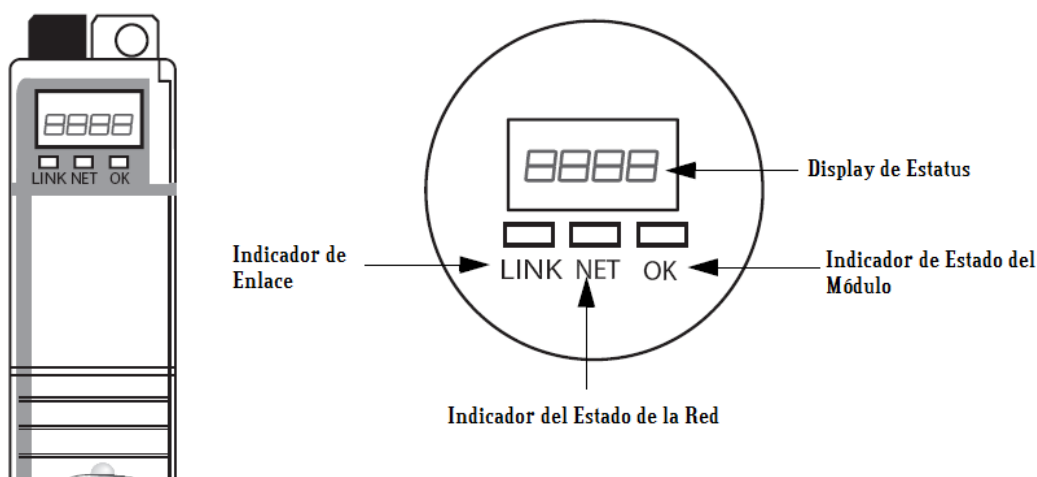


Figura 2.43 Vista frontal del módulo Ethernet 1768-ENBT.

En la siguiente tabla 2.7 se muestran los estados de las luces indicadores del módulo 1768-ENBT, su respectivo significado y las acciones requeridas si fuere el caso:

INDICADOR	CONDICIÓN	SIGNIFICADO	ACCIONES REQUERIDAS
<b>NET</b>	OFF		Módulo desconectado o no tiene configurado un dirección IP
	PARPADEANDO EN VERDE	PROBLEMA DE COMUNICACIÓN DEL CONTROLADOR	El controlador posee una dirección IP pero no se ha establecido conexiones todavía
	VERDE	IP OK	El módulo posee una dirección IP establecida, por lo cual su funcionamiento esta correcto
	PARPADEANDO	CONEXION	Las conexiones establecidas en el módulo han

	EN ROJO	AGOTADA	agotado, por lo que toca nuevamente establecer las conexiones.
	ROJO	IP DUPLICADA	Una dirección IP ha sido detectada como duplicada, dado a que coincide con la dirección IP asignada al Módulo.
<b>LINK</b>	OFF	ENLACE PERDIDO	Ningún dato está siendo transmitido. El cable esta desconectado.
	VERDE	192.168.1.104	Dirección IP correctamente configurada
	PARPADEANDO EN VERDE		Se están transmitiendo datos sobre la red
<b>OK</b>	OFF		El módulo no posee alimentación
	PARPADEANDO EN VERDE	BOOTP/DHCP	El módulo no esta configurado.
	VERDE	192.168.1.104	El módulo esta operando correctamente
	PARPADEANDO EN VERDE	Dirección IP duplicada Actualización del	La dirección de red Configurado en el módulo, coincide con otra dirección de red de otro dispositivo ubicado en la misma.

		Firmware	Actualización del Firmware
	PARPADEANDO EN VERDE Y ROJO	Rev%d.%%	El módulo se está diagnosticando.

**Tabla 2.19 Vista frontal del módulo Ethernet 1768-ENB.**

## **2.8 ESTRUCTURA DE CABLEADO DEL CONTROLADOR RS-LOGIX 5000.**

Debido a que la Estación de Almacenamiento no contaba con un diagrama a detalle de las conexiones que poseía en su interior, fue necesario levantar tales diagramas, los cuales se detallaran en este apartado.

El armario de conexiones consta de dos partes, una para la parte de alimentación de los actuadores y sensores de la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 y otra para la alimentación y operación del controlador 1768-L43 con sus respectivos módulos.

### **2.8.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000**

El sistema de alimentación de la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000 conservó su diseño inicial de conexionado. El sistema es alimentado con una tensión de entrada de 220Vac, el cual es rectificado hasta lograr tener un voltaje de 24Vdc, el cual sirve para alimentar a los actuadores, indicadores y sensores de la Estación.

La alimentación del controlador viene de las dos fases asignadas a la estación R y S, es decir, a la entrada de la fuente del controlador se tiene 220VAC.

La alimentación de la fuente del controlador está diseñada con las debidas protecciones para el equipo, donde se tienen disyuntores por cada fase y un fusible en una de las líneas de alimentación.

A continuación en la figura 2.44 se muestra el sistema de alimentación que se encuentra en el armario eléctrico de la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000, donde se pueden observar los dispositivos y elementos que lo componen.

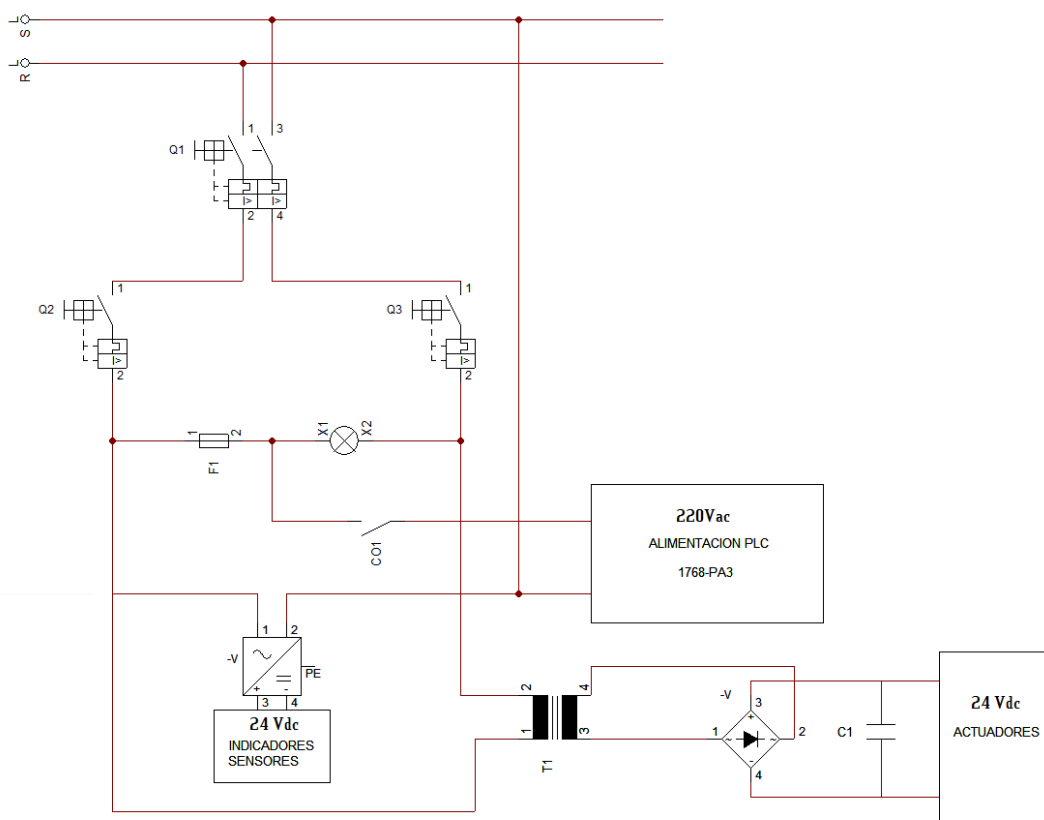


Figura 2.44 Diagrama del sistema de alimentación a la Estación de Almacenamiento.

### **2.8.1 CONEXIONADO DE PANEL FRONTAL DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO.**

El panel frontal consta de 2 pulsadores, 3 luces indicadoras y 1 botón de emergencia. Los 2 pulsadores, incorporan interiormente luces indicadoras, las cuales permiten identificar si el controlador esta encendido o apagado, el botón de emergencia actuará como un interruptor en caso de que exista alguna falla en la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000. Una luz indicadora anaranjada indica si el gabinete eléctrico esta energizado, otra luz indicadora blanca indica si la estación está operando en modo automático o en línea y finalmente una luz indicadora de color roja indica que existe un error en la estación de almacenamiento, ya sea por emergencia, compartimientos llenos o por baja de presión.

El panel frontal está diseñado para el encendido y apagado del controlador, verificación del estado de la estación y bloqueo del controlador en caso de existir algún imprevisto.

El pulsador PLC\_ON activa a un relé C01, alimentado a 24VDC, el cual queda enclavado para cambiar de posición a sus contactos. Uno de los contactos del relé C01, permite el paso de energía eléctrica de una de las fases, hacia el Controlador, quedando de ésta manera, energizado el Controlador.

Los otros contactos van dirigidos a las lucen indicadoras, de los pulsadores PLC\_ON y PLC\_OFF, alimentados con 24VDC, donde el operador puede identificar claramente el estado del Controlador, y realizar las debidas operaciones si fuere el caso.

Las otras luces indicadoras son activadas a través de señales provenientes del controlador, las cuales se activan según disponga la programación del controlador.

El pulsador de EMERGENCIA, está conectado a una de las entradas del controlador, y es el encargado de enviar una señal de 24VDC, indicando fallo de la Estación de Almacenamiento.

Se muestra en la figura 2.45 el Diagrama Unifilar de conexionado eléctrica de la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000.

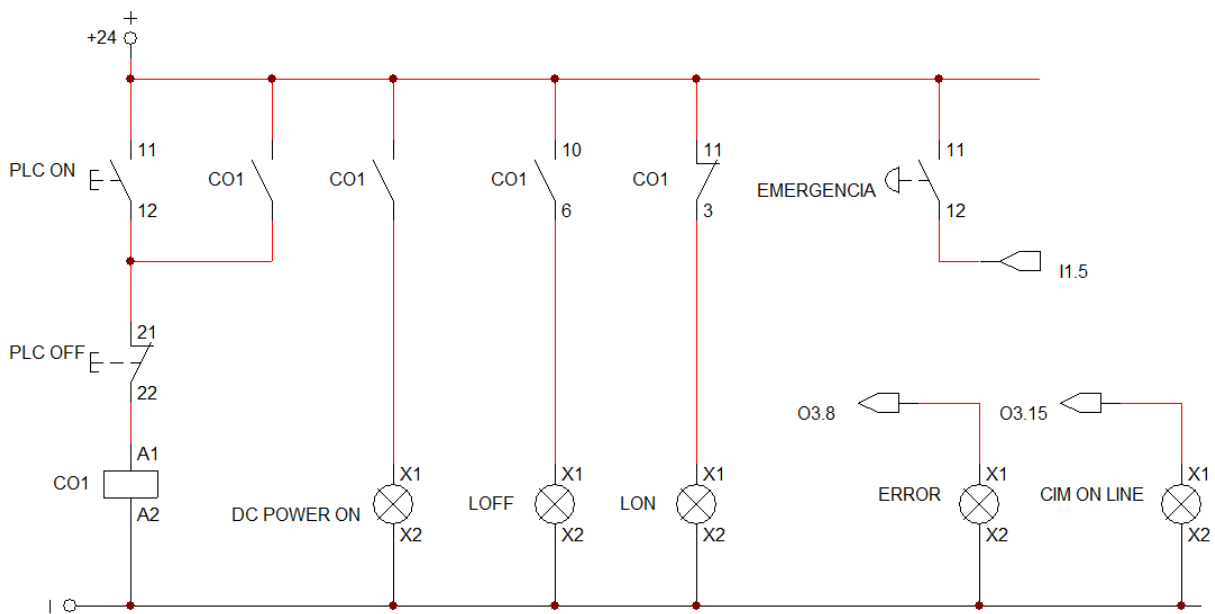


Figura 2.45 Diagrama de conexionado del panel frontal de la Estación de Almacenamiento.

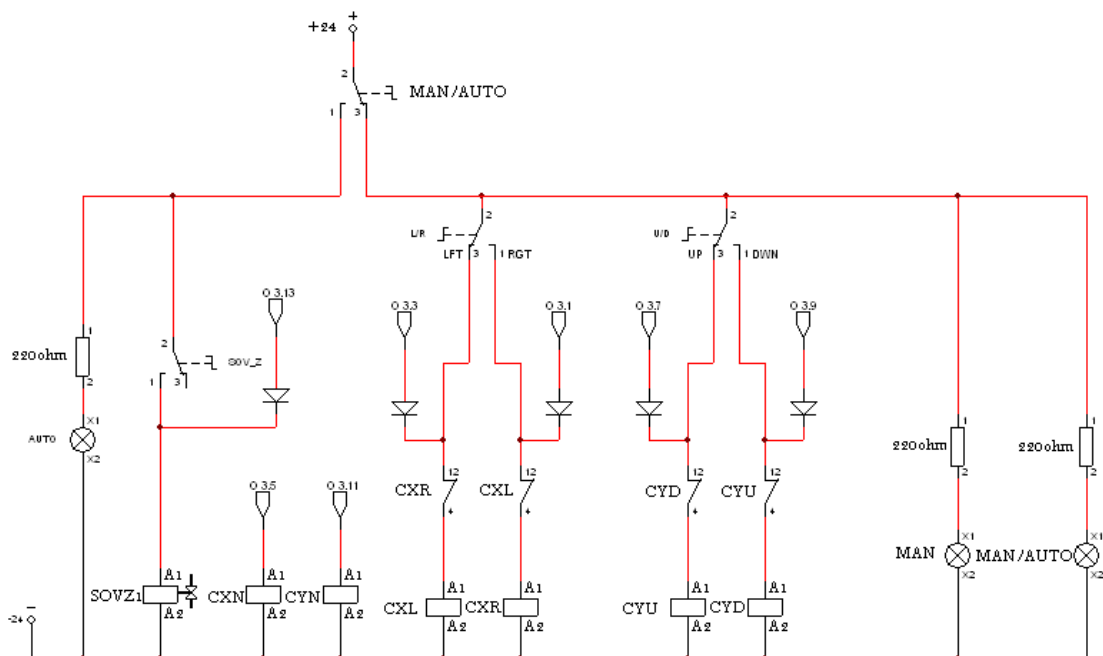
Las luces indicadoras están diseñadas para trabajar a 24VDC. Sus contactos pueden trabajar hasta 240VAC o 28VDC a una corriente máxima de 5A.

### 2.8.3 CONEXIONADO DEL CONTROLADOR MANUAL (PENDANT)

La estación de Almacenamiento cuenta con un controlador físico el cual posee tres pulsadores, los cuales permiten controlar los motores del manipulador cartesiano y el vástago para el movimiento en el eje z.

El controlador manual como tal, la componen dos partes, una ubicada en el gabinete eléctrico y otra en el propio pendant. Interiormente se encuentran resistores limitantes de corrientes y diodos leds, los cuales al estar encendidos, indican al operador que puede trabajar en modo manual. Todo el sistema está alimentado a 24VDC.

En la figura 2.46, se muestra el diagrama de conexionado, que compone al controlador manual de la estación de almacenamiento.



**Figura 2.46 Diagrama de conexionado del controlador manual de la Estación de Almacenamiento**

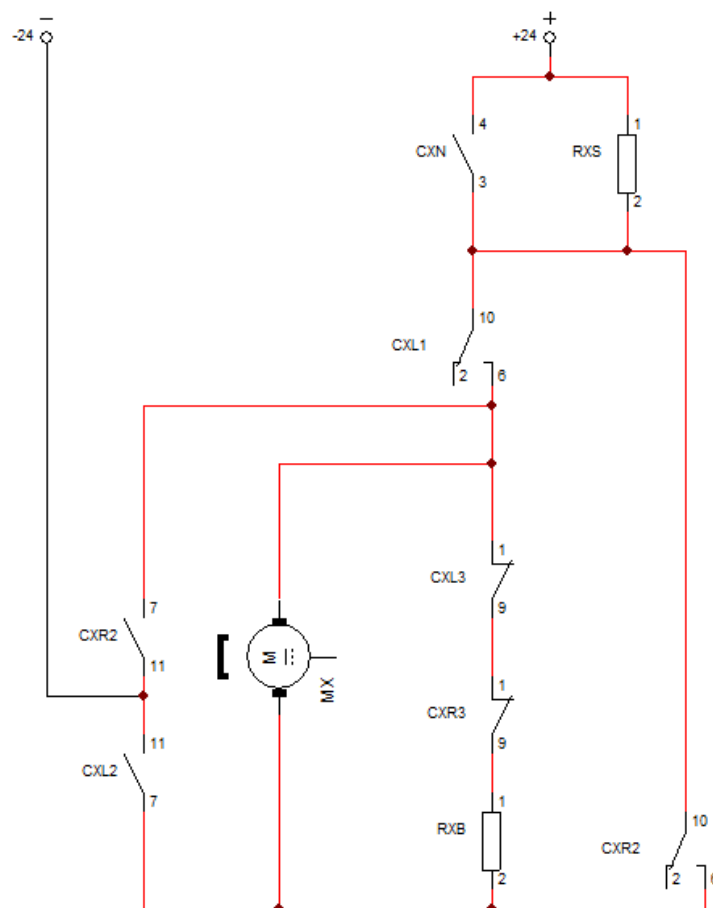
#### 2.8.4 CONEXIONADO DE MANIPULADOR CARTESIANO (EJE X)

En el manipulador cartesiano de eje x se tendrán dos movimientos, uno a la derecha y otro a la izquierda. Para que exista el primero los contactos CXR1 y CXR2 deben estar cerrados y los contactos CXL1 y CXL2 deben estar abiertos. Para que exista un desplazamiento contrario, es decir hacia la izquierda, se debe

dar la condición contraria, que los contactos CXR1 y CXR2 deben estar abiertos y los contactos CXL1 y CXL2 deben estar cerrados. CXL3 y CXR3 descargan las corrientes remanentes o que quedan en los devanados del motor hacia la resistencia RXB cuando el motor ya no esté operando.

El contacto CXN permite cambiar de una velocidad lenta a una rápida, es decir cuando el contacto CXN esté cerrado, se dispondrá de la mayor velocidad en el eje x.

La figura 2.47 indica el diagrama de conexión utilizado para controlar el movimiento del manipulador cartesiano en el eje x.



**Figura 2.47 Diagrama de conexionado del manipulador cartesiano, eje “x”**



### 2.8.5 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE MANIPULADOR CARTESIANO EJE Y

En el manipulador cartesiano de eje y se tendrán dos movimientos, uno hacia arriba y otro a abajo. Para que exista el primero los contactos CYU1 y CYU2 deben estar cerrados y los contactos CYD1 y CYD2 deben estar abiertos. Para que exista un desplazamiento contrario, es decir abajo, se debe dar la condición contraria, que los contactos CYU1 y CYU2 deben estar abiertos y los contactos CYD1 y CYD2 deben estar cerrados. CYD3 y CYU3 descargan las corrientes remanentes o que quedan en los devanados del motor hacia la resistencia RYB cuando el motor ya no esté operando.

El contacto CXN permite cambiar de una velocidad lenta a una rápida, es decir cuando el contacto CXN esté cerrado, se dispondrá de la mayor velocidad en el eje x.

La figura 2.48 indica el diagrama de conexión utilizado para controlar el movimiento del manipulador cartesiano en el eje x.

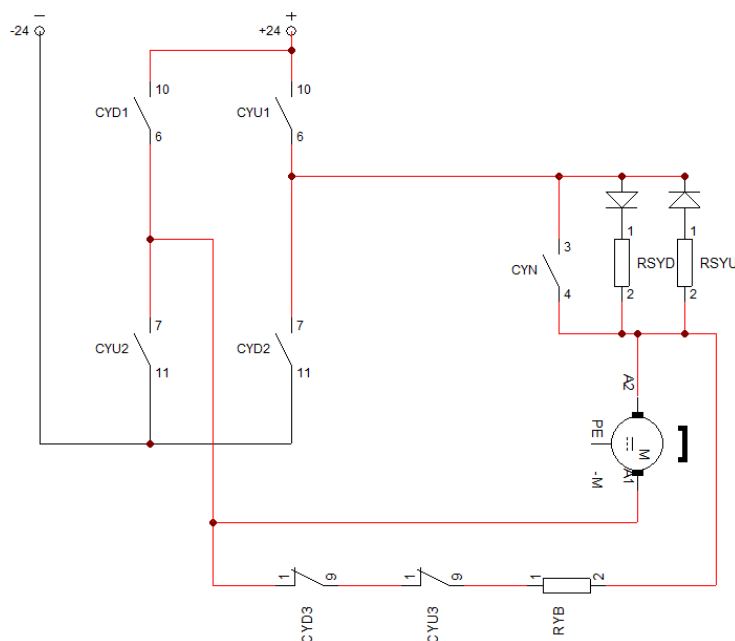


Figura 2.48 Diagrama de conexionado del manipulador cartesiano, eje "y".

## 2.9 ESTRUCTURA DE CONEXIÓN DE LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO.

Como se mencionó anteriormente, la estación de almacenamiento está compuesta por dos brazos neumáticos, un brazo giratorio y otro cartesiano. La figura 2.49, muestra un diagrama esquemático de conexión del cilindro neumático brazo giratorio y la figura 2.50, el diagrama de conexión esquemático del cilindro neumático brazo cartesiano.

### BRAZO GIRATORIO:

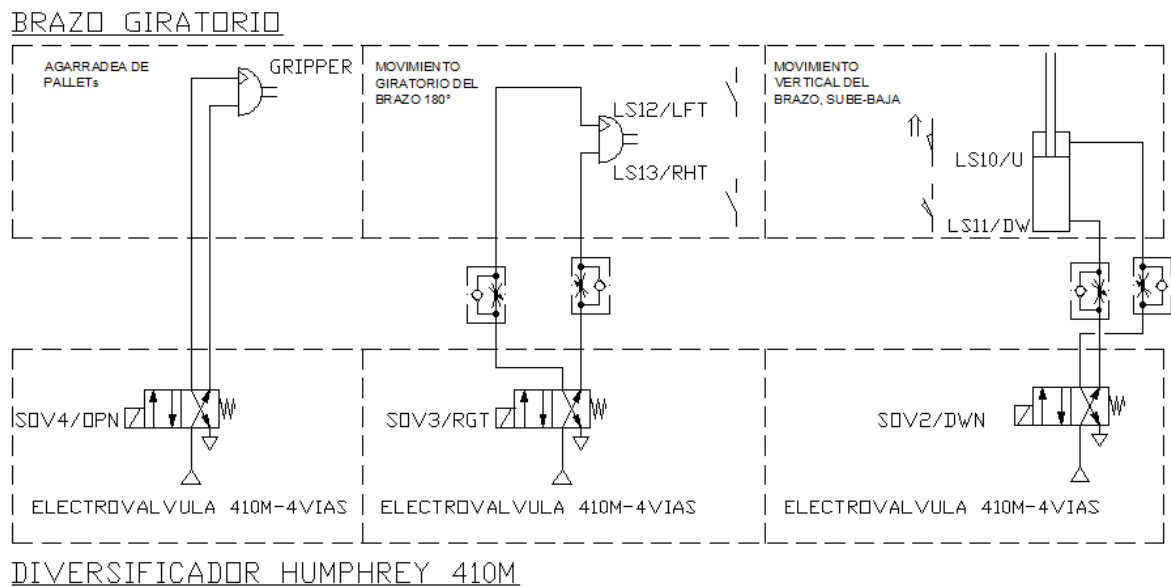
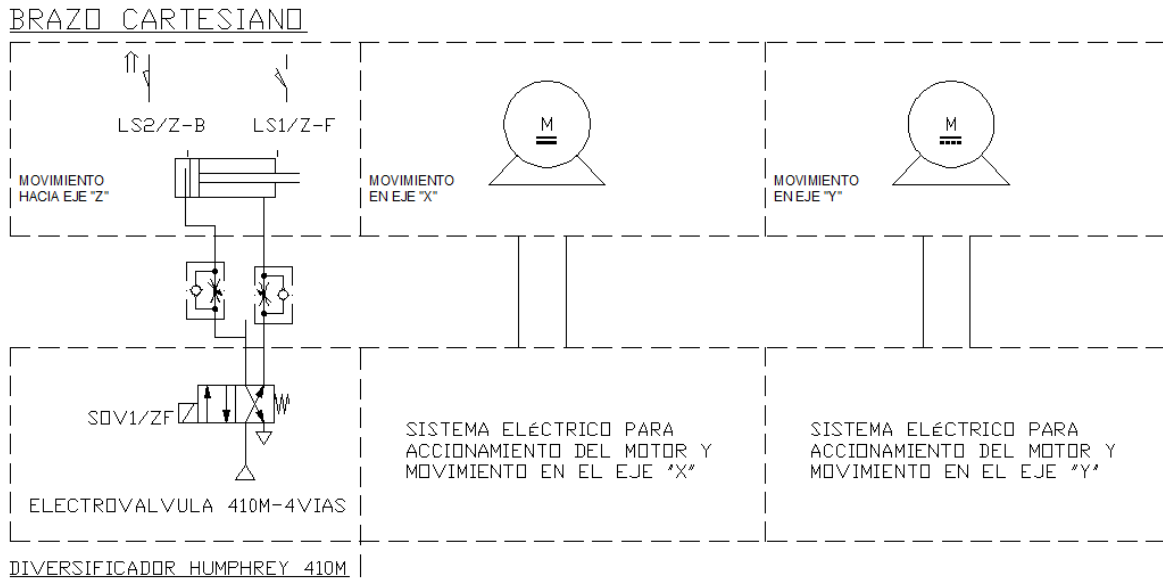


Figura 2.49 Diagrama de conexión del pistón neumático brazo giratorio.

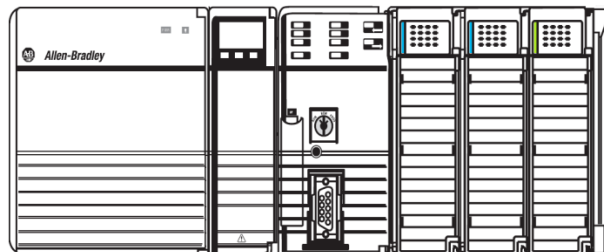
**BRAZO CARTESIANO:**



**Figura 2.50 Diagrama de conexión del pistón neumático brazo cartesiano.**

**2.9 ESTRUCTURA DE CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL CONTROLADOR COMPACLOGIX 5000**

El controlador implementado en la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-2000 consta de 2 módulos digitales, uno de entrada y uno de salida, cada uno identificado con un color, es decir azul para las entradas y verde para las salidas, tal como se muestra en la figura 2.51.



**Figura 2.51 Controlador CompactLogix, con sus respectivos módulos.**

## **CAPÍTULO 3**

### **SOFTWARE**

#### **INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se analizará la programación realizada, en cada una de las subrutinas ejecutadas en el PLC, los cuales se despliegan en diagramas de flujo.

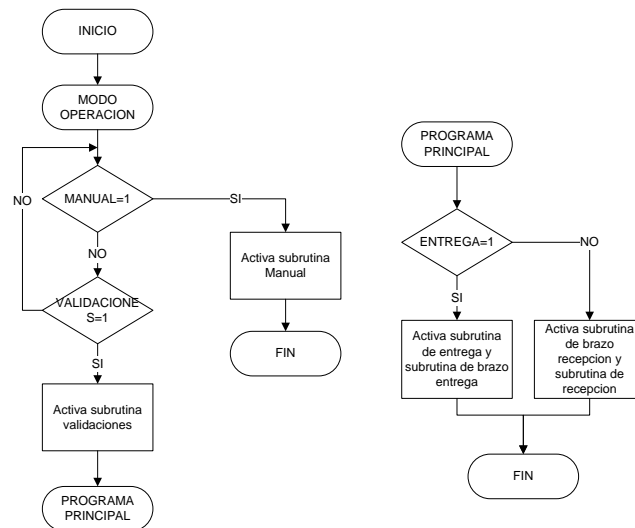
También se explicará el diseño elaborado de la Interface Gráfica, con todos sus componentes.

Y se procederá a ilustrar como se desarrolla la comunicación a través de Ethernet.

#### **3.1 DIAGRAMAS DE FLUJO**

Se realizaron varias subrutinas de las cuales se presentan sus diagramas de flujo a continuación:

## GENERAL



**Flujograma 3.1 Diagrama de flujo General**

## MODO OPERACIÓN

En esta subrutina se encuentran las activaciones generales; así como también asignaciones de variables, como son las de los actuadores de los manipuladores giratorio y cartesiano; las variables usadas en las otras subrutinas para indicar salidas son internas, y se unen en esta subrutina para utilizar la salida verdadera asignada al PLC, por lo que esta subrutina siempre se está leyendo; en esta subrutina también se encuentran la configuración de los mensajes tanto de envió como los de recepción.

Los diagramas de flujo de esta subrutina se encuentran en el anexo 1.

## **VALIDACIONES**

En esta subrutina están las validaciones generales para los distintos modos que se presentan, así como también las validaciones específicas de estos modos como limitaciones en productos tanto para entrega como para recepción; también se realizan validaciones en mensajes y en límite de llenado de la estación.

Los diagramas de flujo de esta subrutina se encuentran en el anexo 2.

## **PROGRAMA PRINCIPAL**

En esta subrutina se analiza el modo que se va a usar entre automático y semiautomático, y principalmente si se trata de entrega o recepción para que sea enviada a sus respectivas subrutinas; también en esta subrutina se realiza la ubicación de la matriz tanto en el eje x, como en el eje y; también esta subrutina tiene contadores de mensajes que han sido enviados para verificar si se está realizando la comunicación.

Los diagramas de flujo de esta subrutina se encuentran en el anexo 3.

## **BRAZO RECEPCION**

En esta subrutina se encuentra la programación del manipulador giratorio, el cual transporta el material de la banda hacia el buffer de paletas; también en esta subrutina se tienen validaciones para evitar que el brazo se dañe por alguna acción mal ejecutada, refiriéndose al modo manual donde el operador es el que toma las decisiones de los movimientos, pero gracias a estas validaciones se limita los privilegios del operador.

Los diagramas de flujo de esta subrutina se encuentran en el anexo 4.

## **RECEPCION**

En esta subrutina se encuentra la programación del manipulador cartesiano, el que va a ubicar al producto dentro del compartimiento de almacenamiento y terminando así con la recepción del producto; también en esta subrutina se encuentra el reseteo de todas las variables al finalizar con el proceso completo; esta subrutina también tiene restricciones en su programación para evitar daños del manipulador cartesiano; también se almacena y se muestra el estado actual del compartimiento de almacenamiento, para llevar un control dentro del proceso.

Los diagramas de flujo de esta subrutina se encuentran en el anexo 5.

## **ENTREGA**

En esta subrutina se tiene la programación del manipulador cartesiano para colocar un producto del compartimiento de almacenamiento en el buffer de paletas, es decir en la posición (0,0); y tiene las mismas restricciones en su programa que las realizadas para la subrutina recepción, evitando daños de brazo; aquí también se cambia el estado del compartimiento de almacenamiento para mantenerlo actualizado, todo esto sirve para la interface gráfica y para un correcto funcionamiento del proceso.

Los diagramas de flujo de esta subrutina se encuentran en el anexo 6.

## **BRAZO ENTREGA**

En esta subrutina se tiene el proceso del manipulador giratorio para tomar el producto del buffer de paletas y colocarlo en el conveyor (banda transportadora)

terminando así el proceso de entrega; esta subrutina también contiene limitaciones <sup>(9)</sup> para evitar daños en el manipulador y eficiencia del proceso.

Los diagramas de flujo de esta subrutina se encuentran en el anexo 7.

## **MANUAL**

En esta subrutina se encuentra la programación de todas las validaciones y restricciones para el movimiento de los manipuladores cartesiano y giratorio, y también se asocia con los modos semiautomático y automático para que posea los mismos criterios y se pueda realizar una conmutación de modos sin ninguna complicación; también se actualiza los estados del compartimiento de almacenamiento y se interactúa con mensajes.

Los diagramas de flujo de esta subrutina se encuentran en el anexo 8.

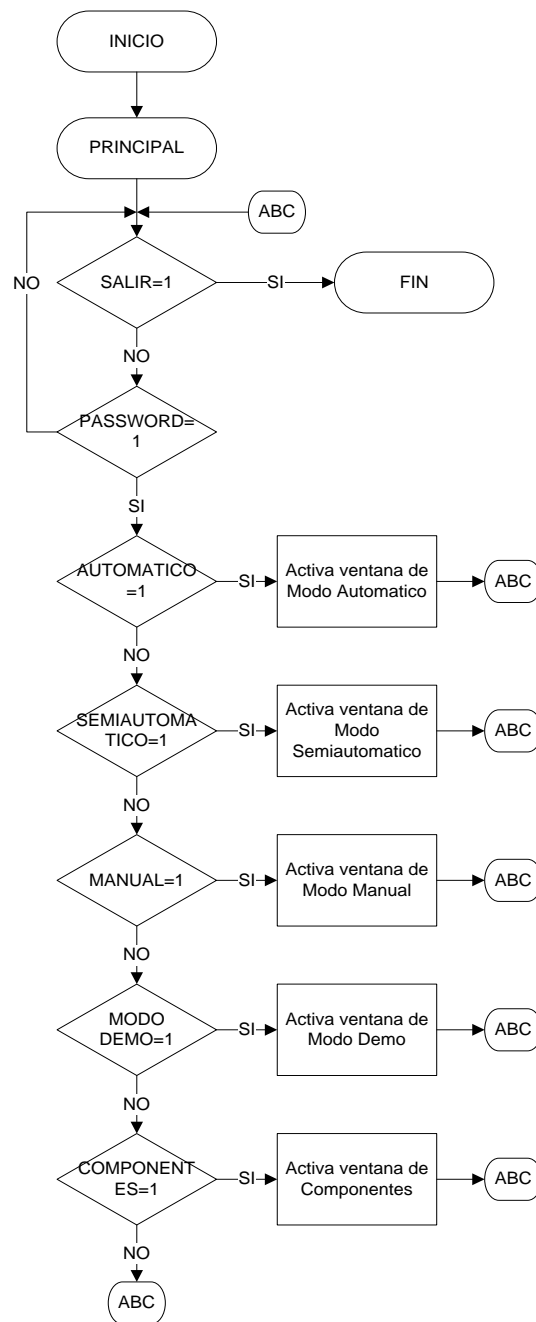
### **3.2 DISEÑO DE LA INTERFÁZ GRÁFICA (HMI) EN FACTORY TALK VIEW.**

El software que se utilizó para el desarrollo de la HMI es el Factory Talk View y los pasos que se siguieron para realizar dicha interfaz fueron los siguientes:

---

<sup>9</sup> Las limitaciones se encuentran en el capítulo 4





Flujograma 3.2 Diagrama de flujo de la HMI

## PRINCIPAL



**Figura 3.1** Pantalla principal de la HMI.

Como se puede observar en la Figura 3.1, existen 3 botones para registro de usuario, un cuadro desplegable, que contiene las ventanas de visualización que gráfica, las cuales pueden ser accedidas según el usuario configurado. Adicionalmente, se encuentra un texto, indicando el usuario que ha sido registrado.

El Software de programación gráfico Factory Talk View permite crear usuarios, ya sea haciendo uso de los Usuarios de Windows mismo, o creando otros usuarios dentro de una misma sesión de Windows. Para el caso del presente proyecto, se decidió realizar la creación mediante la última opción mencionada anteriormente.

La asignación y creación de usuarios, va a depender de los permisos que se desee otorgar a usuarios u operadores de la Estación de Almacenamiento.

El proyecto cuenta con tres usuarios llamados, DEFAULT, OPERADOR Y PRACTICANTE. En el caso del usuario DEFAULT, es un usuario que siempre aparece, durante el desarrollo de la interfaz gráfica y sirve para que previamente a

través de éste usuario, se puedan observar las ventanas creadas, previa a la configuración de los otros usuarios.

Para el Usuario **“OPERADOR”** su clave de acceso es **“profesor”**, y las ventanas de acceso para este usuario son: AUTOMATICO, SEMIANTOMATICO, MANUAL y ALARMAS. El Usuario OPERADOR, ha sido creado para que única y exclusivamente monitoree a la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000, en sus tres modos, así como también supervise las alarmas ocasionadas en la estación durante su operación.

Para el Usuario **“PRACTICANTE”**, su clave de acceso es **“alumno”**, y las ventanas a las cuales tiene acceso este usuario son: COMPONENTES y MODO DEMO. Básicamente el usuario PRACTICANTE ha sido creado, con el fin de que el estudiante pueda visualizar a la estación de almacenamiento como tal, es decir, pueda ver los componentes que integra a la estación, como funciona y como debe ser operada. Es decir las ventanas de éste usuario, permiten una familiarización de la estación de Almacenamiento, por parte de quienes deseen hacer uso de la misma.

Finalmente el usuario **“DEFAULT”**, al cual no es necesario asignarle una clave, se le ha asignado la ventana de videos, en los cuales, muestra las configuraciones básicas que se debe realizar, tanto en la PC como en el controlador, para hacer uso de éste para una adecuada manipulación de la estación.

A continuación se muestra la configuración realizada en el Software Factory Talk, para la creación de los usuarios citados anteriormente.

Una vez terminadas las ventanas de visualización, en el explorador del programa, se ingresa en la opción **Runtime Security**, y se crea el usuario que se

desea a través del botón **Add**. En la figura 3.2 se observa los pasos iniciales a realizar para la creación de un Usuario.

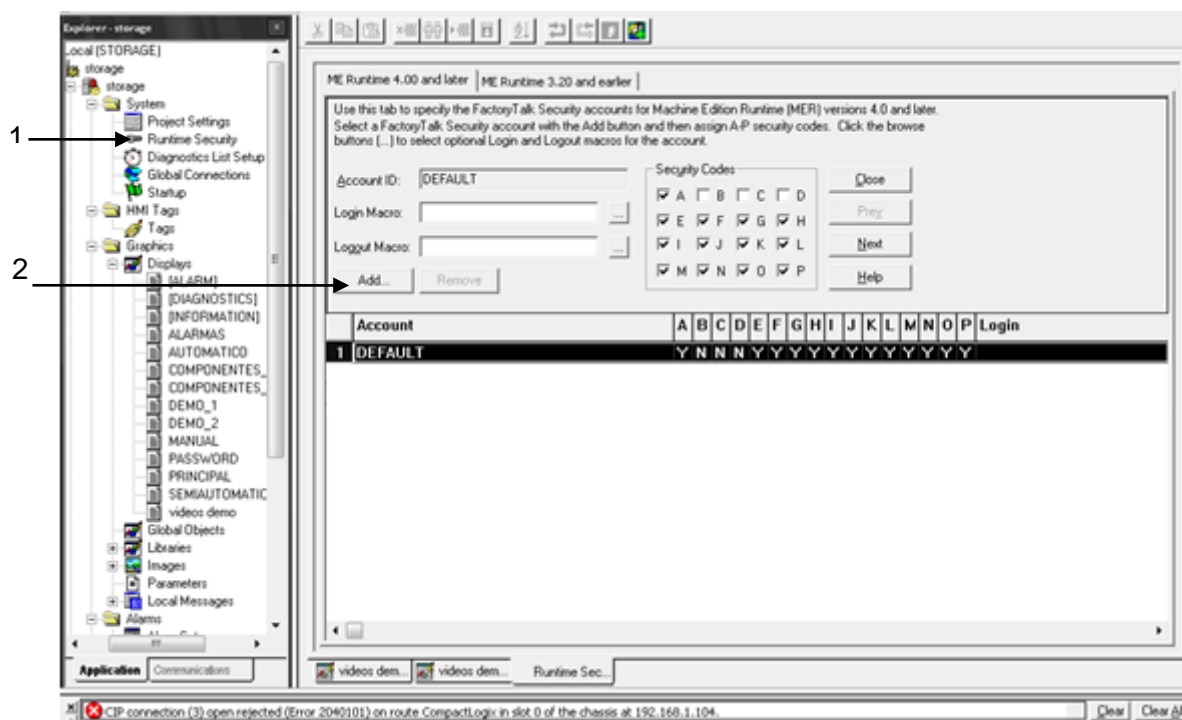
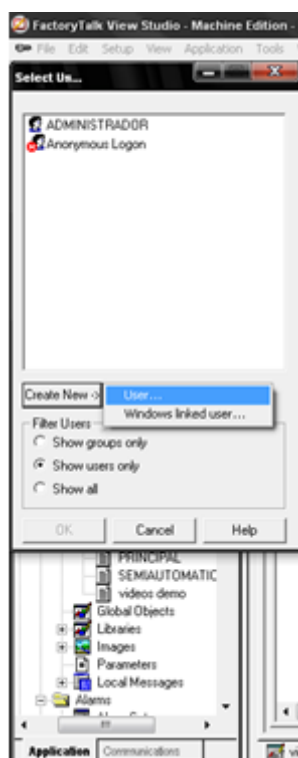


Figura 3.2 Configuración de Seguridad en Runtime Security.

Por medio del botón **Add**, se accede a una nueva ventana *Select us*, en donde se crea y se escoge a un usuario, como se observa en la figura 3.3.



**Figura 3.3 Creación de un usuario (OPERADOR)**

A continuación se realiza la configuración de las características de usuario OPERADOR, como se observa en la figura 3.4.



**Figura 3.4 Configuración del usuario (OPERADOR)**

Dentro de la configuración del usuario, es posible permitir o denegar el cambio de la clave asignada inicialmente. Una vez creado el usuario y su clave respectiva, éste aparecerá en las cuentas de usuario del Runtime Security, como se muestra en la figura 3.5. Posteriormente al usuario se le es asignado los códigos de seguridad, los cuales se encuentra a la parte derecha de cada usuario.

Los códigos de seguridad son los que habilitan a las ventanas asociadas al usuario, por ejemplo el usuario OPERADOR, únicamente podrá visualizar aquellas ventanas que estén asociadas al código de seguridad “A”.

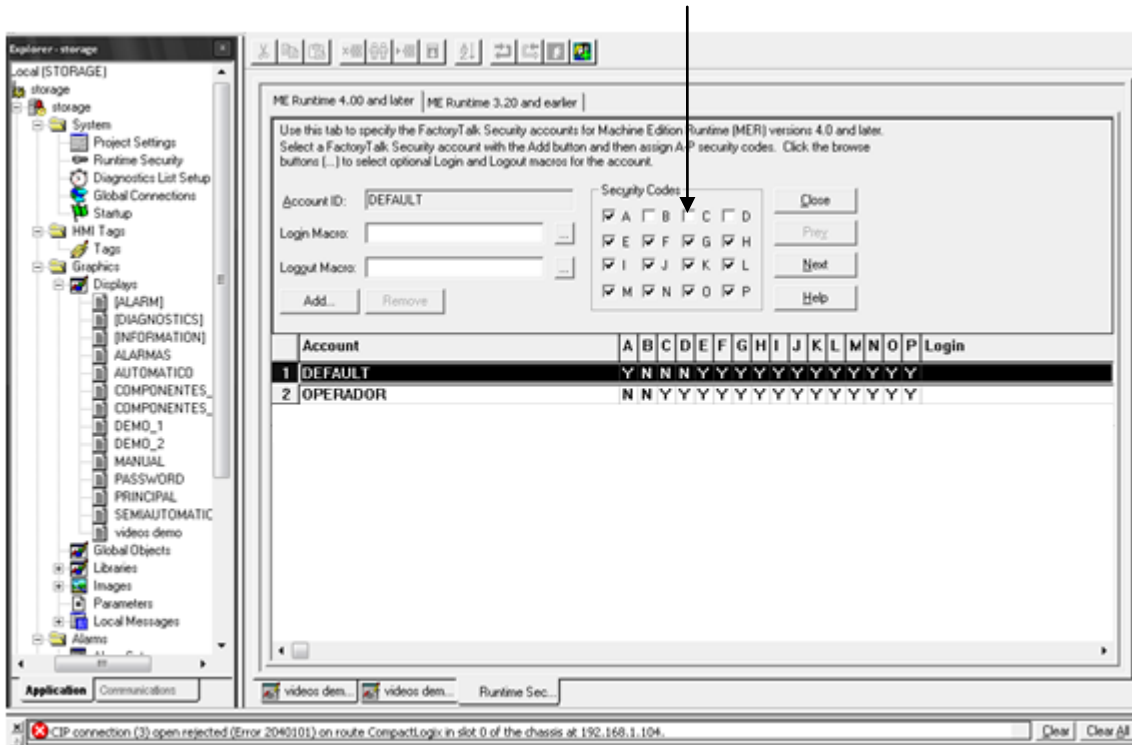


Figura 3.5 Cuenta de Usuario OPERADOR

Nuevamente, en el explorador, se selecciona una de las ventanas asociadas al usuario OPERADOR, se le es asignada uno de los códigos de seguridad en las propiedades de la ventana tal como se muestra en la figura 3.6.

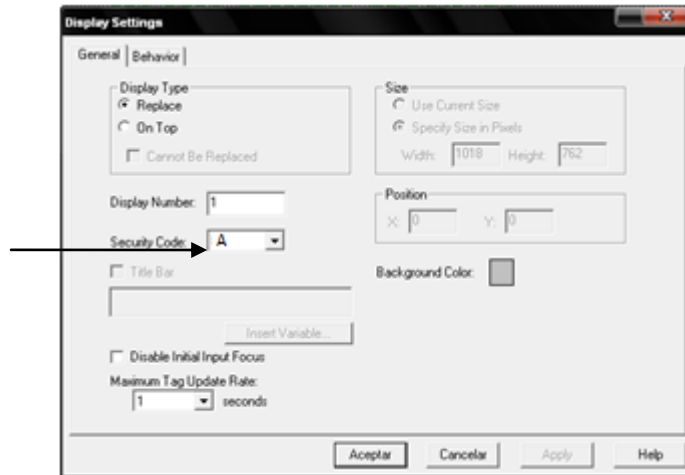


Figura 3.6 Asignación de Código de Seguridad a una Ventana

Una vez realizada las configuraciones necesarias a cada ventana y a cada usuario, en la ventana **Runtime Security** se tendrá algo similar como se muestra en la figura 3.7.

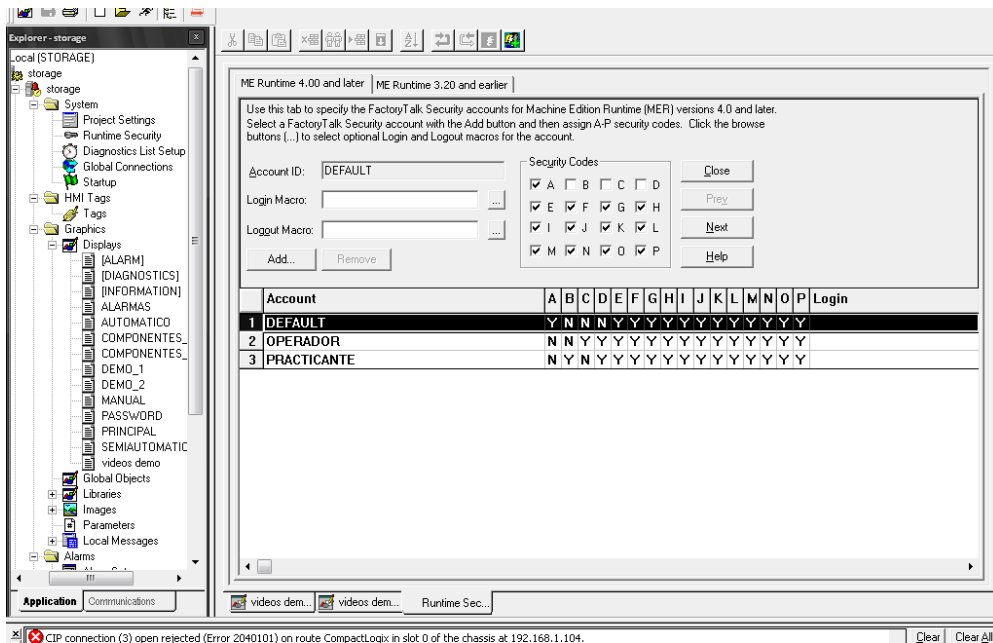


Figura 3.7 Configuración de Usuarios de la Estación de Almacenamiento

Con todas las configuraciones realizadas para todo lo que tiene que ver con seguridad de la interfaz gráfica, al arrancar la interfaz nos aparecerá una ventana

como se muestra en la figura 3.8 en donde se llenaran los datos necesarios para ingresar, como se muestra en la figura 3.9.



Figura 3.8 Ventana de registro de Usuario



Figura 3.9 Registro del usuario PRACTICANTE

Si el registro es correcto, en la ventana principal, se indicará el usuario con el que se ha ingresado, caso contrario, seguirá registrado el usuario por DEFAULT, es decir no se alterará la ventana principal. La figura 3.10 muestra el registro del usuario OPERADOR y la figura 3.11 muestra un mensaje de error, en



el caso de que la ventana que desee acceder el usuario registrado, no le sea permitida.



Figura 3.10 Registro de Usuario Operador



Figura 3.11 Mensaje de Error de acceso a la ventana Alarmas

Si el usuario ya está registrado, éste podrá acceder a las ventanas que se le sean permitidas de la lista desplegable, que se muestra a la derecha.

La lista selectora, contiene las ventanas de los modos de operación de la estación así como también videos de configuración, detalle de componentes de la estación y estado de alarmas, las cuales se son: modo Automático, Semiautomático, Manual, Componentes, Modo Demo, Videos y Alarmas. En la figura 3.12 se muestra la configuración realizada a cada uno de los elementos de la lista para que desplieguen sus respectivas pantallas:

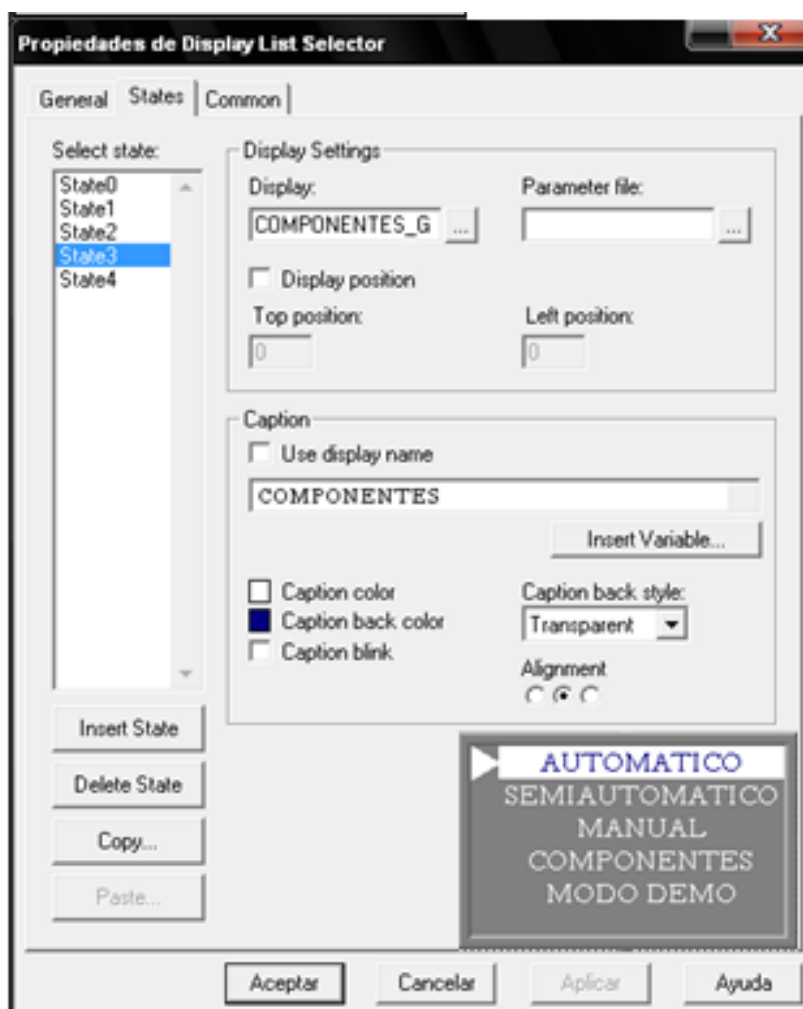


Figura 3.12 Propiedades de "Display Last Selector" opción "States"

En la figura 3.12 solo se puso en "Display" el nombre de la pantalla a la cual se va a dar acceso de la lista de selección, en este caso se coloca AUTOMATICO y así con los demás modos se realiza la misma configuración solo cambia el nombre de la pantalla.

Uno de los botones que se tiene en la pantalla principal es el botón de SALIR, con el cual se sale del programa, y se configura de la siguiente manera:

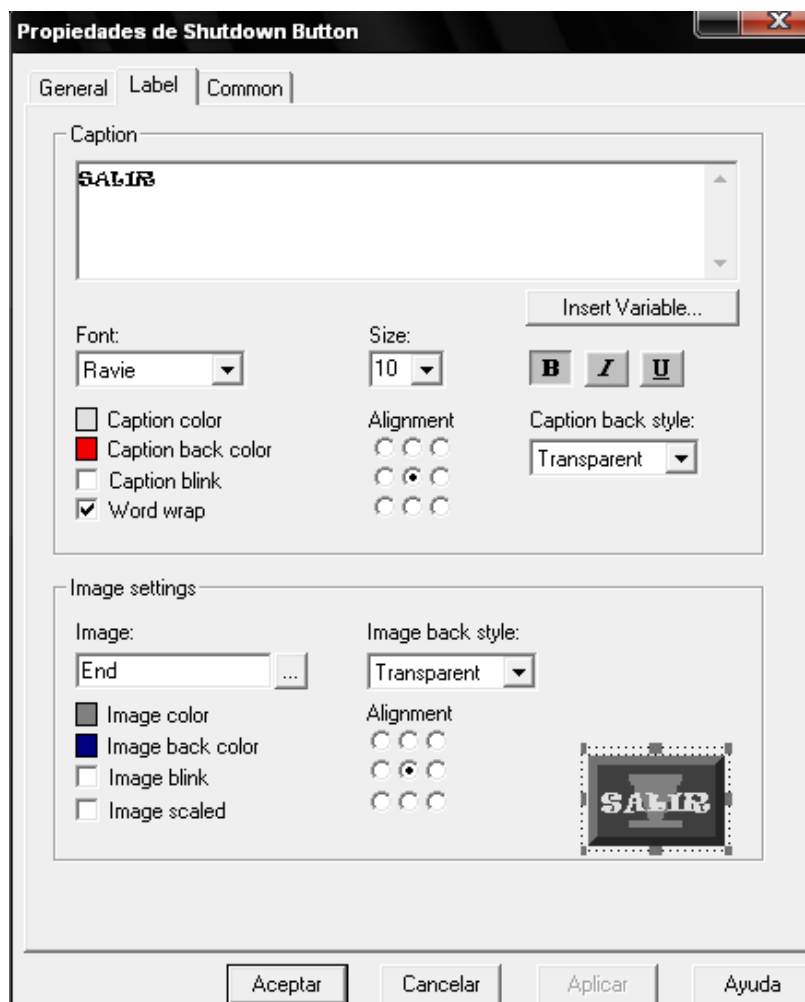
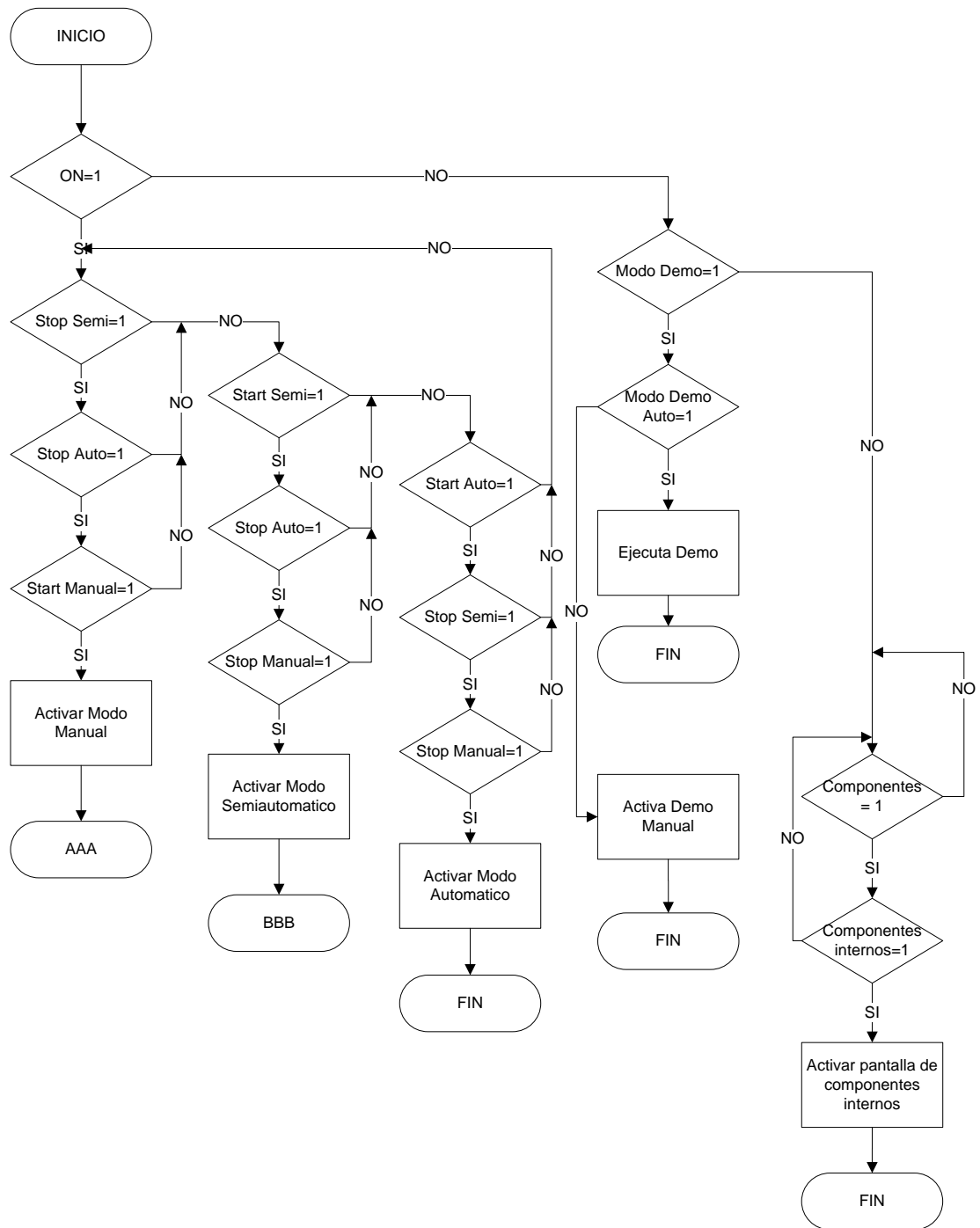


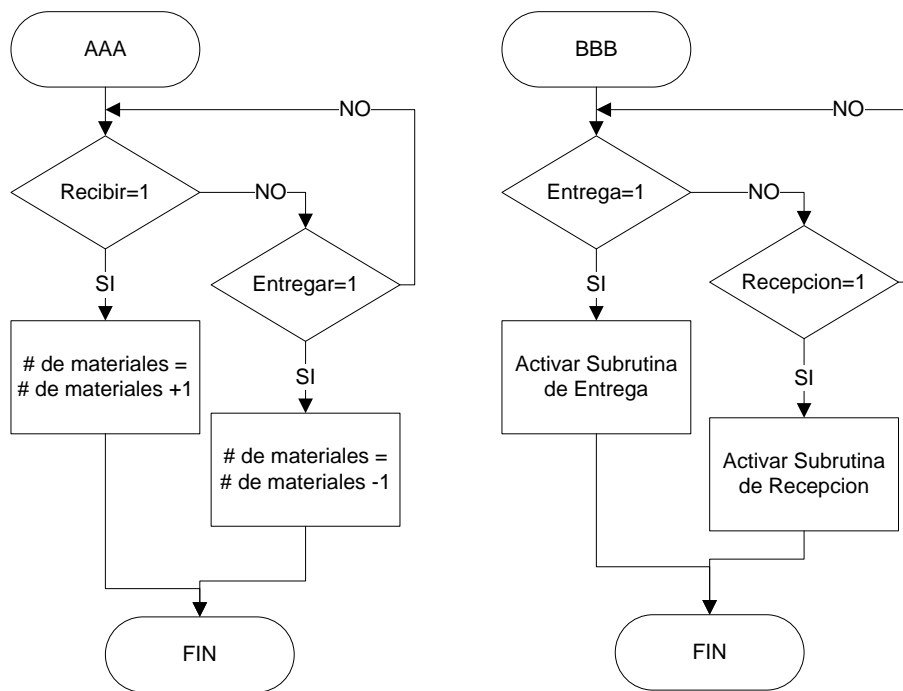
Figura 3.13 Propiedades de "Shutdown Button" opción "Label"

En la figura 3.13 se pone el nombre del botón para esto se lo colocó en "Caption", y en "Image" se escoge "End", esto es lo único que se modificó en este botón, y es igual para todos los demás botones de SALIR de todas las pantallas.

Los modos de operación tienen una secuencia que se observa en el siguiente diagrama de flujo:



Flujograma 3.3 Modo de Operación



**Flujograma 3.3 Modo de Operación (continuación).**

Los diagramas anteriormente mencionados, muestran la lógica de funcionamiento de cada uno de los modos de operación.

En el “Display List Selector” donde se tiene los cinco modos, por cada modo que se escoge se despliega una pantalla como se muestra a continuación:

### **AUTOMATICO**

Esta ventana es la primera de la lista y es la que se muestra a continuación:

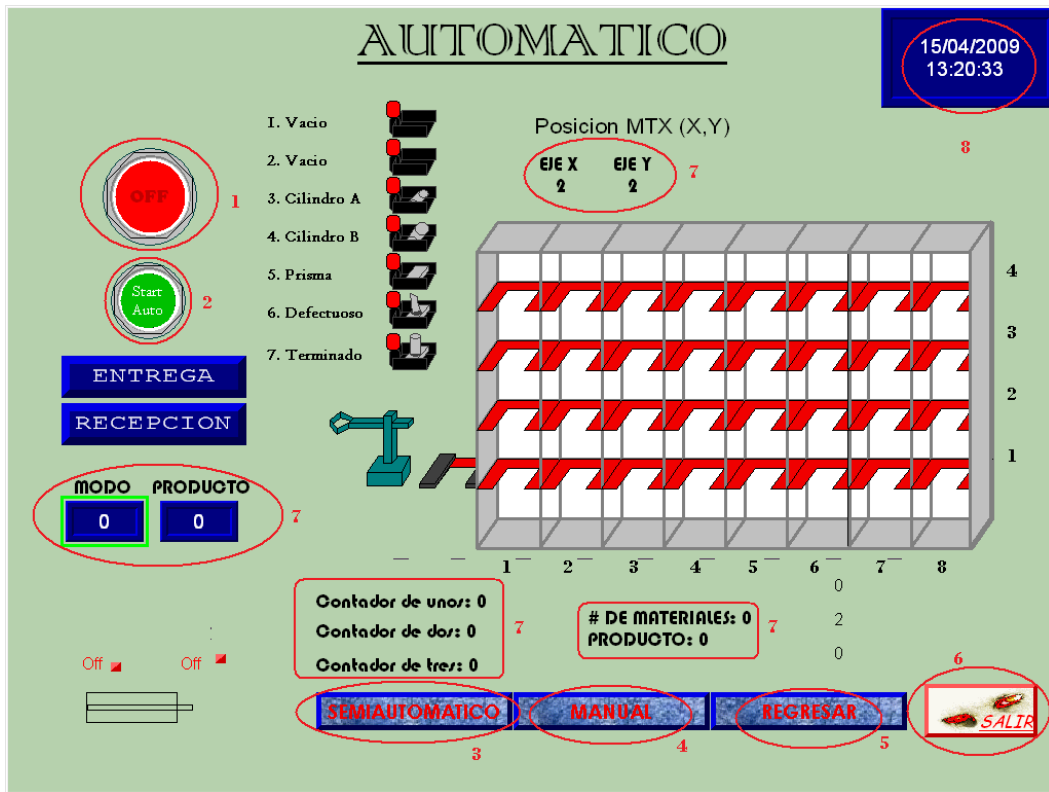


Figura 3.14 Pantalla principal del Modo Automático

En la pantalla que se observa en la figura.3.14 posee un botón de ON-OFF (1), un botón de Start Auto (2), un botón de SEMIAUTOMATICO (3), un botón de MANUAL (4), un botón de REGRESAR (5), y un botón de SALIR (6).

