

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 ELECTRÓNICA

“Diseño y Simulación de la Lógica de Control y de la
Interfaz HMI de un Prototipo de Sistema de
Transportación para Ensamblaje en una planta
Automotriz”

ESTEBAN DARÍO DE LA TORRE HURTADO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2008

Sangolquí, Octubre del 2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto fue desarrollado por ESTEBAN DARÍO DE LA TORRE HURTADO, bajo nuestra supervisión.

Ing. Hugo Ortiz
DIRECTOR

Ing. Víctor Proaño
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen Dolorosa, a ellos les debo todo, ese amor y esa fe es lo que realmente me ayudó a terminar con éxito esta pequeña etapa de mi vida.

A mis Padres, Panchito y doña Elbita, por todo ese inmenso amor, por su eterno apoyo, por ese ejemplo de sacrificio y esfuerzo diario y sobre todo por aconsejarme y corregirme siempre que me equivoco.

A mis hermanos, Eddy, Wladimir, por su compañía y por las lecciones de vida que cada uno a su manera me regalan. Y en general a toda mi familia.

A toda la familia Chulpi Tostado, por ser la cuota diferente en mi vida, por ser esa razón adicional para seguir esforzándome y buscando cosas nuevas y distintas. Un agradecimiento especial a (gordo, guillo, tony, jules, dani y panchito).

A todo el personal ASEcuador, especialmente a Francisco Carrión y Cristóbal Ponce, que han compartido su experiencia desinteresadamente y me dado toda la apertura y el apoyo para desarrollar este proyecto.

A los Ingenieros Hugo Ortiz y Víctor Proaño, por su guía en el desarrollo de este trabajo.

A todos mis amigos politécnicos, que con su buen humor me acompañaron estos años, y me enseñaron muchas cosas. Un agradecimiento especial a Daniel y Martín que soportaron conmigo el último año.

DEDICATORIA

Dedicado a toda mi familia, especialmente a mis padres y a todas las personas que no está físicamente conmigo pero que estoy seguro me cuidan desde el cielo.

Además dedicado a todas las vidas que empiezan, especialmente a Camila, mi ahijada.

PRÓLOGO

Es una realidad que en el Ecuador dentro del campo industrial todavía se manejan procesos totalmente manuales, lo cual no favorece en nada al mejoramiento de la producción, que es necesario ante la aparición de mercados cada vez más exigentes. El campo automotriz no escapa de esta realidad y es por esto que las empresas se ven obligadas a optimizar sus recursos y hacer más eficiente su producción.

En la búsqueda por satisfacer esta necesidad la automatización y la creación de sistemas dinámicos, flexibles y confiables, resultan ser soluciones prácticas. Ante la aparición de nuevas tecnologías y debido al desarrollo de estos sistemas, el interés de las industrias por implementarlos ha crecido significativamente. Lo que se busca con un sistema de este tipo es lograr el funcionamiento óptimo de los equipos, mejorar la calidad, abaratar los costos de producción, liberar al personal de las tareas manuales repetitivas, etc.

Muchas veces en el Ecuador no existen los recursos necesarios para comprar maquinaria y equipos nuevos de alta tecnología que resuelvan el problema. Por esta razón en nuestro país se vuelve necesaria la realización de una ingeniería de control y automatización, capaz de hacer más eficientes los procedimientos y comportamientos de proceso, obteniendo excelentes resultados.

Por todas las razones expuestas es que nace la idea del presente proyecto que se expone en las siguientes páginas.

El proyecto, como tal, inicia con un estudio sobre los sistemas de transportación en la industria automotriz, sus características, ventajas y desventajas, para así escoger un sistema adecuado sobre el cual diseñar el sistema de control.

En una segunda parte interviene todo lo que es el diseño un sistema ordenado, que aumente el volumen de producción. Además de un sistema automático que presenta excelentes niveles de seguridad, tanto para el producto, la maquinaria y los operadores. Se diseñará la lógica de control y la interfaz HMI de acuerdo a ciertos parámetros y requerimientos básicos para un sistema de este tipo.

Luego, la tercera parte del proyecto, involucra el desarrollo de estas aplicaciones y a la configuración de una red DeviceNet, que es parte fundamental para obtener datos sobre el estado del sistema en tiempo real.

Finalmente una cuarta parte abarca absolutamente todo el proceso de pruebas y resultados para obtener un rendimiento óptimo del sistema.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	3
1.4 DIAGRAMA DE BLOQUE	5

CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE TRANSPORTACIÓN

2.1 TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTACIÓN	7
2.1.1 Sistemas con rodillos	7
2.1.2 Sistemas con ruedas	8
2.1.3 Sistemas planos	8
2.1.4 Sistemas con cadenas	9
2.1.5 Sistemas con listones	9
2.1.6 Sistemas aéreos	10
2.1.7 Sistemas por cable enterrado	10
2.1.8 Sistemas de carro sobre rieles	11
2.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN	12
2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN	14
2.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN	19

CAPÍTULO 3: ARQUITECTURA Y LÓGICA DE CONTROL

3.1 ARQUITECTURA DE CONTROL	24
3.2 REQUERIMIENTOS	27
3.3 LÓGICA DE CONTROL	28
3.3.1 El PLC ControlLogix	30
3.3.1.1 Software de programación: RSLogix 5000	32
3.3.1.2 Software de comunicaciones	33
3.3.2 Descripción del Programa	35

CAPÍTULO 4: DEVICENET

4.1 CARACTERÍSTICAS	43
4.1.1 Características de Hardware	43
4.1.1.1 Medios Físicos DeviceNet	48
4.1.1.1.1 Medios Físicos planos	48
4.1.1.1.2 Medios Físicos redondos	49
4.1.1 Características de Software	51
4.2 CONFIGURACIÓN	52

CAPÍTULO 5: LA INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI)

5.1 DISEÑO DEL HMI	58
5.1.1 Panel de Operador	59
5.1.2 Software: RSView Studio	59
5.1.3 Ambiente de la Aplicación	61
5.1.3.1 Elementos Generales	61
5.2 CONVENIOS DE VISUALIZACIÓN DEL ESTADO DEL SISTEMA	64
5.3 PROCEDIMIENTOS PARA TOMAS DE DECISIONES	64
5.4 ESQUEMA GENERAL DE VISUALIZACIÓN DEL PROCESO	65
5.4.1. Pantallas de Comando y Configuración	66
5.4.1.1 Menú Principal	66
5.4.1.2 Configuración	67
5.4.2. Pantallas de Monitoreo	68
5.4.2.1 Vista General	68
5.4.2.2 Pantalla de Sensores	69
5.4.3. Pantallas de Proceso	70
5.4.3.1. Motores 1-7	70
5.4.3.2. Motores 8-15	71
5.4.3.3 Pasos	72
5.4.3.4 Elevadores	73
5.4.4 Pantallas de Alarmas	75
5.4.4.1 Alarmas	75

CAPÍTULO 6: SIMULACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 SIMULACIÓN	77
6.2 PRUEBAS	81
6.3 RESULTADOS	83

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES	88
7.2 RECOMENDACIONES	89

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ANEXO I PLC

ANEXO II INFORMACIÓN DE EQUIPOS

ANEXO III SOFTWARE

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Cuando se piensa en desarrollo tecnológico se debe pensar también en mejorar la calidad de vida de las personas y las condiciones de los trabajadores. La idea es que el trabajador no se extenúe debido a labores repetitivas que puedan afectar su salud. De esta forma la automatización es la solución más práctica para cubrir esta necesidad, creando sistemas de propio manejo que realizan las tareas que puedan arriesgar la seguridad del trabajador.

Además los niveles de calidad que han alcanzado los procesos industriales a nivel mundial son indudablemente altos, gracias al acelerado desarrollo de la electrónica y de los variados sistemas de control que con el tiempo siguen mejorando. El Ecuador no es la excepción, pues en los últimos años ha crecido significativamente la aceptación de estos sistemas, y el interés de las industrias por implementarlos es cada vez mayor.

Una de las industrias que más se ha desarrollado es la automotriz, pues siempre ha buscado sistemas y equipos de control industrial confiables y flexibles, que representen una ventaja y brinden soluciones prácticas e innovadoras a la hora de producir.

1.1 ANTECEDENTES

Lamentablemente la realidad del Ecuador, nos muestra un entorno en el campo automotriz que si bien es cierto en los últimos años a mejorado mucho, todavía no alcanza niveles de automatización óptimos. Todavía existe un gran porcentaje de procesos que se siguen haciendo de forma manual, mientras que en otros países ya han sido automatizados por la gran exigencia y competitividad del mercado.

De esta forma crece la necesidad de obtener maquinaria, procesos y personal más eficiente. Además la gran demanda dentro de la industria automotriz no es cubierta por la producción de las pocas ensambladoras que existen en la actualidad, por esta razón surge la posibilidad de realizar el presente proyecto.

Mirando modelos ya existentes, un sistema de transportación para ensamblaje consiste básicamente en una banda transportadora cuyo movimiento se da por la acción de varios motores ubicados en todo el recorrido, para tener un movimiento continuo y sincronizado, que permita obtener el producto deseado a tiempo y sin fallas. Además intervienen varios elementos mecánicos, hidráulicos y eléctricos que permiten mayor comodidad a la hora de integrar las partes de los automóviles. Todo esto controlado mediante un PLC, que generalmente permite una operación, manual, semiautomática y automática del sistema.

Entonces como se puede ver un sistema de este estilo representa un buena posibilidad de utilizar técnicas de control para automatizar maquinaria, optimizar su funcionamiento, mejorar los procesos y procedimientos, y aumentar la producción de manera significativa, incluso llegando a obtener niveles de producción que sobrepasan la metas planteadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General.

Realizar el diseño y la simulación de la lógica de control y de la Interfaz HMI de un prototipo de sistema de transportación para ensamblaje en una Planta Automotriz.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Establecer las características y funcionalidad de un sistema de Transportación, para ensamblaje de vehículos
- Diseñar y Programar la lógica de control del sistema, la cual deberá tener la suficiente flexibilidad para adaptarse a los requerimientos de una determinada planta automotriz.

- Diseñar y Desarrollar la Interfaz Humano Máquina (HMI) capaz de permitir una sencilla y eficiente interacción entre las decisiones del operador y el desarrollo del control del proceso.
- Realizar la simulación del sistema, así como también las pruebas necesarias para garantizar su funcionamiento tanto bajo condiciones normales como críticas del proceso.
- Documentar de forma clara y detallada todo lo referente al proyecto propuesto, a medida que se realicen las actividades programadas.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Automation Solutions Ecuador busca incursionar en el mercado automotriz, prestando servicios de automatización, presentando productos novedosos en nuestro medio, y sobre todo flexibles para que se adapten a los requerimientos específicos de cada planta. De esta forma se desarrolló el presente proyecto para ensamblaje automotriz, que será presentado a varias de las plantas ensambladoras de nuestro país. Cabe recalcar que los equipos y software que se han seleccionado forman parte de una serie de productos que Automation Solutions Ecuador desea ofertar como “solution provider” de Rockwell Automation.

Este es un sistema ordenado, que aumentaría el volumen de producción. Además es un sistema automático y semiautomático que presenta excelentes niveles de seguridad, tanto para el producto, la maquinaria y los operadores.

Técnicamente, se diseñará un sistema que permite controlar el funcionamiento de la maquinaria, distribuida alrededor de una banda transportadora, desde un panel de operador ubicado estratégicamente, para un buen manejo por parte de los operadores.

El sistema incluye un nivel de senso del proceso utilizando señales discretas, el nivel de control por medio de un Controlador Lógico Programable (PLC), el nivel de Interfaz Humano Máquina (HMI), todo esto bajo las prestaciones que brinda

una red industrial como DeviceNet, cuyo conocimiento es uno de los principales aportes del proyecto.

Se diseñará una lógica de control adecuada para el control de motores, bombas y válvulas que operan el sistema de transportación de materiales, para evitar una mala acumulación, sobrecargas, etc. que pueden provocar paros de maquinaria, que se reflejan en pérdidas para la fábrica.

El desarrollo programa del PLC se realizará en RSLogix5000 de Rockwell Software, de acuerdo a la lógica de control que previamente se diseñe, para luego descargar este programa en un PLC ControlLogix de Allen Bradley.

Es importante mencionar que todo el funcionamiento estará sostenido por una red industrial confiable y de altas prestaciones como DeviceNet, para integrar la información y todo el sistema de manera adecuada, y así obtener todas las ventajas antes descritas.

Se realizará la configuración de la red DeviceNet necesaria para realizar la simulación, tal y como estuviéramos en el campo.

El diseño y desarrollo de la interfaz HMI se lo hará utilizando RSViewStudio, software especializado para interfaces sobre los PanelView de Allen Bradley. La interfaz permitirá observar el recorrido de los materiales, el estado de motores, bombas y válvulas; además la activación y desactivación de estos dispositivos se lo puede realizar desde un panel de operador.

Adicionalmente para asegurar un buen funcionamiento se desarrollará un sistema efectivo para visualización alarmas, se podrá realizar el cambio de automático a manual y finalmente se dispondrá de una pantalla de configuración del sistema.

En cuanto a Simulación se refiere se utilizará el RSEmulate5000, el aporte de este software es el de realizar una simulación tal como si tuviéramos un PLC a la mano, para realizar todas las pruebas necesarias en el laboratorio.

1.4 Diagrama de Bloques.

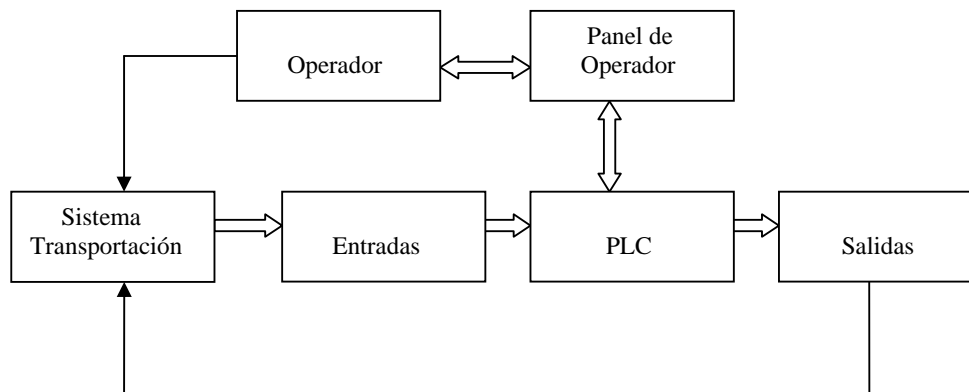


Figura 1.1. Diagrama de bloques general del sistema

En la figura 1.1 se puede observar un esquema general del sistema, donde el PLC procesará las señales digitales que vienen del sistema de transportación, éstas pueden ser: sensores, señales de motores, entre otras. Luego el PLC enviará de vuelta otras señales al sistema de transportación, para cambiar el estado de sus elementos, para luego nuevamente leer el estado de las entradas.

Además ciertas señales del PLC se enviarán al panel de operador y viceversa para que el operador pueda leer u observar lo que pasa con el proceso y también pueda tomar decisiones y actuar desde el panel o directamente sobre el sistema mediante pulsantes, botoneras, etc.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE TRANSPORTACIÓN

Actualmente existen una gran cantidad de dispositivos para el manejo de materiales, dentro de estos dispositivos, especialmente en la industria automotriz, se encuentran las cintas transportadoras.

“Los sistemas de cintas transportadoras son aparatos relativamente fijos diseñados para mover materiales que deben ser desplazados en cantidades relativamente grandes entre posiciones específicas de un rutado fijo, pueden tener la forma de bandas móviles. La mayoría de estos sistemas son impulsados mecánicamente; algunos emplean la gravedad para trasladar la carga entre puntos de diferente altura”. Estos sistemas tienen varias características que afectan sus aplicaciones en la industria, podemos citar algunas:¹

- Son generalmente mecanizados y a veces automatizados.
- Pueden estar montados sobre el suelo o suspendidos del techo.
- Casi siempre están limitados a un flujo unidireccional de materiales.
- Pueden emplearse sólo para transporte o para transporte más almacenamiento automático de elementos.
- Se pueden usar los transportadores para fijar el ritmo de trabajo.
- Ocupan posiciones fijas, estableciendo rutas fijas. Esto los hace adecuados para la producción en masa o en procesos de flujo continuo.
- Proporcionan un método para el manejo de materiales mediante el cual los materiales no se extravían con facilidad.
- Una característica común a las cintas transportadoras es que el mecanismo de avance está construido sobre el mismo camino de la cinta

Teniendo claras las características de estos sistemas se puede decir que un sistema de transportación para ensamblaje, o más conocido como línea de

¹ www.esi2.us.es, GÓMEZ, Fabio, Cintas transportadoras en la Automatización de la Producción

ensamble, es un método de manufactura lineal en el cual un objeto en producción pasa por diferentes estaciones de trabajo hasta que es completado.

2.1 TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTACIÓN ²

El diseño de un sistema de transportación depende mucho del tipo de producto y del proceso que se quiera seguir. Existen varios tipos de sistemas transportadores, aquí se describe las más comunes:

2.1.1 Sistemas con rodillos

Es una forma muy común de banda. El camino consiste en una serie de tubos (rodillos) perpendiculares a la dirección de avance, como se ilustra en la figura 2.1. Los rodillos están contenidos en un armazón fijo que eleva la cinta del suelo desde varios decímetros a algo más de un metro. Los pallets planos o bandejas portando la carga unitaria son desplazados a medida que giran los rodillos. Los sistemas con rodillos pueden ser impulsadas mecánicamente o gravitatorias. Los sistemas de tipo gravitatorio se disponen de tal modo que el camino descende una pendiente suficiente para superar la fricción de los rodillos. Los sistemas con rodillos pueden ser usadas para el reparto de cargas durante las operaciones de procesado, el reparto hacia y desde el lugar de almacenamiento y aplicaciones de distribución. Los sistemas de cintas con rodillos automatizados son también útiles en varias industrias.



Figura 2.1. Sistema con rodillos

² www.acsconveyor.com, Automated Conveyor Systems
www.conveytrac.com, Profile, Products

2.1.2 Sistemas con ruedas

Operativamente son similares a los rodillos. Sin embargo en lugar de rodillos, pequeñas ruedas como las de los “patines” montadas sobre ejes rotatorios conectados al armazón se emplean para desplazar el pallet, bandeja, u otro contenedor a lo largo de la ruta. Las aplicaciones de este tipo de sistemas son similares a las de los rodillos, excepto que las cargas deben ser en general más ligeras al estar los contactos entre carga y la banda mucho más concentrados.

2.1.3 Sistemas planos

Este tipo esta disponible en dos formatos comunes: sistemas planos para pallets, piezas o incluso ciertos tipos de materiales en masa; y sistemas huecos para materiales en masa. Los materiales se sitúan en la superficie y viajan a lo largo del recorrido de la misma. La banda forma un lazo continuo de manera que una mitad de su longitud puede emplearse para el reparto del material y la otra mitad para el retorno. La banda se soporta con un armazón con rodillos u otros soportes espaciados entre sí varios decímetros. A cada extremo de la banda están los rodillos que impulsan la misma. Un ejemplo de este tipo de sistemas se puede observar en la figura 2.2.



Figura 2.2. Sistema plano

2.1.4 Sistemas con cadenas

Están formados por lazos de cadena sin fin en una configuración arriba abajo alrededor de ruedas dentadas motorizadas, en los extremos del camino. Puede haber una o más cadenas operando en paralelo para formar la banda. Las cadenas viajan a lo largo de canales que proporcionan soporte para las secciones flexibles de la cadena. O bien las cadenas se desplazan por el canal o usan rodillos para montarse al canal. Las cargas generalmente se montan sobre las cadenas.

2.1.5 Sistemas con listones

Este sistema emplea plataformas individuales, llamadas listones o tablillas, conectadas a una cadena continua en movimiento. Aunque el mecanismo impulsor es la cadena, funciona en gran medida como una banda plana. Las cargas se sitúan sobre la superficie plana de las tablillas y se desplazan con ellas. Los caminos son generalmente en línea recta, pero al ser movidas por cadenas y la posibilidad de introducir curvas en el camino mediante ruedas dentadas, las bandas con listones pueden tener giros en su lazo continuo. Se puede observar sistemas con listones en la figura 2.3.



Figura 2.3. Sistema con listones

2.1.6 Sistemas aéreos con carros (Overhead)

Cuando hablamos de movimiento del material, un carro es un soporte con ruedas moviéndose en un riel elevado del que puede colgar la carga. Un sistema con carros es una serie de múltiples carros igualmente espaciados a lo largo de los rieles mediante una cadena sin fin o cable. La cadena o cable está unida a una rueda que proporciona energía al sistema. El camino está determinado por el sistema de rieles; tiene giros y cambios en elevación formando un lazo sin fin. En los carros se suspenden ganchos, cestas u otros receptáculos para la carga. Los sistemas de carros aéreos se emplean a menudo en fábricas para mover piezas y conjuntos de ensamblaje entre los principales departamentos de producción. Pueden emplearse tanto para reparto como para almacenamiento. En la figura 2.4. se puede observar la riel del un sistema overhead.



Figura 2.4. Riel de un sistema aéreo

2.1.7 Sistemas por cable enterrado

Estos sistemas emplean vehículos con ruedas impulsados por medio de cadenas o cables en movimiento situados en zanjas en el suelo. Las rutas están definidas por las zanjas y cables. Es posible el cambio desde un segmento impulsado a otro diferente, proporcionando cierta flexibilidad en el rutado. Los carros emplean clavijas reforzadas de acero para acoplarse a la cadena.

Dichas clavijas se pueden extraer de la zanja para liberar al carro del avance de la cadena y realizar las operaciones de carga/descarga como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5. Sistema con cable enterrado

2.1.8 Sistemas de carro sobre rieles

Estos sistemas emplean carros individuales montados en una pista de dos rieles en una estructura que sitúa la banda unos decímetros sobre el suelo. Los carros no son impulsados individualmente; avanzan mediante un tubo rotatorio entre los dos rieles.

Una rueda motriz, en la parte inferior del carro y formando un ángulo con el tubo, se apoya en él y convierte el giro del tubo en avance del carro. La velocidad del carro es controlada regulando el ángulo de contacto entre la rueda motriz y el tubo.

Una de las ventajas de este sistema con respecto a los vistos es que con él se logra bastante precisión en el posicionamiento.

Las aplicaciones para este sistema incluyen las líneas de soldadura robótica y sistemas de ensamblaje automático. Se puede ver un gráfico de estos sistemas en la figura 2.6.

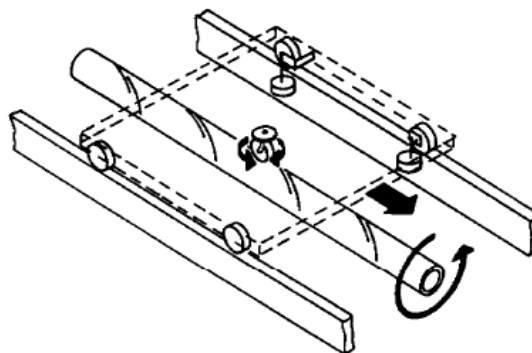


Figura 2.6. Sistema con carro sobre riel

2.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN ³

Hay muchos factores importantes al momento de seleccionar un sistema de transportación adecuado. Es importante conocer de antemano exactamente el tipo de proceso que se quiere realizar, se debe saber si será un sistema solo de transportación o también de acumulación, se debe conocer el tamaño del material, el peso, la forma, los puntos de carga y descarga, etc.

En primer lugar se debe tomar en cuenta que una planta automotriz esta conformada generalmente por tres zonas: ensamble, pintura y lijado. Este proyecto está orientado a la zona de ensamble de una planta automotriz.

De acuerdo a lo investigado sobre la producción automotriz en Ecuador y a lo explicado antes sobre los diferentes tipos de sistemas de transportación, para este caso específico, la lógica de control y el HMI se diseñará y simulará para un sistema de transportación con rodillos movidos a través de la acción de motores eléctricos.