Esta pantalla también tiene texto (7) que están asociadas a variables para que sirvan como indicadores como por ejemplo de la posición en (x,y) en la que se encuentra, en número de materiales, el producto, los contadores de mensajes, el modo; también tiene un "Time Date Display" (8) donde muestra la fecha y la hora, una tabla donde se despliegan los materiales que van a ser almacenados y entregados por la estación.

Dibujos de motores que simulan cuando se mueve el primer robot en el eje x, en el eje y, y en el eje z, también del otro robot cuando coge y deja materiales asociado con todas la variables cuando baja, sube, gira, abre y cierra su gripper.

También tiene una matriz donde se muestra la simulación de la matriz de la estación y de donde se guarda o se entrega material.

## SEMIAUTOMATICO

Esta ventana es la segunda de la lista y es la que se muestra a continuación:

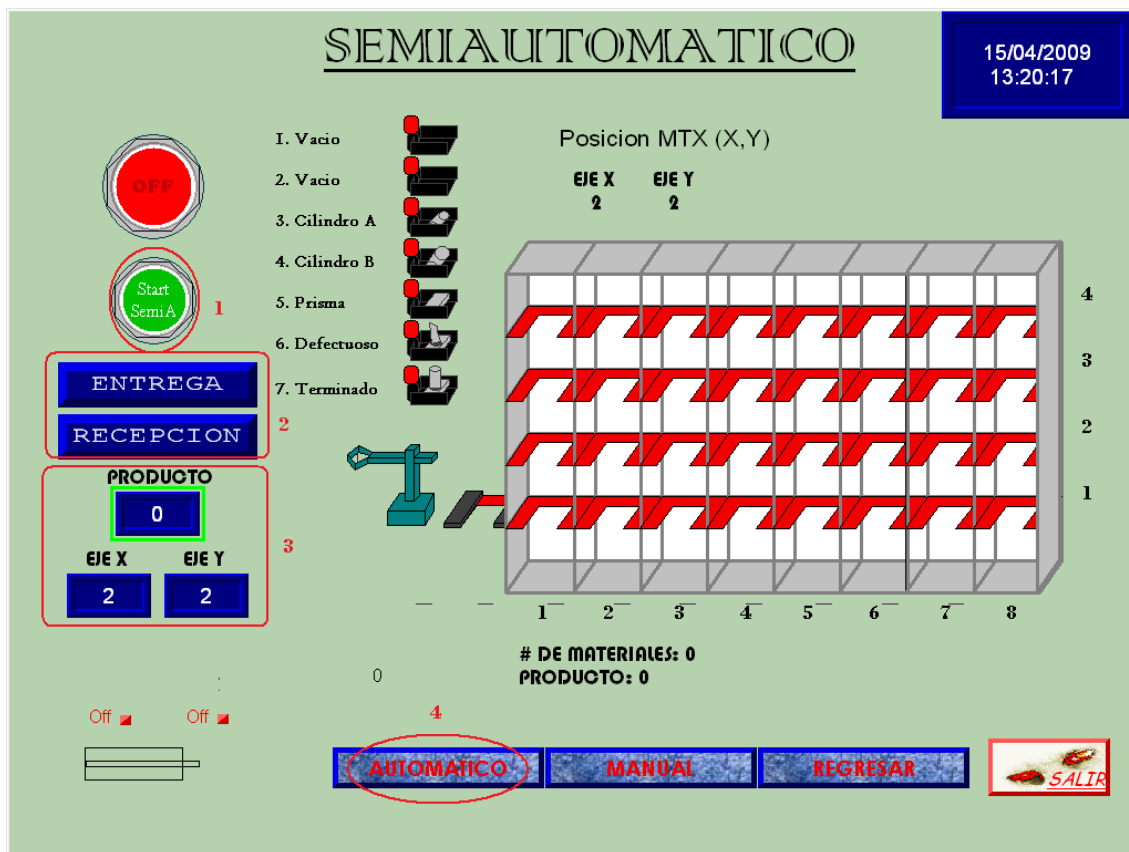


Figura 3.15 Pantalla principal del Modo Semiautomático.

La pantalla de la figura.3.15 es muy similar a la del modo AUTOMATICO (figura.3.14), la diferencia es que se elimina el botón de Start Auto y en su lugar aparece el botón de Start SemiA (1), también aquí aparecen más botones como son los de ENTREGA y RECEPCION (2) para dar las señales de inicio de subrutina, también se tienen tres “Numeric Input Cursor Point” (3), en los que se

ingresa valores como el producto, el valor del eje x y el valor del eje y, ya que en el modo AUTOMATICO esto era por mensajes y no era necesario ingresar valores.

Otra diferencia es que no tiene los indicadores de texto de los contadores, y que se elimina el botón de SEMIAUTOMATICO y se cambia por AUTOMATICO (4).

**MANUAL**

Esta ventana es la tercera de la lista y es la que se muestra a continuación:

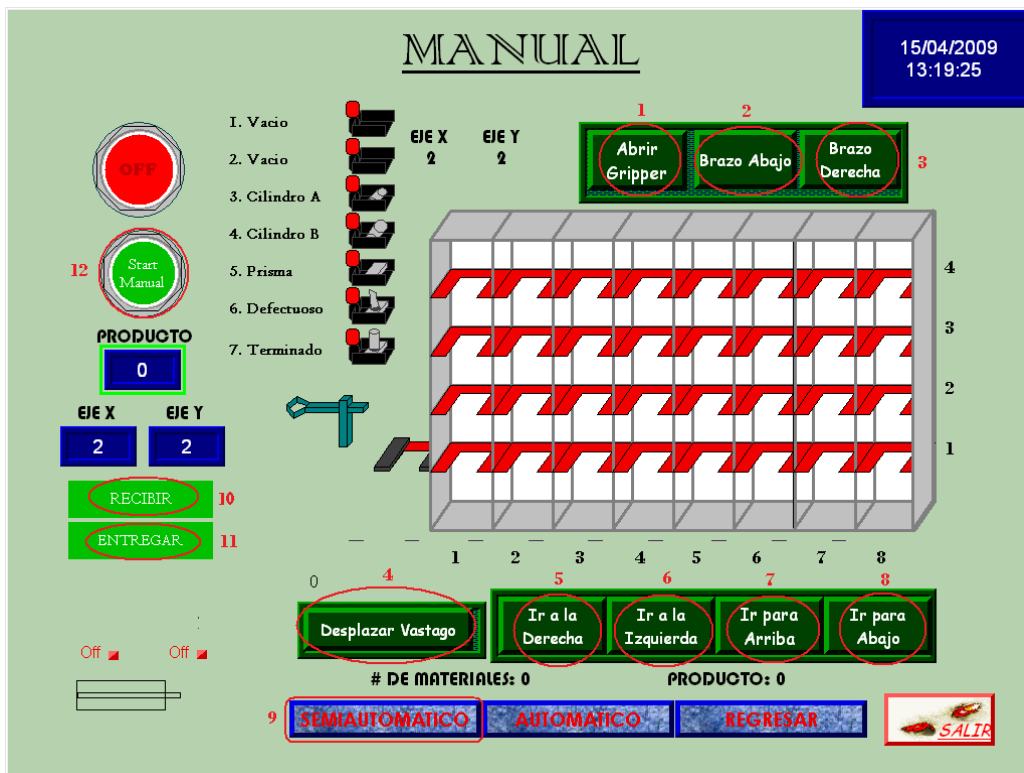


Figura 3.16 Pantalla principal del Modo Manual

La pantalla de la figura.3.16 es similar a las dos anteriores, la diferencia es que se incorporan más botones como son del primer robot: Abrir Gripper – Cerrar



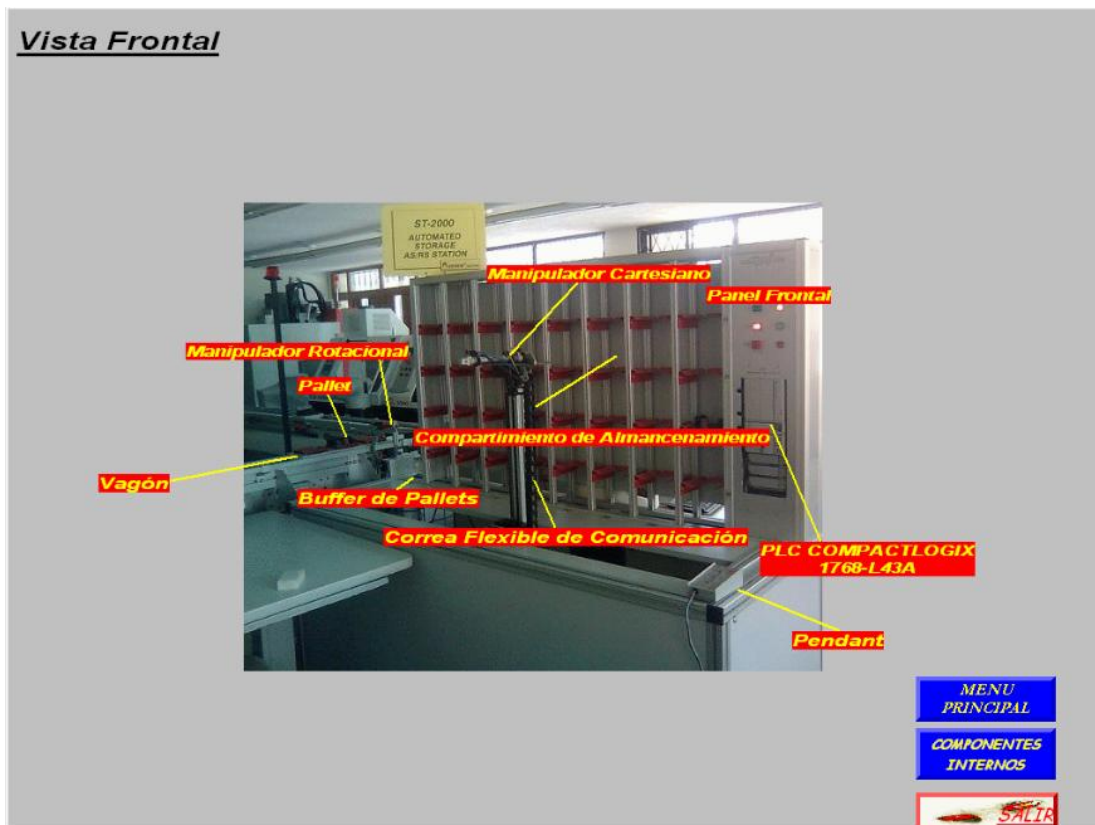
Grippe (1), Brazo Abajo – Brazo Arriba (2), Brazo Derecha – Brazo Izquierda (3); y para el segundo robot: Desplazar Vástago – Contraer Vástago (4), Ir a la Derecha (5), Ir a la Izquierda (6), Ir para Arriba (7), Ir para Abajo (8); todos estos botones están asociados a variables que van a ayudar para realizar estos movimientos.

Otra diferencia es que ya no hay el botón MANUAL, en su lugar se tiene el SEMIAUTOMATICO (9), y también está el de AUTOMATICO.

También una diferencia de los dos anteriores es que posee dos botones de RECIBIR (10) y ENTREGAR (11), que ayudan para mandar la señal de que se recibió ó se entregó el producto para constancia, ya que esto es manual y lo realiza el operador y tiene obligatoriamente que enviar estas señales, otra diferencia es que se elimina el botón de Start SemiA y en su lugar aparece el botón de Start Manual (12); esto es lo único diferente de los otros modos de ahí se conserva lo mismo.

## **COMPONENTES**

Esta ventana es la cuarta de la lista y es la que se muestra a continuación:



**Figura 3.17 Pantalla principal de Componentes Internos.**

En la pantalla de la figura.3.17 muestra la estación con sus componentes, y a parte se tiene dos botones uno para regresar al MENU PRINCIPAL y otro que envía a una pantalla donde muestra los COMPONENTES INTERNOS de la estación y el botón de SALIR.

La ventana de COMPONENTES INTERNOS que se despliega al momento de pulsar dicho botón en la pantalla de COMPONENTES es la siguiente:

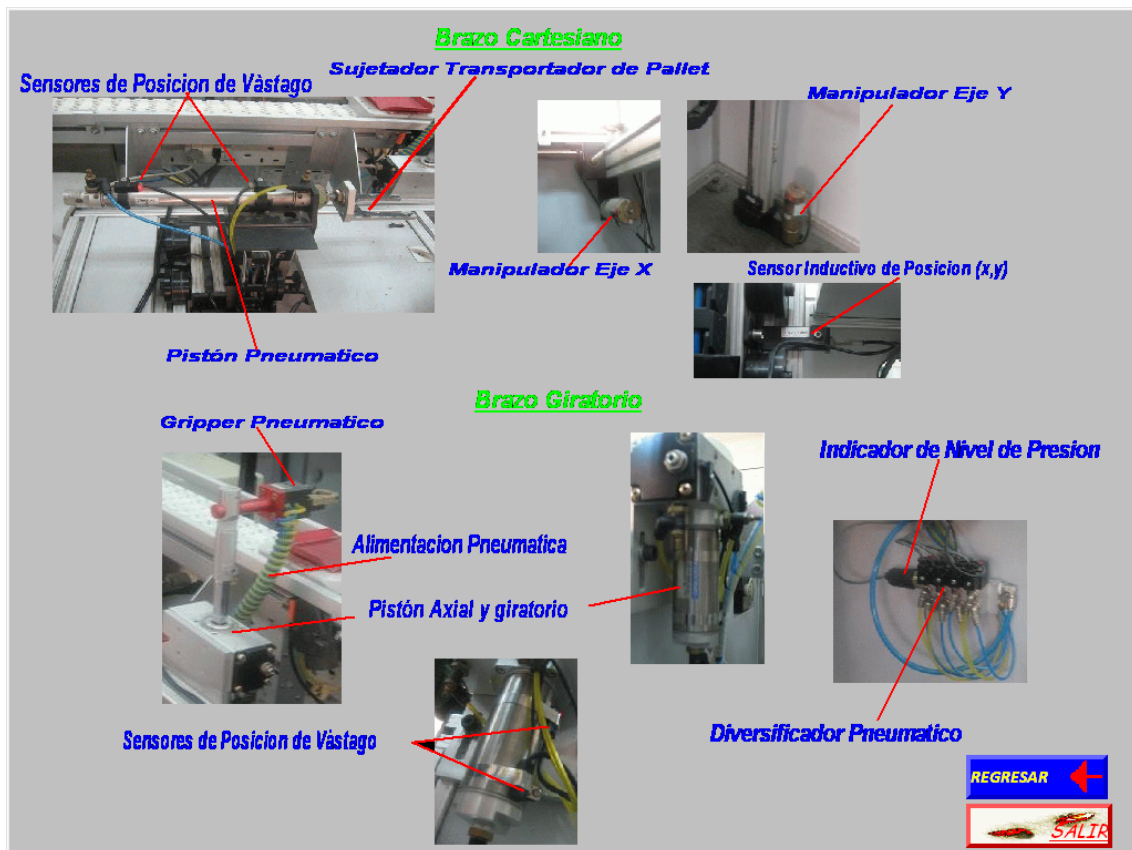


Figura 3.18 Pantalla de Componentes Internos después de haber sido pulsado el botón Componentes Internos.

En la pantalla de la figura.3.18 se describen los componentes principales de la estación especialmente de los robots.

### MODO DEMO

Esta ventana es la última de la lista y es la que se muestra a continuación:

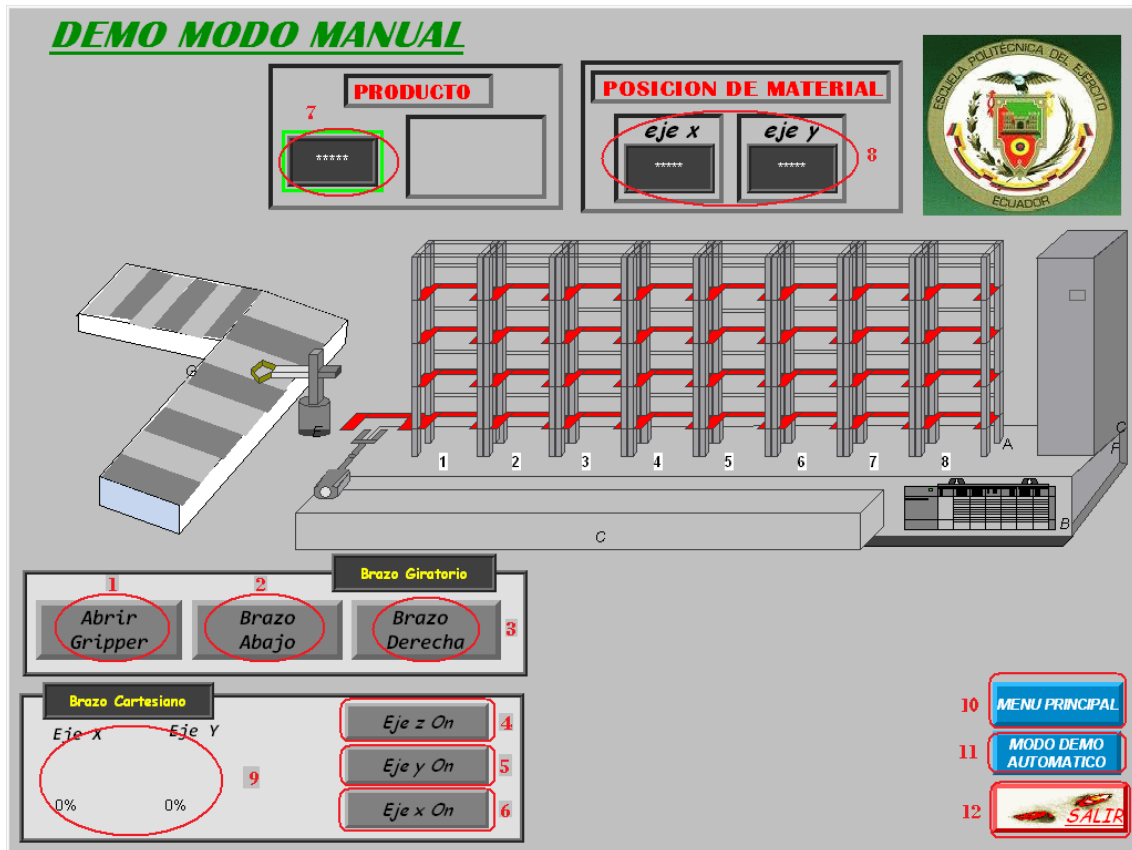


Figura 3.19 Pantalla principal del Modo Demo.

En esta pantalla de la figura.3.19 se tienen botones para Abrir Gripper y Cerrar Gripper (1) que simula el Manipulador de Gripper, también el de Brazo Abajo - Brazo Arriba (2), Brazo Derecha - Brazo Izquierdo (3), todo esto es simulado como se lo realiza en la estación, como cuando coge el material de la banda y lo coloca en el primer elemento de la matriz para que actúe el otro brazo que es el Manipulador Cartesiano.

Se tiene botones para el Manipulador Cartesiano que son Eje z On - Eje z Off (4), Eje y On - Eje y Off (5), Eje x On - Eje x Off (6), los cuales van a simular al segundo brazo; además de esto, varios indicadores como del producto (7), la posición del material (8), la posición del Brazo Cartesiano (9).

Toda la simulación es realizada con configuraciones de visibilidad y tiempos, también tiene tres botones que son: MENU PRINCIPAL (10), MODO DEMO AUTOMATICO (11) y el de SALIR (12), el primero de estos devuelve a la Ventana Principal donde se escoge el Modo, el segundo de estos envía a la ventana de MODO DEMO AUTOMATICO, y el tercer botón sale del programa.

A continuación se muestra la pantalla de MODO DEMO AUTOMATICO, que se despliega al pulsar el botón del mismo nombre:

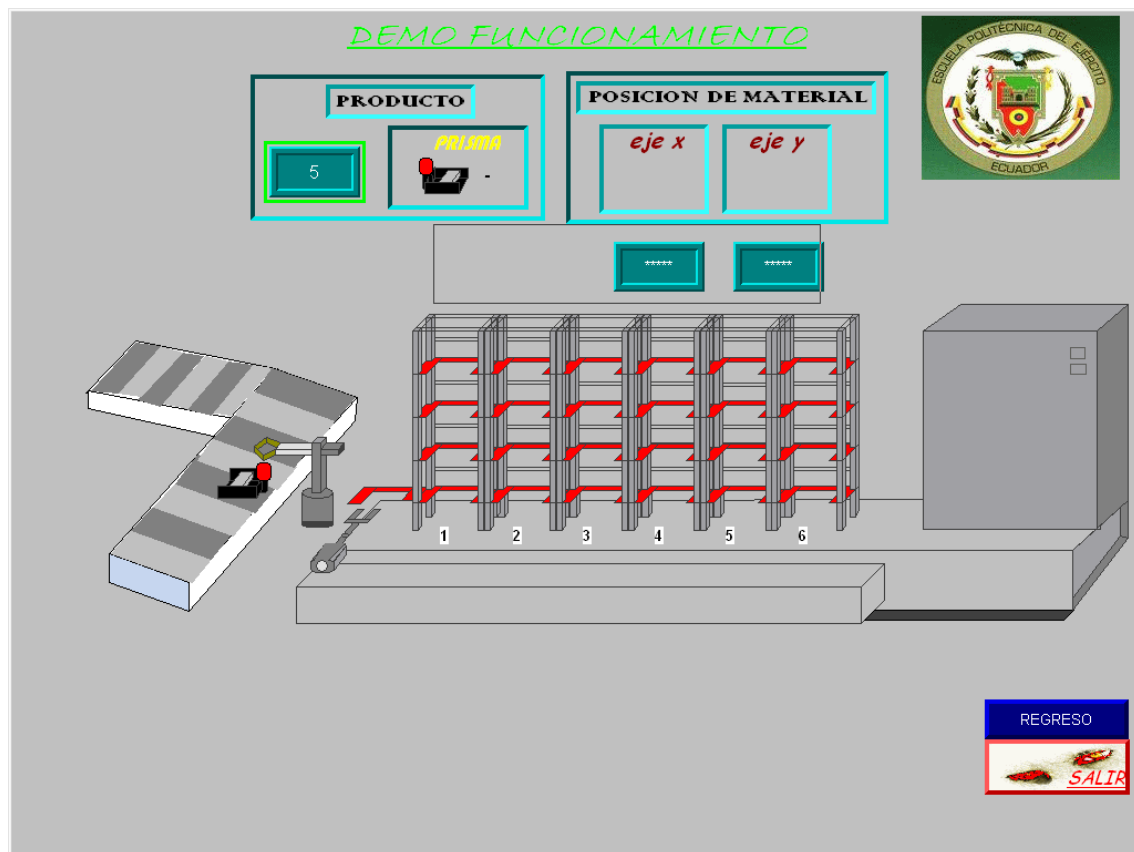
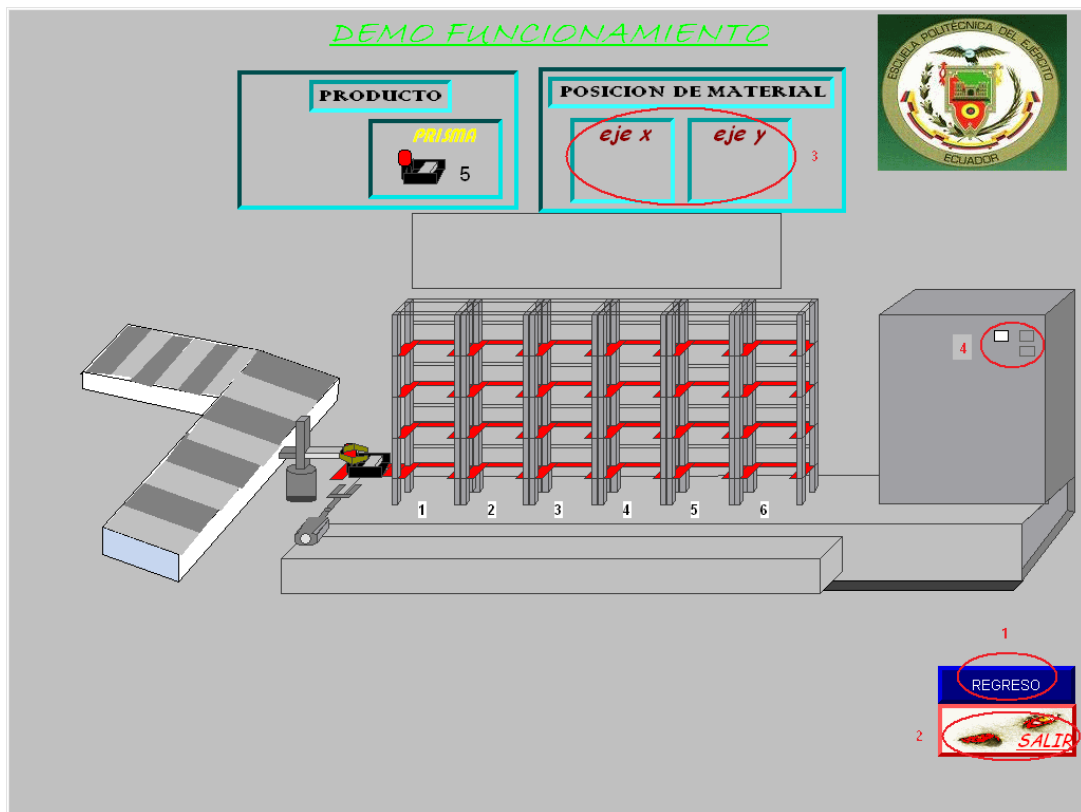


Figura 3.20 Pantalla del Modo Demo cuando el producto está en la banda transportadora



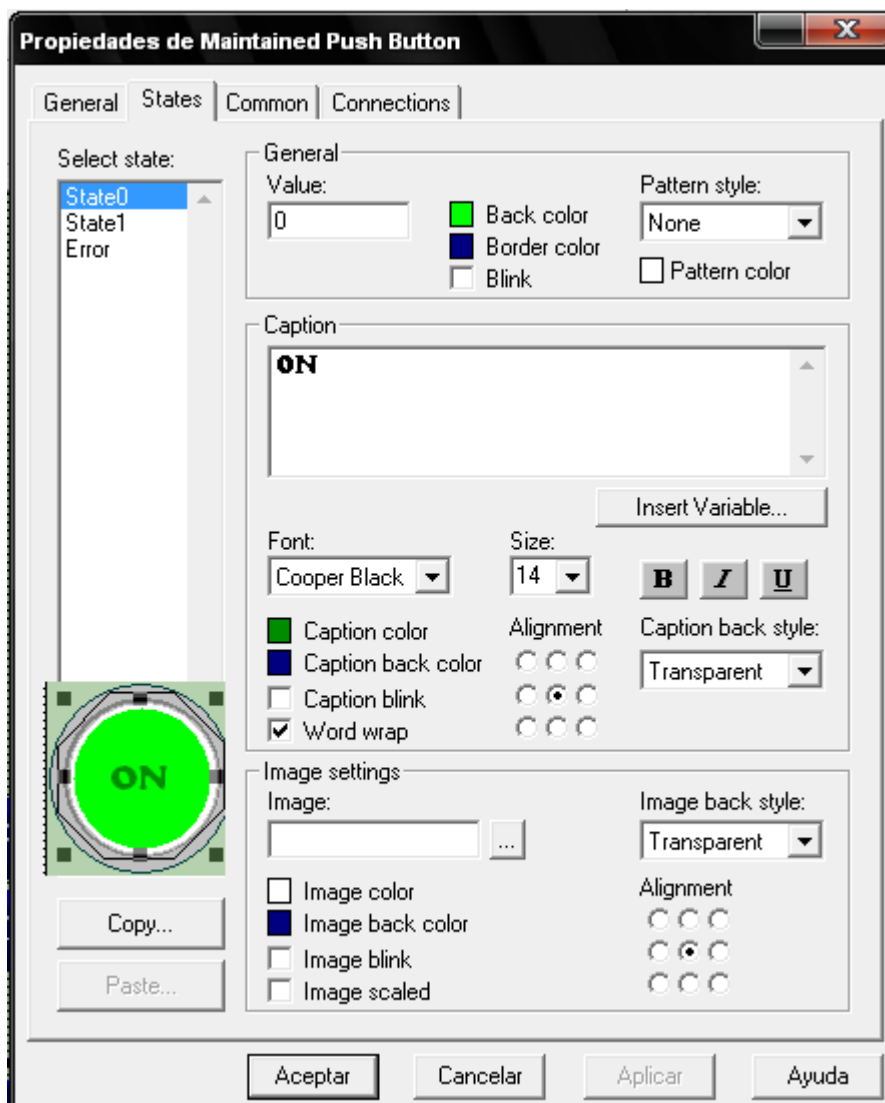
**Figura 3.21 Pantalla del Modo Demo cuando el Manipulador Giratorio deja el producto en el Buffer de Paletas**

Estas dos pantallas de las figuras 3.20 y 3.21 muestran el movimiento del Manipulador con Gripper, también se tienen indicadores de posición (3) y del producto que se tiene, así como luces cuando está en funcionamiento y cuando está parado (4).

A demás se tienen dos botones que son: REGRESO (1) y SALIR (2), el primero como su nombre lo indica regresa a la pantalla de MODO DEMO, y el segundo botón sale del sistema.

### **CONFIGURACION DE BOTONES**

Aquí un ejemplo de la configuración de botones, con el tipo de “Maintained Push Button”:



**Figura 3.22** Propiedades de “Maintained Push Button” opción “States” para botón ON de la HMI.

En la figura.3.22 se tiene el primer estado donde se coloca lo que se desea que despliegue el botón, en “Caption” se pone el nombre ON, el color, el tipo de letra, y el tamaño, es lo único que se modificó en este estado.

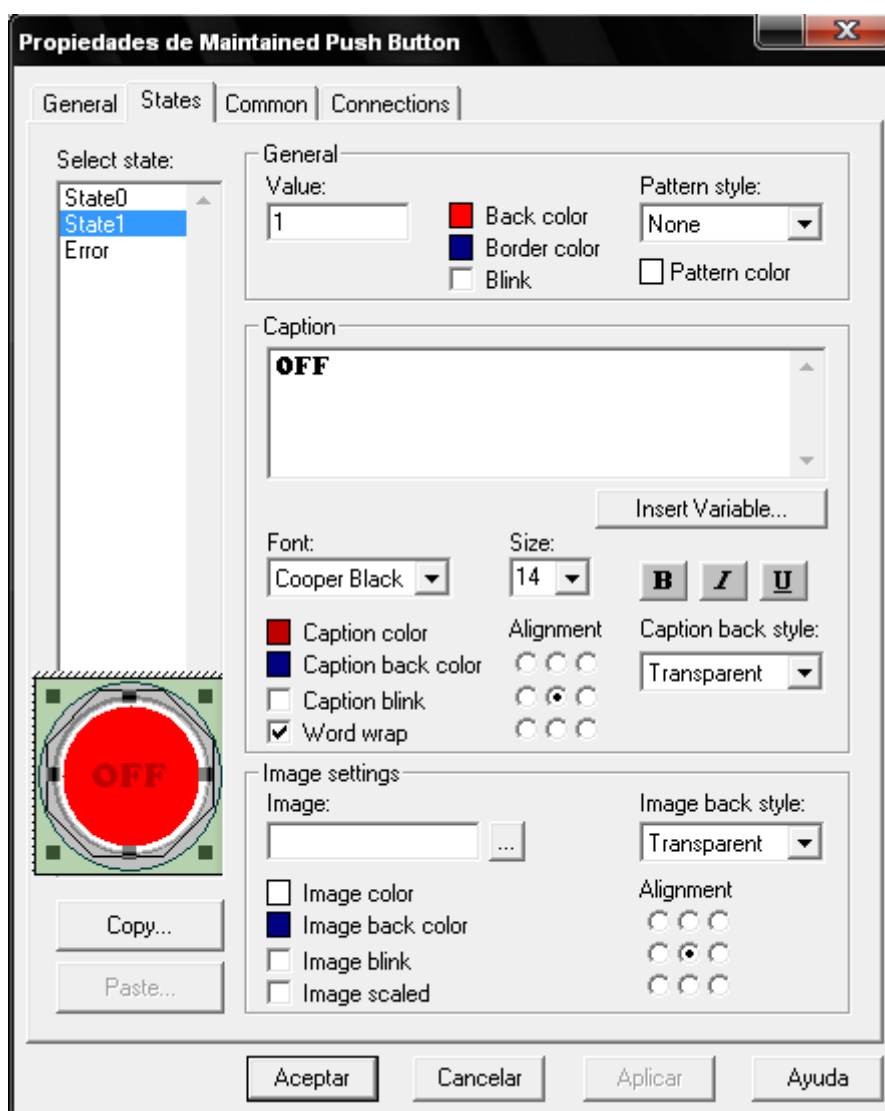
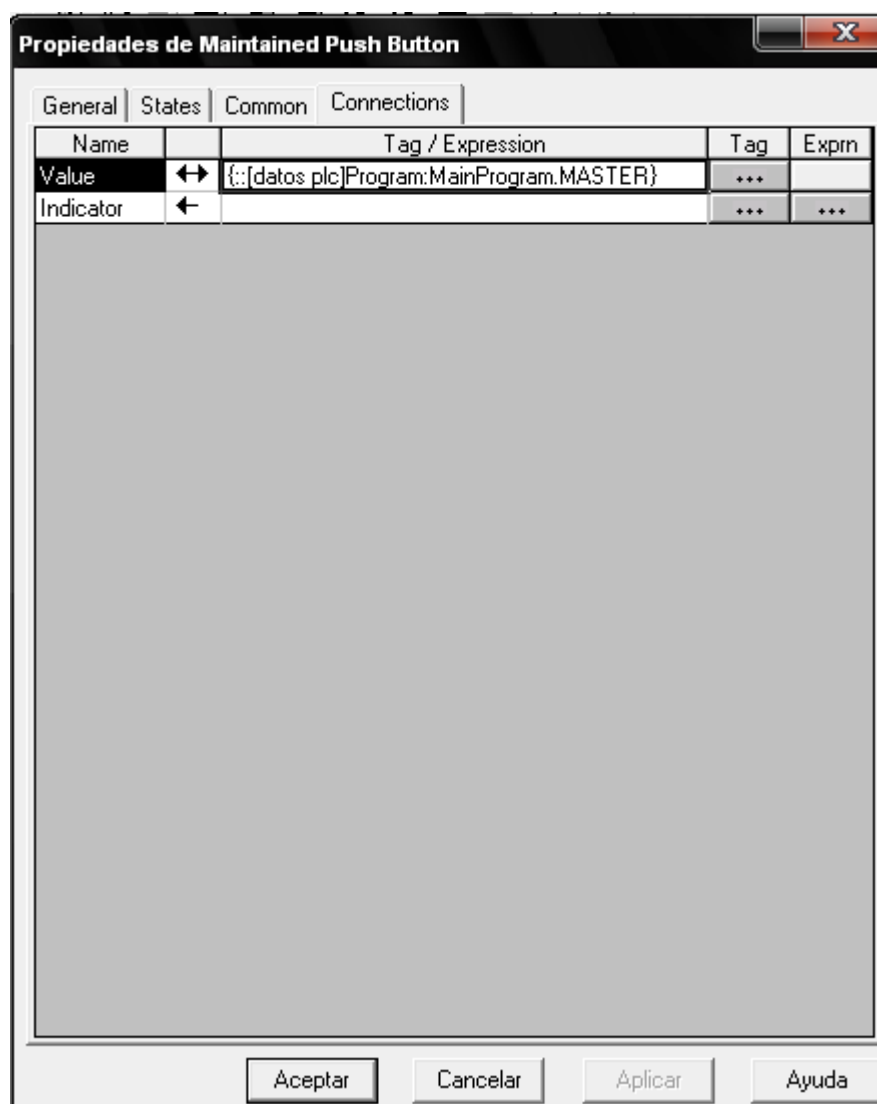


Figura 3.23 Propiedades de “Maintained Push Button” opción “States” para botón OFF de la HMI.

En la figura.3.23 se modifica el segundo estado al igual que la anterior se modifica el nombre en este caso OFF, el tipo de letra, el tamaño y el color.

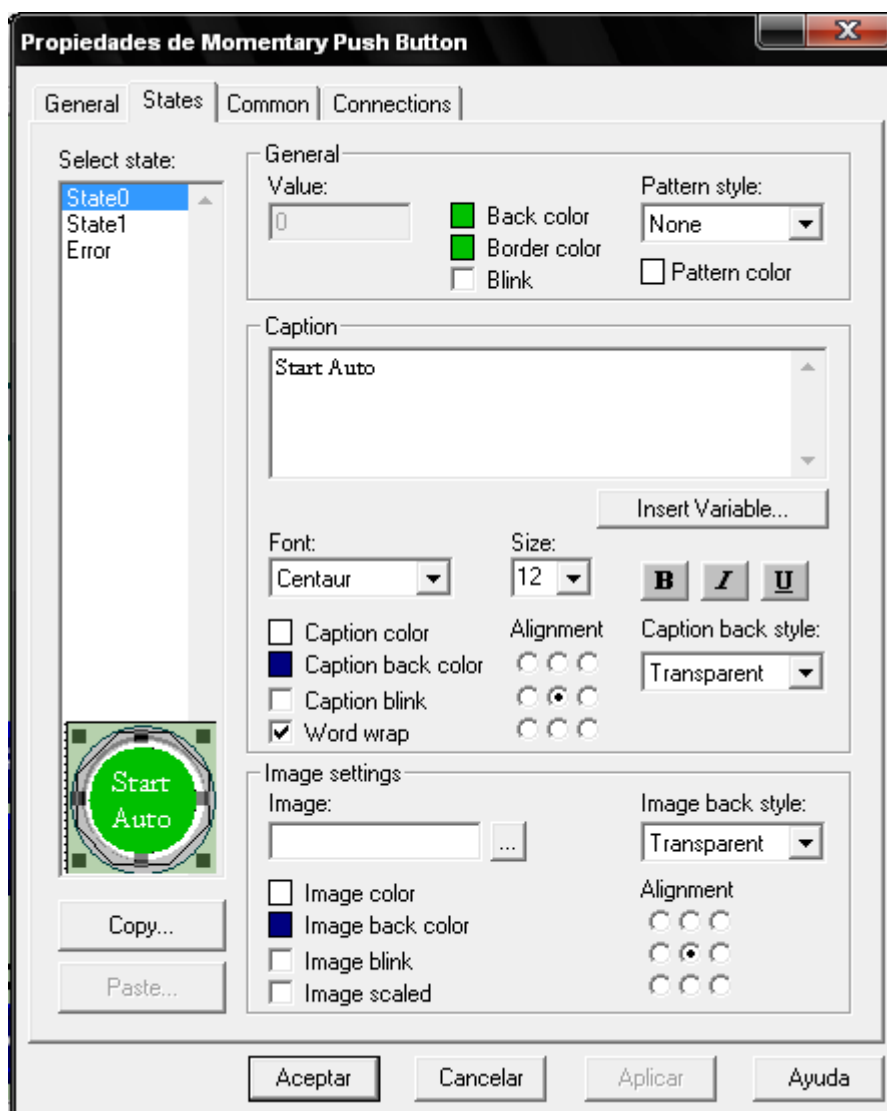




**Figura 3.24 Propiedades de “Maintained Push Button” opción “Connections” para comunicación con variable del PLC.**

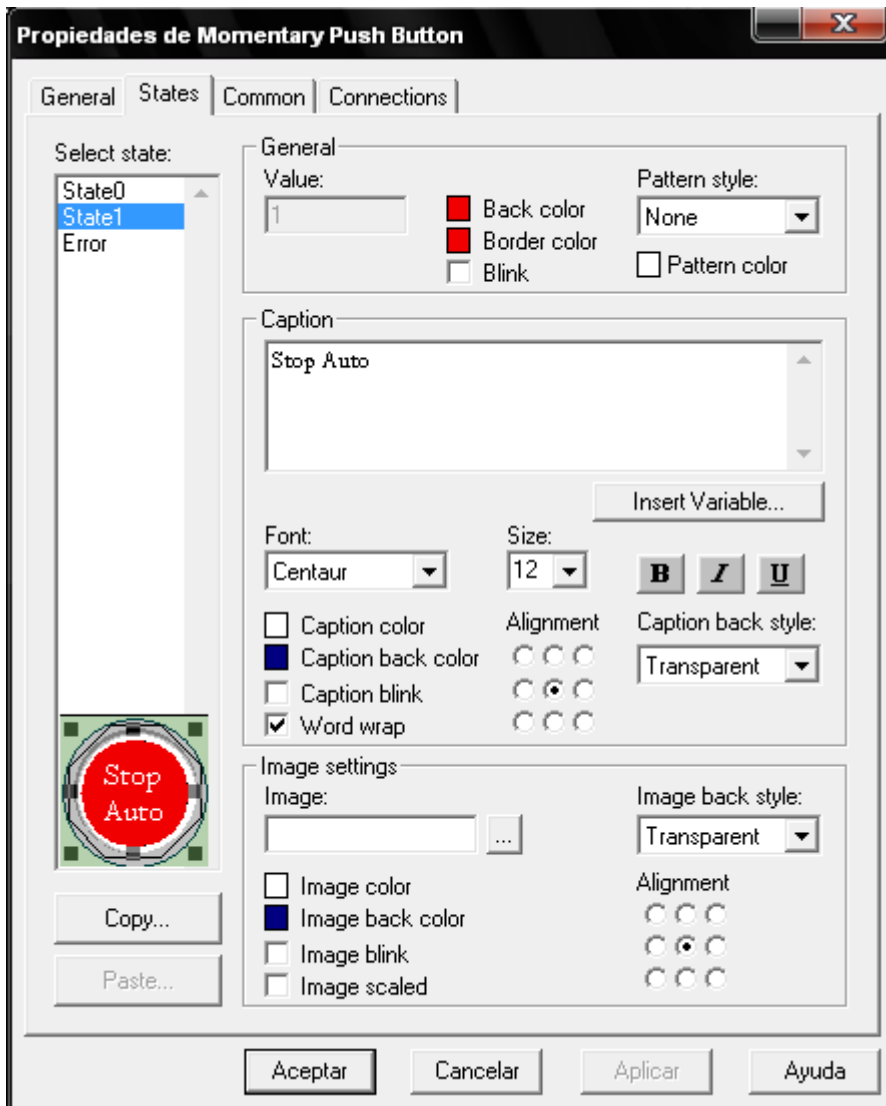
En la figura.3.24 se asocia al botón con la variable del PLC, para que sea la que va a manejar el accionamiento principal.

La pantalla que se presenta a continuación en la figura.3.25 es el ejemplo de la configuración de botones de tipo “Momentary Push Button”:



**Figura 3.25** Propiedades de “Momentary Push Button” opción “States” para botón Start Auto de la HMI.

Al igual que la configuración anterior del botón “Maintained Push Button” se realiza lo mismo para el primer estado, como para el segundo estado en la figura 3.25 como se muestra a continuación:



**Figura 3.26** Propiedades de “Momentary Push Button” opción “States” para botón Stop Auto de la HMI.

En el estado de error se dejó los valores que están por defecto:

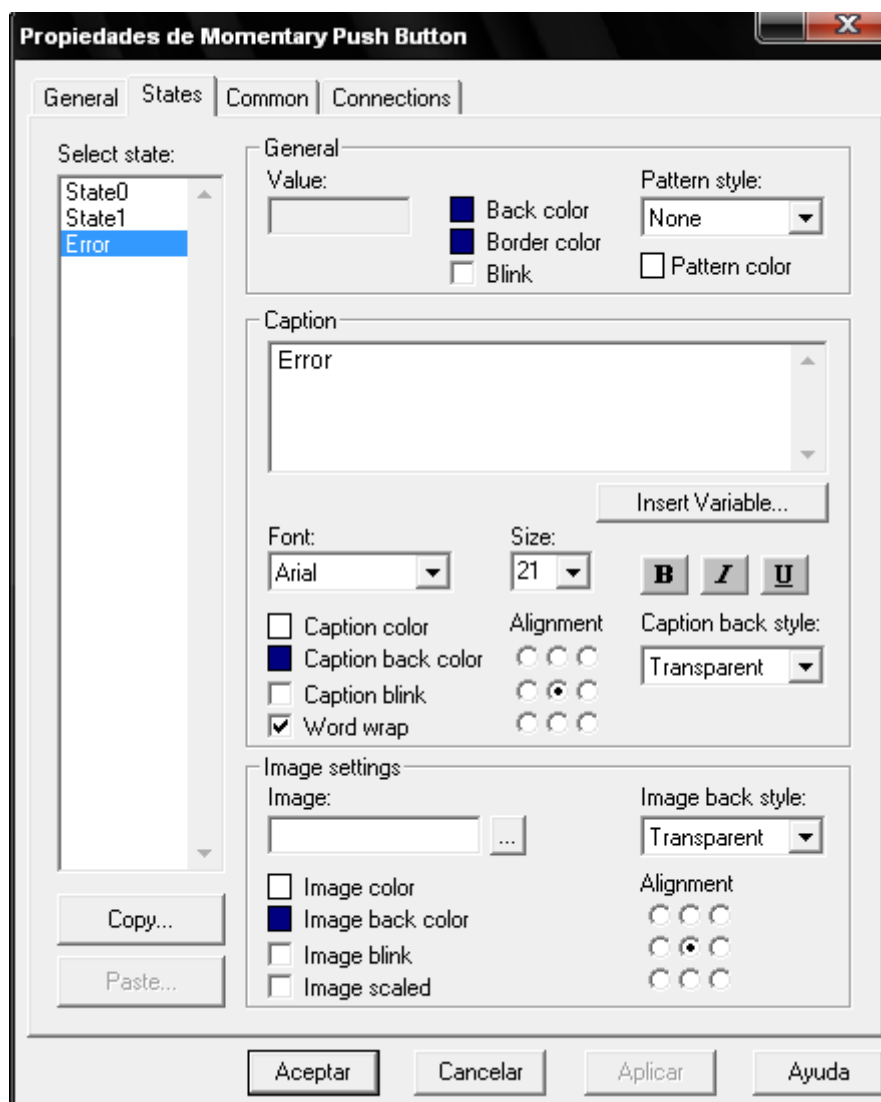
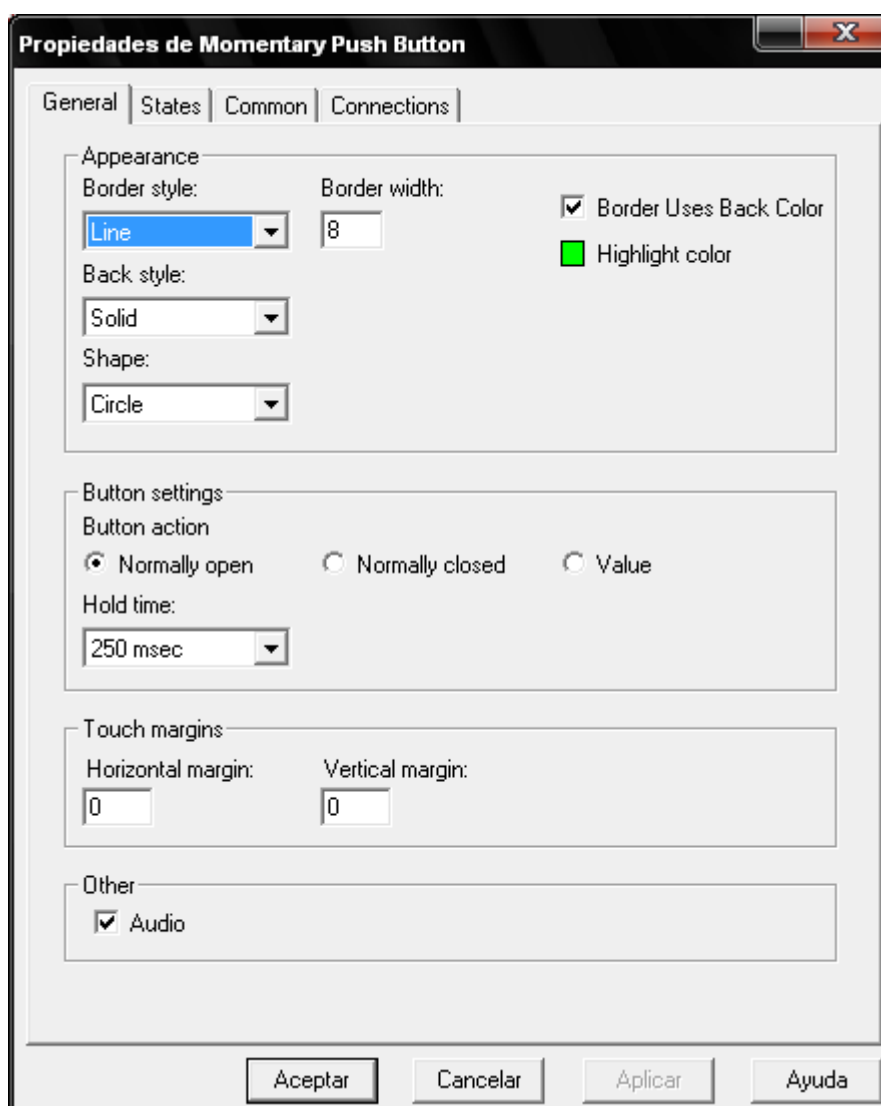


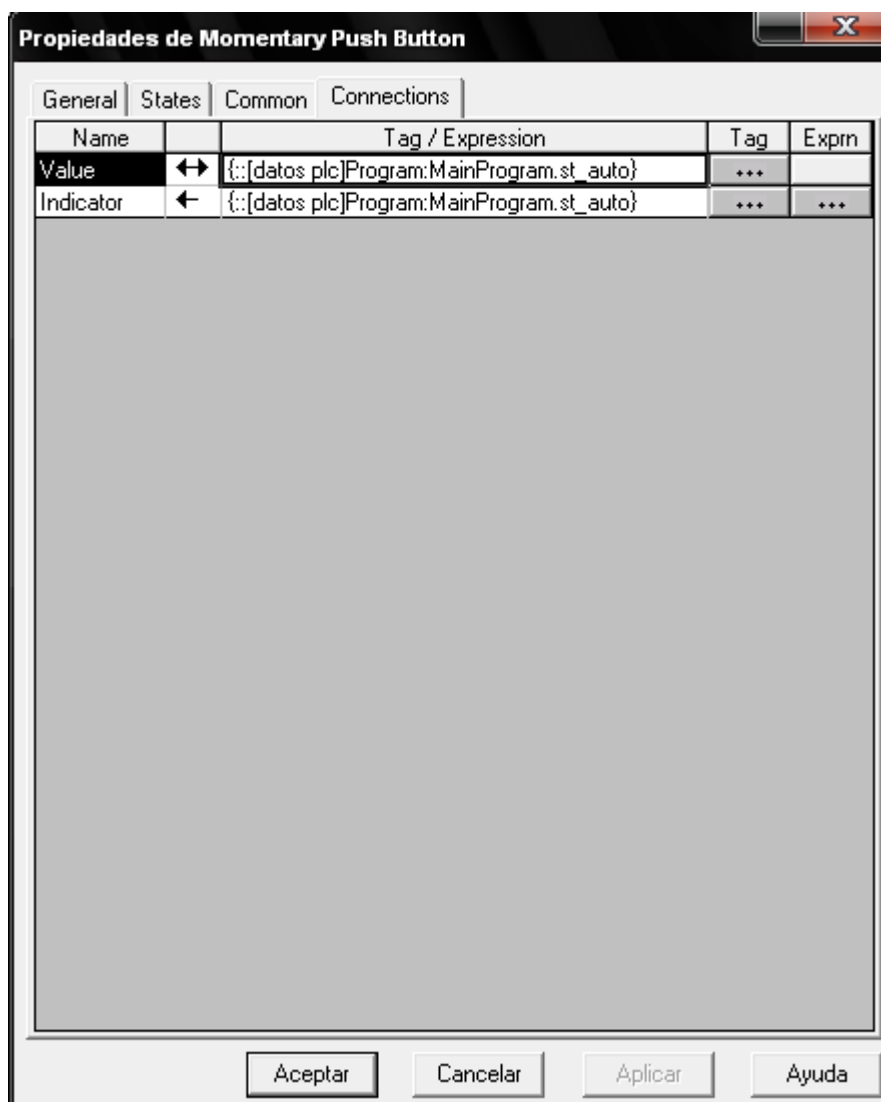
Figura 3.27 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “States” para el Error.

En la figura.3.28 se escoge el estado entre normalmente abierto o cerrado y por valor según sea el caso, eso depende de la variable que se vaya a controlar; y el tiempo que se va a mantener este estado:



**Figura 3.28** Propiedades de “Momentary Push Button” opción “General”.

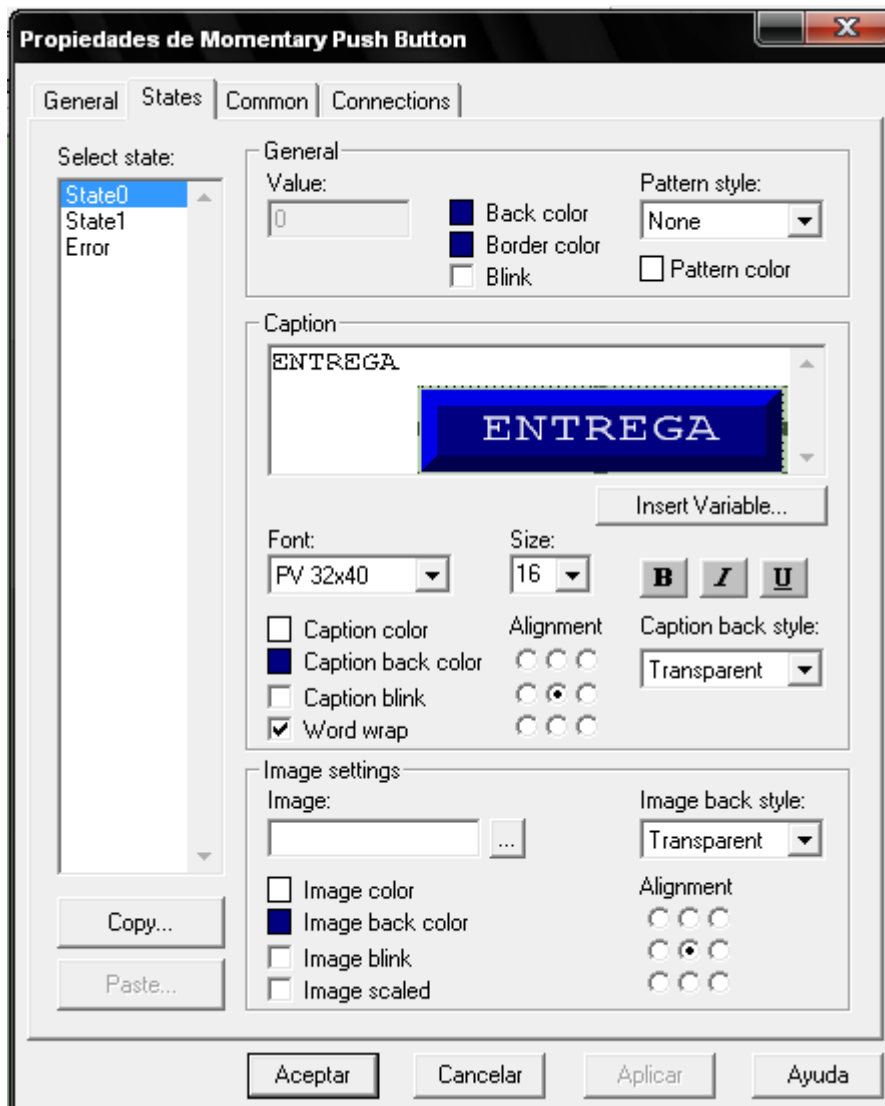
Y para enlazar las variables al igual que el botón anterior en la figura.3.24 se enlaza los tags o el tag que se desea tenga comunicación con el PLC; es decir un tag es el nombre que se le asigna a una variable para identificarla, en este caso variables del PLC; y se asocia con la interface gráfica, como en un botón y se muestra a continuación en la figura.3.29 donde se realiza su configuración de enlace:



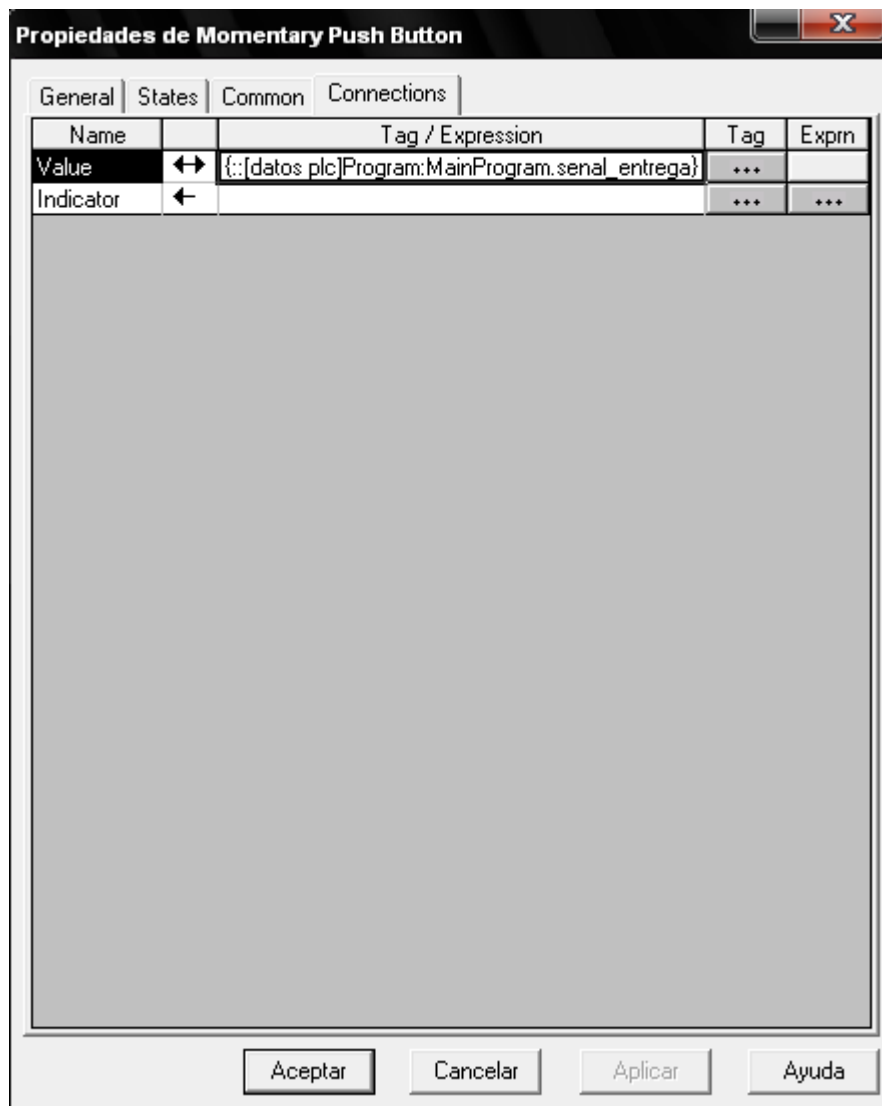
**Figura 3.29** Propiedades de “Momentary Push Button” opción “Connections” para la comunicación de las variables del PLC con la HMI.

Y esto se da igual con todos los botones que se tiene de este tipo, y muy parecidos con los demás como se pudo ver, lo que sí se tiene que cambiar es el tag con el cual se asocia.

Para el botón ENTREGA, figuras 3.30 y 3.31:



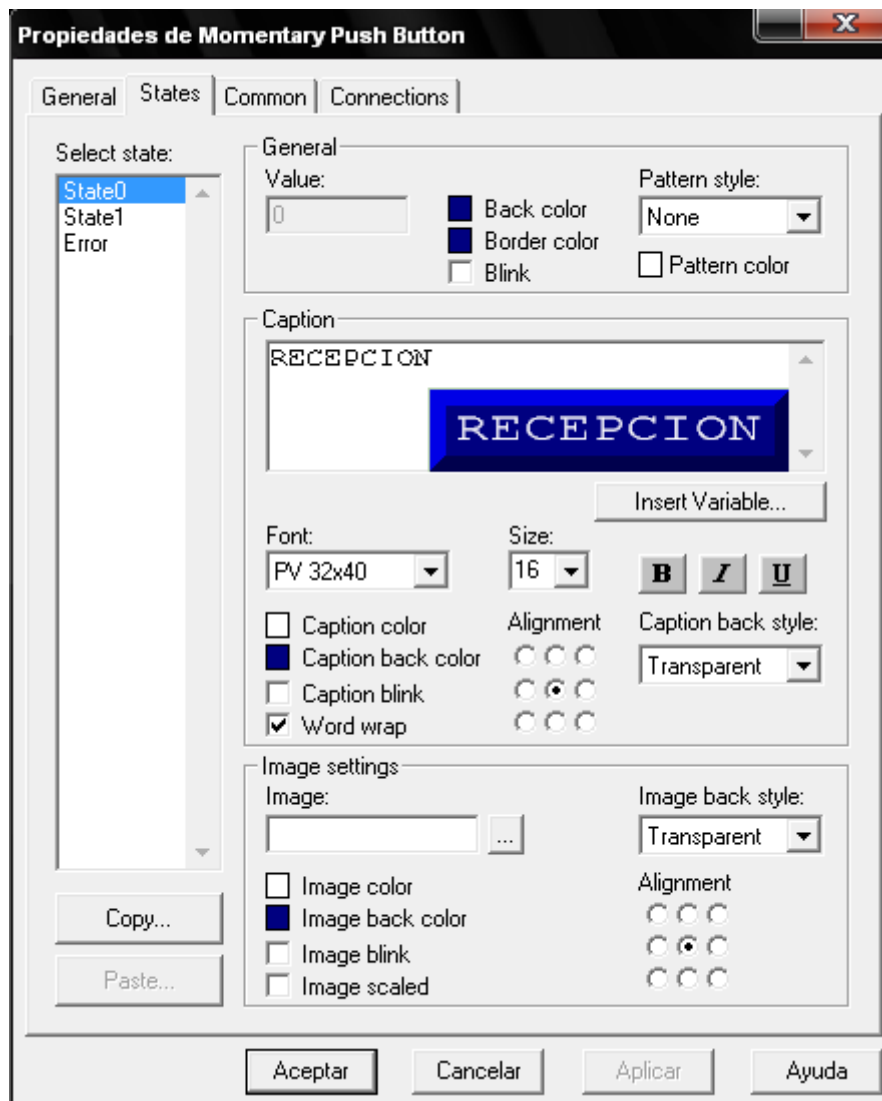
**Figura 3.30** Propiedades de “Momentary Push Button” opción “States” para botón Entrega de la HMI.



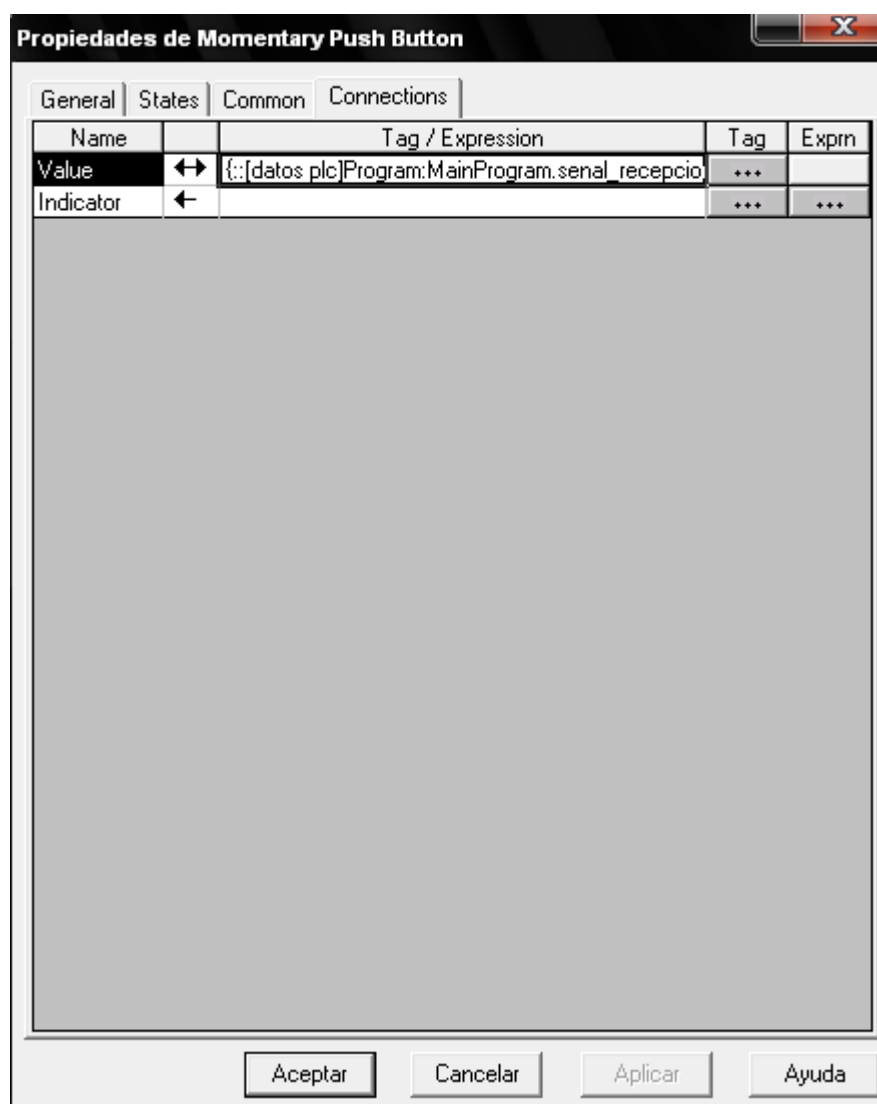
**Figura 3.31** Propiedades de “Momentary Push Button” opción “Connections” para comunicación de variable del PLC con Entrega de la HMI.

Para el botón de RECEPCION, figuras 3.29 y 3.30:



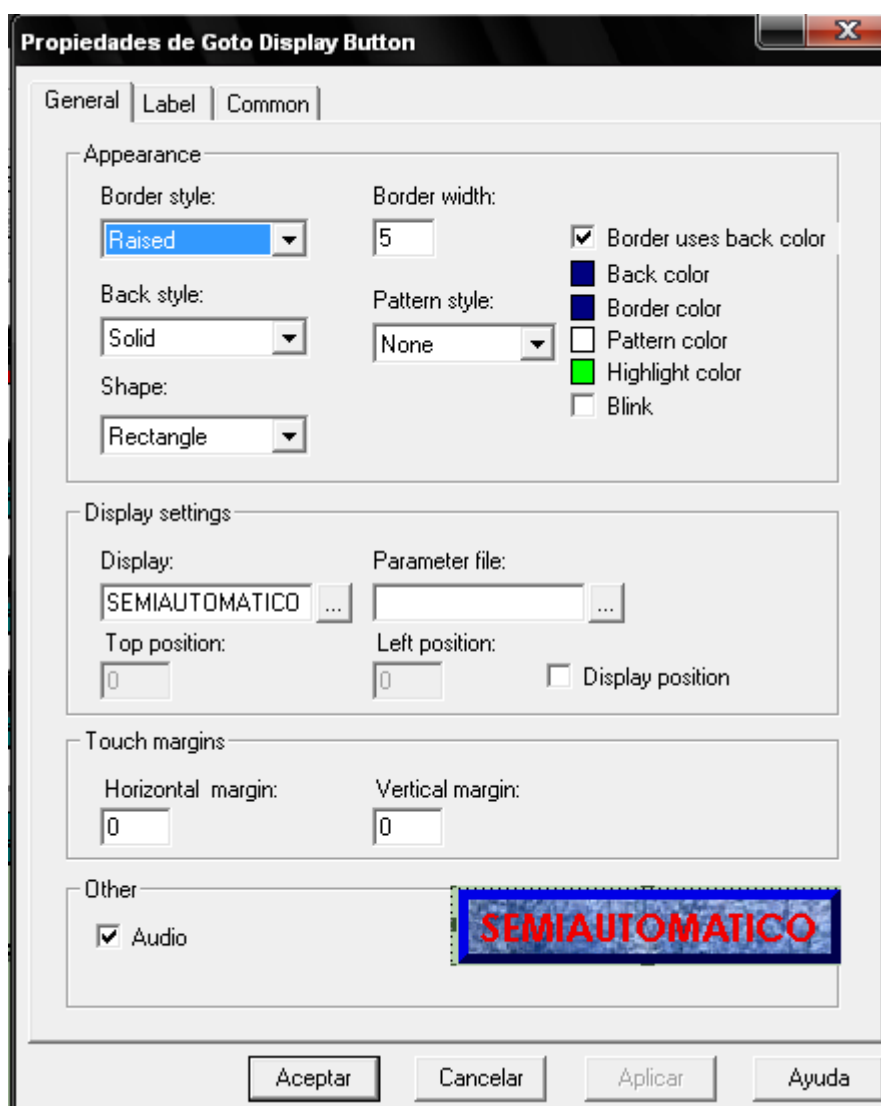


**Figura 3.32** Propiedades de "Momentary Push Button" opción "States" para botón Recepción de la HMI.



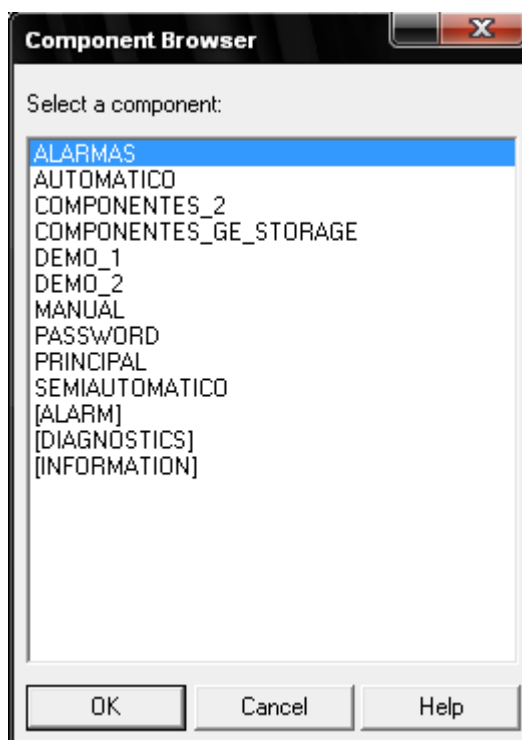
**Figura 3.33** Propiedades de “Momentary Push Button” opción “Connections” para comunicación de variable del PLC con Recepción de la HMI.

La pantalla que se presenta a continuación es el ejemplo de la configuración de botones del tipo “Goto Display Button”:



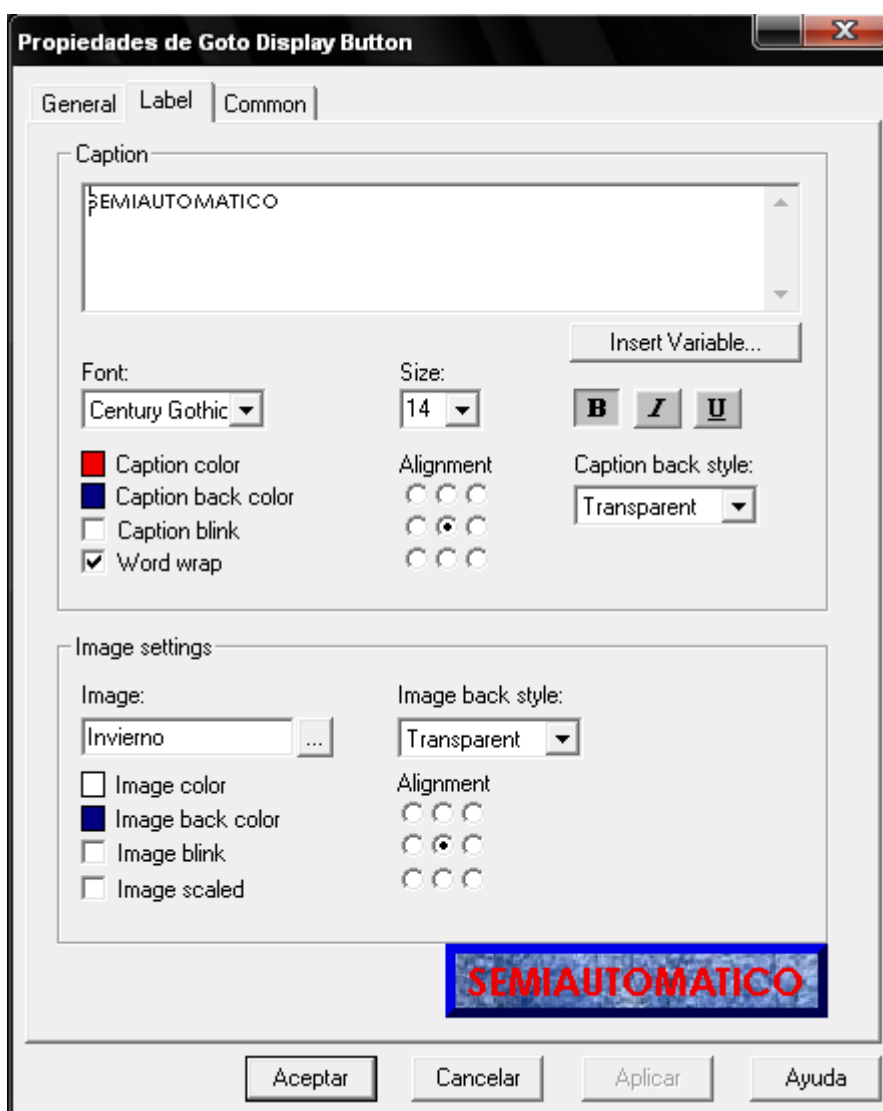
**Figura 3.34 Propiedades de “Goto Display Button” opción “General” para botón Semiautomático de la HMI.**

En la figura.3.34 opción “Display setting”, aquí se colocará el nombre de la pantalla a la cual va a enlazarse al pulsar el botón, pulsando en los tres puntos despliega la lista de las pantallas que se tiene a disposición para escoger como se muestra a continuación en la figura.3.35:



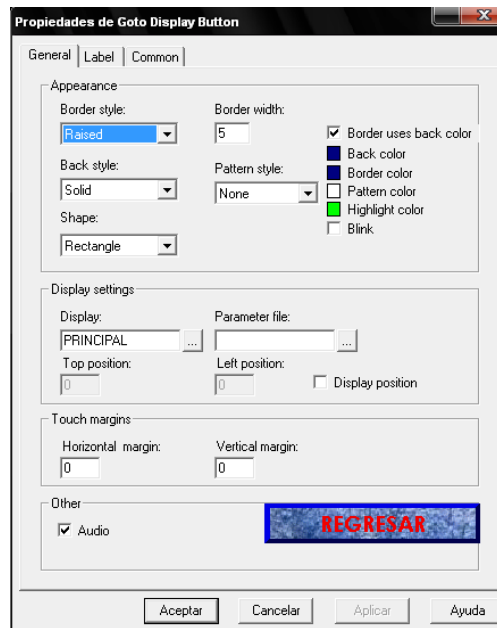
**Figura 3.35** Ventana de “Component Browser” donde se encuentran las pantallas creadas y existentes.

En la figura.3.36 se modifica el color, tipo de letra, tamaño y varios parámetros de fuente, también el nombre que aparecerá en el botón el cuál se coloca en “Caption”, en este caso SEMIAUTOMATICO; además se puede escoger el fondo del botón.

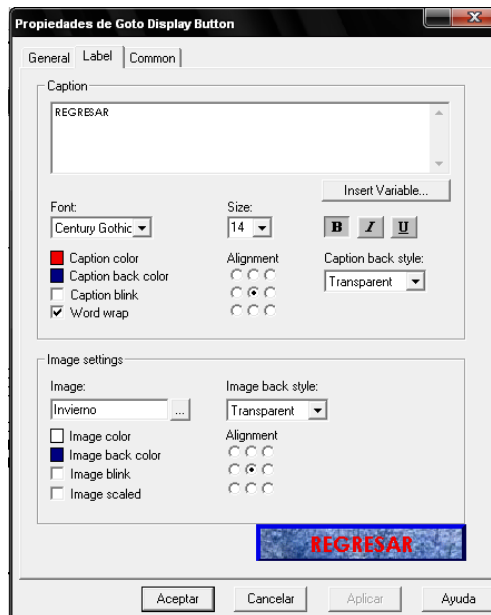


**Figura 3.36 Propiedades de “Goto Display Button” opción “Label” para botón Semiautomático de la HMI.**

Eso es lo único que se modifica para este tipo de botones; otro ejemplo es el botón configurado con el nombre de REGRESAR, y se muestran sus pantallas a continuación en las figuras 3.37 y 3.38:



**Figura 3.37** Propiedades de “Goto Display Button” opción “General” para botón Regresar de la HMI.



**Figura 3.38** Propiedades de “Goto Display Button” opción “Label” para botón Regresar de la HMI.

La siguiente pantalla en la figura.3.39 muestra la configuración del “Time Date Display”, que como su nombre lo indica muestra la fecha y la hora:

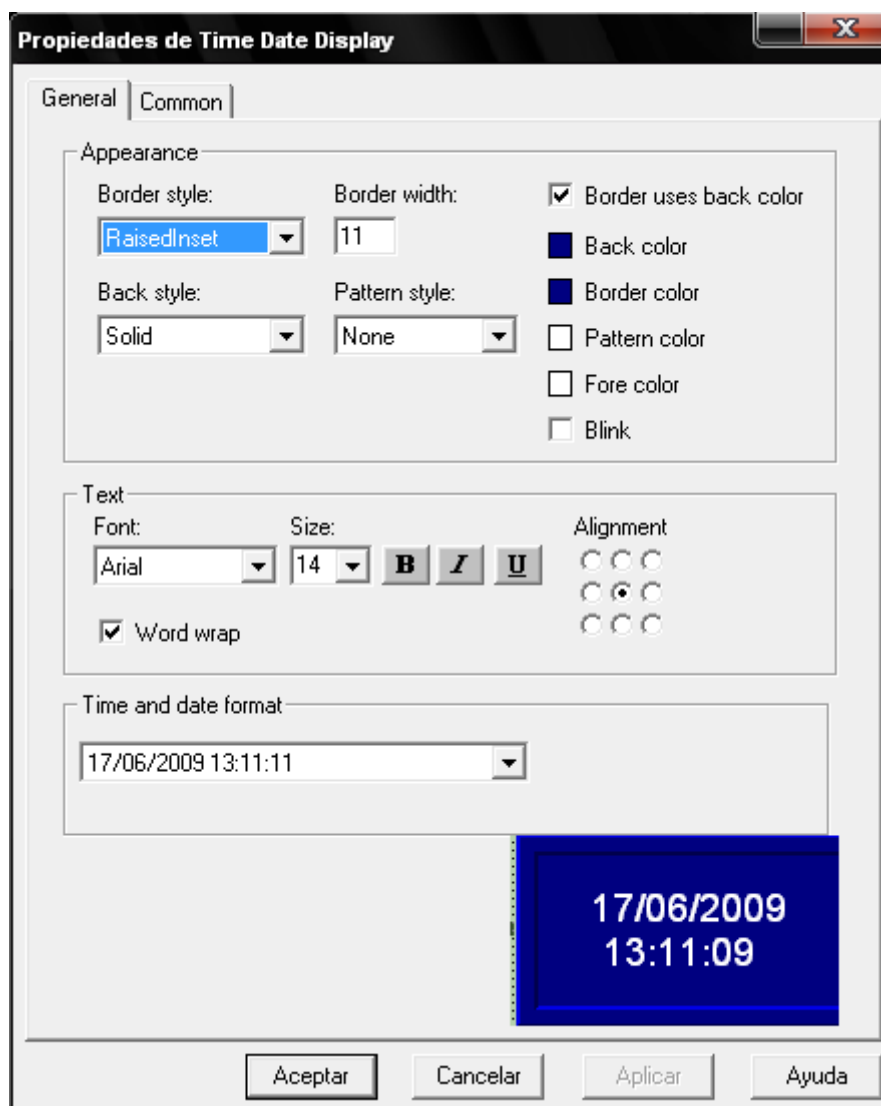
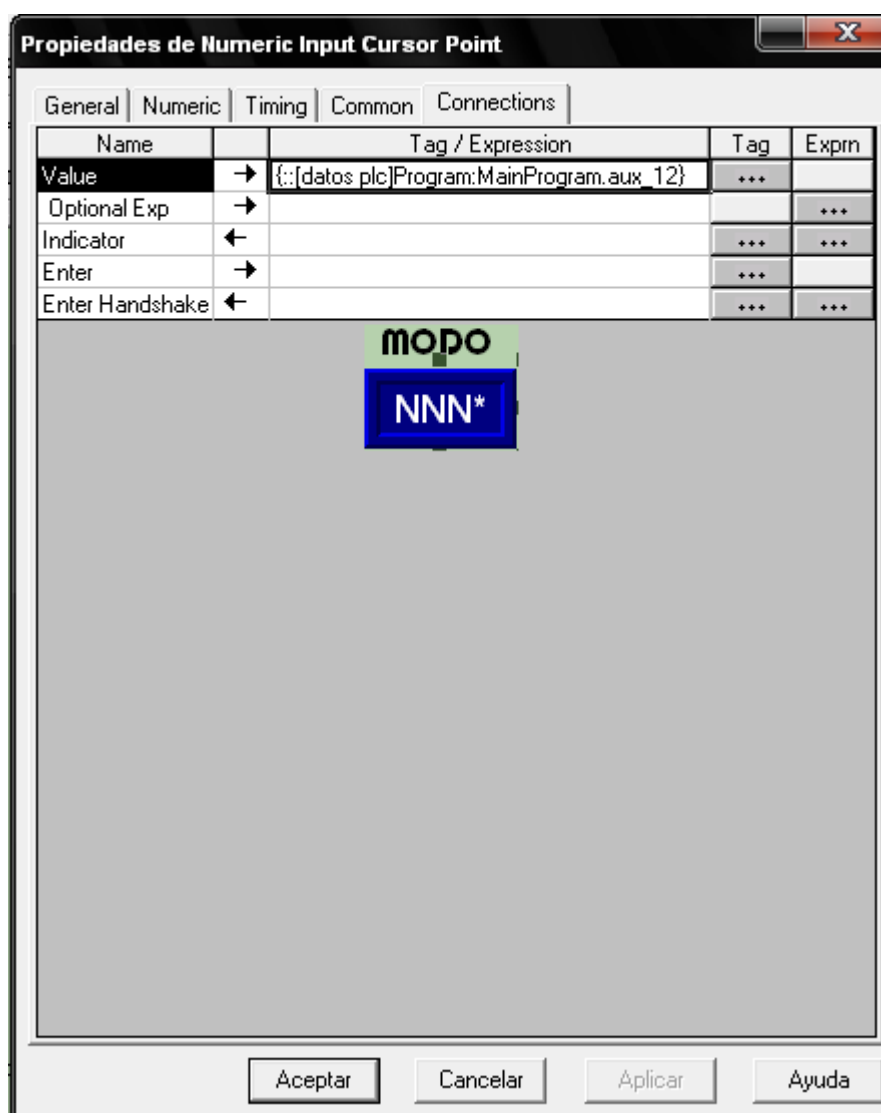


Figura 3.39 Propiedades de “Time Date Display” opción “General” para fecha y hora en la HMI.

## INGRESO DE DATOS

Para esto se usa en algunos casos los “Numeric Input Cursor Point”, que es la ventana que se muestra a continuación en la figura.3.40:



**Figura 3.40 Propiedades de “Numeric Input Cursor Point” opción “Connections” para asociar la variable del PLC con variable Modo de la HMI.**

Lo único que se coloca en la figura.3.40 es el tag asociando a la variable del PLC y así logrando la comunicación, otro ejemplo de estas entradas numéricas a continuación en la figura.3.41:



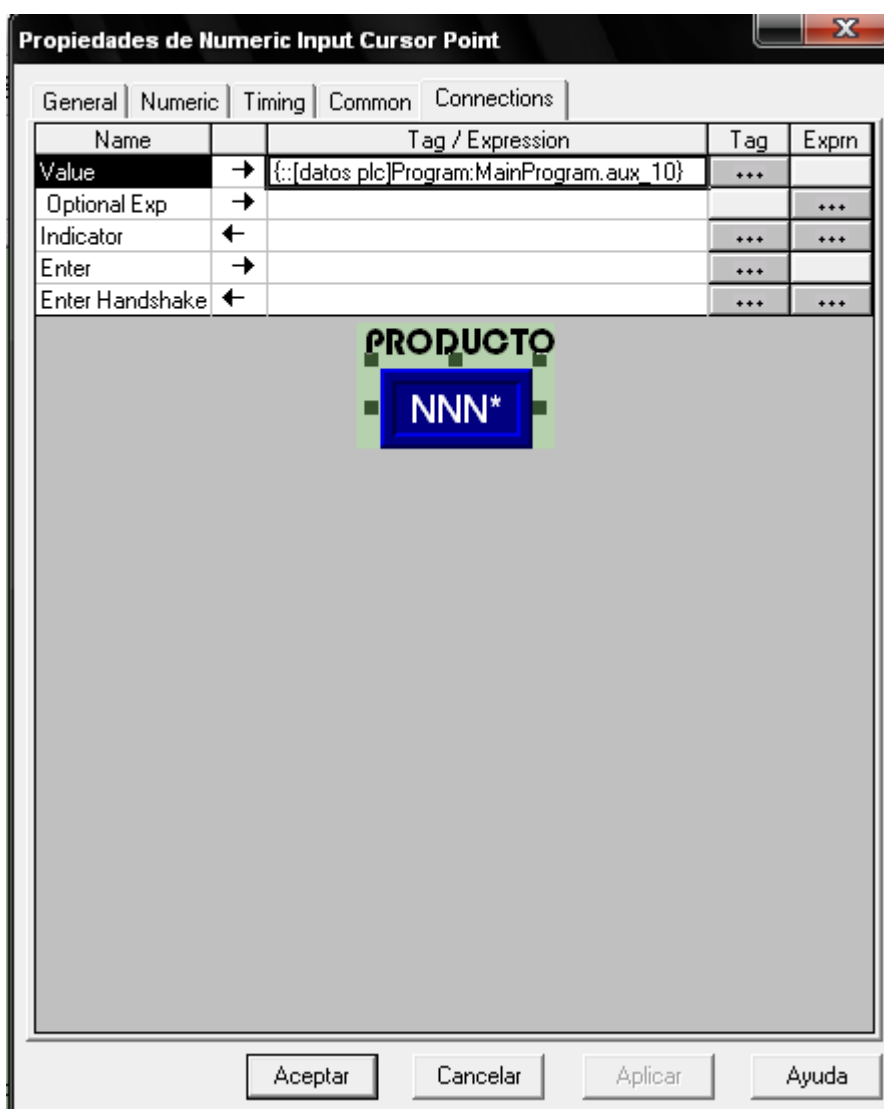
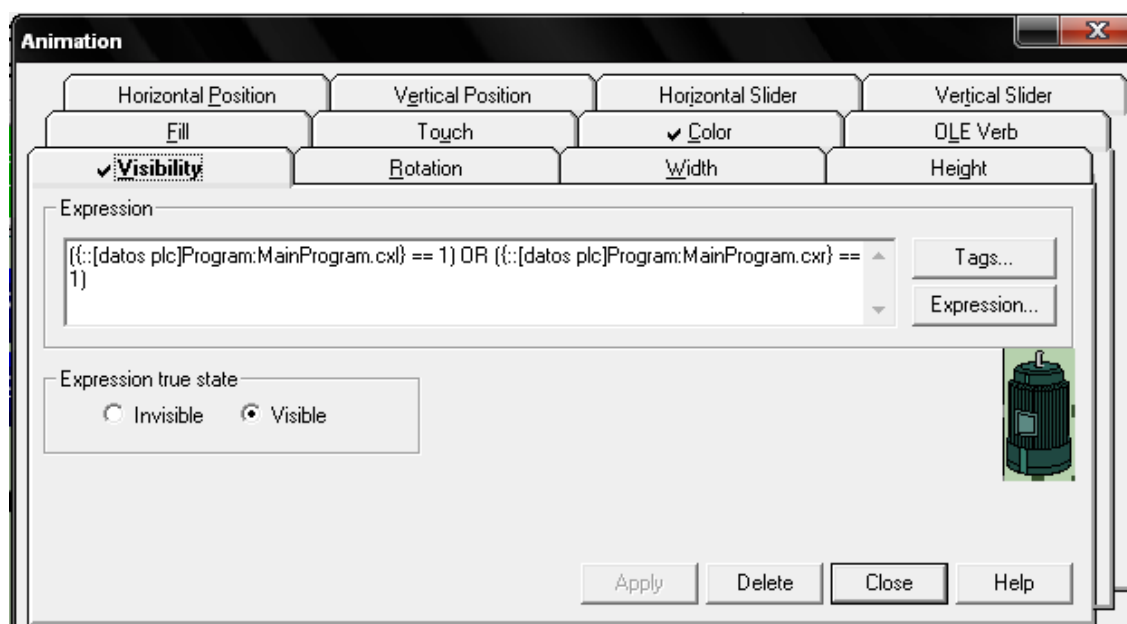


Figura 3.41 Propiedades de “Numeric Input Cursor Point” opción “Connections” para asociar la variable del PLC con variable Producto de la HMI.

### PARA LA ANIMACION DE MOTORES

Para el motor en el eje X, se modificó los siguientes parámetros:



**Figura 3.42** Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” del movimiento en el eje X.

En la figura.3.42 se modificó la visibilidad cuando se mueve en el eje X, tanto a la derecha como a la izquierda, se le da visibilidad si cumple una de estas dos condiciones colocadas en “Expression”, son variables del eje X del PLC con la expresión de OR.

Y se realiza lo mismo en el Color, es decir se coloca la misma fórmula que se encuentra en la figura.3.42, para los dos estados que se tiene que son los de encendido y apagado como se muestra en las siguientes figuras 3.43 y 3.44:

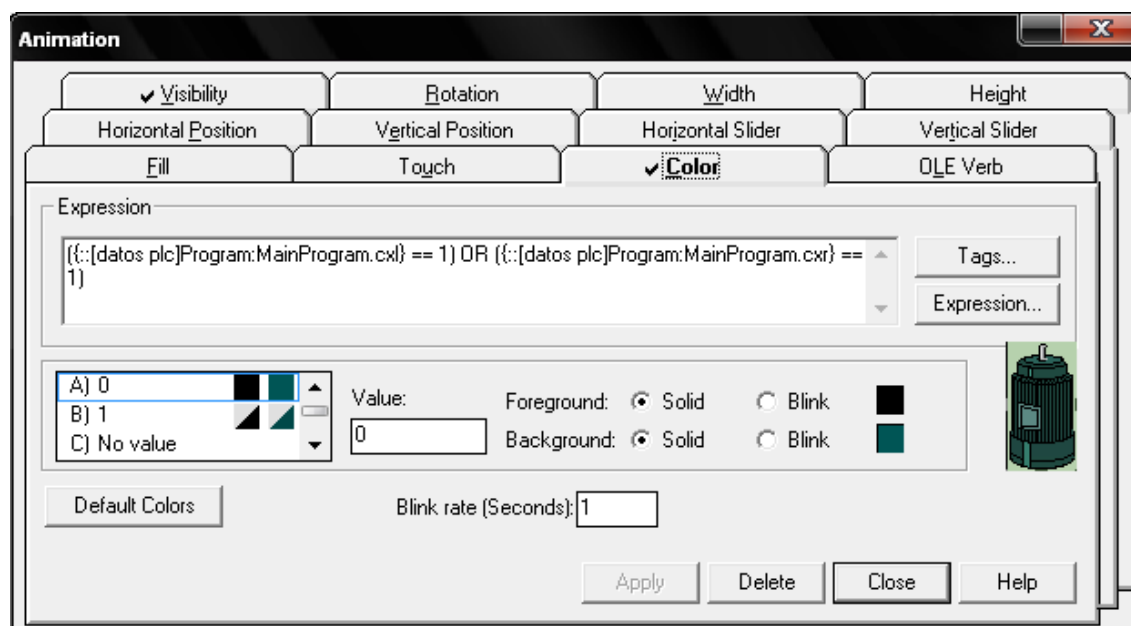


Figura 3.43 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Color” para un estado del movimiento en el eje X.

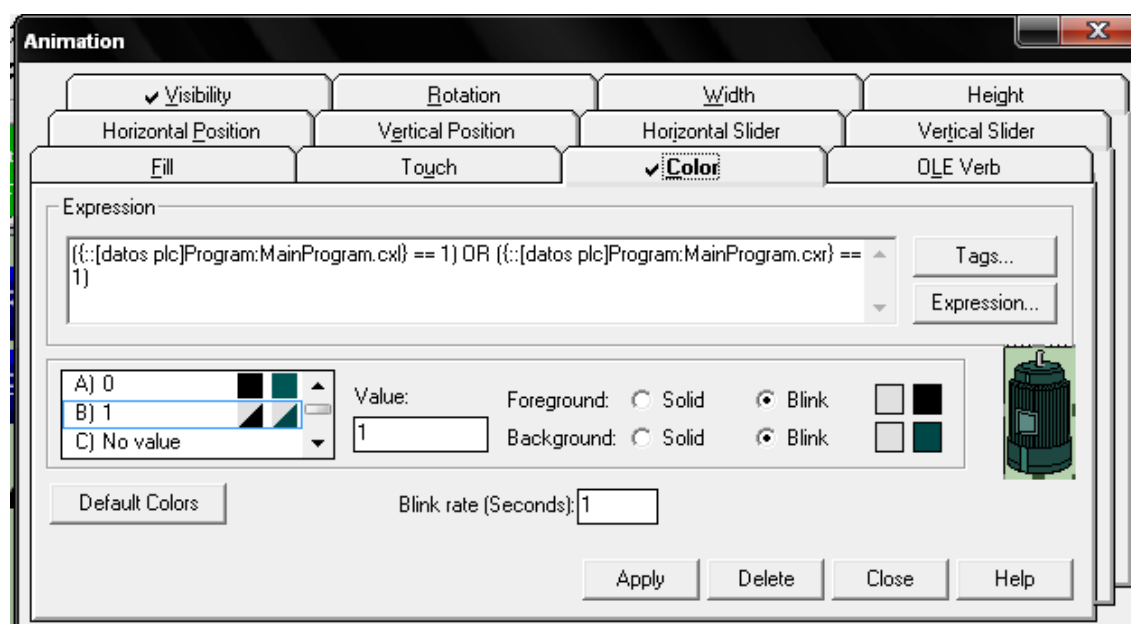
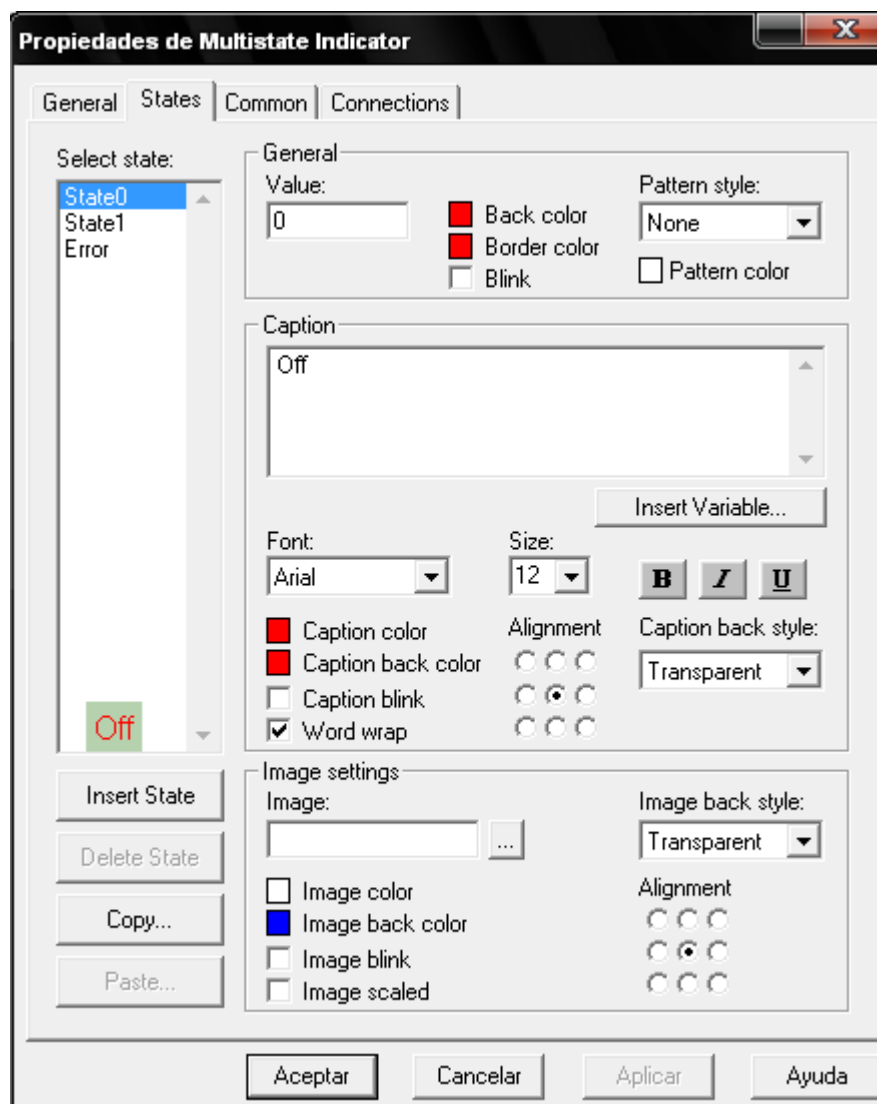


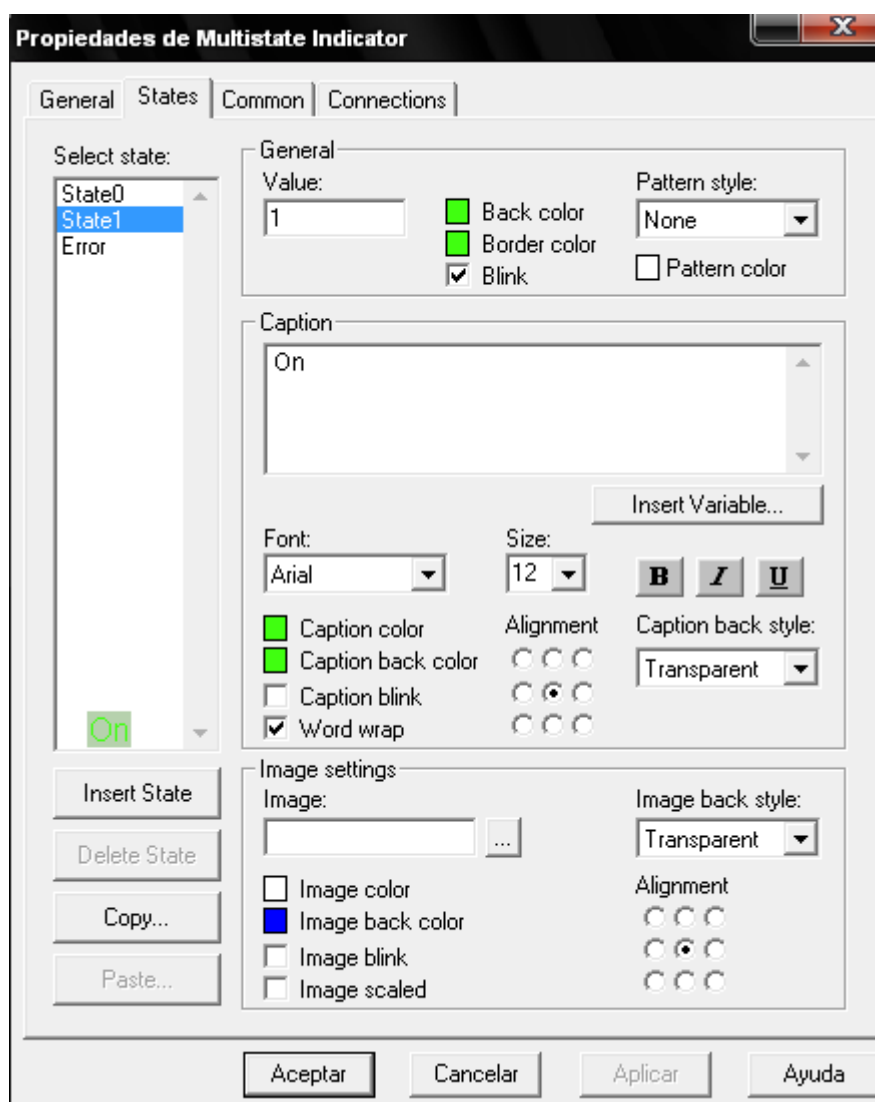
Figura 3.44 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Color” para otro estado del movimiento en el eje X.

Para las letras de funcionamiento del motor se configura primero en “State0”, en “Caption” se coloca el nombre Off y “Caption color” se escoge el color rojo y

titilante, y por último se configura el “State1”, en “Caption” se coloca el nombre On y “Caption color” se escoge el color verde y titilante, la modificación de estos parámetros se puede ver en las siguientes pantallas de las figuras 3.45 y 3.46:

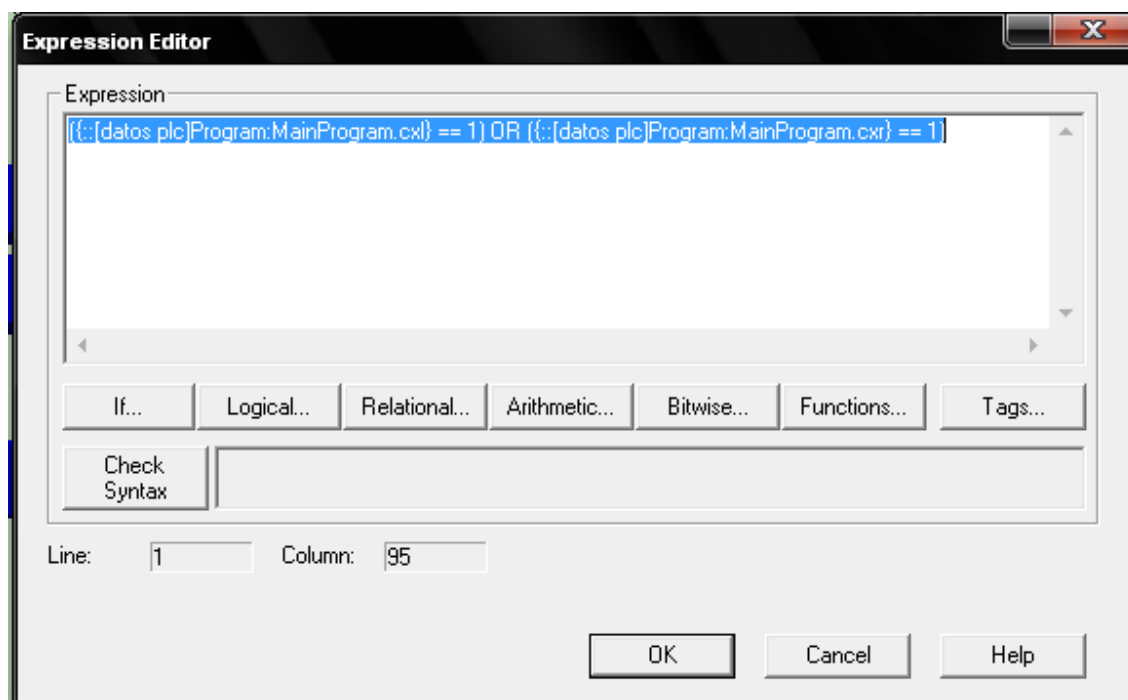


**Figura 3.45 . Propiedades de “Multistate Indicator” opción “States” para un estado de la variable de la HMI.**



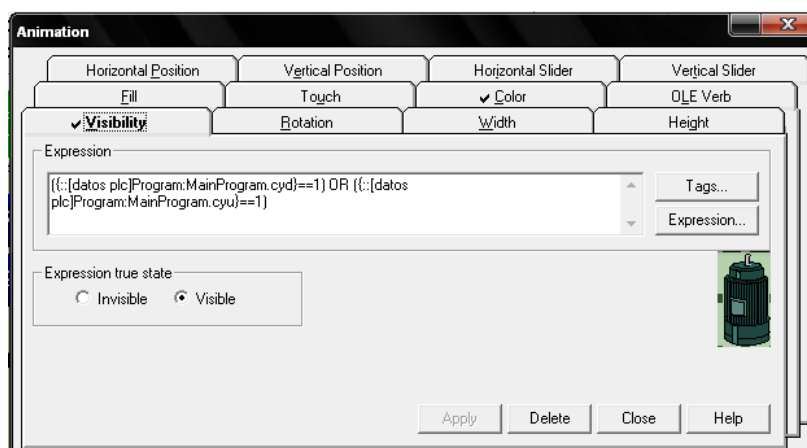
**Figura 3.46** Propiedades de “Multistate Indicator” opción “States” para otro estado de la variable de la HMI.

Se asocia con los tags del PLC para que cambie de On a Off, como la pantalla que se muestra a continuación en la figura.3.47:



**Figura 3.47** Pantalla de “Expression Editor” donde se relacionan los valores del movimiento del eje X para la animación en la HMI.

Se realiza lo mismo para la simulación del motor del eje Y, como muestran las siguientes pantallas de las figuras 3.48, 3.49 y 3.50:



**Figura 3.48** Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” del movimiento en el eje Y.

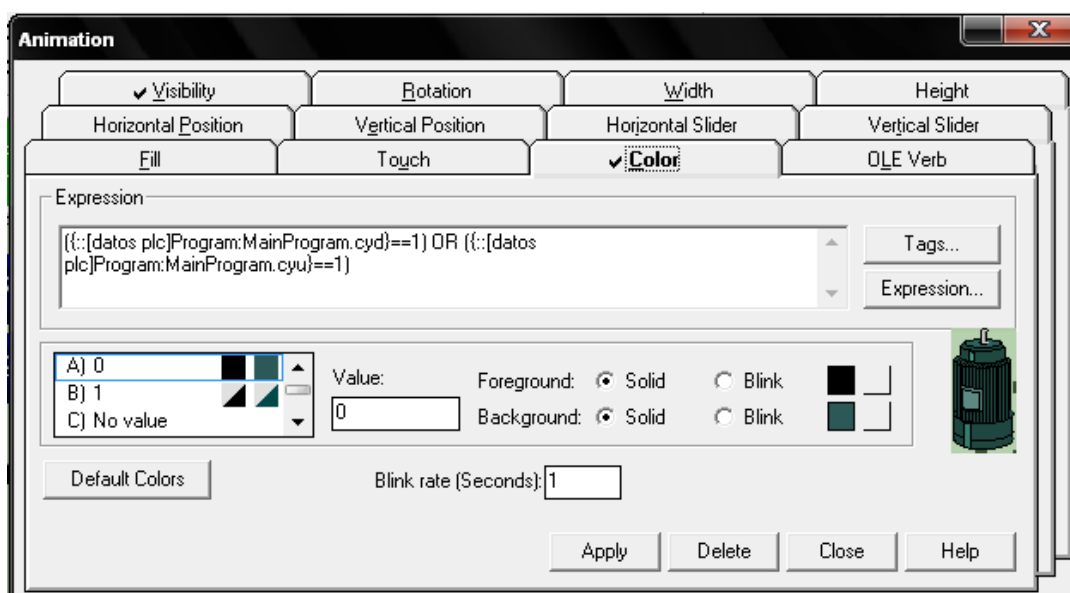


Figura 3.49 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Color” del movimiento en el eje Y.

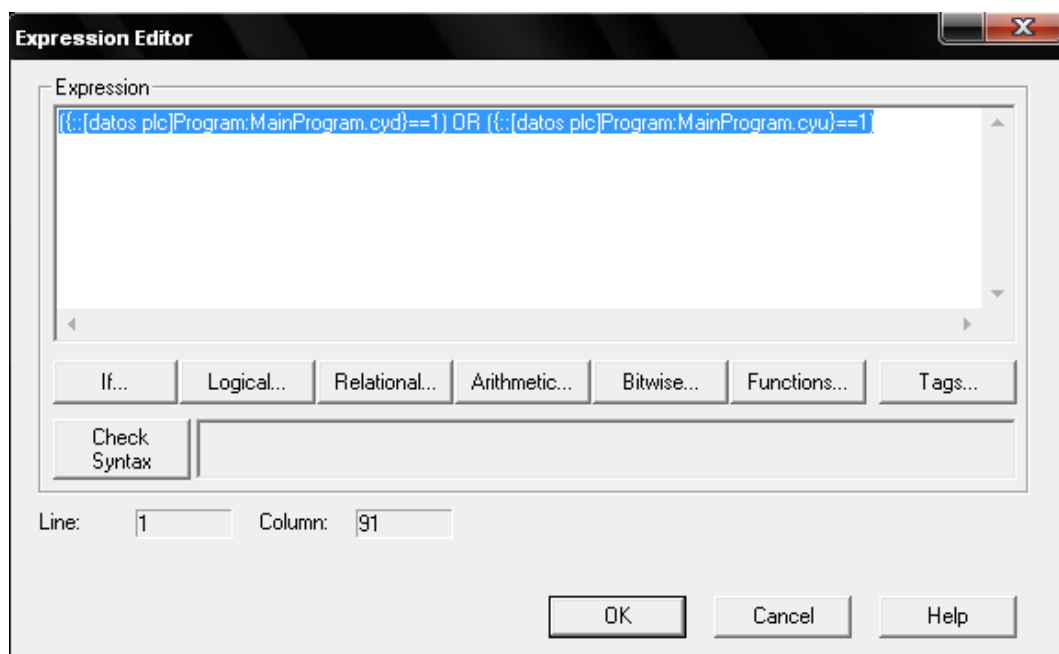


Figura 3.50 Pantalla de “Expression Editor” donde se relacionan los valores del movimiento del eje Y para la animación en la HMI.

Para el eje Z, solo se modifica la visibilidad como se muestra a continuación en la figura.3.52:

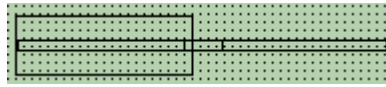


Figura 3.51 Figura usada para representar al eje Z

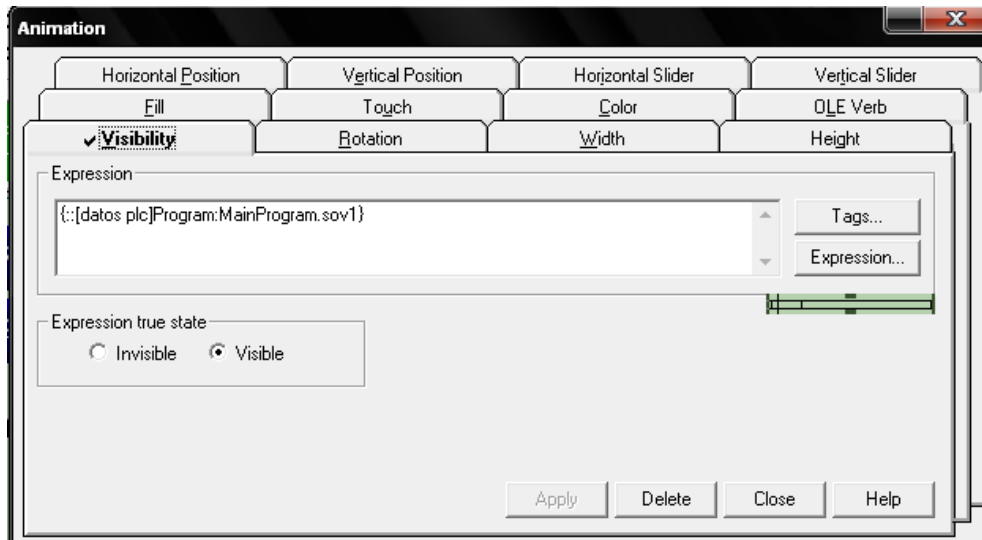


Figura 3.52 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” del movimiento en el eje Z.

## TEXTO

Se utiliza “Text” para asociar con variables del PLC de las cuales se desea saber su valor actual por ejemplo:



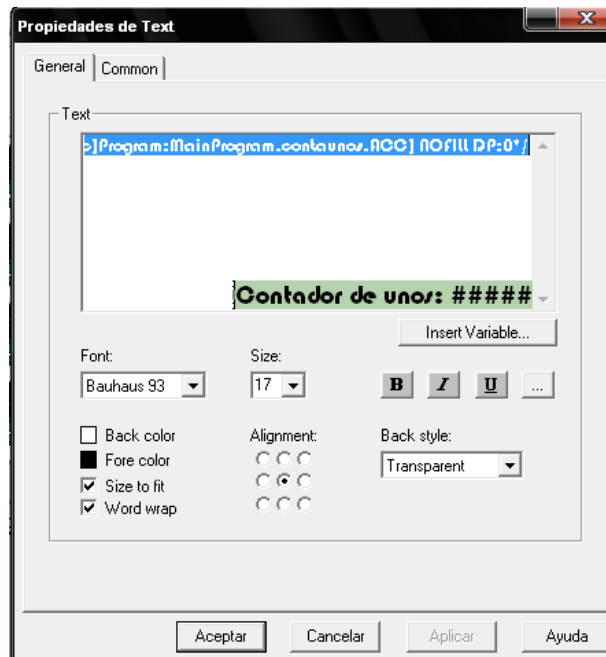


Figura 3.53 Propiedades de “Text” para contador de mensajes de activación.



Figura 3.54 Propiedades de “Text” para contador de mensajes de respuesta.

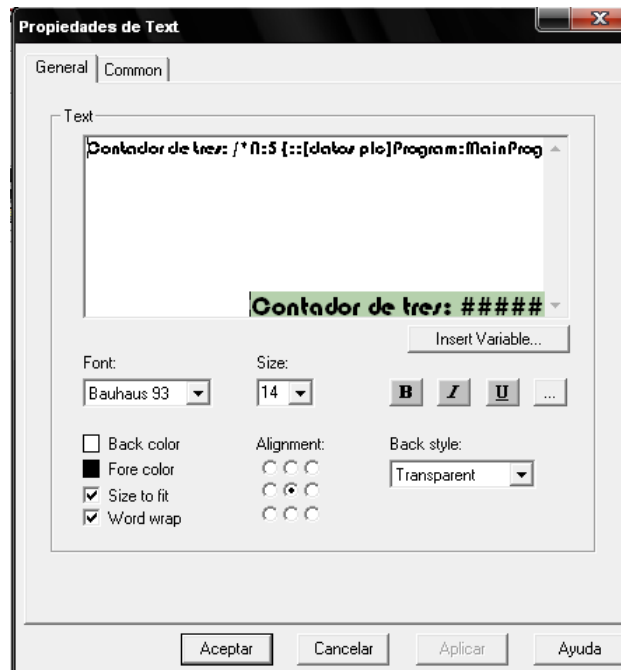


Figura 3.55 Propiedades de “Text” para contador de mensajes de terminación.



Figura 3.56 . Propiedades de “Text” para contador de materiales.



Figura 3.57 Propiedades de “Text” para contador de productos.

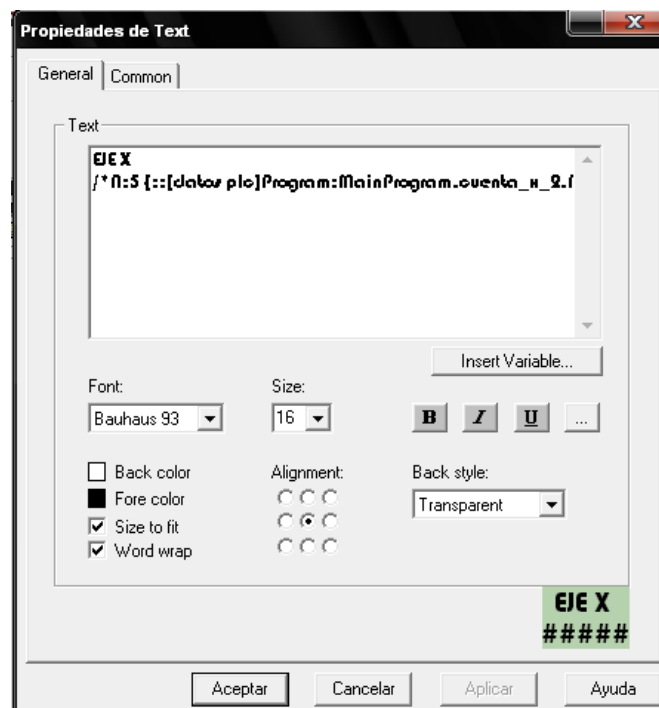


Figura 3.58 Propiedades de “Text” para contador de posiciones de matriz en el eje X.

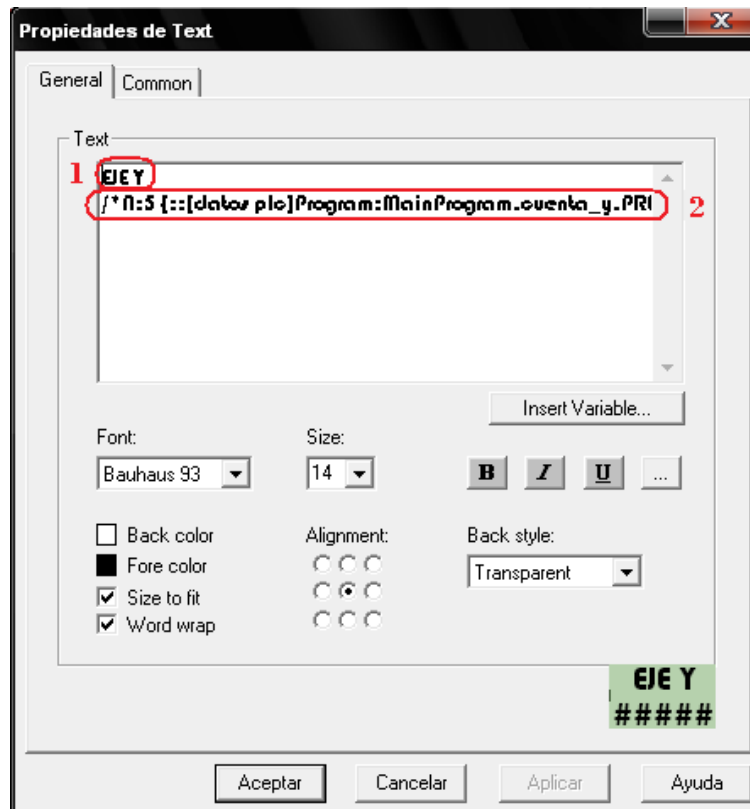


Figura 3.59 Propiedades de “Text” para contador de posiciones de matriz en el eje Y.

Todos estos datos son necesarios en la visualización para saber cómo se actualizan los datos, y lo único que se modifica es en “General” donde se realiza la asociación con las respectivas Variables, en el caso de la figura 3.59 su variable es cuenta\_y.PRE; si se desean etiquetas antes del valor, se coloca el NOMBRE: y el Tag asociado, en el caso de la figura.3.59 la etiqueta es EJE Y (1) y el tag es la variable del PLC (2).

## SIMULACION DE GRAFICOS

Para ejecutar esto se dibujó la estación y sus materiales y se fue configurando su visibilidad para que se vea el proceso como se produce en la realidad, tanto para la matriz como para los robots que tiene la estación, se asocia Tags del PLC de los distintos movimientos que realiza con los gráficos, a continuación pantallas de las configuraciones de algunas partes:

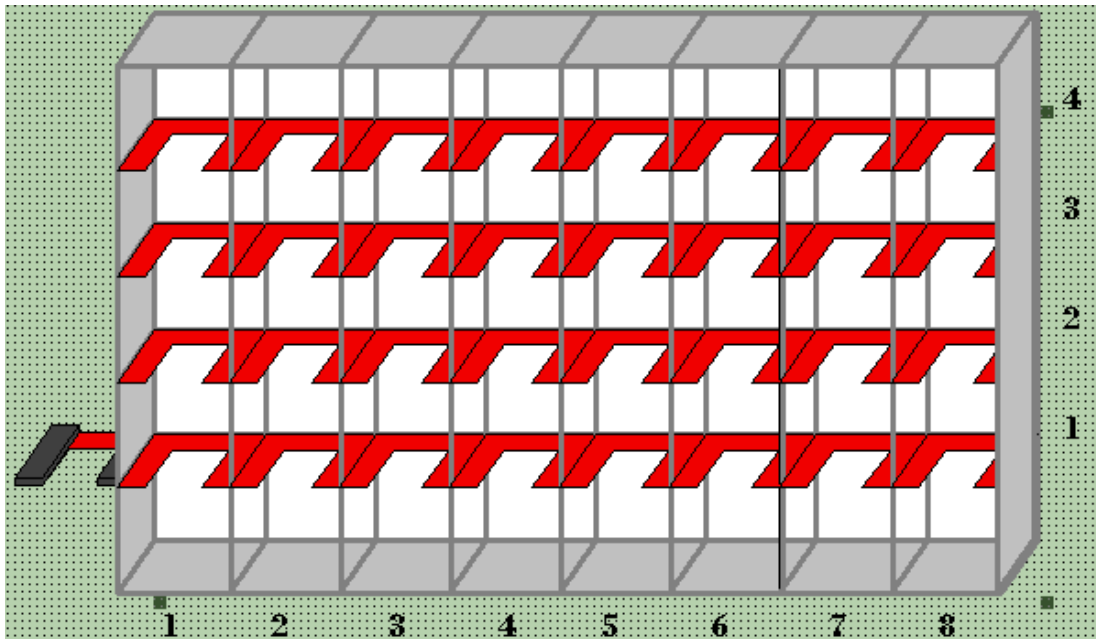


Figura 3.60 Pantalla del Compartimiento de Almacenamiento.

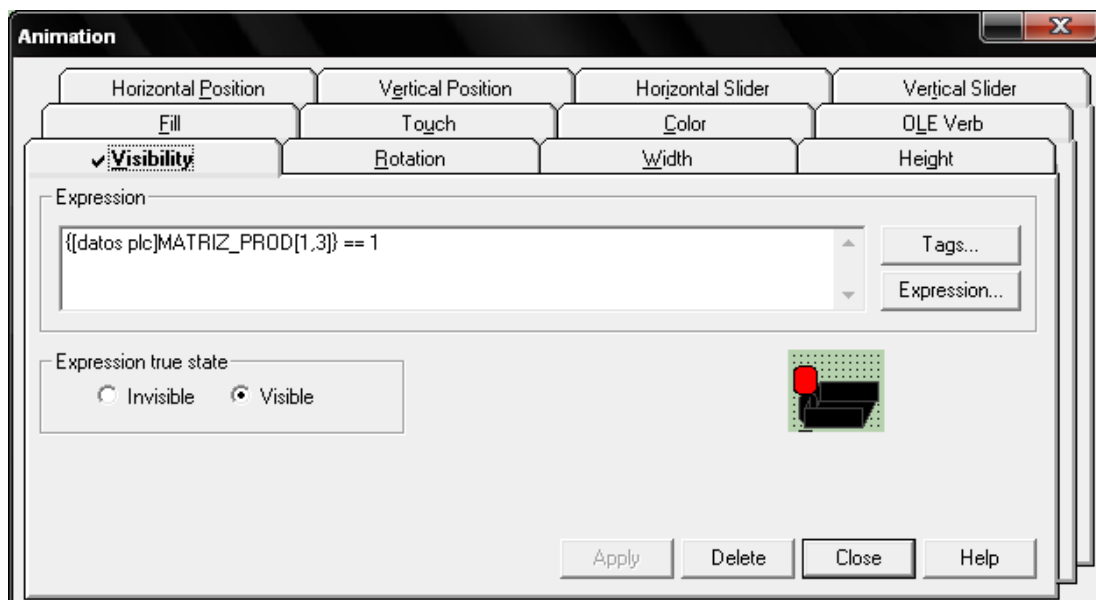
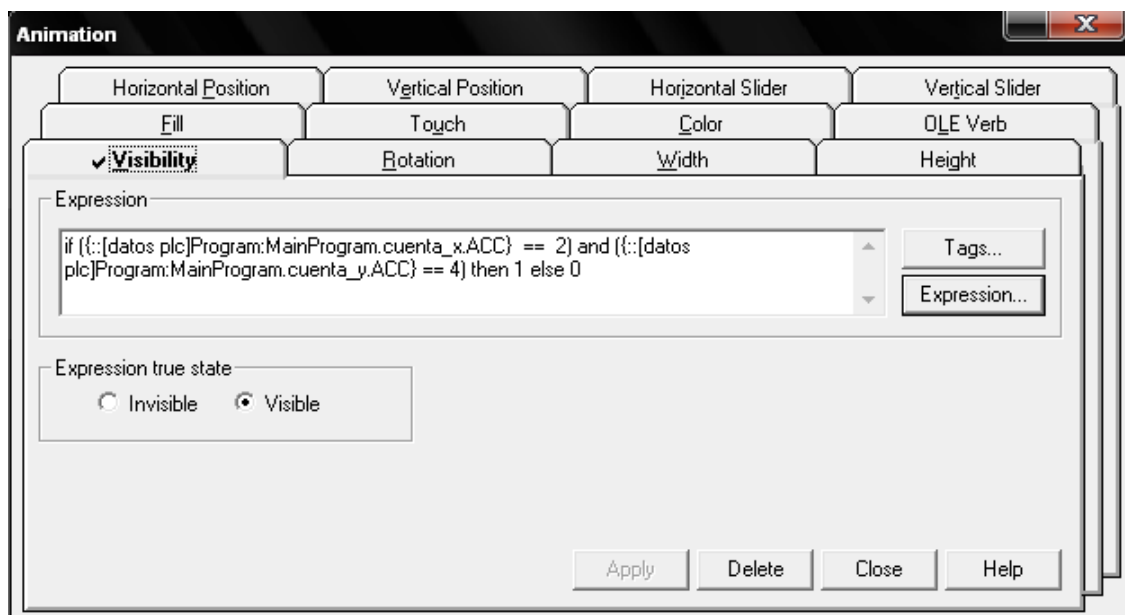


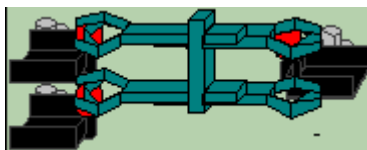
Figura 3.61 Pantalla de configuración de "Animation" opción "Visibility" para las paletas.