Los sistemas de transportación con rodillos resultan ser muy comunes, no solo en la industria automotriz, sino en la mayoría de procesos. Además por sus características de montaje, mantenimiento y precio, resultan ser una buena opción para nuestro medio; incluso en algunas plantas existen sistemas con rodillos ya montados, pero requieren de un sistema de control y monitoreo de buen nivel, para mejorar las condiciones de los operadores y para aumentar la producción.

³ www.alenstec.com.mx/frameset.html#, Proyectos y Servicios de Verificación

Existen sistemas con rodillos en otros países que funcionan de la siguiente manera: poseen generalmente un eje que es el que genera el movimiento de todos los rodillos, ya que este eje usualmente se mueve gracias a la acción de un motor eléctrico que a su vez es controlado por un PLC, cuando el eje se mueve, se mueven los rodillos ya que están conectados por medio de una cadena. El PLC controla las diferentes secciones del sistema, que interactúan con el producto y los operadores.

Las ventajas de estos sistemas son: su velocidad moderada de operación, su fácil instalación y mantenimiento, se puede aplicar a un gran número de procesos, y son relativamente baratos.

Una desventaja es que los materiales que sean transportados deben tener el tamaño y la forma adecuada, para que no caiga material entre los rodillos en movimiento.

Si el producto va a variar de tamaño o forma es recomendable utilizar otro tipo de sistema.

Pero en este caso específico esta desventaja de los sistemas con rodillos, no es importante porque sobre los rodillos no se transportan directamente las piezas sueltas del automóvil, sino que estas piezas se arman sobre los pallets planos también llamados "skids".

Los skids son dispositivos metálicos que tienen una base plana que se desliza sobre los rodillos en movimiento, además tiene una especie de pinzas donde se sujetan algunas partes del vehículo, manteniéndolas fijas mientras se unen el resto de partes.

Existen varios tipos de skids, en la figura 2.7. se muestra uno de estos tipos que es para armar el tren posterior de un automóvil.

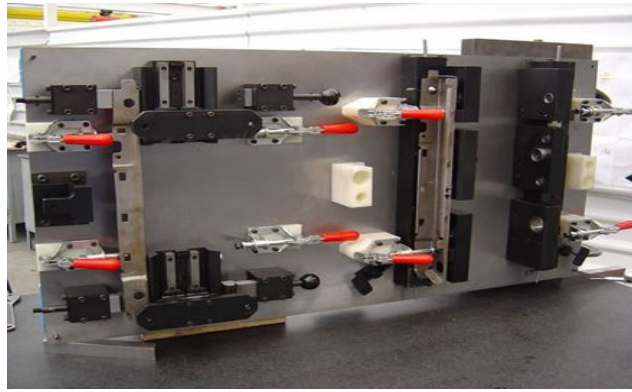


Figura 2.7. Vista superior de un Skid o pallet plano para ensamblaje automotriz

2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN⁴

A continuación se describe un sistema de transportación con rodillos estándar, y cuyos elementos son los que comúnmente se encuentran en nuestro medio. Las características y el número de estos elementos pueden variar dependiendo de la planta y del cliente, ya que existen varias opciones para montar un sistema cuyo objetivo es armar la parte interna de un vehículo. Pero aquí describimos una buena opción de acuerdo a lo investigado.

El sistema de transportación estará formado por 8 mesas con rodillos, como la que se muestra en la figura 2.8., cada una con su respectivo motor eléctrico, cada una de estas mesas vienen a ser a su vez cada una de las estaciones que conforman el sistema. Los motores que utilizan estas mesas son de 1 a 3 HP's, y soportan hasta 2000 lbs.



Figura 2.8. Mesa con rodillos

⁴www.hytrol.com, Product Catalog.
www.4smartmove.com, Modular Conveyors

El producto a ensamblar es un vehículo estándar cuyas partes básicas son motor, chasis, ejes, ruedas, carrocería; que se ensamblarán en seis de las ocho mesas con rodillos, que vienen a ser las 6 estaciones o puntos de trabajo, integrados por una banda transportadora, para realizar el desplazamiento de un pallet o skid donde se ensamblará cada una de las partes del vehículo, que han sido fabricadas previamente y que generalmente son importadas. Las dos mesas restantes serán: la estación de verificación y la estación de acúmulo respectivamente.

Además de las ocho mesas con rodillos, el sistema contará con 4 transfers con rodillos. Los transfers son prácticamente mesas con rodillos pero curvas, como se muestra en la figura 2.9., que sirven para unir las mesas rectas, y así tener una línea de ensamble cerrada y continua. De igual manera tienen un motor de las mismas características que los motores de las mesas rectas.



Figura 2.9. Mesa curva con rodillos (transfer)

Pero no es conveniente tener una línea completamente cerrada, pues es necesario el ingreso y la salida de los operadores hacia la parte interna de la línea de ensamble, porque es lógico que se arme el vehículo simultáneamente a ambos lados. Además muchas veces los operados ingresarán con material.

Para este problema existen varias soluciones, pero una solución novedosa es usar pasos que se abran y cierren según las necesidades del sistema.

Estos pasos no son más que mesas con rodillos que cuando están sobre el piso permiten el movimiento del material normal como si fueran mesas comunes, pero cuentan con un sistema hidráulico que permite que estas mesas se eleven, abriendo un espacio por el que pueden circular los operadores y el material, como se muestra en la figura 2.10.



Figura 2.10. Paso

El sistema hidráulico está conformado por una bomba, un cilindro de doble acción, y dos electroválvulas, una permite la salida del pistón y otra la entrada del mismo.

Se puede colocar pulsantes en la parte interna y en la parte externa del sistema, con los que se puede abrir o cerrar los pasos. Estos pulsantes suelen ubicarse en unos pupitres de control, donde también se colocan los paros de emergencia, que siempre son necesarios en cualquier sistema.

Entonces, con todas las mesas de rodillos, los transfers y los pasos, el sistema tendrá 16 motores eléctricos en total, distribuidos como muestra la figura 2.11. Además en la figura se puede observar la distribución de las estaciones:

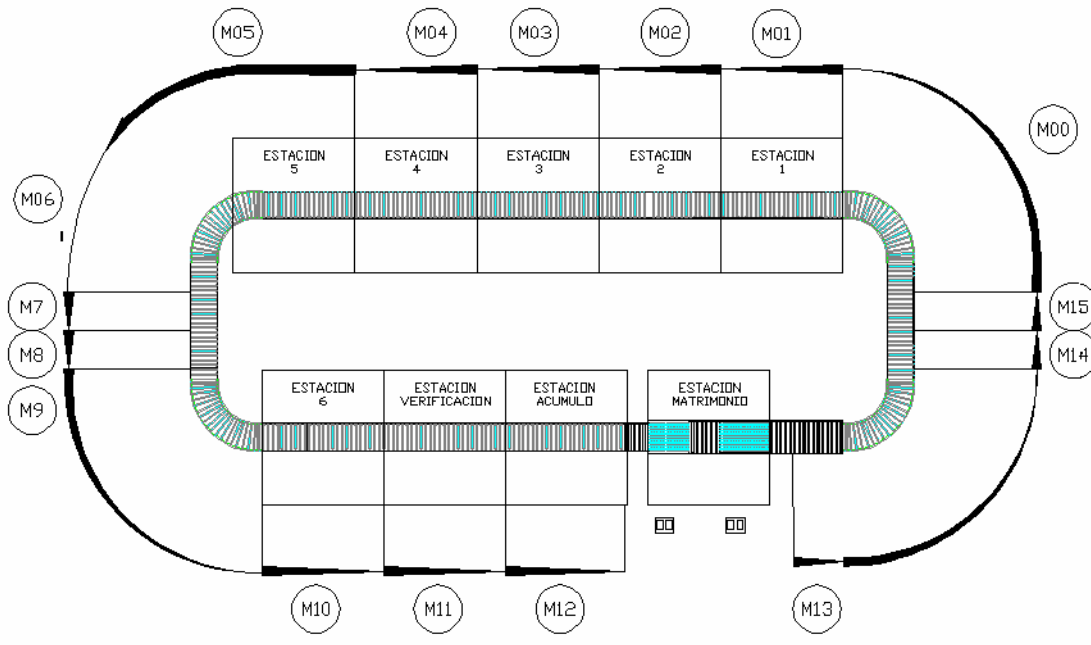


Figura 2.11. Distribución de motores y estaciones de trabajo

Una parte muy importante de este sistema, es la que en términos automotrices se conoce como “estación de matrimonio”. Esta estación es la última del ciclo y como su nombre lo indica es la que permite unir la parte interna del vehículo, que fue ensamblada en el sistema de transportación con rodillos, con la carrocería o parte externa.

La carrocería comúnmente, de acuerdo a lo investigado, llega a esta estación a través de un sistema “overhead” (que fue descrito antes) y llega lista para unirse a la parte interna, ya que esta carrocería fue fabricada, soldada y pintada en las otras zonas de la planta, y son procesos ajenos al presente proyecto que se centra en el ensamble.

Esta estación de matrimonio, está formada por elevadores generalmente hidráulicos que permiten elevar tanto el tren frontal como el tren posterior hasta cierta altura, y de igual forma el overhead baja la carrocería hasta que las partes se unan y los operadores puedan ajustar las partes. Además tenemos tres pasos pequeños que permiten maniobrar cómodamente al operador.

El sistema hidráulico de los elevadores para estos casos está conformado por los mismos elementos que el sistema de los pasos, pero adecuado a los elevadores. De igual forma se puede contar con pupitres de control dentro y fuera.



Figura 2.12. Elevador hidráulico en forma de tijera

En la figura 2.12. se puede observar un típico elevador hidráulico en forma de tijeras, que en la superficie puede tener rodillos o rulimanes para deslizar los skids con facilidad, si se observa en la parte inferior se puede apreciar la bomba y el cilindro hidráulico que permiten que la mesa suba o baje.

En la figura 2.13. se puede observar la distribución de los pasos y de los pupitres (representados con rectángulos) en el sistema:

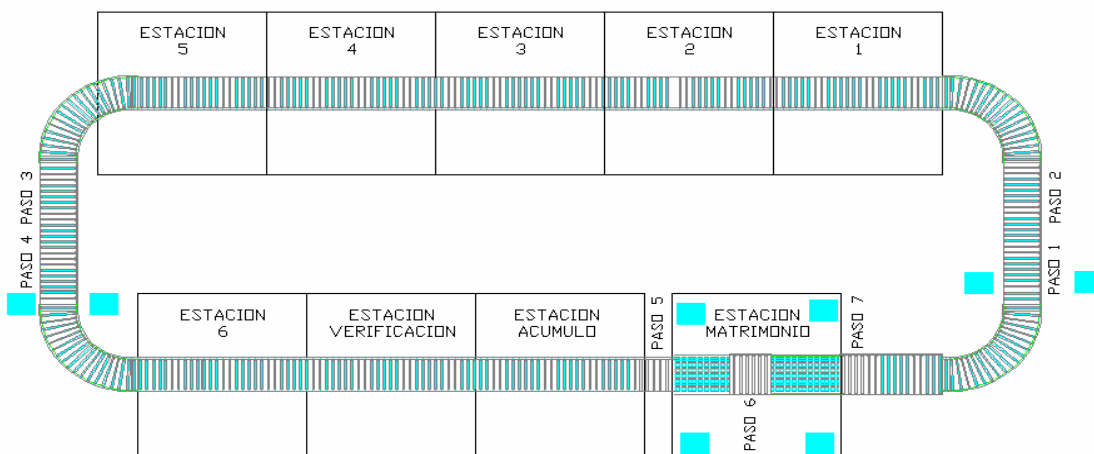


Figura 2.13. Distribución de pasos y pupitres de control

Finalmente el sistema contará con 50 sensores inductivos, para detectar la presencia del material metálico. La mayoría de estos sensores estarán distribuidos alrededor de todo el sistema como se observa en la figura 2.14., ya que son de gran utilidad a la hora de realizar un control del mismo, los sensores SP son sensores de posición, los SS son sensores de seguridad ya que están ubicados en los pasos. Los demás sensores estarán colocados en los pasos y elevadores para saber la posición de estos elementos, los sensores LP son los de posición de los pasos y los LE son los de posición de los elevadores. Se optó por esta nomenclatura solamente para diferenciar la función de cada sensor.

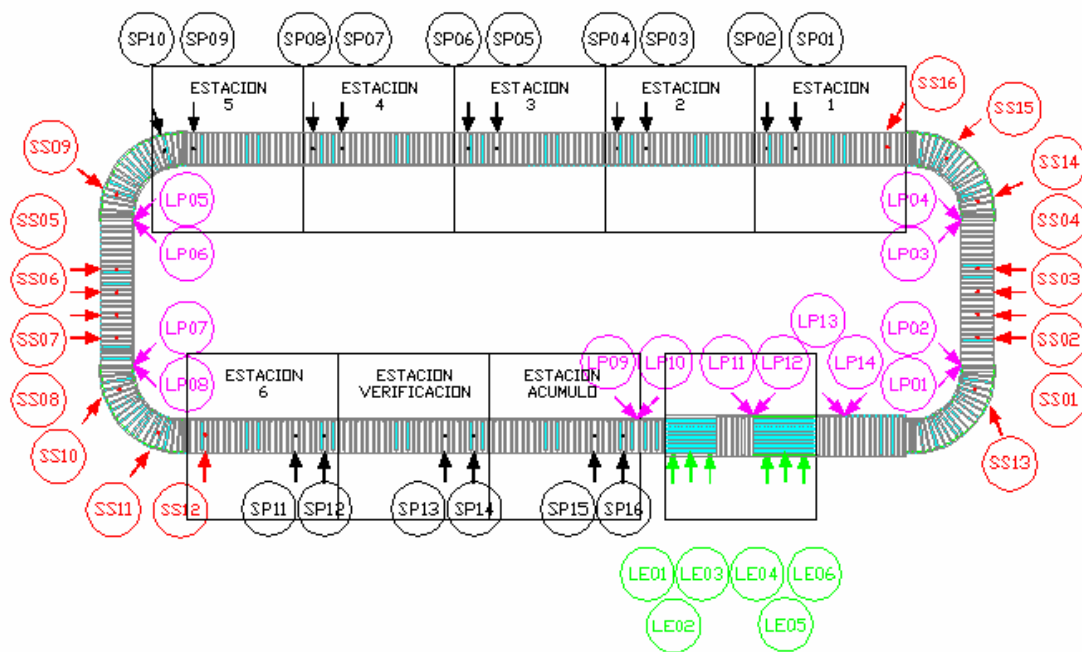


Figura 2.14 Distribución de sensores inductivos

2.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN ⁵

El funcionamiento del sistema antes descrito, es sencillo. En primer lugar debemos tomar en cuenta que los skids van a circular de manera continua alrededor de la banda, éstos como se explicó antes se moverán de una estación a otra cuando los rodillos estén en movimiento gracias a los motores, los sensores detectarán la presencia de los skids en cada estación.

⁵ TORRES, Diana, Diseño de una Planta Piloto de Ensamble Automotriz, Universidad de Pamplona, 2003

Es importante tomar en cuenta la nueva tendencia de ensamble automotriz, donde se separa la parte interna de vehículo en tren frontal y tren trasero. De esta forma es necesario tener Skids de dos tamaños, ya que el tren trasero es más corto que el tren frontal. Al separar en dos partes lo que se busca es eliminar o cambiar el concepto del chasis por esta nueva tecnología que se conoce como “power train”, que es mucho más eficiente y en nuestro país ya se comienza a usar y en este proyecto se lo enfocará de esa forma. Así pues para detectar los skids pequeños se requiere que un solo sensor se active, mientras que para los skids largos se requiere dos sensores que se activen, esto más por un tema de control y seguridad, que se detallará en capítulos posteriores.

En la figura 2.15 se puede observar como se movería un skid para tren frontal y un skid para tren trasero, incluso se observa su posición en la estación de matrimonio.

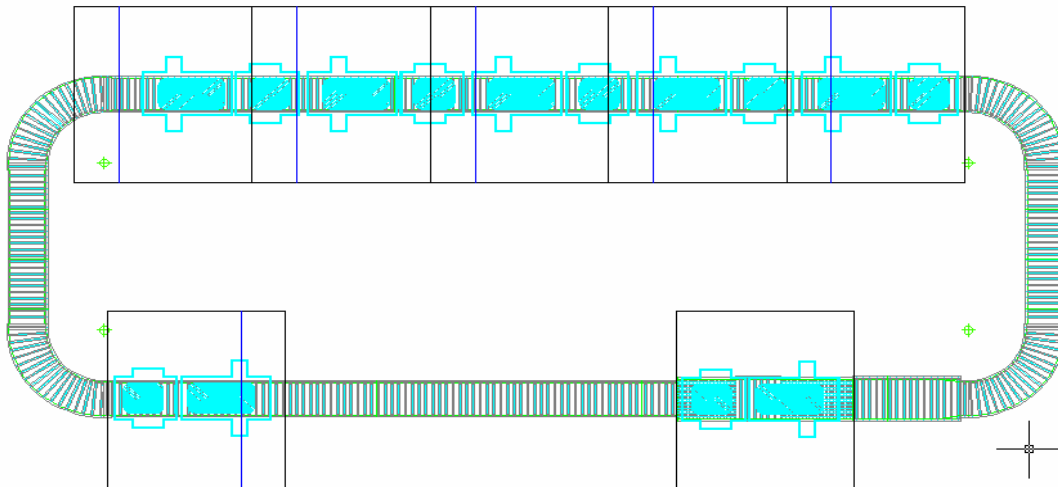


Figura 2.15. Movimiento de Skids sobre el sistema

Esta forma de detectar skids se aplicará también a los tranfers, pasos, y a las estaciones de verificación y acumulo para lograr tener una secuencia de funcionamiento eficiente y segura. Esta secuencia se describirá y profundizará en el siguiente capítulo, al igual que las condiciones de funcionamiento que serán controladas por el PLC.

En este punto específico del documento solo interesa decir que además del movimiento de los rodillos y skids, y de la función que tienen los sensores para detectar material, es importante tener claro que los sensores de los pasos y elevadores, indicarán si estos elementos están abajo, arriba o en posición de trabajo; y como ya se dijo antes estos elementos cambiarán su posición gracias a un sistema hidráulico y se moverán dependiendo de varias condiciones sobre todo de seguridad.

Con respecto a los procesos relacionados con las estaciones de trabajo, a continuación se dará descripción general. Los procesos se distribuyen de la siguiente manera, de acuerdo a lo que se realiza en la mayoría de plantas automotrices:

El primer proceso (estación 1) debe encargarse de la colocación de la estructura base sobre los skids y también se coloca los ejes de ambos trenes.

El segundo proceso (estación 2), involucra la colocación de motor y los componentes alrededor de este (carburador, radiador, etc)

El tercer proceso (estación 3), se encarga de la colocación del sistema hidráulico

El cuarto proceso (estación 4), tiene que ver con todo lo que es gasolina: tanque, filtro, sistema de inyección, etc.

El quinto proceso (estación 5), se encarga de la colocación de las zapatas y todo el sistema de frenos.

El sexto proceso (estación 6), está orientado a la parte eléctrica (batería, alternador, etc)

En la estación de verificación como su nombre lo indica se hace un control de calidad, y se corrigen detalles.

La estación de acúmulo simplemente sirve para mantener unidades en espera, cuando la estación de matrimonio esté ocupada.

Y finalmente en la estación de matrimonio se monta la carrocería y se colocan las llantas, y permite el paso de las unidades a una última zona de la planta, donde se termina definitivamente el vehículo.

CAPÍTULO 3

ARQUITECTURA Y LÓGICA DE CONTROL

El presente proyecto se basa en el diseño de la lógica de control y HMI de una línea de ensamble de autos, automática y manual, donde se presenta principalmente un proceso secuencial.

Se tiene una banda transportadora dispuesta de seis posiciones de trabajo, donde a cada una de ellas se ha asociado un proceso específico que corresponde a una etapa en la fabricación del vehículo. La función de la banda transportadora, como su nombre lo indica es desplazar el skid a través de los puestos de trabajo; es así como la banda transportadora puede ser tomada como el elemento integrador. Debido a que los procesos para realizar un modelo de auto se hacen de manera secuencial, la banda transportadora se encarga de indicar cuando dichos procesos pueden actuar a partir del estado que estos poseen y la posición en donde se encuentra el skid.

Así, la banda transportadora, al igual que los demás procesos se considera como un bloque o conjunto, que posee una actividad determinada, pero que no se encuentra aislada del resto de procesos.

En la figura 3.1, se observa un ejemplo de un conjunto de entradas al bloque Banda Transportadora, los cuales indican la señal de encendido del sistema y además la finalización de los otros procesos, pero dadas dichas entradas, la banda efectúa ciertas acciones que son la indicación a cada uno de los procesos relacionados para que inicien su operación. Igualmente, la banda puede proporcionar un conjunto de alarmas que indican fallo en alguna operación.



Figura 3.1. Banda Transportadora como bloque⁶

3.1 ARQUITECTURA DE CONTROL ⁷

De acuerdo a las características del sistema de transportación, y de acuerdo a las variables de entrada y de salida, se ha pensado en la siguiente arquitectura:

Las señales de los sensores inductivos, de los motores eléctricos, de las bombas, de las electroválvulas y de los pulsantes, serán todas señales discretas que no llegarán directamente al PLC, sino que llegarán a bloques de Flex I/O de Allen Bradley que no son más que bloques de Entradas/Salidas. Para tener clara la razón para usar Flex I/O se puede observar en la figura 3.2:

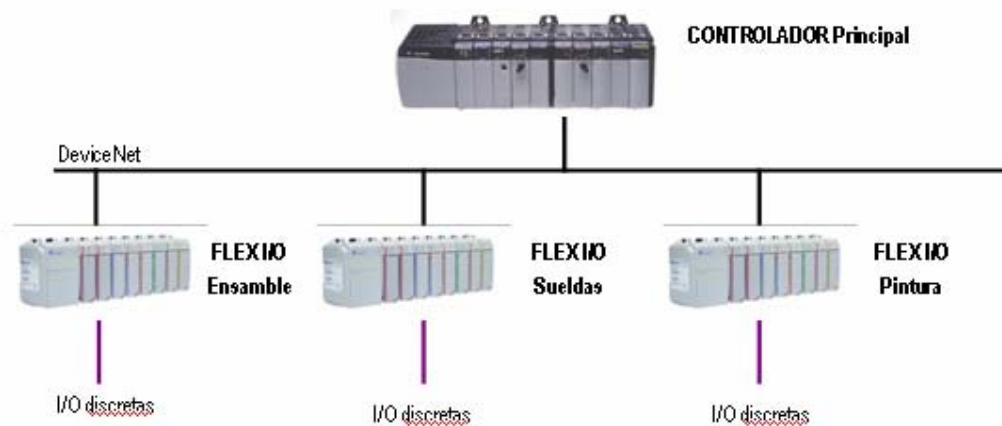


Figura 3.2. Distribución de Entradas y Salidas en las principales zonas de una Planta automotriz

⁶ Figura extraída de: TORRES, Diana, Diseño de una Planta Piloto de Ensamble Automotriz, Universidad de Pamplona, 2003

⁷ www.automation.rockwell.com, Rockwell Automation Library

Como se muestra en la figura cada zona de la planta tiene sus entradas y salidas discretas, éstas llegan a bloques de Flex I/O y mediante algún tipo de comunicación (ethernet, devicenet, controlnet) llegan al PLC principal de la planta, en cuyo controlador está cargado el programa que procesa estas señales (es necesario recalcar que para este documento interesa solamente la zona de ensamble).

Esto permite reducir significativamente los costos, ya que el PLC principal solamente necesita los módulos de comunicación que sean necesarios, y el cliente no tiene que adquirir módulos de entradas/salidas, a menos que se necesite que en algún punto del proceso las señales lleguen directamente al controlador.

En resumen los Flex I/O cumplen la función de los módulos de entradas/salidas, con la diferencia de que resultan más económicos, lo que permite al mismo tiempo que el cliente adquiera un controlador principal de mayores prestaciones que en un futuro pueda responder a otras necesidades que la planta pueda tener.

El control de todos los elementos estará a cargo del PLC y se lo realizará vía DeviceNet, ya que el ControlLogix nos permite esta opción que resulta muy válida por varias razones: la velocidad con respecto a otras opciones de comunicación, la integridad de transmisión de las señales mediante DeviceNet es altísima, el factor costo beneficio es muy bueno porque se ahorra mucho dinero en cableado, pues no se cablean las señales hasta PLC, sino que desde el Flex I/O se pone una sola línea DeviceNet por donde pasan absolutamente todas las señales al PLC y la instalación de una red DeviceNet es sumamente sencilla.