**Figura 3.62** Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” para una posición del producto en el compartimiento de almacenamiento.



**Figura 3.63** Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” para otra posición del producto en el compartimiento de almacenamiento.



**Figura 3.64** Figura para representar el manipulador giratorio

Estos fueron algunos de los elementos de la estación a la cual se les dio visibilidad, los demás se los configura de igual forma.

### 3.3 COMUNICACIÓN A TRAVÉS DE ETHERNET.

La comunicación a través de Ethernet se va a realizar con algunas configuraciones tanto al PLC, como a la computadora en el programa “RSLinx”.

Se va a comenzar por configurar la dirección del controlador del PLC, para lo cual se tiene que colocar la IP address del módulo de Ethernet 1768-ENBT, y para esto se debe ejecutar lo siguiente <sup>(10)</sup>:

Cuando es la primera vez:

- Desde el menú principal -> todos los programas -> Rockwell Software -> BootP-DHCP Server, se tiene que escoger “BootP-DHCP Server”, como se muestra en la siguiente pantalla de la figura.3.65:

---

<sup>10</sup> Diagrama de flujo de asignación de dirección IP se encuentra en capítulo 2.7.1

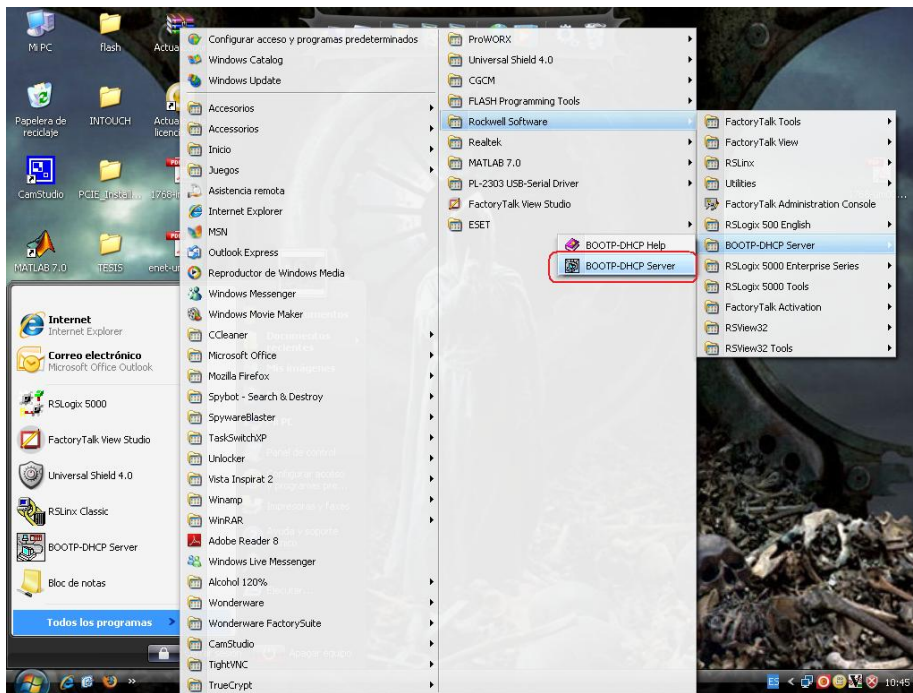


Figura 3.65 Pantalla de inicio de “BootP-DHCP Server”.

- En la figura.3.66 se muestra la pantalla principal de “BootP-DHCP Server 2.3”, donde se van a realizar las configuraciones de red:

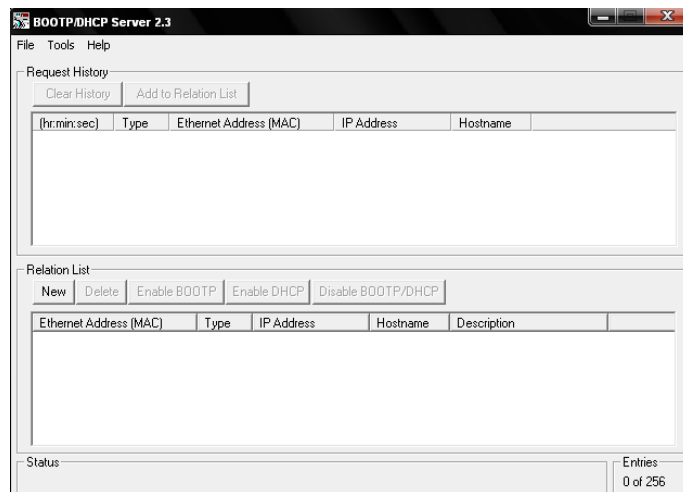


Figura 3.66 Pantalla principal de “BootP-DHCP Server 2.3”.



- Se tiene que configurar la “Subnet Mask” para lo cual se ejecuta “Network Settings” como muestra la pantalla a continuación en la figura.3.67:

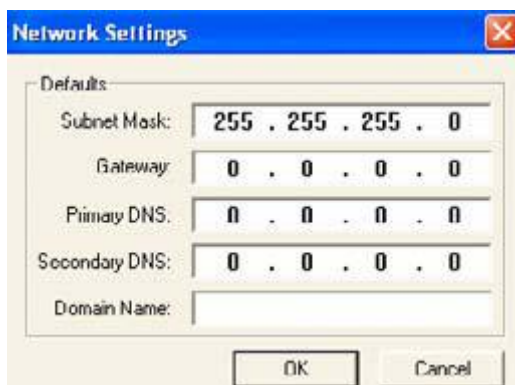


Figura 3.67 Pantalla de “Network Settings” donde se configura la “Subnet Mask”.

- Una vez ingresada la “Subnet Mask” (la máscara será clase C es decir /24 por la dirección IP escogida) y se presiona “OK”. El BOOTP pide comenzar para desplegar en el Área de “Request History”, las peticiones como se muestra en la figura.3.68:

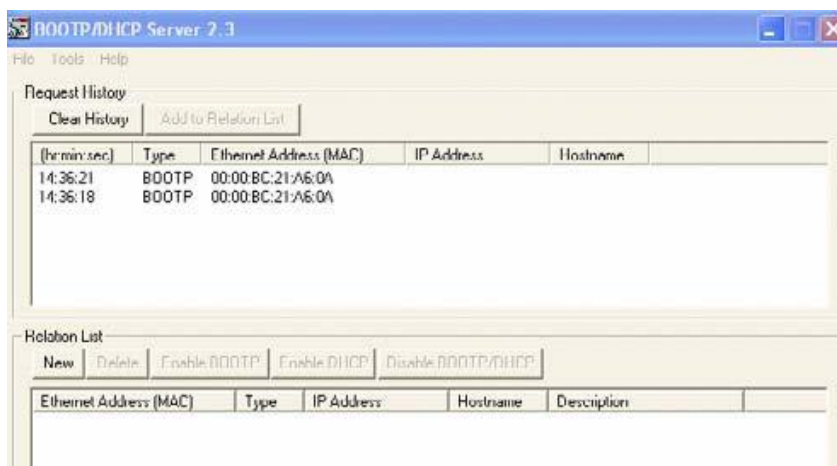
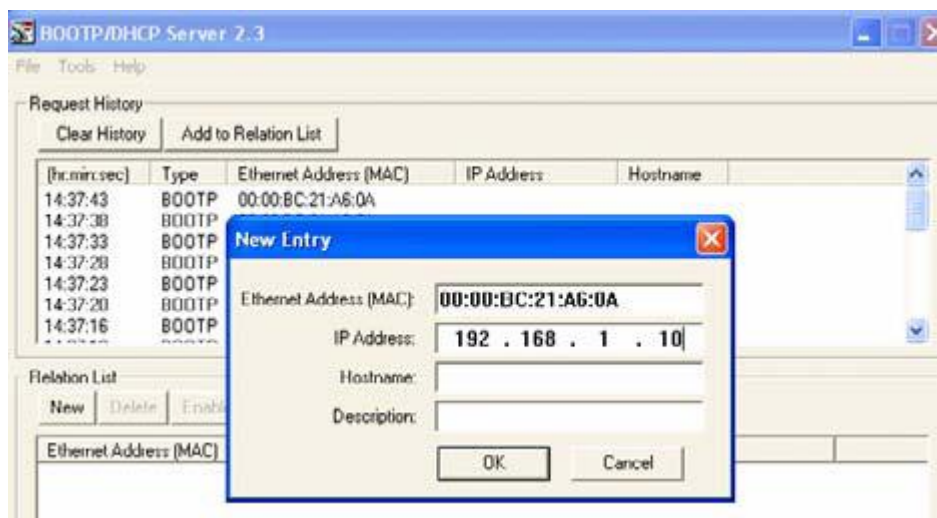


Figura 3.68 Pantalla de “Request History”.

- Se selecciona la petición y se da click en Add a “Relation List”, y aparece el nuevo cuadro donde se ve la dirección MAC de Ethernet para el módulo

1768-ENBT, como se muestra en la pantalla a continuación en la figura.3.69:

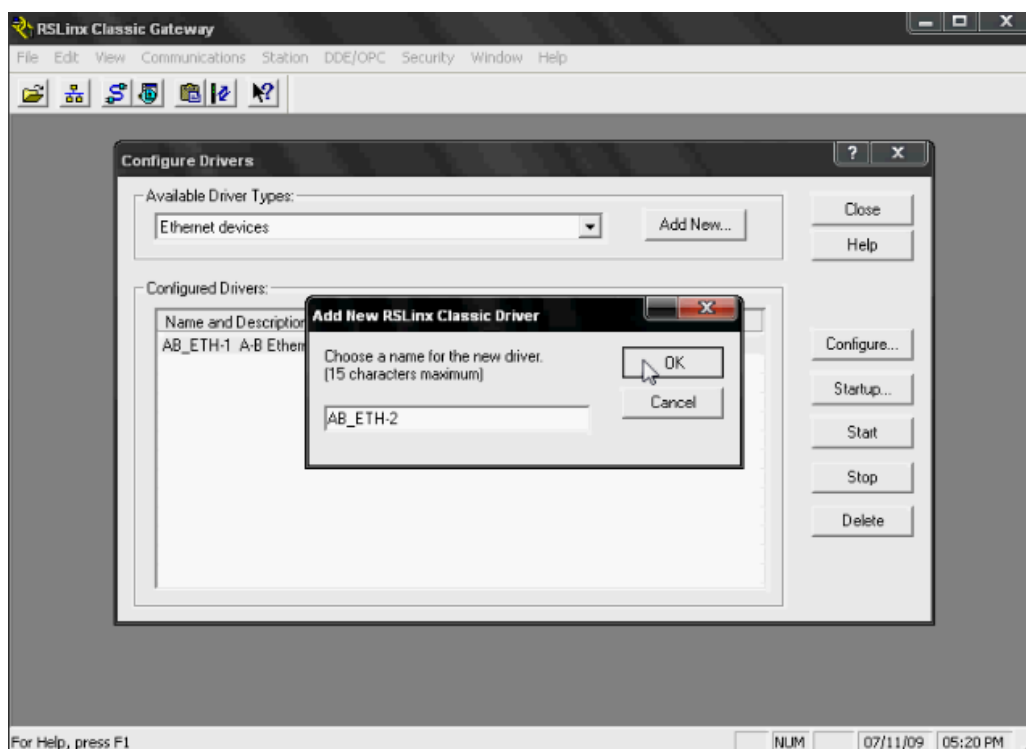


**Figura 3.69** Pantalla de “Request History” donde se ingresa una nueva “IP Address”.

- Se ingresa la “IP Address” del módulo se da click en “OK” y está listo para la comunicación.
- La “IP Address” que se ingresa es privada de clase C, porque dentro de las direcciones privadas y sus rangos de clases es la que menos host tiene; utiliza protocolos de capa 3 del modelo OSI y sirve para el direccionamiento del controlador.

Para cuando no es la primera vez:

- Se abre el programa “RSLinx Classic Gateway”, de ahí en “Communications” se escoge la opción de “Configure Drivers”, donde se selecciona “Ethernet devices”, y “Add New”, se puede colocar el nombre, sino se deja el que está por defecto y se presiona “OK”, como se muestra en la pantalla a continuación en la figura 3.70:



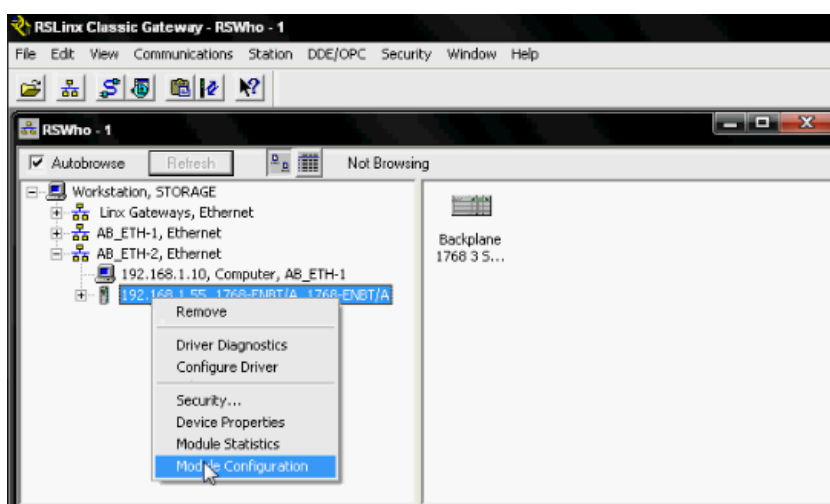
**Figura 3.70** Pantalla de “Add New RSLinx Classic Driver” donde se agrega el nuevo driver de Ethernet.

- Después de esto aparecerá la ventana donde se añaden las direcciones con las cuales se desea tener comunicación, es decir la del controlador, la del PC, y la de las otras estaciones que tiene el CIM, y se da OK como se muestra en la siguiente ventana de la figura 3.71:

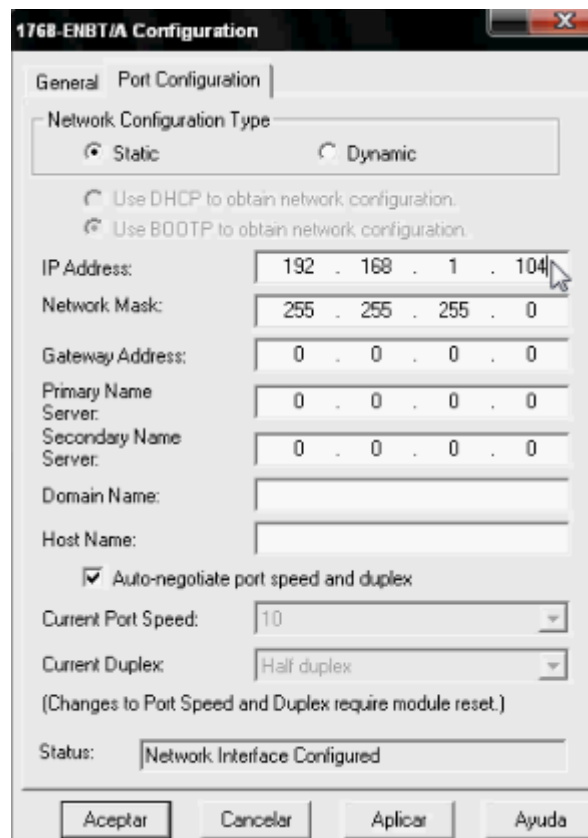


**Figura 3.71** Pantalla de “Station Mapping” donde se ingresa las direcciones IP de los distintos controladores y del PC.

- Una vez culminado el paso anterior se ingresa en “Comunicaciones RSWho”, donde se va a ver el módulo Ethernet el cual tiene que ser configurado como se muestra en las siguientes pantallas de las figuras 3.72 y 3.73:



**Figura 3.72** Pantalla para configuración de módulo Ethernet en “RSWho”.



**Figura 3.73** Pantalla de configuración de IP estática para el controlador.

- En las pantallas de las figuras 3.72 y 3.73 se coloca la “IP Address” del módulo Ethernet del PLC y ya tendría una dirección estática y evitaría tener que configurar cada vez que se apague el PLC la dirección IP; y se agrega la “Network Mask” que es clase C debido a su dirección IP.
- Una vez culminados los pasos anteriores se tiene que ir al programa donde se va a realizar la programación que es el “RSLogix 5000”, ahí en el módulo 1768 Bus se agrega “New Module” donde aparece la posibilidad de agregar varios tipos de módulos pero el del PLC es el 1768-ENBT/A, como se muestra a continuación en la figura.3.74:

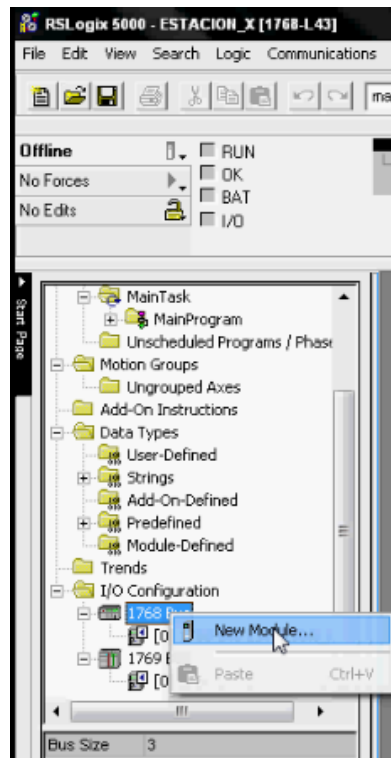


Figura 3.74 Pantalla para agregar módulo de I/O.

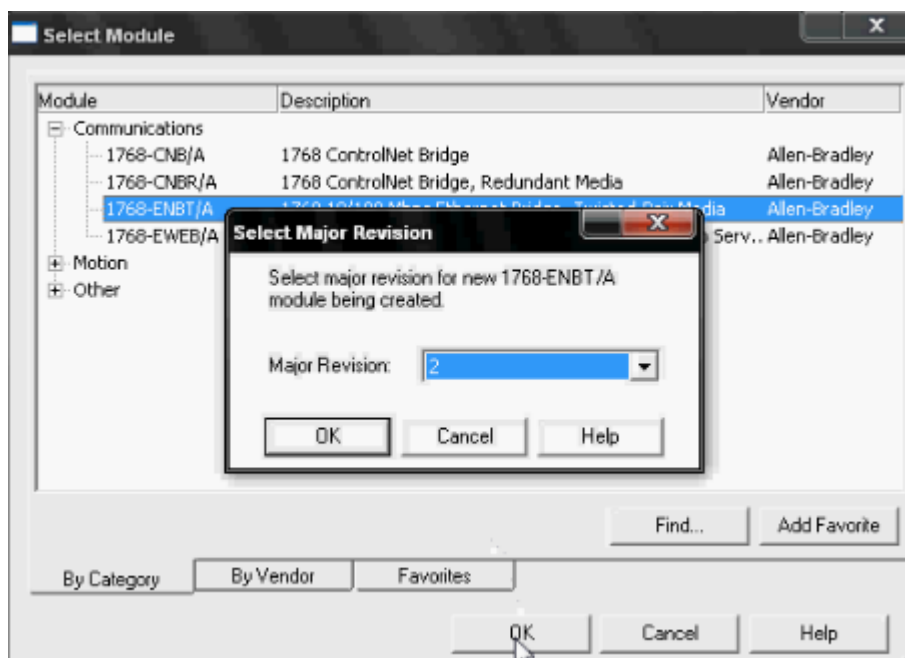
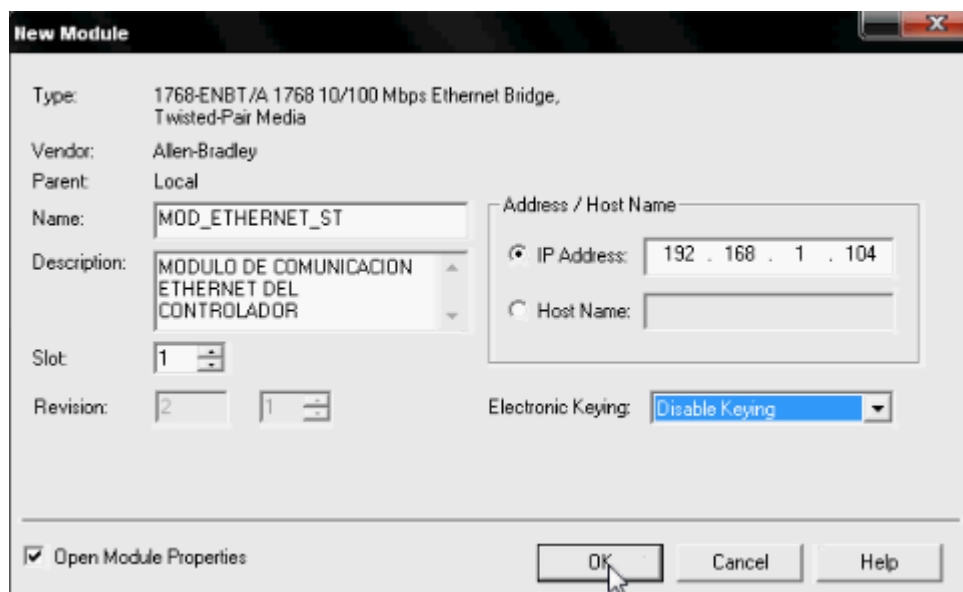


Figura 3.75 Figura donde se agrega la revisión del módulo.

- Realizado lo anterior se coloca la mayor revisión, en vista de que siempre se actualiza para tener más utilidades ó recursos, y aparece una pantalla donde se configura la dirección IP del módulo Ethernet del PLC pero en el programa, ya que en el PLC esta dirección ya fue configurada, como se muestra a continuación en la figura.3.73:



**Figura 3.76 Pantalla para configuración del módulo Ethernet.**

- En la figura.3.76 se coloca el nombre del módulo, una descripción si se desea, el “Slot” que es 1 ya que se numera a partir del controlador y 1768 por ser de Ethernet, mientras que los módulos de I/O son 1769, y “Disable Keying” para que sea compatible con cualquier revisión.

## **CAPÍTULO 4**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES**

#### **INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se describirá físicamente a la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000.

También se explicará las pruebas que se realizaron del funcionamiento de la estación con los resultados obtenidos antes y después de la culminación del proyecto, junto con las limitaciones encontradas dentro del mismo.

Y se realizará un análisis técnico del funcionamiento de la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 con el PLC CompactLogix 5000 1768-L43.

#### **4.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO ST-2000.**

La estación de almacenamiento AS/RS ST-2000 está constituida por las siguientes partes que se las detallan a continuación:

#### **MANIPULADOR GIRATORIO:**





**Figura 4.1 Manipulador Giratorio.**

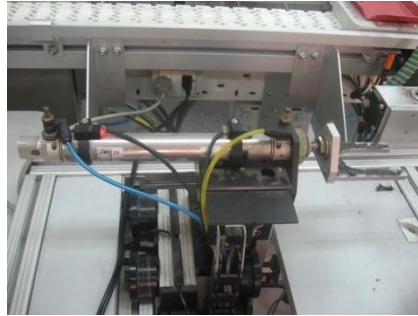
Está compuesto específicamente por un pistón Axial y Giratorio, un Manipulador o Gripper Neumático, y un Diversificador Neumático. El Diversificador Neumático mostrado en la figura.4.2 es el alimentador para los dispositivos que componen a los manipuladores Neumáticos, y además de eso cuenta con sensor de presión.

Los Pistones del manipulador también cuentan con sensores de efecto de campo para detectar la posición de vástago de derecha – izquierda, y de arriba – abajo cuatro en total, los cuales permitirán durante la ejecución de un proceso, saber el funcionamiento y estado de todo el Manipulador <sup>(11)</sup>.



**Figura 4.2 Diversificador Neumático y Sensor de Presión.**

<sup>11</sup> Sus características técnicas se encuentran en el anexo 14

**MANIPULADOR CARTESIANO:****Figura 4.3 Manipulador Cartesiano.**

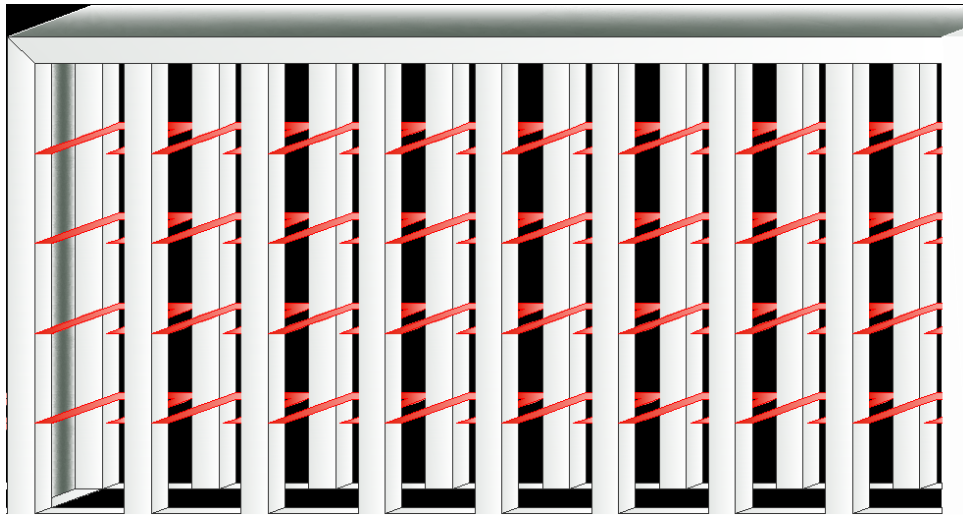
Éste manipulador cuenta con un Pistón Neumático para el movimiento en el eje Z y dos motores eléctricos <sup>(12)</sup> para los movimientos tanto en el eje X como en el eje Y.

El Pistón neumático cuenta con dos sensores de posición de vástago para el eje Z. Además para que los movimientos de los ejes “X” y “Y”, sean limitados sobre todo el rango de movimiento, se tienen finales de carrera, que sirven para identificar los limites en ambos ejes; también posee dos sensores inductivos el uno en el eje X y el otro en el eje Y, los cuales sirven para identificar la posición en la que se encuentra el Manipulador Cartesiano con respecto al Compartimiento de Almacenamiento <sup>(13)</sup>.

---

<sup>12</sup> Las características técnicas de estos motores eléctricos se encuentran en anexo 13

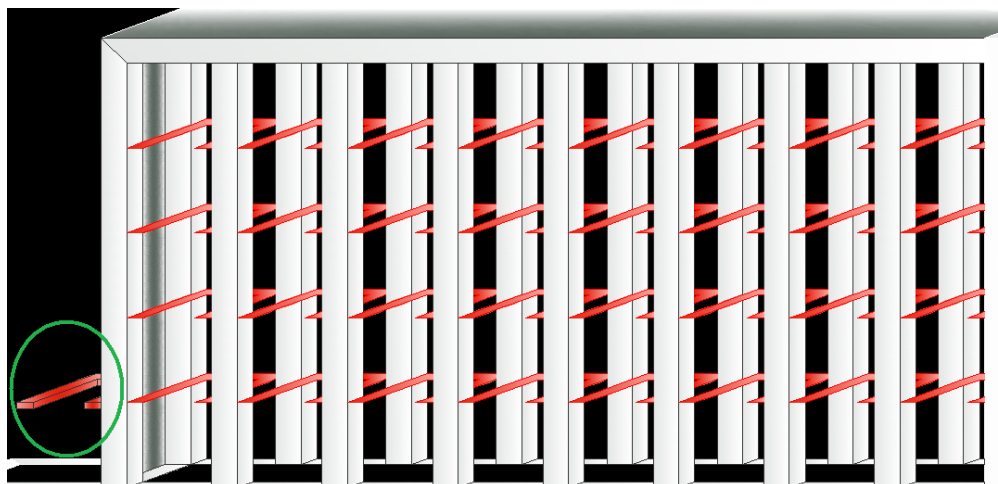
<sup>13</sup> Las características técnicas de éste manipulador se encuentran en anexo 17

**COMPARTIMIENTO DE ALMACENAMIENTO:**

**Figura 4.4 Compartimiento de Almacenamiento.**

Aquí es donde las paletas con su respectivo producto serán almacenadas o retiradas, dependiendo de la instrucción que se le ordene al controlador y el modo en el que esté trabajando la estación. Al compartimiento lo forman 32 slots o compartimientos pequeños, formando así una matriz de posiciones de 8x4.

Este compartimiento viene a representar a una pequeña bodega en cuyos slots se pueden encontrar los materiales requeridos por parte de la estación central u operador.

**BUFFER DE PALETAS:****Figura 4.5 Buffer de Paletas.**

Es un compartimiento auxiliar en el cuál se colocan las paletas a ser entregadas o recibidas, permitiendo de esta manera actuar en función de la subrutina que se esté realizando.

El Buffer ocupa la posición inicial de la matriz que compone al Compartimiento de Almacenamiento, y posee un sensor inductivo el cual indica si se encuentra o no el producto.

**PLC:****Figura 4.6 PLC 1768-L43 CompactLogix**

El modelo CompactLogix 5000 1768-L43 es el controlador utilizado para la estación y se usó Ethernet/IP <sup>(14)</sup> para la comunicación. El software requerido para la programación es RS-Logix 5000 de Allen Bradley con la cual se realizó la programación de todas las rutinas requeridas, y para efectuar la interface gráfica con la cual se enlazó el PLC se utilizó el software Factory Talk View <sup>(15)</sup>.

### GABINETE ELÉCTRICO:



**Figura 4.7 Gabinete Eléctrico.**

La alimentación de toda la estación llega a éste gabinete quien dispondrá de la energía necesaria y requerida por todos los elementos utilizados dentro de la estación de Almacenamiento ST-2000 AS/RS.

Posee varias partes dentro de éste como entradas, salidas, protecciones, rectificador, relés de estado sólido, selector de alimentación de la estación, resistencias, diodos de protección <sup>(16)</sup>.

---

14 Descripción del módulo Ethernet en el Capítulo 2, Topología Ethernet de CompactLogix

15 El desarrollo de la interface gráfica se encuentra explicado en el Capítulo 3, Diseño de la HMI

16 El diagrama unifilar de estos elementos se encuentran en el anexo 11



**Figura 4.8 Interior Gabinete Eléctrico.**

### **PANEL FRONTAL:**



**Figura 4.9 Panel Frontal.**

Al panel frontal lo componen pulsadores e indicadores, los cuales realizan una determinada función dentro de todo el funcionamiento del sistema. Los elementos que conforman al panel frontal son:

- PLC ON: enciende al Controlador Compact Logix.
- PLC OFF: apaga al Controlador Compact Logix.
- EMERGENCY STOP: desconecta a toda la estación e informa a la estación central, en caso de una emergencia.

- DC POWER ON: indica si el gabinete eléctrico dispone de energía eléctrica.
- CIM ON LINE: indica si la estación se encuentra en línea con las otras estaciones, es decir cuando se encuentra operando en el modo automático.
- ERROR: esta será una señal que indicará alarmas o errores en caso de producirse dentro de la estación de Almacenamiento ST-2000 AS/RS.

## 4.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES

Se establecieron una serie de pruebas por cada parte del proceso que se iba realizando, después las pruebas fueron con la unión de varios procesos y al final con la integración de todos los procesos de la estación, tanto como para recepción y también para entrega; y por último, se efectuaron pruebas entre estaciones ya integradas en el CIM; para optimizar el proceso se agregaron o quitaron detalles del programa.

Entre las pruebas realizadas se tiene:

- Al inicio se configuró el manipulador giratorio y se hicieron pruebas de repetitividad de la velocidad de giro del brazo asociado con el agarre del gripper, y se lo fue mejorando a medida que se efectuaban más pruebas; el número de pruebas realizadas fue de 20.
- Una vez ya optimizados los dos parámetros anteriores se ejecutaron pruebas de la secuencia del manipulador giratorio, primero para la recepción; el número de pruebas realizadas para este modo fueron 40, con estas pruebas se iban obteniendo resultados y se veían también las limitaciones.

- Después se originaron pruebas para cuando está en modo manual, para que no se de problemas con el manipulador giratorio, para limitar el giro y evitar que se doble o descuadre el brazo por uso equivocado en la manipulación de éste en modo manual; el número de pruebas de repetitividad realizadas fueron 10.
- Se desarrollaron pruebas del manipulador cartesiano primero con movimientos en el eje X, después en el eje Y, y después con el vástago en el eje Z; el número de pruebas de repetitibilidad efectuadas fue de 60.
- También se realizaron pruebas de las velocidades de los ejes tanto X, como del eje Y; las pruebas ejecutadas fueron 10; todo esto para familiarizarse con el manipulador cartesiano.
- Se efectuaron pruebas para que el manipulador giratorio dejara un producto en la matriz, todas estas pruebas se ejecutaron sin productos para protección del manipulador giratorio; el número de pruebas fueron de 40.
- Para todas estas pruebas se usaron contadores y temporizadores en su programación para lograr generar secuencias, como la secuencia del manipulador giratorio para colocar el material en la matriz, o para retirar el material de la matriz sin que se produzcan problemas con el brazo, de que se doble porque efectuó alguna acción que se tenía que realizar un tiempo después, o después de una acción predeterminada, ó problemas así.
- Una vez que ya se podía guardar el producto en un elemento de la matriz, se elaboró la subrutina de semiautomático en modo recepción, donde se tuvo una gran cantidad de pruebas (60 pruebas) hasta obtener resultados favorables para el proceso de automatización.



- Después de esto se realizaron pruebas para la velocidad de la recepción en modo semiautomático y estar listos para unir este proceso con el proceso del manipulador giratorio; al momento de unir estos dos procesos se pudo lograr después de todas las pruebas (se establecieron 20 pruebas), que se consiguiera el objetivo planteado para el modo de semiautomático.
- Una vez culminado el proceso de la recepción en modo semiautomático, se procedió a efectuar lo mismo para la entrega en este mismo modo; se empezó por el manipulador con gripper.
- En este manipulador giratorio se ocupó como referencia la subrutina ya creada para la recepción, se invirtió la secuencia y se usaron unos pocos parámetros extras, según se seguían realizando las pruebas necesarias, se establecieron 34 pruebas.
- Se llevo a cabo pruebas en el manipulador cartesiano para la entrega, donde en un inicio se colocó un punto de referencia el cual causaba conflictos, por lo que se ubicó un punto distinto de referencia en el programa final, todo esto con el fin de mejorar el proceso de entrega de la estación; el número de pruebas realizadas fue de 30.
- Al terminar de realizar estas pruebas en la subrutina del manipulador cartesiano para la recepción se unió con la creada para el manipulador giratorio; para así lograr el conjunto de estas dos y formar la subrutina de entrega para el modo semiautomático.
- Después se hicieron pruebas con la interfaz grafica y estas dos subrutinas unidas para lograr el modo completo semiautomático, se efectuaban las pruebas según se iba realizando la interfaz y todas estas pruebas fueron

necesarias para lograr uno de los modos principales que tiene esta tesis; se efectuaron 60 pruebas.

- Para el modo automático se tuvo que efectuar una serie de pruebas no solo con nuestra estación sino en conjunto con las demás estaciones, sobre todo con la Estación Central que es con la que se dio el intercambio de los mensajes; se realizó unas 20 pruebas.
- Se produjeron pruebas simulando los mensajes, ya que no siempre se podía disponer de la Estación Central, por esto fue necesario realizar esta simulación, estas pruebas fueron eficientes, ya que no hubo mucho problema con la comunicación entre estaciones, el número de pruebas fue de 40.
- En el modo manual también se ejecutaron muchas pruebas para los movimientos de los manipuladores giratorio y cartesiano, éstas pruebas fueron en menor número (15) que la de los otros modos en vista de que su programación es más básica pero estas pruebas eran necesarias, entre las cuales surgían varias complicaciones que se fueron corrigiendo a medida que se realizaban dichas pruebas.
- Para el modo demo también se fueron consumando una serie de pruebas (60) en los objetos usados para la simulación de la estación, estas pruebas ya no eran vinculadas con el programa del PLC, pero si con la programación gráfica de éste, que se fue adecuando a lo sucede en la estación real.
- Se realizaron pruebas para la unión de todos estos modos tanto en el programa del PLC, como en la interfaz gráfica para así lograr los resultados esperados de la tesis de Automatización de la Estación de

Almacenamiento ST-2000 mediante la Plataforma CompactLogix de Allen Bradley; el número de pruebas de repetitibilidad fue de 50.

- En la interface gráfica se desempeñaron pruebas por todos los botones que fueron colocados, de los distintos tipos de botones que se encuentra en las librerías del programa; unas 20 pruebas.
- También se plasmaron pruebas por todos los indicadores de texto dentro de la HMI; unas 20 pruebas.
- Al igual que los anteriores elementos de la HMI, se cumplieron varias pruebas para los cuadros de ingreso de texto que se tiene en el modo semiautomático y manual; unas 40 pruebas.
- Las pruebas que también se realizaron fueron en la simulación de la matriz con los siete productos para que concuerden con lo que se ve en la realidad; el número de pruebas fue de 50.
- En los manipuladores dibujados en la HMI se ejecutaron varias pruebas para la visibilidad de cada uno de los manipuladores que corresponda con los de la estación, y para que también el manipulador con gripper aparezca con el producto, cuando está en la banda transportadora (conveyor) y cuando está en el buffer de paletas; para todo esto se efectuaron una cantidad considerativa de pruebas (80), en los cuales se obtuvo distintos resultados.
- También llevo a cabo pruebas en la parte del Hardware donde se dejaron las conexiones necesarias y se eliminó todo lo no se necesitaba de la plataforma antes empleada en la estación y en el laboratorio en sí; unas 10 pruebas.

- Se fue probando la parte del hardware también por partes cuando se terminaba de realizar una conexión, para no cometer errores; unas 3 pruebas.
  
- Se puso en funcionamiento al panel frontal de la estación el cuál se encontraba fuera de uso, entonces se realizaron pruebas también para éste panel (20 pruebas), las que comprendían pruebas de tensión, corriente, y de funcionamiento del circuito armado en base a un diagrama unifilar <sup>(17)</sup>; y la prueba final que se efectuó contenía todo el conjunto de subrutinas del PLC, interfaz gráfica, y la parte del Hardware con su panel; el número de pruebas efectuadas fue de 60.

A continuación se muestra una pantalla de una prueba elaborada, ya terminada toda la programación, esta prueba fue ejecutada en conjunto con la estación Central y la estación Neumática:

---

<sup>17</sup> El diagrama unifilar del panel frontal se encuentra en el anexo 11

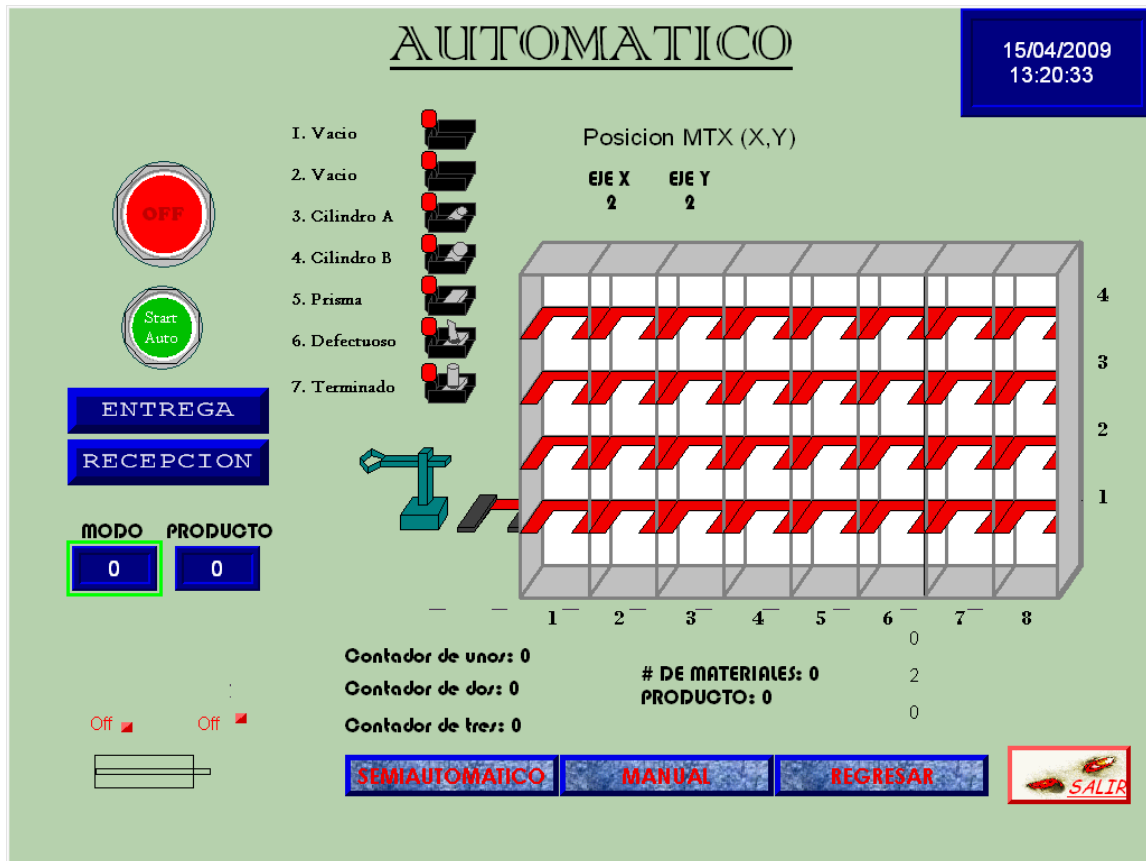


Figura 4.10 Figura de una prueba con el modo automático.

### 4.3 ANALISIS TECNICO DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACION DE ALMACENAMIENTO ST-2000 CON EL PLC COMPACTLOGIX 5000 DE ALLEN BRADLEY.

El funcionamiento de la estación de almacenamiento ST-2000 con el PLC 1768-L43 de la plataforma Compactlogix 5000 de Allen Bradley, técnicamente es superior al funcionamiento que poseía con el PLC usado; ya que tiene características que lo hacen mejor como son:

- La velocidad de comunicación entre PLC y el computador es en tiempo real, lo que permite un funcionamiento adecuado para los fines de programación realizados.

- La programación de éste PLC es muy amigable con el usuario y posee varios modos de programación como en Ladder que es la más usada, también programación en C, que es muy común y conocida por los programadores, y programación por bloques, esto facilita mucho la realización de subrutinas, las cuales pueden unirse sin que sea necesario que posean el mismo modo de programación.
- Este PLC posee comunicación por varios tipos como son: serial RS-232 integrado en el controlador; por Device Net, Control Net, y Ethernet/IP haciendo uso de sus respectivos módulos. El módulo Ethernet/IP 1768-ENBT es la que se utilizó para la realización del proyecto, y permite con facilidad realizar un sistema scada y reduce costos ya que se reduce mucho cableado, el cual se tenía con la antigua plataforma usada que era la de Modbus.
- Se permite una mayor capacidad de programación para subrutinas en la estación, ya que el PLC tiene una memoria de 2 Mb, permitiendo una mayor flexibilidad en procesos realizados por esta estación.
- El PLC posee una memoria flash lo que permite que no se pierda la información si por algún motivo es apagado, evitando así tener una batería extra.
- Se tiene la posibilidad de incrementar entradas y salidas, dando una gran flexibilidad, ya que este PLC tiene la facilidad de expandirse hasta 8 módulos de I/O, y aumentando dos fuentes 1769 puede expandirse hasta 16 módulos, por lo que es un sistema que puede crecer.
- La HMI diseñada permite un funcionamiento de la estación más amigable con el operador, ya que es muy gráfica y entendible por estudiantes con conocimientos básicos.

- El espacio físico antes ocupado se redujo, en vista de que se desmontaron cables y otros elementos que eran usados en la comunicación desmantelada y así se ocupó un menor número de entradas y salidas; ocupando un menor espacio físico y dejando lugar a expansiones.

En los manipuladores tanto el cartesiano como en el giratorio, el funcionamiento es óptimo y sus respuestas es en tiempo real, sin complicaciones de interferencias o caídas de voltaje que puedan afectar al desempeño normal de la estación de trabajo.

#### **4.4 RESULTADOS.**

Los resultados obtenidos al automatizar la estación han sido satisfactorios, donde se ha logrado cambiar de la tecnología antes usada dentro de la estación y de todo el laboratorio del CIM por una con mejores características.

Al realizar las pruebas experimentales los resultados obtenidos iban mejorando hasta llegar a un nivel muy alto de eficiencia.

Entre los resultados obtenidos que se han dado dentro de este proceso de automatización se encuentran los siguientes:

- En cuanto al tiempo de comunicación con las otras estaciones es prácticamente en tiempo real lo cual optimiza al proceso.
- En cuanto al proceso en sí, este ha sido configurado por partes para luego ser unido y ha tenido el resultado deseado que es del 100%.

- Cuando se configuró el primer brazo que es el manipulador giratorio, al inicio el resultado obtenido no era el deseado (30%) y se tuvo que operar sobre la velocidad de sus ejes para alcanzar un mejor resultado (80%), al final de toda esta serie de pruebas donde se iba cada vez puliendo más los errores que se encontraban; como por ejemplo que el manipulador de la vuelta solo si está sensor de arriba (LS10/U) <sup>(18)</sup> para que no se doble cuando tiene el producto y cosas así; se obtuvo el proceso que se deseaba tanto para la entrega como para la recepción de material, es decir un porcentaje de 100%.
  
- También se tuvo que colocar en la programación temporizadores para algunas partes de este proceso, para que no haga varias cosas a la vez sino siguiendo una secuencia y no sé de problemas con el manipulador.
  
- En el manipulador giratorio en las pruebas de velocidad de giro del brazo asociado con el agarre del gripper, utilizando varios materiales al final el resultado es que tuvo un buen agarre (90%) y con la velocidad de giro no se caen los materiales.
  
- Los resultados de las pruebas de repetitibilidad realizadas al manipulador giratorio fueron, primero en el modo recepción donde se logró un resultado positivo, ya que en las primeras pruebas los resultados no fueron favorables (40%) ya que no lograba el agarre deseado ni la velocidad, pero después de los arreglos pertinentes y pruebas se logró obtener el resultado deseado (100%) en la subrutina de este brazo para el modo recepción.

---

<sup>18</sup> Ver Anexo 14, Brazo neumático giratorio Koganey; y Anexo 18, Descripción de señales de entrada y salida



- En las pruebas realizadas con el manipulador cartesiano se tuvieron resultados positivos, en las pruebas de repetitibilidad de la subrutina de este brazo en el modo recepción se produjo un resultado del 40%, por problemas con respecto a los sensores que este posee, ya que en el eje X funcionaba correctamente, mientras que en eje Y, presentó un problema con el orden de los sensores, fue entonces que se buscó los errores y se pudo solucionar los problemas que se presentaron, cambiando el orden de éstos, obteniendo así el resultado esperado (100%) para esta subrutina de recepción en el Modo Semiautomático.
  
- Los resultados que se obtuvieron con el posicionamiento del manipulador cartesiano usando contadores después de todas las pruebas realizadas de manera general fueron muy buenas (98%), pero se encontraron limitaciones <sup>(19)</sup>.
  
- Para la parte de entrega se obtuvo resultados de las pruebas de repetitibilidad positivos (100%) en el manipulador giratorio, ya que se logró conseguir sin mucha dificultad el proceso que se deseaba que realice.
  
- Los resultados fueron también positivos para el manipulador cartesiano para la subrutina de entrega, ya que era muy parecida a la subrutina de recepción, y al final de todas las pruebas de repetitibilidad que se realizaron se obtuvieron resultados positivos (100%).
  
- Al unir estas dos subrutinas de entrega de los manipuladores giratorio y cartesiano se obtuvieron resultados aceptables (90%), no los deseados por limitaciones <sup>(20)</sup> presentadas pero si aceptables.

---

<sup>19</sup> Las limitaciones encontradas se encuentran en el Capítulo 4, Limitaciones

<sup>20</sup> Las limitaciones encontradas se encuentran en el Capítulo 4, Limitaciones

- En conclusión los resultados de la subrutina total de entrega del modo semiautomático con sus respectivas correcciones fueron muy buenas (100%).
- Para el modo automático tanto en las subrutinas de recepción como en las subrutinas de entrega de los manipuladores con gripper y el cartesiano, se realizaron una gran cantidad de pruebas que en un inicio no tuvieron buenos resultados (40%), pero a medida que se seguía probando, cambiando y mejorando los procesos se logró cada vez mejores resultados (80%); hasta que al final de este proceso en éste modo se logró un resultado deseado (100%) pero con las mismas limitaciones que posee el modo semiautomático.
- En el modo manual después de las pruebas que se efectuaron se obtuvo el resultado deseado, porque en un inicio se tuvieron buenos resultados (85%) pero no los deseados, pero después de pulir este modo se obtuvo un resultado positivo (100%) para este proyecto.
- Al realizar la integración de todos los procesos y modos de esta estación se tuvo inconvenientes como el reseteo de todas las variables, que fueron resueltos después de que se encontraban resultados malos (45%), después favorables (88%), hasta terminar en los resultados deseados (100%) para esta estación y así lograr un resultado general muy bueno con respecto a las aspiraciones del proyecto.
- Los resultados obtenidos al realizar el modo demo fueron impresionantes (100%), ya que después de todas las pruebas de repetitibilidad en la simulación el resultado obtenido es muy bueno (100%), para lo que se tenía previsto con respecto a este modo que

esta desvinculado del PLC y de la estación en sí ya que es un modo de simulación.

- Para el modo componentes no se tuvo ningún problema y su resultado es excelente (100%).
- Se obtuvo un resultado en el desempeño adecuado (100%) en el movimiento del manipulador cartesiano, ya que se optimizó el desplazamiento de éste dentro de la estación.
- En los resultados de las pruebas de repetitibilidad del panel frontal también se tuvo un excelente resultado que es lo que se deseaba lograr (100%).
- En general los resultados de las pruebas efectuadas a todos los procesos de la estación y también a los procesos de todo el CIM combinado con otras estaciones como la estación neumática y especialmente con la estación central fueron exitosos (100%).
- Los resultados del desempeño en la velocidad de transmisión de datos, es mucho más eficiente que la anterior en vista de que teóricamente la plataforma de MODICON en ModbusPlus maneja una velocidad de transmisión de 1 Mbps, en tanto que en la plataforma de CompactLogix con la ayuda de Ethernet se llega a velocidades de transmisión de hasta 100 Mbps.

#### **4.5 LIMITACIONES.**

Las limitaciones presentadas en el proyecto fueron muy pocas y no considerables por lo que se las va a nombrar a continuación:

- Entre las limitaciones que se descubrieron y que se pudieron solucionar, se tiene entre estas, que siempre que se inicia el programa y el brazo cartesiano estaba en el sensor de arriba (LS1/YU) daba problemas de inicialización como que no encontraba el punto de partida que es cuando éste manipulador se encuentra en los sensores (LS1/YU), (LS1/XL) y (LS2/ZB) <sup>(21)</sup>, pero después de cambiar la programación se logró solucionar esto.
- Una limitación encontrada es en la velocidad del eje Y en modo semiautomático y automático, ya que cuando se inicializaba desde un punto donde el manipulador cartesiano llegaba antes al sensor (LS1/XL) que al sensor (LS1/YU), tenía un comportamiento anormal como que no realizaba bien las subrutinas; por lo que se tuvo que quitar el cambio de velocidad para el eje Y cuando se inicializa, esta es una limitación que tiene este proceso.
- Otra limitación hallada se da en el momento de buscar ó dejar algo en el compartimiento de almacenamiento, con respecto también a la velocidad, si se cambiaba la velocidad del eje X a lo más rápido que es de 5cm/s, porque el sensor no detectaba algunos puntos de la matriz y se iba a otras posiciones, por lo que se seteó con una velocidad hasta que llega a la posición de la matriz después de esto si realiza el cambio de velocidad a lo más rápido.
- Otra limitación es con respecto al manipulador cartesiano, es que cuando se inicializaba y el brazo se encuentra en el sensor de arriba (LS1/YU)

---

<sup>21</sup> Ver Anexo 18, Descripción de señales de entrada y salida.

mandaba una señal de que se encuentra un producto en el buffer de paletas, por lo que se programó <sup>(22)</sup> para evitar ésta limitación.

- También es una limitación la velocidad con la que gira el manipulador giratorio, ya que a mayor velocidad el agarre del material se descuadra y no coloca bien al material, ya sea en el buffer de paletas o en el compartimiento de la banda transportadora (conveyor), esto se da por el gripper que no aprieta lo suficiente, y en especial por falta de mantenimiento de la estación.
- Una limitación encontrada al hacer la interfaz gráfica específicamente el modo Demo, es que en la programación gráfica no se puede sobrepasar las 1000 visibilidades en los objetos, es decir solo se puede hacer visible o invisible hasta 1000 gráficos.
- Una limitación que tiene que ver con el software, es que el programa Factory Talk solo puede ser usado en cuentas que sean modo administrador para poder usar éste programa.

---

<sup>22</sup> Ver anexo 19, programa principal.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES.

- La utilización de normas y estándares internacionales, tales como IEC, API, NEC, ANSI, etc. Permiten hacer uso de los equipos de manera adecuada así como también los lugares en donde deben ser estos ubicados.
- La tecnología Ethernet se ha convertido en los últimos años como la más utilizada dentro de ambientes industriales, dado a su alta velocidad de transferencia de datos, robustez y fiabilidad.
- Se observó al momento de hacer la migración de la plataforma MODICON, con el PLC 984 COMPACT A145, a la plataforma COMPACTLOGIX con el PLC 1768-L43A de ALLEN BRADLEY, una amplia optimización de la estación de almacenamiento, así como también una reducción de cableado. A través de un único Cable de red y aprovechando la infraestructura de red Ethernet, se hizo la transferencia de información y comunicación con las otras estaciones del Laboratorio CIM y en especial con la estación Central, así pues se hizo paso de la eliminación de cableado utilizado a nivel discreto por el PLC 984 COMPACT A145.
- Dentro del Software RsLogix5000, los lenguajes de programación Ladder (escalera) y lenguaje estructurado, permiten realizar programas más robustos y seguros, adaptables a las necesidades y requerimientos usuario de la estación.

- Es importante ofrecer seguridad a la información en el ambiente industrial, ya que al ofrecer a un usuario cualquiera todos los accesos, puede que éste haga uso de tal información de manera no ética o puede que dicha información sea alterada, ocasionando daños y perjuicios a la Empresa. Las cuentas de usuario creadas en el software FactoryTalk, permiten que cierta información sea entregada a determinados usuarios.
- Uno de los principales problemas que generalmente se presentan en estaciones de tipo AS/RS, es el posicionamiento, con cierto grado de tolerancia, el cual puede ser corregido con un adecuado mantenimiento de de los dispositivos de sensamiento, así como sus accesorios asociados.
- Estaciones de almacenamiento AS/RS, son ampliamente utilizados en procesos de manufactura y distintos centros de distribución, reduciendo personal en áreas que demanden carga y transporte de productos pesados o peligrosos.
- Se obtuvo mejoras en cuanto a exactitud, control de inventario en tiempo real y eficiencia de operación respecto al sistema anteriormente implementado en el laboratorio CIM.
- La velocidad de transmisión de datos, es mucho más eficiente que la anterior en vista de que teóricamente la velocidad de transmisión utilizada en la plataforma de MODICON haciendo uso de ModbusPlus, era de 1Mbps, en tanto que en la plataforma CompactLogix de Allen Bradley, haciendo uso de Ethernet, se llega a velocidades de transmisión de hasta 100Mbps.
- La evolución de Ethernet ha permitido dentro de la industria optimizar sus procesos, reducir sus costos y optimizar tiempos.

- El control diseñado e implementado en la estación de almacenamiento para el movimiento de los brazos que lo integran, están optimizados de tal manera que éstos puedan moverse libremente ante cualquier requerimiento, ya sea en el modo manual, semi-automático y automático.
- Las características del controlador CompactLogix1768-L43A, en cuanto a memoria y comunicación, son ampliamente superiores al controlador anteriormente implementado en la estación de almacenamiento AS/RS ST-2000. Generalmente controladores de la familia CompactLogix, son utilizados en ambientes industriales grandes, en cuanto que Controladores como 984-145 Compact-A145, son utilizados a pequeña y mediana escala.
- El direccionamiento en el controlador 984-145 Compact-A145, es físico, es decir, haciendo uso de un dip switch, se le es asignada una dirección de Red en ModbusPlus, mientras que en el controlador 1768-L43A, el direccionamiento es lógico, mediante una dirección de red IP, utilizando protocolos de capa 3 del modelo de referencia OSI.
- El valor SIL de un SIS está fuertemente determinado por los sensores y elementos finales; por esto ya algunos fabricantes disponen de PTs, TTs, LTs, posicionadores de válvulas y válvulas solenoides alta integridad.

## 5.2 RECOMENDACIONES.

- Es recomendable realizar un programa de mantenimiento preventivo de los elementos y dispositivos que conforman a la estación de almacenamiento, con el fin de mantener un funcionamiento adecuado de la misma, ante su requerimiento, y evitar en lo posible, un futuro mantenimiento correctivo de la Estación.



- Es necesario leer los manuales de funcionamiento y operación de los componentes, que el o los fabricantes ponen a disposición del usuario, dado a que éstos son guías referenciales al momento de hacer uso de un determinado componente.
- Es recomendable conocer la infraestructura de red sobre la cual se va a implementar una infraestructura de red industrial, por seguridad, crecimientos y fiabilidad de los datos.
- Hacer uso de las normas tales como ISO/IEC 11801 e ISO/IEC24702, puede ser de gran utilidad para seleccionar un determinado tipo de cable de comunicación así como también de sus componentes asociados. Para la estación de almacenamiento se recomienda utilizar un cable UTP, Cat5e o Cat6, clase D.
- Es recomendable hacer un buen uso de los mensajes, para optimizar la red y no congestionarla, es decir, leer las consideraciones que el fabricante pone a disposición para poder utilizarlos.
- Si se va a realizar una interfaz gráfica (HMI), respecto a un determinado proceso, es recomendable hacerlo semejante a éste, es decir, que la HMI vaya acorde al funcionamiento, en este caso, de la estación de almacenamiento.
- El nivel de seguridad que posea una infraestructura de Red industrial, se verá reflejado en los mecanismos que estén implementados en ésta, ante cualquier ataque, falla o error de los dispositivos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

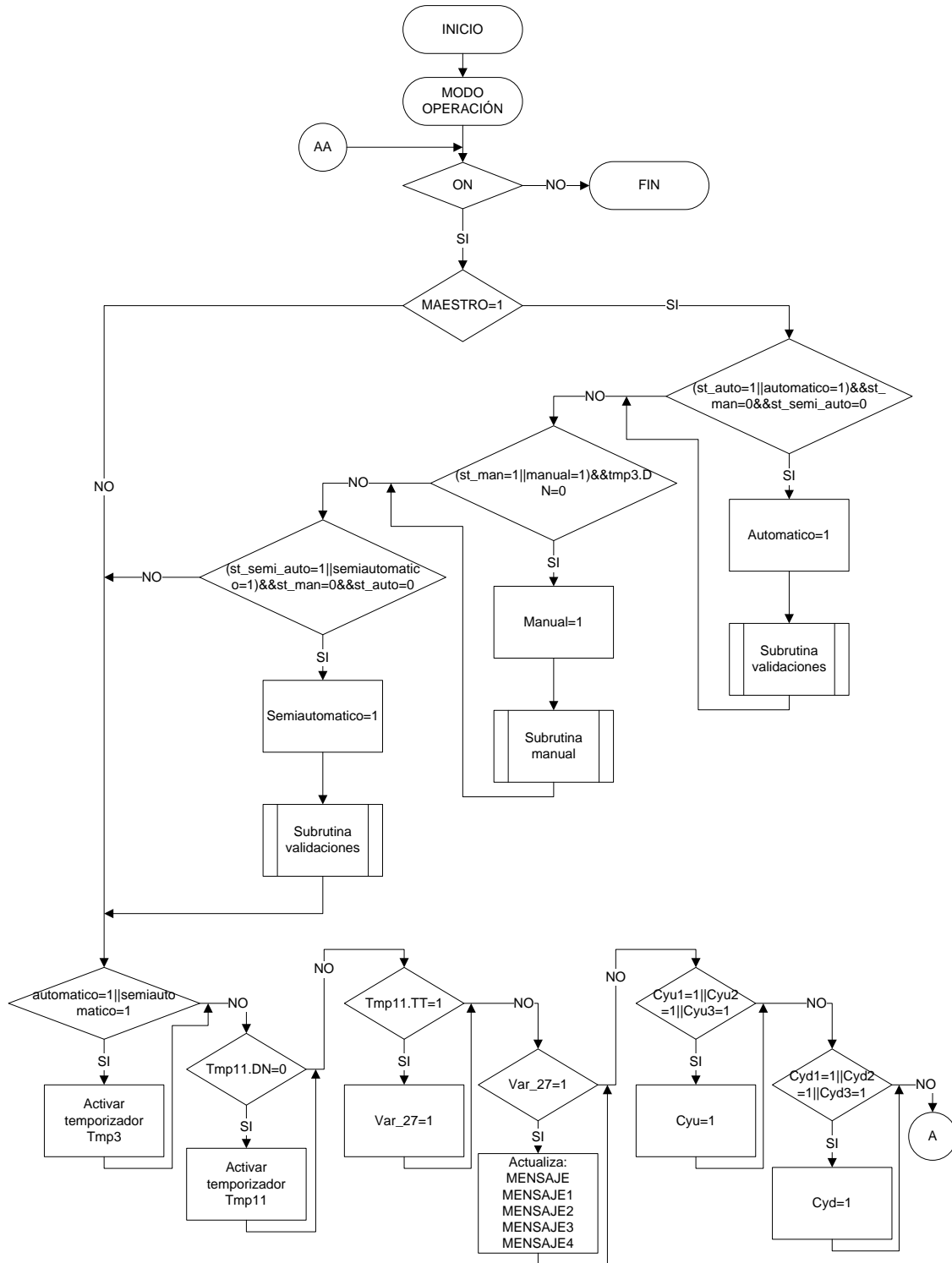
- Power Supplies; Publication 1768-IN001B-EN-P - July 2006; 32 páginas; Printed in the U.S.A.
- Catalog Numbers 1768-L43, 1768-L45; CompactLogix Controllers, Series B; Publication 1768-IN004C-EN-P - October 2008; 40 páginas; Printed in the U.S.A.
- Cat. No. 1769-CRR1, -CRR3, -CLL1, -CLL3, -CRL1, -CRL3; 1769 Compact I/O Communication Bus Expansion Cables; Publication 1769-IN014B-EN-P - May 2002; 12 páginas; Printed in the U.S.A.
- Catalog Number 1769-OB16, Series B; Compact™ Solid State 24V dc Source Output Module; Publication 1769-IN054A-EN-P - April 2001; 20 páginas; Printed in the U.S.A.
- Catalog Number 1769-IQ16F; Compact 16-point 24V dc Sink/Source High-speed Input Module; Publication 1769-IN064A-EN-P - April 2003; 16 páginas; Printed in the U.S.A.
- Logix5000 Controllers; 1756 ControlLogix, 1769 CompactLogix, 1789 SoftLogix, 1794 FlexLogix, PowerFlex 700S with DriveLogix; Publication 1756-QR107C-EN-P - June 2005; 402 páginas; Printed in the U.S.A.
- Getting Results with RSLinx, Rockwell Software, LINX-GR001B-EN-P.pdf; Introducción a RSLinx Lite; 8 páginas; Printed in the U.S.A.
- Cat. No. 1756-ENET; Módulo de interface de comunicación ControlLogix Ethernet; Publicación 1756-6.5.1.ES – Agosto de 1997; 42 páginas.
- Developing a Logix5000™ Project Using RSLogix5000™ Software; Version 8.0; Catalog Number ABT-1756-TSM50-October 2001; Printed in USA.
- ANSI/ISA S84.01:1996; Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries.