Se ampliará el tema de DeviceNet en los capítulos siguientes.

El PLC además recibirá los mandos de control y enviará los datos requeridos hacia un panel de operador vía ethernet, para este proyecto se asumirá que es un Panel View plus 700 de Allen Bradley (en el siguiente capítulo se aclarará el

porqué de este panel View). De esta forma en la figura 3.3 se muestra la arquitectura completa para el presente proyecto:

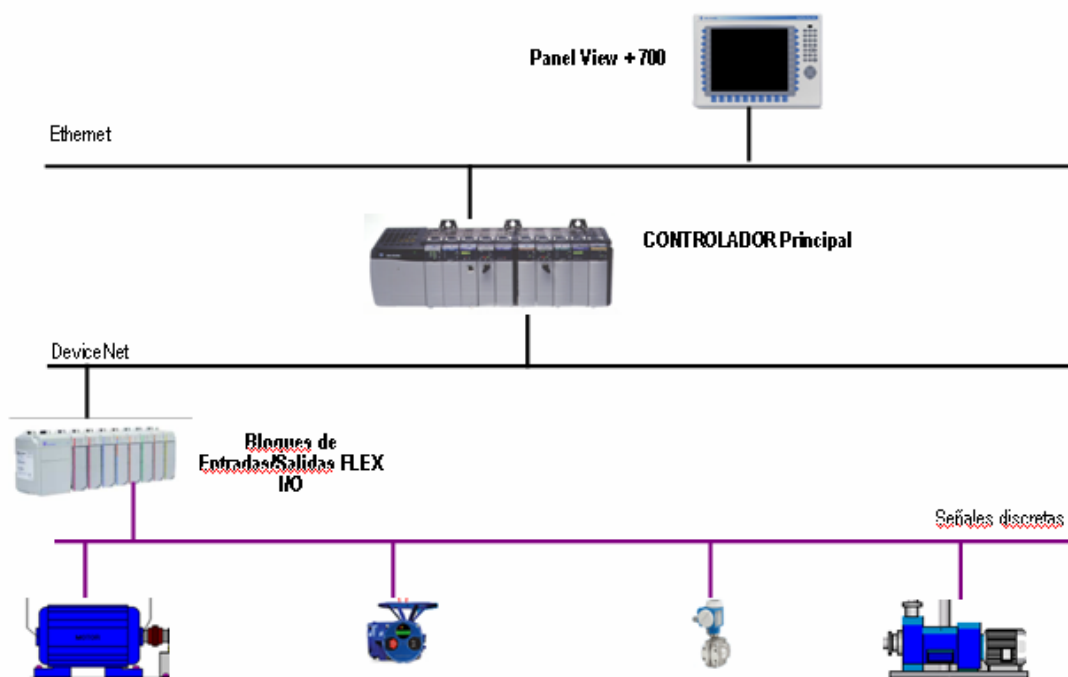


Figura 3.3 Arquitectura de control del sistema

Si se plantea de esta manera se tendría dos tableros: el tablero del PLC principal, y el tablero local del sistema de transportación, que tendría los siguientes elementos: Flex I/O, contactores, guardamotores, relés, y una fuente para DeviceNet, para emitir los 24 VDC que energizan los módulos DeviceNet.

En la figura 3.4. se puede observar una opción de distribución de los tableros y de la línea DeviceNet, que puede ir por canaleta.

3.2 REQUERIMIENTOS

Luego de tener clara la arquitectura que tendrá el sistema es necesario tener claras ciertas consideraciones, para luego desarrollar la lógica de control.

a) El sistema debe tener dos modos de trabajo: automático y manual.

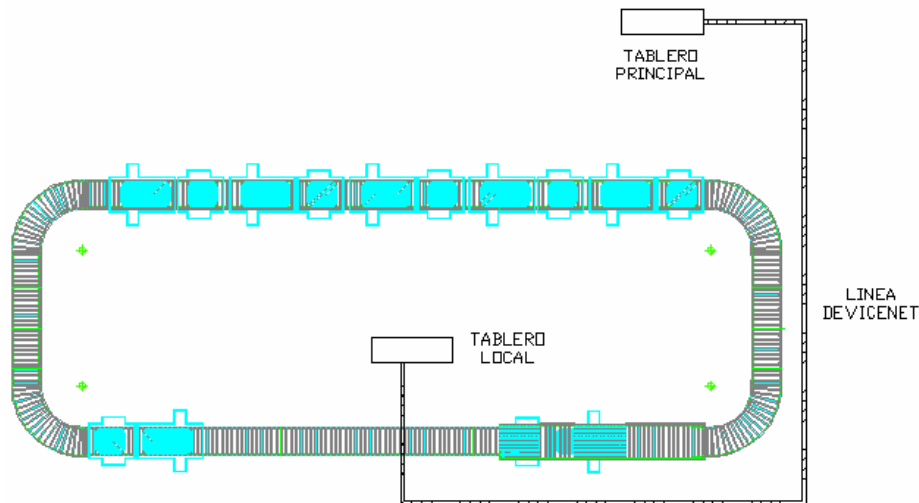


Figura 3.4. Distribución de tableros y camino de la línea DeviceNet

- b) Se deben visualizar los estados de los motores: encendido, apagado o falla.
- c) Se deben visualizar los estados de las bombas: encendido, apagado o falla.
- d) Se deben visualizar los estados de las válvulas: encendido, apagado o falla.
- e) Se deben visualizar los estados de los sensores: encendido, apagado.
- f) Se debe tener la opción de controlar manualmente el encendido y apagado de motores y bombas.
- g) Se deben tomar todas las consideraciones de seguridad necesarias, sobretodo en los pasos y elevadores
- h) Se deben visualizar las todas las alarmas que pueda producir el sistema.
- i) Se debe tener la opción de configurar los tiempos del sistema, como por ejemplo: tiempo máximo de apertura de pasos, tiempos de espera en pasos, en estación acúmulo, etc.

3.3 LÓGICA DE CONTROL

El diseño de un sistema de control, en sus etapas más básicas, se inicia con la realización de las investigaciones necesarias, que fueron realizadas en el capítulo anterior. Se debe tener claro además los diferentes subprocesos, condiciones especiales, requisitos técnicos, seguridad, etc.

A lo largo de los dos primeros capítulos de este documento se ha procedido a presentar generalidades del trabajo de investigación previa al proceso de selección de equipos a ser utilizados en la aplicación requerida.

Se han revisado los parámetros más característicos del proceso de ensamble, la importancia de cada uno, así como una descripción rápida de los eventos pertenecientes a cada una de las etapas.

De igual forma, se analizó de manera breve el por qué se decidió por determinados equipos y determinada red, viendo sus ventajas, aunque hay alternativas válidas para realizar las mismas funciones. (esto se aclarará y profundizará más adelante)

Varias consideraciones son de extrema importancia al momento de definir la programación del controlador principal de un proceso, especialmente si es responsable de toda una planta automotriz, aunque en este caso se hará un enfoque a una zona de ensamble.

En primer lugar, hay que determinar el tipo de proceso con el que se está tratando, en el caso del ensamble automotriz se compone de una serie de subprocesos gobernados esencialmente por un principio de control secuencial.

Esto quiere decir, que el control completo del sistema está formado por rutinas independientes que agrupan a las diferentes áreas en que subdivide el ensamble, y las concatena en una sola gran secuencia de operación.

De esta forma tendremos las siguientes secuencias:

- a) Secuencia de Arranque y parada del sistema
- b) Secuencia de Elevadores
- c) Secuencia de pasos

La secuencia de arranque y parada, están bajo el concepto de una secuencia inversa, mediante la cual se previenen colisiones, sobrecargas, etc. Por ejemplo para el arranque, los motores deberán encenderse desde el último hasta el primero. A este procedimiento se denomina una “ola de arranque”, la cual una vez finalizada deja al proceso, en un régimen estable y permanente de trabajo.

La tarea principal del sistema de control en un proceso secuencial de esta naturaleza, es que una vez arrancada la maquinaria se centra en el monitoreo y toma de decisiones en el caso de presentarse circunstancias tales como fallas de motores, o bombas, apertura de pasos muy lenta, entre otras.

En el caso de detectar cualquier anomalía que merezca la parada de la línea, la maquinaria deberá detenerse exclusivamente desde el punto de origen de la falla hacia atrás, siguiendo la “secuencia inversa”, y sobre todo, dejando los intervalos de tiempo pertinentes.

Otra consideración que debe notarse es la permisión para el arranque de las diferentes zonas del sistema de transportación, es decir, dependiendo de, por ejemplo, el estado de los sensores, de los pasos, de los motores o bombas, debe permitirse el encendido o no de las secuencias posteriores de producción.

3.3.1 El PLC ControlLogix⁸

Un sistema ControlLogix es mucho más que un controlador programable. Como los sistemas de control de la próxima generación de Allen-Bradley, la arquitectura ControlLogix combina el control secuencial, de procesos y de movimiento; con comunicaciones y E/S avanzadas en un sistema pequeño y económico. En la figura 3.5. se puede observar un PLC ControlLogix.



Figura 3.5. PLC ControlLogix de Allen Bradley

Puesto que el sistema es modular, se puede diseñar, generar y modificar eficientemente, ahorrando costos de capacitación y desarrollo técnico. La flexibilidad que ofrece este sistema permite su uso eficiente en múltiples aplicaciones de control.

La arquitectura ControlLogix provee una amplia gama de módulos E/S, que se pueden distribuir como en la figura 3.6, para una gran variedad de aplicaciones, y permite que la información tanto de entrada como de salida sea compartida mediante varios controladores.

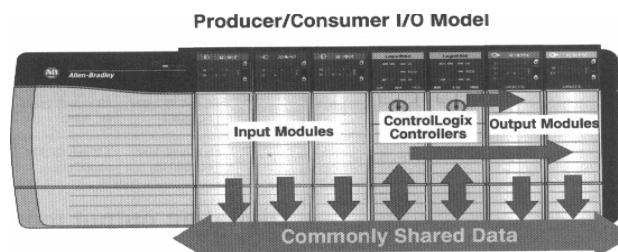


Figura 3.6. Ejemplo de distribución de módulos de I/O sobre el rack

⁸ ROCKWELL AUTOMATION, Logix Family Programmable Controllers System Overview.

Los controladores ControlLogix proveen una capacidad de direccionamiento de 128.000 E/S digitales y 4000 E/S análogas. Se pueden colocar en cualquier slot del chasis y se pueden instalar varios en el mismo chasis. Se puede elegir el controlador de acuerdo a la capacidad de memoria que necesitemos para nuestra aplicación, desde 750 hasta 3584 Kbytes

EL sistema ControlLogix es un sistema modular que requiere un chasis de E/S. El backplane provee una alta velocidad de comunicación entre módulos

La capacidad de comunicación es el punto más fuerte del sistema ControlLogix. Tiene la capacidad de comunicarse con computadores, otros controladores, dispositivos de HMI, módulos de E/S remotos, etc. vía EtherNet, ControlNet, DeviceNet, DH+, Serial y DH-485.

Además tiene la capacidad de enlazar una red mediante Foundation Fieldbus.

Otras características importantes son:

- Soporta 100 programas por tarea.
- Permite añadir 1756 I/O en línea vía ControlNet y Ethernet.
- Permite realizar cambios en la lógica de programación en línea
- Certificaciones: UL, CSA (Class 1, División2, grupos A, B, C, D), CE, FM, SIL2.
- **Conjunto avanzado de instrucciones:** alto nivel de capacidad matemática, y calculo de instrucciones.
- **Producto industrialmente endurecido:** Diseñado para resistir a las vibraciones, altas temperaturas, y el ruido eléctrico asociado con ambientes industriales duros.

Para más detalle del ControlLogix revisar el Anexo I.

3.3.1.1 Software de Programación: RSLogix5000

El software de programación para la línea de controladores Logix, es el paquete denominado RSLogix5000 (figura 3.7). Este software, aparte de brindar todas las comodidades de una interfaz de ventanas y totalmente compatible con la utilización de mecanismos y shortcuts de Windows, posee varias opciones y características, que lo vuelven extremadamente amigable y fácil de utilizar, entre ellas:

- RSLogix 5000 es el software diseñado para trabajar con:
 - Relay ladder
 - Structure text
 - Function block
 - Sequential function chart
 - Una interfaz de un usuario común y la representación del conjunto
- Es flexible, fácil de redactar
- Posee un editor poderoso de una base de datos.
- Diagnóstico y localización de fallas en las herramientas.
- Comunicación Fiable
- Además incluye la configuración y programación para el control de movimiento.
- Posibilidad de importación de aplicaciones desarrolladas en programas de AB antiguos, tales como el APS (Advanced Programming Software).
- Total interacción para crear los diferentes símbolos y asignación de direcciones de PLC y comentarios correspondientes en Microsoft Excel e importar dicha información directo al proyecto de RSLogix que se encuentre en desarrollo.
- Alternativas de edición en línea, permitiéndose además, un total manejo de herramientas de supervisión, debug y protecciones del equipo cuando se realizan cambios en línea.

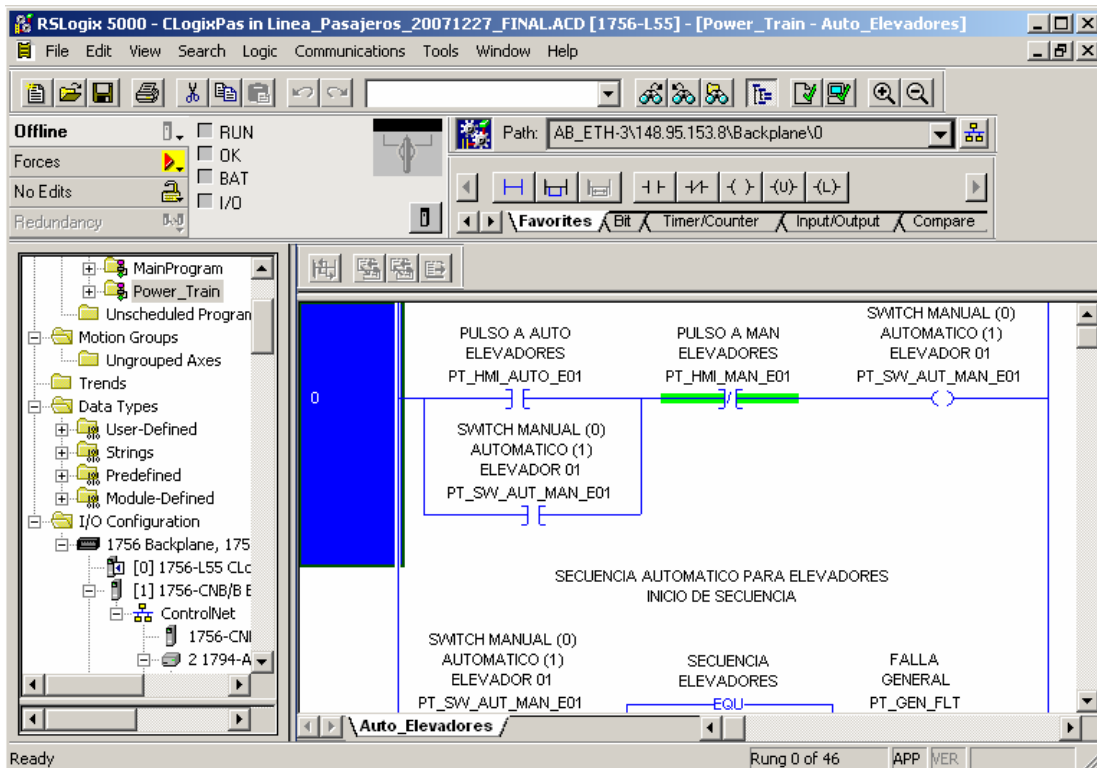


Figura 3.7. Ambiente general del RSLogix 5000

Al igual que el resto de productos Rockwell Software, el RSLogix5000 requiere de una licencia para poder correr con normalidad. La principal desventaja de este paquete frente a otros de la misma Rockwell Software, es que el RSLogix5000 no posee un modo demo, es decir, que si no se tiene la licencia (Master Disk) apropiado para activar el paquete, el RSLogix5000 emitirá un mensaje de falta de licencia y se cerrará.

Para más información sobre RSLogix5000 revisar el Anexo II.

3.3.1.2 Software de Comunicaciones

El RSLinx para controladores programables Allen Bradley es la solución para la configuración y desempeño de las comunicaciones bajo sistemas operativos Windows NT, Windows 2000 y Windows XP. Este software provee de un acceso a los PLCs Allen Bradley desde distintas otras aplicaciones, tales como RSview32, RSTrend, etc.

Además, posee de una interfaz DDE, denominada AdvanceDDE, que presta la posibilidad de compartir información por medio de protocolo de intercambio dinámico de información entre los controladores lógicos programables y aplicaciones de otros paquetes tales como Microsoft Excel, Microsoft Access, etc.

RSLinx está desarrollado como una aplicación de 32 bits y como tal, toma total ventaja de características como las de multi-tarea, multi-procesamiento, etc. Inherentes al sistema operativo Microsoft Windows.

Los principales beneficios del RSLinx son:

- Facilidad de upgrade a nuevos procesadores y tipos de red debido a que todos los drivers de Allen Bradley son incluidos en un solo paquete.
- Soporte para interfaces de otros dispositivos, tales como PCMCIA.
- Compatibilidad de productos Allen Bradley y cualquier otra aplicación de terceros que soporte DDE.
- Lectura y escritura sincronizada con la información de los procesadores en PLC-5 y SLC-500.
- Posibilidad de operación simultánea de múltiples dispositivos de comunicación.
- Interfaz de usuario totalmente amigable y fácil de utilizar.
- Capacidad para compartir información con otras computadoras en una red por medio de DDE.
- Mayor rapidez y menor carga de tráfico en la red por medio de la utilización de lecturas y escrituras por bloques de transferencia.
- Características de auto configuración para dispositivos de Allen Bradley.

Al igual que el resto de productos Rockwell Software, el RSLinx requiere de una licencia para activarse con normalidad. Existen tres versiones del RSLinx, ellas son: Lite, la cual no requiere de una licencia, pero tiene características de enlace limitadas; Profesional, que ya requiere de una licencia completa; y Gateway, que es aquella que da prioridad al manejo de redes tales como la Ethernet.

3.3.2 Descripción de Programación

El programa se realizó en lenguaje ladder y como se explicó antes se dividió en subrutinas o subprocesos, que luego forman una sola gran secuencia.

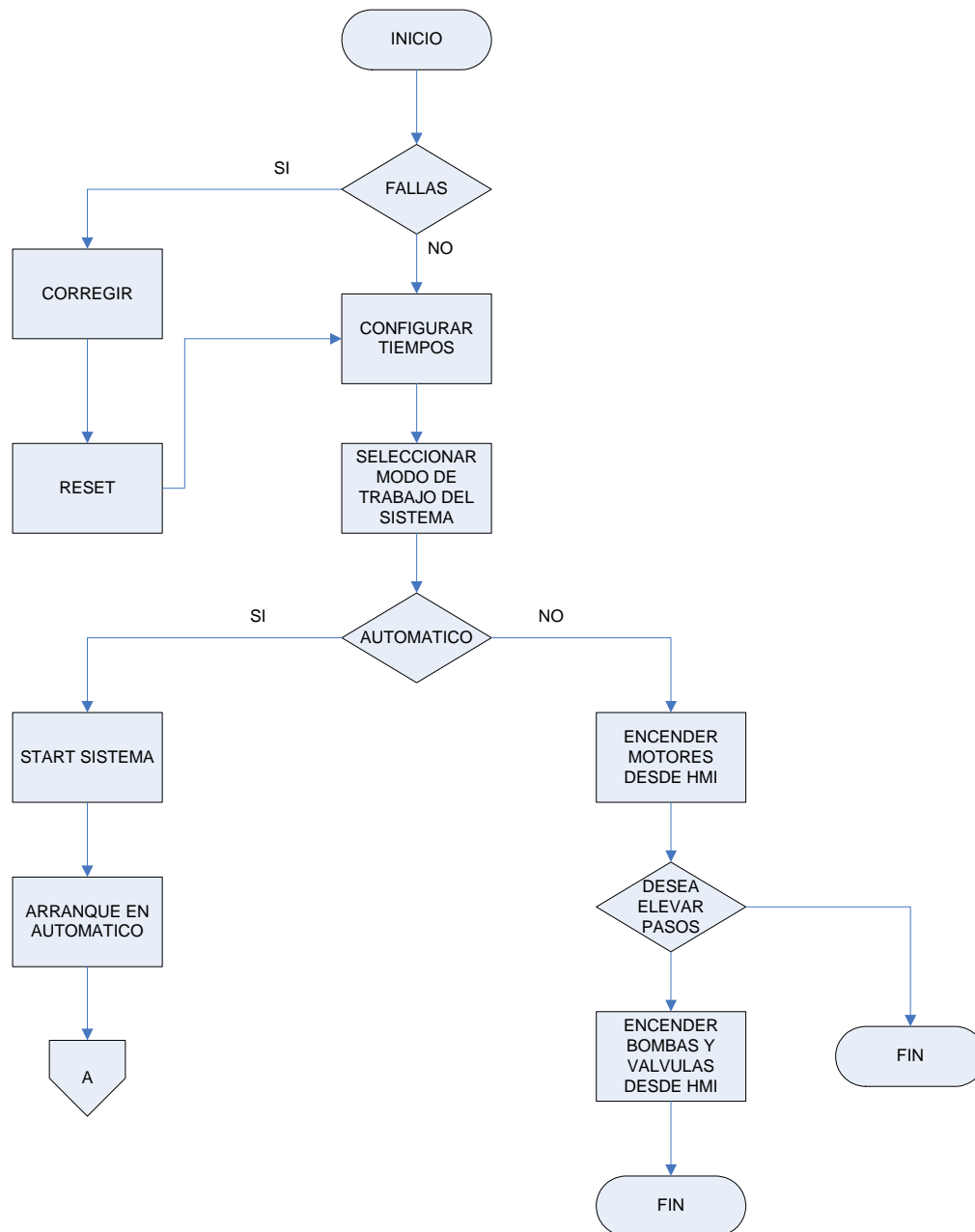


Figura 3.8. Diagrama de flujo – Secuencia Principal.

En la figura 3.8 se puede observar la lógica del programa principal. En primer lugar se desarrolló la lógica para el reset general del sistema, el sistema se puede resetear, siempre que se presente una falla y esta sea corregida, desde el panel de operador, desde los pupitres o desde el tablero.

Aquí también se generan las fallas generales del sistema, como paros de emergencia, fallas generales de motores, de bombas, válvulas, etc.

Además se tiene la subrutina de selección del modo de trabajo del sistema. Aquí simplemente se verifica lo que ha seleccionado el operador, se puede seleccionar el modo de trabajo desde el panel de operador.

Si el operador ha seleccionado el modo de trabajo manual, la idea es que el operador encienda o apague los motores y las bombas mediante señales que vendrán desde el panel de operador. Para encender o apagar cualquier motor o cualquier bomba se necesita la orden del operador y que dicho elemento no tenga fallas en ese momento. La diferencia entre la secuencia manual de motores y bombas es que al accionar una bomba el paso correspondiente subirá o bajará.

Luego se pasa a las subrutinas de las secuencias automáticas. En primer lugar en la figura 3.9. se encuentra la secuencia automática de los elevadores, el modo de trabajo de los elevadores es independiente del modo de trabajo del resto del sistema, es decir el sistema puede estar en automático y los elevadores en manual o viceversa. Esto se hace por seguridad porque en este punto es donde se une el "powertrain" con la carrocería y como se trabaja a más altura se debe tomar precauciones, por eso se da un trato especial a esta parte.

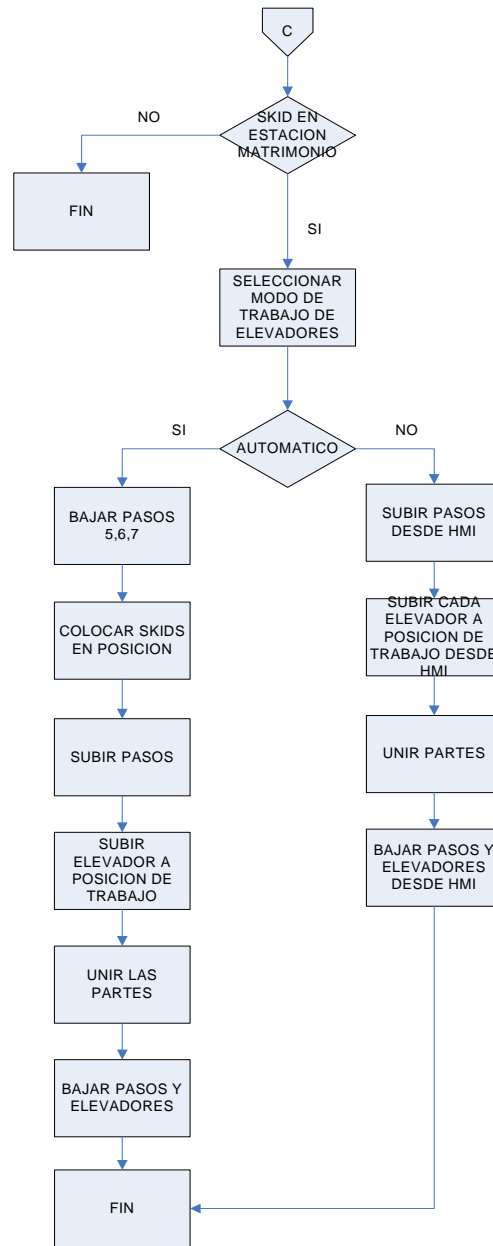


Figura 3.9. Diagrama de flujo – Secuencia Automática Elevadores.

La secuencia automática de elevadores funciona así: verifica si los elevadores y los pasos 5, 6 y 7 están abajo, si no lo están, se procede a bajarlos, para que el operador pueda colocar los skid es posición. Una vez que los skids están en posición se presiona un pulsante de validación para que la secuencia continúe. A continuación se procede a subir los pasos 5, 6, 7 y en seguida los elevadores hasta la posición de trabajo. El operador realiza el trabajo necesario,

vuelve a dar un pulso de validación y la secuencia termina bajando nuevamente los pasos y los elevadores.



Figura 3.10. Diagrama de flujo – Secuencia Automática Motores.

La siguiente es la secuencia automática de motores que se puede observar en la figura 3.10. Y empieza con la lógica de la estación de acúmulo; cuando los sensores detectan que ha llegado un skid a esta estación el motor de esta estación se para, el operador lo puede volver a encender cuando la estación de matrimonio esté libre y los elevadores abajo.

De igual cuando llega un skid a la estación de verificación, ésta se detendrá si la estación de acúmulo está ocupada para evitar un colisión de skids, y volverá a arrancar unos segundos después de que la estación de acúmulo esté libre. Este mismo procedimiento se repetirá para las demás estaciones y tranfers, si un skid llega a una estación y la siguiente estación está ocupada y parada, ésta también deberá parar hasta unos segundos después que la siguiente este estación esté desocupada. Este es uno de los parámetros de seguridad.

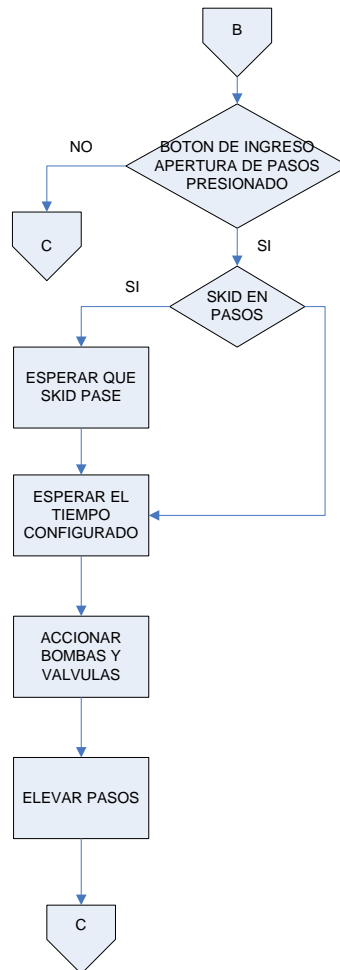


Figura 3.11. Diagrama de flujo – Secuencia Automática Pasos.

Luego en la figura 3.12 se encuentra la secuencia automática de los pasos, para la cual se debe tener en cuenta también algunos aspectos de seguridad. Si el operador quiere ingresar deberá presionar el pulsante del pupitre exterior, entonces el programa verificará que no haya skids pasando por los rodillos de los pasos, si se tiene un tiempo prudente sin skids sobre los rodillos de los pasos entonces se accionan las bombas y las válvulas para abrir los pasos. Este tiempo prudente deberá ser como mínimo el tiempo que un skid demora en recorrer la longitud de los pasos.

Además desde que se accionan las bombas existe un tiempo máximo para que el paso se abra completamente, esto se podrá configurar dependiendo de los tiempos requeridos por producción, es decir deberá ser un tiempo que no retrase el tiempo máximo en que un vehículo debe ser ensamblado, o más conocido como "tack time".

Una última consideración de seguridad es que si los pasos están abiertos y un skid llega a un transfer anterior, este transfer se detendrá hasta que el paso vuelva a bajar completamente, y de igual forma como se explicó antes, si llega un skid a la estación anterior y el transfer está detenido, ésta también se detendrá, y así sucesivamente.

Luego tenemos la secuencia de fallas de motores. Puede darse falla por contactor, cuando no se tiene realimentación de la señal en un determinado tiempo; puede haber falla por térmico, que se da cuando no se ha recibido la señal del guardamotor. Siempre que tengamos motores es necesaria la utilización de guardamotors para la protección de sobrecorrientes y de cortos circuitos.

En la secuencia de fallas de bombas también se tiene falla por contactor y falla por térmico, que se dan en las mismas condiciones que las fallas de los motores. Además de estas fallas hay la falla por tiempo de activación de las bombas, que se da cuando una bomba está activa por un tiempo y el paso no ha llegado arriba o abajo. Este tiempo de igual forma es configurable, dependiendo de la condiciones producción.

Las fallas de las válvulas son igualmente por tiempo de activación. Se dan cuando una válvula está activada más tiempo que el determinado para que un paso se abra o se cierre.

Finalmente tenemos la subrutina de HMI, en la cual se envía señales al HMI para que este muestre por ejemplo: el estado de los motores, el estado de las bombas, si el sistema está en automático o manual, si el sistema está encendido o apagado, las fallas que se producen, entre otras.

El programa impreso se puede observar en el Anexo III.

CAPÍTULO 4

DEVICENET⁹

Uno de los buses de campo más utilizado para el control en tiempo real de dispositivos en los primeros niveles de automatización es DeviceNet, una red de aplicación internacional, que asegura la interconectividad con una gran variedad de equipos de otros fabricantes. DeviceNet define una de las más sofisticadas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN.

DeviceNet fue desarrollado por Rockwell Automation a mediados de los noventa, posteriormente pasó a ser una especificación abierta soportada en la ODVA (Open DeviceNet Vendor Association), la cual es responsable de la evolución, promoción, actividades técnicas y marketing. Cualquier fabricante puede asociarse a esta organización y obtener especificaciones, homologar productos, etc.

DeviceNet ha conseguido una significativa cuota de mercado. Existen más de 300 productos homologados. Está soportado por numerosos fabricantes: Allen-Bradley, ABB, Danfoss, Crouzet, Bosh, Control Techniques, Festo, Omron, .etc.

Devicenet es una red de comunicación económica para conectar los dispositivos industriales (tales como los interruptores de final de carrera, detectores fotoeléctricos, múltiples de válvulas, arrancadores de motor, botones pulsadores, lectores de códigos de barras, variadores de frecuencia ajustable, pantallas e interface de operador) a una red y eliminar el costoso cableado que demanda mucho tiempo.

⁹ Todas las figuras y los contenidos referentes a este capítulo se pueden encontrar en: ROCKWELL AUTOMATION, DeviceNet₁ Starter Guide and User Manual y en ROCKWELL AUTOMATION, DeviceNet₁ Overview Media Planing and Instalation Guide.

4.1 CARACTERÍSTICAS

DeviceNet es una red determinística, es decir que la información llegará de un punto a otro en un tiempo determinado, garantizado por el fabricante; lo que permite tener información confiable en una tasa de tiempo confiable y a una frecuencia que dependerá del tipo de proceso, es decir en tiempo real. Por ser una red determinística el volumen de información será menor que en una red probabilística, pero se tiene la seguridad de tener paquetes siempre iguales. Define mensajes y conexiones para funcionamiento maestro-esclavo.

Las paradas de producción se minimizan ya que proporciona información de diagnóstico muy valiosa que permite llevar a cabo acciones preventivas y eficaces soluciones de los problemas, agilizando las tareas de mantenimiento y reparación.

Por otro lado, cabe destacar su eficiencia en las comunicaciones ya que permite que la información de planta esté disponible en tiempo real al proporcionar un procesamiento de datos a alta velocidad, mayor seguridad de datos, un chequeo de errores eficiente y gran flexibilidad.

Los mercados y aplicaciones más significativas para este tipo de tecnología son: líneas de ensamblaje de automóviles; líneas de alimentación y bebidas, líneas de fabricación semiconductores, manipulado de material y empaquetado, papeleras, cementeras y canteras, y líneas de productos de consumo, entre otros.

4.1.1 Características de Hardware

En la figura 4.1 se puede apreciar el esquema básico de una red DeviceNet, que consiste en una red “trunk-drop” ya que está conformada por una rama o bus principal llamado “trunk line” que va por toda la red y puede tener una longitud de hasta 500 mts con múltiples derivaciones de hasta 6 mts. cada una, llamadas “drop lines”, donde se conectan los diferentes dispositivos de la red. Además se tiene los terminadores resistivos al inicio y al final de la red, y una fuente de alimentación externa que se detallará más adelante en este capítulo.

En cada red Device Net se pueden conectar hasta 64 nodos por scanner y cada uno puede soportar un número infinito de E/S con velocidades de 125 Kbps a 500 Kbps.

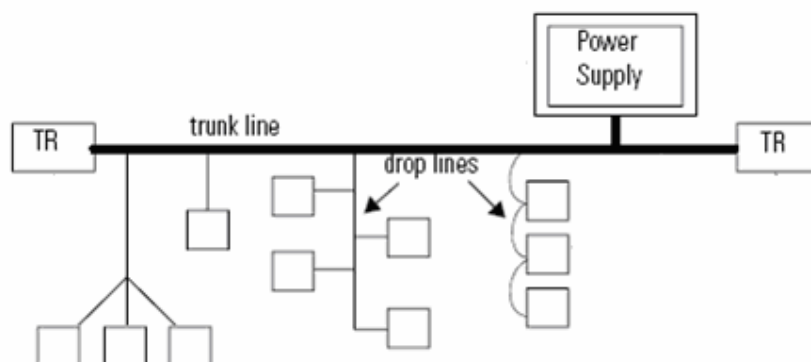


Figura 4.1. Esquema básico de una Red DeviceNet

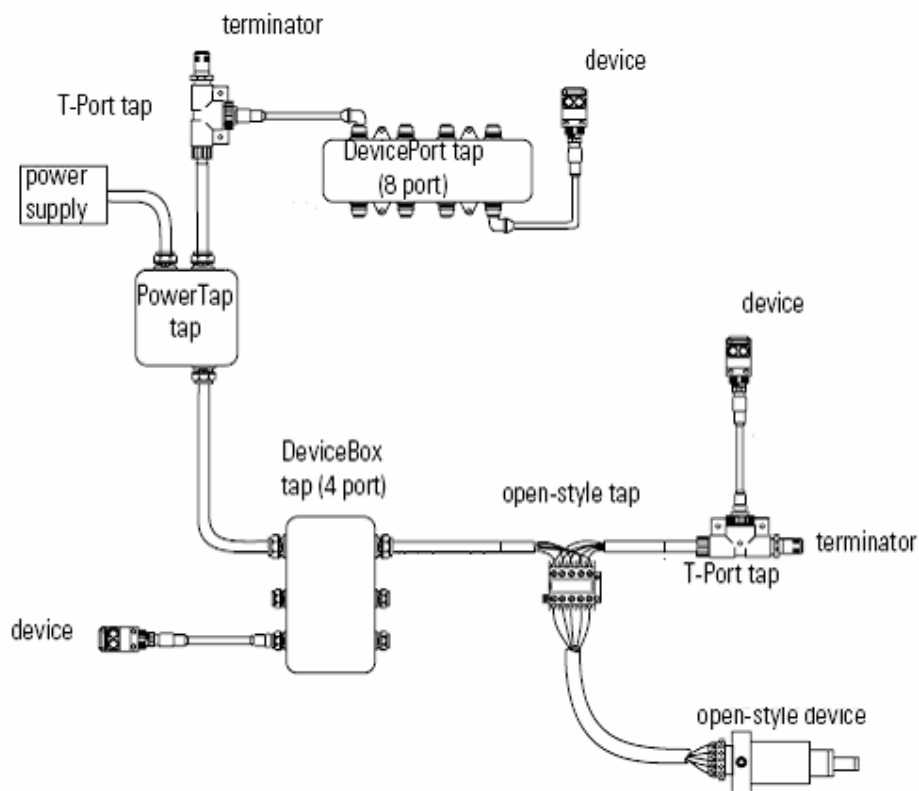


Figura 4.2. Ejemplo de conexión de dispositivos de una Red DeviceNet

En realidad el trunk line y el drop line vienen a ser el mismo cable, la única diferencia es que el trunk line tiene una chaqueta o recubrimiento más grueso. Por esta razón en algunas ocasiones se suele prescindir de los drop lines y se usa solo trunk lines, se puede observar un ejemplo de conexión de dispositivos en la figura 4.2

Físicamente el cable está compuesto por 5 hilos que se pueden conectar directamente con borneras o mediante el uso de conectores. Las ramas de la red se unen mediante unos dispositivos llamados “taps”, que son de varios tipos. Este tema se ampliará más adelante en este capítulo.

Para alimentar la red con 24VDC se utiliza una fuente de alimentación externa especial para DeviceNet, esta fuente se puede conectar en cualquier punto de la red mediante un dispositivo llamado “power tap”, que son una especie de cajas con conectores a los cuales llegan el trunk line y el cable de alimentación desde la fuente mediante el cuál se alimenta toda la red, como se observó en la figura 4.1. y cuyo detalle se aprecia a continuación en la figura 4.3.

El PLC se enlaza a la red mediante un módulo especial, en el caso de tener una plataforma ControlLogix, este módulo es un 1756-DNB, que es un scanner DeviceNet que como su nombre lo indica es el dispositivo que se encarga de hacer un scan de toda la red y pedir información a cada nodo sobre el estado de los elementos de campo, para luego compartir esta información con el procesador.

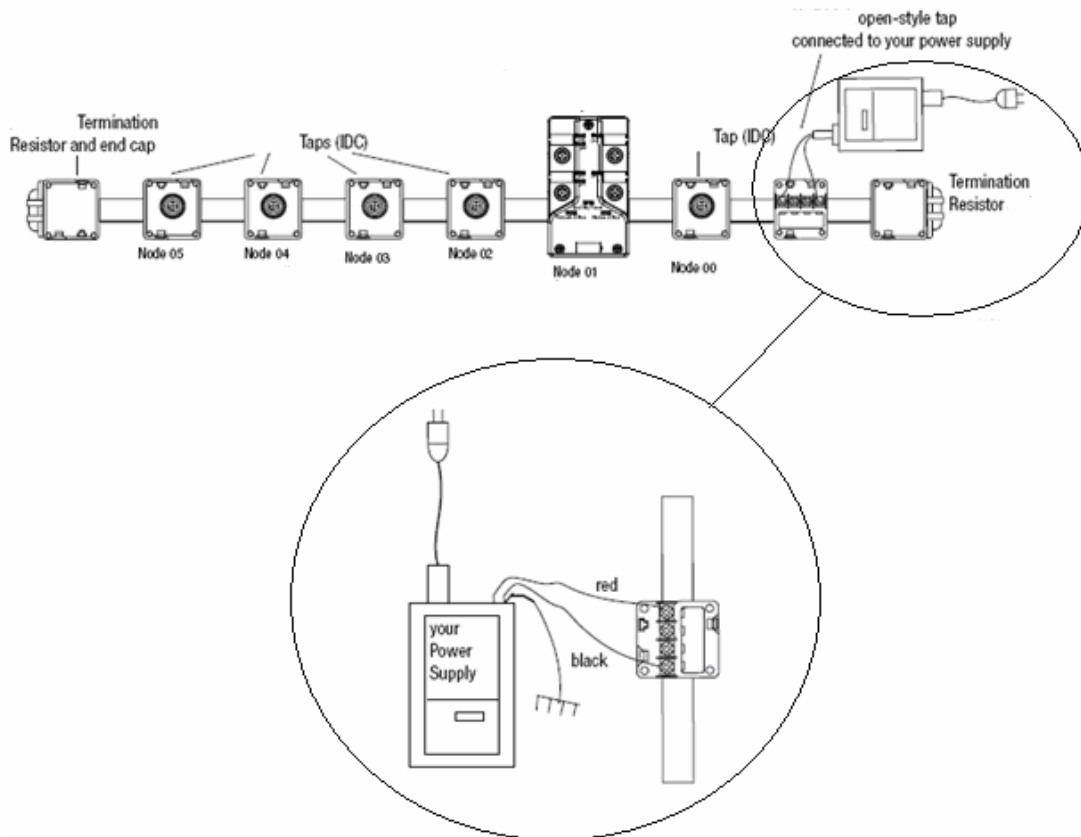


Figura 4.3. Detalle de alimentación de la red DeviceNet

Cada nodo está dado por un bloque de Flex I/O de Allen Bradley. En la figura 4.4 se puede observar un bloque Flex I/O básico que está conformado por Una fuente de alimentación de 24 VDC para cada bloque, un adaptador DeviceNet (1794-ADN) y módulos de entradas y salidas que pueden ser discretas y/o análogas, donde se conectarán los dispositivos de campo.

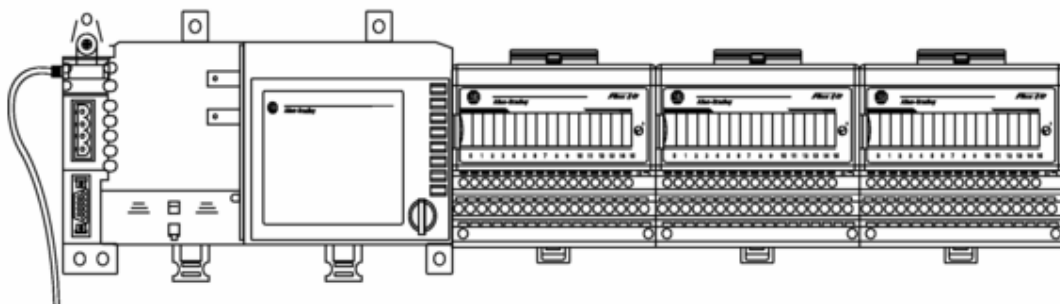


Figura 4.4. Bloque Básico FLEX I/O de Allen Bradley

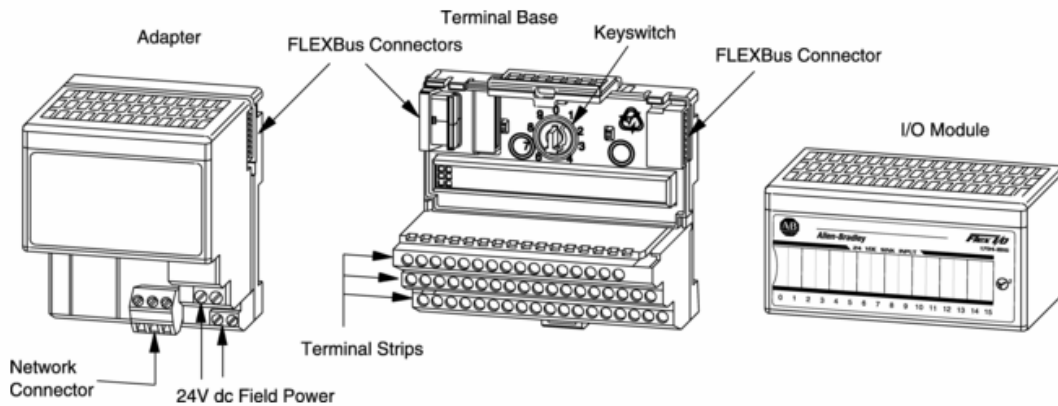


Figura 4.5. Detalle de un Bloque FLEX I/O de Allen Bradley

En la figura 4.5 se puede apreciar el detalle del adaptador DeviceNet y de la base donde se colocan los diferentes módulos. Además es importante señalar que el número que tendrá cada nodo para identificarlo sobre la red se setea por hardware mediante los números que se encuentran en los adaptadores. La numeración empieza desde el 01 pues el 00 se reserva para el scanner. El número máximo de módulos es 8 por adaptador.

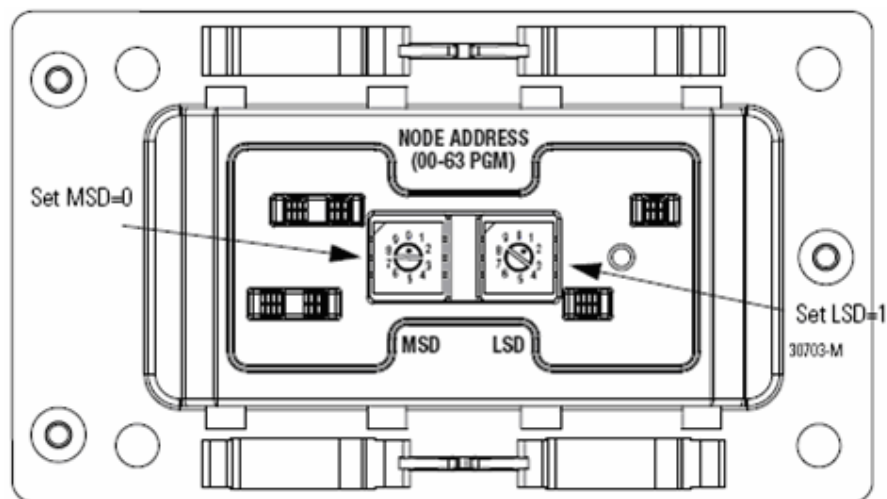


Figura 4.6. Vista inferior de un adaptador DeviceNet de Allen Bradley

Es una red que presenta varias opciones de conexión, cada una con sus propios estándares, lo cual muchas veces representa un problema pues

justamente por la libertad que tiene el usuario muchas veces no se respetan estos estándares.

4.1.1.1 Medios Físicos Devicenet

Hay dos tipos de medios físicos Devicenet: medios redondos y medios planos.

4.1.1.1.1 Medios físicos planos

Los medios físicos planos se usan típicamente cuando:

- Las distancias entre los dispositivos son menos conocidas y/o pueden cambiar.
- Todo el cableado se realiza en el sitio.
- Se pronostican añadiduras futuras.

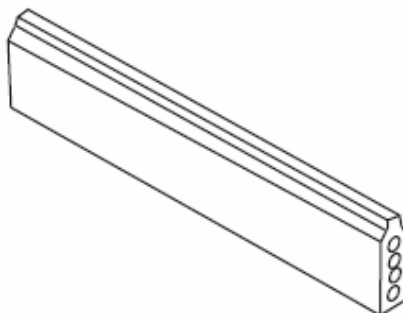


Figura 4.7. Fragmento de cable plano para DeviceNet

Físicamente el trunk line es plano como se observa en la figura 4.6 y el drop line se unen a través de “taps”, que son dispositivos en forma de caja por donde pasa el trunk line y además tienen un conector al cual llega el drop line. El cable devicenet está conformado por 5 hilos como se dijo anteriormente: rojo, blanco, gris, azul y negro. El rojo y el negro son los cables de transmisión y recepción de señal, el blanco se conecta a 24 VDC, el azul a 0 VDC y el gris es neutro. En la figura 4.7 se observa como se coloca el trunk line.