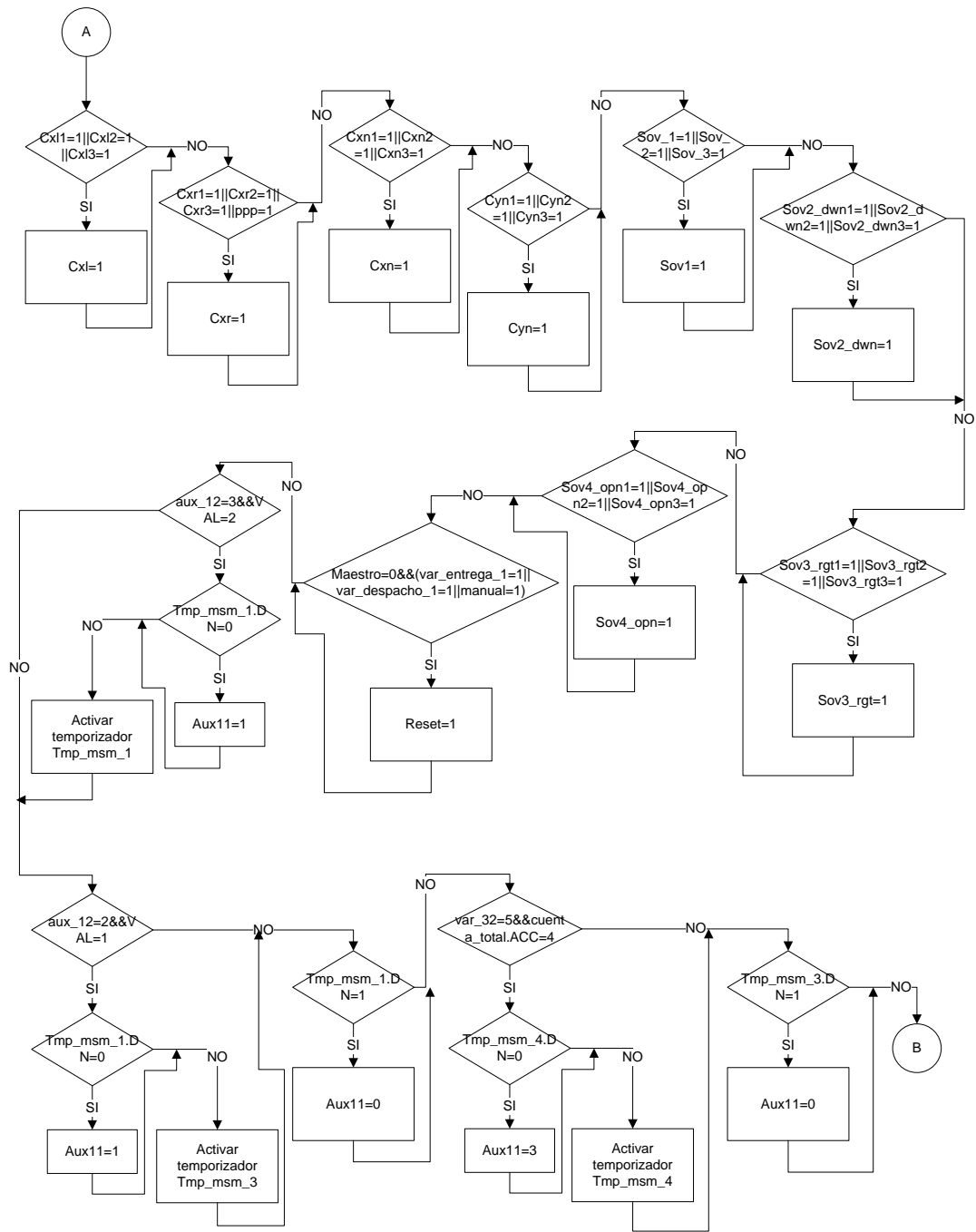
- EN 954-1:1996; Safety-related parts of control systems, Part 1: Generic principles for design.
- IEC 61508, Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems, International Electrotechnical Commission, Switzerland.
- IEC 1131-3, a standard programming resource.
- Controladores Logix5000; (Num. cat.) 1756-L1, -L1Mx; 1756-6.4.1ES - Octubre de 1999; 400 páginas; Printed in the U.S.A.
- Getting Results with RSLinx, Rockwell Software, LINX-GR001B-EN-P.pdf
- Hands-On Lab Workbook Introduction to EtherNet/IP; NOT-SP003E-EN-E; 9/21/2004; 98 páginas.
- <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/1743/1/TESIScastillocervantes.pdf>
- [http://static.toodoc.com/download.php?s=YTo0OntzOjM6InVybnVybCI7czo4MjoiaHR0cDovL3d3dy5leGlkYS5jb20vY29tcGFueS9nZW5lcmFsL0RhdmkxJTlwRm91cm5pZXllMjBQcm9mZXNzaW9uYWwIMjBQcm9maWxILnBkZil7czo0OiJzaXplIjtzOjY6IjExNjQyOC17czo0OiJkYXRlljtzOjEwOilyMDA5LzA0LzI2IjtzOjU6InRpdGxlljtzOjMwOiJlYXZpZCBGb3VybnVyb299TS5BLINjLiwgUC5Fbmc030%3D](http://static.toodoc.com/download.php?s=YTo0OntzOjM6InVybnVybCI7czo1ODoiaHR0cDovL3d3dy5leGlkYS5jb20vYnJvY2h1cmVzL2V4aWRhX0NGU0VfUHJvZ3JhbV8yMDA5LnBkZil7czo0OiJzaXplIjtzOjY6IjE0MzcvOC17czo0OiJkYXRlljtzOjEwOilyMDA5LzA0LzI2IjtzOjU6InRpdGxlljtzOjQwOiJDZXJ0aWZpZWQgRnVuY3Rpb25hbCBTYWZldHkgRXhwZXJ0IFByb2dyb299; normas SIL</a></li>
<li>• <a href=)
- [http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/catalog/es/st80\\_s.pdf](http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/catalog/es/st80_s.pdf); Sistemas para manejo y visualización.
- <http://modbus.control.com/topic/70/500>; Foro acerca de ModBus.
- <http://www.clearsy.com/moteur/search.php?query=SIL&search=1>; Normas de Seguridad.
- <http://www.ab.com/micrologix>
- Tesis del Ing. Rodolfo Gordillo
- Soluciones para el control de Movimiento, NORGREN APC-1SP.

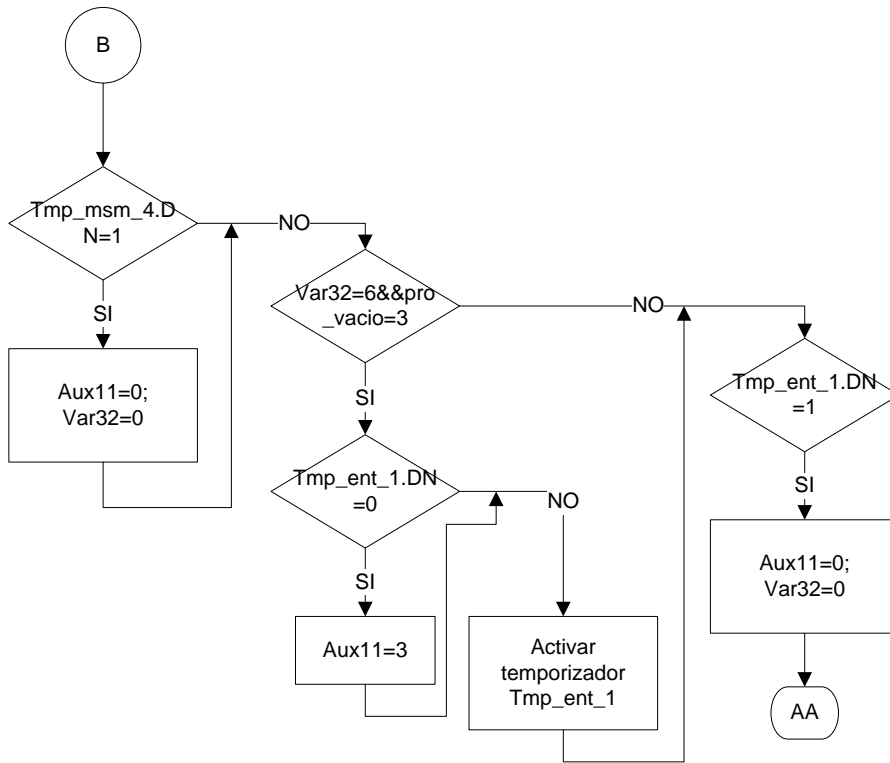
## ANEXOS

# ANEXO 1

## MODO OPERACIÓN

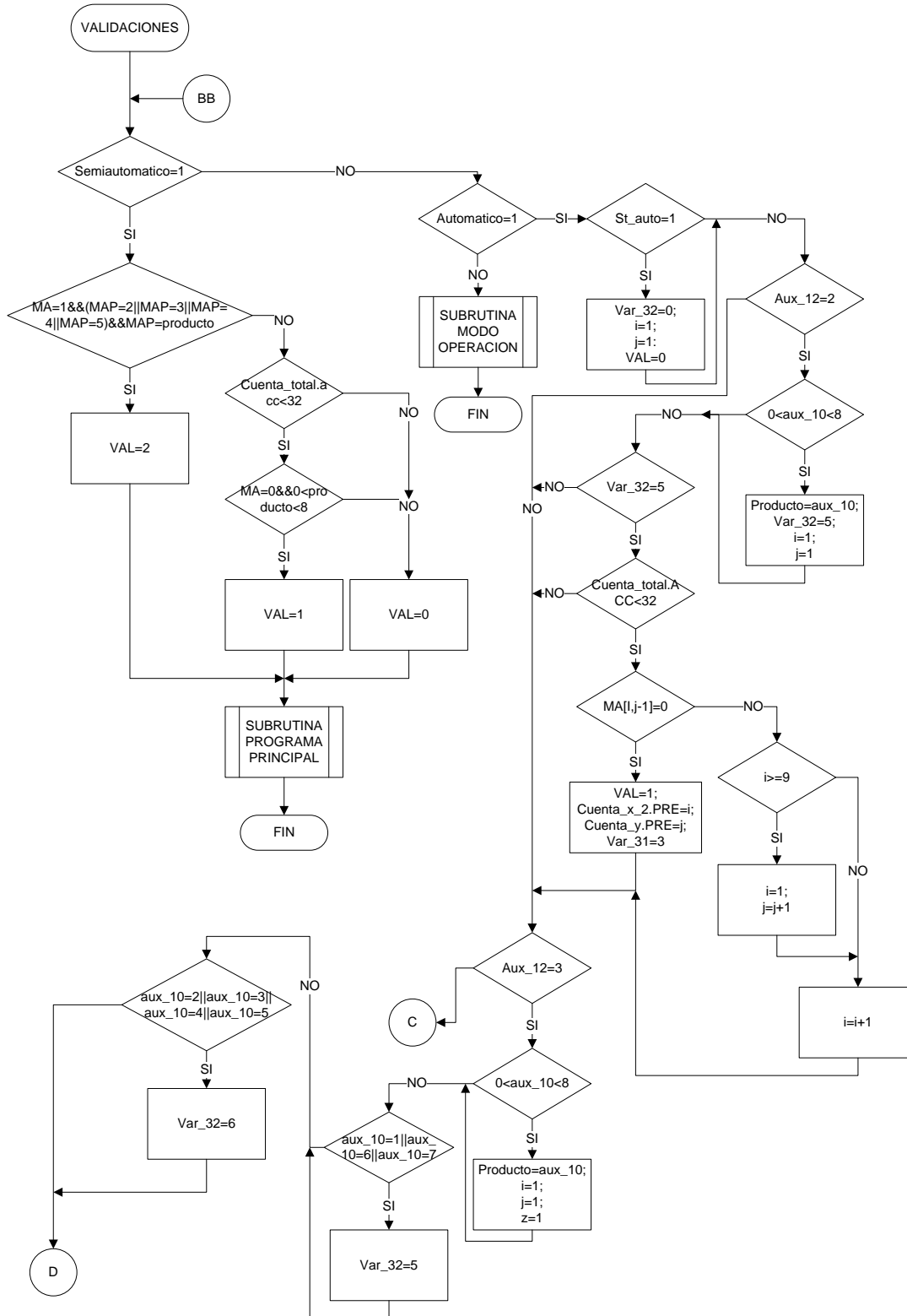




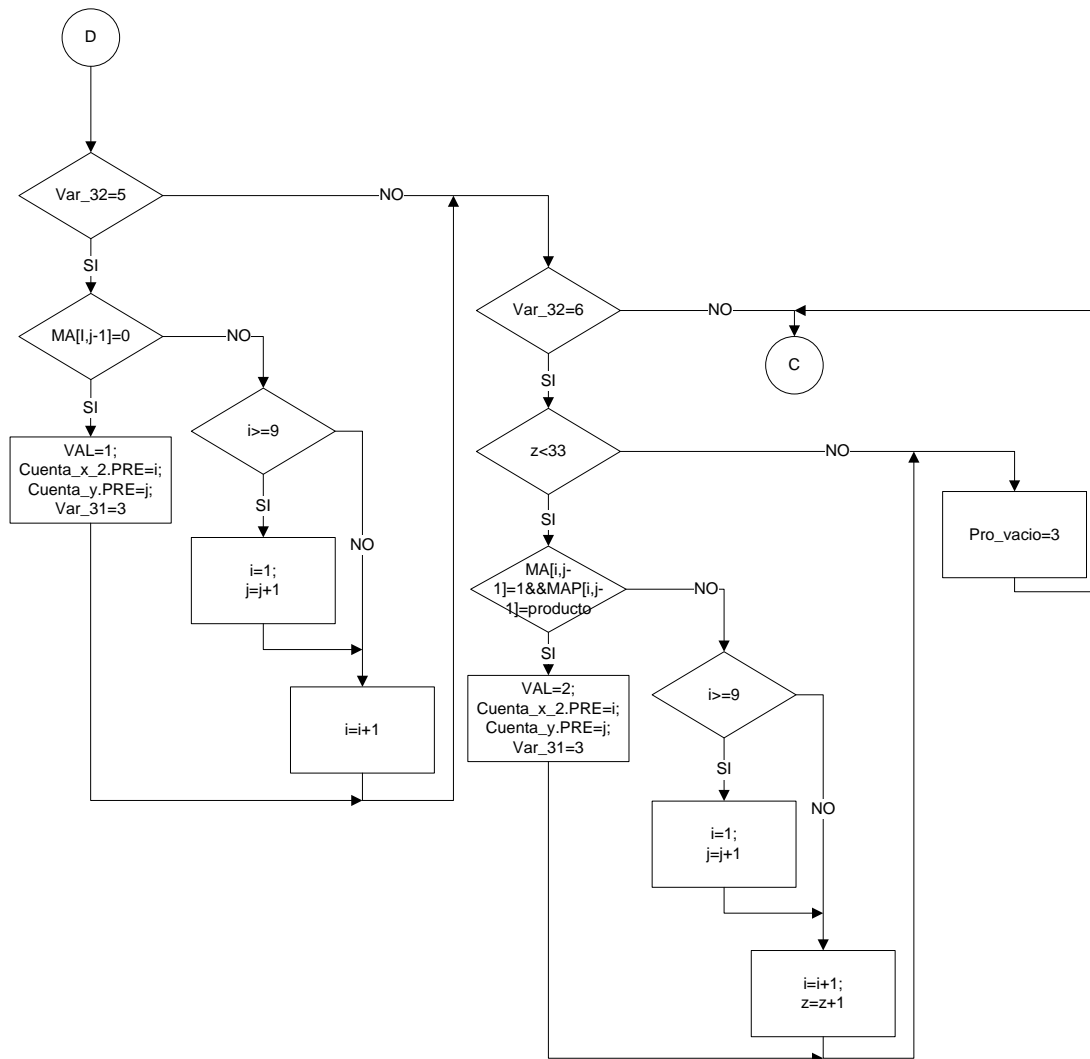


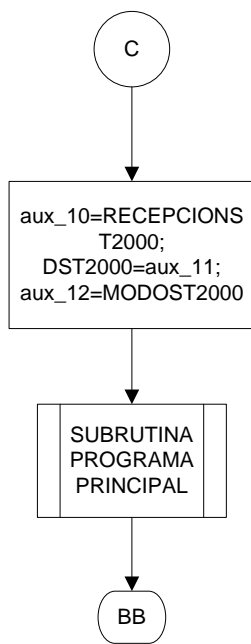
## ANEXO 2

### VALIDACIONES



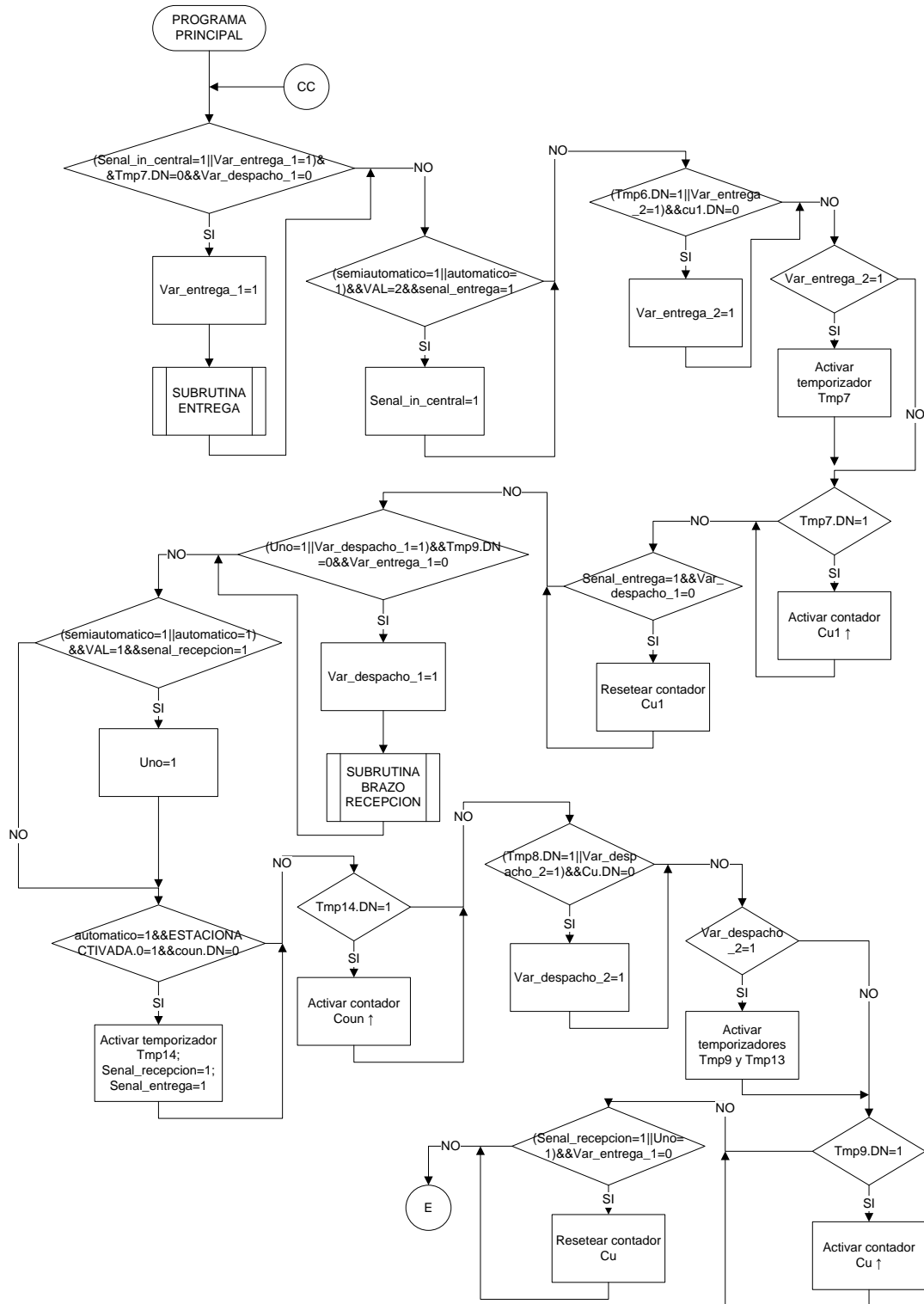


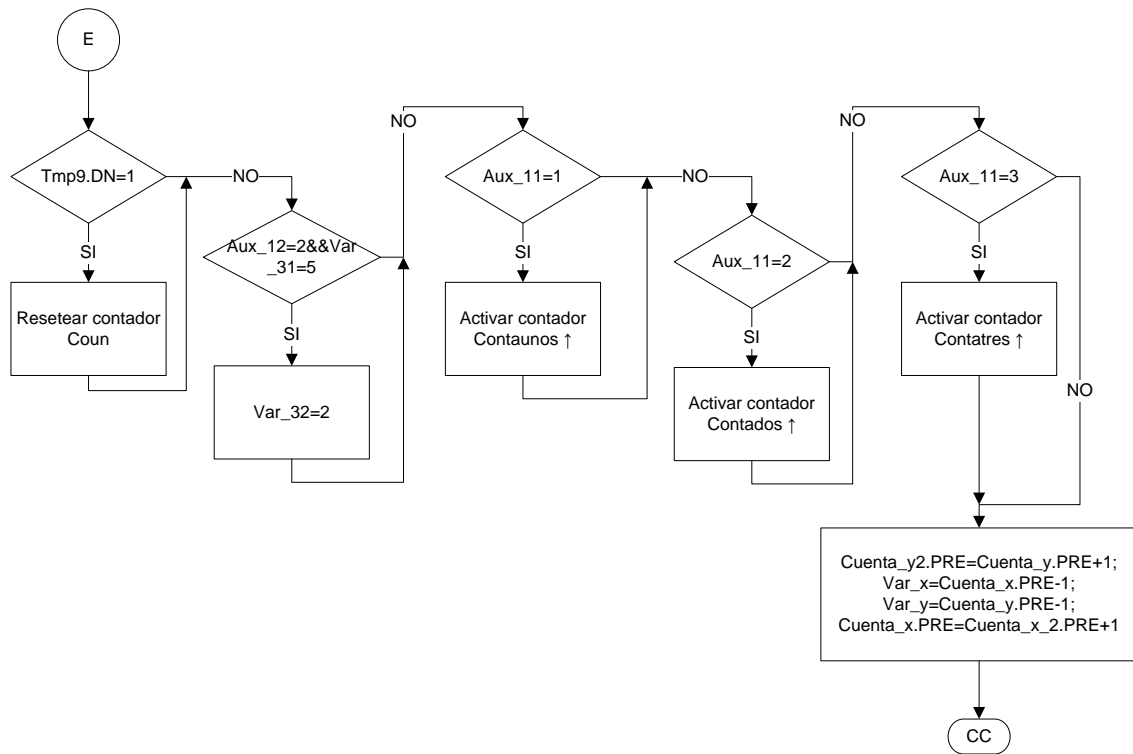




### ANEXO 3

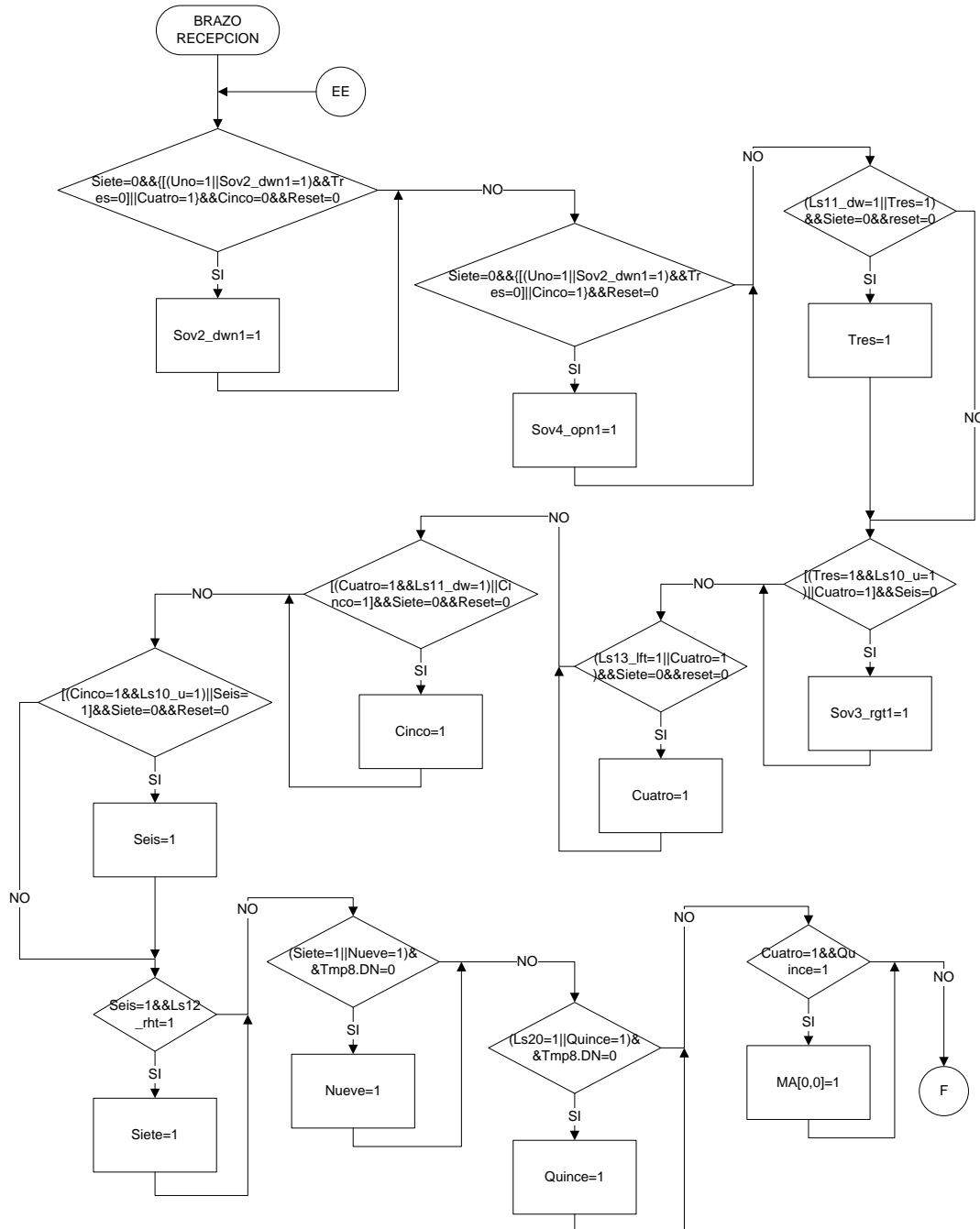
### PROGRAMA PRINCIPAL

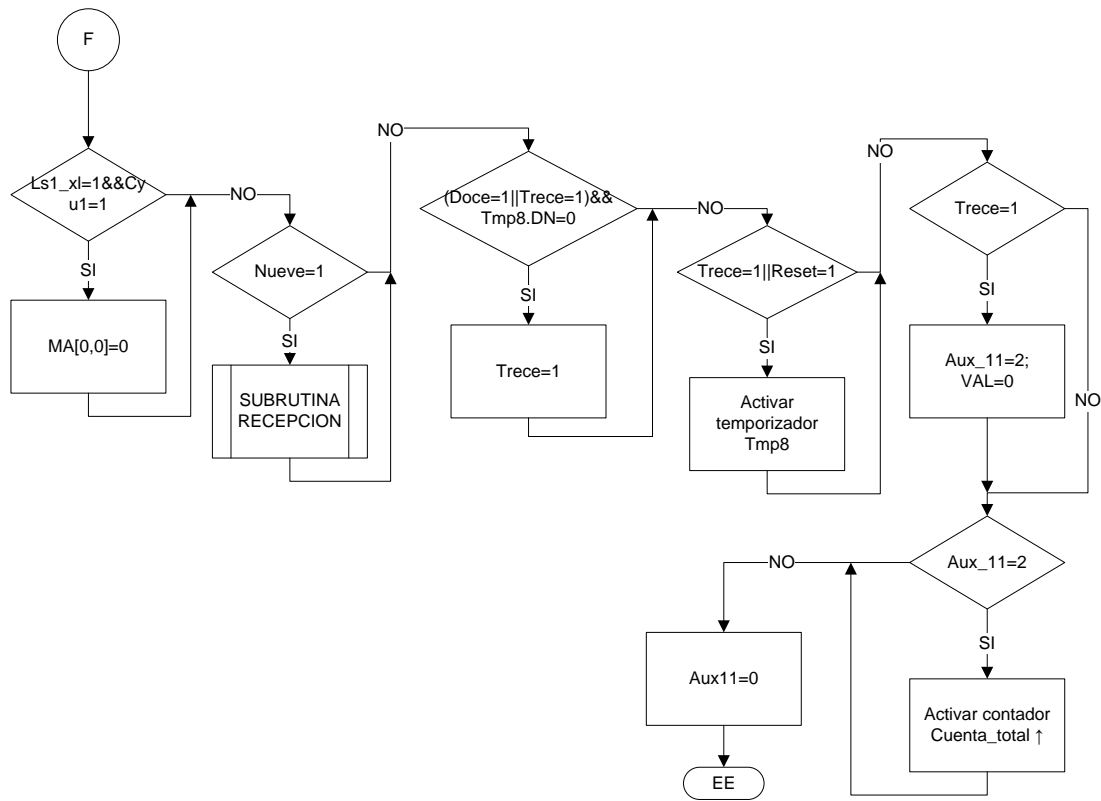




# ANEXO 4

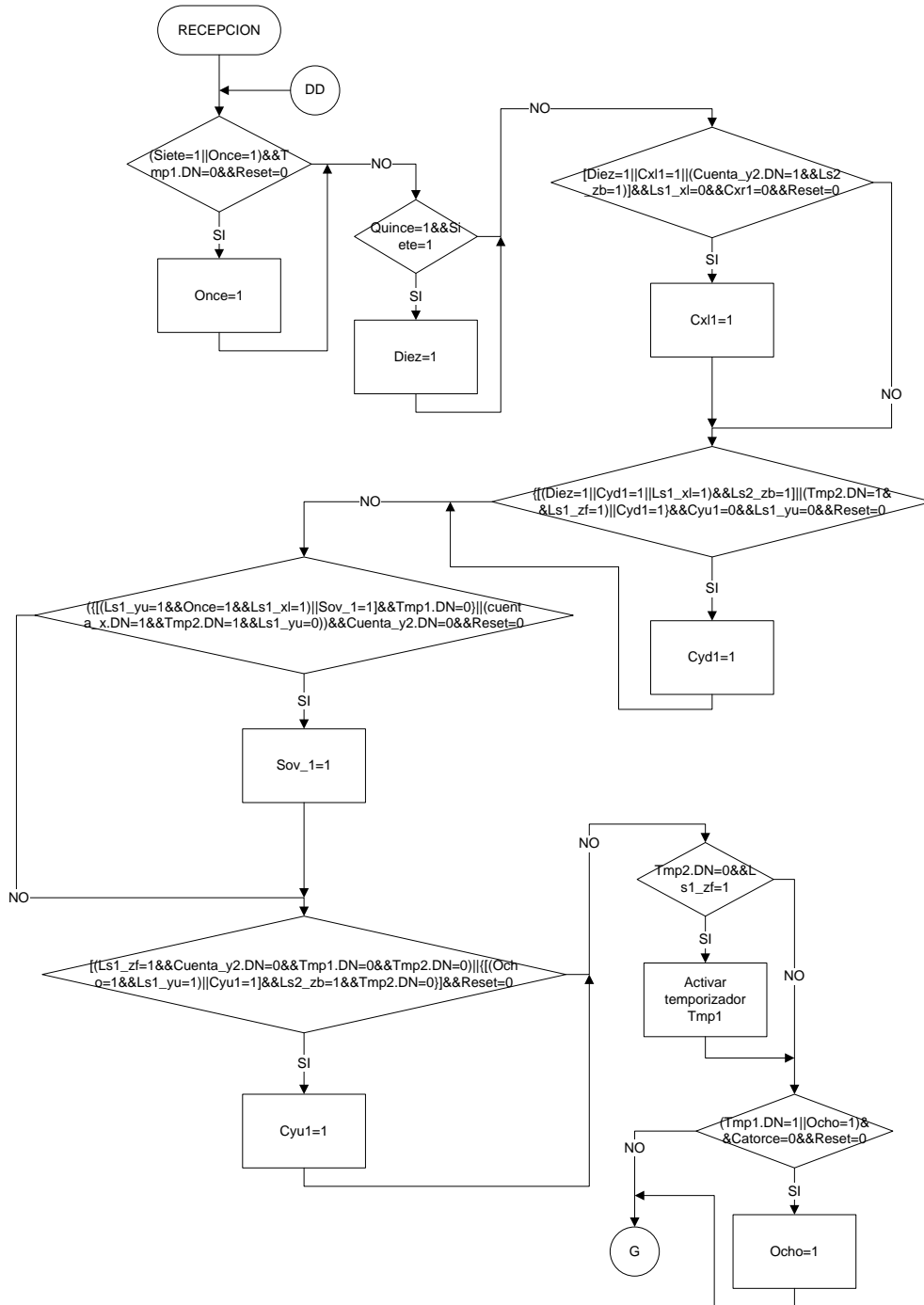
## BRAZO RECEPCION

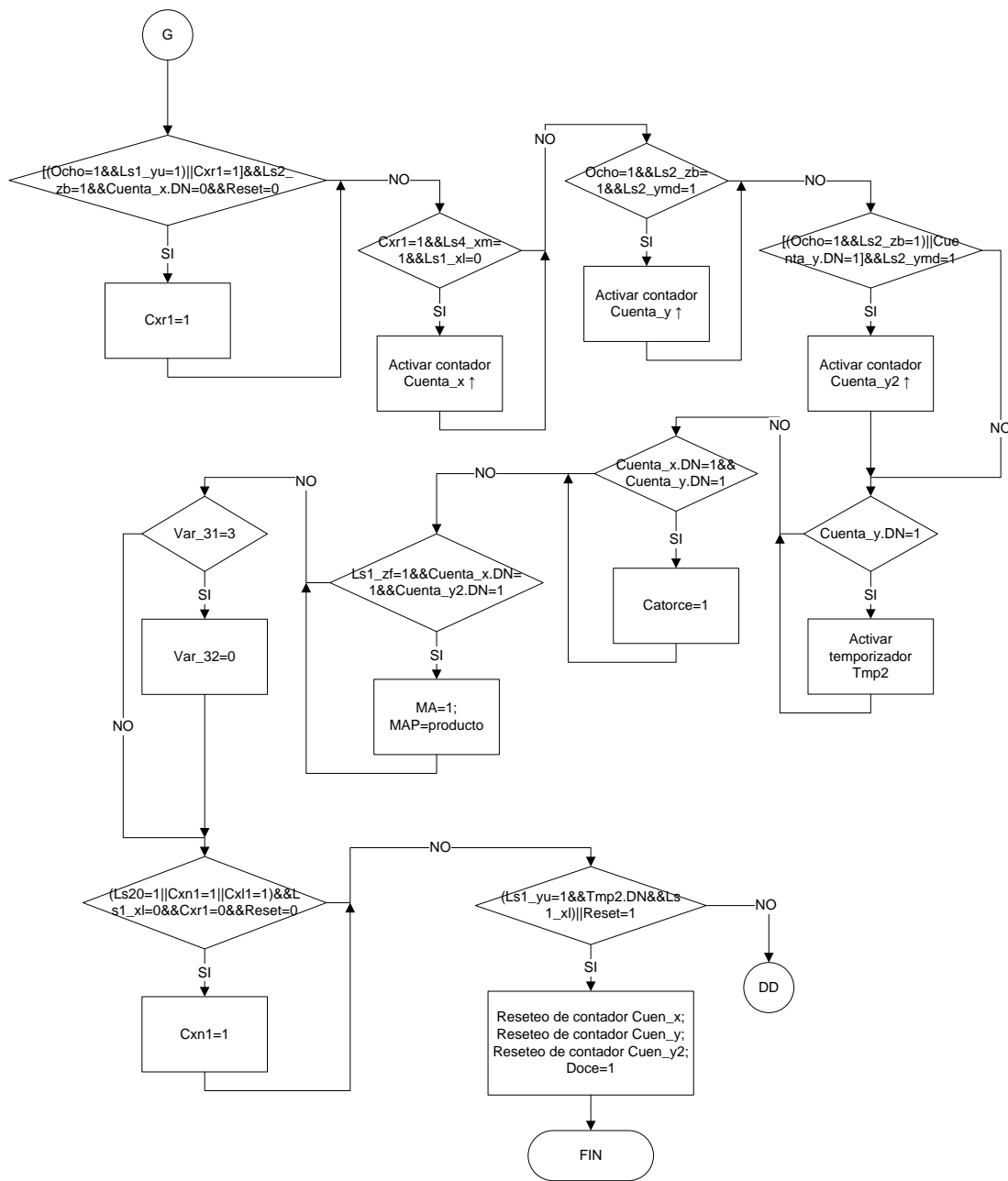




## ANEXO 5

### RECEPCION

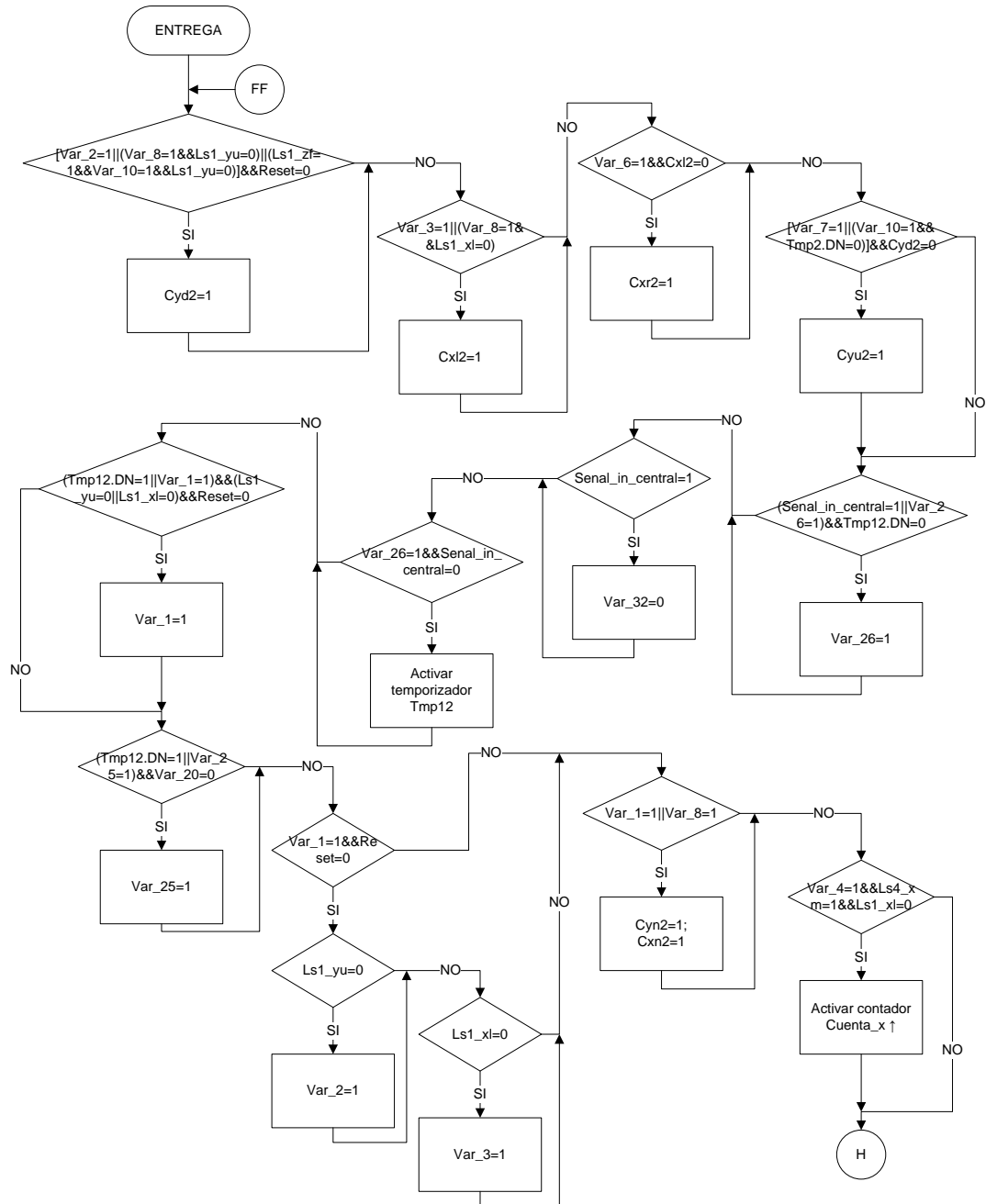


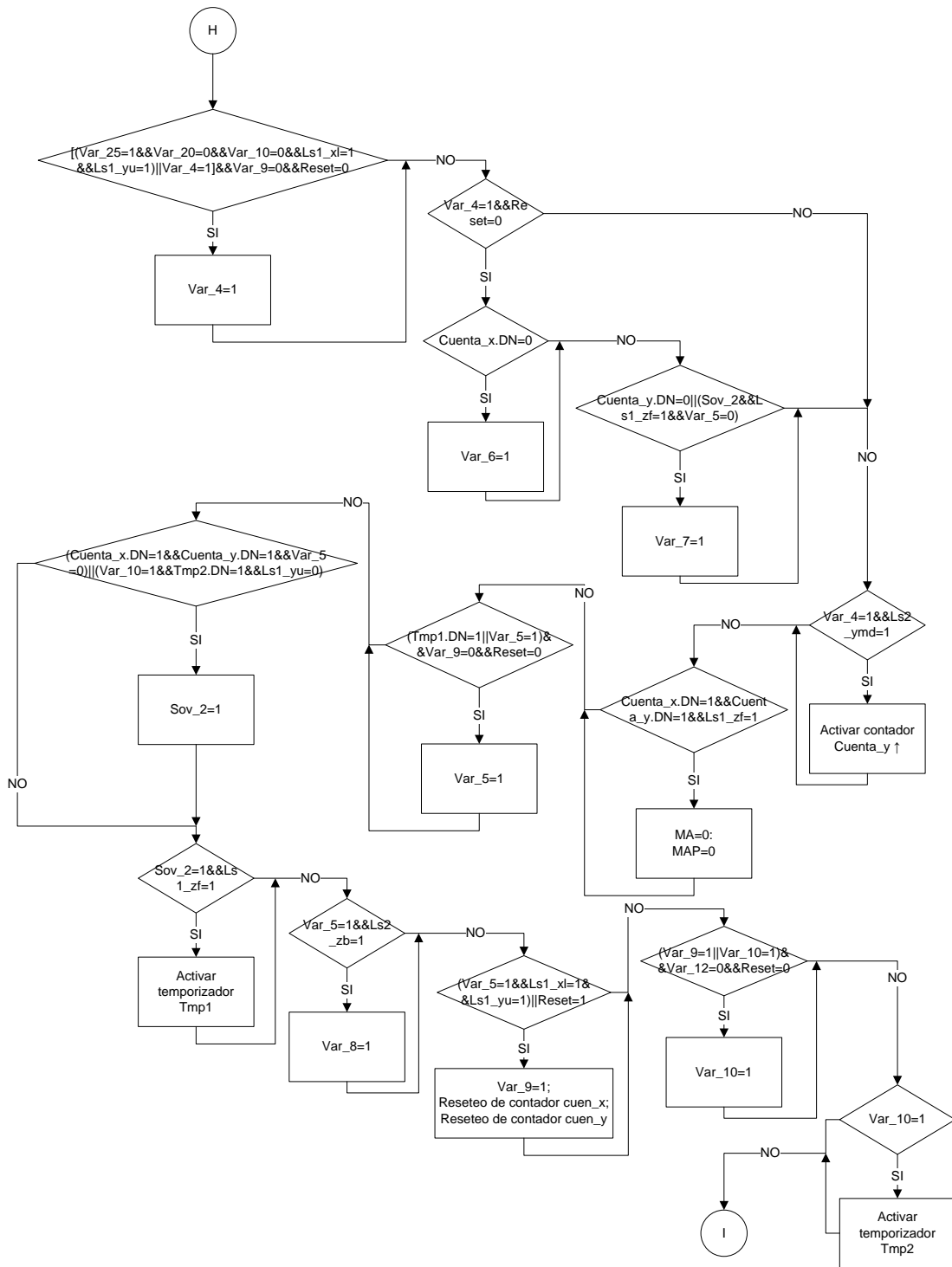


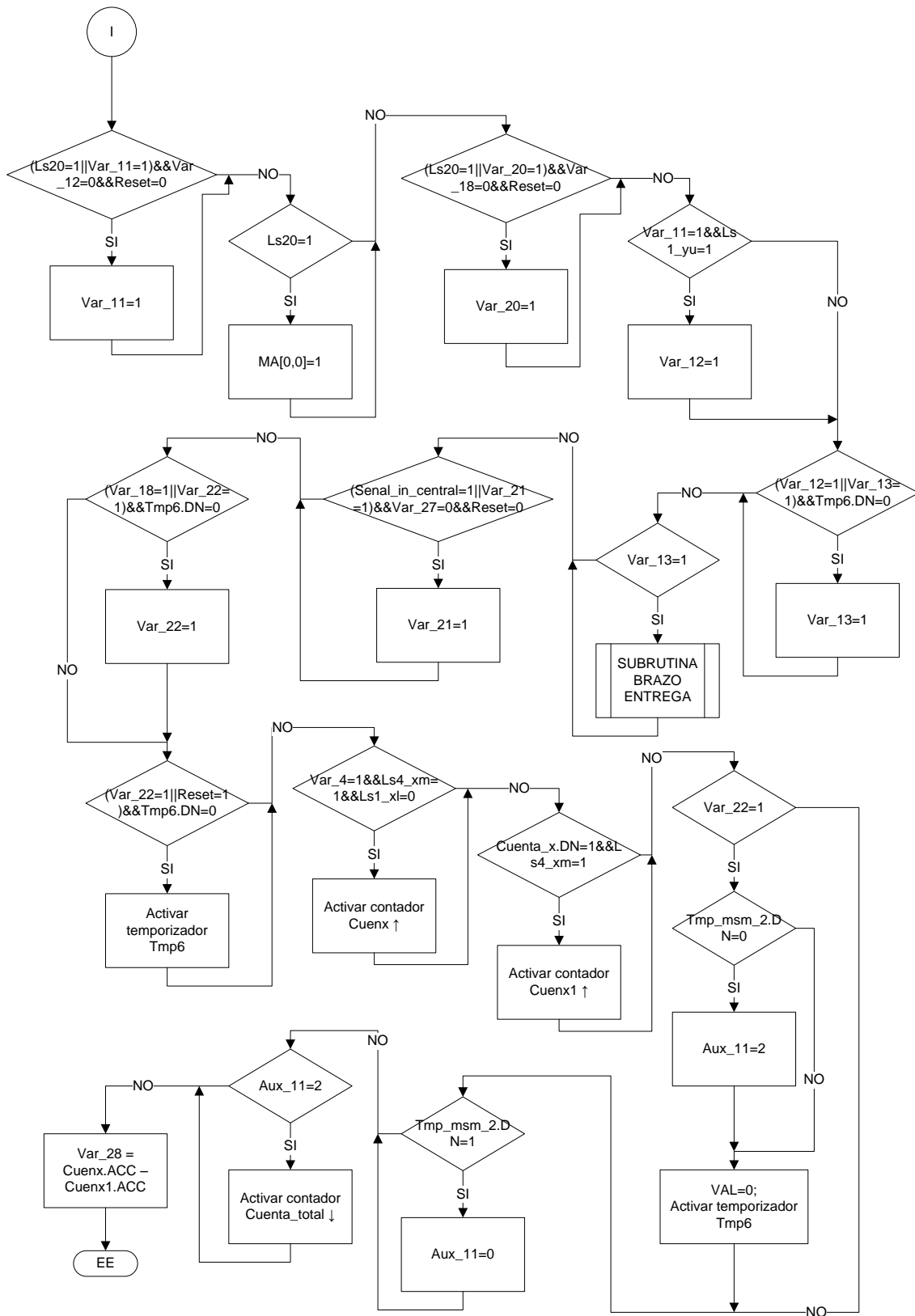


## ANEXO 6

### ENTREGA

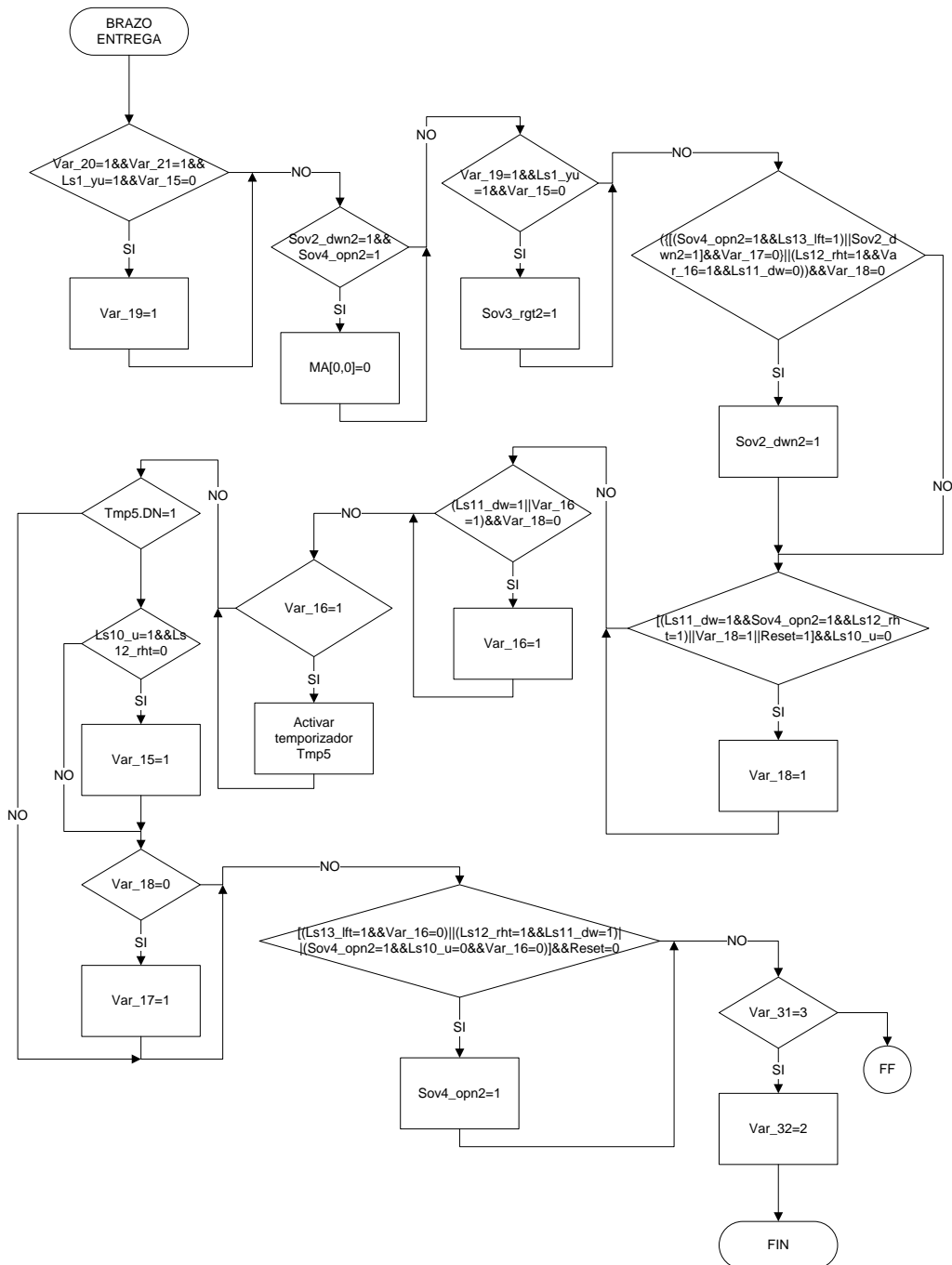






## ANEXO 7

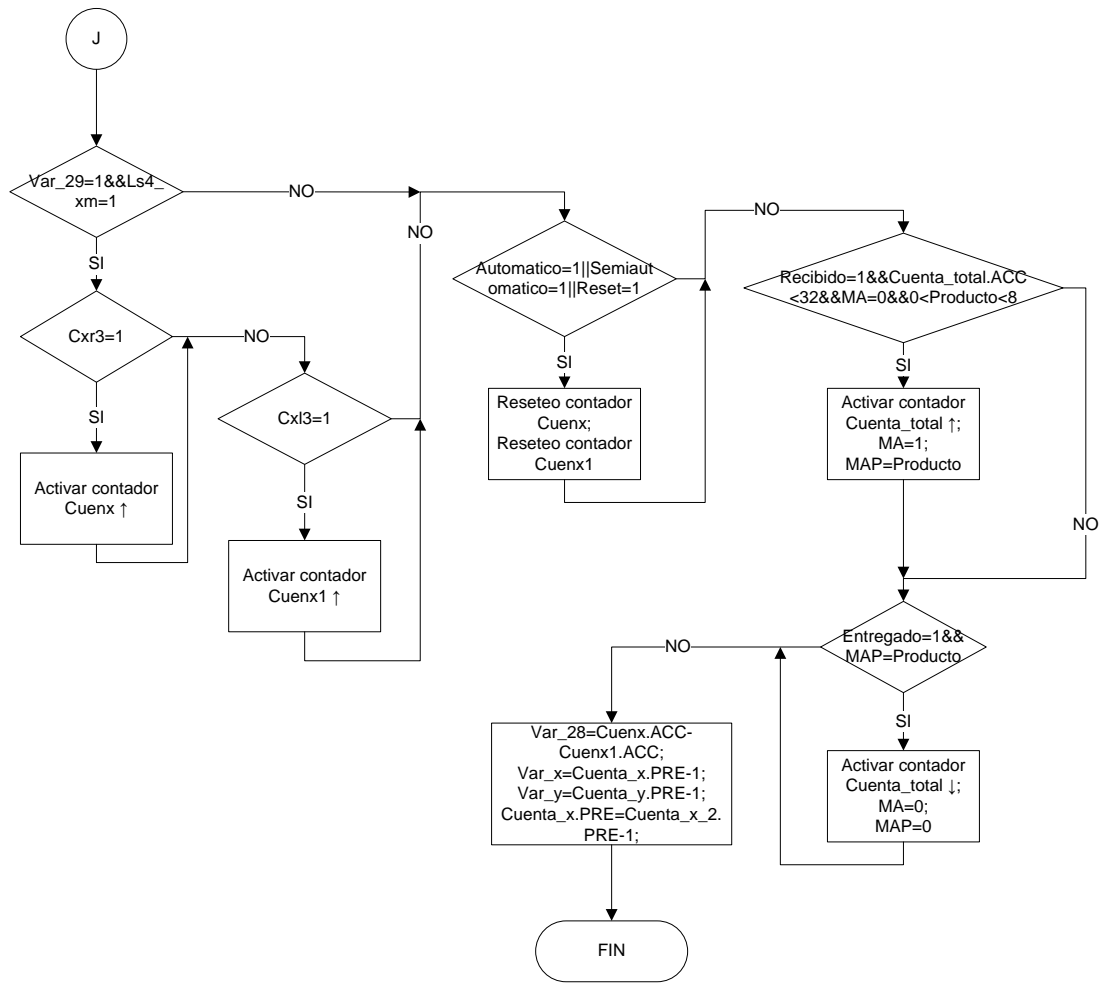
### BRAZO ENTREGA



## ANEXO 8

### MANUAL





## **ANEXO 9**

### **ESTRUCTURA DE PROGRAMACION DEL PLC COMPACTLOGIX 5000 DE ALLEN BRADLEY**

#### **INTRODUCCIÓN**

En el presente anexo se describe la estructura de programación utilizada para el PLC en el programa de RSLogix 5000.

#### **ESTRUCTURA**

Para la realización de la programación del PLC primero se debe configurar una dirección IP, en el módulo de comunicación Ethernet 1768-ENBT, el cual se lo describe a mayor detalle en el Capítulo 3; una vez asignada una dirección IP al módulo del controlador 1768-L43, se debe configurar la comunicación entre el PLC, la PC de la estación AS/RS ST-2000, y los otros controladores del laboratorio CIM, lo cual se realiza con la ayuda del software “RSLinx” donde se agregan las direcciones de los dispositivos con los que se desea tener comunicación, también descrito en el Capítulo 3.

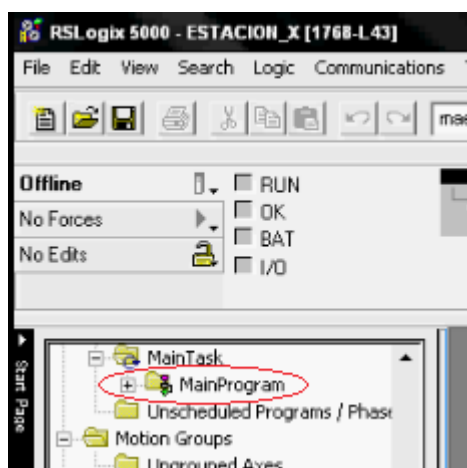
Una vez realizada la comunicación entre el módulo de comunicación del controlador del PLC y la PC se agregan los módulos de entrada y de salida, dentro del software de programación “RSLogix 5000”, en la carpeta de configuración del controlador llamada “I/O Configuration” en el Bus 1769.

Para efectuar la programación, se agrega una nueva rutina, dentro de un programa donde se pone el nombre del programa a realizar y la revisión de firmware.

Una vez hecho los pasos anteriormente descritos, se puede empezar a realizar la programación requerida por el usuario, en el controlador.

Para la programación se tomará como ejemplo la subrutina utilizada para el ***modo manual*** del presente proyecto.

Lo primero que se tiene que hacer es agregar en “MainProgram” el nombre de la rutina, y empezar a agregar las variables de los módulos de entrada y salida, así como también agregar las variables internas del controlador, tal como se muestra en las siguientes figuras.



**Figura “MainProgram”**



Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
cxl	0		Decimal	BOOL	
cxn3	0		Decimal	BOOL	
cxn2	0		Decimal	BOOL	
cxn1	0		Decimal	BOOL	
cxn	0		Decimal	BOOL	
cxl3	0		Decimal	BOOL	
cxl2	0		Decimal	BOOL	
cxl1	0		Decimal	BOOL	
cxl	0		Decimal	BOOL	
+ cueny1	{...}	{...}		COUNTER	
+ cueny	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenx1	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenx	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_y2	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_y	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_x_2	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_x	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_total	{...}	{...}		COUNTER	
cuatro	0		Decimal	BOOL	
+ cu1	{...}	{...}		COUNTER	
+ cu	{...}	{...}		COUNTER	
+ coun1	{...}	{...}		COUNTER	
+ coun	{...}	{...}		COUNTER	
+ contaunos	{...}	{...}		COUNTER	

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
sov4_opn2	0		Decimal	BOOL	
sov4_opn1	0		Decimal	BOOL	
sov4_opn	0		Decimal	BOOL	
sov3_rgt3	0		Decimal	BOOL	
sov3_rgt2	0		Decimal	BOOL	
sov3_rgt1	0		Decimal	BOOL	
sov3_rgt	0		Decimal	BOOL	
sov2_dwn3	0		Decimal	BOOL	
sov2_dwn2	0		Decimal	BOOL	
sov2_dwn1	0		Decimal	BOOL	
sov2_dwn	0		Decimal	BOOL	
sov1	0		Decimal	BOOL	
sov_3	0		Decimal	BOOL	
sov_2	0		Decimal	BOOL	
sov_1	0		Decimal	BOOL	
siete	0		Decimal	BOOL	
senal_recepcion	0		Decimal	BOOL	
senal_out_cen...	0		Decimal	BOOL	
senal_in_central	0		Decimal	BOOL	
senal_entrega	0		Decimal	BOOL	
semiautomatico	0		Decimal	BOOL	
seis	0		Decimal	BOOL	
+ salto_1	0		Decimal	DINT	
reset	0		Decimal	BOOL	

**Figura de variables creadas en “Program tags”**

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
ls1_xl	1		Decimal	BOOL	
+ i	1		Decimal	DINT	
ilock3	0		Decimal	BOOL	
ilock2	0		Decimal	BOOL	
+ i	1		Decimal	SINT	
entregado	0		Decimal	BOOL	
doce	0		Decimal	BOOL	
diez	0		Decimal	BOOL	
dieciseis	0		Decimal	BOOL	
cyu3	0		Decimal	BOOL	
cyu2	0		Decimal	BOOL	
cyu1	0		Decimal	BOOL	
cyu	0		Decimal	BOOL	
cyn3	0		Decimal	BOOL	
cyn2	0		Decimal	BOOL	
cyn1	0		Decimal	BOOL	
cyn	0		Decimal	BOOL	
cyd3	0		Decimal	BOOL	
cyd2	0		Decimal	BOOL	
cyd1	0		Decimal	BOOL	
cyd	0		Decimal	BOOL	
cxr3	0		Decimal	BOOL	
cxr2	0		Decimal	BOOL	
cxr1	0		Decimal	BOOL	

**Figura de variables creadas en “Program tags”**

En las figuras anteriores, se muestran algunas variables creadas para la realización del programa, éstas son de distintos tipos de dato, tales como “BOOL”, “DINT”, “COUNTER”, “TIMER”, “MESSAGE”, etc.

Para la subrutina que se muestra a continuación se muestran variables de tipo “BOOL”, “DINT”, “COUNTER”, “MATRIZ”, las cuales se utilizan en la subrutina manual:

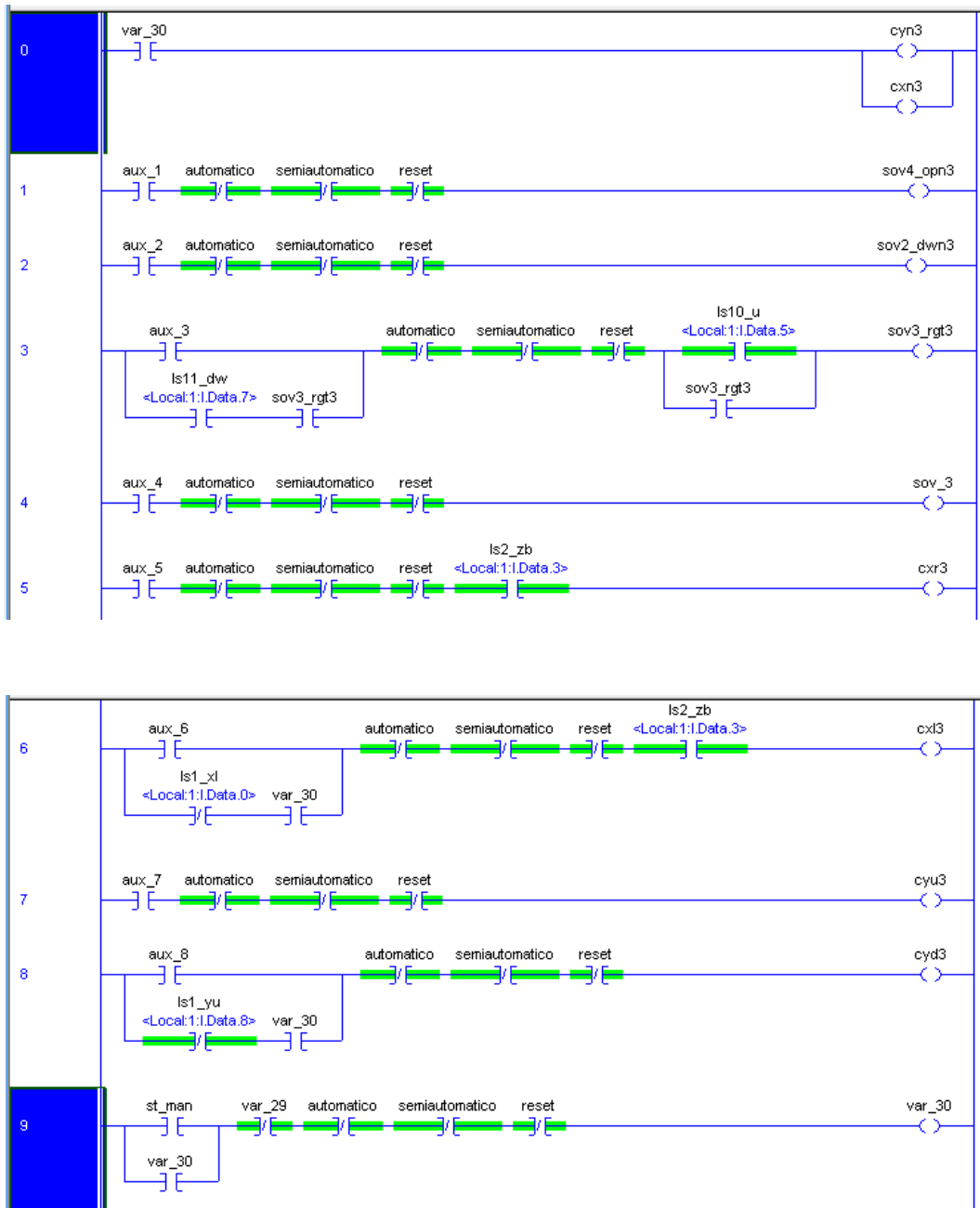


Figura de subrutina de programa manual en modo Ladder “Escalera”

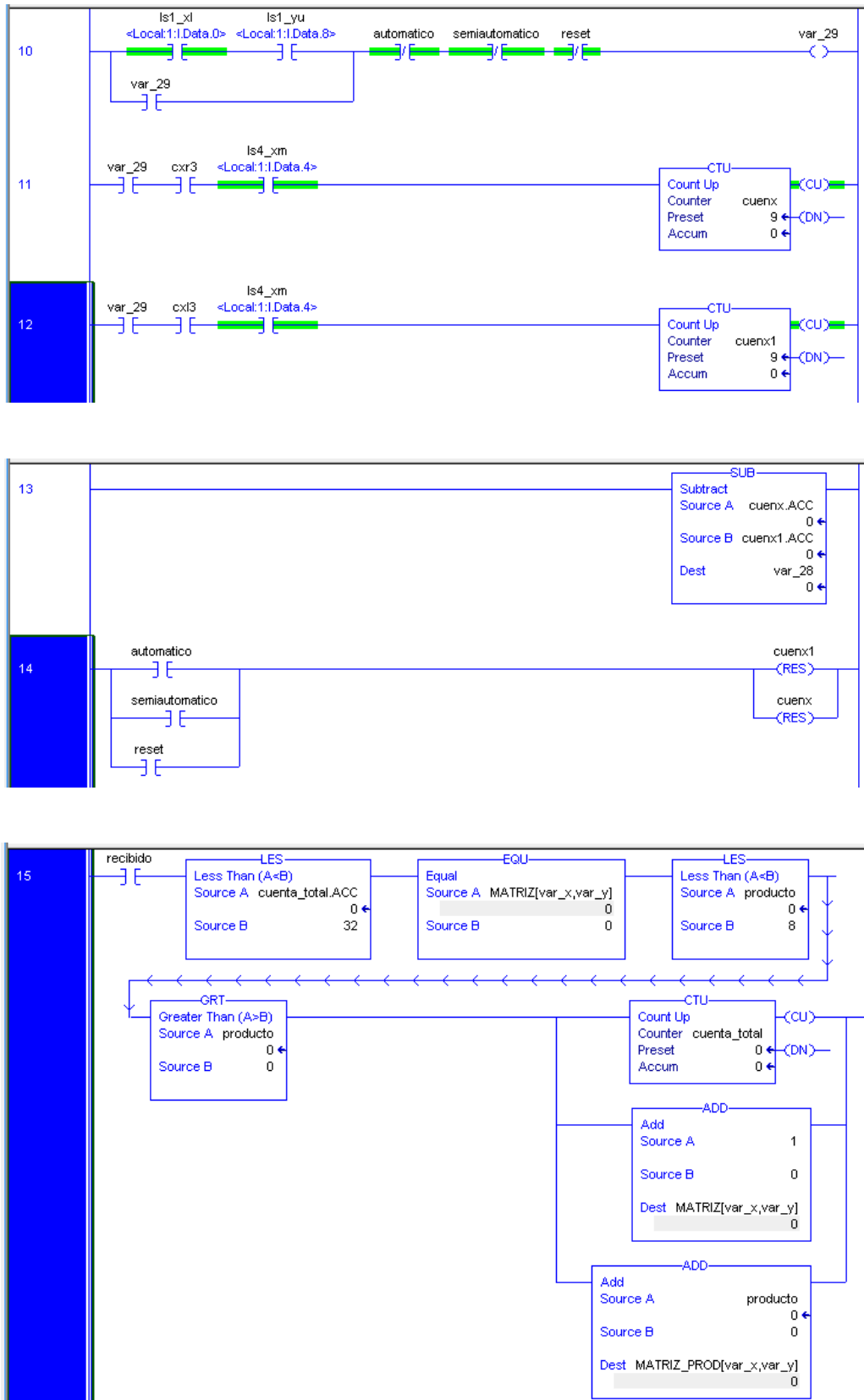
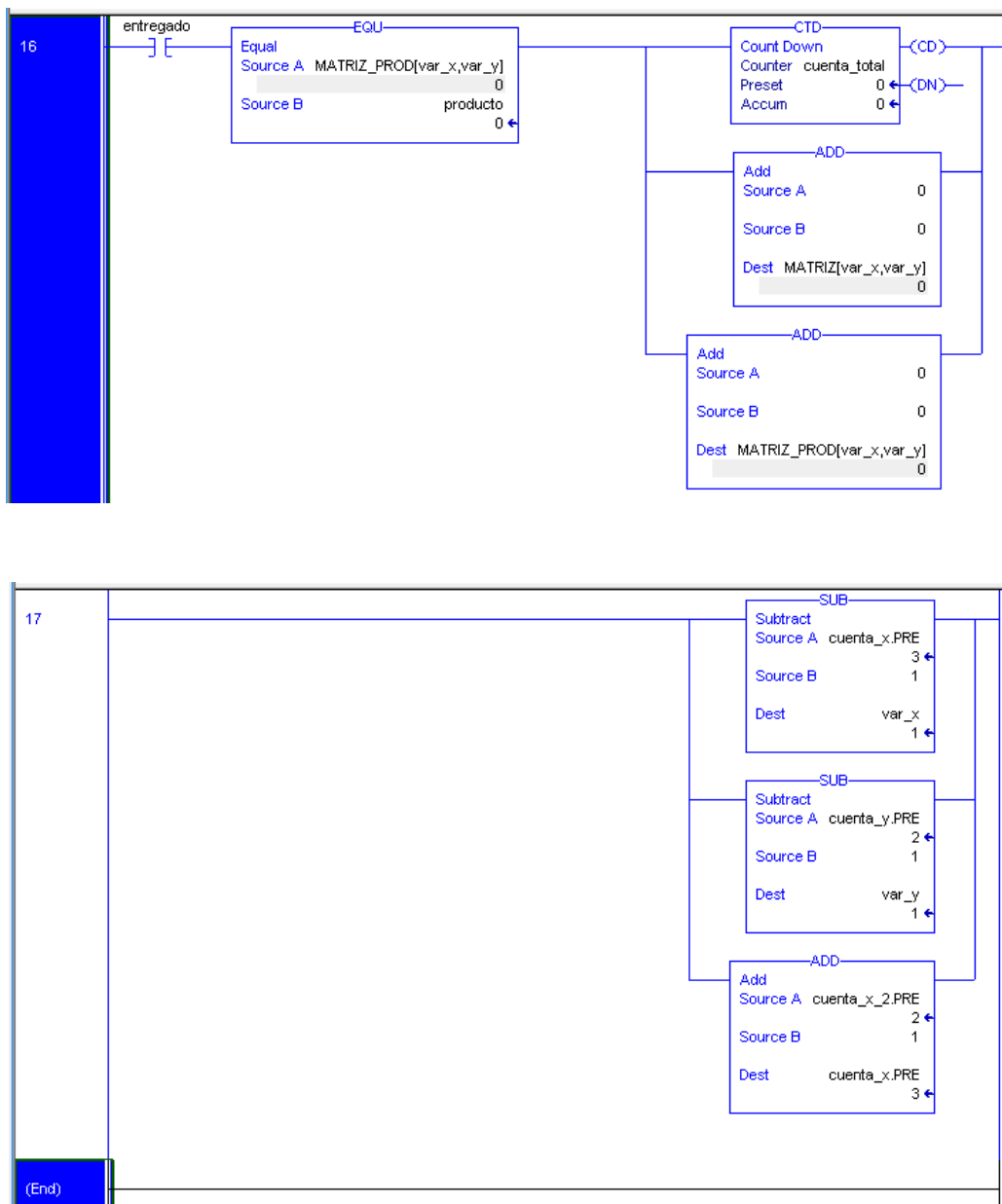


Figura de subrutina de programa manual en modo Ladder “Escalera”



**Figura de subrutina de programa manual en modo Ladder “Escalera”**

Se detalla a continuación lo realizado en la rutina *MANUAL*:

- En la línea número 0 se está colocando una variable que va a controlar la velocidad del eje X y del eje Y.

- En la línea número 1 se está colocando una variable para controlar el gripper del manipulador giratorio y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, y tiene la variable de reset para seguridad.
- En la línea número 2 se está colocando una variable para controlar el vástago para las posiciones de arriba y abajo del manipulador giratorio y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, y tiene la variable de reset para seguridad.
- En la línea número 3 se está colocando una variable para controlar el motor de giro del manipulador giratorio, y también se efectúa el enclavamiento, al igual que se coloca una variable para desenclavar cuando topa un sensor, y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, y tiene la variable de reset para seguridad; y posee otra seguridad para evitar que gire cuando tiene un producto y se encuentra en la posición de abajo para que no se dañe.
- En la línea número 4 se está colocando una variable para controlar el vástago del manipulador cartesiano para el eje Z, y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, y tiene la variable de reset para seguridad.
- En la línea número 5 se está colocando una variable para controlar el desplazamiento del manipulador cartesiano en el eje X hacia la derecha, y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, tiene la variable de reset para seguridad; y la variable del sensor del eje Z cuando está afuera el vástago para que no pueda moverse y evitar daños del manipulador.

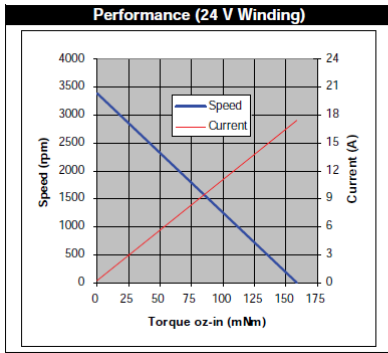
- En la línea número 6 se están colocando dos variables para controlar el desplazamiento del manipulador cartesiano en el eje X hacia la izquierda, donde interviene la variable del sensor ubicado en el eje X en el lado izquierdo, y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, tiene la variable de reset para seguridad; y la variable del sensor del eje Z cuando está afuera el vástago para que no pueda moverse y evitar daños del manipulador.
  
- En la línea número 7 se está colocando una variable para controlar el desplazamiento del manipulador cartesiano en el eje Y hacia arriba, y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, y tiene la variable de reset para seguridad.
  
- En la línea número 8 se están colocando dos variables para controlar el desplazamiento del manipulador cartesiano en el eje Y hacia abajo, donde interviene la variable del sensor ubicado en el eje Y en la parte superior, y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, y tiene la variable de reset para seguridad.
  
- En la línea número 9 se está colocando una variable para controlar la velocidad de movimiento con su enclavamiento, y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, tiene la variable de reset para seguridad; y una variable que permite desenclavar cuando llega a ciertos sensores.
  
- En la línea número 10 se están colocando dos variables para controlar la variable que va a desenclavar la velocidad de movimiento, esta también posee su enclavamiento, y variables para asegurar que se encuentra apagado el modo automático y el modo semiautomático, y tiene la variable de reset para seguridad.

- En la línea número 11 se están colocando tres variables para activar el contador de posiciones en el eje X, cuando el manipulador cartesiano se desplaza hacia la derecha.
- En la línea número 12 se están colocando tres variables para activar el contador de posiciones en el eje X, cuando el manipulador cartesiano se desplaza hacia la izquierda.
- En la línea número 13 se realiza la resta de los dos contadores usados para tener la posición exacta en el eje X.
- En la línea número 14 se están colocando tres variables que son si está activado el modo automático, si está activado el modo semiautomático, y si se activa el reseteo, activa el reseteo de los contadores de posición en el eje X.
- En la línea número 15 se está colocando una variable y algunas comparaciones para guardar productos en la matriz.
- En la línea número 16 se está colocando una variable y algunas comparaciones para entregar productos de la matriz.
- Y en la línea número 17 se guarda las posiciones de los ejes tanto en el eje X, como en el eje Y.

Esta es una aplicación de programación en Lader, y es la estructura usada para todo el programa de la estación de almacenamiento.







Standard Features	
• Sintered Bronze Bearings	• Heavy-gauge Steel Housing
• 2-pole Stator	• Silicon Steel Laminations
• Ceramic Magnets	• Copper-graphite Brushes
• 11-slot Armature	• Diamond-Turned Commutator

Complementary Products	
• G42A Planetary Gearbox	• E30B Optical Encoder
• G42B Planetary Gearbox	• E35A Optical Encoder
• G51A Spur Gearbox	• E60A Optical Encoder
• E30A Optical Encoder	• E60B Optical Encoder

Notes:

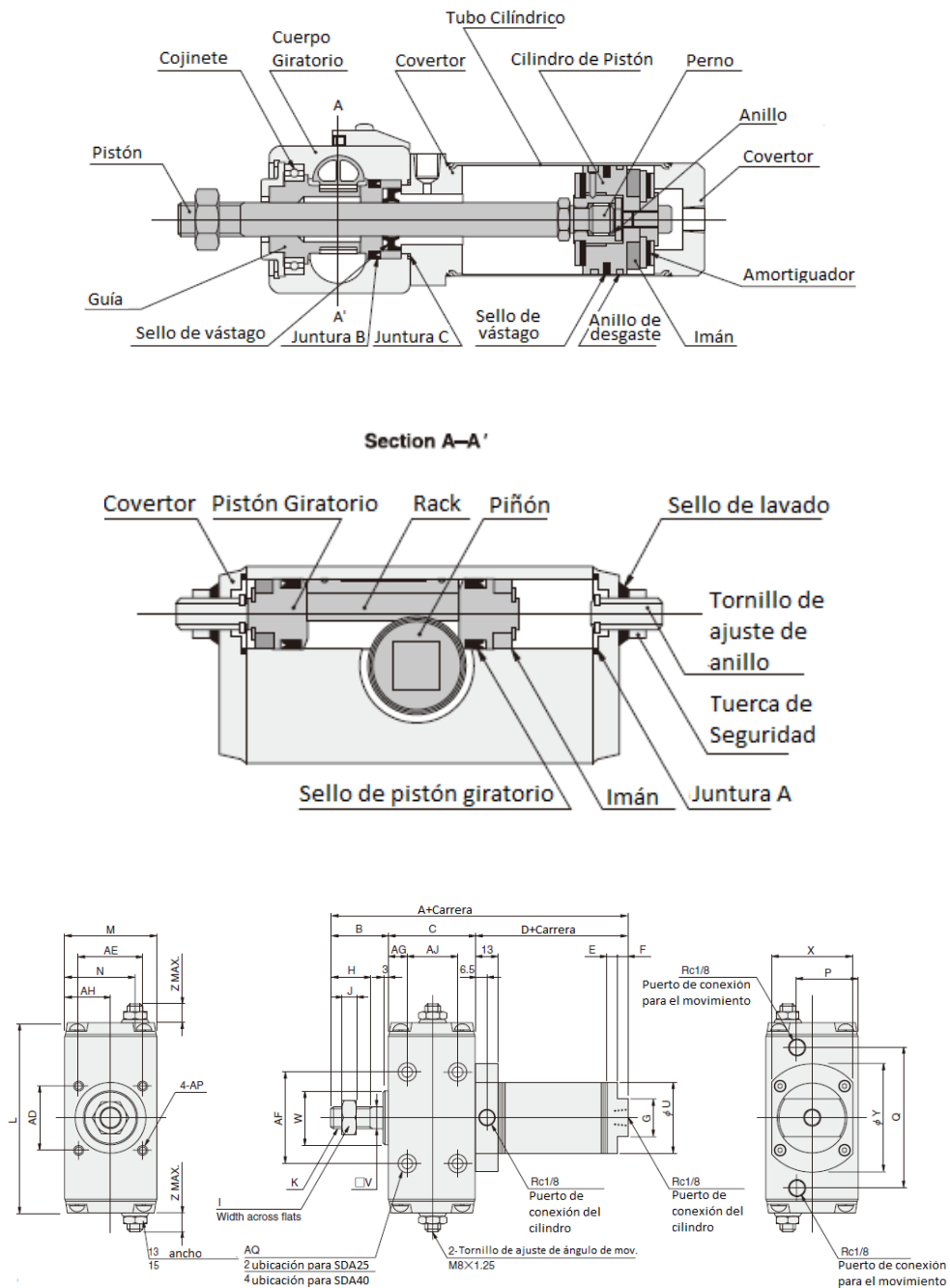
<sup>1</sup> All values specified at 25°C ambient temperature and without heat sink.

<sup>2</sup> Peak values are theoretical and supplied for reference only.

## ANEXO 14

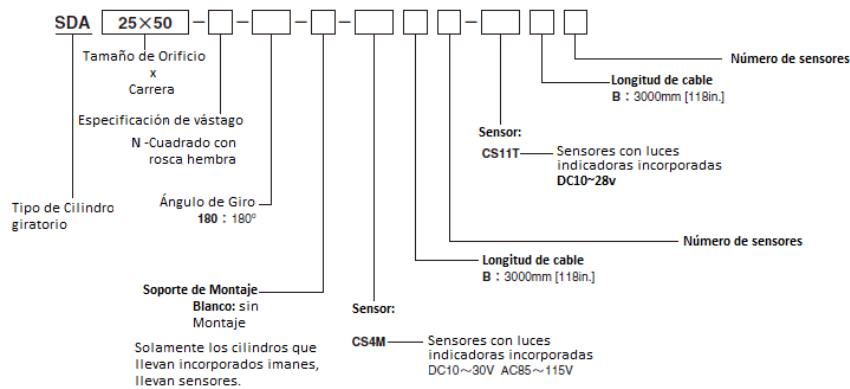
### BRAZO NEUMÁTICO GIRATORIO KOGANEY

SDA40x50-N-180



Model	Code	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
SDA40 X□-180		154	34	52	68	6	6	22	23	19	8	M14×1.5	150	54	41.5
Model	Code	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z <sup>Note</sup>			
SDA40 X□-180		36	121	φ 15 <sub>-0.027</sub>	M6×1	Depth8	25	41.6	13	32	48	64	11.2 (18.2)		
Model	Code	AD	AE	AF	AG	AH	AJ	AP	AQ						
SDA40 X□-180		38	38	54	11	27	30	M6×1 Depth10	φ 6.6 Counterbore φ 11 Depth6.3						

Código de descripción del brazo giratorio:



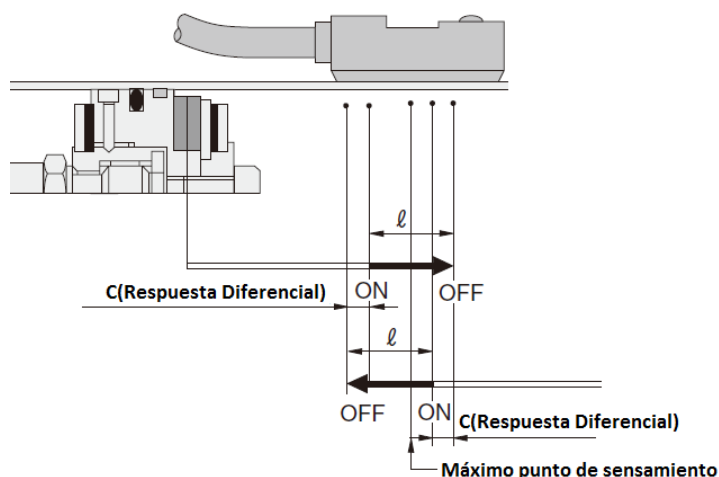
**Especificaciones:**

Type	Basic type	SDA25 X□				SDA40 X□			
Item	Specification angle	-45	-90	-135	-180	-45	-90	-135	-180
Medio		Air							
Rango de Presión de Operación	MPa [psi.]	0.2~0.7 [29~102]							
Presión de Prueba	MPa [psi.]	1.03 [149]							
Rango de Temp. de Operación	°C [°F]	0~60 [32~140]							
Lubricante		Not required							
Parte Cilíndrica	Operation type	Double acting type							
	Operating speed range	50~500 [2.0~19.7]							
	Cushion	On both sides (Rubber bumper)							
	Port size	Rc 1/8							
Parte giratoria	Stroke tolerance	mm [in.] $\begin{matrix} +1 \\ 0 \end{matrix} \begin{matrix} (+0.039) \\ 0 \end{matrix}$							
	Operation type	Double acting piston type with swing angle adjustment (Rack and pinion type)							
	Effective torque (at 0.5MPa [73psi.])	N-m [ft-lbf] 0.549 [0.405]				1.294 [0.954]			
	Swing angle range	20°~105°	45°~105°	100°~195°	135°~195°	20°~100°	80°~100°	100°~190°	170°~190°
	Backlash	3.5°				2.5°			
	Swing time <sup>Note1</sup> (at 0.5MPa [73psi.] without load)	s 0.2~0.5	0.2~0.5	0.4~0.8	0.4~1.0	0.2~1.0	0.2~1.2	0.4~1.8	0.4~2.5
	Cushion	None							
	Bore size X stroke <sup>Note1</sup>	mm [in.] 16 X 6.3 [0.630 X 0.248] 16 X 12.6 [0.630 X 0.496] 16 X 18.9 [0.630 X 0.744] 16 X 25.2 [0.630 X 0.992] 20 X 9.4 [0.787 X 0.370] 20 X 18.8 [0.787 X 0.740] 20 X 28.3 [0.787 X 1.114] 20 X 37.7 [0.787 X 1.484]							
Allowable energy <sup>Note2</sup>	J [in-lbf] 0.002 (0.006) [0.018 (0.053)]				0.006 (0.02) [0.053 (0.18)]				
Port size	Rc 1/8								

**SENSORES DE EFECTO DE CAMPO:****PARTE GIRATORIA****Modelo:** CS11T**Tipo:** -SDA**Tipo de luz indicadora:** Roja**Alimentación:** 10 a 28VDC**Montaje:** Sensores ubicados en la parte giratoria del brazo.**Tamaño:** 40mm [1.57in]**PARTE DEL CILINDRO****Modelo:** CS4M**Tipo:** -SDA**Tipo de luz indicadora:** Roja**Alimentación:** 10 a 28VDC / 85 A 115 VAC

**Montaje:** Sensores ubicados en la parte superior e inferior del cilindro del brazo.

**Tamaño:** 40mm [1.57in]



$\ell$  = distancia en la cual viaja el pistón mientras esta encendido.

**Respuesta diferencial C:** Distancia en la cual el pistón pasa de un estado encendido a uno apagado.

**Especificaciones de los sensores:**

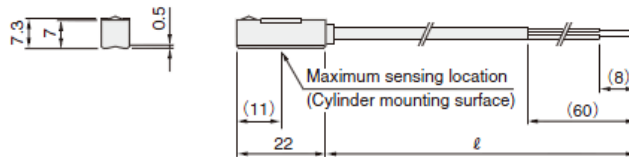
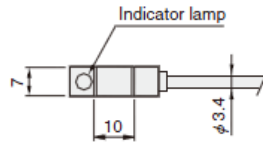
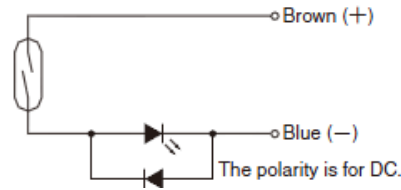
Sensor switch model	CS□M
Operating range : $\ell$	7~10.5 [0.276~0.413]
Response differential : C	1 [0.039] MAX.
Maximum sensing location	11 [0.433] <sup>Note1</sup>

Sensor switch model	/ CS11T	
Operating range : $\ell$	7~9.5 [0.276~0.374]	
Response differential : C	1.5 [0.059] MAX.	
Maximum sensing location <sup>Note</sup>	7 [0.276]	10.5 [0.413]

**Modelo:** CS4M

Item	Model	CS3M□	CS4M□	CS5M□			
Wiring type		2-lead wire					
Load voltage		DC10~30V	AC85~230V (r.m.s.)	DC10~30V	AC85~115V (r.m.s.)	DC3~30V	AC85~115V (r.m.s.)
Load current		10~50mA <sup>Nota 1</sup>	10~50mA(AC85~115V) <sup>Nota 1</sup> 5~15mA(AC115~230V) <sup>Nota 1</sup>	5~25mA <sup>Nota 1</sup>	5~20mA <sup>Nota 1</sup>	0.1~60mA	2~25mA
Internal voltage drop <sup>Nota 2</sup>		2.5V MAX. (At 50mA load current)		2.2V MAX. (At 25mA load current)		0.2V MAX. (At 60mA load current)	
Leakage current		0mA					
Response time		1ms MAX.					
Insulation resistance		100MΩ MIN. (At DC500V Megger, between case and lead wire end)					
Dielectric strength		AC2200V (50/60Hz) in 1 minute (Between case and lead wire end)		AC1500V (50/60Hz) in 1 minute (Between case and lead wire end)			
Shock resistance		294.2m/s <sup>2</sup> [30G] (Non-repeated shock)					
Vibration resistance		88.3m/s <sup>2</sup> [9G] (Total amplitude 1.5mm [0.06in.], 10~55Hz), Resonance frequency 5000±400Hz					
Operation indicator		When ON: Red LED indicator lights up				-	
Lead wire <sup>Nota 3</sup>		PVC 0.2SQ×2-lead×ℓ					
Ambient temperature		0~60°C [32~140°F]					
Storage temperature range		-10~70°C [14~158°F]					
Contact protection		Required (See contact protection on p.1566.)					
Mass		20g [0.71oz.] (For lead wire length A: 1000mm)					

Notas: 1.- Ta=37°C [98.6°F]  
 2.- La caída de voltaje depende de la corriente de carga.  
 3.- Longitud del cable: ℓ : A; 1000mm [39in.], B; 3000mm [118in.]



## ANEXO 15

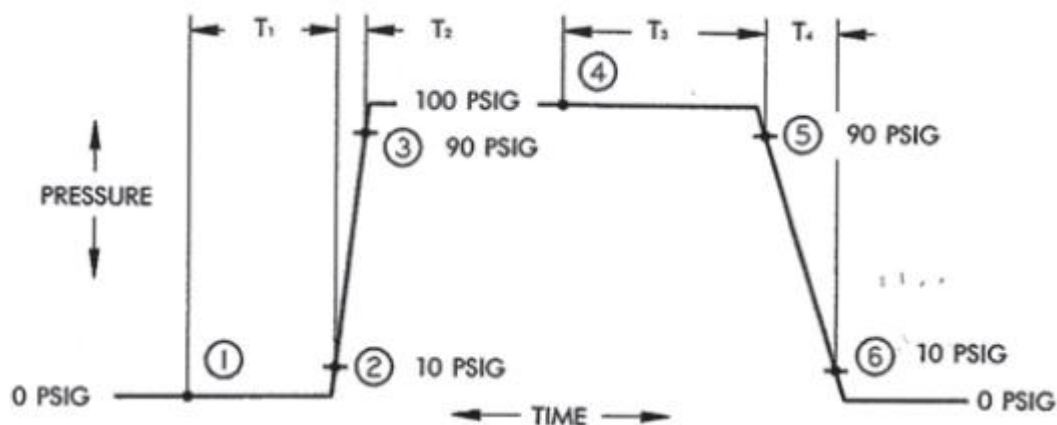
### ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas están diseñadas para manejar gases desde 0 a 125 psig [0 a 8.5 bar].

El medio que utilizan, debe ser altamente descontaminado, es decir altamente filtrado el aire de utilización.

Puede trabajar hasta 20 millones de ciclos sin lubricación, dependiendo de la aplicación. Si el cilindro que se va a manejar requiere de lubricación es recomendable utilizar un aceite lubricante compatible con *BUNA N elastomers*, y ese suficientemente viscoso, para asegurar una adecuada lubricación

#### Tiempos de respuesta:





Coil voltage	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
DC	0.010 sec.	0.001 sec.	0.005 sec.	0.002 sec.

Medido a 70°F(21°C), al 100% del voltaje y 100% de la presión de alimentación.

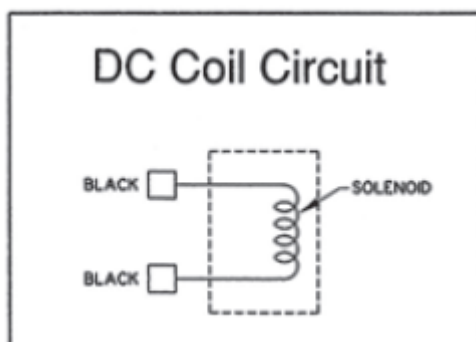
### Cálculo de los tiempos de carga y descarga en la electroválvula.

Model 310, 24 VDC      One Air Line (1/8-inch I.D. x 36-inch long)  
 100 psig supply      Air Cylinder (1.062-inch bore x 4-inch stroke)  
 Volume = 0.785 x Diameter squared x stroke or length

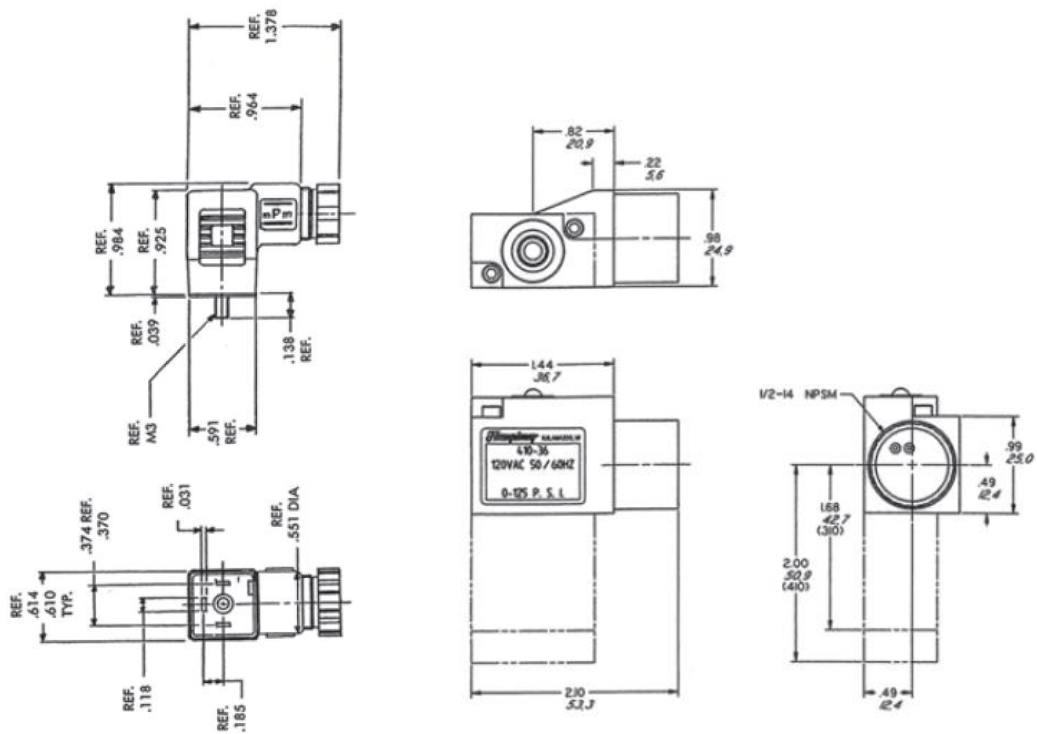
Cylinder Volume	= 3.54 cubic inches
Air Line Volume	= <u>0.44 cubic inches</u>
Total Circuit Volume	= 3.98 or 4 cubic inches

T <sub>1</sub> Time to energize valve	= 0.010 sec.
Time to fill 4 cubic inches	
40% of 0.2 for 10 cubic inches	= 0.080 sec.
T <sub>3</sub> Time to de-energize valve	= 0.005 sec.
Time to exhaust 4 cubic inches	
40% of .32 for 10 cubic inches	= <u>0.128 sec.</u>
Total Cycle Time	= 0.223 sec.*

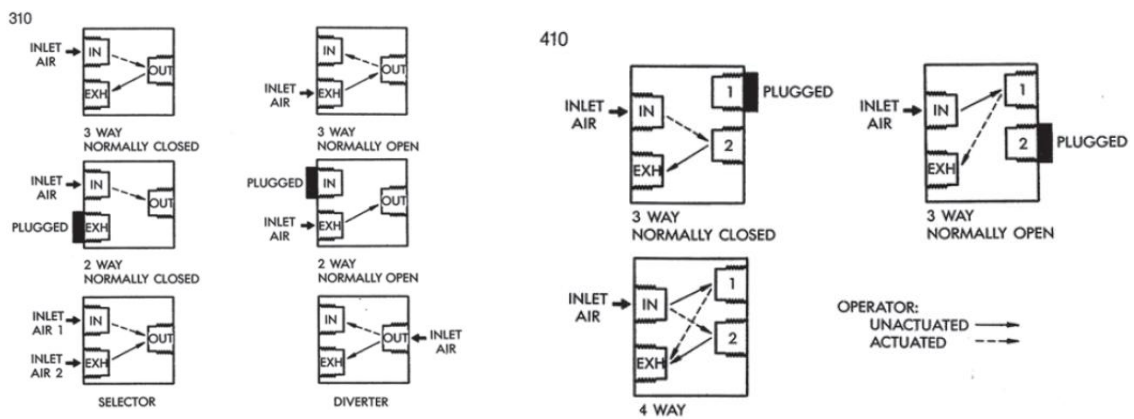
### Circuito esquemático.



### Dimensiones:



Diagramas:



Especificaciones

Voltage	Resistance (Ohms)	Current (Milliamps)
12VDC	36	333
24VDC	144	167

310/410 Models	
Media	Air or inert gas
Pressure range	0-125 psig (0-8.5 bar) 0.28" Hg vacuum (prefix "V" 3-way valves.)
Ambient temperature range	32 to 125° F (0 to 50° C)
Coil temperature rise (any voltage)	81° F (45° C)
Power consumption (AC/DC)	4.5 watts
Response time (on/off)	.012/.010 (DC), .012/.020 (AC) sec.
Voltage tolerance	Plus 10%, minus 15% of rated voltage
Coil voltages	12VDC, 24VDC, 24VAC, 100VAC, 120VAC, 200VAC, 240VAC
SCFM @ 100 psig	>10
Cv	.144
Fill/exhaust time @ 100 psig (7.0 bar)	1 cu. in. .020/.032 sec. 10 cu. in. .20/.32 sec. 100 cu. in. 2.00/3.20 sec.
Leak rate (max. allowed)	4cc/minute @ 100 psig
Type of operation	Direct solenoid
Effective area	Model 310 .0069-inch <sup>2</sup> Model 410 .0064-inch <sup>2</sup>
Stroke	.015-inch
Maximum cycle rate (cycles/min.)	2700 (DC), 1875 (AC)

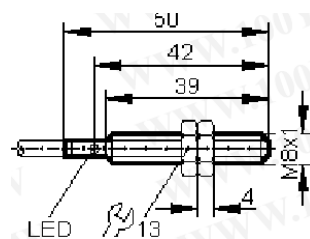
Lubrication	None required, factory pre-lubed
Filtration	40 Micron recommended
Weight	Model 310 .26 lbs. (116 gms.) Model 410 .28 lbs. (128 gms.) Model 410-70 .28 lbs. (128 gms.)
Materials	Brass, Buna N, aluminum, stainless steel, acetal
Lead Wire	22AWG, Black Cross Linked Polyethylene insulated lead wire. 7 x 30 stranded/tinned copper conductor. 1258C/600V. UL Style 3173, 3271. CSA Type CL1251L

## ANEXO 16

### SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO

#### IE522 IEA 2001-FROG

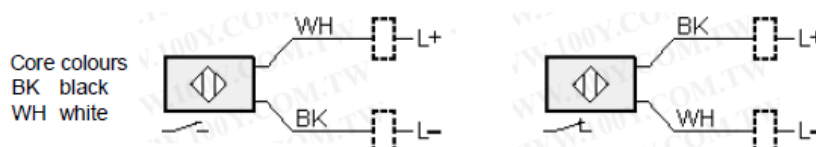
#### Dimensiones:



#### Especificaciones:

Electrical design	DC
Output	normally open / closed programmable
Operating voltage [V]	5...36 DC
Current rating [mA]	200
Minimum load current [mA]	4
Short-circuit protection	—
Reverse polarity protection / Overload protection	· / —
Voltage drop [V]	< 4,6
Leakage current [mA]	< 0,8
Real sensing range [mm]	1 ± 10%
Operating distance [mm]	0...0,8
Switch-point drift [% / Sr]	-10...+10
Switching frequency [Hz]	2000
Operating temperature [°C]	-25...+80
Protection	IP 67, III
Housing material	brass Optalloy-plated active face: PBTP
Function display	
Switching status LED	yellow
Connection	PUR/PVC cable / 2m; 2 x 0,14mm <sup>2</sup>

#### Diagrama esquemático de conexión:



## ANEXO 17

### BRAZO NEUMÁTICO CARTESIANO.



Function	Cylinder bore size	Head cover specifications	Stroke	Mounting type	Sensor switch	Lead wire length	Number of sensor switches
Blank : Standard type B : Slim Block Cylinder	16 : φ16 [0.630in.] 20 : φ20 [0.787in.] 25 : φ25 [0.984in.] 32 : φ32 [1.260in.] 40 : φ40 [1.575in.] 50 : φ50 [1.969in.] 63 : φ63 [2.480in.]	Blank : Standard head A : Short head		Blank : Basic type 1 : Double foot mounting type 3 : Flange mounting type 2 : Side mounting type (Only for Slim Block Cylinders) 4 : Front mounting type (Only for Slim Block Cylinders)	Blank : No sensor switch ZG530 : 2-lead wire, Solid state type ZG553 : 3-lead wire, Solid state type CS3M : With indicator lamp, Reed switch type <sup>Nota</sup> CS4M : With indicator lamp, Reed switch type <sup>Nota</sup> CS5M : Without indicator lamp, Reed switch type <sup>Nota</sup> CS2F : With indicator lamp, Reed switch type <sup>Nota</sup> CS3F : With indicator lamp, Reed switch type <sup>Nota</sup> CS4F : With indicator lamp, Reed switch type <sup>Nota</sup> CS5F : Without indicator lamp, Reed switch type <sup>Nota</sup>	A : 1000mm [39in.] B : 3000mm [118in.]	1 : With 1 sensor switch 2 : With 2 sensor switches 3 : With 3 sensor switches n : With n sensor switches
<b>T - DA</b> Slim Cylinder Double acting type Low speed type							
	B 16	×	15, 25, 50, 75, 100	Blank -A	Blank -1 -3 -2 -4	Blank ZG530 ZG553 CS3M CS4M CS5M CS2F CS3F CS4F CS5F	A B 1 2 3 n
	B 20	×	25, 50, 75, 100, 125, 150				
	B 25	×	25, 50, 75, 100, 125, 200				
	B 32	×	25, 50, 75, 100, 125, 200				
	B 40	×	25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300				
	B 50	×	25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300				
	B 63	×	25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300				

Velocidad nominal de operación: 1 a 200 mm/s

No requiere de Lubricación.

## ANEXO 18

### Descripción de variables de los módulos de entrada y salida del controlador 1768-L43A

TAGS	DESCRIPCION	MÓDULO
LS1_XL	SENSOR DE POSICIÓN IZQUIERDA DEL MANIPULADOR, EJE "x"	I2.0
LS2_XR	SENSOR DE POSICIÓN DE CELDAS, EJE "x"	I2.2
LS4_XM	SENSOR DE POSICIÓN DERECHA DEL MANIPULADOR, EJE "x"	I2.4
LS4_YD	SENSOR DE POSICIÓN INFERIOR DEL MANIPULADOR, EJE "y"	I2.12
LS2_YMD	SENSOR DE POSICIÓN DE CELDAS, EJE "y"	I2.10
LS1_YU	SENSOR DE POSICIÓN SUPERIOR DEL MANIPULADOR, EJE "x"	I2.8
LS1_ZF	SENSOR DE MANIPULADOR CARTESIANO, BRAZO ADELANTE	I2.1
LS2_ZB	SENSOR DE MANIPULADOR CARTESIANO, BRAZO ATRAS	I2.3

**ENTRADAS**

LS10_U	SENSOR DE MANIPULADOR GIRATORIO, BRAZO ARRIBA	I2.5
LS11_DW	SENSOR DE MANIPULADOR GIRATORIO, BRAZO ABAJO	I2.7
LS12_RHT	SENSOR DE MANIPULADOR GIRATORIO, BRAZO A LA IZQUIERDA	I2.9
LS13_LFT	SENSOR DE MANIPULADOR GIRATORIO, BRAZO A LA DERECHA	I2.11
LS20	SENSOR DETECTOR DE PALLETs, PARA ENTREGA O RECEPCIÓN	I2.14
STOP	EMERGENCIA	I1.5
ACTIVAR	ESTACION ACTIVADA	I1.1
MAN_AUTO	MAN/AUTO	I2.6
SENSOR PRESION	SENSOR DETECTOR DE PRESIÓN	I1.3
—	LIBRE	I2.13

	-	LIBRE	12.15
--	---	-------	-------

	TAGS	DESCRIPCION	MÓDULO
<b>SALIDAS</b>	CXR	RELÉ DE MOVIMIENTO EN EL EJE "x", DESPLAZAMIENTO DEL BRAZO CARTESIANO HACIA LA DERECHA	O3.1
	CXL	RELÉ DE MOVIMIENTO EN EL EJE "x", DESPLAZAMIENTO DEL BRAZO CARTESIANO HACIA LA IZQUIERDA	O3.3
	CXN	RELÉ DE CONTROL DE VELOCIDAD, EJE "x"	O3.5
	CYU	RELÉ DE MOVIMIENTO EN EL EJE "y", DESPLAZAMIENTO DEL BRAZO CARTESIANO HACIA LA ARRIBA	O3.7
	CYD	RELÉ DE MOVIMIENTO EN EL EJE "y", DESPLAZAMIENTO DEL BRAZO CARTESIANO HACIA LA ABAJO	O3.9
	CYN	RELÉ DE CONTROL DE VELOCIDAD, EJE "y"	O3.11
	SOV1	DESPLAMIENTO EL BRAZO CARTESIANO EN EL EJE "z"	O3.13
	SOV2_DWN	ACTIVACIÓN DE SELENOIDE MOVIMIENTO DEL BRAZO GIRATORIO (ARRIBA-ABAJO)	O3.0
	SOV3_RGT	ACTIVACIÓN DE SELENOIDE MOVIMIENTO DEL BRAZO GIRATORIO (IZQUIERDA-DERECHA)	O3.2



SOV4_OPN	ACTIVACIÓN DE SELENOIDE DE GRIPPER DEL BRAZO GIRATORIO (CERRADO-ABIERTO)	O3.4
ERROR	ERROR	O3.8
CIM ON LINE	CIM ON LINE	O3.15
	DISPONIBLE	O3.6
	DISPONIBLE	O3.10
	DISPONIBLE	O3.12
	DISPONIBLE	O3.14

## ANEXO 19

### PROGRAMA DESARROLADO EN EL CONTROLADOR DE LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000.

#### INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se presenta el programa efectuado en el Controlador de la Estación de Almacenamiento AS/RS ST-200, haciendo uso del software de Programación RSLogix 5000.

#### PROGRAMA

##### LISTA DE VARIABLES CREADAS EN EL CONTROLADOR (TAGS).

	Name ▾	Value ←	Force Mask ←	Style	Data Type	Description
	+ z	0		Decimal	DINT	
	+ var_y	1		Decimal	SINT	
	+ var_x	1		Decimal	SINT	
	var_entrega_2	0		Decimal	BOOL	
	var_entrega_1	0		Decimal	BOOL	
	var_despacho_2	0		Decimal	BOOL	
	var_despacho_1	0		Decimal	BOOL	
	var_de_prueba	0		Decimal	BOOL	
	var_9	0		Decimal	BOOL	
	var_8	0		Decimal	BOOL	
	var_7	0		Decimal	BOOL	
	var_6	0		Decimal	BOOL	
	var_5	0		Decimal	BOOL	
	var_4	0		Decimal	BOOL	
	var_34	0		Decimal	BOOL	
	+ var_33	0		Decimal	DINT	
	+ var_32	2		Decimal	DINT	
	+ var_31	0		Decimal	DINT	
	var_30	0		Decimal	BOOL	
	var_3	0		Decimal	BOOL	
	var_29	0		Decimal	BOOL	
	+ var_28	0		Decimal	SINT	
	var_27	1		Decimal	BOOL	
	var_26	0		Decimal	BOOL	

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
var_25	0		Decimal	BOOL	
var_24	0		Decimal	BOOL	
var_23	0		Decimal	BOOL	
var_22	0		Decimal	BOOL	
var_21	0		Decimal	BOOL	
var_20	0		Decimal	BOOL	
var_2	0		Decimal	BOOL	
var_19	0		Decimal	BOOL	
var_18	0		Decimal	BOOL	
var_17	0		Decimal	BOOL	
var_16	0		Decimal	BOOL	
var_15	0		Decimal	BOOL	
var_14	0		Decimal	BOOL	
var_13	0		Decimal	BOOL	
var_12	0		Decimal	BOOL	
var_11	0		Decimal	BOOL	
var_10	0		Decimal	BOOL	
var_1	0		Decimal	BOOL	
+ VAL	0		Decimal	DINT	
va	0		Decimal	BOOL	
uno	0		Decimal	BOOL	
tres	0		Decimal	BOOL	
trece	0		Decimal	BOOL	
+ tmp9	{...}	{...}		TIMER	

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
+ tmp8	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp7	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp6	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp5	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp4	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp3	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp2	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp14	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp13	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp12	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp11	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp10	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp1	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp_msm_4	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp_msm_3	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp_msm_2	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp_msm_1	{...}	{...}		TIMER	
+ tmp_ent_1	{...}	{...}		TIMER	
+ temp_2	{...}	{...}		TIMER	
+ temp_1	{...}	{...}		TIMER	
st_semi_auto	0		Decimal	BOOL	
st_man	0		Decimal	BOOL	
st_auto	0		Decimal	BOOL	
sov4_opn3	0		Decimal	BOOL	

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
sov4_opn2	0		Decimal	BOOL	
sov4_opn1	0		Decimal	BOOL	
sov4_opn	0		Decimal	BOOL	
sov3_rgt3	0		Decimal	BOOL	
sov3_rgt2	0		Decimal	BOOL	
sov3_rgt1	0		Decimal	BOOL	
sov3_rgt	0		Decimal	BOOL	
sov2_dwn3	0		Decimal	BOOL	
sov2_dwn2	0		Decimal	BOOL	
sov2_dwn1	0		Decimal	BOOL	
sov2_dwn	0		Decimal	BOOL	
sov1	0		Decimal	BOOL	
sov_3	0		Decimal	BOOL	
sov_2	0		Decimal	BOOL	
sov_1	0		Decimal	BOOL	
siete	0		Decimal	BOOL	
senal_recepcion	0		Decimal	BOOL	
senal_out_cen...	0		Decimal	BOOL	
senal_in_central	0		Decimal	BOOL	
senal_entrega	0		Decimal	BOOL	
semiautomatico	0		Decimal	BOOL	
seis	0		Decimal	BOOL	
+ salto_1	0		Decimal	DINT	
reset	0		Decimal	BOOL	

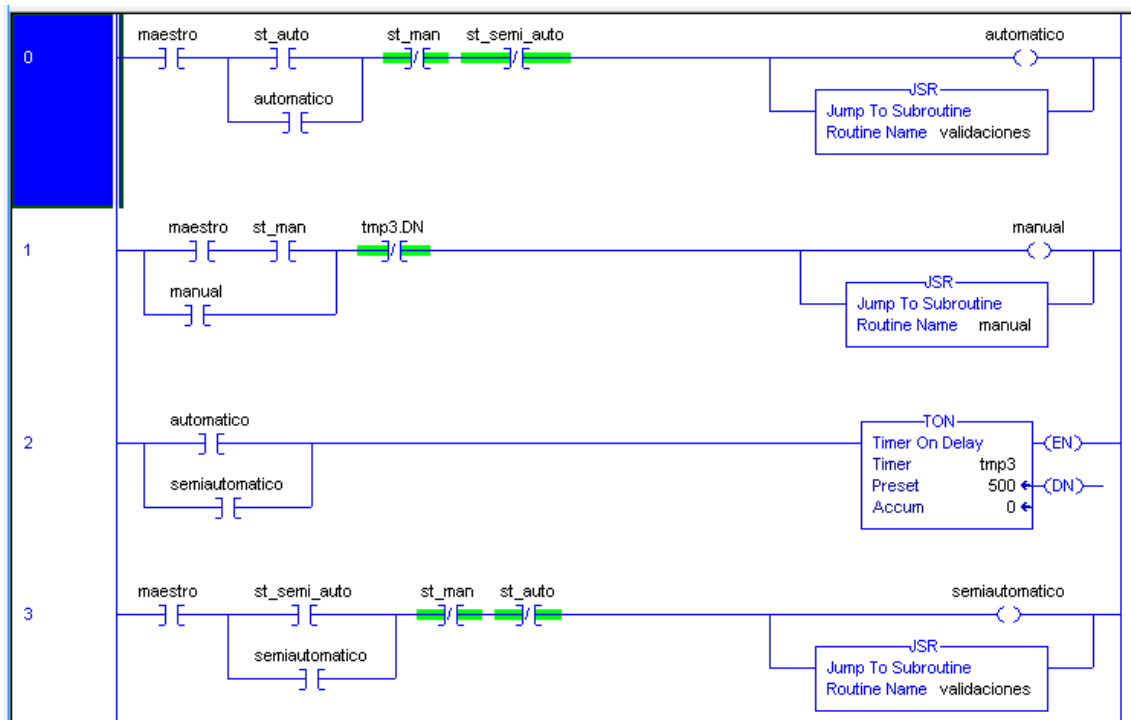
Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
recibido	0		Decimal	BOOL	
quince	0		Decimal	BOOL	
+ producto	0		Decimal	SINT	
+ pro_vacio	0		Decimal	DINT	
ppp	0		Decimal	BOOL	
once	0		Decimal	BOOL	
on_off_man	0		Decimal	BOOL	
ocho	0		Decimal	BOOL	
nueve	0		Decimal	BOOL	
manual	0		Decimal	BOOL	
man_auto	0		Decimal	BOOL	
maestro	0		Decimal	BOOL	
ls4_yd	0		Decimal	BOOL	
ls4_xm	1		Decimal	BOOL	
ls20	0		Decimal	BOOL	
ls2_zb	1		Decimal	BOOL	
ls2_ymd	0		Decimal	BOOL	
ls2_xr	0		Decimal	BOOL	
ls13_lft	0		Decimal	BOOL	
ls12_rht	1		Decimal	BOOL	
ls11_dw	0		Decimal	BOOL	
ls10_u	1		Decimal	BOOL	
ls1_zf	0		Decimal	BOOL	
ls1_yu	0		Decimal	BOOL	

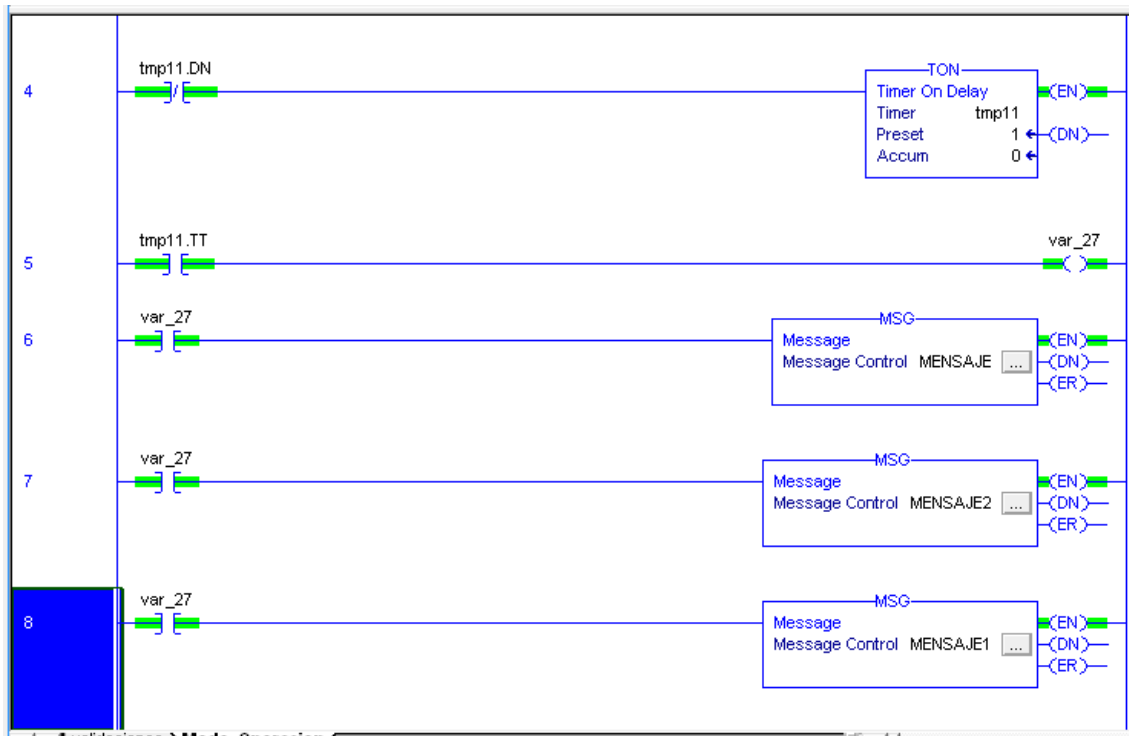
Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
ls1_xl	1		Decimal	BOOL	
+ j	1		Decimal	DINT	
ilock3	0		Decimal	BOOL	
ilock2	0		Decimal	BOOL	
+ i	1		Decimal	SINT	
entregado	0		Decimal	BOOL	
doce	0		Decimal	BOOL	
diez	0		Decimal	BOOL	
dieciseis	0		Decimal	BOOL	
cyu3	0		Decimal	BOOL	
cyu2	0		Decimal	BOOL	
cyu1	0		Decimal	BOOL	
cyu	0		Decimal	BOOL	
cyn3	0		Decimal	BOOL	
cyn2	0		Decimal	BOOL	
cyn1	0		Decimal	BOOL	
cyn	0		Decimal	BOOL	
cyd3	0		Decimal	BOOL	
cyd2	0		Decimal	BOOL	
cyd1	0		Decimal	BOOL	
cyd	0		Decimal	BOOL	
cxr3	0		Decimal	BOOL	
cxr2	0		Decimal	BOOL	
cxr1	0		Decimal	BOOL	

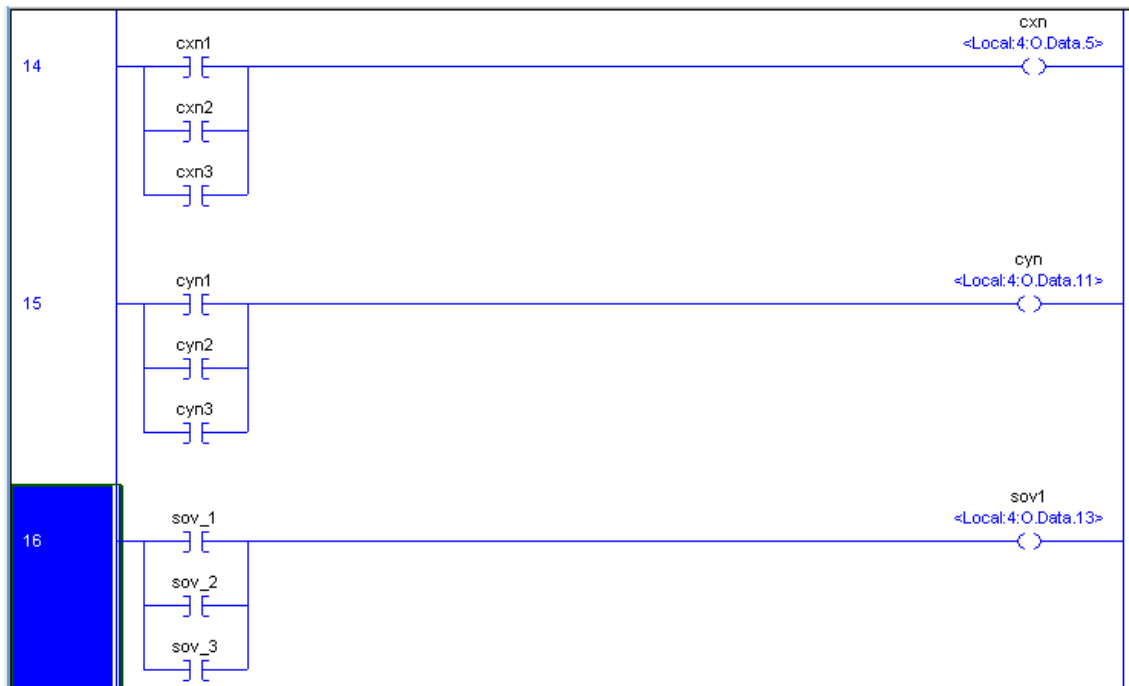
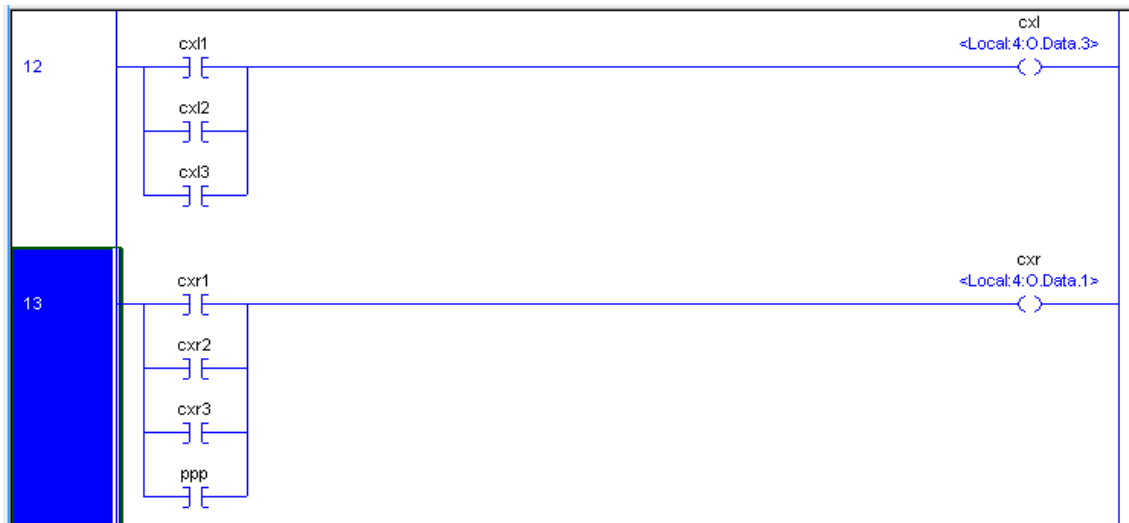
Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description
cxr	0		Decimal	BOOL	
cxn3	0		Decimal	BOOL	
cxn2	0		Decimal	BOOL	
cxn1	0		Decimal	BOOL	
cxn	0		Decimal	BOOL	
cxl3	0		Decimal	BOOL	
cxl2	0		Decimal	BOOL	
cxl1	0		Decimal	BOOL	
cxl	0		Decimal	BOOL	
+ cueny1	{...}	{...}		COUNTER	
+ cueny	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenx1	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenx	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_y2	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_y	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_x_2	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_x	{...}	{...}		COUNTER	
+ cuenta_total	{...}	{...}		COUNTER	
cuatro	0		Decimal	BOOL	
+ cu1	{...}	{...}		COUNTER	
+ cu	{...}	{...}		COUNTER	
+ coun1	{...}	{...}		COUNTER	
+ coun	{...}	{...}		COUNTER	
+ contaunos	{...}	{...}		COUNTER	

+ contatres	{...}	{...}		COUNTER
+ contados	{...}	{...}		COUNTER
+ CLAVE	'JUAN'	{...}		STRING
cinco	0		Decimal	BOOL
catorce	0		Decimal	BOOL
aux_8	0		Decimal	BOOL
aux_7	0		Decimal	BOOL
aux_6	0		Decimal	BOOL
aux_5	0		Decimal	BOOL
aux_4	0		Decimal	BOOL
aux_3	0		Decimal	BOOL
aux_2	0		Decimal	BOOL
+ aux_12	0		Decimal	DINT
+ aux_11	0		Decimal	DINT
+ aux_10	0		Decimal	DINT
aux_1	0		Decimal	BOOL
automatico	0		Decimal	BOOL