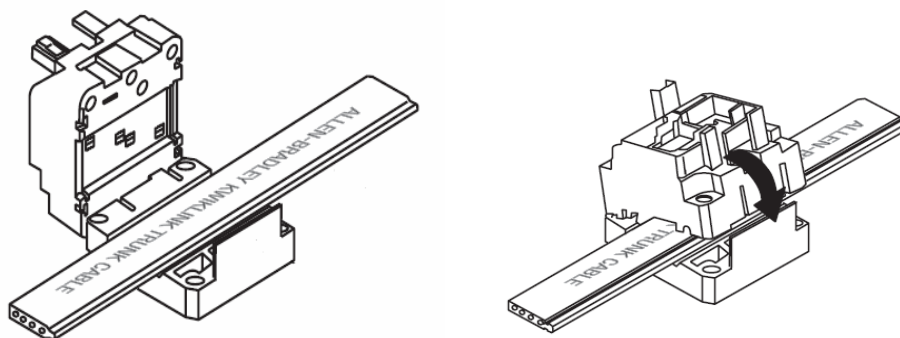


Figura 4.8. Implementación de un tap a la red

Existen dos tipos de taps: los taps abiertos que tienen borneras donde se conectan directamente los cables; y los taps con conector. Se puede apreciar estos dos tipos de taps en la figura 4.8

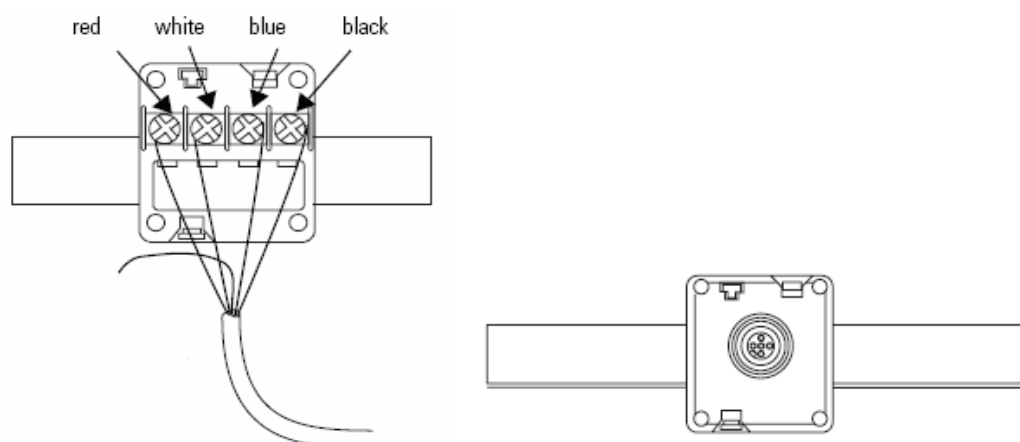


Figura 4.9. Taps para medios planos (con bornera y con conector)

4.1.1.1.2 Medios físicos redondos

De igual manera consiste en 5 cables: dos cables para alimentación y dos para señal además del neutro. Los medios físicos redondos están disponibles en calibre grueso (diámetro. De 12 mm) y delgado (diámetro. De 7 mm). Los medios físicos redondos se usan típicamente cuando:



Figura 4.10. Fragmento de cable redondo para DeviceNet

- Las distancias entre los dispositivos (nodos) son conocidas y están fijas.
- Se requiere una mayor distancia general.
- Se prefiere la conexión en cadena de los dispositivos en la línea troncal.

Físicamente el trunk line es redondo como se observa en la figura 4.9 y el drop line se une de igual forma a través de “taps”, que pueden ser con bornera (open taps) o con conector (T-taps).

En la figura 4.10 se pueden apreciar algunas imágenes de medios redondos con conectores tipo T. En la figura 4.11 se pueden observar imágenes de medios redondos con conectores abiertos.

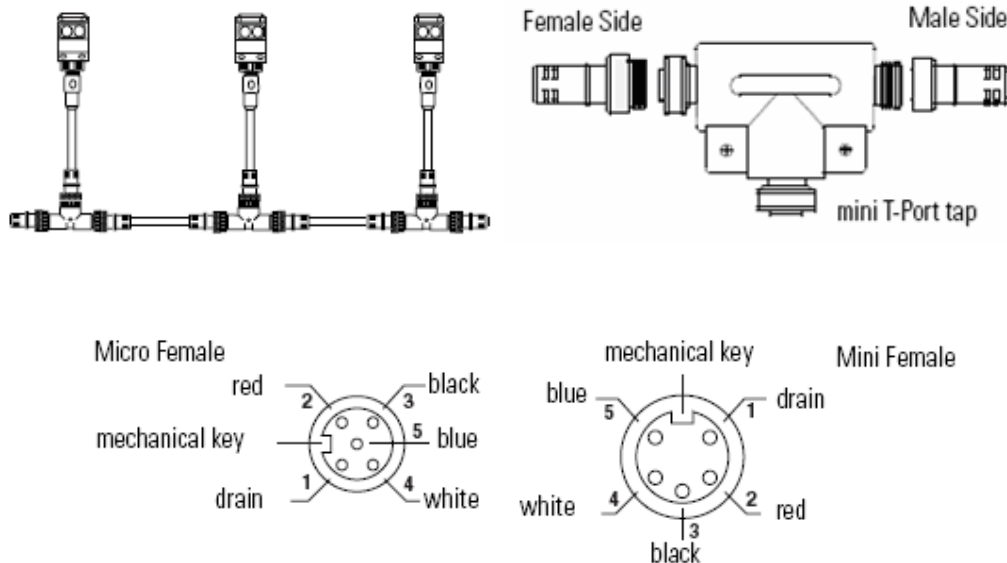


Figura 4.11. Conectores tipo T para medios redondos

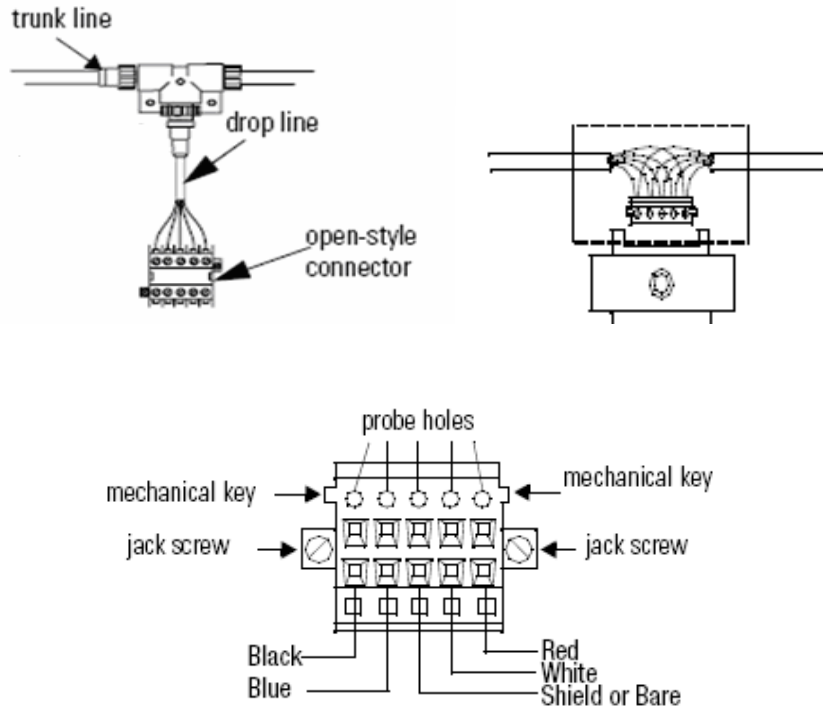


Figura 4.12. Conectores con bornera para medios redondos

Cada bornera tiene un distinto color, que es justamente el color que le corresponde a cada cable. Igual que los medios planos el cable devicenet está conformado por 5 hilos como se dijo anteriormente: rojo, blanco, gris, azul y negro. El rojo y el negro son los cables de transmisión y recepción de señal, el blanco se conecta a 24 VDC, el azul a 0 VDC y el gris es neutro.

4.1.2 Características de Software

Lo más importante en cuanto a software se refiere para armar una red DeviceNet es la instalación de los EDS's. En inglés las siglas EDS quieren decir: Electronic Data Sheet. Como se sabe los data sheets en cualquier campo son elementos que usamos para saber como funcionan distintos dispositivos; en este caso específico un electronic data sheet no es más que un archivo de texto que debe ser bajado a nuestro computador para configurar los dispositivos que conforman la red, pues estos archivos le enseñan al software cómo funcionan los dispositivos.

En conclusión todo dispositivo que se desee incluir en la red debe tener su respectivo EDS proporcionado por el fabricante.

4.2 Configuración (RSNetworkx)

La configuración de una red device se la hace íntegramente a través del RSNetworkx para DeviceNet, que es un software proporcionado por Rockwell.

La forma más sencilla de hacerlo es mediante una auto-configuración. Simplemente nos conectamos a la red mediante la opción Upload Network que se encuentra en el menú Online en la barra de menú, como se observa en la figura.

De esta forma RSNetworkx reconoce todos los elementos de la red y los muestra gráficamente, como se observa en la figura 4.12. Para el presente proyecto serán necesario un nodos o bloque ya que de acuerdo al número de entradas y salidas (detalladas en el capítulo anterior) no se ocuparía más de ocho módulos. De manera que tenemos el scanner con el número 00, y el nodo 01.

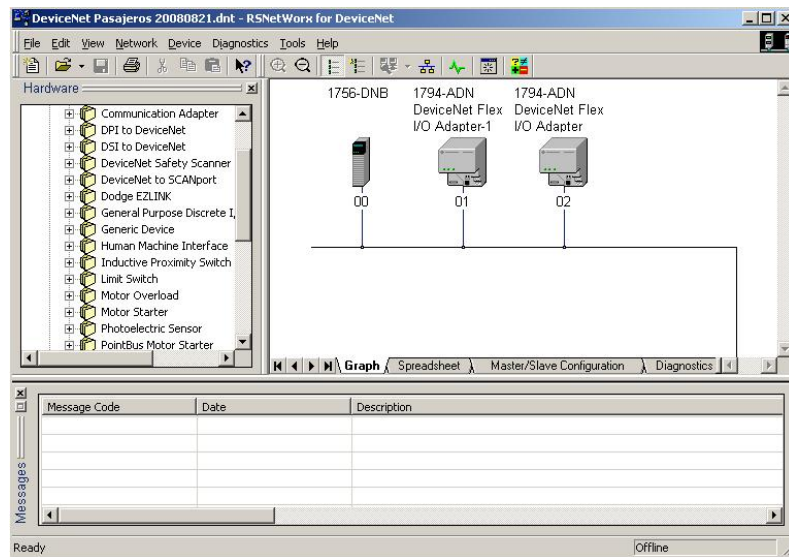


Figura 4.13. Reconocimiento de los elementos de la red

A continuación en la figura 4.13 se puede observar los dos nodos que se usará para este caso específico. El nodo 00 es el scanner devicenet, y el nodo 01 es el adaptador para el bloque de Flex IO.

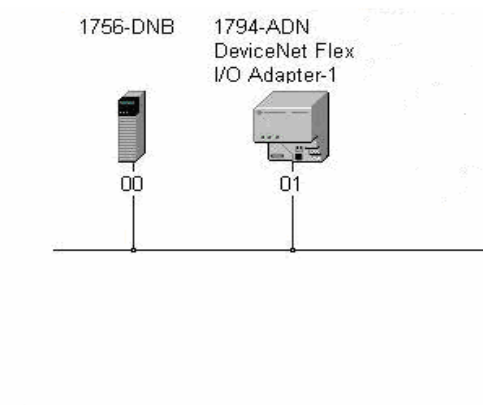


Figura 4.14. Nodos de la red

Para empezar la configuración de scanner solo basta con dar un doble click en la imagen de éste y aparecerá la pantalla que se observa en la figura 4.14. En la pestaña “General” se puede dar un nombre, una descripción y una dirección al scanner. La dirección es la 0 por facilidad.

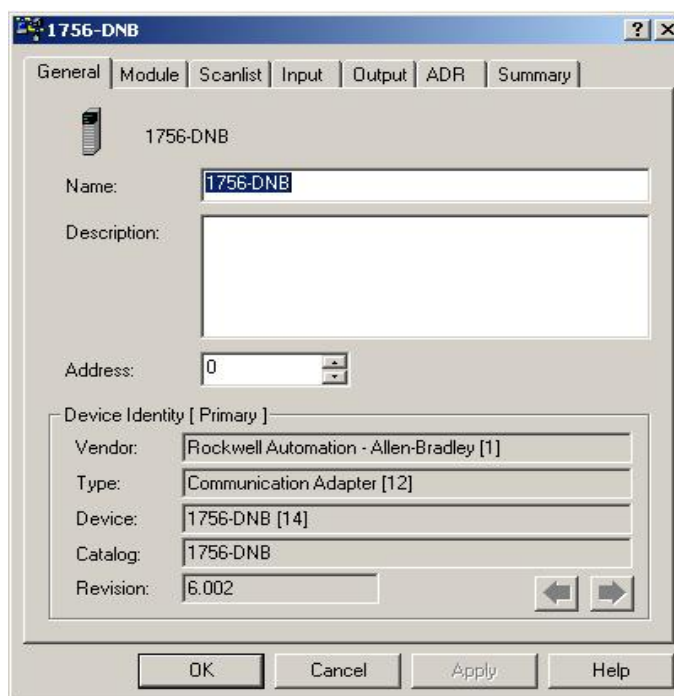


Figura 4.15. Configuración general del Scanner

En la figura 4.15 se observa la pestaña “Módulo” donde se puede determinar el tiempo entre cada scan, además del slot que ocupa el módulo en el PLC.

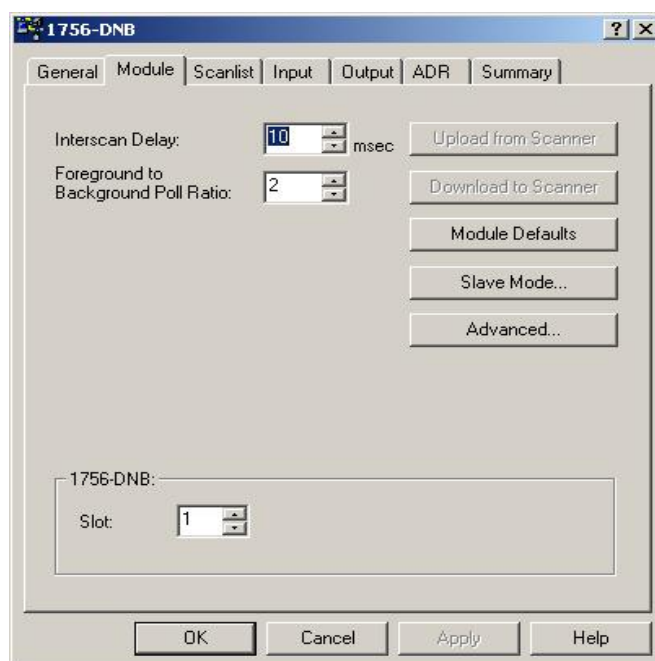


Figura 4.16. Configuración del módulo DeviceNet

En la figura 4.16 se observa la pestaña “Scanlist” en la cual se puede definir los nodos a los que se va a hacer el scan. Se los puede añadir manualmente o con la opción “automap” el scanner detecta automáticamente todos los nodos.

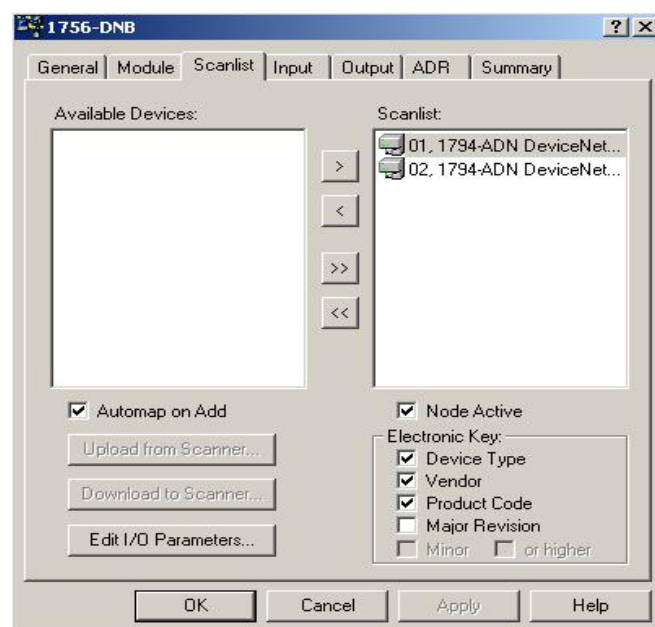


Figura 4.17. Dispositivos a ser escaneados

En la pestaña “INPUT”, que se observa en la figura 4.17, se asignan las entradas en el mapa de memoria del scanner y al mismo tiempo se les asignan direcciones como si se asignaran en la memoria del procesador, de manera que en el programa desarrollado en RSLogix5000 se usarán las direcciones de la memoria del scanner.

De esta forma se libera la memoria del controlador, que solamente consulta los estados de las entradas en la memoria del scanner. Lo mismo ocurre para las salidas como se puede observar en la figura 4.18.

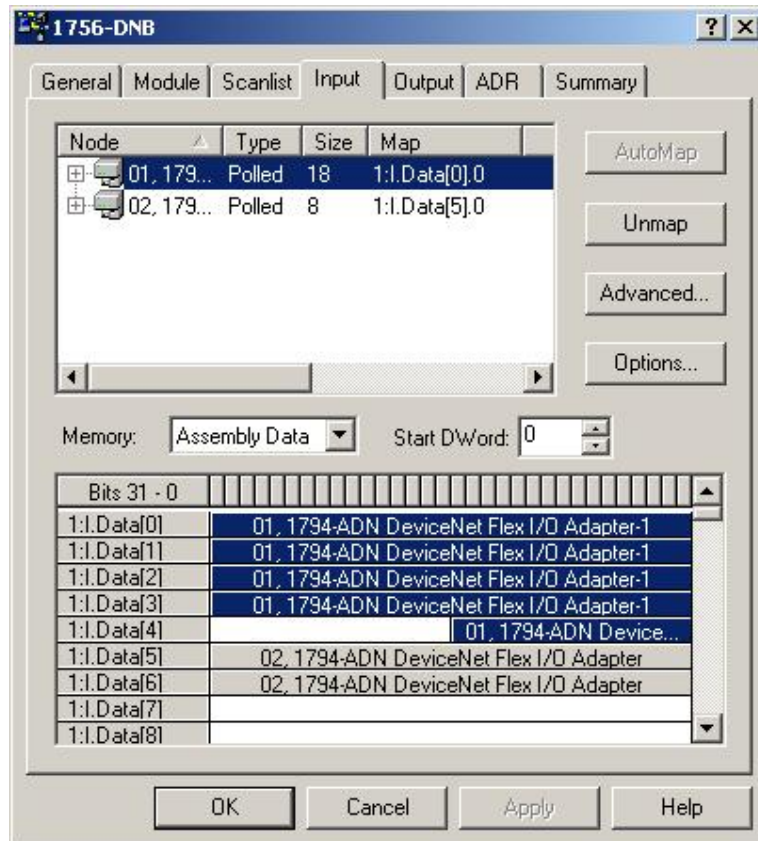


Figura 4.18. Distribución de las entradas en el mapa de memoria del Scanner

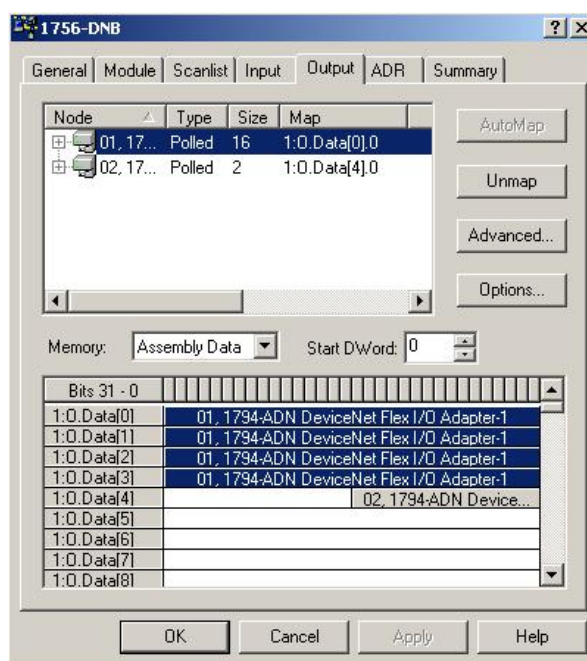


Figura 4.19. Distribución de las salidas en el mapa de memoria del Scanner

Luego el siguiente paso es configurar el adaptador devicenet (1794-ADN). De igual manera haciendo un doble clic se ingresa a la configuración. En la figura 4.19 se observa la configuración general, donde principalmente se puede asignar el número de nodo que le corresponderá.

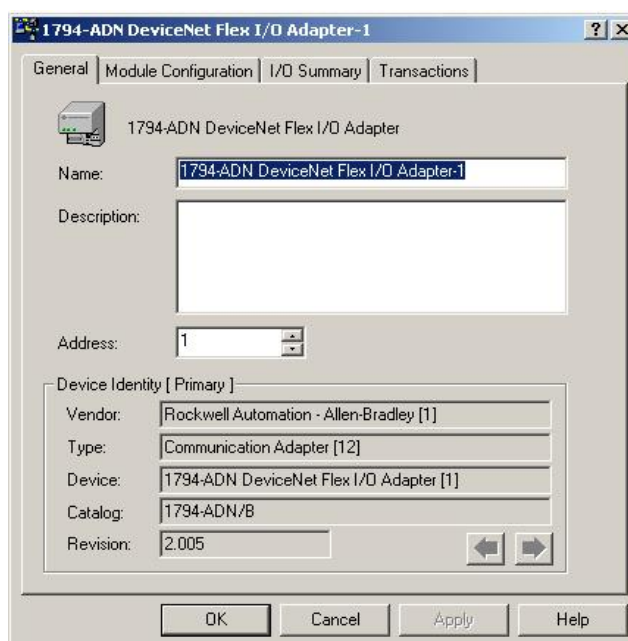


Figura 4.20. Configuración general del adaptador

En la figura 4.20 se aprecia la ventana de configuración de módulos. Aquí se selecciona todos los módulos que formarán parte del bloque de entradas y salidas y que junto con el adaptador devicenet formarán un mismo nodo. Y finalmente en la pestaña “I/O summary” que se observa en la figura 4.21, se puede verificar todas las entradas y salidas de nuestro nodo con su respectivo tamaño.

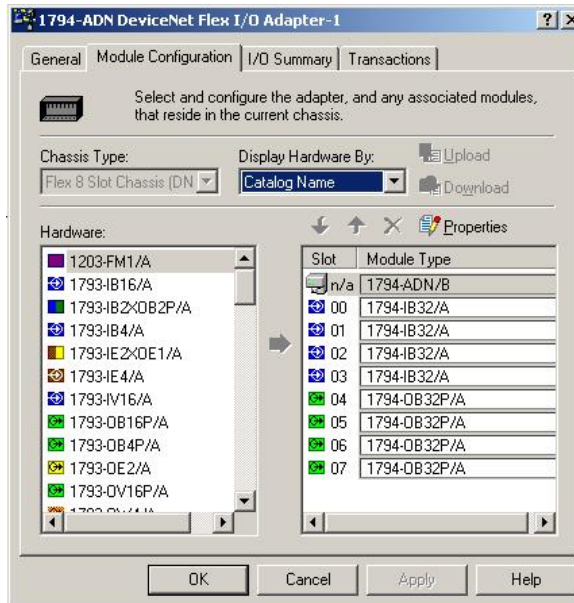


Figura 4.21. Reconocimiento de los elementos de la red

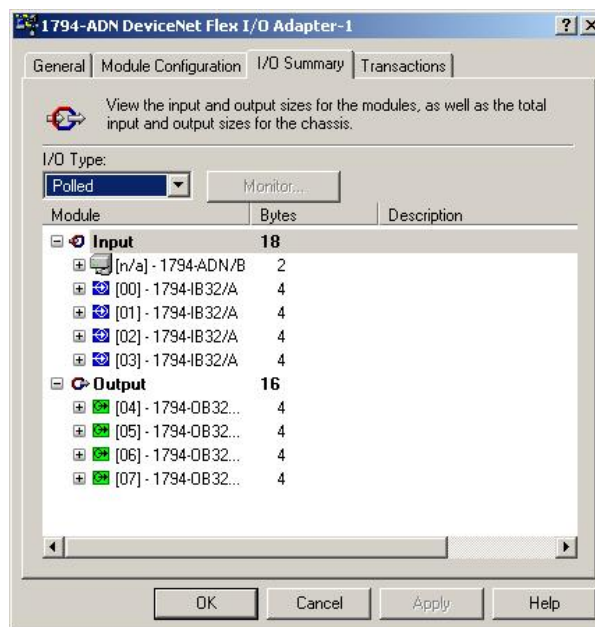


Figura 4.22. Resumen de Entradas y Salidas

CAPÍTULO 5

LA INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI)

Este Capítulo contiene el diseño y la información necesaria para el manejo de la Interfaz Humana Máquina (HMI), para el sistema de transportación en el proceso de ensamblaje.