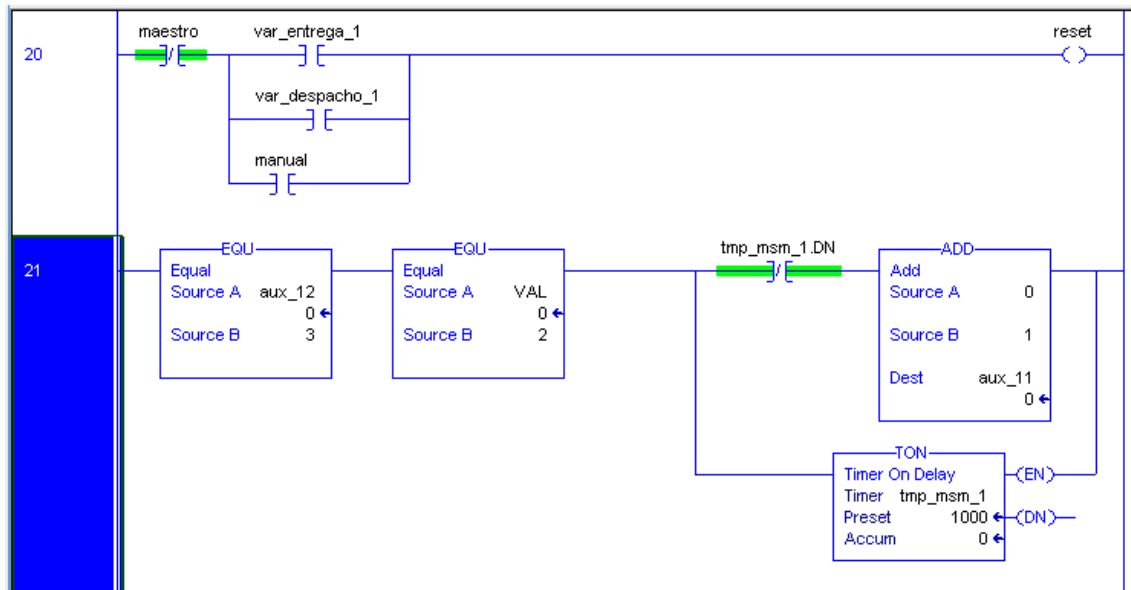
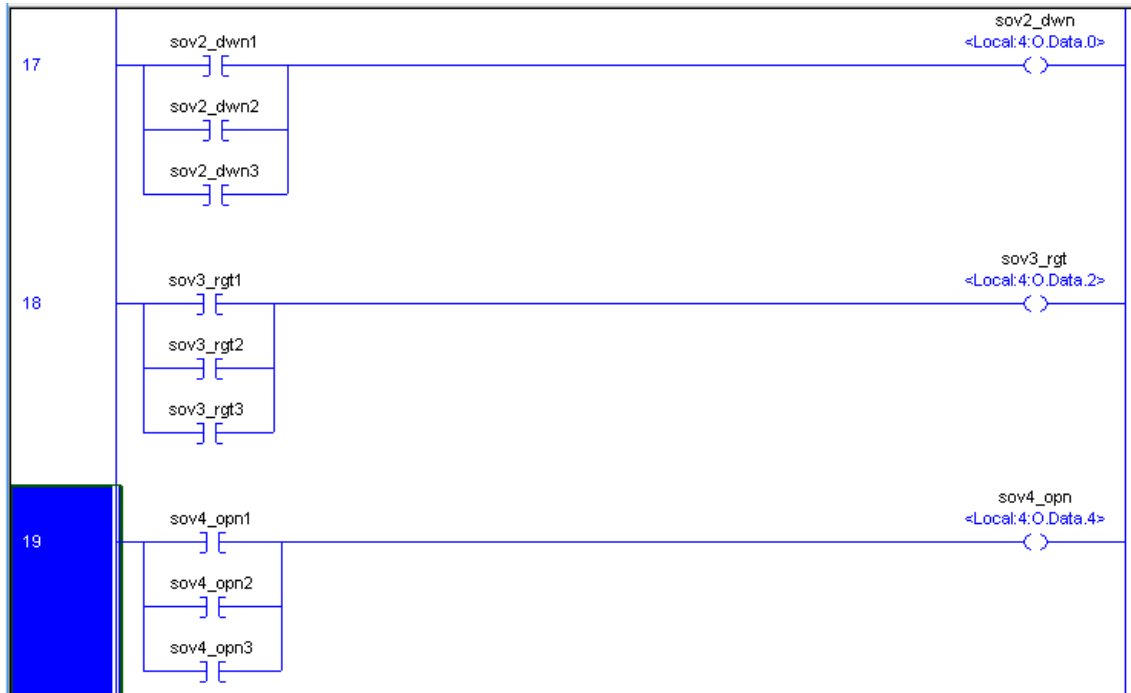
### SUBROUTINA MODO OPERACIÓN

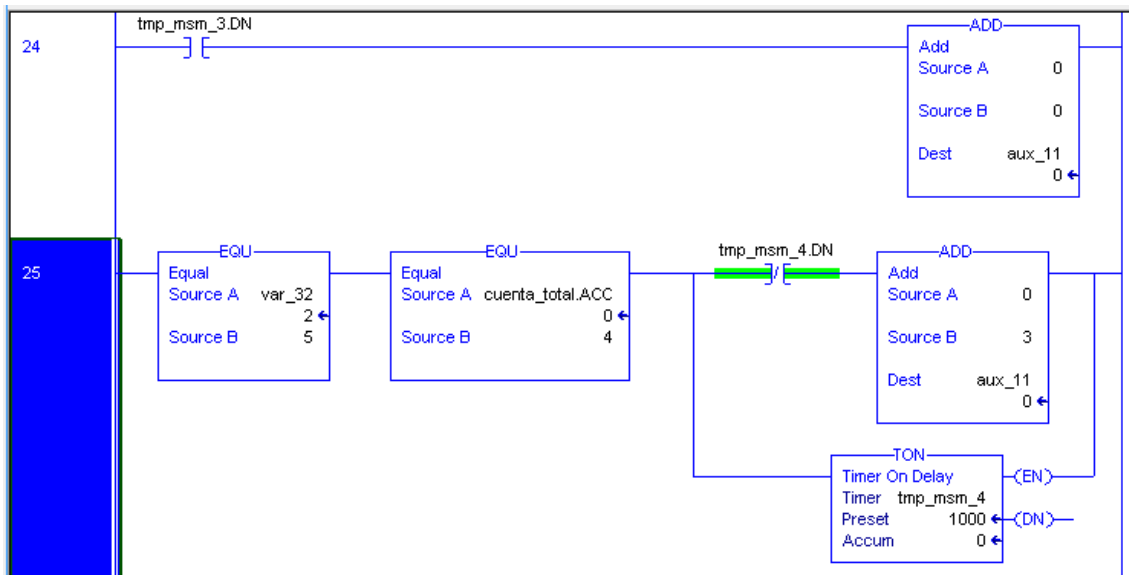
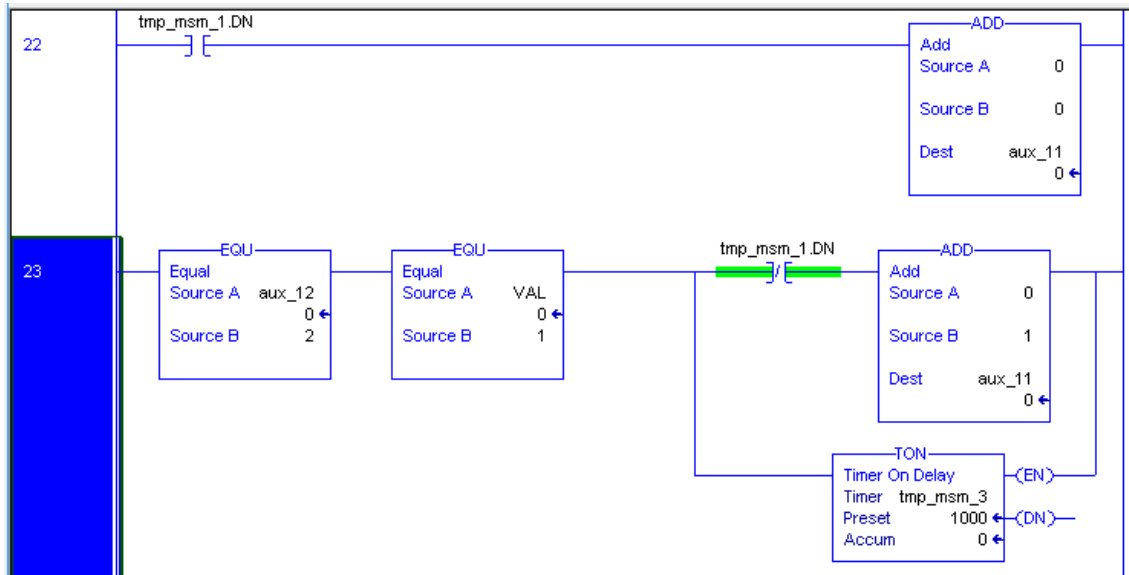


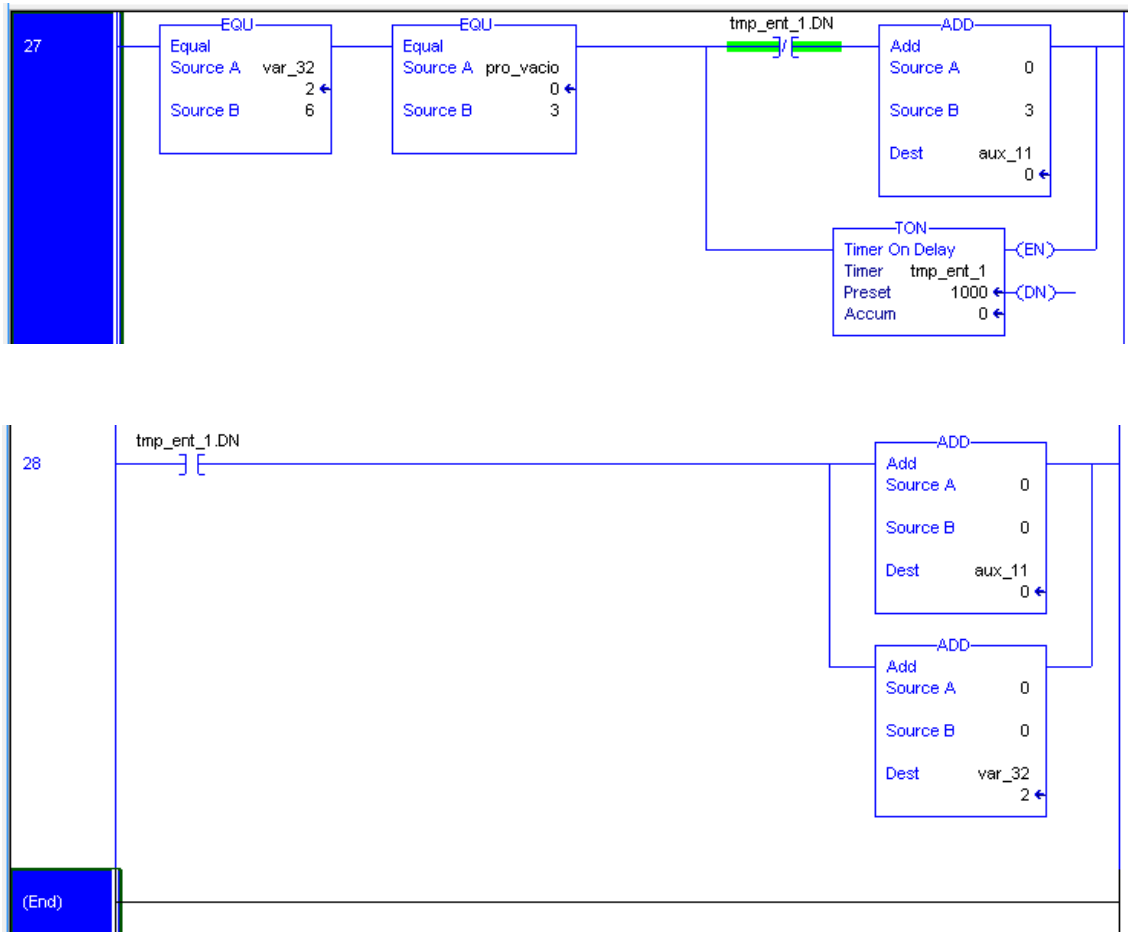












**SUBROUTINA VALIDACIONES**

IF semiautomatico THEN

IF MATRIZ[var\_x,var\_y]=1 & (MATRIZ\_PROD[var\_x,var\_y]=2 OR  
 MATRIZ\_PROD[var\_x,var\_y]=3 OR MATRIZ\_PROD[var\_x,var\_y]=4 OR  
 MATRIZ\_PROD[var\_x,var\_y]=5) & MATRIZ\_PROD[var\_x,var\_y]= producto THEN

VAL:=2; // entrega

ELSE

IF cuenta\_total.acc < 32 THEN

IF MATRIZ[var\_x,var\_y]=0 & producto < 8 & producto > 0 THEN

```
                VAL:=1;

            ELSE

                VAL:=0;           //  recepcion

            END_IF;

        ELSE

            VAL:=0;

        END_IF;

    END_IF;

    JSR(Programa_Principal);

END_IF;

IF automatico THEN

///INICIALIZACION

    IF st_auto THEN

        var_32:=0;

        i:=1;

        j:=1;

        VAL:=0;
```

END\_IF;

aux\_10 := RECEPCIONST2000;

DST2000 := aux\_11;

aux\_12 := MODOST2000;

//\*\*\*\*\*//ALMACENAMIENTO

if aux\_12 = 2 then

if aux\_10<8 & aux\_10>0 then

producto:=aux\_10;

var\_32:=5;

i:=1;

j:=1;

end\_if;

if var\_32 = 5 then

if cuenta\_total.acc < 32 then

if MATRIZ[i,j-1] = 0 then //rec

VAL:=1;

cuenta\_x\_2.PRE:=i;

```
        cuenta_y.pre:=j;

        var_31:=3;

    else

        i:=i+1;

        if i >= 9 then

            i:=1;

            j:=j+1;

        end_if;

    end_if;

end_if;

end_if;

end_if;

end_if;

//*****//PRODUCCION

if aux_12 = 3 then

    if aux_10<8 & aux_10>0 then
```

```
        producto:=aux_10;

        i:=1;

        j:=1;

        z:=1;

    end_if;

    if aux_10 = 1 or aux_10 = 6 or aux_10 = 7 then          //rec

        var_32:=5;

    end_if;

    if aux_10 = 2 or aux_10 = 3 or aux_10 = 4 or aux_10 = 5 then          //ent

        var_32:=6;

    end_if;

//  RECEPCION

    if var_32 = 5 then

        if cuenta_total.acc < 32 then

            if MATRIZ[i,j-1] = 0 then          //rec

                VAL:=1;

                cuenta_x_2.PRE:=i;
```

```
        cuenta_y.pre:=j;

        var_31:=3;

    else

        i:=i+1;

        if i >= 9 then

            i:=1;

            j:=j+1;

        end_if;

    end_if;

end_if;

end_if;

end_if;

// ENTREGA

if var_32 = 6 then

    if z < 33 then

        if MATRIZ[i,j-1] = 1 & MATRIZ_PROD[i,j-1]= producto then

//ent

            VAL:=2;
```



```
        cuenta_x_2.PRE:=i;

        cuenta_y.pre:=j;

        var_31:=3;

    else

        i:=i+1;

        z:=z+1;

        if i >= 9 then

            i:=1;

            j:=j+1;

        end_if;

    end_if;

else

    pro_vacio:=3;

end_if;

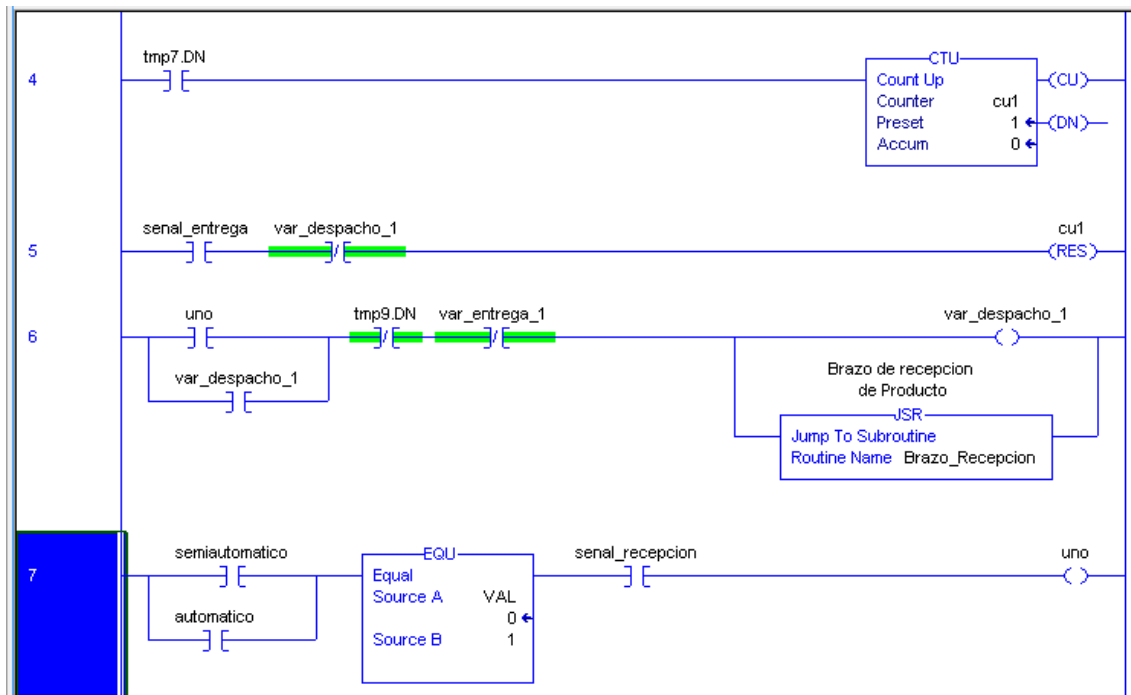
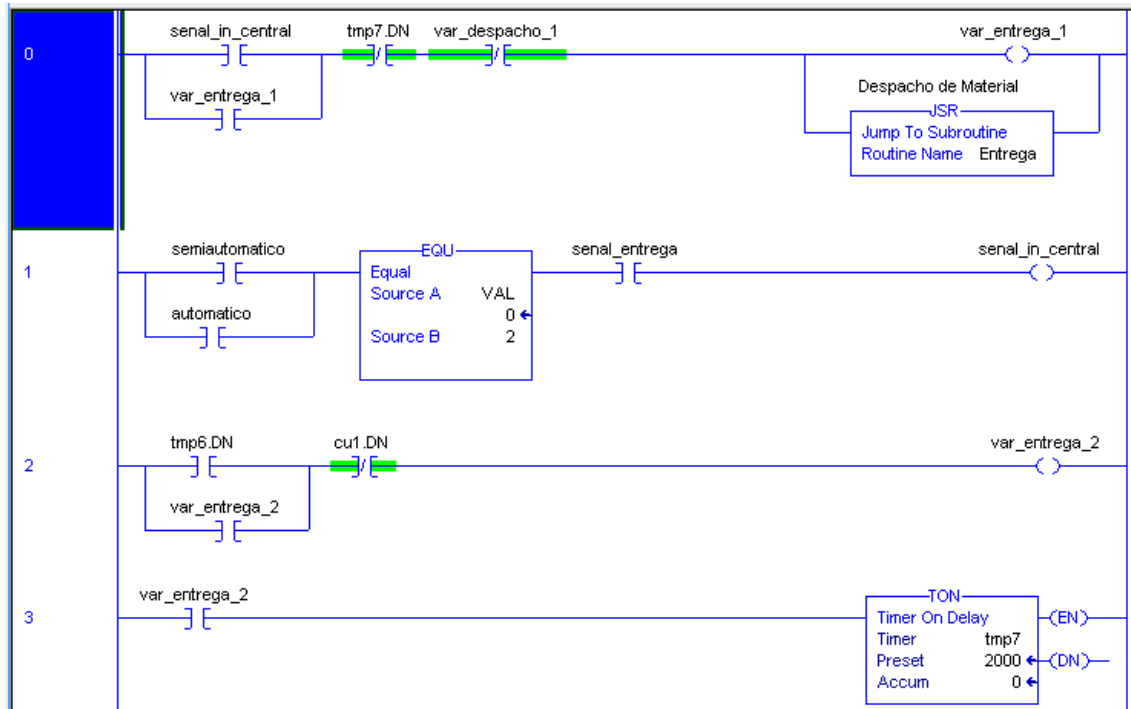
end_if;

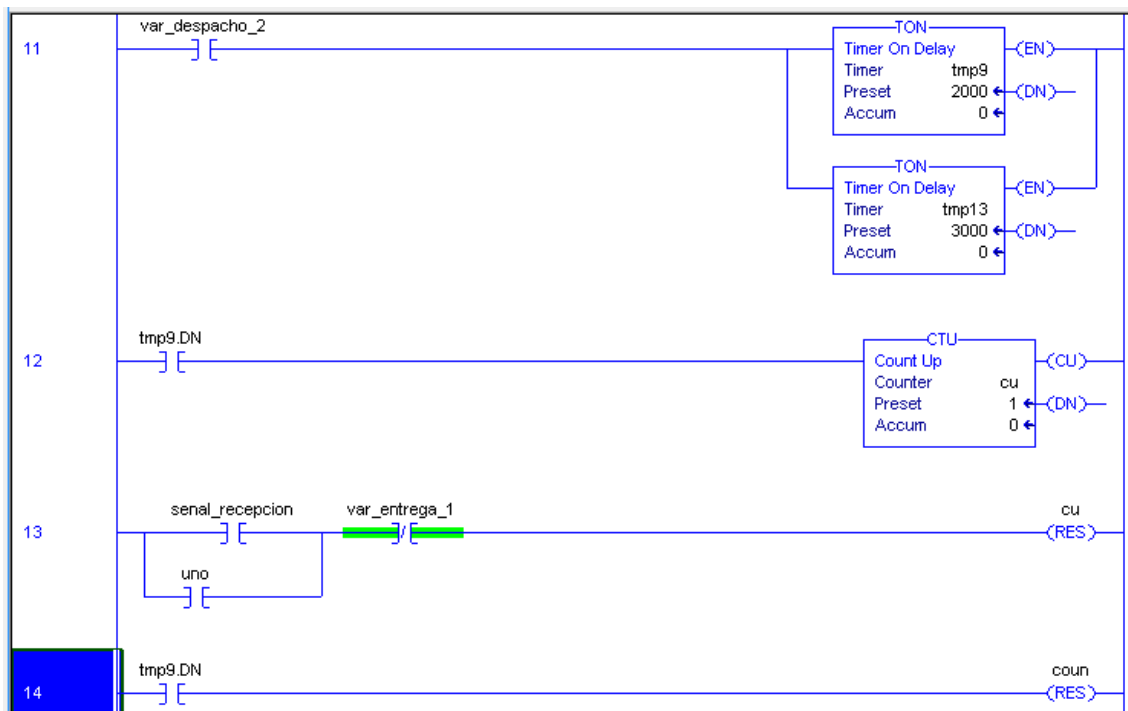
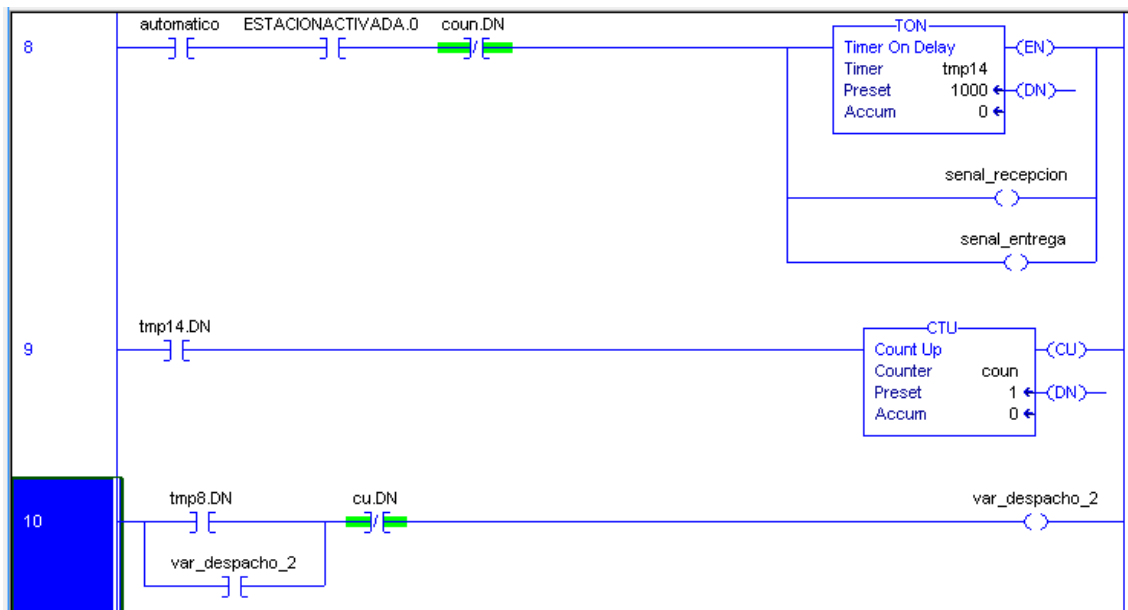
end_if;

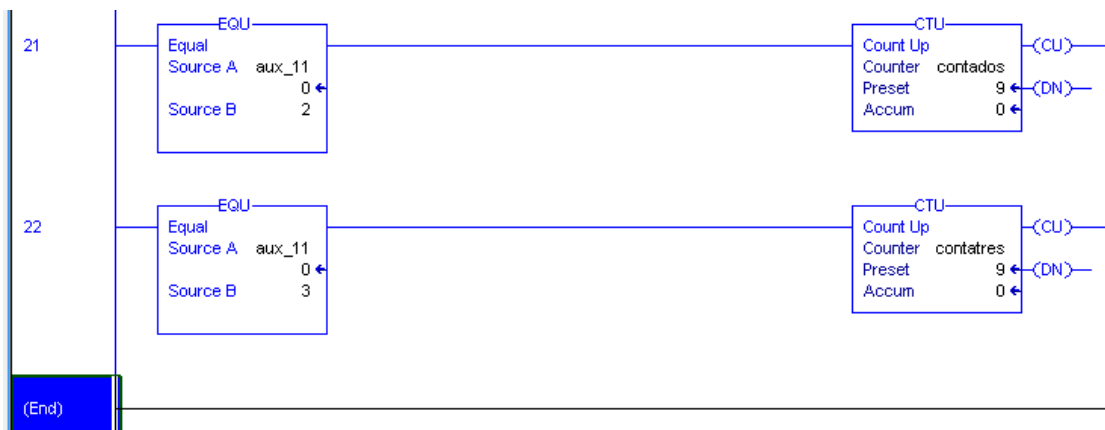
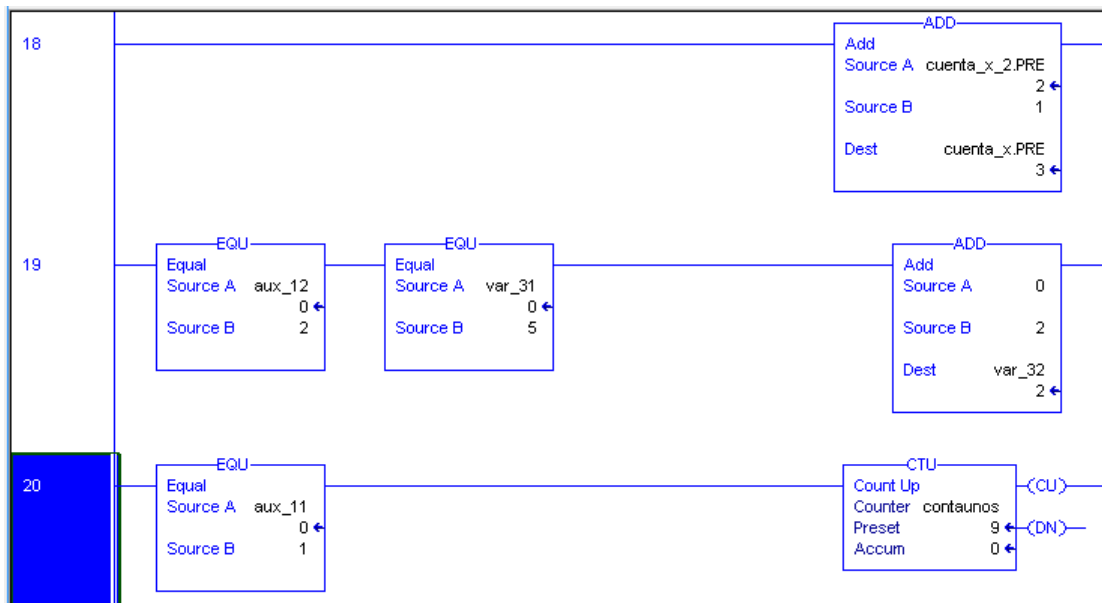
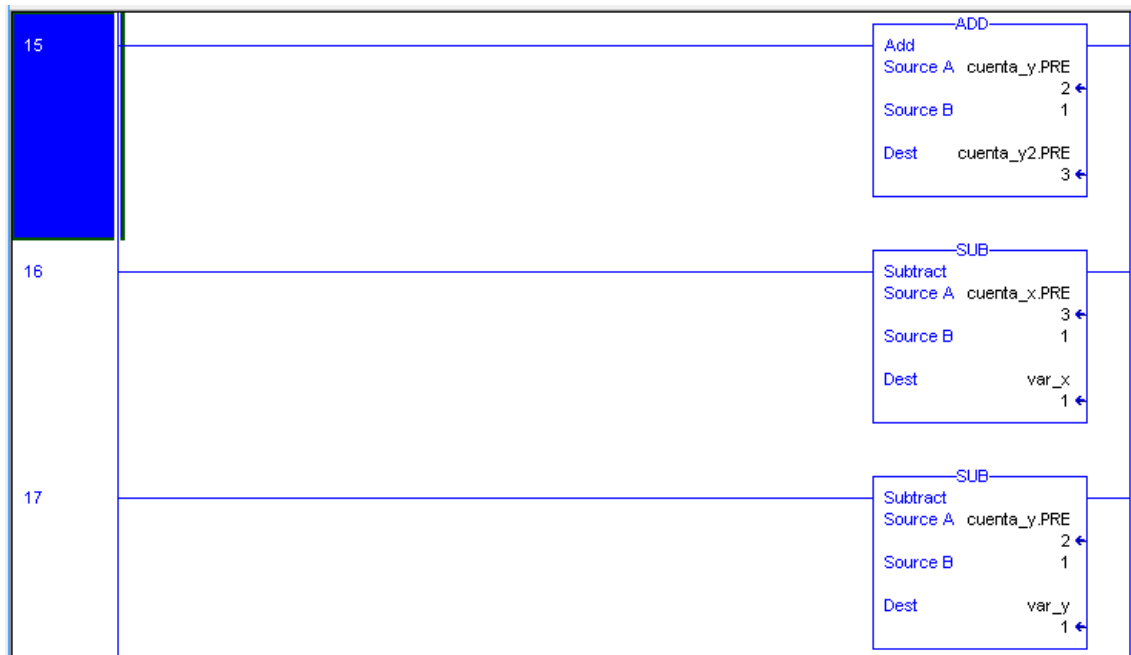
JSR(Programa_Principal);
```

END\_IF;

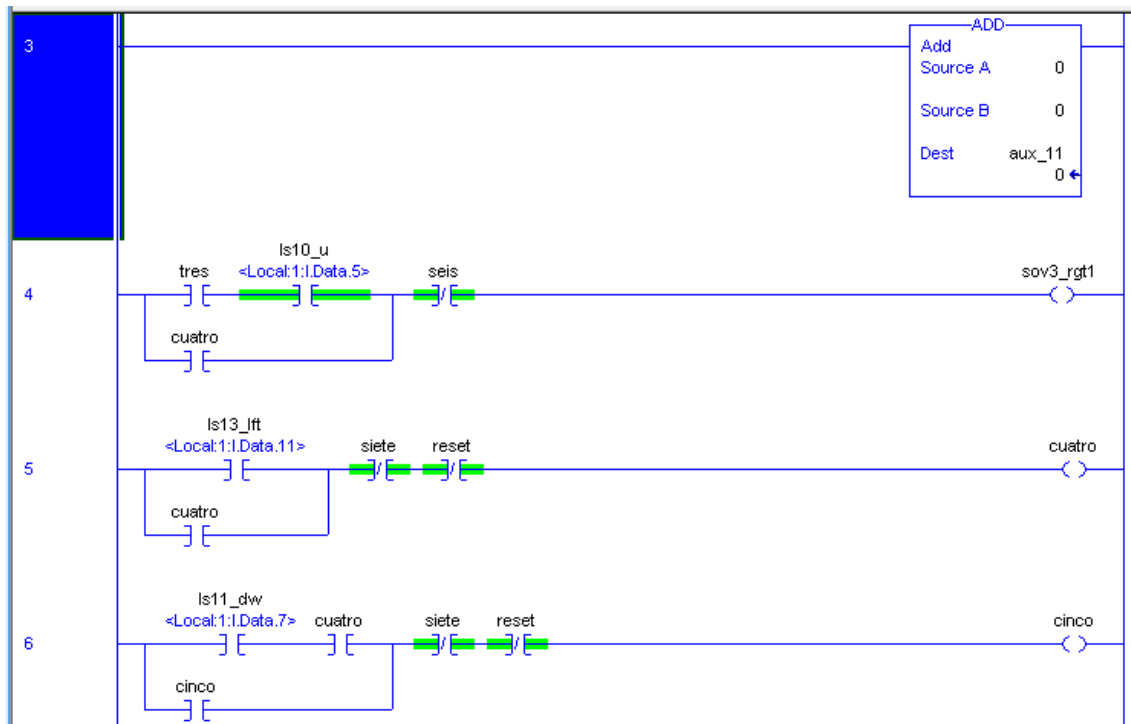
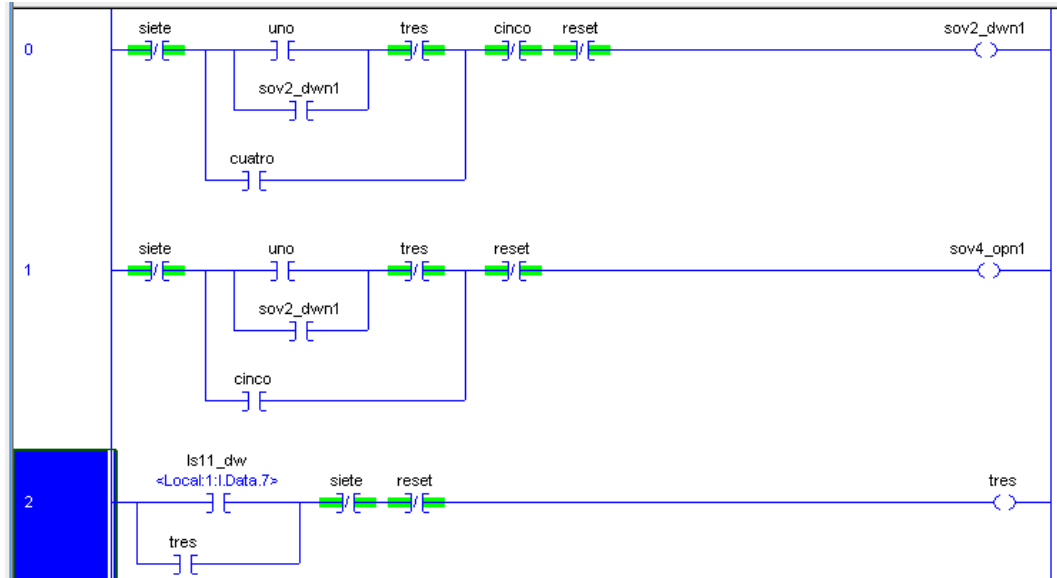
### SUBROUTINA PROGRAMA PRINCIPAL

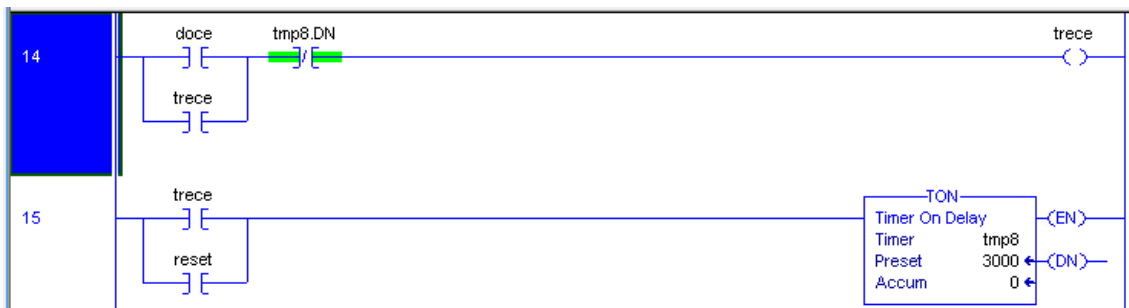
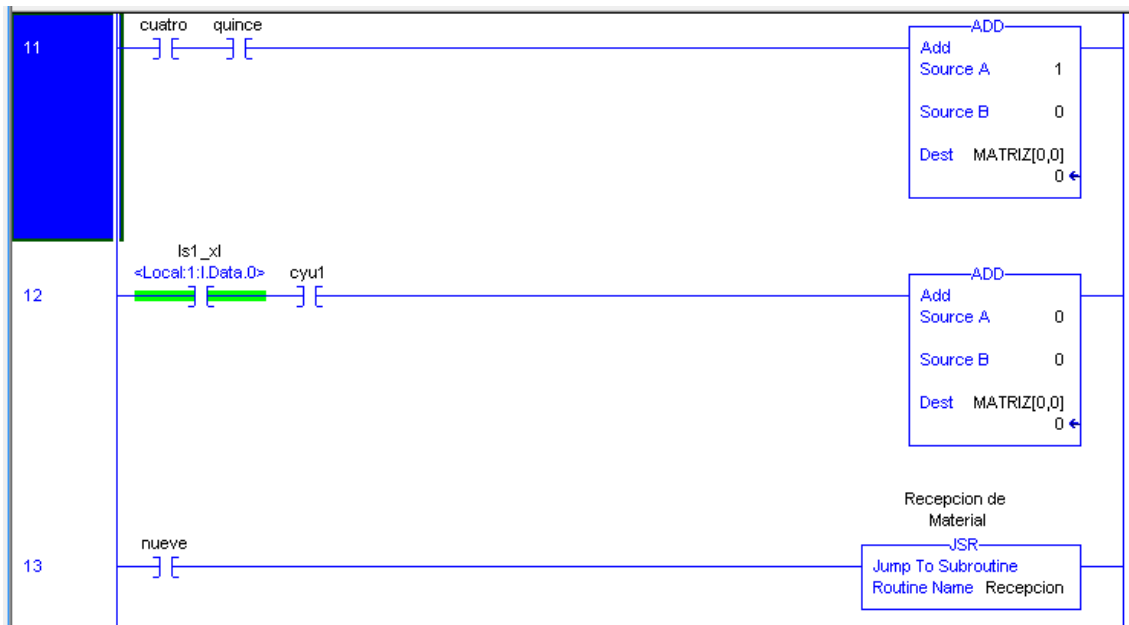
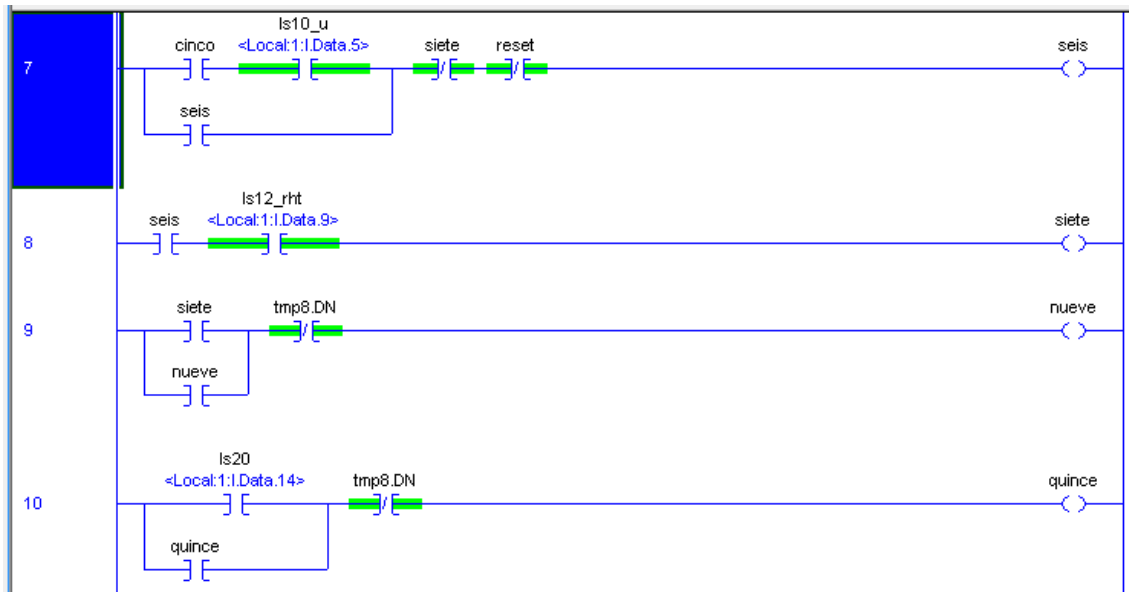


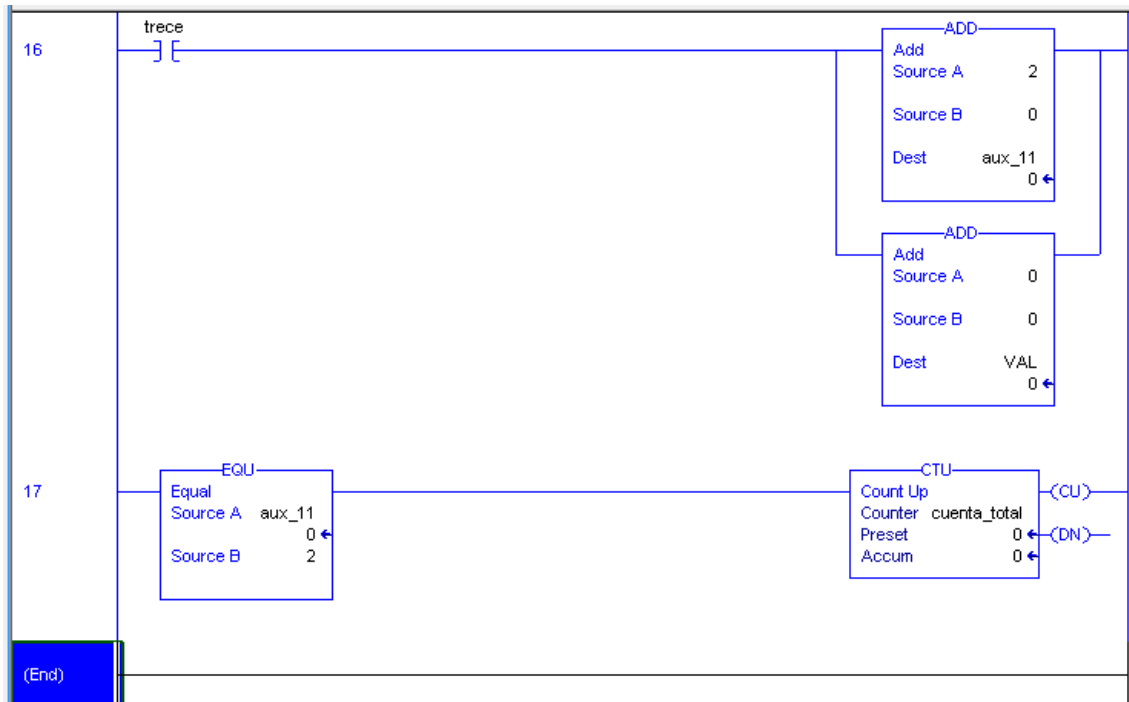




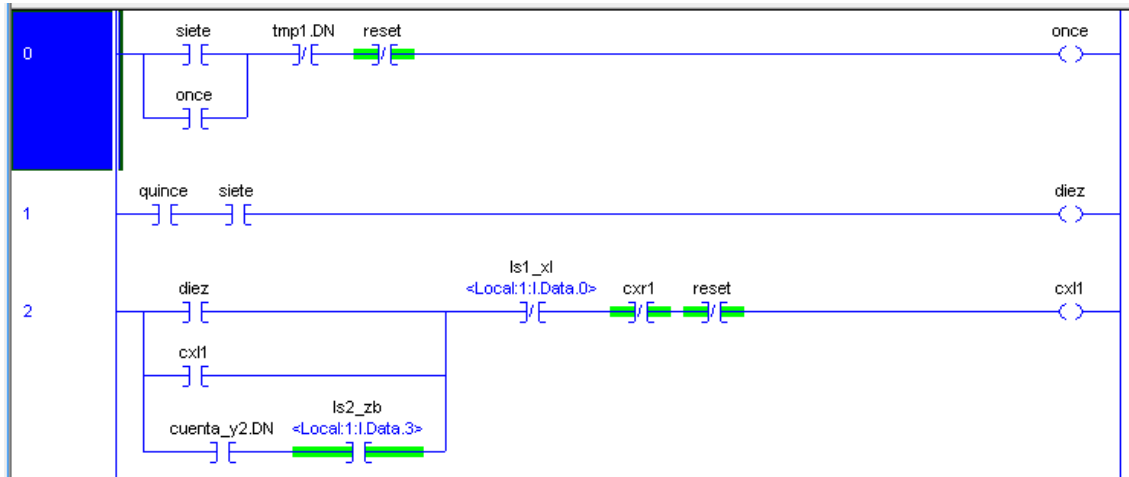
### SUBROUTINA BRAZO RECEPCIÓN

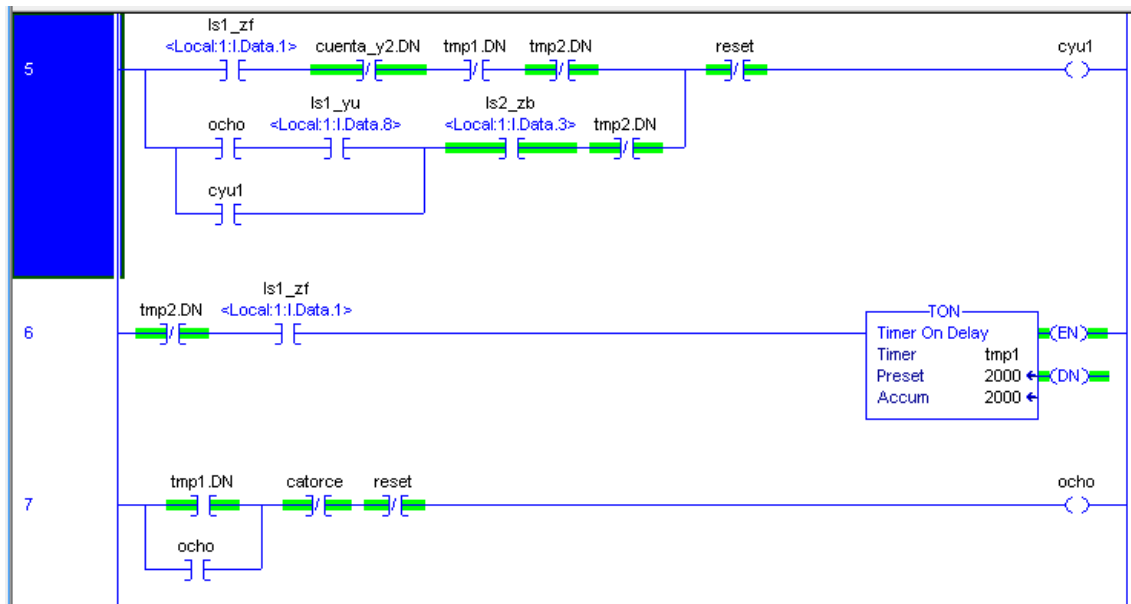
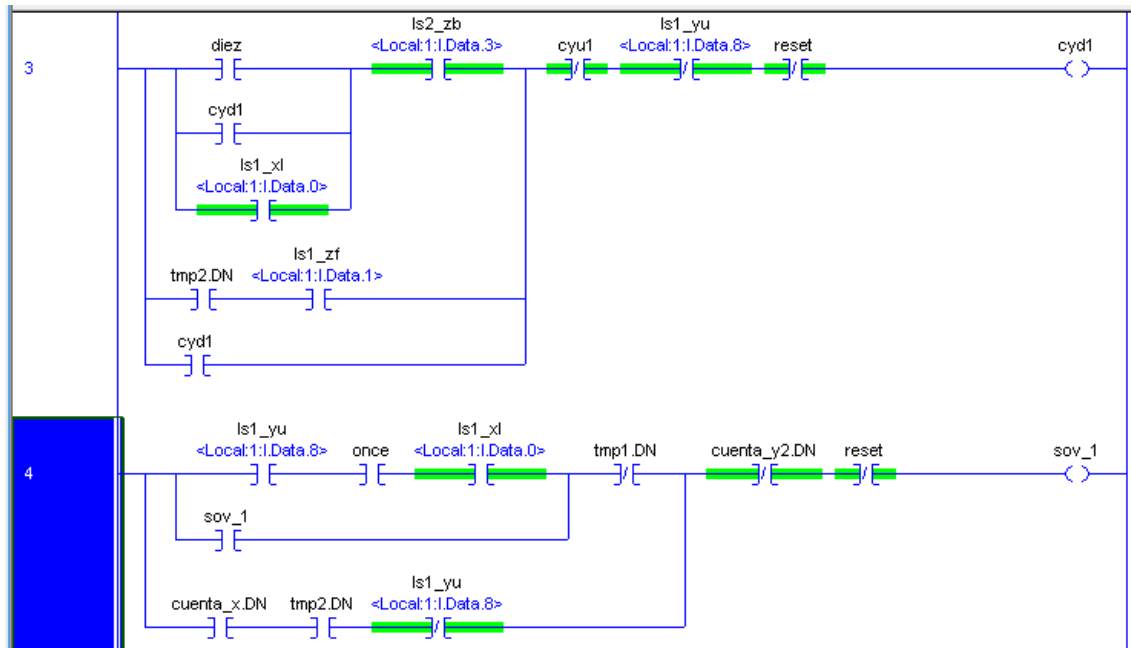




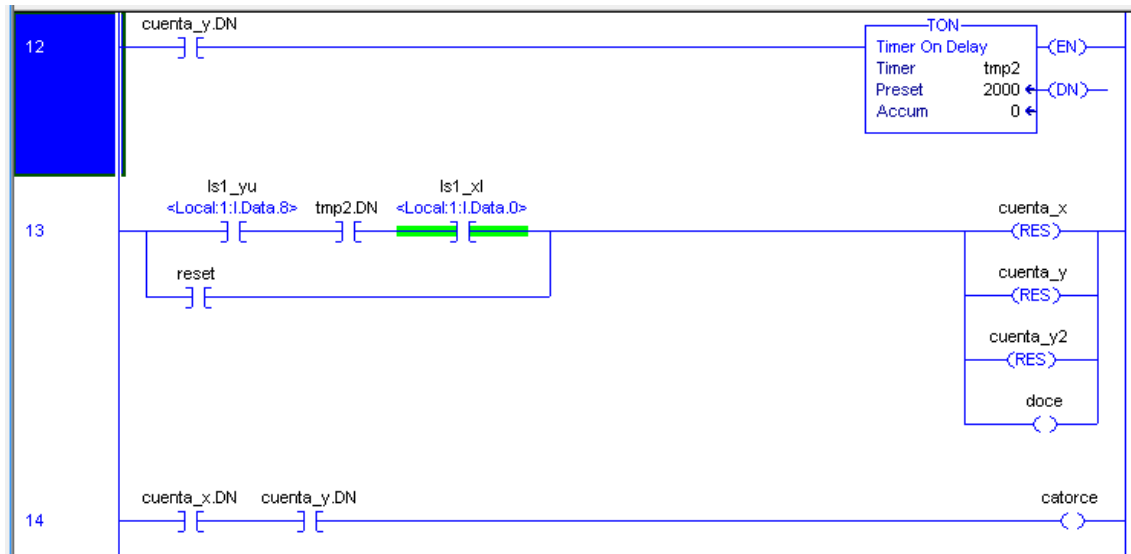
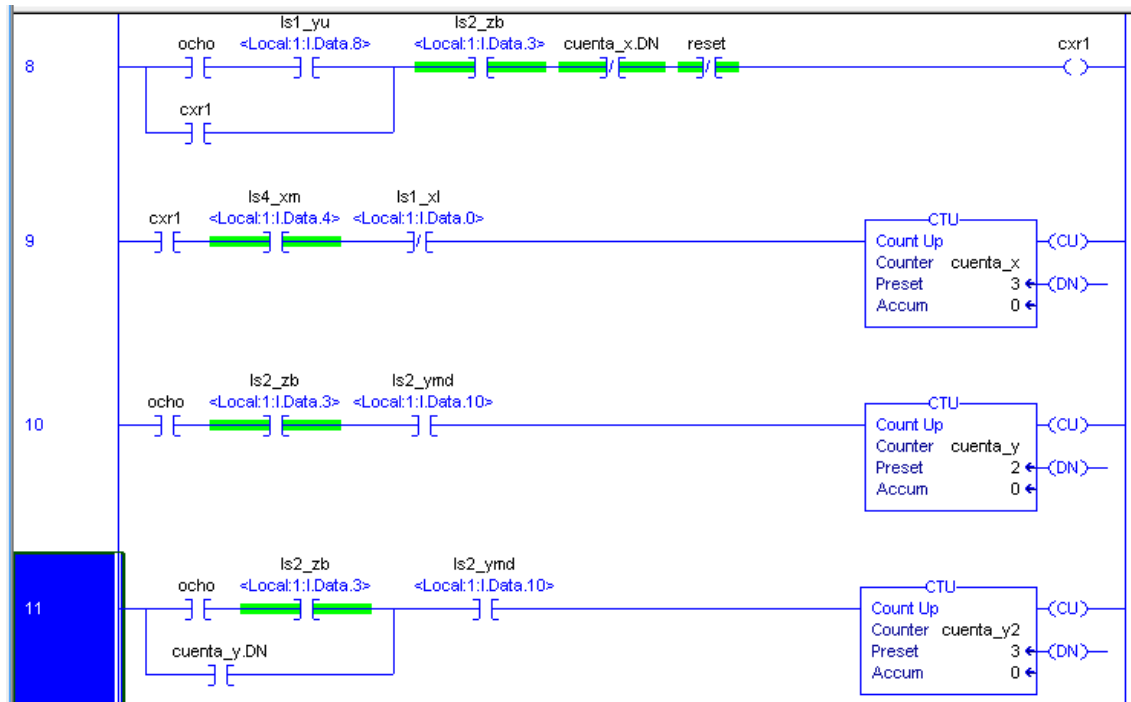


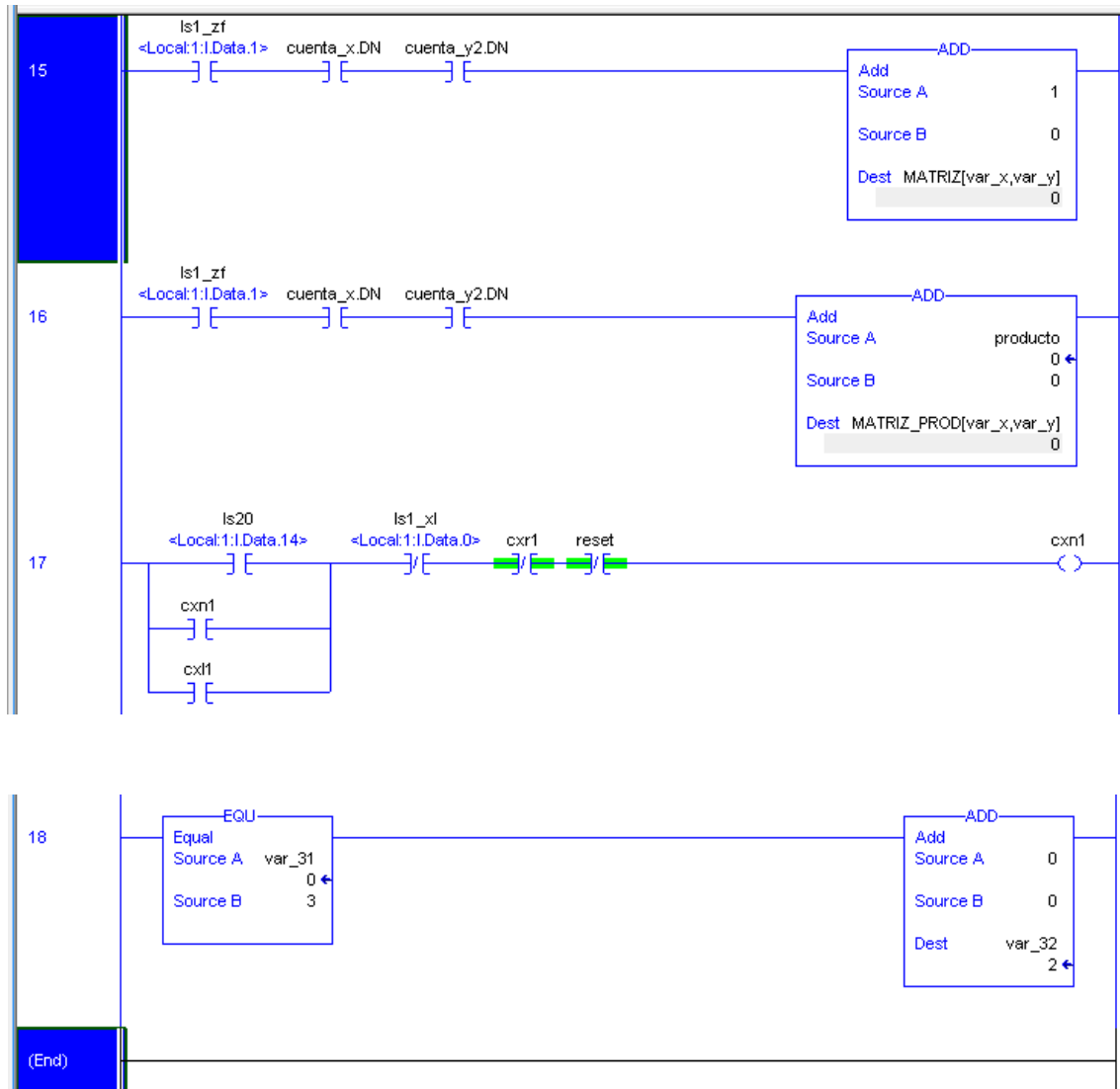
### SUBROUTINA RECEPCIÓN



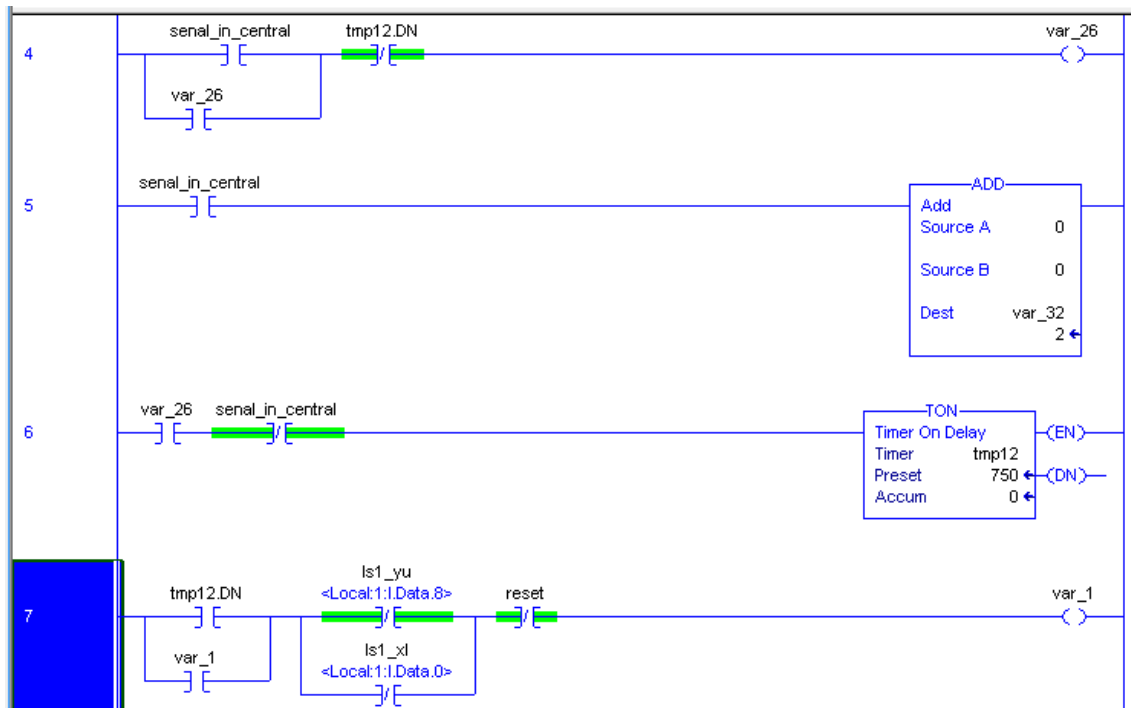
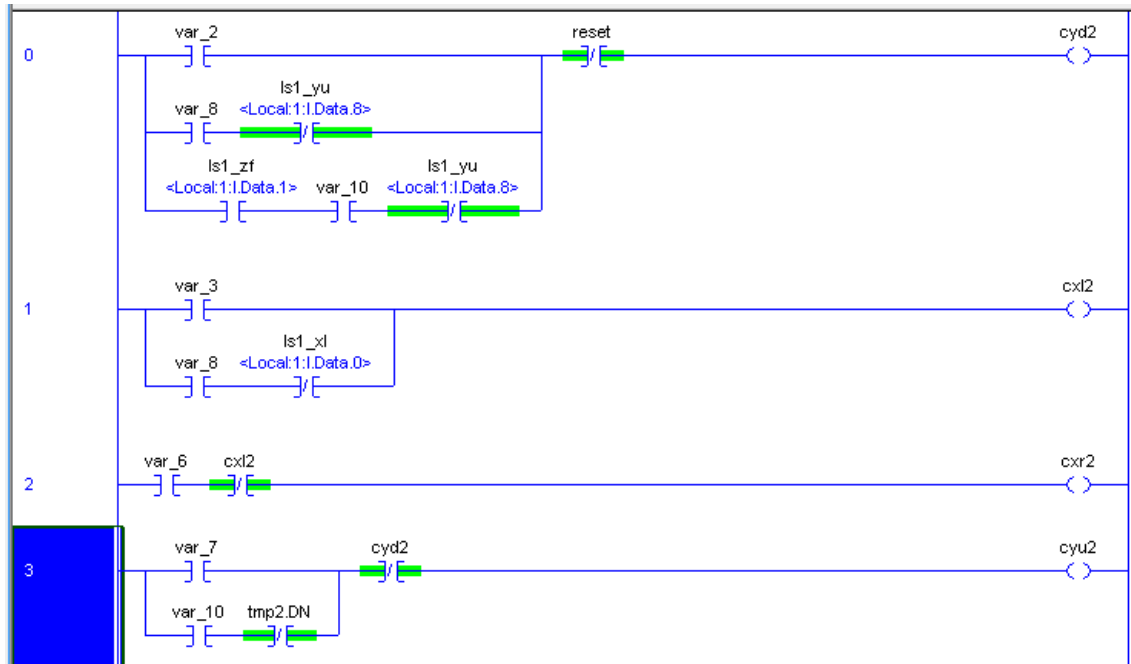