Así mismo, se detallan los pasos pertinentes al manejo de procedimientos normales y eventuales, siendo enfocado su contenido hacia las personas en contacto directo e indirecto con el sistema.

5.1 DISEÑO DEL HMI

La Interfaz humano máquina del presente proyecto fue diseñada toando en cuenta tres aspectos importantes:

- Utilizar una interfaz que contenga pantallas que brinden al operador una vista fácil, no saturada y basada en los símbolos clásicos de la industria automotriz, para denotar cada una de las maquinarias envueltas en el proceso.
- Reducir al mínimo la cantidad de comandos para la toma de decisiones del operador, tomando en cuenta que a pesar de ser expertos en el proceso, muchas veces no tienen experiencia con paneles de operador.
- Dividir al proceso en las secciones recomendadas por la lógica de programación de secuencias de subprocesos, es decir: Motores, Pasos, Elevadores, y dando la posibilidad de una pantalla en la cual se pueda monitorear el proceso en su totalidad.

5.1.1 Panel de Operador ¹⁰

El interés de Automation Solutions Ecuador, como ya se dijo antes, es el de introducir en la industria automotriz ciertos productos, uno de estos productos es el Panel View, de Allen Bradley. Existen varias opciones de Panel View válidas para un proyecto como este, pero para este prototipo se seleccionó un Panel View + 700, que es un panel promedio, lo importante es mostrar que se puede tener un control y monitoreo del proceso de ensamble en uno de estos paneles. El Panel View +700 es un panel de tipo “touchscreen”, es decir que no posee botones físicos, sino que el operado presiona directamente sobre la pantalla. Las diferencias más importantes con otros panel View es la resolución, el tamaño y obviamente el precio, el cliente decidirá cual es el que más le conviene. En la figura 5.1 se puede observar algunos modelos de Panel View.



Figura 5.1. Panel View Plus

Para más información del PanelView revise el anexo II

5.1.2 Software ¹¹

Al seleccionar un Panel View cualquiera que este sea, obligatoriamente el software de desarrollo de la aplicación debe ser el RSViewStudio de Rockwell Automation, que es un software especializado para estos paneles.

Es una única herramienta de desarrollo que da solución a dos tipos de necesidades:

¹⁰ www.automation.rockwell.com, Rockwell Automation Library

¹¹ ROCKWELL AUTOMATION, RSView Studio Training Guide.

RSView ME : Para aplicaciones HMI a nivel de máquina utilizando terminales de operador o PC's como plataformas de trabajo.

RSView SE: Una potente arquitectura de Supervisión y Control que puede empezar con un PC y acabar en un sistema distribuido.

Algunas características importantes son las siguientes:

- Reutilización de aplicaciones HMI a nivel de máquina en sistemas HMI distribuidos RSView SE de larga escala, reduciendo el tiempo de desarrollo y capacitación. En la figura 5.2 se puede ver un esquema sobre el uso del RSView 32.



Figura 5.2 RSView utilizado desde un panel básico hasta sistemas integrados con sistema operativo

- Creación de pantallas usando un Editor de Gráficos multifuncional.
- Configuración de versiones de aplicación en varios idiomas fácilmente con la capacidad de cambiar entre idiomas de aplicación dinámicamente durante el tiempo de ejecución.
- Edición individual de objetos en un grupo o celda, sin necesidad de romper el grupo o afectar la animación del mismo.
- Reemplazo rápido y fácil de nombres de tags y cadenas de caracteres.
- Posibilidad de importación directa de gráficos desde otras aplicaciones, sin necesidad de paquetes auxiliares.

Para conocer más sobre RSView, revisar el anexo III

5.1.3 AMBIENTE DE LA APLICACIÓN

La interfaz humano máquina debe cumplir con varios estándares para facilitar la visualización tanto de los elementos de maquinaria, como del estado general del sistema. Dichos convenios enfocan aspectos relativos a la navegación, señalización y distribución de elementos en las diferentes pantallas del sistema.

5.1.3.1 Elementos generales

El ambiente general de la aplicación contiene tres elementos generales, presentes en todas las etapas de supervisión del proyecto. Cada una de ellas cumple una función específica a ser detallada posteriormente, su tamaño y distribución se puede observar en la Figura 5.3

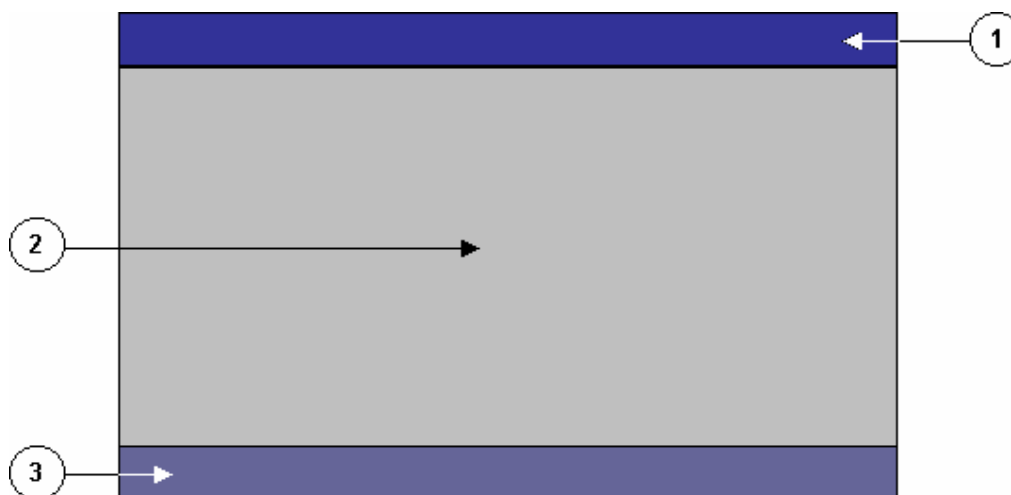


Figura. 5.3. Elementos generales de la aplicación.

Dichos elementos se conocen como:

1. Barra de Estado
2. Pantallas de Proceso
3. Barra de Navegación

La **Barra de Estado** se encuentra presente en absolutamente TODAS las pantallas del proceso, principalmente debido a que en ella se puede visualizar en qué etapa se encuentra el proceso, tanto de automático, manual, falla, etc. Sus elementos se observan en la figura 5.4, así como su comportamiento son enumerados a continuación:

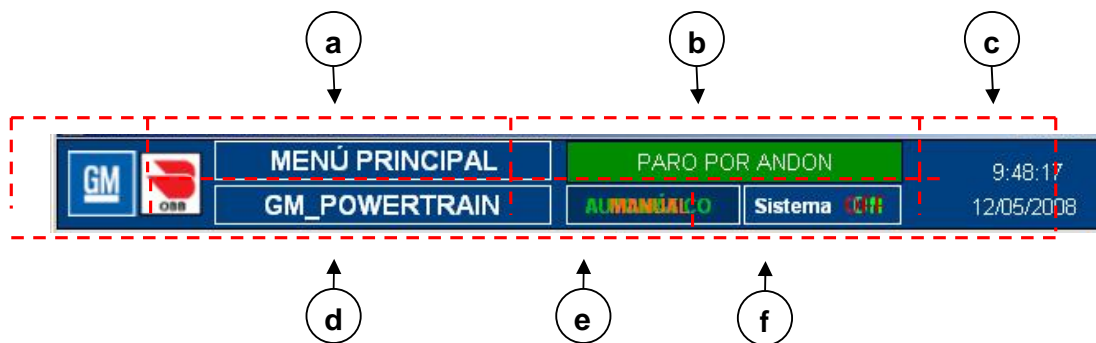


Figura 5.4 Barra de estado

- a. Indica la **pantalla actual** que se encuentra el operador trabajando y la visualización del proceso.
- b. El indicador de **fallas y eventos del sistema**, donde el operador va a observar la ocurrencia de cualquier tipo de falla y/o evento de relevancia en el transcurso de la operación del sistema.
- c. La fecha y hora del sistema como referencia para los operadores.
- d. Consta el nombre de la aplicación del cual se ha programado y automatizado.
- e. Los diferentes **modos de trabajo**, mediante el cual se informa al operador, en qué modo de trabajo se encuentra manual o automático.

- f. El indicador del **estado del sistema**, donde el operador va a observar si el sistema está encendido o apagado

Su importancia radica en la posibilidad de informar al operador a través de ella de sucesos de importancia que puedan presentarse en una pantalla diferente a la que está mirando el usuario al momento de su ocurrencia.

Las **Pantallas de Proceso**, abarcan todo lo que es información detallada del proceso, pues, como su nombre lo indica, describen gráficamente todo lo que se está llevando a cabo en el sistema, tanto estado de motores, estado de bombas, lectura de secuencias que está ejecutando, activación o desactivación de sensores, y si algunos de estos elementos está en falla. De ellas se hablará con mayor detenimiento en el Capítulo 2.

La Sección de Navegación abarca la **Barra Inferior**, se la puede observar en la figura 5.5, y no es más que el detalle de todas las subdivisiones del proceso (pantallas de proceso) a las que podemos acceder desde la posición en el sistema en que nos encontremos.

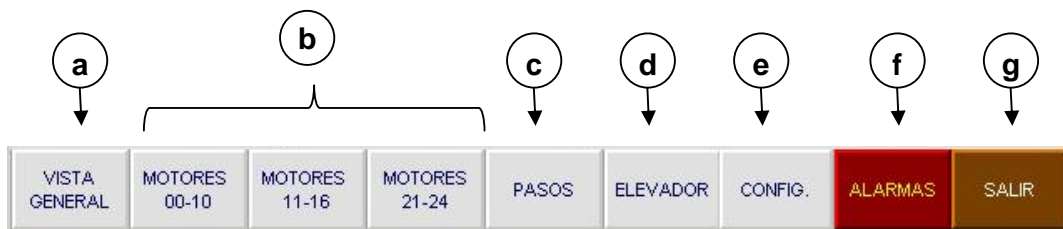


Figura 5.5 Barra de navegación

Las diferentes opciones de navegación principal en el sistema se pueden apreciar en la figura anterior, que muestra la barra inferior o de navegación. Las divisiones del sistema principales son:




- Vista General del Sistema.
- Operación Manual de Motores
- Operación Manual de Pasos.

- d. Visualización y Operación Manual de Elevadores
- e. Configuración de Tiempos de Proceso.
- f. Visualización de alarmas del sistema
- g. Abandonar el sistema, **salir de la Aplicación**

5.2 Convenios de Visualización de Estado del Sistema

Con el fin de facilitar la visualización de tanto los elementos de la maquinaria, como del estado general del sistema, el sistema de control y monitoreo cuenta con varios estándares con respecto a la navegación, señalización y distribución de las pantallas de la aplicación.

Los convenios estipulados para la visualización de elementos del proceso como Motores, Bombas, Válvulas y sensores son:

-  - Color Verde: Elemento activado
-  - Color Gris: Elemento desactivado
-  - Color Rojo/Amarillo: Elemento en falla

5.3 Procedimientos para Toma de Decisiones

Dentro del Sistema de Control y Monitoreo, de acuerdo al tipo de acción que ejecute el operador, existen cuatro tipos de decisiones:

- Decisiones de Navegación,
- Decisiones de Comando,
- Decisiones de Proceso, y ,
- Decisiones de Control.

Las **decisiones de navegación** no son más que las diferentes acciones que toma el operador para cambiar de una de las pantallas de operación a otra, siendo éstas exclusivas de la barra inferior de navegación del sistema o del menú en la pantalla Principal. Para la toma de una decisión de esta naturaleza, no hace

falta más que presionar sobre el botón para ir a la pantalla que deseemos navegar. Este tipo de decisiones es de carácter general y se encuentra presente a lo largo de todo el sistema.

Las **decisiones de comando**, que son todas aquellas que involucren algún tipo de acción. Es decir, las decisiones de comando son todas aquellas que no están directamente relacionadas con el proceso. De forma general, para realizarlas no hace falta más que llevar a cabo simples pulsos sobre los botones que tengan la leyenda del comando que se quiera realizar como por ejemplo el Reset de fallas.

Las **decisiones de proceso** son todas aquellas que intervienen directamente con el proceso en tiempo real, es decir, encendidos individuales, activación de motores, activación de bombas, subir o bajar elevadores o pasos, finalización de procesos, etc. Para este tipo de decisiones, y la forma de proceder ante ellas, se detallará cada uno de los procesos necesarios.

Finalmente, para la toma de **decisiones de control**, tiene que ver con el cambio de modo de trabajo, automático o manual.

5.4 Esquema General de Visualización del Proceso

El sistema de Control y Monitoreo posee 10 pantallas en total que se encuentran clasificadas en 4 tipos diferentes, los cuales son enumerados a continuación:

1. Pantallas de Comando y Configuración.

- a. Menú Principal
- b. Configuración

2. Pantallas de Monitoreo

- a. Vista General
- b. Sensores

3. Pantallas de Proceso.

- a. Motores 00-10
- b. Motores 11-16
- c. Pasos
- d. Elevadores

4. Pantallas de Supervisión.

- a. Alarmas

5.4.1 Pantallas de Comando y Configuración

5.4.1.1 MENÚ PRINCIPAL

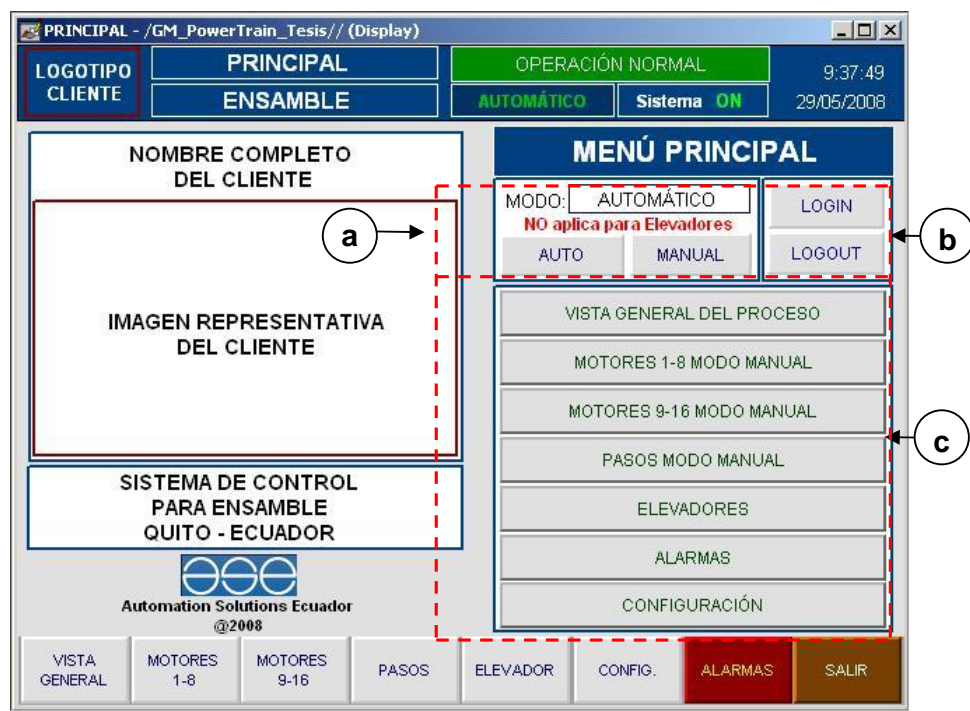


Figura 5.6 Pantalla Principal

La pantalla de Menú Principal es el centro de comando básico de la aplicación, aquí se realiza la selección de modo de trabajo. Así mismo, es siempre

la primera pantalla en aparecer al encender el sistema. Se puede observar esta pantalla en la figura 5.6

Dentro de ella se pueden realizar las siguientes acciones:

- Selección de modo de Trabajo del sistema.
- Acceder o Salir de contraseña requerida para habilitar las pantallas de Proceso
- Acceder a las diferentes pantallas que tiene la aplicación para el control del Molde.

5.4.1.2 Configuración

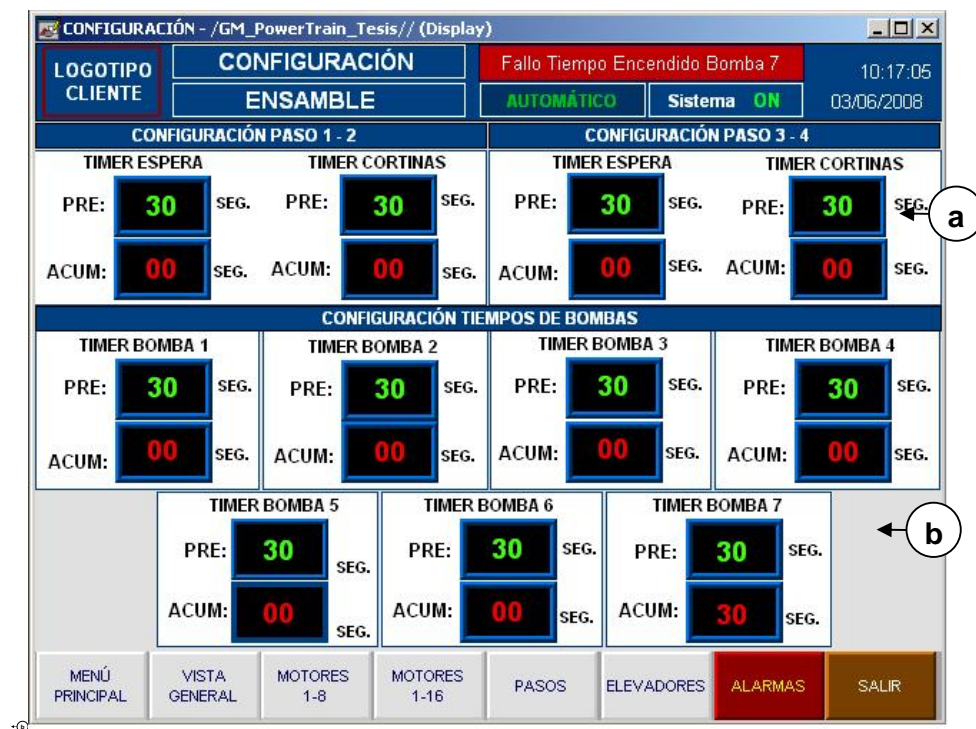


Figura 5.7 Pantalla de Configuración de Tiempos

La pantalla de configuración se puede observar en la figura 5.7 y es muy importante pues aquí se setea los tiempos dentro de los cuales se abren o cierran los pasos, los tiempo que por seguridad deben transcurrir antes que el operador pueda abrir o cerrar los pasos, etc.

a. Configuración de los tiempos de espera (tiempo que transcurre luego que el operador presiona el botón para abrir el paso, para asegurar que no exista material en los pasos); y configuración del tiempo de las cortinas (tiempo en el que las cortinas no deben recibir señal para permitir que el operador pueda cerrar el paso). Estos dos son parámetros de seguridad.

b. Configuración de los tiempos máximos que las bombas tienen para abrir o cerrar completamente los pasos, si demoran más que los tiempos seteados el sistema producirá una falla.

5.4.2 Pantallas de Monitoreo

5.4.2.1 Vista General

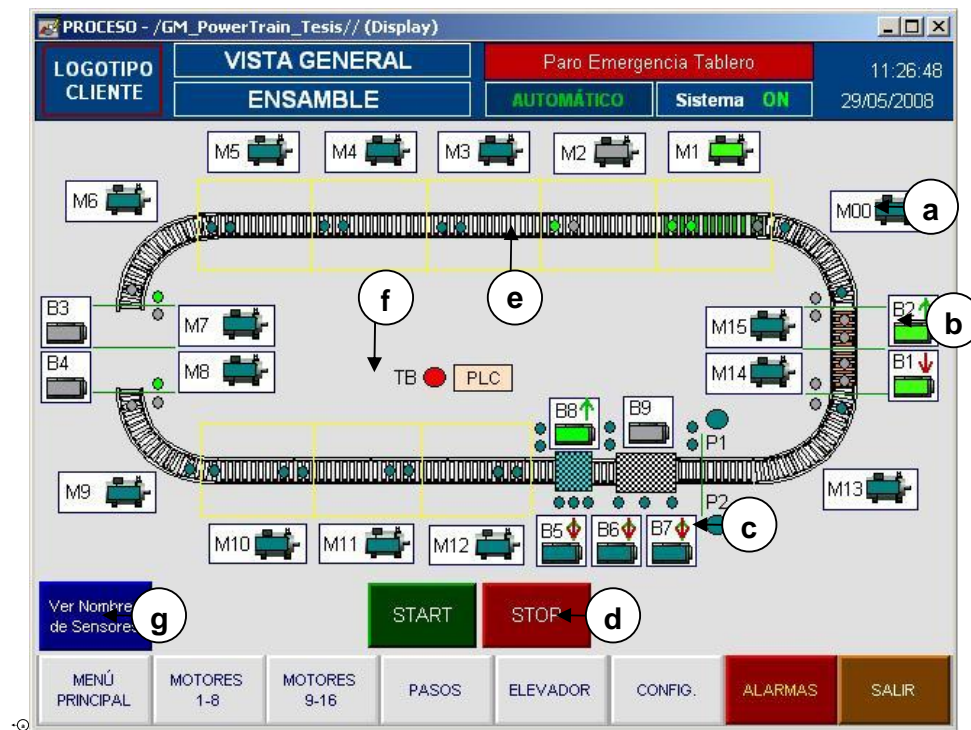


Figura 5.8 Vista General del Proceso

La pantalla de Vista general del Proceso es una de las más importantes, pues aquí es donde el operador podrá monitorear prácticamente todos los elementos alrededor del sistema, por esta razón esta pantalla no requiere contraseña para su ingreso. Se puede ver esta pantalla en la figura 5.8.