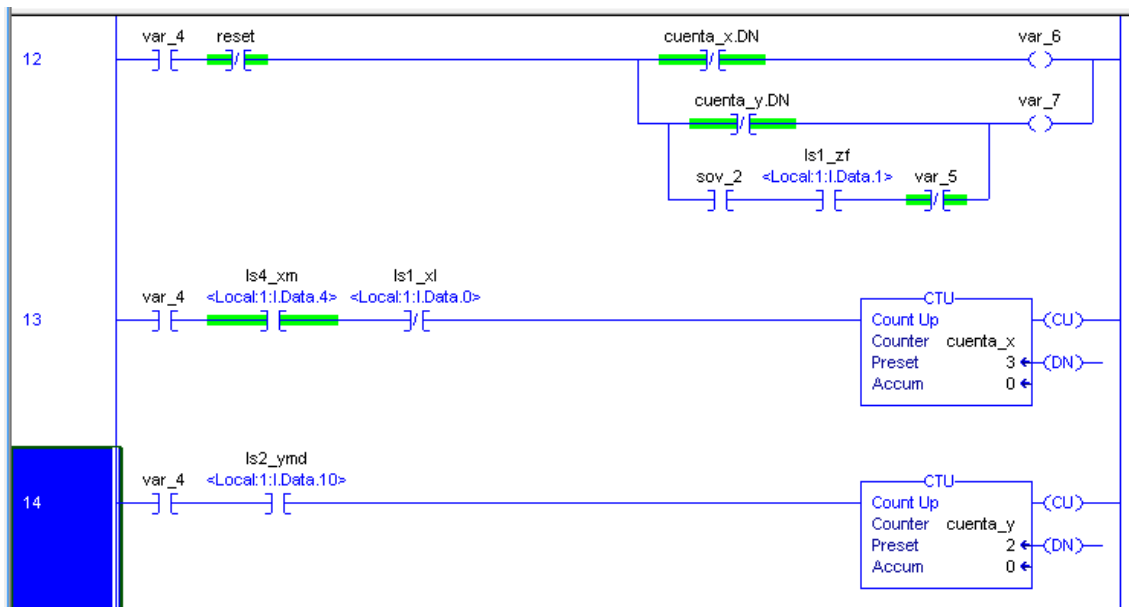
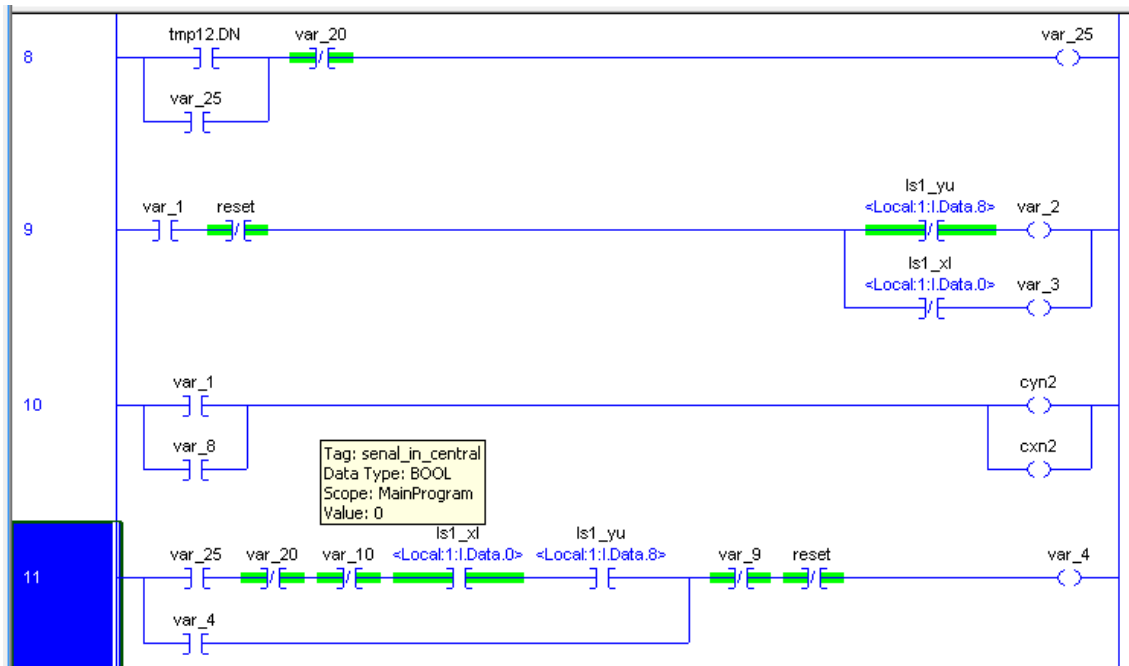


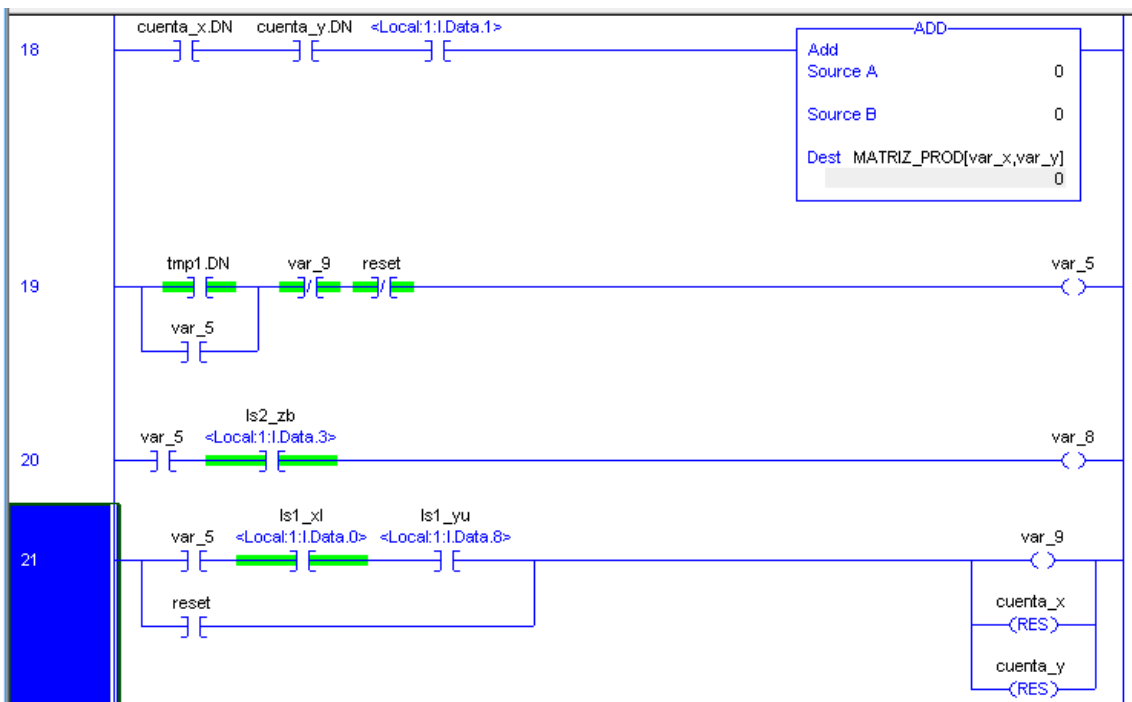
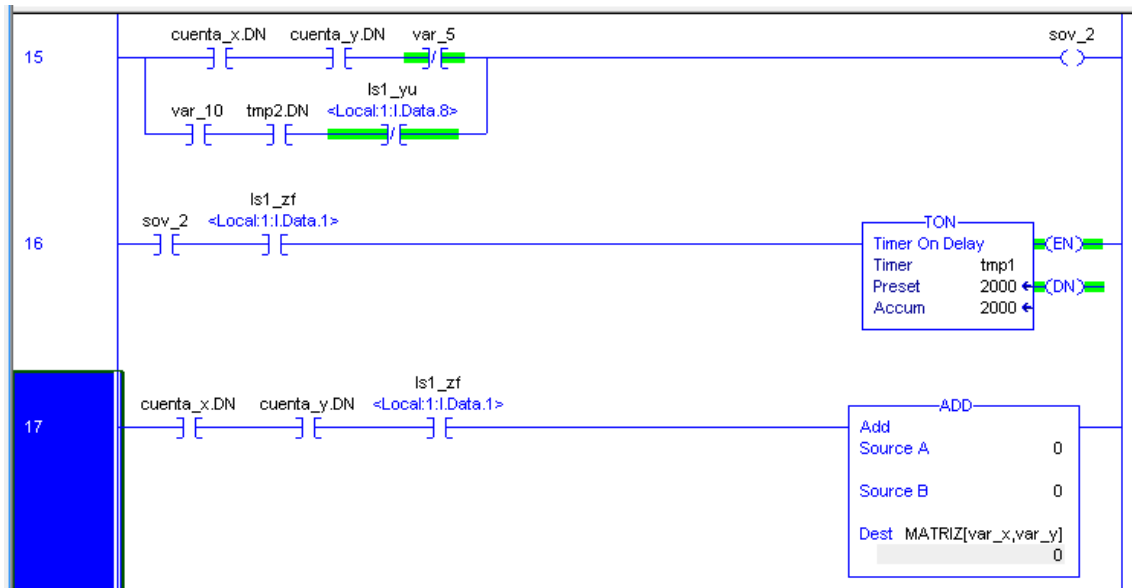


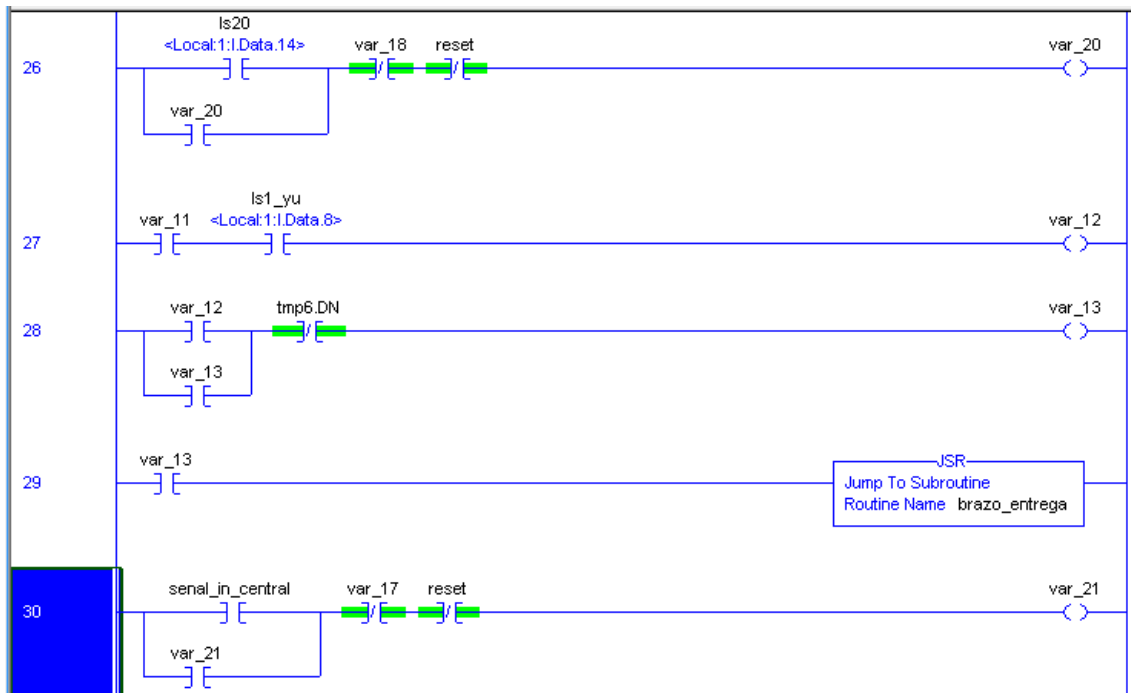
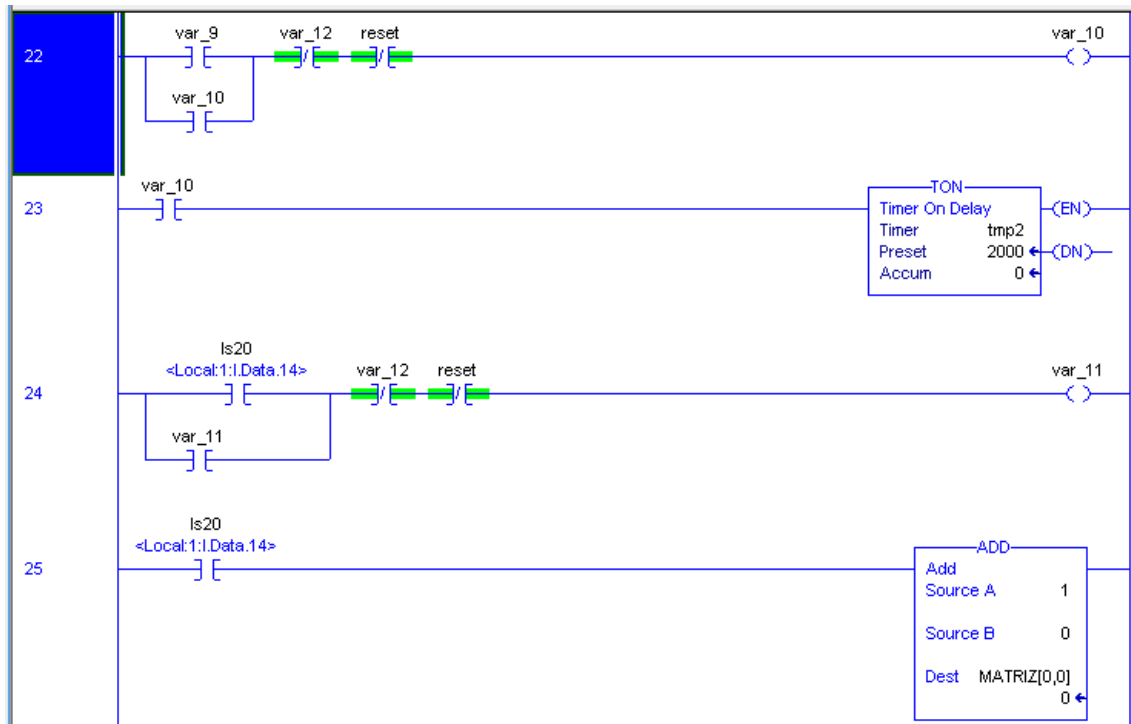


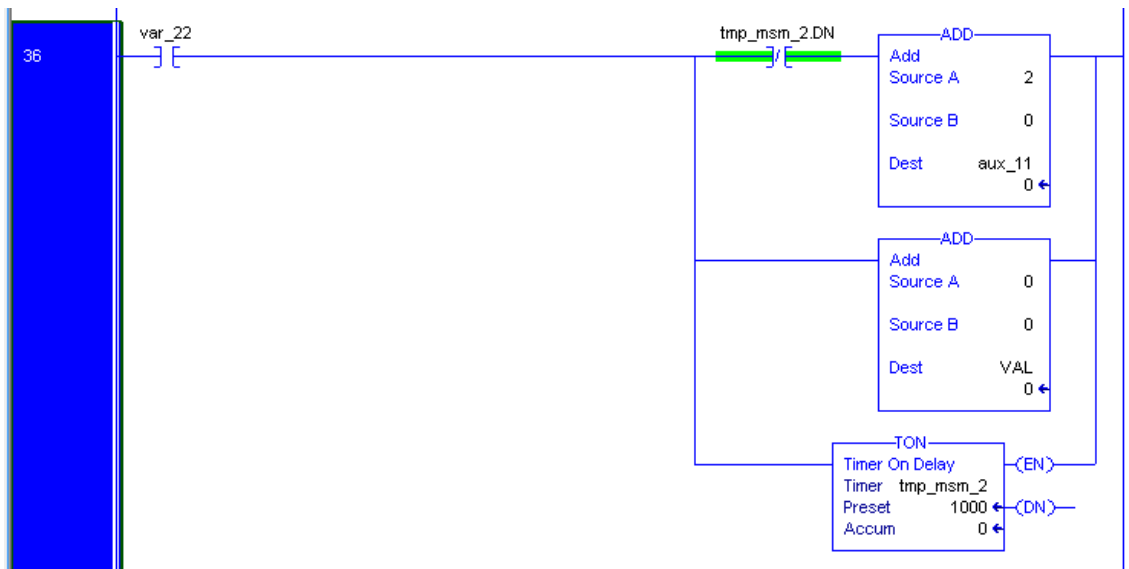
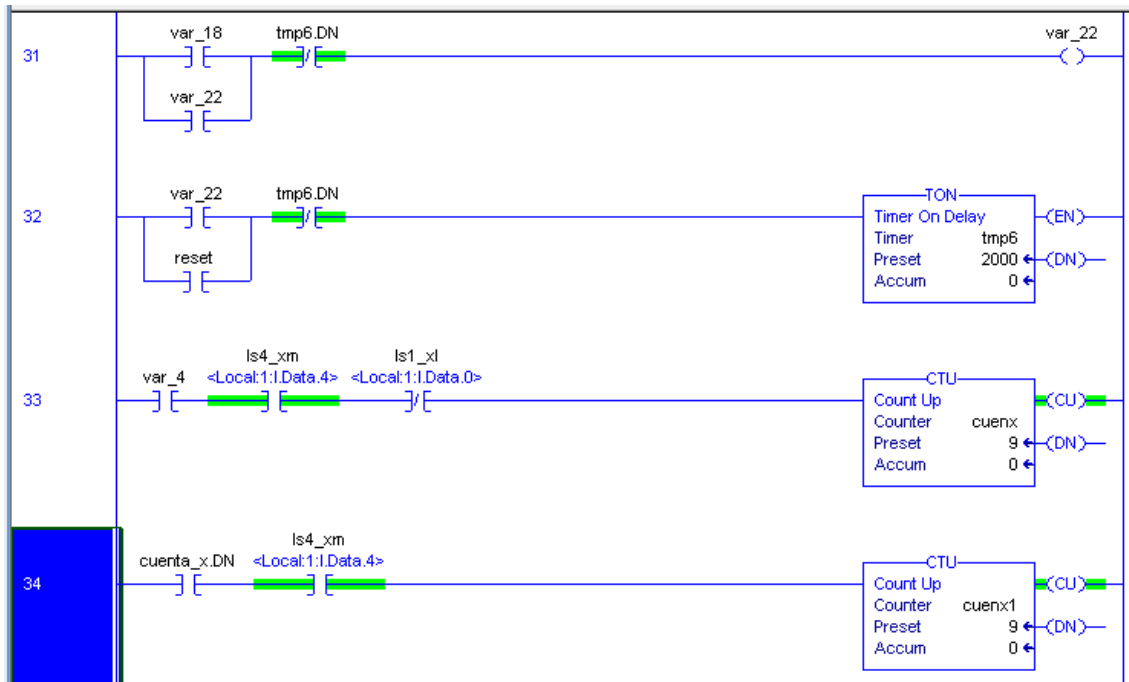
**SUBROUTINA ENTREGA**

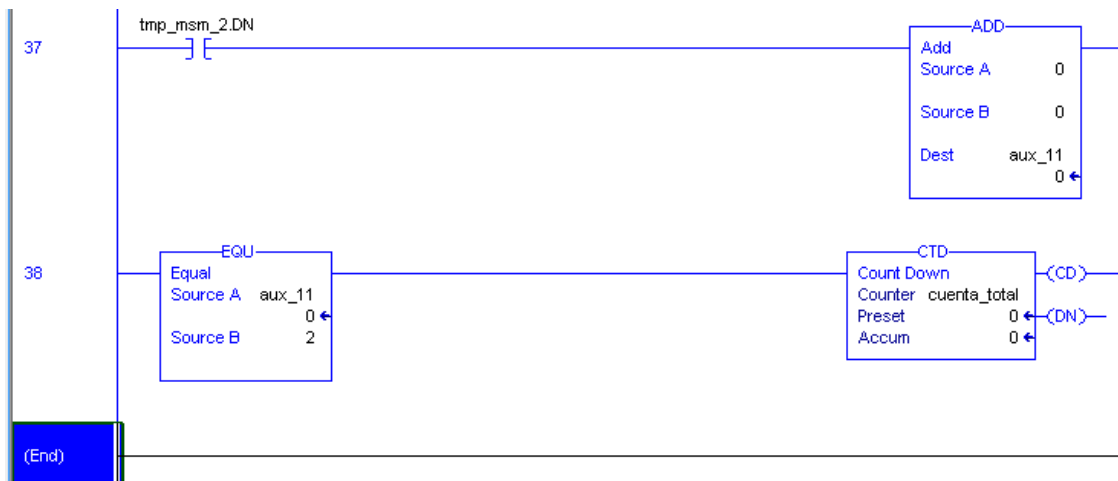




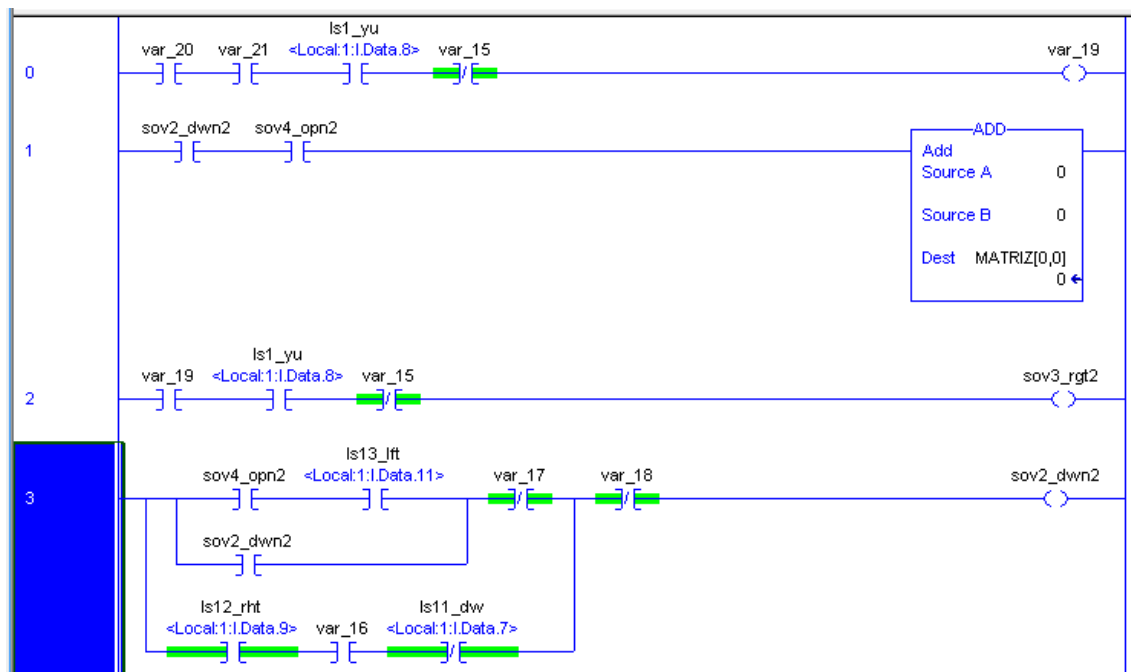




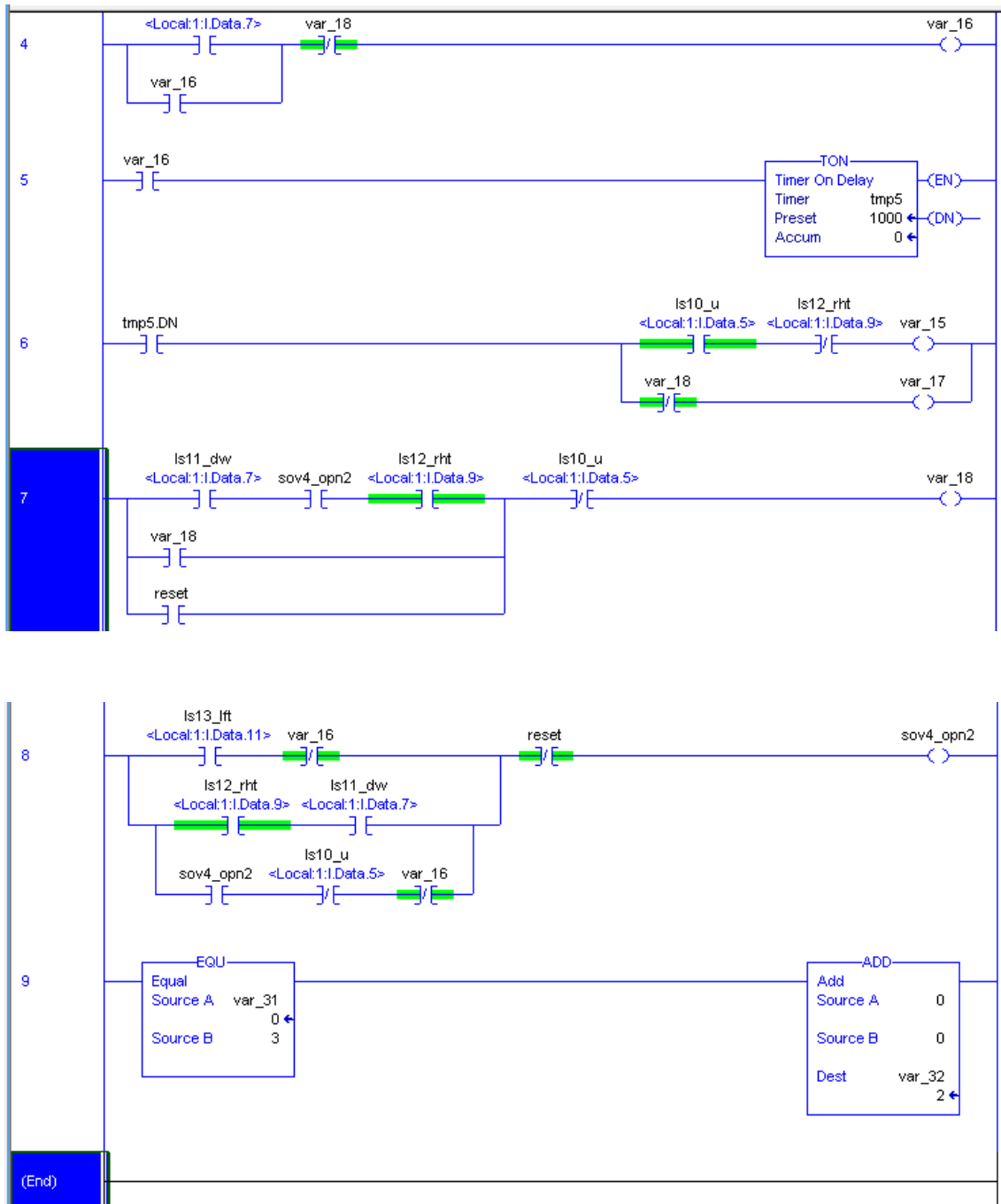




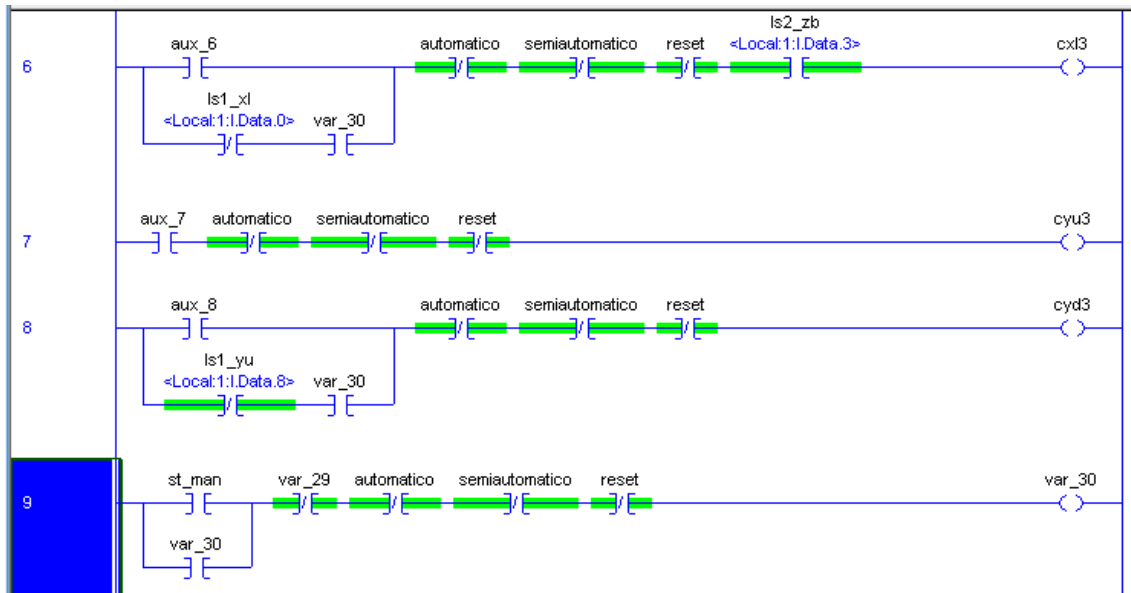
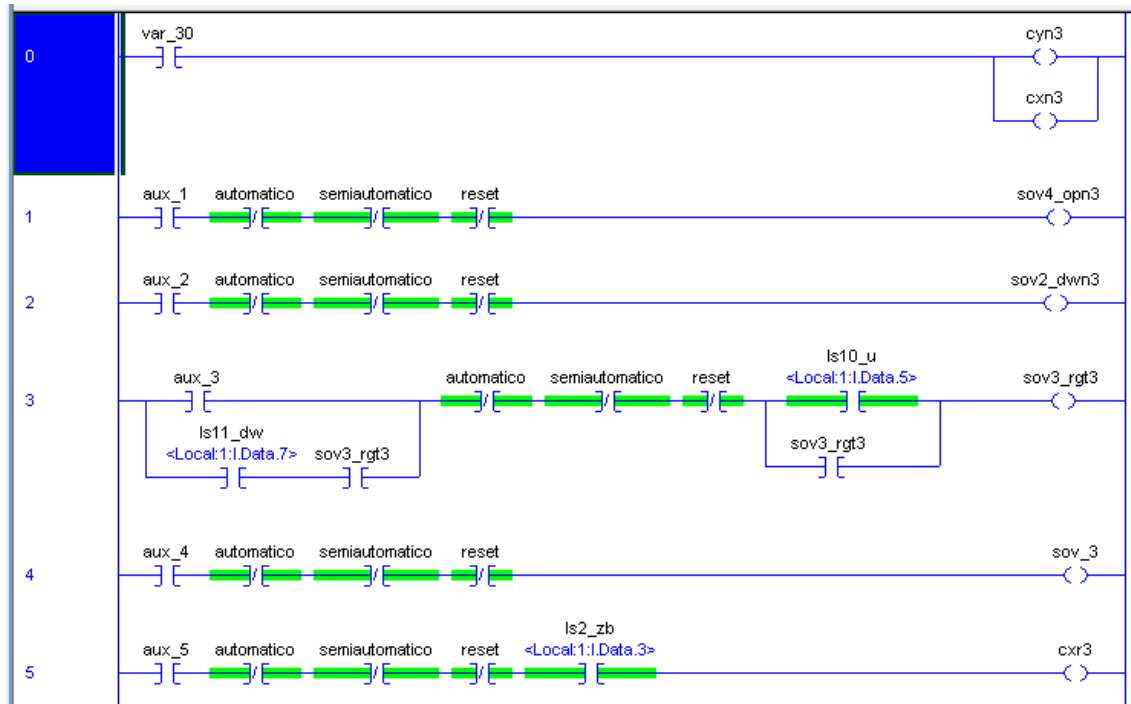
**SUBROUTINA BRAZO ENTREGA**

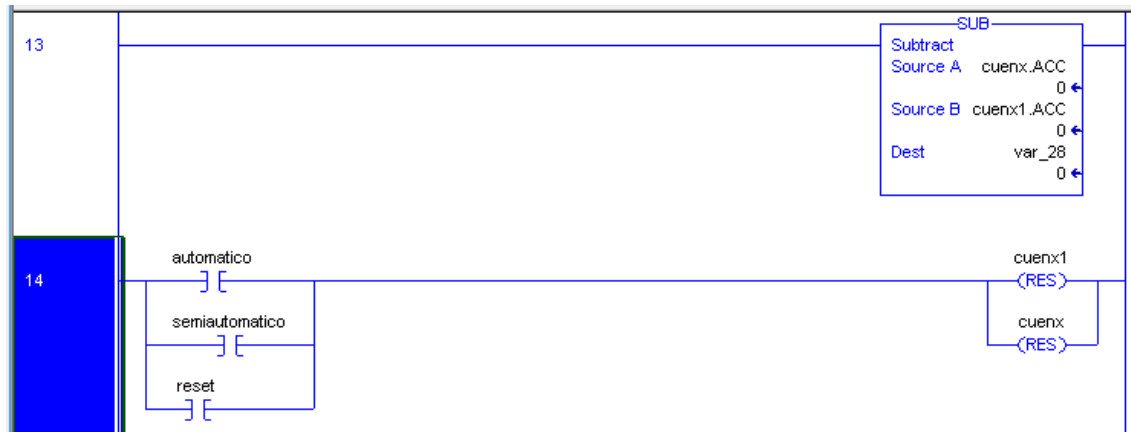
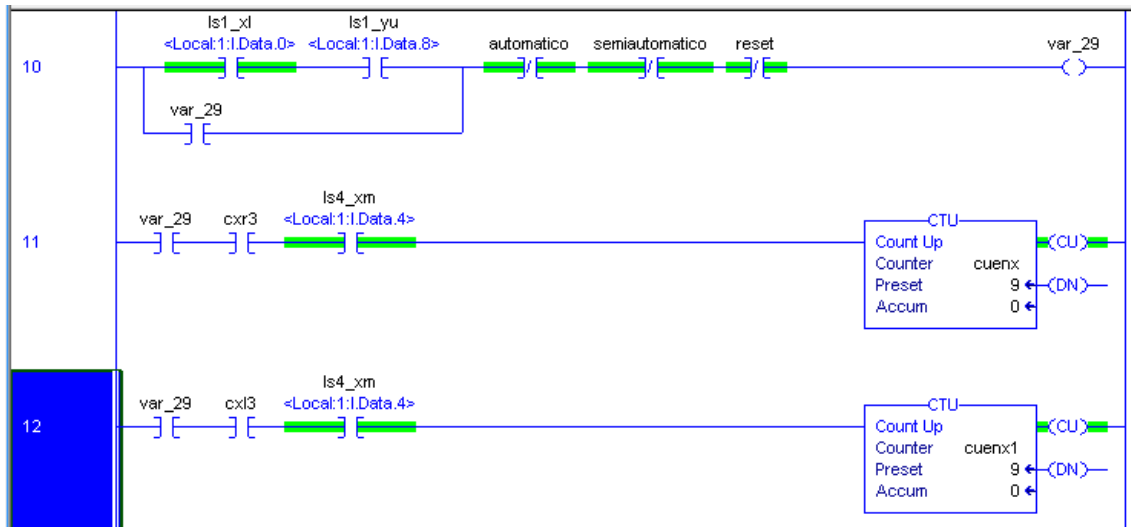


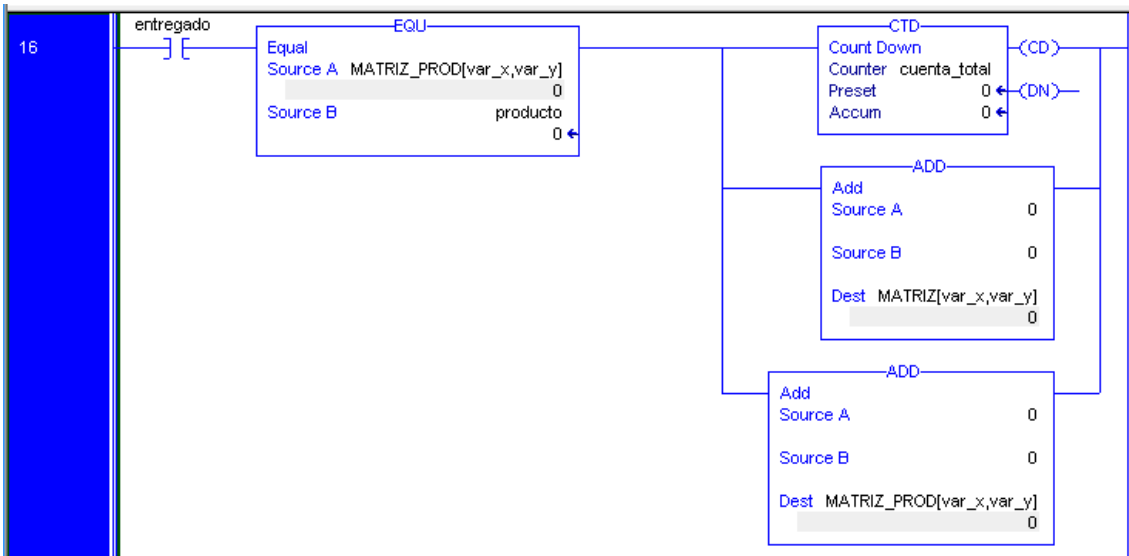
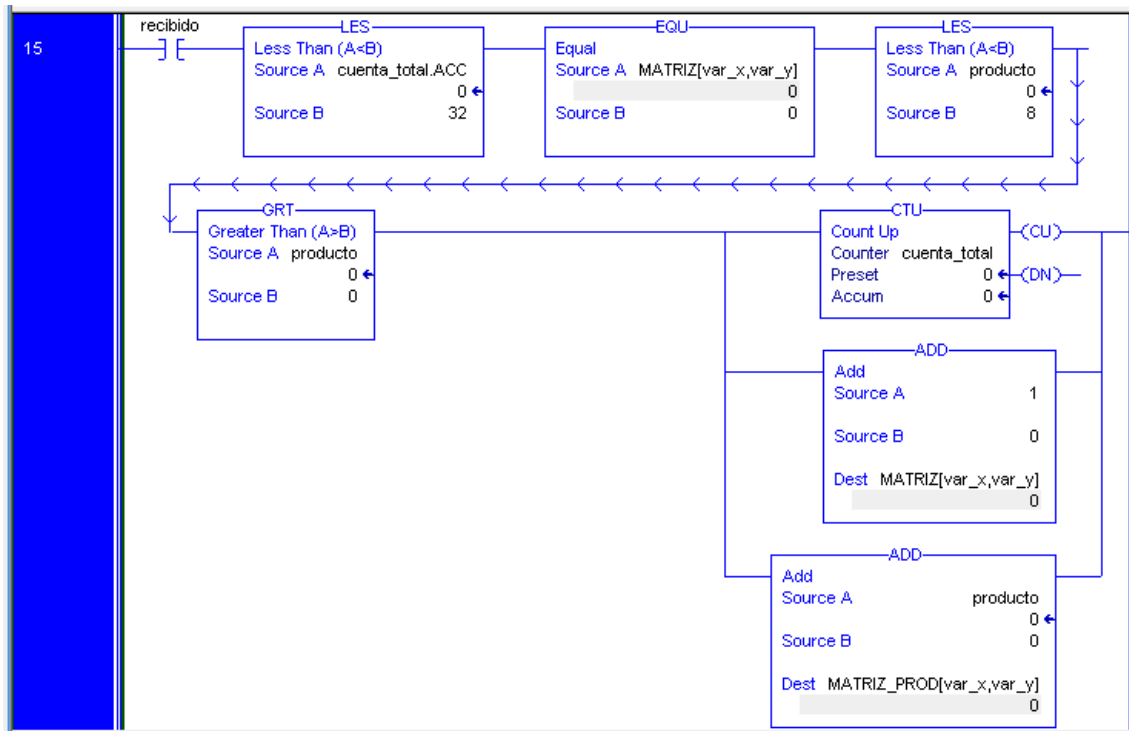


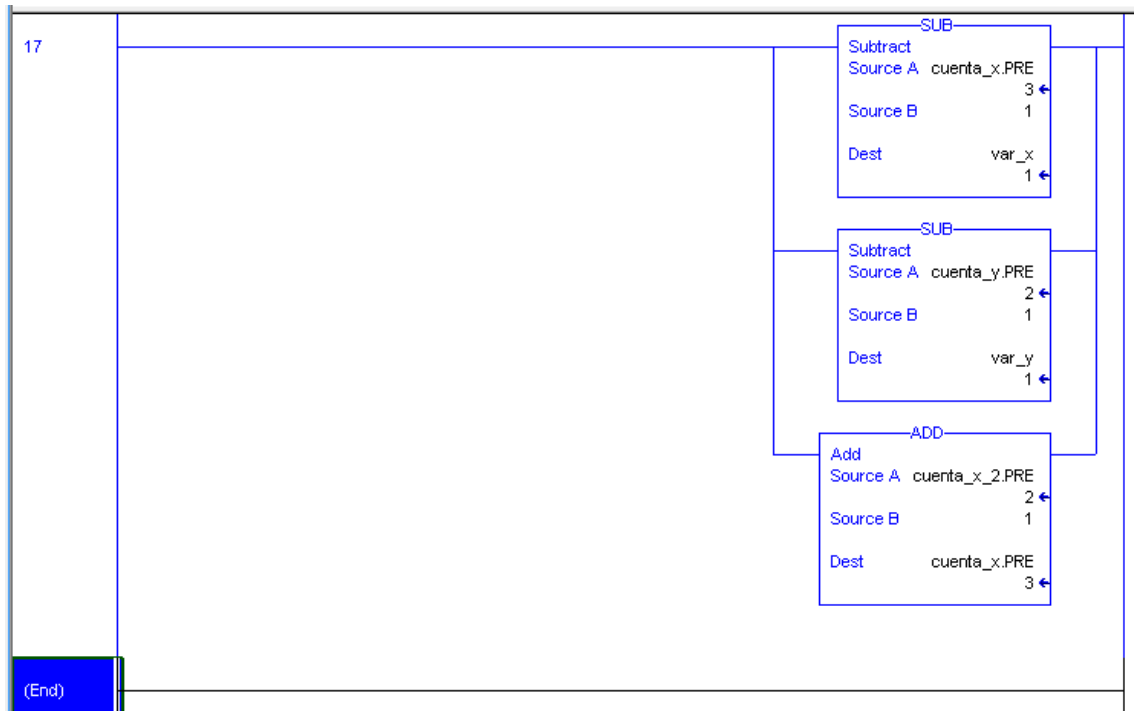


**SUBROUTINA MANUAL**









## ÍNDICE DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 1**

#### INTRODUCCIÓN

*Figura 1.1 Estación de Almacenamiento AS/RS en Aplicaciones Industriales. .... - 3 -*

### **CAPÍTULO 2**

#### DESCRIPCIÓN DE LAS PLATAFORMAS MODICON Y COMPACTLOGIX EN LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000.

*Figura 2.1 Figura HMI de los elementos que integran la estación de almacenamiento. - 8 -*

*Figura 2.2 Figura HMI de manipulador giratorio. .... - 9 -*

*Figura 2.3 Figura HMI de manipulador cartesiano. .... - 10 -*

*Figura 2.4 Figura HMI de zona de almacenamiento. .... - 11 -*

*Figura 2.5 Figura HMI de buffer de pallets o bahía 0. .... - 11 -*

*Figura 2.6 Figura HMI del controlador. .... - 12 -*

*Figura 2.7 Figura HMI del gabinete eléctrico. .... - 13 -*

*Figura 2.8 Figura HMI del panel frontal de la estación de almacenamiento. .... - 14 -*

*Figura 2.9 Modelo de Comunicación Discreto. .... - 16 -*

*Figura 2.10 Modelo Jerárquico de comunicación entre dispositivos. .... - 17 -*

*Figura 2.11 Maestro-Esclavo Petición-Respuesta. .... - 18 -*

*Figura 2.12 PDU y ADU de MODBUS. .... - 19 -*

*Figura 2.13 Modos de Comunicación ASCII y RTU. .... - 20 -*

*Figura 2.14 Modo de Comunicación ASCII. .... - 20 -*

*Figura 2.15 Campo Funciones de los formatos MODBUS. .... - 21 -*

*Figura 2.16 Formato de mensaje, cuando el esclavo no puede realizar. .... - 21 -*

*Figura 2.17 Campo Funciones de los formatos MODBUS. .... - 22 -*

*Figura 2.18 Formato de mensaje para lectura de Bobinas del Controlador. .... - 22 -*

*Figura 2.19 Formato de mensaje para lectura de registros del Controlador. .... - 22 -*

*Figura 2.20 Formato de acceso a la capa de aplicación MODBUS. .... - 23 -*

*Figura 2.21 Arquitectura interna del Controlador 984-145-COMPACT-A145. .... - 24 -*

*Figura 2.22 Vista frontal del Controlador 984-145-COMPACT-A145. .... - 25 -*

<i>Figura 2.23 Topología de la red Ethernet.....</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Figura 2.24 Fuente de alimentación del ControlBus del controlador 1768-L43.....</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Figura 2.25 Disposición de los módulos 1769 y 1768 de la plataforma CompactLogix -</i>	<i>34 -</i>
<i>Figura 2.26 Distribución de la memoria interna del Controlador.....</i>	<i>- 38 -</i>
<i>Figura 2.27 Pulsador del Controlador. ....</i>	<i>- 57 -</i>
<i>Figura 2.28 Modelo de expansión del controlador 1768L43 haciendo uso de bancos. -</i>	<i>58 -</i>
<i>Figura 2.29 Modelo de distribución de los controladores haciendo uso de terminales bus.....</i>	<i>- 58 -</i>
<i>Figura 2.30 Modulo Digital de Entrada 1769-IQ16F.....</i>	<i>- 59 -</i>
<i>Figura 2.31 Modo de configuración 0Vdc común. ....</i>	<i>- 60 -</i>
<i>Figura 2.32 Modo de configuración +Vdc común. ....</i>	<i>- 61 -</i>
<i>Figura 2.33 Módulo Digita de Salida 1769-OB.....</i>	<i>- 63 -</i>
<i>Figura 2.34 Arreglo de Diodos 1N4004 a la salida del Módulo 1769 OB16.....</i>	<i>- 64 -</i>
<i>Figura 2.35 Diagrama de salida del Módulo 1769 OB16.....</i>	<i>- 65 -</i>
<i>Figura 2.36 Niveles de una Red Industrial .....</i>	<i>- 67 -</i>
<i>Figura 2.37 Configuración del protocolo CIP en Ethernet/IP.....</i>	<i>- 70 -</i>
<i>Figura 2.38 Protocolos básicos en el Modelo de referencia OSI.....</i>	<i>- 72 -</i>
<i>Figura 2.39 Campos de paquetes TCP.....</i>	<i>- 74 -</i>
<i>Figura 2.40 Formato de las redes y subredes.....</i>	<i>- 75 -</i>
<i>Figura 2.41 Topología de conexión.....</i>	<i>- 79 -</i>
<i>Figura 2.42 Diagrama de flujo de asignación de dirección IP.....</i>	<i>- 84 -</i>
<i>Figura 2.43 Vista frontal del módulo Ethernet 1768-ENBT.....</i>	<i>- 86 -</i>
<i>Figura 2.44 Diagrama del sistema de alimentación a la Estación de Almacenamiento -</i>	<i>89 -</i>
<i>Figura 2.45 Diagrama de conexionado del panel frontal de la Estación de Almacenamiento.....</i>	<i>- 91 -</i>
<i>Figura 2.46 Diagrama de conexionado del controlador manual de la Estación de Almacenamiento.....</i>	<i>- 92 -</i>
<i>Figura 2.47 Diagrama de conexionado del manipulador cartesiano, eje “x” .....</i>	<i>- 93 -</i>
<i>Figura 2.48 Diagrama de conexionado del manipulador cartesiano, eje “y”. .....</i>	<i>- 94 -</i>
<i>Figura 2.49 Diagrama de conexionado del pistón neumático brazo giratorio. ....</i>	<i>- 95 -</i>
<i>Figura 2.50 Diagrama de conexionado del pistón neumático brazo cartesiano.....</i>	<i>- 96 -</i>
<i>Figura 2.51 Controlador CompactLogix, con sus respectivos módulos. ....</i>	<i>- 96 -</i>

### **CAPÍTULO 3**

#### **SOFTWARE.**

<i>Figura 3.1 Pantalla principal de la HMI. ....</i>	<i>- 103 -</i>
--	----------------

<i>Figura 3.2 Configuración de Seguridad en Runtime Security</i> .....	- 105 -
<i>Figura 3.3 Creación de un usuario (OPERADOR)</i> .....	- 106 -
<i>Figura 3.4 Configuración del usuario (OPERADOR)</i> .....	- 106 -
<i>Figura 3.5 Cuenta de Usuario OPERADOR</i> .....	- 107 -
<i>Figura 3.6 Asignación de Código de Seguridad a una Ventana</i> .....	- 108 -
<i>Figura 3.7 Configuración de Usuarios de la Estación de Almacenamiento</i> .....	- 108 -
<i>Figura 3.8 Ventana de registro de Usuario</i> .....	- 109 -
<i>Figura 3.9 Registro del usuario PRACTICANTE</i> .....	- 109 -
<i>Figura 3.10 Registro de Usuario Operador</i> .....	- 110 -
<i>Figura 3.11 Mensaje de Error de acceso a la ventana Alarmas</i> .....	- 110 -
<i>Figura 3.12 Propiedades de “Display Last Selector” opción “States”</i> .....	- 111 -
<i>Figura 3.13 Propiedades de “Shutdown Button” opción “Label”</i> .....	- 112 -
<i>Figura 3.14 Pantalla principal del Modo Automático</i> .....	- 115 -
<i>Figura 3.15 Pantalla principal del Modo Semiautomático</i> .....	- 116 -
<i>Figura 3.16 Pantalla principal del Modo Manual</i> .....	- 117 -
<i>Figura 3.17 Pantalla principal de Componentes Internos</i> .....	- 119 -
<i>Figura 3.18 Pantalla de Componentes Internos después de haber sido pulsado el botón Componentes Internos</i> .....	- 120 -
<i>Figura 3.19 Pantalla principal del Modo Demo</i> .....	- 121 -
<i>Figura 3.20 Pantalla del Modo Demo cuando el producto está en la banda transportadora</i> .....	- 122 -
<i>Figura 3.21 Pantalla del Modo Demo cuando el Manipulador Giratorio deja el producto en el Buffer de Paletas</i> .....	- 123 -
<i>Figura 3.22 Propiedades de “Maintained Push Button” opción “States” para botón ON de la HMI</i> .....	- 124 -
<i>Figura 3.23 Propiedades de “Maintained Push Button” opción “States” para botón OFF de la HMI</i> .....	- 125 -
<i>Figura 3.24 Propiedades de “Maintained Push Button” opción “Connections” para comunicación con variable del PLC</i> .....	- 126 -
<i>Figura 3.25 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “States” para botón Start Auto de la HMI</i> .....	- 127 -
<i>Figura 3.26 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “States” para botón Stop Auto de la HMI</i> .....	- 128 -
<i>Figura 3.27 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “States” para el Error</i> -	129 -
<i>Figura 3.28 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “General”</i> .....	- 130 -



<i>Figura 3.29 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “Connections” para la comunicación de las variables del PLC con la HMI.</i>	- 131 -
<i>Figura 3.30 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “States” para botón Entrega de la HMI.</i>	- 132 -
<i>Figura 3.31 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “Connections” para comunicación de variable del PLC con Entrega de la HMI.</i>	- 133 -
<i>Figura 3.32 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “States” para botón Recepción de la HMI.</i>	- 134 -
<i>Figura 3.33 Propiedades de “Momentary Push Button” opción “Connections” para comunicación de variable del PLC con Recepción de la HMI.</i>	- 135 -
<i>Figura 3.34 Propiedades de “Goto Display Button” opción “General” para botón Semiautomático de la HMI.</i>	- 136 -
<i>Figura 3.35 Ventana de “Component Browser” donde se encuentran las pantallas creadas y existentes.</i>	- 137 -
<i>Figura 3.36 Propiedades de “Goto Display Button” opción “Label” para botón Semiautomático de la HMI.</i>	- 138 -
<i>Figura 3.37 Propiedades de “Goto Display Button” opción “General” para botón Regresar de la HMI.</i>	- 139 -
<i>Figura 3.38 Propiedades de “Goto Display Button” opción “Label” para botón Regresar de la HMI.</i>	- 139 -
<i>Figura 3.39 Propiedades de “Time Date Display” opción “General” para fecha y hora en la HMI.</i>	- 140 -
<i>Figura 3.40 Propiedades de “Numeric Input Cursor Point” opción “Connections” para asociar la variable del PLC con variable Modo de la HMI.</i>	- 141 -
<i>Figura 3.41 Propiedades de “Numeric Input Cursor Point” opción “Connections” para asociar la variable del PLC con variable Producto de la HMI.</i>	- 142 -
<i>Figura 3.42 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” del movimiento en el eje X.</i>	- 143 -
<i>Figura 3.43 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Color” para un estado del movimiento en el eje X.</i>	- 144 -
<i>Figura 3.44 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Color” para otro estado del movimiento en el eje X.</i>	- 144 -
<i>Figura 3.45 . Propiedades de “Multistate Indicator” opción “States” para un estado de la variable de la HMI.</i>	- 145 -
<i>Figura 3.46 Propiedades de “Multistate Indicator” opción “States” para otro estado de la variable de la HMI.</i>	- 146 -

<i>Figura 3.47 Pantalla de “Expression Editor” donde se relacionan los valores del movimiento del eje X para la animación en la HMI.....</i>	<i>- 147 -</i>
<i>Figura 3.48 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” del movimiento en el eje Y.....</i>	<i>- 147 -</i>
<i>Figura 3.49 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Color” del movimiento en el eje Y. ....</i>	<i>- 148 -</i>
<i>Figura 3.50 Pantalla de “Expression Editor” donde se relacionan los valores del movimiento del eje Y para la animación en la HMI.....</i>	<i>- 148 -</i>
<i>Figura 3.51 Figura usada para representar al eje Z .....</i>	<i>- 149 -</i>
<i>Figura 3.52 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” del movimiento en el eje Z.....</i>	<i>- 149 -</i>
<i>Figura 3.53 Propiedades de “Text” para contador de mensajes de activación. ....</i>	<i>- 150 -</i>
<i>Figura 3.54 Propiedades de “Text” para contador de mensajes de respuesta. ....</i>	<i>- 150 -</i>
<i>Figura 3.55 Propiedades de “Text” para contador de mensajes de terminación. ....</i>	<i>- 151 -</i>
<i>Figura 3.56 . Propiedades de “Text” para contador de materiales.....</i>	<i>- 151 -</i>
<i>Figura 3.57 Propiedades de “Text” para contador de productos. ....</i>	<i>- 152 -</i>
<i>Figura 3.58 Propiedades de “Text” para contador de posiciones de matriz en el eje X. .....</i>	<i>- 152 -</i>
<i>Figura 3.59 Propiedades de “Text” para contador de posiciones de matriz en el eje Y..... .....</i>	<i>- 153 -</i>
<i>Figura 3.60 Pantalla del Compartimiento de Almacenamiento.....</i>	<i>- 154 -</i>
<i>Figura 3.61 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” para las paletas.... .....</i>	<i>- 154 -</i>
<i>Figura 3.62 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” para una posición del producto en el compartimiento de almacenamiento. ....</i>	<i>- 155 -</i>
<i>Figura 3.63 Pantalla de configuración de “Animation” opción “Visibility” para otra posición del producto en el compartimiento de almacenamiento. ....</i>	<i>- 155 -</i>
<i>Figura 3.64 Figura para representar el manipulador giratorio.....</i>	<i>- 156 -</i>
<i>Figura 3.65 Pantalla de inicio de “BootP-DHCP Server”. ....</i>	<i>- 157 -</i>
<i>Figura 3.66 Pantalla principal de “BootP-DHCP Server 2.3”. ....</i>	<i>- 157 -</i>
<i>Figura 3.67 Pantalla de “Network Settings” donde se configura la “Subnet Mask”. ...</i>	<i>- 158 -</i>
<i>Figura 3.68 Pantalla de “Request History”. ....</i>	<i>- 158 -</i>
<i>Figura 3.69 Pantalla de “Request History” donde se ingresa una nueva “IP Address”..... .....</i>	<i>- 159 -</i>
<i>Figura 3.70 Pantalla de “Add New RSLinx Classic Driver” donde se agregar el nuevo driver de Ethernet. ....</i>	<i>- 160 -</i>

---

<i>Figura 3.71 Pantalla de “Station Mapping” donde se ingresa las direcciones IP de los distintos controladores y del PC.....</i>	<i>- 161 -</i>
<i>Figura 3.72 Pantalla para configuración de módulo Ethernet en “RSWho”.....</i>	<i>- 161 -</i>
<i>Figura 3.73 Pantalla de configuración de IP estática para el controlador. ....</i>	<i>- 162 -</i>
<i>Figura 3.74 Pantalla para agregar módulo de I/O. ....</i>	<i>- 163 -</i>
<i>Figura 3.75 Figura donde se agrega la revisión del módulo. ....</i>	<i>- 163 -</i>
<i>Figura 3.76 Pantalla para configuración del módulo Ethernet. ....</i>	<i>- 164 -</i>

#### **CAPÍTULO 4**

##### **PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES.**

<i>Figura 4.1 Manipulador Giratorio.....</i>	<i>- 166 -</i>
<i>Figura 4.2 Diversificador Neumático y Sensor de Presión.....</i>	<i>- 166 -</i>
<i>Figura 4.3 Manipulador Cartesiano. ....</i>	<i>- 167 -</i>
<i>Figura 4.4 Compartimiento de Almacenamiento. ....</i>	<i>- 168 -</i>
<i>Figura 4.5 Buffer de Paletas. ....</i>	<i>- 169 -</i>
<i>Figura 4.6 PLC 1768-L43 CompactLogix .....</i>	<i>- 169 -</i>
<i>Figura 4.7 Gabinete Eléctrico.....</i>	<i>- 170 -</i>
<i>Figura 4.8 Interior Gabinete Eléctrico.....</i>	<i>- 171 -</i>
<i>Figura 4.9 Panel Frontal. ....</i>	<i>- 171 -</i>
<i>Figura 4.10 Figura de una prueba con el modo automático. ....</i>	<i>- 178 -</i>

## INDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 2

#### DESCRIPCIÓN DE LAS PLATAFORMAS MODICON Y COMPACTLOGIX EN LA ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO AS/RS ST-2000.

<i>Tabla 2.1 Estados del Indicador del módulo 1768-PA3 (Falla en la fuente de alimentación)</i>	- 35 -
<i>Tabla 2.2 Estados del Indicador del módulo 1768-PA3 (falla en el controlador)</i>	- 36 -
<i>Tabla 2.3 Estados del Indicador del módulo 1768-PA3 (falla en uno de los módulos del controlador 1768)</i>	- 37 -
<i>Tabla 2.4 Tabla para el cálculo estimado de uso de la memoria interna del Controlador</i>	- 39 -
<i>Tabla 2.5 Relación de Fracción de tiempo con una tarea continua</i>	- 44 -
<i>Tabla 2.6 Tabla de longitud de tipos de datos usados por el controlador</i>	- 47 -
<i>Tabla 2.7 Tabla de longitud de tipos de datos haciendo uso de la instrucción ADD</i>	- 47 -
<i>Tabla 2.8 Tipos de arreglos usados por el controlador</i>	- 50 -
<i>Tabla 2.9 de operadores internos que maneja el Controlador</i>	- 52 -
<i>Tabla 2.10 Vista frontal del la Unidad de Control Central de la Estación de Almacenamiento (Controlador)</i>	- 54 -
<i>Tabla 2.11 Tabla de estados de los indicadores del Controlador</i>	- 57 -
<i>Tabla 2.12 Tabla de tipos de cables utilizados para conectar terminales de bus</i>	- 59 -
<i>Tabla 2.13 Características del módulo de entrada 1769-IQ16F</i>	- 62 -
<i>Tabla 2.14 Características principales del Módulo 1769 OB16</i>	- 66 -
<i>Tabla 2.15 Formato de Direccionamiento de las redes clase A, B, C, D y E</i>	- 75 -
<i>Tabla 2.16 Ejemplo de Direccionamiento de Red orientado a un nodo</i>	- 76 -
<i>Tabla 2.17 Diferencias entre un bus de campo y una red Ethernet/IP</i>	- 78 -
<i>Tabla 2.18 Características del módulo Ethernet 1768-ENBT</i>	- 82 -
<i>Tabla 2.19 Vista frontal del módulo Ethernet 1768-ENB</i>	- 88 -

## INDICE DE FLUJOGRAMAS

### CAPÍTULO 3

#### INTERFAZ GRÁFICA DE PROGRAMACIÓN.

<i>Flujograma 3.1 Diagrama de flujo General</i> .....	- 98 -
<i>Flujograma 3.2 Diagrama de flujo de la HMI</i> .....	- 102 -
<i>Flujograma 3.3 Modo de Operación</i> .....	- 113 -

## GLOSARIO

- Automatización: Es un sistema donde se transfieren sistemas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Uno de sus principales objetivos es mejorar las condiciones de trabajo del personal e incrementar la seguridad, mejorar la productividad de la empresa reduciendo costos y mejorando la calidad de la misma.
- Manufactura: Consiste en la transformación de materias primas en productos terminados, ya sea de forma manual o mediante máquinas.
- CAD: Computer Aided Design (Diseño Asistido por Computadora)
- CAM: Computer Aided Manufacturing (Manufactura Asistida por Computadora)
- CNC: Control Numérico por Computadora
- CIM: Computer Integrated System (Manufactura integrada por computadora)
- Bus: Enlace común, vía de interconexión
- CPU: Central Processing Unit (Unidad central de procesamiento)
- Transductor: Dispositivo que transforma una variable física en otra.
- PLC: Programable logic controller (Controlador lógico programable)
- Modbus: Protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del modelo OSI.
- HMI: Human machine interface (Interfaz Hombre Máquina)
- PID: Proporcional Integral Derivativo
- Baja Frecuencia: La banda de 30-300 KHz.
- Tag: Es el nombre que se le asigna a una variable para identificarla (Etiqueta).

- CSA: Canadian Standard Association: Institución canadiense para la certificación de equipo eléctrico y electrónico acorde a las normas que ellos mismos publican.
- EIA/TIA: Asociación de las industrias electrónica y de comunicaciones en EUA.
- IEC: International Electrotechnical Commission: organización internacional encargada de la normalización de productos eléctricos.
- IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers: principal asociación a nivel mundial de ingenieros en electricidad, electrónica y materias afines.
- ISO: International Standards Organization: organización internacional de normalización.
- NEC: National Electrical Code: Norma general sobre productos e instalaciones
- AS/RS: (Automated Storage / Retrieval System)
- SIS: Sistema Instrumentado de Seguridad.
- SIL: Nivel de Integridad Segura.
- DCS: Sistema Distribuido de Control.
- ESD: Parada de Emergencia.
- PFD: Probabilidad de Falla en la Demanda
- BOOTP: Protocolo de gama inferior que proporciona comunicaciones a otros nodos en la red TCP/IP.
- DH+: Data Highway Plus, protocolo de comunicación con paso del testigo, para comunicación entre dispositivos similares.
- Red Ethernet: Una red de área local diseñada para el intercambio de información a alta velocidad entre computadoras y dispositivos relacionados.
- Gateway: Módulo o conjunto de módulos que permite comunicaciones entre nodos en redes diferentes.
- Dirección IP: Identificador de 32 bits para cada nodo en la red de protocolo internet.
- TCP/IP: Conjunto de protocolos internet (Protocolo de Control de Transmisión/ Protocolo Internet).

## **ACTA DE ENTREGA**

El proyecto fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a \_\_\_\_\_

---

Ing. Víctor Proaño  
COORDINADOR DE CARRERA

---

Sr. Dr. Jorge Carvajal  
SECRETARIO ACADÉMICO

AUTORES:

---

Sr. Juan Fernando López Campos

---

Sr. Henry Fernando Molano Cárdenas