Los elementos que encontramos en esta pantalla son los siguientes:

- Iconos de visualización de los estados de cada motor, según el acuerdo de visualización
- Iconos de visualización de los estados de cada bomba, según el acuerdo de visualización
- Indicadores de paro de emergencia en pupitres 1 (P1) y pupitre 2 (P2).
- Botones START y STOP para arrancar y para el sistema en modo automático
- Icono de visualización de cada sensor, según el acuerdo de visualización
- Indicador paro de emergencia en el tablero principal
- Acceso a la pantalla de detalle de sensores

5.4.2.2 Pantalla de Sensores

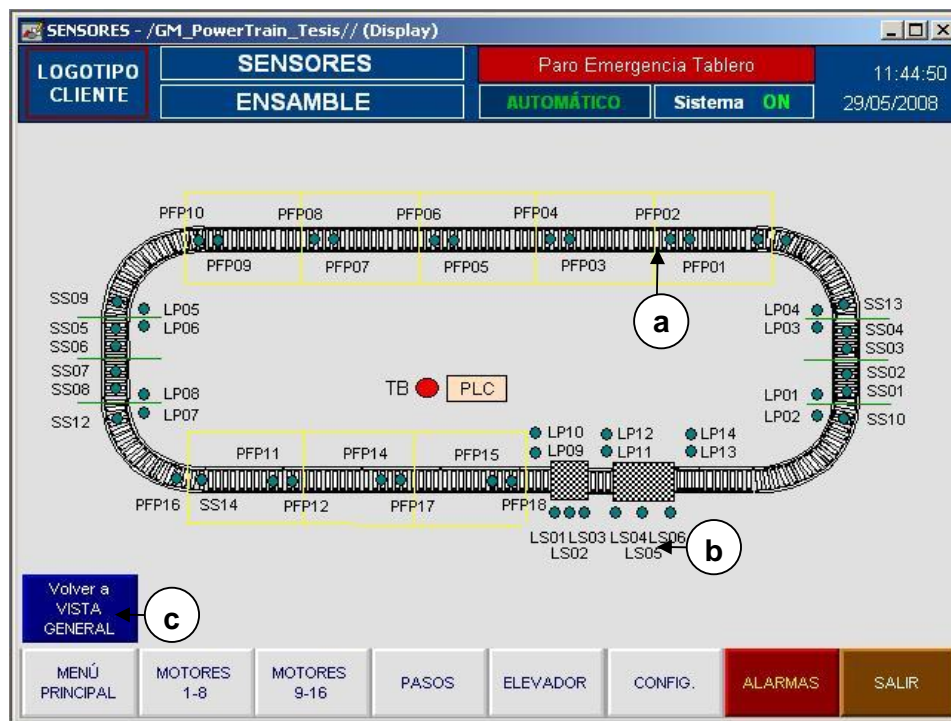


Figura 5.9 Pantalla de sensores

La pantalla de sensores (figura 5.9) es similar a la de vista general (figura 4.8), se puede decir que es una sub-pantalla de la misma, por esta razón no consta en la barra de navegación. Consta de los siguientes elementos:

- Icono de visualización de estado de cada sensor, igual que la pantalla de Vista General.
- Nombre de cada uno de los sensores, esto es importante por si existe alguna falla en alguno de los sensores, se puede ubicar de manera rápida el sensor, y hacer una verificación físicamente.
- Botón para volver a la pantalla de Vista General

5.4.3 Pantallas de Proceso

5.4.3.1 Motores 0 - 7

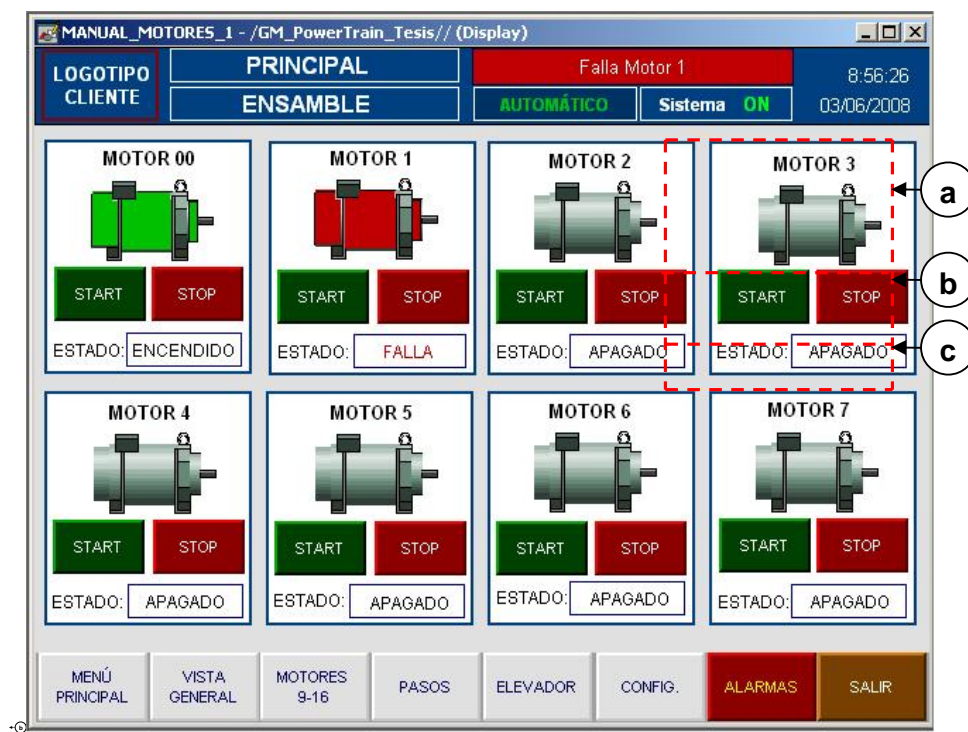


Figura 5.10 Pantalla de Motores 1

La pantalla de Motores 00-7 permite visualizar todo lo relacionado con los motores 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Como se observa en la figura en la figura 5.10. En modo automático permite visualizar el estado del motor y en modo manual además permite encender o pagar cada uno de los motores.

Consta de las siguientes partes:

- Visualizar el estado del motor según los acuerdos de visualización.
- Encender (START) o Apagar (STOP) cada motor.
- Leer el estado en el cual se encuentra cada motor: Encendido, Apagado, Falla.

Este proceso es similar para las tres pantallas de Motores.

5.4.3.2 Motores 8 - 15

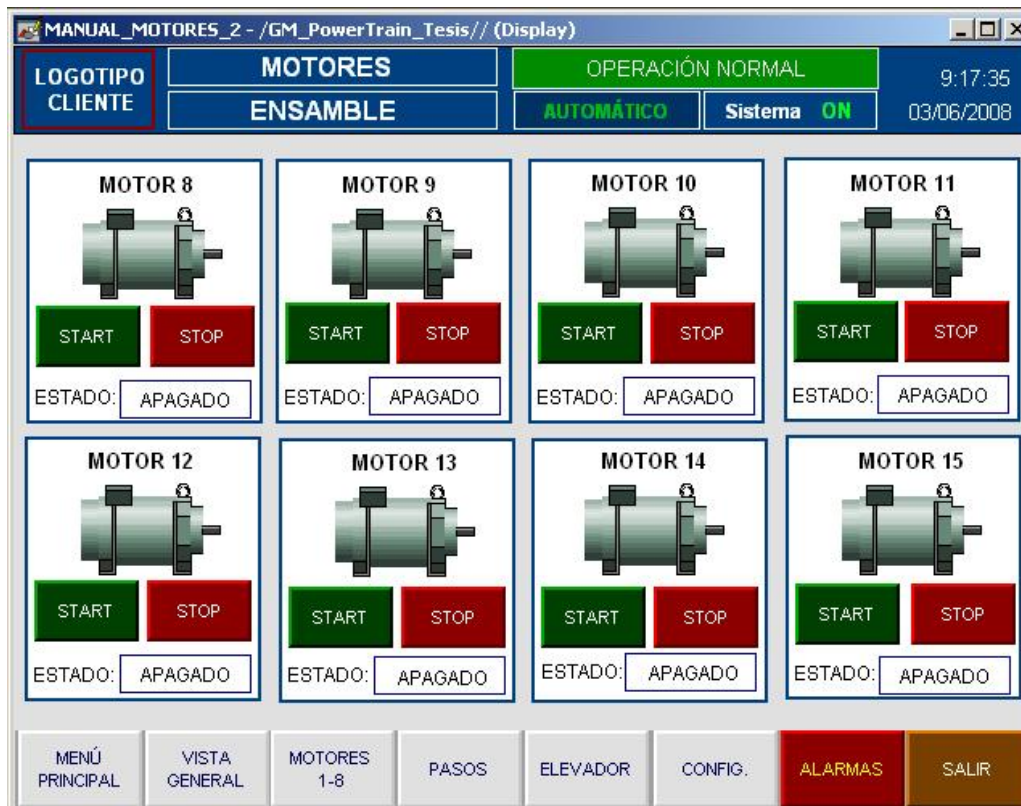


Figura 5.11 Pantalla de Motores 2

La pantalla de Motores 8-15 permite visualizar todo lo relacionado con los motores 8,9,10,11, 12 ,13, 14,15. Como se observa en la figura 5.11. El proceso es igual que la pantalla anterior

5.4.3.3 Pasos

La pantalla de Pasos (figura 5.12) permite visualizar todo lo relacionado con las bombas y las válvulas que accionan los cilindros hidráulicos y permiten subir o bajar los 7 pasos del sistema. En modo automático se puede visualizar los estados de todos estos elementos, y en modo manual además se los puede activar o desactivar.

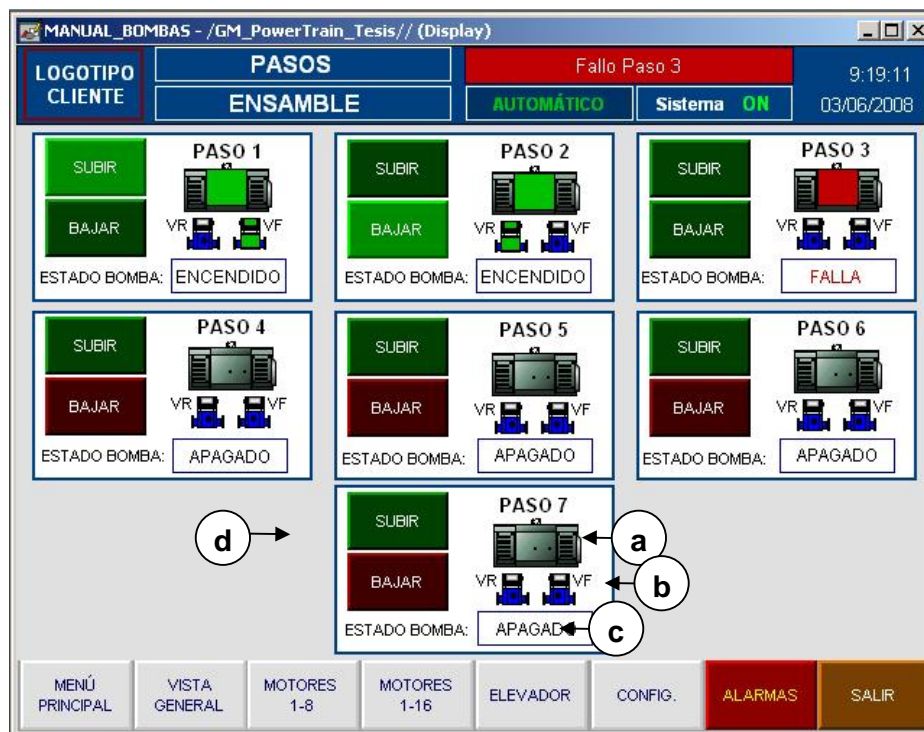


Figura 5.12 Pantalla de Pasos

- Visualización de los estados de cada bomba según el acuerdo de visualización.
- Visualización de cada válvula según el acuerdo de visualización. (VF se activa para subir el paso, VR se activa para bajar el paso)

- c. Leer el estado de cada bomba: Encendido, Apagado, Falla
- d. En modo manual mantener presionado **SUBIR** para subir el paso y Mantener presionado **BAJAR** para bajar el paso.

5.4.3.4 Elevadores

La pantalla de elevadores (figura 4.13) nos permite tener control y visualizar todo lo referente a los elevadores. Consta de las siguientes partes:

- a. Indicador del modo de trabajo de cada elevador. Es independiente del resto del sistema.
- b. Botón AUTO, para seleccione modo de trabajo automático
- c. Botón MANUAL, para seleccionar modo de trabajo manual



Figura 5.13 Pantalla de Elevadores 1

d. Botón ARANQUE ESPERA 3, para encender el motor de la estación de espera 3 cuando ya no haya material en el Elevador 1 y de esta forma permitir que siga circulando el material.

e. Visualización del estado de válvulas y bombas de cada elevador según el acuerdo de visualización. Estos elementos permiten bajar o subir los elevadores tanto en modo manual como en modo automático.

f. Indicador de los estados de cada bomba: encendido, apagado, falla

g. Botones SUBIR y BAJAR, en modo manual se debe mantener presionados para subir o bajar cada elevador.

h. Visualización de la posición de cada elevador. Hay 3 posiciones: Abajo, Trabajo y arriba, además indica si el elevador esta en alguna posición intermedia.

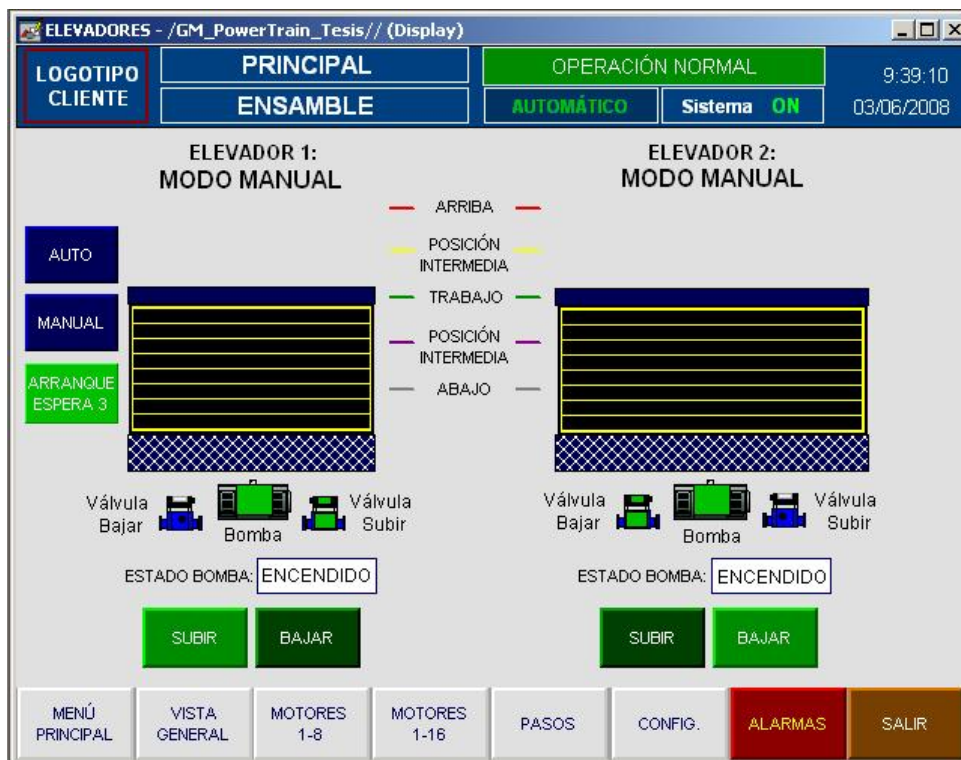


Figura 5.14 Pantalla de Elevadores 2

Es importante tener en cuenta que los elevadores tienen un modo de trabajo automático o manual independiente del modo de trabajo del resto del sistema. En la figura 4.14 se puede observar como algunos elementos de la pantalla de elevadores han cambiado su estado.

5.4.4 Pantallas de Alarmas

En este punto se describe el detalle de las Fallas, cómo reconocerlas y como actuar ante ellas.

5.4.4.1 Alarmas

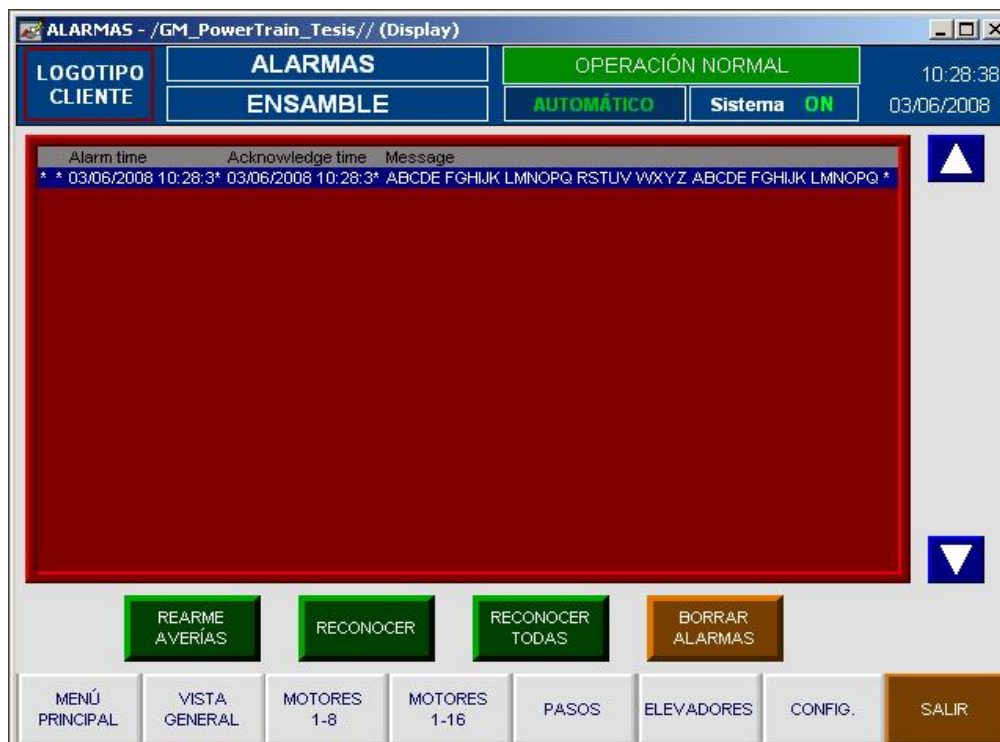


Figura 5.15 Pantalla de Alarmas

En la figura 5.15 se observan los comandos que ayudarán a reconocer y eliminar las fallas que se han presentado.

Son múltiples las fallas que el sistema de control supervisorio reporta al momento que éstas ocurren en el proceso. Es muy importante el saber qué fallas son las reconocidas por el Panel View por ello, se enumera las más importantes:

- Fallas en los Motores
- Falla en la Bombas
- Falla en los Pasos
- Falla Paro de Emergencia

e. Falla General del Sistema.

La representación de las fallas se presenta por un recuadro en color rojo titilando en la Barra de Estado. En el instante que se presente cualquier tipo de falla que se enumera, la pantalla de **ALARMAS** aparecerá inmediatamente informando detalladamente con la siguiente información:

Hora Alarma	Reconocimiento Descripción
08/02/2008 01:33.35 p.m.	FALLA

La forma correcta de afrontar una falla se basa principalmente en reconocerla lo más pronto posible tras su ocurrencia, para esto, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos y pasos a seguir:

- Chequear visual y periódicamente la barra de estado del sistema (barra superior), para en el caso de presentarse una falla, reconocerla determinar su causa y tratamiento.
- Al momento de presentarse una falla, debe actuarse con serenidad y calma ante todo, pues de esta forma se pueden prevenir accidentes de aún mayor magnitud a la falla original, provocados por negligencia o apresuramientos del personal.
- Pulsar el botón "Reconocer Todas", para verificar las fallas que se presentaron.
- Aplicar un pulso de Rearme Averías para ayudar a solucionar las fallas que se han presentado.
- Una vez superada la falla debe acudirse a la pantalla de Fallas del Sistema, y verificar que se hayan borrado las alarmas ya superadas, de forma que el operador no sea susceptible de confusiones entre alarmas pasadas y presentes.

CAPÍTULO 6

SIMULACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo se refiere principalmente a la simulación de la lógica de control y del HMI ya en funcionamiento desde el laboratorio para comprobar que la lógica de control hay sido programada correctamente y que la visualización haya sido programada de acuerdo a los requerimientos del sistema. Además uno de los puntos importantes es realizar la conexión y la configuración de una red DeviceNet de prueba para comprobar que se puede utilizar una red de este tipo en un sistema como este y observar sus beneficios.

6.1 SIMULACIÓN

Para realizar la simulación se utilizó una maleta de pruebas proporcionada por Allen Bradley, como se puede apreciar en la figura 6.1, además un computador donde se cargó todo el software de Rockwell necesario para interactuar con los elementos de la maleta de pruebas.



Figura 6.1. Maleta de pruebas Allen Bradley

La maleta de pruebas está compuesta por los siguientes elementos:

- PLC ControlLogix: fuente de alimentación, procesador 1756-L55, módulo 1756-ENBT (conexión ethernet), módulo 1756-CNB (conexión controlnet), módulo 1756-DNB (conexión devicenet).



Figura 6.2. PLC Control Logix en la maleta de pruebas Allen Bradley

- DeviceNet: trunkline en medio plano, dos terminales de resistencia, un sensor inductivo, un arrancador de motor, un bloque de entradas y salidas, tres pulsadores con luz, conectores o taps para todos los dispositivos.

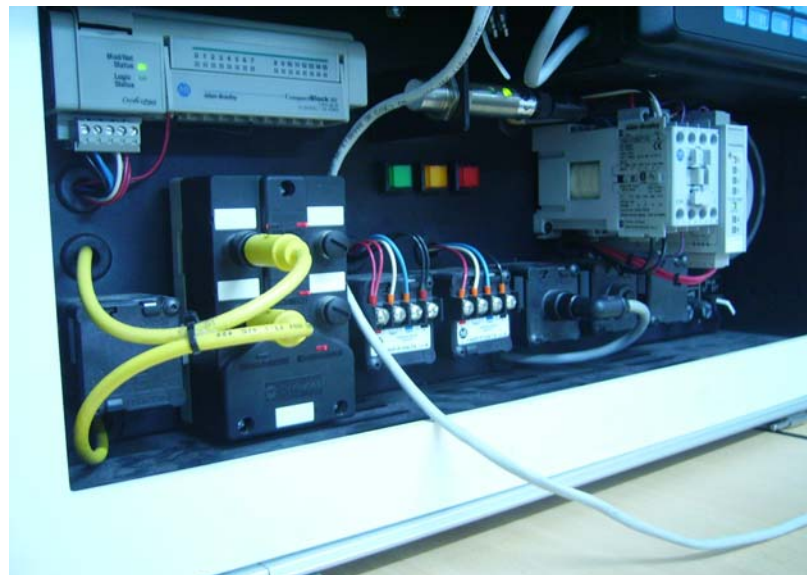


Figura 6.3. Red DeviceNet en la maleta de pruebas Allen Bradley

- Un contactor y un motor Allen Bradley.



Figura 6.4. Contactor y Motor en la maleta de pruebas Allen Bradley

El software utilizado fue:

- RSLogix 5000 (para la programación de la lógica de control, simulación y monitoreo de las señales de entradas, salidas y variables adicionales del PLC).
- RSView Studio (para el diseño y el desarrollo del HMI, simulación, visualización y monitoreo de los estados de los elementos de la maleta y de todas las fallas y condiciones del sistema en general).
- RSLinx (para comunicar el computador con el PLC vía ethernet)
- RSNetworx (para identificar y configurar los elementos de la red devicenet de la maleta de pruebas, y para hacer la distribución de entradas y salidas dentro del mapa de memoria del módulo devicenet del PLC).

Una vez que se tiene la maleta de pruebas y el computador listos para empezar, los pasos que se debe seguir para la simulación son los siguientes:

6.1.1 Configurar la red DeviceNet: En primer lugar se debe comprobar que todos los dispositivos de la red estén encendidos y funcionando. Mediante RSNetworx de Rockwell se hizo un reconocimiento de todos los dispositivos de la red de la maleta de pruebas como se observa en la figura 6.5, se los configuró de acuerdo a lo revisado en el capítulo 4, se asignó una dirección

a cada nodo por software o por hardware y se distribuyó las entradas y salidas en la tabla de memoria del scanner devicenet.

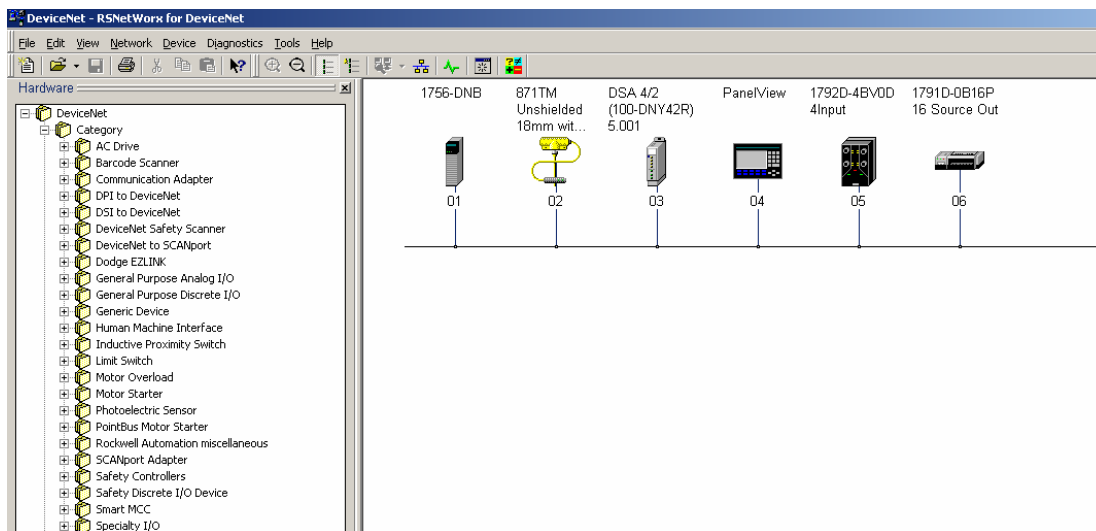


Figura 6.5 Red DeviceNet de la maleta de pruebas Allen Bradley

6.1.2 Realizar un programa de prueba de acuerdo a la lógica de programación: Para realizar este programa se utilizó RSLogix5000 de Rockwell que es específico para plataformas de la familia ControlLogix, siguiendo la lógica y la secuencia explicada en el capítulo 3. Dentro del programa se configuraron las propiedades del controlador de acuerdo al PLC de la maleta de pruebas y se añadieron a la configuración los módulos respectivos. Además las variables fueron direccionadas de acuerdo a la tabla de memoria del scanner devicenet, como se explico en el capítulo 4. Para terminar esta parte es importante siempre compilar el programa para corregir cualquier error.

6.1.3 Comunicar el computador al PLC: El siguiente paso es descargar el programa al PLC, de manera que debemos conectar el computador al módulo ethernet del PLC, luego en el RSLinx se debe configurar un driver ethernet, donde se le asigna al PLC una dirección IP que pertenezca a la

misma red del computador. Verificamos que el PLC sea reconocido en el RSLinx y finalmente en el RSLogix5000 seleccionamos la ruta para descargar el programa hacia el PLC y se descarga y nos ponemos en línea con el PLC.

6.1.4 Realizar un HMI de prueba: Para realizar el HMI se utilizó el RSView Studio, donde se diseñó y se desarrolló la interfaz de acuerdo a lo explicado en el capítulo 5. Además se programaron todas las animaciones y visualizaciones respectivas tomando en cuenta todas las consideraciones del sistema. El panel de operador se simuló mediante una opción del RSView Studio llamada “test application”, que permite tener una pantalla en el computador tal y como tuviéramos un panel view en frente. Desde aquí se puede operar el sistema pues como se explicó el PLC y el computador están conectados, lo que permite la interacción del HMI con la maleta de pruebas.

6.2 PRUEBAS

Una vez levantada la red, el programa descargado en el PLC y el HMI en modo de simulación listo para trabajar se realizaron las siguientes pruebas:

6.2.1 Funcionamiento de la red DeviceNet: Se desconectaba y conectaba los dispositivos del sistema y mediante el RSNetwork se hacía un scan de todo los nodos, para probar el funcionamiento y la respuesta de la red. Además se mandó señales aleatoriamente y se monitoreó desde el programa en línea y desde el HMI, para probar que el tiempo de respuesta sea adecuado.

6.2.2 Funcionamiento de la red Ethernet: se hizo la prueba cambiando las direcciones IP tanto de la PC como del PLC y se comprobaba con la ayuda del RSLinx y mirando la dirección en el propio módulo ethernet del PLC, que nos muestra la IP a través de una pantalla. Y también se forzó variables del PLC desde el programa en línea y se monitoreaba en el HMI.

6.2.3 Funcionamiento individual de cada dispositivo: se activaba y se desactivaba cada uno de los dispositivos y se verificaba que la señal llegue correctamente al PLC y al HMI, para comprobar que todos los dispositivos

tengan un funcionamiento adecuado y para tener la seguridad que fueron direccionados correctamente.

6.2.4 Funcionamiento del sistema en general: una vez probados los elementos individualmente se procede a probar el sistema íntegramente. Es necesario probar que el sistema funcione de acuerdo a los requerimientos y consideraciones mencionadas en capítulos anteriores, tanto en modo automático y manual. En este punto la mayoría de pruebas se realizaron con el HMI tal y como si un operador estuviera manejando el sistema. Las pruebas del sistema en general fueron las siguientes:

- 6.2.4.1 Selección del modo de trabajo:** desde el HMI se selecciona el modo de trabajo deseado, puede ser manual o automático, para probar que la visualización sea correcta y que solo se pueda acceder a ciertas opciones correspondientes al modo de trabajo seleccionado.
- 6.2.4.2 Arranque y parada del sistema en modo automático:** presionar el botón de START para arrancar el sistema y STOP para detenerlo
- 6.2.4.3 Arranque y parada del motor en modo manual:** presionar el botón de START correspondiente a cada motor para encenderlo y STOP para detenerlo
- 6.2.4.4 Arranque del sistema cuando una estación está ocupada:** Tratar de arrancar el sistema en modo automático cuando un sensor detecta la presencia de un cuerpo metálico. Esto es para simular la presencia de una unidad de ensamble en una estación de trabajo antes de arrancar el sistema.
- 6.2.4.5 Parada del sistema cuando una estación es ocupada:** Teniendo el sistema arrancado en modo automático el sensor detecta un cuerpo metálico. Esto es para simular la llegada de una unidad de ensamble a una estación de trabajo mientras el sistema está en movimiento.
- 6.2.4.6 Accionamiento del paro de emergencia en el tablero:** simular un paro de emergencia con un pulsador de la maleta de prueba observar el comportamiento del sistema.
- 6.2.4.7 Accionamiento del reset general del sistema:** Simular mediante un pulsador en la maleta y mediante un botón del HMI el accionamiento del

reset del sistema en caso de presentarse una falla, y observar el comportamiento del sistema.

6.2.4.8 Falla de los motores: se simuló las dos fallas típicas de un motor estas son:

6.2.4.8.1 Falla por térmico: Mediante un pulsador de la maleta de prueba se simuló una falla en el térmico del motor, y se observó el comportamiento del sistema.

6.2.4.8.2 Fallas por contactor: Simular que se manda a prender el motor pero no se enciende luego de un tiempo determinado, o si no se manda a prender pero existe una señal de realimentación del contactor, observar el comportamiento del sistema.

6.2.4.9 Funcionamiento de los pasos: Mediante un botón desde el HMI se manda a prender una de las bombas para que abrir o cerrar uno de los pasos, el motor de la maleta de prueba simulará el accionamiento de la bomba, tanto en automático y manual.

6.2.4.10 Funcionamiento de elevadores: Mediante un botón desde el HMI se manda a prender una de las bombas para subir o bajar uno de los elevadores, el motor de la maleta simulará el accionamiento de bomba, tanto en automático y manual.

Mientras se realizaban las pruebas anteriores paralelamente se observaba que la visualización programada en el HMI sea correcta, y que las animaciones de los elementos y las alarmas vayan de acuerdo a lo que ocurre con el sistema.

6.3 RESULTADOS

Para cada prueba realizada, los resultados fueron satisfactorios, de manera que:

6.3.1 Funcionamiento de la red DeviceNet: cuando se hacía un scan de la red mediante RSNetworkx, solamente se reconocía a los nodos que estaban conectados lo cual es correcto. Luego cuando se conectaba otro dispositivo, se hacía otro scan y era reconocido. Y cuando se mandaba

señales aleatoriamente se tenía respuesta de inmediato, prácticamente en tiempo real.

6.3.2 Funcionamiento de la red ethernet: Cuando el computador y el PLC no estaban en la misma red RSLinx no los enlazaba, la dirección que se le asigna al PLC, aparece en la pantalla del módulo lo que permite verificar esto. Cuando se enviaba señales desde el programa en línea, éstas llegaban rápidamente al HMI.

6.3.3 Funcionamiento individual de cada dispositivo: cada dispositivo respondió correctamente cuando se lo activaba o se desactivaba y se verificó que la señal llegó correctamente al PLC y al HMI, lo que asegura que los dispositivos están funcionando adecuadamente y fueron direccionados correctamente.

6.3.4 Funcionamiento del sistema en general: El sistema funciona de acuerdo a los requerimientos y consideraciones mencionadas en capítulos anteriores, tanto en modo automático y manual. Detallando el comportamiento del HMI los resultados son los siguientes:

6.3.4.1 Selección del modo de trabajo: Si en el HMI se seleccionaba modo de trabajo automático se visualizaba en el HMI que el indicador del modo de trabajo cambiaba correctamente, de igual forma si se seleccionaba el modo de trabajo manual. Además en modo manual no se permite encender el sistema en general en automático, solamente se puede encender el motor con un botón de arranque propio de cada motor.

6.3.4.2 Arranque y parada del sistema en modo automático: Al presionar el botón de arranque del sistema en modo automático arranca el sistema de forma ordenada y de acuerdo a la lógica y a los tiempos programados, se puede visualizar un indicador de que el sistema está encendido y también la visualización del motor indica con color verde y con texto que el motor ha sido encendido. Y al presionar el botón de parada general del sistema pasa lo contrario, se apaga el motor, la visualización cambia a color gris y el texto indica que el motor se ha

apagado, un indicador nos dice en todas las pantallas que el sistema está encendido o apagado.

6.3.4.3 Arranque y parada del sistema en modo manual: Al presionar el botón de arranque del motor en modo manual, el motor se enciende y la visualización del motor en el HMI funciona igual que en modo automático. De igual forma al presionar el botón de parada del motor en modo manual, el motor se detiene y la visualización del motor es igual que en modo automático.

Para que quede claro, los botones de modo manual solo actúan sobre el motor, el operador decide cuando encender o apagar el motor, mientras que en modo automático se enciende todo el sistema y funciona la secuencia automática que fue programada, el motor se encenderá y se detendrá de acuerdo al estado de otros elementos del sistema. Este mismo concepto se aplica para las bombas de los pasos y los elevadores.

6.3.4.4 Arranque del sistema cuando una estación está ocupada: Como se explicó en el capítulo 3, el sistema arranca automáticamente pero tomando en cuenta que un determinado motor no arrancará si su estación está llena y si la siguiente estación también está llena. Cuando el sensor estaba activado se dio la orden de encender el sistema mediante el botón de Start el sistema no se movió pero el indicador de estado del sistema decía que el sistema estaba encendido. El funcionamiento fue el correcto pues al detectar que la estación estaba llena el motor no arrancó, pero al retirar el objeto metálico, no fue necesario pulsar nuevamente el botón de Start, sino que el sistema ya estaba encendido pero solo esperaba que la estación sea desocupada para moverse, el motor se encendió, y las visualizaciones fueron correctas.

6.3.4.5 Parada del sistema cuando una estación es ocupada: De igual manera si el sistema está en movimiento y una unidad llega a una estación, el debe detenerse si la siguiente estación está ocupada, de manera que cuando se colocó el objeto metálico sobre el sensor con el sistema encendido el motor se detuvo, pero el sistema siguió

encendido, pues si se retira la unidad del sensor, el motor vuelve a moverse. El sistema solo se apaga al presionar el botón de stop del sistema.

- 6.3.4.6 Accionamiento del paro de emergencia en el tablero:** Al presionar el paro de emergencia, inmediatamente el sistema se detiene, aparece una pantalla en el HMI que nos indica que se ha producido una falla por paro de emergencia, además se tiene un indicador titilando en todas pantallas para llamar la atención del operador.
- 6.3.4.7 Accionamiento del reset:** Al producirse una falla cualquiera que esta sea es necesario corregir el problema (el sistema de alarmas está dado de tal forma que nos indica cual es el problema exacto). Una vez corregido el problema se procede a hacer un reset general del sistema que puede ser por hardware o por software mediante el un botón desde el HMI. Si en la simulación se producía una falla, se presionaba el botón de reset y el sistema volvía a funcionar normalmente.
- 6.3.4.8 Fallas del motor:** Ante las fallas simuladas del motor, el sistema respondió como se pensaba.
- 6.3.4.8.1 Fallas por térmico:** Al simular mediante un pulsador que saltó el térmico del motor, el motor se detiene, el sistema se va a falla y el sistema de alarmas nos muestra que hay una falla en el motor por térmico, además en la visualización el motor cambia de color a rojo y amarillo intermitentemente y hay un indicador de texto que nos indica en todas las pantallas que el motor está en falla. Una vez corregido el problema, se da un reset y el sistema vuelve a operar normalmente.
- 6.3.4.8.2 Falla por contactor:** Cuando se simuló alguna de las fallas por contactor antes mencionadas, el sistema no arrancó y apareció la pantalla de alarmas que nos indica que existe una falla en el contactor del motor, además de un indicador que titila en todas las pantallas, y el motor cambia de color entre rojo y amarillo y nos indica que hay una falla, para llamar la atención del operador. Una vez que se corrija el problema del contactor se procede a dar un reset y el sistema puede arrancar y funcionar de modo normal.

6.3.4.9 Funcionamiento de los pasos: En modo manual el motor se enciende mientras se tiene presionado el botón de encendido en el HMI, esto es correcto pues el operador determina cuanto se abre o se cierra el paso en modo manual. En modo automático simplemente se presionó el botón y el motor se encendió hasta que se activó el sensor simulando que el paso se abrió o se cerró por completo.

6.3.4.10 Funcionamiento de elevadores: En modo manual el motor se encendió mientras se mantuvo presionado el botón de encendido en el HMI, mientras que en modo automático el motor se encendió hasta que el sensor se activó, simulando el sensor que indica que el elevador llegó a posición de trabajo, de igual forma se utilizó el sensor para simular que el elevador se encuentra abajo.

Es importante resaltar que la red devicenet queda probada también, ya que los pulsadores, el sensor y el arrancador del motor son nodos de esta red y son los que prácticamente determinaron el funcionamiento del sistema en esta simulación y las señales llegaron sin ningún problema.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Al momento de elegir un sistema de transportación son factores importantes el tipo de proceso y los materiales que sobre ella se desea transportar. Dentro del mercado automotriz resultan realmente prácticos los sistemas con rodillos ya que son fáciles de montar, no requieren mucho mantenimiento y su costo es relativamente bajo, lo que resulta muy beneficioso para nuestro medio, y más aún si se lo complementa con un buen sistema de control, que aumenta la flexibilidad del sistema para adaptarse a cualquier tipo de necesidad que requiera una determinada planta.
- Una vez planteadas las características de un sistema de transportación modelo, se puede determinar los requerimientos del sistema de acuerdo a los cuales se ha propuesto algunos equipos y software específico para satisfacer las necesidades que se presentarían si se llega a implementar un sistema de este tipo, pensando incluso en ampliaciones futuras si una planta así lo requiere.
- Proponer un PLC ControlLogix de altas prestaciones permitió desarrollar la lógica de control de manera organizada y fácil de entender tomando en cuenta que el programa desarrollado en RSLogix 5000, es un programa base que variará dependiendo de cada necesidad.
- La interfaz HMI, orientada para un panel de operador permite el control y monitoreo del sistema de manera clara y es fácil de usar. El diseño fue realizado pensando en que debe ser una interfaz flexible y adaptable, y que al igual que el programa del PLC, sirva como base al momento de desarrollar una aplicación para un determinado cliente.

- Cabe recalcar también que la visualización en el HMI ha sido óptima, pues gracias a las características de la red devicenet se pudo apreciar prácticamente en tiempo real todos los cambios de estado de los dispositivos, las detecciones de alarmas, los cambios de modo de trabajo, etc. Además que se ha podido saber con certeza el comportamiento de todos los elementos gracias a un buen diseño y una buena programación de las animaciones, lo que realmente facilita la labor del operador.

- La simulación y las pruebas realizadas tanto para el PLC, el panel de operador y la red devicenet, permiten corregir errores y optimizar los programas, para reducir al máximo las fallas que pueden presentarse.

- Devicenet proporciona una red flexible y de conexión rápida y sencilla que ofrece beneficios inmediatos, ya que se ahorra tiempo, espacio y dinero. Además permite un control descentralizado y permite la conexión de dispositivos de diferentes marcas. Con su instalación se obtiene una reducción del cableado, del tiempo de puesta en marcha y del costo de la instalación.

7.2 RECOMENDACIONES

- Dentro de una red DeviceNet se debe verificar siempre que no existan direcciones de nodos duplicadas, ya que puede ocasionar un mal funcionamiento y puede traer problemas al momento de configurar la red.

- Dentro de una red Ethernet de igual forma se debe verificar que no existan direcciones IP duplicadas, y se debe comprobar que todas las direcciones corresponden a la misma red.

- Si por alguna razón ocurre una pérdida de energía para la alimentación de los equipos, es recomendable verificar que todos los dispositivos conservan su

configuración antes de realizar otra prueba, puede darse el caso de que algunos equipos pierdan su configuración. Además se debe comprobar que tanto el programa del PLC como la aplicación del HMI correspondan a la última versión trabajada, luego de hacer alguna modificación.

- Muchas veces una red DeviceNet puede fallar por no respetar los estándares de conexión configuración. Al ser una red abierta y con varias posibilidades de conexión, los usuarios tienden a pasar por alto ciertos detalles, lo que limita la funcionalidad de la red

- La programación de la lógica de control para cualquier tipo de proceso debe ser clara y ordenada, de manera que sea fácil de entender para que puede convertirse en una base para modificaciones futuras.

- El HMI debe ser lo suficientemente amigable para que los encargados de operar el sistema no tengan ningún tipo de problema a la hora de operar la interfaz. Además si bien es cierto que cada aplicación es distinta, se recomienda mantener los convenios básicos de colores, animaciones y navegación.

- Aunque no se piense implementar de inmediato un sistema de este tipo, se recomienda que el diseño y la simulación de la lógica de control y de la interfaz HMI se lo haga como si fuera a implementarse, si bien es cierto la implementación involucra varias cosas más, es importante contar con una buena base pues esto facilitará un implementación futura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ROCKWELL AUTOMATION, RSView Studio Training Guide, 2006
- ROCKWELL AUTOMATION, Logix Family Programmable Controllers System Overview, 2006
- Rockwell Software, TRAINERS ROCKWELL SOFTWARE: RSLogix5000, RSView Studio, RSLinx, 2007
- ALLEN BRADLEY COMPANY, Micro Mentor: RSLogix5000, RSView Studio, RSLinx, 2007
- ROCKWELL AUTOMATION, DeviceNet, Overview Media Planing and Instalation Guide, 2007
- ROCKWELL AUTOMATION, DeviceNet, Starter Guide and User Manual, 2007
- TORRES, Diana, Diseño de una Planta Piloto de Ensamble Automotriz, Universidad de Pamplona, 2003
- www.rockwellautomation.com, Página autorizada de productos Rockwell y Allen Bradley, Rockwell Automation Library. Abril 2008 – Septiembre 2008
- www.mag-powertrain.com, Transfer Lines, Mayo 2008
- www.manufacturingtalk.com, Mike Page, Transfer Lines, Abril 1008
- www.alenstec.com.mx/frameset.html#, Proyectos y Servicios de Verificación, Abril 2008

- www.4smartmove.com, Modular Conveyors, Mayo 2008
- www.hytrol.com, Product Catalog, Junio 2008
- www.acsconveyor.com, Automated Conveyor Systems, Junio 2008
- www.coveytrac.com, Profile, Products, Junio 2008

ÍNDICE FIGURAS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Figura 1.1. Diagrama de bloques general del sistema	5
---	---

CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE TRANSPORTACIÓN

Figura 2.1. Sistema con rodillos	7
Figura 2.2. Sistema plano	8
Figura 2.3. Sistema con listones	9
Figura 2.4. Riel de un sistema aéreo	10
Figura 2.5. Sistema con cable enterrado	11
Figura 2.6. Sistema con carro sobre riel	14
Figura 2.7. Vista superior de un Skid o pallet plano para ensamble	14
Figura 2.8. Mesa con rodillos	14
Figura 2.9. Mesa curva con rodillos (transfer)	15
Figura 2.10. Paso	16
Figura 2.11. Distribución de motores y estaciones de trabajo	17
Figura 2.12. Elevador hidráulico en forma de tijera	18
Figura 2.13. Distribución de pasos y pupitres de control	18
Figura 2.14. Distribución de sensores inductivos	19
Figura 2.15. Movimiento de Skids sobre el sistema	20

CAPÍTULO 3: ARQUITECTURA Y LÓGICA DE CONTROL

Figura 3.1. Banda Transportadora como bloque	24
Figura 3.2. Entradas y Salidas en las zonas de una Planta automotriz	24
Figura 3.3. Arquitectura de control del sistema	26
Figura 3.4. Distribución de tableros y camino de la línea DeviceNet	28
Figura 3.5. PLC ControlLogix de Allen Bradley	30
Figura 3.6. Ejemplo de distribución de módulos de I/O sobre el rack	30
Figura 3.7. Ambiente general del RSLogix 5000	33
Figura 3.8. Diagrama de flujo – Secuencia Principal	35
Figura 3.9. Diagrama de flujo – Secuencia Automática Elevadores	37
Figura 3.10. Diagrama de flujo – Secuencia Automática Motores	38
Figura 3.11. Diagrama de flujo – Secuencia Automática Pasos	39

CAPÍTULO 4: DEVICENET

Figura 4.1. Esquema básico de una Red DeviceNet	44
Figura 4.2. Ejemplo de conexión de dispositivos de una Red DeviceNet	44
Figura 4.3. Detalle de alimentación de la red DeviceNet	46
Figura 4.4. Bloque Básico FLEX I/O de Allen Bradley	46
Figura 4.5. Detalle de un Bloque FLEX I/O de Allen Bradley	47

Figura 4.6. Vista inferior de un adaptador DeviceNet de Allen Bradley	47
Figura 4.7. Fragmento de cable plano para DeviceNet	48
Figura 4.8. Implementación de un tap a la red	49
Figura 4.9. Taps para medios planos (con bornera y con conector)	49
Figura 4.10. Fragmento de cable redondo para DeviceNet	50
Figura 4.11. Conectores tipo T para medios redondos	50
Figura 4.12. Conectores con bornera para medios redondos	51
Figura 4.13. Reconocimiento de los elementos de la red	52
Figura 4.14. Nodos de la red	53
Figura 4.15. Configuración general del Scanner	53
Figura 4.16. Configuración del módulo DeviceNet	54
Figura 4.17. Dispositivos a ser escaneados	54
Figura 4.18. Distribución de entradas en memoria del Scanner	55
Figura 4.19. Distribución de salidas en memoria del Scanner	56
Figura 4.20. Configuración general del adaptador	56
Figura 4.21. Reconocimiento de los elementos de la red	57
Figura 4.22. Resumen de Entradas y Salidas	57

CAPÍTULO 5: LA INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI)

Figura 5.1. Panel View Plus	59
Figura 5.2 RSVIEW desde un panel básico hasta sistemas	60
Figura. 5.3. Elementos generales de la aplicación	61
Figura 5.4 Barra de estado	62
Figura 5.5 Barra de navegación	63
Figura 5.6 Pantalla Principal	66
Figura 5.7 Pantalla de Configuración de Tiempos	67
Figura 5.8 Vista General del Proceso	68
Figura 5.9 Pantalla de sensores	69
Figura 5.10 Pantalla de Motores 1	70
Figura 5.11 Pantalla de Motores 2	71
Figura 5.12 Pantalla de Pasos	72
Figura 5.13 Pantalla de Elevadores 1	73
Figura 5.14 Pantalla de Elevadores 2	74
Figura 5.14 Pantalla de Alarmas	75

CAPÍTULO 6: SIMULACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS

Figura 6.1. Maleta de pruebas Allen Bradley	77
Figura 6.2. PLC Control Logix en la maleta de pruebas Allen Bradley	78
Figura 6.3. Red DeviceNet en la maleta de pruebas Allen Bradley	78
Figura 6.4. Contactor y Motor en la maleta de pruebas Allen Bradley	79
Figura 6.5 Red DeviceNet de la maleta de pruebas Allen Bradley	80

HOJA DE ENTREGA

Este proyecto de grado fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a _____ del 2008

Sr. Esteban Darío De la Torre Hurtado
AUTOR

Ing. Víctor Proaño
DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA EN
ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL