

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SUPERVISORIO SOBRE UNA RED
INDUSTRIAL PROFIBUS-ETHERNET EN UN CASO DE ESTUDIO**



**JESÚS ERNESTO CÓRDOBA GIRÓN
ANDRÉS MAURICIO SANDOVAL ALBAN**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA, INSTRUMENTACION Y CONTROL
INGENIERIA EN AUTOMATICA INDUSTRIAL
POPAYÁN
Marzo, 2007**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SUPERVISORIO SOBRE UNA RED
INDUSTRIAL PROFIBUS-ETHERNET EN UN CASO DE ESTUDIO**



**JESÚS ERNESTO CÓRDOBA GIRÓN
ANDRÉS MAURICIO SANDOVAL ALBAN**

Director: Ing. OSCAR AMAURY ROJAS

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA, INSTRUMENTACION Y CONTROL
INGENIERIA EN AUTOMATICA INDUSTRIAL
POPAYÁN
Marzo, 2007**

CONTENIDO

0. INTRODUCCIÓN	9
0.1 PRESENTACIÓN DEL TRABAJO	10
0.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
0.3 SOLUCIÓN PLANTEADA.....	12
0.4 OBJETIVOS PLANTEADOS	13
0.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
0.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
0.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO FINAL.....	13
<u>1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y GESTIÓN DE LOS PROTOCOLOS PROFIBUS, ETHERNET REFERIDOS AL MODELO OSI REDUCIDO</u>	15
1.1 INTRODUCCIÓN	15
1.2 PROFIBUS.....	15
1.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	16
1.2.2 PROFIBUS DP	16
1.2.3 PROFIBUS FMS	17
1.2.4 PROFIBUS PA	17
1.2.5 PROFIBUS EN EL MODELO OSI REDUCIDO	18
1.2.5.1 NIVEL FÍSICO	19
1.2.5.2 NIVEL DE ENLACE.....	21
1.2.5.3 NIVEL DE APLICACIÓN	23
1.2.6 GESTIÓN DE PROFIBUS	24
1.3 ETHERNET	24
1.3.1 CARACTERÍSTICA TÉCNICAS	24
1.3.2 ETHERNET EN EL MODELO DE REFERENCIA OSI.....	24
1.3.2.1 NIVEL FÍSICO	25
1.3.2.2 NIVEL DE ENLACE.....	25
1.3.2.3 NIVEL DE TRANSPORTE	26
1.3.3 GESTION DE ETHERNET	26
<u>2. ANÁLISIS DEL DISEÑO Y OPERACIÓN EMPLEADA PARA EL DESARROLLO DE LA RED PROFIBUS E ETHERNET, INCLUYENDO PUESTA A PUNTO DE CADA COMPONENTE DE LA MISMA.</u>	27
2.1 INTRODUCCION	27
2.2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE ENVASADO	27
2.2.1 MÓDULO DEPALETIZADOR.....	28
2.2.2 MÓDULO TRIBLOCK.....	29
2.2.2.1 MÁQUINA JUAGADORA.....	29

2.2.2.2 MÁQUINA LLENADORA	30
2.2.2.3 MÁQUINA TAPADORA.....	30
2.2.3 MÓDULO ETIQUETADORA.....	31
2.2.4 MÓDULO DEVIDER.....	32
2.2.5 MÓDULO ENCARTONADOR.....	33
2.3 RED DE DISPOSITIVOS	33
2.3.1 HARDWARE NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACION DE LA RED PROFIBUS – ETHERNET.....	34
2.3.2 SOFTWARE NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACION DE LA RED PROFIBUS – ETHERNET.....	35
2.3.3 CONEXIÓN DEL HARDWARE	35
2.3.3.1 TENDIDO DEL CABLE.....	36
2.3.3.2 EMPALME DE LOS CONECTORES AL CABLE	37
2.3.3.3 MONTAJE DE LOS MÓDULOS EM277 PARA PLCS S7200 Y LAS CPS ETHERNET Y PROFIBUS PARA S7300.....	38
2.3.3.4 EMPALME DE LOS CONECTORES CON LOS MÓDULOS MONTADOS EN CADA UNA DE LAS MÁQUINAS.....	38

3. DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA COMUNICACIÓN DEL SOFTWARE IFIX™ DE INTELLUTION® Y EL ENTORNO DE CONTROL DE SIEMENS.....45

3.1 INTRODUCCIÓN	45
GESTIÓN DE INFORMACIÓN	45
3.1.1 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	45
3.1.2 ACLARACIONES ANTES DE CONFIGURAR Y PROGRAMAR	46
3.1.3 INTERFACES DE PROGRAMACIÓN NECESARIAS	48
3.1.4 DATOS TÉCNICOS SOBRE LA MPI.....	49
3.1.5 DATOS TÉCNICOS SOBRE LA PPI	52
3.2 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN DE PROFIBUS.....	54
3.2.1 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN DE PROFIBUS DP	55
3.2.2 ADMINISTRADOR SIMATIC Y PROFIBUS DP.....	56
3.2.3 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN DE PROFIBUS FMS	58
3.2.4 ADMINISTRADOR SIMATIC Y PROFIBUS FMS	59
3.3 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN DE ETHERNET.....	63
3.3.1 ADMINISTRADOR SIMATIC Y ETHERNET.....	63
3.3.2 CONFIGURACIÓN DEL SIMATIC NET EN LA ESTACIÓN PC	65

4. DESARROLLO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN.....67

4.1 INTRODUCCION	67
4.2 SISTEMA DE SUPERVISIÓN.....	67
4.3 INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA	67
4.3.1 ADQUISICION DE VARIABLES.....	68
4.3.1.1 CONFIGURACION DE TAGS	68
4.3.2 NAVEGACIÓN	69

4.3.2.1	COMPONENTES DE LOS MÍMICOS.....	70
4.3.2.2	MÓDULO DEPALETIZADOR.....	72
4.3.2.3	MÓDULO TRIBLOCK.....	73
4.3.2.4	MÓDULO ETIQUETADORA.....	74
4.3.2.5	MÓDULO DEVIDER.....	76
4.3.2.6	MÓDULO ENCARTONADORA	77
4.3.3	ESTADO DE SENSORES.....	78
4.3.4	VISUALIZACIÓN DEL CONTEO DE BOTELLAS	80
4.3.5	TENDENCIAS	80
4.3.6	ALARMAS	81
4.3.6.1	RECONOCIMIENTO DE ALARMAS.....	82
4.3.6.2	ORGANIZACIÓN DE ALARMAS	82
4.3.7	HISTÓRICOS.....	82
4.3.8	SEGURIDAD	82
4.3.8.1	LOGIN.....	83
4.3.8.2	ERRORES FRECUENTES.....	84
4.3.9	EJECUCIÓN DEL SISTEMA SUPERVISORIO.....	85
5.	<u>PRESENTACION DE CONCLUSIONES Y RESULTADOS OBTENIDOS.....</u>	87
5.1	INTRODUCCIÓN	87
5.2	RESULTADOS OBTENIDOS	89
5.3	CONCLUSIONES GENERALES	87

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. Aplicaciones PROFIBUS	18
Figura 2. Modelo OSI reducido de PROFIBUS	19
Figura 3. Cable PROFIBUS	20
Figura 4. Distribución de Pines DB9.....	21
Figura 5. Trama PROFIBUS de longitud fija	21
Figura 6. Trama PROFIBUS de longitud variable	21
Figura 7. Control de acceso al medio PROFIBUS	22
Figura 8. Diagrama de Flujo del Token.....	23
Figura 9. Modelo OSI de ETHERNET IP	25
Figura 10. Distribución física de la línea de envasado de la ILC.....	27
Figura 11. Máquina depaletizadora	28
Figura 12. Máquina Triblock	29
Figura 13. Juagadora.....	29
Figura 15. Tapadora.....	31
Figura 16. Etiquetadora	32
Figura 17. Devider	32
Figura 18. Encartonadora	33
Figura 19. Diagrama general de conexiones de la red PROFIBUS - ETHERNET	36
Figura 20. Cable abierto.....	37
Figura 21. Empalme conector – cable según colores	37
Figura 22. Conector empalmado al cable.....	37
Figura 23. Empalme de conectores el conjunto	38
Figura24. Conexiones máquina Depaletizadora	39
Figura25. Conexiones máquina Triblock	40
Figura26. Conexiones Máquina Etiquetadora.....	41
Figura 27. Conexiones Máquina Devider	42
Figura 28. Conexiones Máquina Encartonadora	43
Figura 29. Conexiones Máquina de Cadenas.....	44
Figura 30. RED INDUSTRIAL, LICORERA DEL CAUCA	46
Figura 31. Conexión física MPI, para configuración.	49
Figura 32. Paso 2 de configuración MPI.....	51
Figura 33. Paso 3 de configuración MPI.	51
Figura 34. Paso 4 de configuración MPI.	52
Figura 35 Paso 6 de configuración MPI.....	52
Figura 36. Configuración PPI.	53
Figura 37. Conexión física PPI. Para Configuración.	54
Figura 38. Conexión física Profibus DP.....	55
Figura 39. Configuración Maestro DP.....	56
Figura 40. Configuración Propiedades Maestro DP.	57
Figura 41. Configuración Propiedades Esclavos DP.....	57
Figura 42. Conexión Profibus FMS.	59
Figura 43. Conexión Profibus FMS.	60
Figura 44. Conexión PROFIBUS FMS de NETPRO.	60
Figura 45. Conexión FDL	61
Figura 46. Configuración Ethernet.....	63

Figura 47. Conexión TCP/IP	64
Figura 48. Conexión S7 Connection1	64
Figura 49. Configuración de la Estación eco-dell.....	65
Figura 50. Ventana inicio.....	69
Figura 51. Ventana menú_principal.....	70
Figura 52. Ventana depaletizadora.....	72
Figura 54. Ventana llenadora	74
Figura 55. Ventana etiquetadoralateral.....	75
Figura 56. Ventana etiquetadora_real.....	75
Figura 57. Tablero de indicadores	76
Figura 58. Ventana devider.....	77
Figura 59. Ventana encartonadora	78
Figura 61. Ventana de Visualización de la Máquina Encartonadora	79
Figura 62. Ventana de Acceso a la hoja de vida de los sensores	79
Figura 63. Elemento de Visualización de Conteo de botellas	80
Figura 64. Ventana de Visualización de Tendencias.	81
Figura 65. Ventana Alarmas.....	81
Figura 66. Opción para organización de alarmas.	82
Figura 67. Ventana de Históricos.....	82
Figura 68. Login Usuarios.....	83
Figura 69. Contraseña incorrecta.	84
Figura 70. Aviso de usuario ya registrado	85
Figura 71. Configuración de la aplicación	85
Figura 72. Definición de las ventanas.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dispositivos en la Licorera.....	34
Tabla 2. Dispositivos para conformar la red PROFIBUS – ETHERNET	34
Tabla 3. Software para establecer la gestión de la Red PROFIBUS-ETHERNET	35
Tabla 4. Parámetros del bloque AG_Receive.	62
Tabla 5. Parámetros del bloque AG_Send.....	63
Tabla 7. Componentes de ventana.....	71

Resumen

Actualmente la Industria Licorera del Cauca con la adquisición de la nueva línea de envasado obtuvo un alto nivel de tecnología que realiza las operaciones de depaletizado, enjuagado, llenado, tapado, etiquetado y encartonado con un alto grado de automatización haciendo necesario que la detección y corrección de errores se realice de una manera eficaz y en el menor tiempo posible garantizar que las variables utilizadas arrojen los datos con una alta fiabilidad para el departamento de producción.

Debido al proceso gradual de automatización y con el objetivo de continuar mejorando la competitividad y calidad del producto final, se realizó este proyecto por medio de herramientas software y el hardware dispuesto en el control de las diferentes máquinas de la línea de envasado.

Durante este proyecto se implementó una red industrial PROFIBUS DP entre los dispositivos de control esclavos, una red PROFIBUS FMS entre los dispositivos maestros y una red ETHERNET para comunicación con el PC que posee el software de supervisión iFIX™ de Intellution®, generando el protocolo industrial PROFINET.

De igual manera se logró establecer una interoperabilidad entre el software de supervisión iFIX™, y el entorno de control de Siemens, aportando una solución en la integración de sistemas de diferentes fabricantes.

Con estos desarrollos se aporta a la automatización de procesos industriales, con un enfoque de estandarización e interoperabilidad entre diferentes fabricantes, para mejorar el tiempo de respuesta a mantenimientos correctivos, logrando incrementar la eficacia de producción.

0. INTRODUCCIÓN

El contenido de este capítulo busca generar una motivación para abordar el trabajo de grado, dando a conocer de una manera clara el problema y la solución planteada, y otros ítems como lo son los objetivos que se van a desarrollar y la estructura del documento final.

0.1 PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

Los avances en el campo de la automatización habrían llegado a un límite si al mismo tiempo no se hubiera desarrollado la posibilidad de interconectarlos entre sí, formando sistemas con INTELIGENCIA DISTRIBUIDA. En tales sistemas algunos procesadores de control se encargan de funciones específicas situándose en los puntos más próximos al proceso; éstos a su vez se interconectan entre sí con otros sistemas de nivel jerárquico más alto como lo son las CPU's dedicadas a diseño, gestión y coordinación global de la planta.

Una de las alternativas más eficientes para cumplir los objetivos de la automatización industrial se orienta hacia la implementación de las funciones de control. Comercialmente, esta nueva tecnología se presenta a través de dos categorías de sistemas: Los PLCs y los DCSs, existiendo además una pseudo-categoría denominada: Control Supervisorio y de Adquisición de Datos (SCADA), todas interactuando dentro de un proceso complejo tendiente a facilitar el trabajo del hombre, minimizar su intervención y errores, aumentar la productividad, eliminar los riesgos y peligros de accidentes para los operarios y modernizar la empresa.

Como respuesta a la necesidad existente en el medio industrial de mejorar la integración de los distintos sistemas y tecnologías de comunicación empleadas en el entorno, la INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA se encuentra en un proceso de modernización de su planta de producción, del cual los autores de este proyecto han estado realizando un seguimiento del mismo.

En particular, con este proyecto de grado se busca implementar el sistema SCADA para la nueva línea de envasado de la INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA, por medio de una red Industrial PROFIBUS con comunicación ETHERNET para comunicar datos de proceso y de producción utilizando el software de supervisión IFIX® de General Fanuc.

Para el desarrollo del proyecto se involucra el estándar de interconexión abierta OPC (OLE for Process Control) con el objetivo de interoperar soluciones propietarias de hardware (PLCs Siemens) usando el software de supervisión IFIX®, constituyendo un relevante aporte en el campo de integración de sistemas de automatización industrial.

0.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, el continuo crecimiento en la aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC's) en el sector de la automatización industrial ha llevado a nuevos retos y revolucionado la forma de trabajo y de desarrollo de los proyectos de automatización industrial, con el objetivo de acceder en forma remota a la información de los procesos industriales de producción y entregar la información útil a gerentes y administrativos de la empresa para sus procesos de toma de decisiones.

En nuestro entorno particular, con los tratados de libre comercio es imperioso para la industria regional extender la cadena de negocios dentro de la premisa que rige el mundo empresarial: *integración*. Se hace necesario abordar la complejidad del ambiente de manufactura para lograr el posicionamiento de la empresa; esta complejidad se debe a que los recursos, las aplicaciones, los negocios y los sistemas de información poseen características técnicas y operativas muy diferentes.

Actualmente la integración de los procesos productivos ha tenido un enfoque basado en el modelo CIM (Computer Integrated Manufacturing), el cual se basa en una integración vertical.

En este esquema se puede identificar un conjunto de aplicaciones software y componentes hardware para realizar las funciones de supervisión, control, adquisición de datos, diagnóstico y configuración, las cuales son desarrolladas por grandes proveedores internacionales bajo esquemas de desarrollo totalmente propietario, generando un problema de interoperabilidad y estandarización entre productos y soluciones de diferentes marcas, estándose todavía lejos de tener un estándar universalmente aceptado que cubra todos los aspectos, desde el nivel físico, pasando por los protocolos de enlace y terminando con un software de aplicación que permita olvidarse de las interioridades tecnológicas y aplicar el sistema de comunicaciones como algo transparente.

LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA, en la búsqueda del crecimiento y actualización de sus equipos, adquirió una moderna línea de envasado que necesita ser integrada con el ambiente de gestión de la empresa para hacer más dinámico y sistemático el manejo de información. Esta nueva línea de envasado trabaja bajo un entorno industrial hardware de Siemens, contando con Controladores Lógicos Programables (PLCs) de la gama S7 de este prestigioso proveedor.

Así mismo, LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA (ILC) ha adquirido el software de supervisión IFIX® de Intellution de General Fanuc, para el desarrollo de sus interfaces de diagnóstico, supervisión, e interfaz hombre máquina en el seguimiento y control de sus procesos de producción. Como es bien conocido en el ámbito nacional e internacional, la interoperabilidad de las soluciones hardware de Siemens y los paquetes software de Intellution es totalmente reducida, pero dada la elevada inversión realizada por la ILC es indispensable abordar este problema a través del presente proyecto constituyéndose así en un relevante aporte en el campo de integración de sistemas de automatización industrial.

Adicionalmente, con el objetivo de obtener la integración del proceso de producción es necesario realizar el diseño e implementación de una red de comunicaciones que interconecte los PLCs Siemens presentes en la nueva línea de envasado de la ILC, y permita el intercambio de información con las redes de datos de la empresa, para utilizar la información que se produce a nivel de campo en los procesos de negocios a nivel de célula y gestión.

0.3 SOLUCIÓN PLANTEADA

A nivel mundial Siemens Alemania ha desarrollado un protocolo llamado PROFINET, el cual combina la fidelidad de PROFIBUS con la velocidad de ETHERNET, obteniéndose así las ventajas de los dos protocolos. Así en el caso de estudio de **LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA** se cuenta con los controladores lógicos programables mostrados en la Tabla 0, los cuales para lograr una interoperabilidad con IFIX®™ serán integrados bajo una red industrial PROFINET de Siemens, avanzando en la innovación con el uso y montaje de redes industriales abiertas al cambio y el continuo mejoramiento del sector en cuanto a entornos industriales que presentan enormes dificultades debidas a la falta de estandarización de los fabricantes con protocolos y tecnología propietaria.

Tabla 0. Controladores participantes de la red PROFIBUS – ETHERNET

Controlador	Cantidad	Descripción funcional
Cpu 331c de Siemens	2	<ul style="list-style-type: none"> • Lavado, llenado, taponado de botellas • Control de cadenas
Cpu 226 de Siemens 2	2	<ul style="list-style-type: none"> • Depaletizador • Etiquetador
Cpu 224 de Siemens 2	2	<ul style="list-style-type: none"> • Enrrutador de producto • Encartonador

Finalmente, en el computador de escritorio que tendrá instalado el software de supervisión IFIX®, se realizará un trabajo de innovación a nivel de integración de

procesos e información, monitoreando variables de producción y variables del estado de las máquinas, manejando reportes, registros y alarmas requeridos en la integración de la empresa.

0.4 OBJETIVOS PLANTEADOS

0.4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema SCADA para la nueva línea de envasado de la Industria Licorera del Cauca (ILC), que permita generar interoperabilidad entre el software de supervisión y el entorno de control de Siemens.

0.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adquirir información relacionada con el software de supervisión IFIX® 3.5 de General y el entorno de control de Siemens.
- Obtener y documentar la interoperabilidad entre el software de supervisión IFIX® y los controladores de Siemens.
- Diseñar e implementar una red Industrial PROFINET para la nueva línea de envasado de la Industria Licorera del Cauca.
- Validar la integración de información de supervisión y control de la línea de envasado a través de estándares internacionales.

0.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO FINAL

El documento posee 5 capítulos aparte del presente y están divididos de la siguiente manera:

- **Capítulo 1.** Descripción técnica y gestión de los protocolos PROFIBUS, ETHERNET referidos al modelo OSI reducido.

Este capítulo se desarrolla alrededor de las redes industriales, dando una descripción técnica y de gestión de los protocolos PROFIBUS e ETHERNET, llevados al modelo OSI reducido.

Esta descripción permite entender conceptos que serán utilizados en los capítulos siguientes y de manera explícita muestra las bases trabajadas a lo largo del avance de esta tesis, donde se estudian aspectos técnicos para generar

la interoperabilidad entre el software de supervisión IFIX® de General y el entorno de control de Siemens.

- **Capítulo 2.** Análisis del diseño y operación empleada para el desarrollo de la red PROFIBUS e ETHERNET, incluyendo puesta a punto de cada componente de la misma.

En el contenido de este capítulo se describe de manera clara el proceso de envasado de la Industria Licorera del Cauca, sus componentes y la operación empleada para el montaje de la red PROFIBUS - ETHERNET para la gestión de datos hacia el software de supervisión IFIX®, los elementos necesarios para realizarla y la descripción de las conexiones físicas entre ellos.

- **Capítulo 3.** Descripción de la gestión de información para la comunicación del software IFIX® de Intellution®, en el entorno de control de Siemens.

En este capítulo se explicarán las formas de gestión de los protocolos PROFIBUS y ETHERNET, de tal forma que se incluya la programación de cada componente de la red del entorno de control de Siemens y su comunicación con el software IFIX®; además se documenta esta información como parte de los aportes de esta tesis al desarrollo de las redes industriales, dando continuidad al proceso de integración que actualmente es tema de investigación y que ha servido como punto de partida para realizar desarrollos e innovaciones, como lo es la temática de esta tesis.

- **Capítulo 4.** Desarrollo del sistema de supervisión.

En el contenido de este capítulo se muestra de una forma clara y detallada, el manejo de la interfaz hombre máquina generado por el software de supervisión IFIX® con el fin de dar al usuario una ambientación de lo que se puede hacer con la aplicación y para que entienda sus viabilidades.

- **Capítulo 5.** Presentación de conclusiones y resultados obtenidos.

En el contenido de este capítulo se presentan los resultados obtenidos del proyecto y las conclusiones formuladas por el mismo.

Como información de expansión al documento principal, se adicionan los respectivos Anexos, los cuales son referenciados en cada capítulo.

1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y GESTIÓN DE LOS PROTOCOLOS PROFIBUS, ETHERNET REFERIDOS AL MODELO OSI REDUCIDO

1.1 INTRODUCCIÓN

Este primer capítulo se desarrolla bajo un entorno de investigación alrededor de las redes industriales, dando una descripción técnica y de gestión de los protocolos PROFIBUS e ETHERNET, llevados al modelo OSI reducido.

Esta descripción permite entender conceptos que serán utilizados en los capítulos siguientes y de manera explícita muestra las bases trabajadas a lo largo del avance de esta tesis, donde se estudian aspectos técnicos para generar la interoperabilidad entre el software de supervisión IFIX® de General y el entorno de control de Siemens.

1.2 PROFIBUS

PROFIBUS (PROcess Field BUS) es un protocolo para las comunicaciones Industriales nacido bajo un proyecto de investigación alemán, que ha logrado establecerse en el ambiente Industrial como líder, formando asociaciones y organizaciones como PROFIBUS Internacional.

Por medio de este protocolo se establece una interconexión en red de dispositivos de campo como son los PLCs, HMIs y periferia descentralizada que actúa en un proceso.

En nuestro caso de estudio se cuenta con PLCs Siemens, de los cuales se tienen integrantes de la gama baja y media, como es el caso de los S7-200 y S7-300 que serán conectados bajo el Standard PROFIBUS de acuerdo con lo que se presentará en el capítulo 2.

El objetivo de PROFIBUS es desarrollar un sistema de bus de campo que permita comunicar en red una serie de dispositivos de automatización que se encuentran en el nivel más bajo de campo (nivel de sensores y actuadores) con el control de procesos del nivel de célula.

Al abstraer las viabilidades de PROFIBUS como una red industrial, se conoce como una red abierta y estándar, con una alta gama de componentes de diferentes fabricantes que permiten un ahorro en sistemas de comunicaciones a nivel de célula y campo, permitiendo una automatización integrada con un alto nivel de seguridad y flexibilidad en los datos.

Para lograr una automatización integrada, PROFIBUS ha desarrollado diferentes formas de comunicación de datos, pasando desde ambientes inseguros hasta mensajería de campo, convirtiéndose en un protocolo seguro y versátil para suplir las diferentes necesidades de la industria.

1.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PROFIBUS es un estándar según la EN 50170, con un método de acceso al medio de paso por testigo con maestro – esclavo, capaz de alcanzar velocidades de transmisión desde 9,6 Kbps hasta 12Mbps. [1]

El medio de transmisión que se usará en este proyecto es eléctrico con un cable de dos hilos apantallado, pero también puede ser óptico como se explicará en la capa física de PROFIBUS.

El número máximo de estaciones en PROFIBUS es 127 nodos, y maneja tres tipos de estaciones en la red, que son:

- **Maestros Clase 1:** Son estaciones activas que pueden controlar el bus por un tiempo determinado y que pueden solicitar información a las estaciones esclavas del bus. Para el proyecto, los maestros clase 1 corresponden a los PLCs de gama media S7-300.
- **Maestra Clase 2:** Además de solicitar información y controlar el bus, también realiza diagnóstico y programación de los participantes de la red, como es el caso de los computadores industriales o equipos con software de programación que tengan interfaces de conexión PROFIBUS.
- **Esclavas:** También llamadas estaciones pasivas, sólo pueden reconocer mensajes recibidos o transferir datos después de una petición remota, realizada por una estación activa.

En nuestro caso de estudio, las estaciones activas corresponden a los S7-300 y las estaciones pasivas, corresponden a los S7-200.

Las topologías de red que se manejan son bus lineal o en árbol con terminadores de red y tiene servicios de transferencia cíclicos y acíclicos, manejando hasta 255 bytes por trama.

Dentro de la familia PROFIBUS, se presentan tres aplicaciones diferentes de redes que son PROFIBUS DP, PROFIBUS FMS y PROFIBUS PA, según el estándar europeo EN 50170 volumen 2.

1.2.2 PROFIBUS DP

Las siglas DP corresponden a Periferia Descentralizada, significa que pueden montarse en el Bus dispositivos de I/O que serían controlados por el maestro del mismo. Toda periferia descentralizada actúa siempre como esclavo dentro del proceso de intercambio de información en PROFIBUS.

La Periferia Descentralizada, DIN E 19245, Parte 3 de PROFIBUS DP se ajusta a los requisitos de intercambio de datos más rápido y eficiente entre los elementos de automatización y los elementos distribuidos; el intercambio de datos es cíclico y el tiempo de ciclo del bus ha de ser menor que el tiempo de ciclo del programa del controlador central.

Este cambio de la periferia en el nivel de campo habilita su alimentación a través de los cables. Por esta razón, el campo de usuario de PROFIBUS maneja conexiones plug and play. PROFIBUS-DP utiliza las propiedades aprobadas en la tecnología de comunicación PROFIBUS y el protocolo de acceso al bus (DIN 19245 Parte 1), cumpliendo los exigentes requisitos de tiempo de reacción en el rango de las E/S distribuidas. Por tanto, es posible ejecutar simultáneamente PROFIBUS-FMS y PROFIBUS-DP en un solo cable.

Dentro de los elementos que pueden trabajar como periferia descentralizada en una red PROFIBUS DP, se tienen: variadores de velocidad, motores, válvulas inteligentes y dispositivos de I/O como el ET200 de Siemens, que funcionan como expansión modular de un PLC sobre el Bus. La configuración en PROFIBUS DP será explicada más detalladamente en el capítulo 3.

1.2.3 PROFIBUS FMS

PROFIBUS FMS es la aplicación para el servicio de mensajes de campo, por lo que es basado en la MMS, con la norma ISO 9506, que especifica un sistema de mensajería entre aplicaciones, que permite el intercambio en tiempo real de información de control y supervisión de planta entre dispositivos y/o aplicaciones controladas por una estación activa.

Este tipo de red PROFIBUS maneja especificación de mensajes de bus de campo, lo que permite manejar mayor cantidad de datos y bloques de memoria completos, esta red funciona entre participantes Maestros de la red para poder establecer una comunicación con mensajería que lleva datos por ejemplo del estado de otros PLCs esclavos participantes en la red a otro Maestro participante en ella.

Entre maestros de la red se tiene el método de acceso al medio de paso de testigo que consiste en permitir que un Maestro de la red solicite o transmita información por un tiempo entre 5 y 10 milisegundos, antes de pasar el testigo a otro maestro de la red; este proceso de paso de testigo se explicará detalladamente en el ítem 1.2.5.2 NIVEL DE ENLACE.

1.2.4 PROFIBUS PA

Esta familia de PROFIBUS es una variante para la automatización de procesos y está diseñado para trabajar en ambientes inseguros.

Utiliza procesos especificados en la norma IEC 1158-2 y los habilita a través de una forma segura de alimentación de las estaciones; estas condiciones permiten que la transmisión sea eficiente y segura pero un poco más lenta debido a los elementos que deben usarse.

La explicación gráfica de las tres aplicaciones de PROFIBUS se muestra en la Figura 1. Aquí se logra apreciar que de acuerdo con la función que cumple cada aplicación, éstas se enmarcan en los niveles de campo o celda.

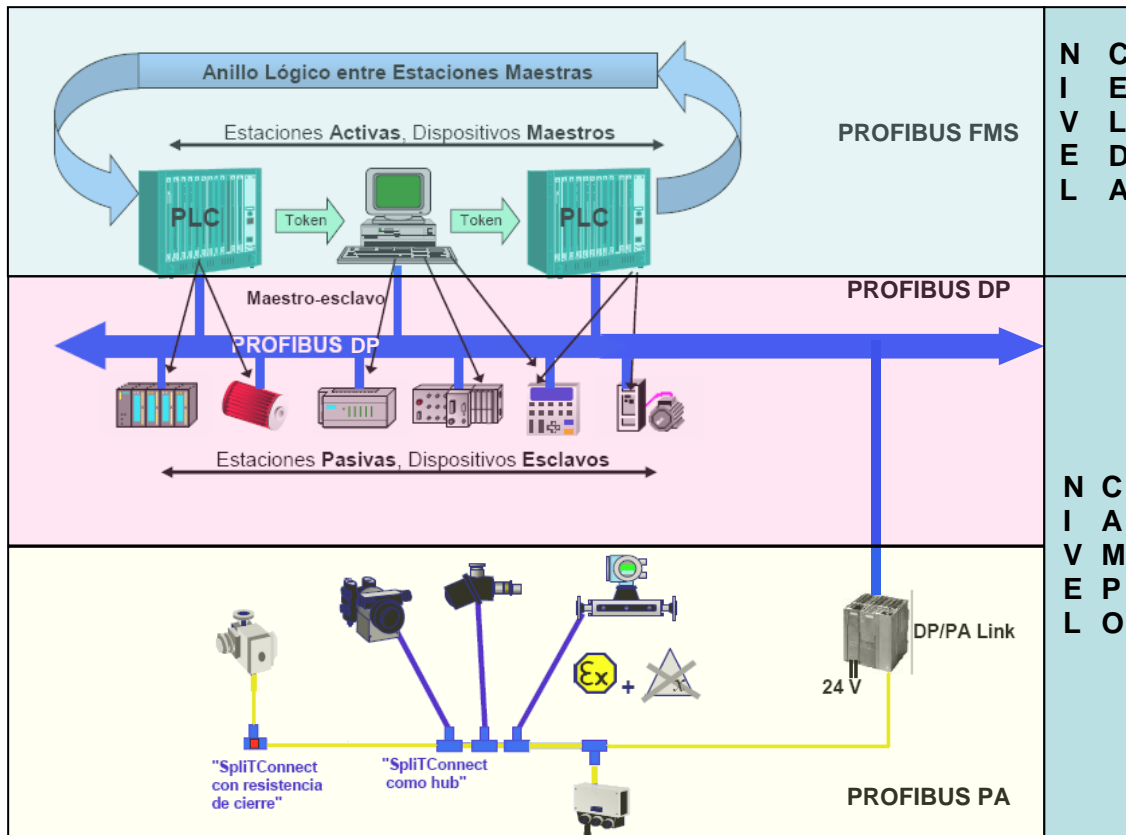


Figura 2. Aplicaciones PROFIBUS

Tanto PROFIBUS DP como PROFIBUS PA se encuentran en el nivel de campo, porque al bus se conectan actuadores y sensores que están trabajando en los diferentes procesos programados en los PLCs u otros dispositivos; también tanto PROFIBUS DP como PROFIBUS PA, manejan en el nivel de campo tiempos de ciclo de bus menores a 10 milisegundos.

PROFIBUS FMS se encuentra en el nivel de celda y a contrario de PROFIBUS DP y PA, maneja mayor cantidad de información, en paquetes de mensajes que generan un anillo lógico entre estaciones activas con tiempos de ciclo del bus menores a 100ms; estos paquetes pueden tener información de la periferia descentralizada, que es la recogida en el bus de PROFIBUS DP y PA.

1.2.5 PROFIBUS EN EL MODELO OSI REDUCIDO

En los sistemas de comunicaciones industriales (buses de campo), el modelo de referencia para las comunicaciones OSI se encuentra restringido a tres capas; la solución PROFIBUS del modelo OSI reducido se muestra en la Figura 2.

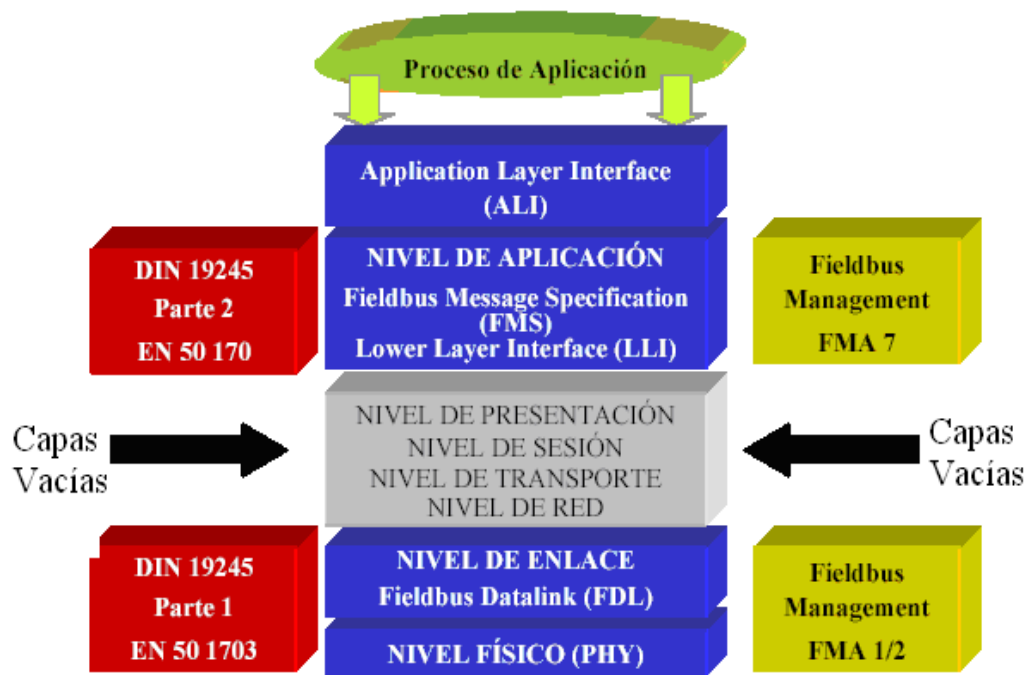


Figura 2. Modelo OSI reducido de PROFIBUS

La Figura 2 muestra las tres capas que usa PROFIBUS en el modelo de referencia OSI; las capas del nivel físico y de enlace se basan en la norma DIN 19245 parte 1 y en la Norma EN 501703, donde se especifica el manejo del bus como se mostrará detalladamente en el ítem 1.2.5.1 NIVEL FÍSICO y el 1.2.5.2 NIVEL DE ENLACE.

El nivel de aplicación se basa en las normas DIN 19245 parte 2 y en la EN 50 170, en esta capa se establecen las especificaciones de mensajería del bus.

1.2.5.1 NIVEL FÍSICO

Al estar basado el nivel físico en la norma PROFIBUS DIN 19245 parte 1, esta capa toma características especiales como:

- Velocidades de transmisión:
 - 9.6, 19.2, 93.75, 187.5 y 500 Kbps.
- Número máximo de estaciones: 127 (32 sin utilizar repetidores).
- Distancias máximas alcanzables (cable de 0.22 mm. de diámetro):
 - hasta 93.75 Kbps: 1200 metros

- 187.5 Kbps: 600 metros
- 500 Kbps: 200 metros
- Las estaciones pueden ser activas (maestros) o pasivas (esclavos).
- Medio de acceso: híbrido, debido a que el acceso al medio puede ser:
 - maestro-esclavo
 - paso de testigo entre las estaciones maestras
- Acceso al medio determinístico.
- Conexiones de tipo bidireccionales, multicast o broadcast.
- Servicios:
 - con o sin reconocimiento
 - cíclicos o acíclicos
- Codificación NZR, de no regreso a cero, con una transmisión orientada a caracteres (11 bits).

En este nivel se tiene una línea de transmisión de datos balanceada sobre un bus lineal con terminadores de red en los extremos.

Se puede utilizar fibra óptica con adaptadores especiales o par trenzado y apantallado como el mostrado en la Figura 3.



Figura 3. Cable PROFIBUS

Cabe notar que el cable de la Figura 3 es un par trenzado apantallado utilizado en ambientes con altos niveles de contaminación de señales (ruido), pero también existe par trenzado sin apantallamiento para menores niveles de contaminación.

Dentro del nivel físico y de acuerdo con las normas de PROFIBUS, se tienen conectores DB 9, que usan RS-485 como norma de comunicación. La distribución de pines mostrada en la Figura 4 se usa en los conectores de los elementos que conforman la red.

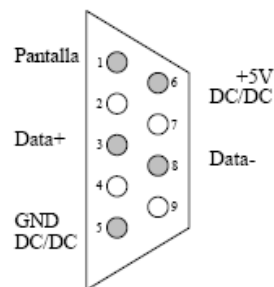


Figura 4. Distribución de Pines DB9

1.2.5.2 NIVEL DE ENLACE

Dentro del nivel de enlace se manejan varios tipos de tramas, pero en el proyecto se usará la trama de longitud fija con campo de datos, la cual se muestra en la Figura 5.

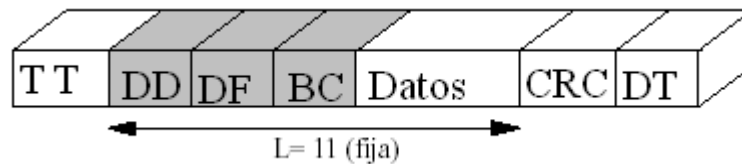


Figura 5. Trama PROFIBUS de longitud fija

- TT:** Tipo de trama
- DD:** Dirección de destino
- DF:** Dirección de fuente
- BC:** Byte de control de mensaje
- CRC:** Chequeo de errores
- DT:** Delimitador de final de la trama

También existen otros tipos de tramas con longitud del campo de información variable como la que se muestra en la Figura 6.

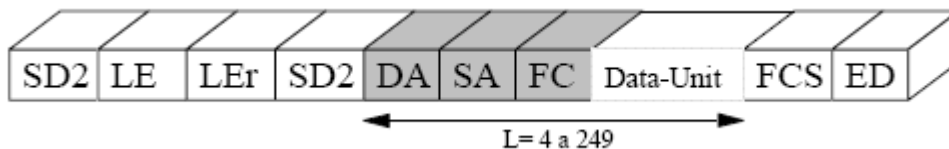


Figura 6. Trama PROFIBUS de longitud variable

- SD2: Byte de inicio
- LE, LEr: Byte de longitud
- DA: Byte de dirección de destino
- SA: Byte de dirección de origen
- FC: Byte de control del mensaje
- Data-Unit: Datos.
- FCS: Bbyte de chequeo
- ED: Byte final
- L: Longitud del campo de información

Dentro de la norma DIN 19245 parte1 para el nivel de enlace se establece la protección contra errores con las siguientes características:

- Error de “frame” (bit stop no recibido)
- Error de “overrun” (sobreescritura caracteres)
 - Distancia Hamming 4.
- Detectar y corregir errores 1 bit.
- Detectar errores dos bits
 - No se usa corrección de errores en paquetes

Además, tiene un servicio de transferencia de datos disponible para el usuario, con SDN (Send Data with No acknowledge), SDA (Send Data with Acknowledge), SRD (Send and Request Data with reply), CSRD (Cyclic Send and Request Data with reply).

La capa de enlace (Field Data Link) de PROFIBUS tiene un control de acceso al medio entre estaciones activas con paso de maestro (Token), y entre una activa y estaciones pasivas se tiene un control “polling”, donde existe una comunicación maestra-esclava por sondeo. El control de acceso al medio se muestra detallada y secuencialmente en la Figura 7.

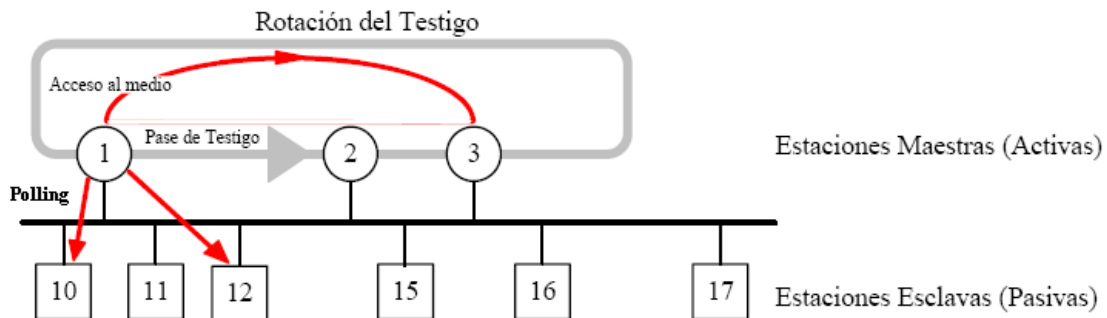


Figura 7. Control de acceso al medio PROFIBUS

Para el manejo del Token se tiene el procedimiento del diagrama de flujo mostrado en la Figura 8, con el manejo de tiempos en el ciclo del bus.

1.2.6 GESTIÓN DE PROFIBUS

La gestión y configuración de los participantes de la red de comunicaciones industriales PROFIBUS se realiza mediante el software de programación Step7 de Siemens.

La gestión se explicará en el capítulo 3, donde paso a paso se muestra la forma de gestionar información entre los diferentes participantes de la red.

1.3 ETHERNET

ETHERNET es una red que funciona al nivel de célula y de área diseñada para el sector industrial de acuerdo con el estándar internacional IEEE 802.3 (ETHERNET).

Permite una conexión entre sistemas de automatización con PCs, estaciones de trabajo e internet pads, para comunicación homogénea y heterogénea y además brinda la posibilidad de realizar amplias soluciones mediante redes abiertas de tal forma que eleva el rendimiento de transmisión.

Industrial ETHERNET es un estándar industrial verificado y aceptado a nivel mundial y se considera como la base para IT (Integración Total) en la automatización dando soluciones como, p.ej.: función Web, función E-mail y conexiones WAN.

1.3.1 CARACTERÍSTICA TÉCNICAS

ETHERNET maneja el estándar IEEE 802.3 con un método de acceso al medio CSMA/CD y con velocidades de transmisión de 10 Mbps a 100 Mbps.

También tiene un alcance de red de hasta 1,5 Km con red eléctrica y 4,5Km con red óptica, tiene un número estaciones ilimitado pero con un máximo de 1024 estaciones por segmento y maneja topologías de línea, árbol, estrella y anillo redundante.

1.3.2 ETHERNET EN EL MODELO DE REFERENCIA OSI

Antes de seguir con la ubicación de ETHERNET en el modelo de referencia OSI, es necesario entender que ETHERNET IP maneja el CIP (Control and Information Protocol), el cual es una familia de protocolos de aplicación que permiten conexión entre dispositivos de campo y dispositivos de alto nivel. En la Figura 9 se muestra la solución ETHERNET IP dentro del modelo OSI.

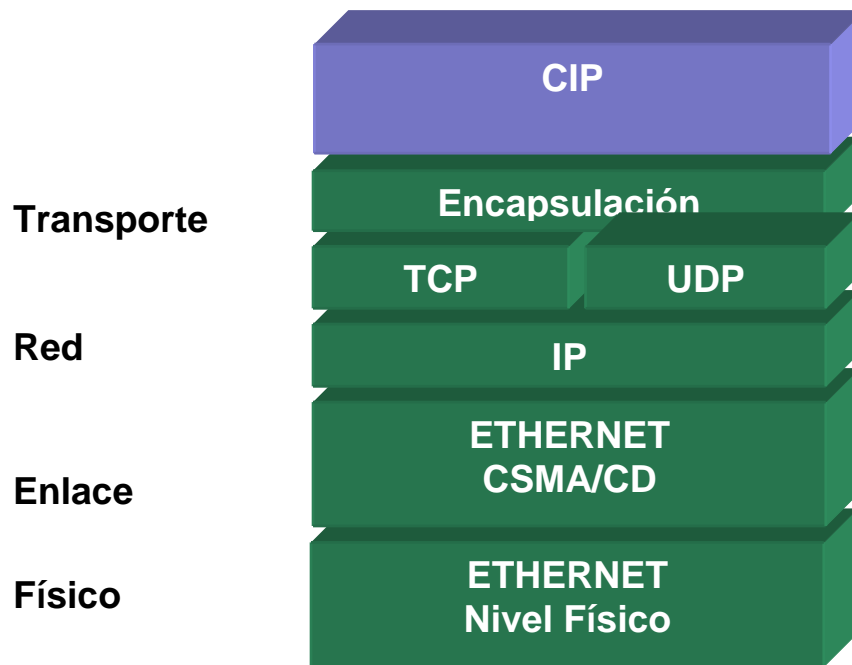


Figura 9. Modelo OSI de ETHERNET IP

Además CIP actúa como un protocolo independiente del medio por lo que usa del ETHERNET convencional las capas física, de red y en el nivel transporte TCP/UDP, generando un ETHERNET IP completo y útil.

A continuación se explicará los niveles más relevantes con datos de implementación para tener en cuenta.

1.3.2.1 NIVEL FÍSICO

En este nivel es básico diferenciar que en ETHERNET convencional se maneja cable UTP con 8 hilos y aunque ETHERNET IP puede usar este tipo de cable realmente usa un cable diseñado para ambientes industriales de 4 hilos de los cuales dos son de Transmisión y dos de Recepción.

Los conectores pueden ser RJ45 o seriales dependiendo de los procesadores de comunicación.

1.3.2.2 NIVEL DE ENLACE

En este nivel se enmarca también el subnivel de la MAC (Control de Acceso Al medio), el cual se encuentra presente en cada elemento que se conecte a la Industrial ETHERNET y es único para poder asignar direcciones IP y para lograr interacción e intercambio de datos en la red.

1.3.2.3 NIVEL DE TRANSPORTE

Es necesario establecer un número de puerto a través del cual los dispositivos de la red ETHERNET/IP aceptan y manejan los mensajes de encapsulación.

También es necesario que los dispositivos ETHERNET soporten como mínimo 2 conexiones sobre este puerto, así el conjunto de protocolos determina si coloca el mensaje en una sola trama o por el contrario usa dos tramas en su transferencia.

A continuación se establecen los dos tipos de tramas:

- Uso de una sola trama.

Ethernet header (14 bytes)	IP header (20 bytes)	TCP header (20 bytes)	Encapsulation message #1	Encapsulation message #2	CRC
-------------------------------	-------------------------	--------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----

- Uso de dos tramas.

Ethernet header (14 bytes)	IP header (20 bytes)	TCP header (20 bytes)	Start of encapsulation message #1	CRC
-------------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------------	-----

Ethernet header (14 bytes)	IP header (20 bytes)	TCP header (20 bytes)	Rest of encapsulation message #1	Encapsulation message #2	CRC
-------------------------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------------------	-----------------------------	-----

1.3.3 GESTION DE ETHERNET

La gestión y configuración de los participantes de la red de comunicaciones Industriales ETHERNET IP se realiza mediante el software de programación de cada componente de la red. Es necesario probar la conexión a la red, por lo que a cada componente se le puede hacer ping desde los comandos de Windows y si se obtiene respuesta significa que el equipo está en la red y puede comenzar a ser gestionado.

La gestión realizada en el proyecto se explicará en el capítulo 3, donde paso a paso se muestra la forma de manejo de información entre los diferentes participantes de la red.

2. ANÁLISIS DEL DISEÑO Y OPERACIÓN EMPLEADA PARA EL DESARROLLO DE LA RED PROFIBUS E ETHERNET, INCLUYENDO PUESTA A PUNTO DE CADA COMPONENTE DE LA MISMA.

2.1 INTRODUCCION

En el contenido de este capítulo, se describe de manera clara el proceso de envasado de la Industria Licorera del Cauca, sus componentes y la operación empleada para el montaje de la red PROFIBUS - ETHERNET para la gestión de datos hacia el software de supervisión IFIX, los elementos necesarios para realizarla y la descripción de las conexiones físicas entre ellos.

2.2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE ENVASADO

La distribución física de las máquinas que se encuentran en la sección de envasado de la Industria Licorera del Cauca es mostrada en la Figura 10.

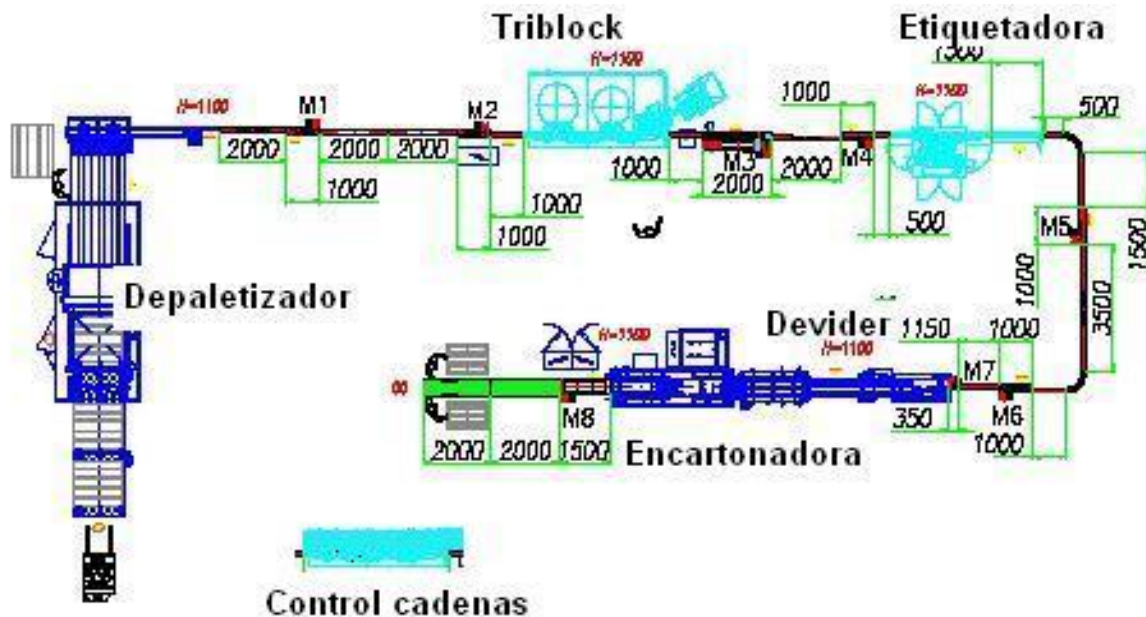


Figura 10. Distribución física de la línea de envasado de la ILC.

2.2.1 MÓDULO DEPALETIZADOR

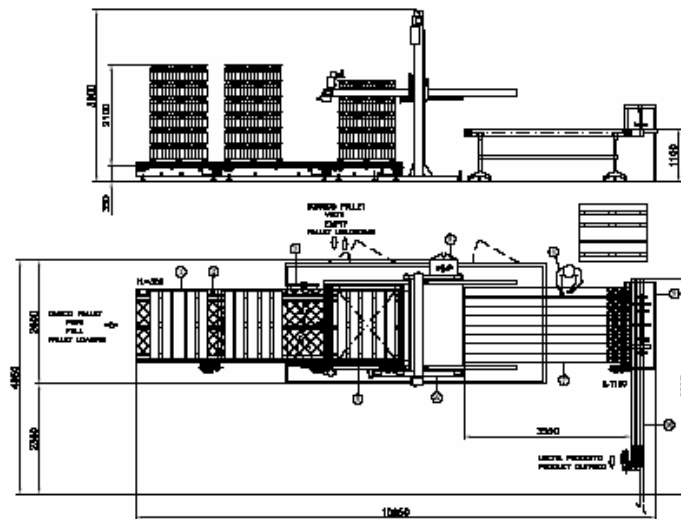


Figura 11. Máquina depaletizadora

La secuencia del proceso de envasado comienza cuando el montacargas va por los pallets de envase que se encuentran almacenados en las bodegas de materia prima y los transporta hasta la entrada de la máquina depaletizadora, como se muestra en la Figura 11.

Estas son máquinas que efectúan la despaletización de uno o varios estratos de envases genéricos, paletizados con anterioridad para la expedición al cliente que los ha solicitado. El cometido de esta máquina es, pues, introducir en una línea de embalaje el producto a rellenar y empaquetar en una fase sucesiva.

El Depaletizador es semiautomático dotado de mesa de extracción para la salida de las botellas. Normalmente es adecuado para producciones medio-bajas, pero acoplándole algunos accesorios especiales, como por ejemplo transportadores, catenarias, almacén de pallets y quita-separador, permite alcanzar producciones superiores (máx. 7000 botellas/hora). Gracias a la simplicidad y a la flexibilidad de uso, las operaciones del cambio de formato son rápidas y las operaciones de mantenimiento que requiere este tipo de máquina son limitadas. Esta máquina es controlada por un Controlador Lógico Programable (PLC) S7200 de Siemens con una Unidad de Procesamiento central (CPU) 226.

Los componentes de esta máquina están detallados en el anexo A.

2.2.2 MÓDULO TRIBLOCK

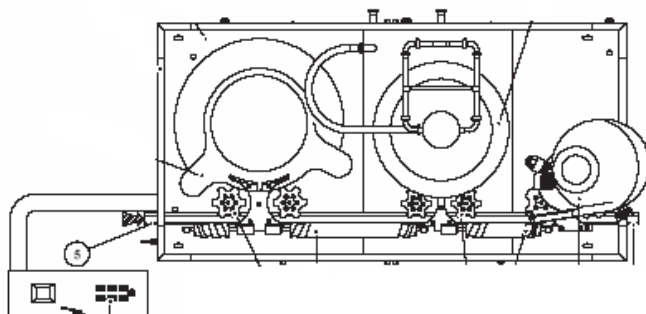


Figura 12. Máquina Triblock

Los envases pasan posteriormente a un sistema de circulación en línea, el cual desplaza el envase hasta llegar a la máquina triblock la cual tiene la función de enjuagar, llenar y tapar (ver Figura 12).

2.2.2.1 MÁQUINA JUAGADORA

Esta sección de máquina sirve para lavar las botellas antes de la fase de llenado; el lavado ocurre por medio de un chorro de agua; después la botella es volcada para que el agua del lavado salga. Está completamente realizada en acero AISI 304 (ver Figura 13).

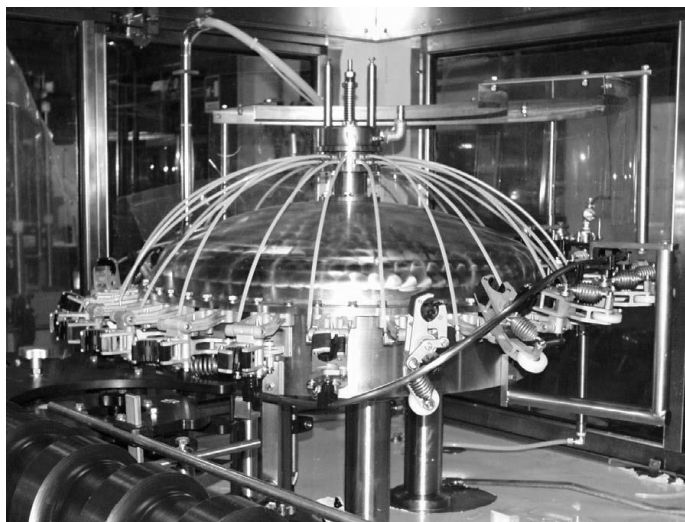


Figura 13. Juagadora

2.2.2.2 MÁQUINA LLENADORA

Esta zona de la máquina, con bancada completamente realizada en acero, es la parte donde las botellas son llenadas. Los grifos y los gatos, aún manteniendo las características tradicionales conocidas, han sido proyectados mejorando los rendimientos generales, la limpieza y la velocidad de manutención. Todos sus componentes han sido realizados en ACERO AISI 304 (Ver Figura 14).



Figura 14 Llenadora

2.2.2.3 MÁQUINA TAPADORA

Esta sección de máquina sirve para tapar las botellas; esta parte también ha sido completamente realizada en acero; las tapas son almacenadas en una tolva donde son recogidas, subidas por una banda transportadora y llevadas a un tambor con una serie de ranuras en sus bordes en donde las tapas son acomodadas por el mismo sistema en una posición adecuada (boca arriba) para posteriormente bajar por un tobogán que empalma en su final a la botella que se transporta por las bandas (Ver Figura 15).

m



Figura 15. Tapadora

Esta máquina está controlada por un PLC S7300 de Siemens y sus componentes están detallados en el anexo A.

Después de que el envase ha sido tapado, éste se enruta por una banda transportadora hacia la máquina Etiquetadora.

2.2.3 MÓDULO ETIQUETADORA.

Esta máquina es la encargada de etiquetar el envase que viene desde el Triblock. Aquí, el envase debe aguardarse de la mejor manera lo que significa el ingreso de botellas secas y limpias para conseguir una mayor precisión. La máquina trabaja para botellas de diferente diámetro. Las etiquetas deben resultar llanas (no enrizadas) y no deben resultar pegadas. Las colas son elegidas de acuerdo con el tipo de papel, con medioambiente entre 15 y 20 grados; deben presentar una buena capacidad adhesiva según las condiciones de la botella (calientes, frías, húmedas calientes, húmedas frías, secas caliente y frías). Es preciso que las colas por utilizarse ocasionen la formación de hilos durante el tránsito de las paletas contra el rodillo pegador (Ver Figura 16).

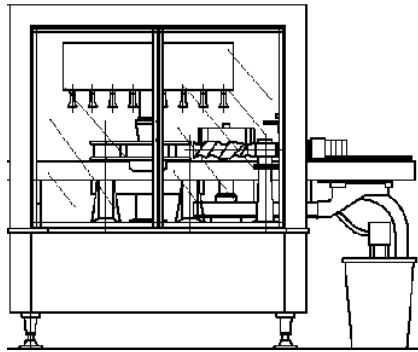


Figura 16. Etiquetadora

Esta máquina es controlada por un PLC S7200 de Siemens y sus demás componentes están detallados en el anexo 3.

Posteriormente, el envase se encamina hacia la máquina Devider que enruta las botellas para su empaclado.

2.2.4 MÓDULO DEVIDER.

.A esta máquina el producto debe llegar en una fila única. Dos cintas de transporte con velocidades diferentes se encargan de crear un espacio vacío entre los productos, los cuales son contados mediante un revelador activo polarizado altamente veloz que acompaña a una C.P.U. de conteo veloz. Una vez alcanzado el número de unidades requerido se cierra el prensador que detiene el producto. El conjunto se desplaza sobre una nueva vía y el ciclo es repetido para el número de vías seleccionadas que depende del tipo de presentación (Ver Figura 17).

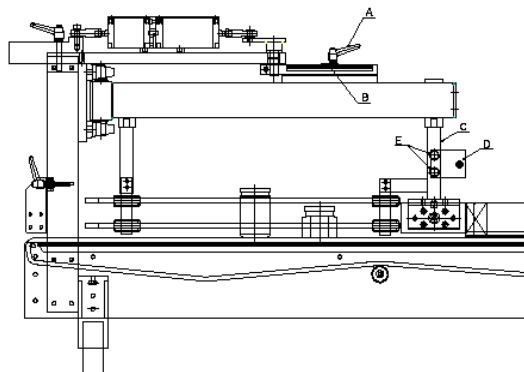


Figura 17. Devider

Esta máquina está controlada por un PLC S7200 de Siemens y sus componentes están detallados en el anexo A.

Y, por último, ya ordenadas las botellas, pasan a la parte de empaclado que es realizado en la máquina Encartonadora.

2.2.5 MÓDULO ENCARTONADOR.

En esta máquina, la caja se recoge del almacén con ayuda de unas ventosas alimentadas por generadores de vacío de efecto Venturi; durante la recogida se dobla a forma de L y se traslada a 90° a la zona de carga donde coincide con el producto.

El producto y la caja avanzan a la fase de cierre superior. Durante este movimiento se dobla la tapa y se aplica la cola en la solapa interna superior. Cuando el paquete se detiene, se levanta la solapa posterior y se dobla la tapa interna. En la fase siguiente se aplica la cola durante el traslado y se doblan las cuatro tapas exteriores. Un sistema de compresión garantiza que la caja saliente quede perfectamente pegada (Ver Figura 18).

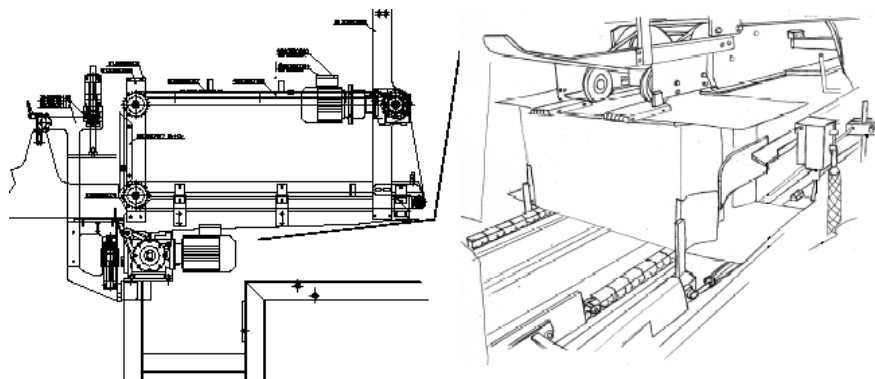


Figura 18. Encartonadora

Esta máquina es controlada por un PLC S7200 de Siemens y sus componentes están detallados en el anexo A.

Después de esta operación, las cajas son arrumadas de una forma manual en las estibas para su posterior almacenado.

2.3 RED DE DISPOSITIVOS

Para realizar la comunicación de los dispositivos de control (PLCs) que gobiernan las máquinas anteriormente mencionadas, se implementó una red PROFIBUS, la cual es usada en aplicaciones de piso en la industria, con una capacidad de hasta 127 nodos. Las características de este tipo de red, que la ubican en el nivel de campo en la pirámide de las redes industriales, se acoplan perfectamente a plantas donde los procesos exijan un eficiente flujo de datos y los dispositivos no superen el máximo permitido. Estas condiciones justifican el uso de la red PROFIBUS en el presente proyecto, ya que las máquinas con que se trabaja cumplen los requerimientos.

Para gestionar la información a un nivel más alto en la pirámide de las redes industriales, se implementó una red ETHERNET la cual será la encargada de llevar la información gestionada por la red PROFIBUS hacia el software de supervisión IFIX, debido a que este tipo de red tiene características de velocidad eficientes como para estos procesos en donde la transmisión de datos es un factor decisivo en cuanto a velocidad se refiere.

2.3.1 HARDWARE NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACION DE LA RED PROFIBUS – ETHERNET.

Para obtener la red industrial PROFIBUS – ETHERNET, en la Industria Licorera del Cauca se cuenta con los dispositivos detallados en la tabla 1.

Tabla 1. Dispositivos en la Licorera

NOMBRE DEL DISPOSITIVO	CANTIDAD	DESCRIPCION
Siemens S7 300 CPU 313C	2	Controlador Programable PLC Lógico
Siemens S7 200 CPU 224	2	Controlador Programable PLC Lógico
Siemens S7 200 CPU 226	2	Controlador Programable PLC Lógico
Siemens RS232 / PPI Multi – Master	1	Cable de enlace con los PLC's S7200
Siemens Simatic S7 PC Adapter MPI	1	Cable de enlace con los PLC's S7300

El hardware necesario para realizar la interconexión de los dispositivos nombrados en la Tabla 1, están detallados en la Tabla 2.

Tabla 2. Dispositivos para conformar la red PROFIBUS – ETHERNET

NOMBRE DEL DISPOSITIVO	CANTIDAD	DESCRIPCION
Módulo Siemens EM 277	4	Módulo PROFIBUS para S7200
CP 343 1 lean Siemens	1	Módulo ETHERNET para S7300
CP 342 5 Siemens	2	Módulo PROFIBUS para S7300
Rollo de cable PROFIBUS Standard	2	Cable de conexión entre participantes
Conectores PROFIBUS	6	Elemento para conexión del cable con el puerto RS232 del PLC
Cable UTP con Terminal RJ45	----	Cable de conexión entre la CP 343 1 lean y la red LAN de la ILC

2.3.2 SOFTWARE NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACION DE LA RED PROFIBUS – ETHERNET.

El conjunto de aplicaciones software utilizadas en la configuración y programación de los componentes que conforman la red PROFIBUS – ETHERNET, se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Software para establecer la gestión de la Red PROFIBUS-ETHERNET

NOMBRE DEL DISPOSITIVO	CANTIDAD	DESCRIPCION
Simatic Net para S7300 ver 6.2.0.3133	1	Software de configuración
Siemens Step 7 ver 5.3	1	Software de programación S7300
Simatic Microwin	1	Software de programación S7200

2.3.3 CONEXIÓN DEL HARDWARE

El diagrama general de conexiones mostrado en la Figura 19, es el diseño de la red PROFIBUS – ETHERNET que se analizó teniendo en cuenta la posición de las máquinas y sus PLCs, distancias entre ellos y la vía mas eficaz para el tendido del cable.

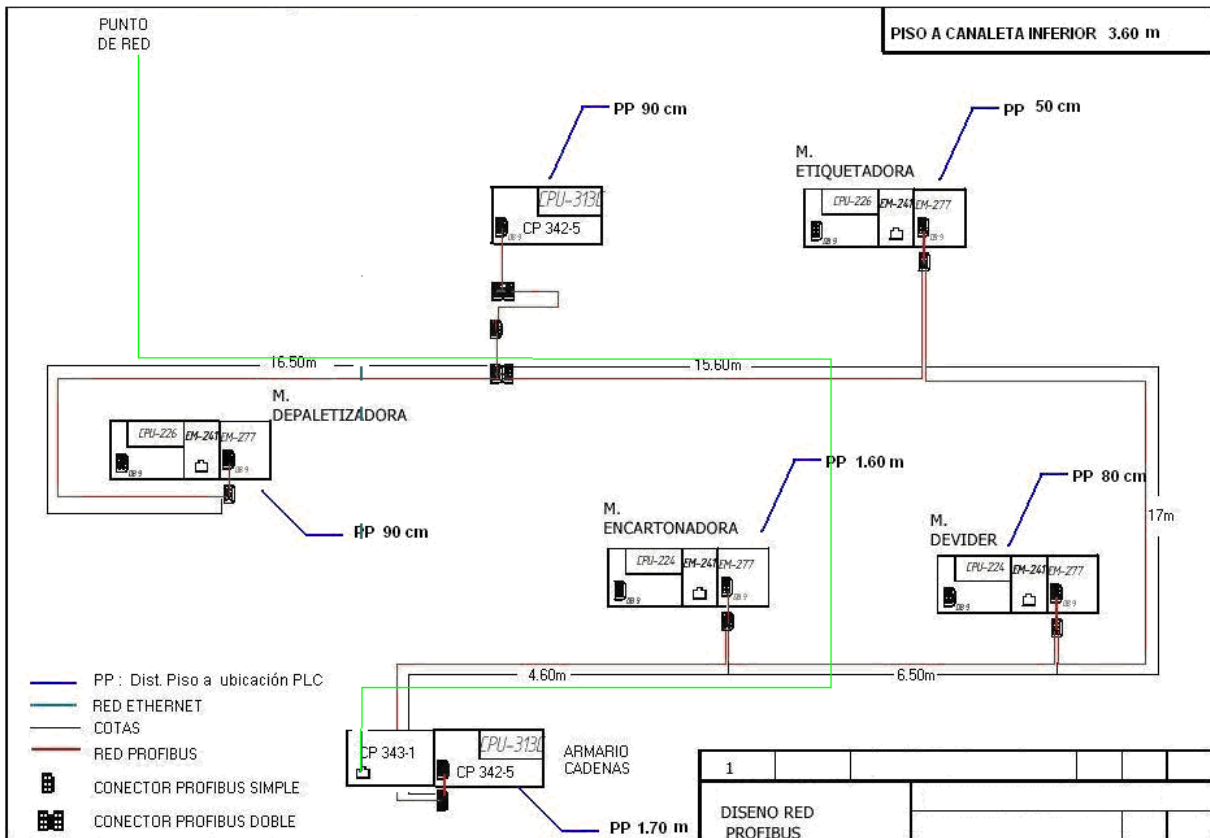


Figura 19. Diagrama general de conexiones de la red PROFIBUS - ETHERNET

A continuación se explica detalladamente el procedimiento para el montaje de la red:

2.3.3.1 TENDIDO DEL CABLE

Para el tendido del cable y teniendo en cuenta la mejor opción en cuanto a la extensión del rollo del mismo (100metros), se inicia el montaje por la máquina encartonadora. El cable es extendido por la canaleta que está a una altura de 3.6 metros y cuando se encuentra exactamente encima de alguna máquina baja por una coraza instalada que llega hasta el tablero de control de la misma. Desde este punto, el cable vuelve a subir a la canaleta hasta encontrar la máquina siguiente; de esta forma se hace llegar a cada módulo que conforma el proceso de envasado de la Industria Licorera del Cauca. El primer rollo de cable termina exactamente en la máquina Triblock; en este punto se empalma el otro rollo para posteriormente terminar en la máquina Depaletizadora.

2.3.3.2 EMPALME DE LOS CONECTORES AL CABLE

El empalme de los conectores al cable PROFIBUS se especifica en los siguientes pasos:

Paso1: Remover la coraza y las protecciones dejando los dos hilos del cable libres como se muestra en la Figura 20.



Figura 20. Cable abierto

Paso2: Destapar el conector y empalmar el cable teniendo en cuenta la configuración de colores como se muestra en la Figura 21.

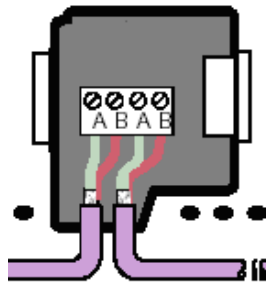


Figura 21. Empalme conector – cable según colores

Según la configuración del conector, la etiqueta “A” viene predeterminada para empalmar el cable color verde y en la etiqueta “B” el rojo

Paso3: Cerrar el conector (ver Figura 22)



Figura 22. Conector empalmado al cable

En la Figura 23 se observa la secuencia de empalme de los conectores y el cable en cada máquina que compone el proceso de envasado.

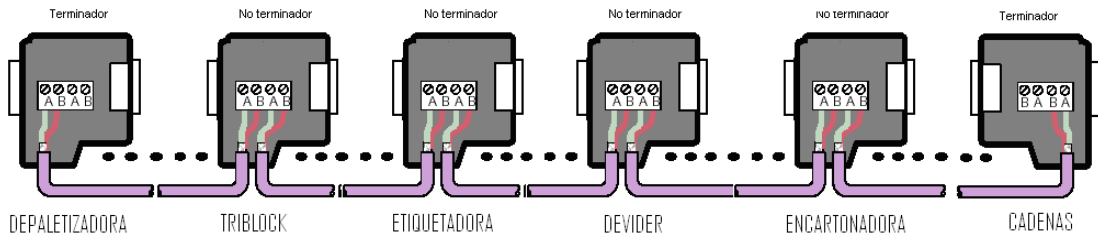


Figura 23. Empalme de conectores el conjunto

2.3.3.3 MONTAJE DE LOS MÓDULOS EM277 PARA PLCs S7200 Y LAS CPs ETHERNET Y PROFIBUS PARA S7300.

Para realizar la instalación de los módulos de establecimiento de la red se hace uso del dispositivo denominado BUS K, el cual sirve como puente para acoplarlos con el PLC en el Rack.

Cada PLC y cada módulo de expansión y de comunicación poseen en su parte trasera dos campos en donde el BUS K se empalma con el fin de proporcionar la posibilidad de expansión. La instalación de los módulos y las CPs se especifica en el anexo B.

2.3.3.4 EMPALME DE LOS CONECTORES CON LOS MÓDULOS MONTADOS EN CADA UNA DE LAS MÁQUINAS

A continuación se especifican las conexiones para cada máquina dentro de la red.

MÁQUINA DEPALETIZADORA

En la Figura 24 se especifica la conexión que debe hacerse entre el conector empalmado con el cable y el dispositivo instalado en la máquina Depaletizadora, el cual es un módulo EM277 esclavo PROFIBUS DP para S7 200. Igualmente se muestra la configuración de pines del puerto del PLC y de las resistencias de disipación del conector.

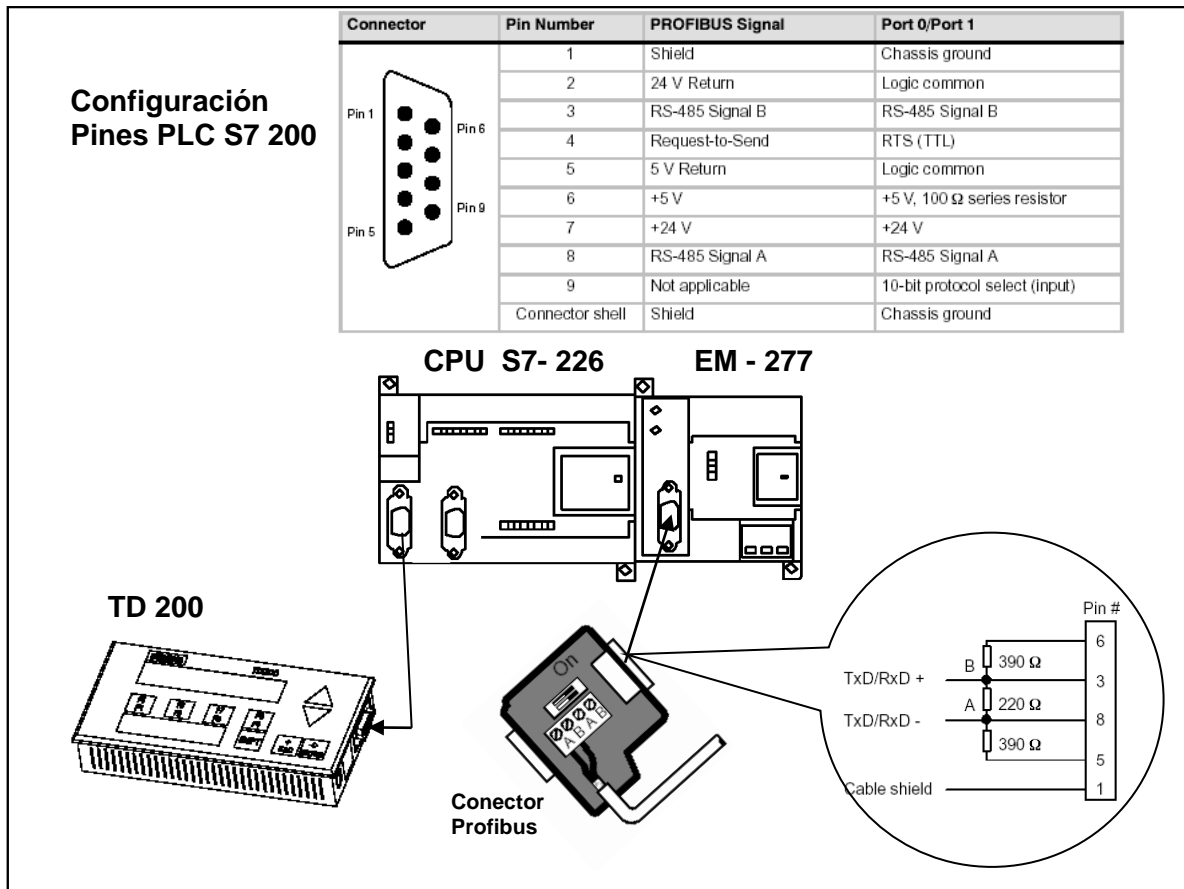


Figura24. Conexiones máquina Depaletizadora

Esta máquina actúa como terminadora de red y por esta razón las resistencias de disipación deben ser acopladas al dispositivo. Para ello, el conector posee en la parte posterior un selector que tiene 2 posiciones: ON para acoplar las resistencias y generar un terminador de red y OFF para que actúe solamente como un puente entre la información que gestiona la red. Para este caso, el selector se coloca en ON.

MÁQUINA TRIBLOCK

En la Figura 25 se muestra la conexión realizada entre el conector empalmado con el cable y el dispositivo instalado en la máquina Triblock, la cual corresponde a la CP 342-5 módulo PROFIBUS para S7300, siendo la encargada de gestionar la información del PLC hacia la red PROFIBUS. También se muestra la configuración de pines del puerto del PLC S7300 CPU 313C y de las resistencias de disipación del conector.

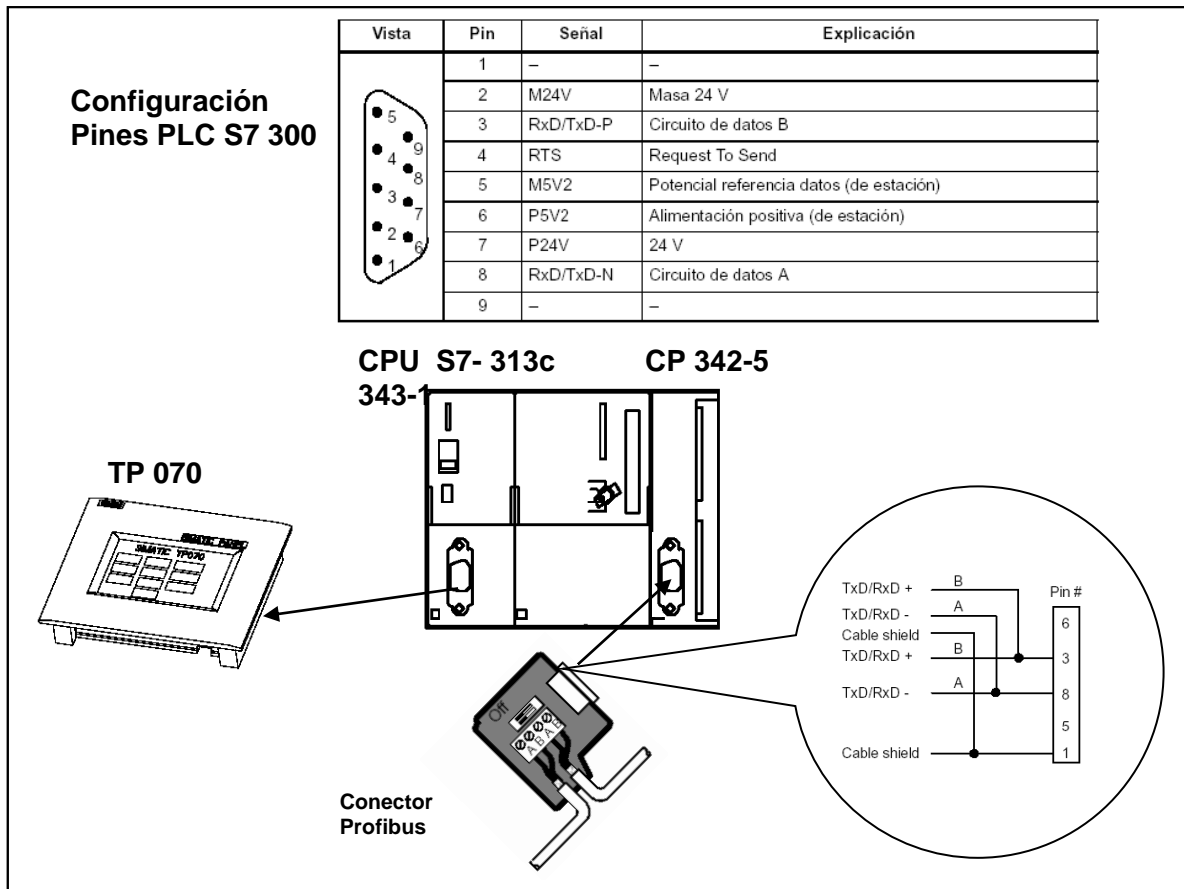


Figura25. Conexiones máquina Triblock

Debido a que esta máquina no es terminadora de red, los pines de distribución son sólo puentes para continuar el Bus. Para ello el selector del conector debe estar en la posición OFF para establecer el desacople de las resistencias de disipación.

MÁQUINA ETIQUETADORA

En la Figura 26 se especifica la conexión que debe realizarse entre el conector empalmado con el cable y el módulo EM277 esclavo PROFIBUS DP para S7 200 instalado en la máquina Etiquetadora. También se puede observar la distribución de pines del puerto del PLC y de las resistencias de disipación del conector.

Esta máquina, a diferencia de las anteriores, no posee panel de operador (TP 070 o TD200) y su PLC tiene una CPU 226 que hace parte de la gama baja de Siemens.

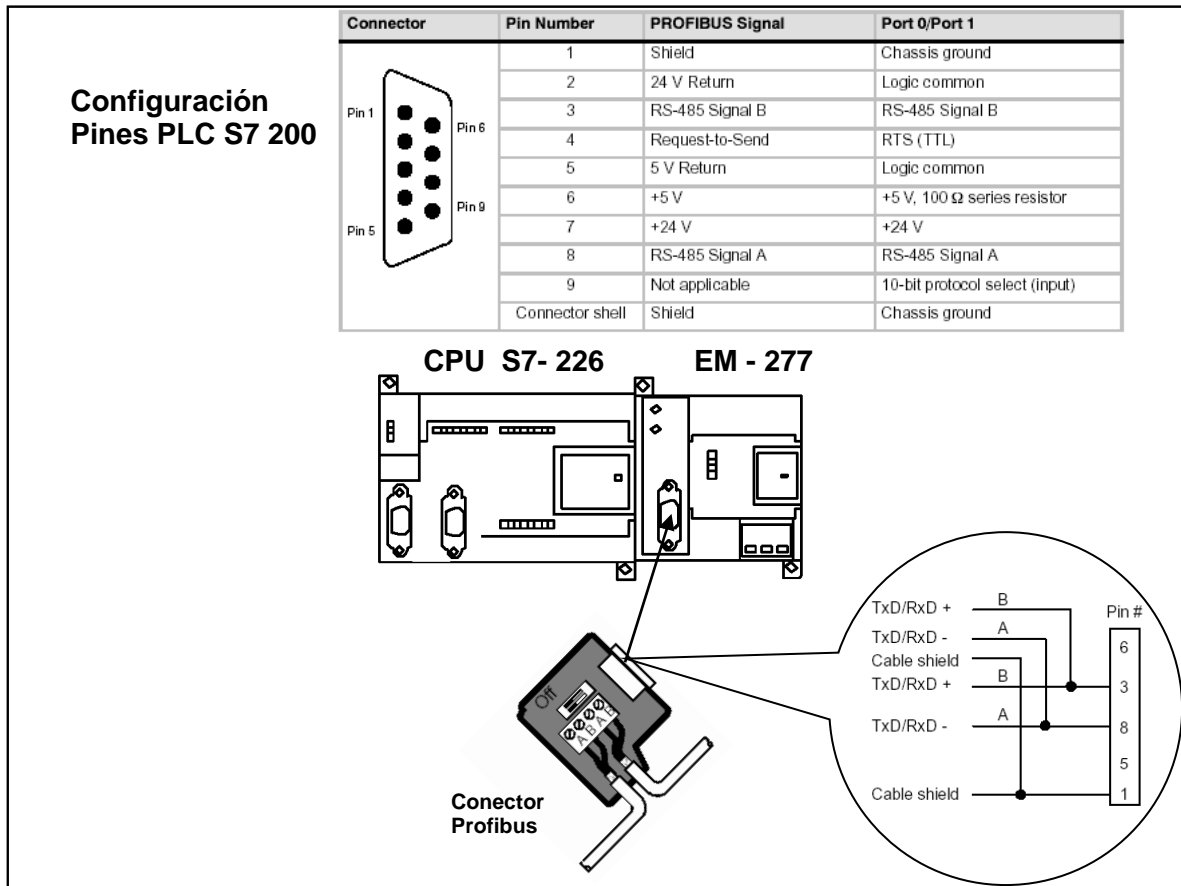


Figura26. Conexiones Máquina Etiquetadora

Esta máquina tampoco actúa como terminador de red sino como puente y el selector del conector se debe situar en la posición OFF.

El cable PROFIBUS que sale de esta máquina continúa hasta ser empalmado con la máquina Devider.

MÁQUINA DEVIDER

En la Figura 27 se especifica la conexión que se realiza entre el conector PROFIBUS empalmado con el cable y el dispositivo instalado en la máquina Devider, que es un módulo EM277 esclavo PROFIBUS DP para S7 200. También se muestra la configuración de pines del puerto del PLC y de las resistencias de disipación del conector. Su PLC tiene una CPU 224 que está dentro de los elementos de gama baja de Siemens.

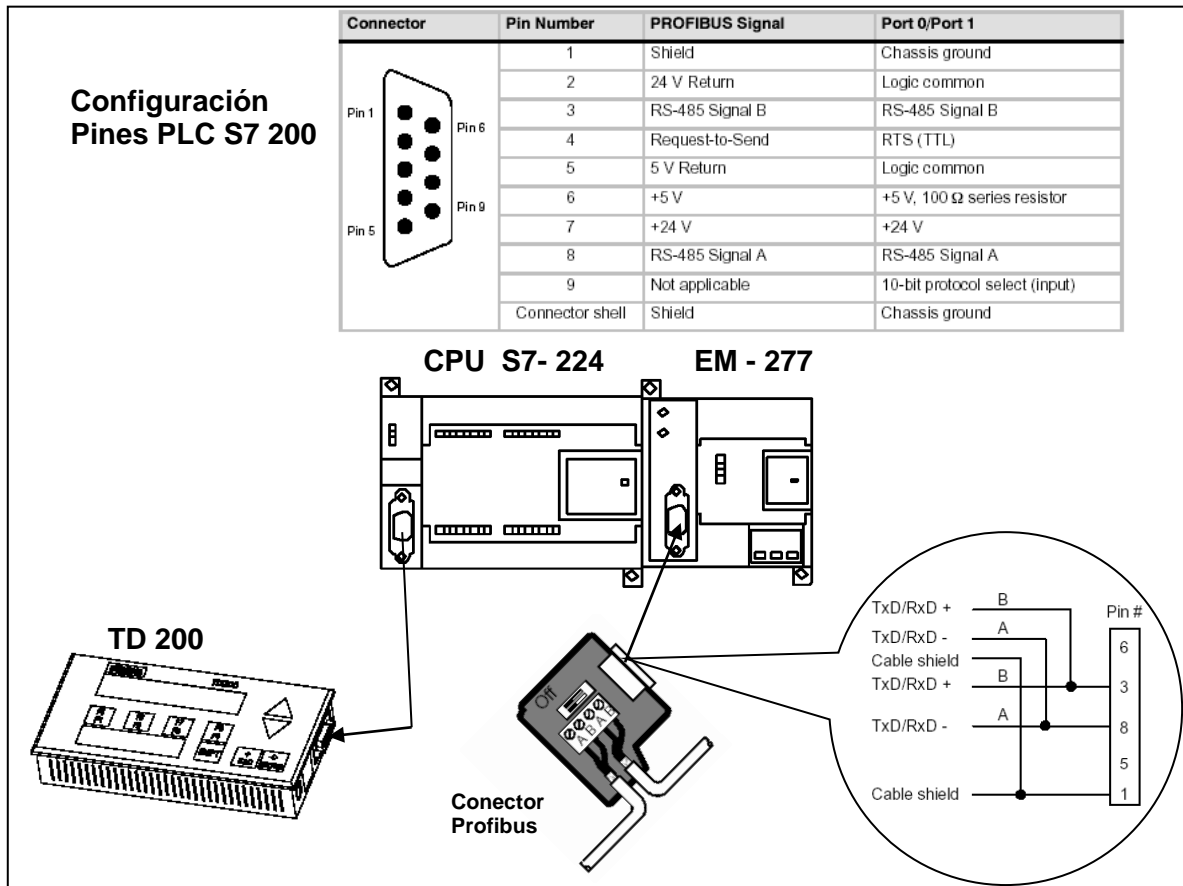


Figura 27. Conexiones Máquina Devider

Esta máquina no es terminadora de red, por lo que opera como un puente para que continúe el Bus colocando el selector del conector en la posición OFF y cuenta con un TD-200 que no hace parte de la red.

MÁQUINA ENCARTONADORA

En la Figura 28 se muestra la conexión que se realiza entre el conector PROFIBUS empalmado con el cable y el dispositivo instalado en la máquina Encartonadora que es un módulo EM277 esclavo PROFIBUS DP para S7 200. Este PLC tiene una CPU 226 que hace parte de la gama baja de los PLC Siemens. También se muestra la configuración de pines del puerto del PLC y de las resistencias de disipación del conector. Su PLC tiene una CPU 224.

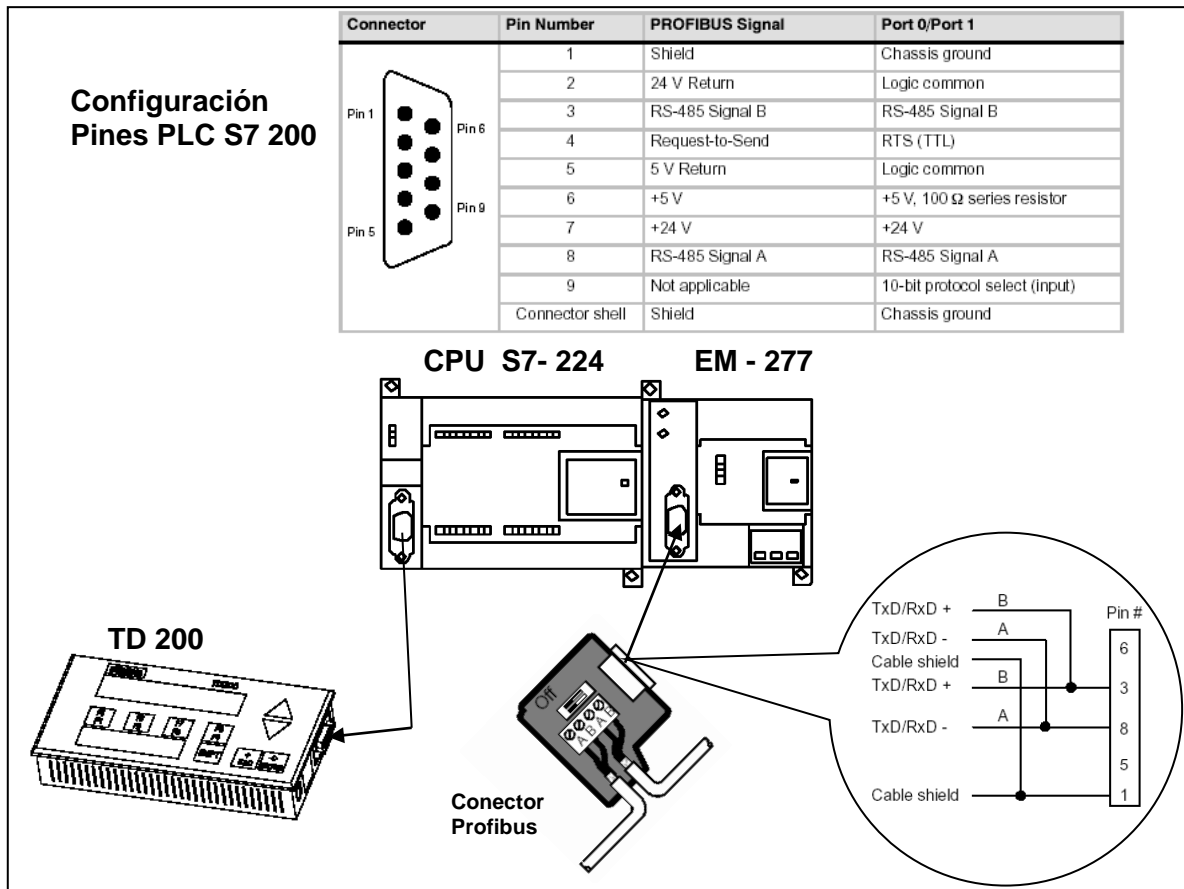


Figura 28. Conexiones Máquina Encartonadora

Esta máquina no es terminadora de red, por lo que es un puente para que continúe el Bus, cuenta con un TD-200 que no hace parte de la red.

En este punto se debe tener en cuenta en el plan de mantenimiento preventivo el calor emanado del almacén de pegante, que podría causar daños a la máquina y la red.

ARMARIO DE CADENAS

En este armario se establece la conexión del conector empalmado al cable con la CP 342-5 que es módulo PROFIBUS para S7300 que gestiona los datos hacia la red (ver Figura 29).

A esta máquina se conecta también la CP 343-1 Lean (ver anexoB), la cual es la encargada de subir los datos de la red PROFIBUS a la red ETHERNET. La CP 343-1 Lean posee el puerto de salida ETHERNET en el cual se conecta el cable UTP con el conector RJ 45 y por el otro lado se conecta a la red LAN de la ILC.

De esta manera y realizando la configuración adecuada de los módulos, la cual se explicará en el capítulo 3, se gestiona la información de la red y se despliega en el sistema de supervisión.

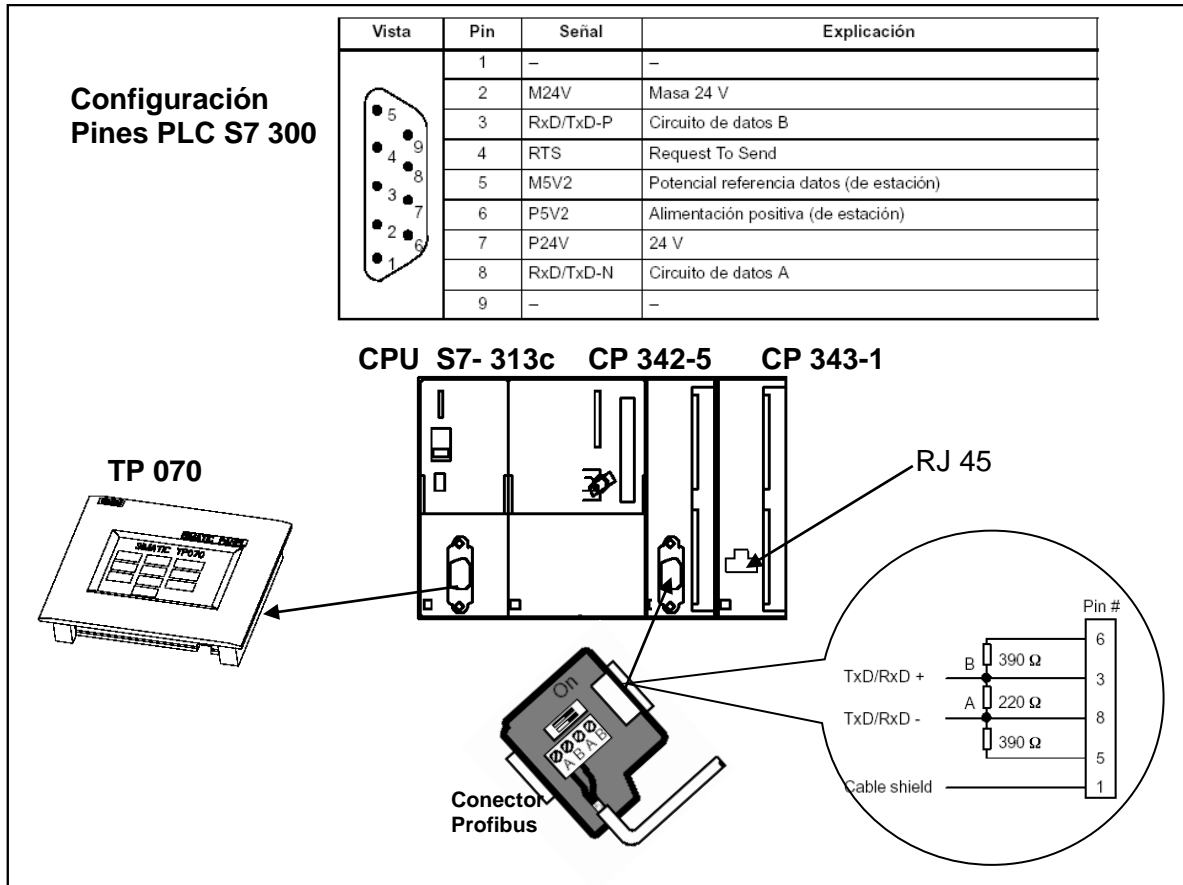


Figura 29. Conexiones Máquina de Cadenas

Esta máquina sí actúa como terminadora de red, por lo que se hace necesario colocar en ON el conector. Esto quiere decir que en la posición ON se usan las resistencias de disipación.

3. DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA COMUNICACIÓN DEL SOFTWARE iFIX™ DE INTELLUTION® Y EL ENTORNO DE CONTROL DE SIEMENS

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explicará la gestión de los protocolos PROFIBUS e ETHERNET, por tanto se relaciona la explicación en la programación de cada componente de la red del entorno de control de Siemens y su comunicación con el software iFIX™ de Intellution® además se documenta esta información como parte de los aportes de esta tesis al desarrollo de las redes industriales, dando continuidad al proceso de integración que actualmente es tema de investigación y que ha servido como punto de partida para realizar desarrollos e innovaciones, como lo es la temática de esta tesis.

GESTIÓN DE INFORMACIÓN

Para realizar la gestión de información es necesario tener claro el diseño y las conexiones físicas de la red como se mostró en el Capítulo 2. “ANÁLISIS DEL DISEÑO Y OPERACIÓN EMPLEADA PARA EL DESARROLLO DE LA RED PROFIBUS E ETHERNET, INCLUYENDO PUESTA A PUNTO DE CADA COMPONENTE DE LA MISMA”, donde se muestra una red Industrial PROFIBUS con salida Ethernet.

Los participantes de la red deben configurarse utilizando herramientas software y hardware como se muestra en los ítems siguientes de este capítulo.

3.1.1 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Debido que todos los elementos participantes de la red industrial PROFIBUS son de la marca registrada Siemens, es necesario programar enlaces, direcciones y código para el intercambio de información entre los participantes de la red, bajo el software STEP 7, el cual sirve para configurar y programar únicamente los dispositivos de marca Siemens que se enmarquen dentro de la familia de los PLC's S7-300; para la familia de S7-200 se utiliza el software Microwin del mismo fabricante.

El software STEP 7 es el administrador Simatic que contiene las herramientas para realizar desarrollos con equipos Siemens; este componente maneja diferentes ambientes para

aplicaciones específicas, pero en la configuración que se realizó en este proyecto se usaron las herramientas de “Net pro” y la “Programación de AWL, FUP y KOP”, para establecer la comunicación y lograr el correcto funcionamiento de la red.

En el ítem 3.3 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN DE PROFIBUS se explicará detalladamente la configuración realizada con estas herramientas.

3.1.2 ACLARACIONES ANTES DE CONFIGURAR Y PROGRAMAR

Como es necesario tener seguridad sobre el proceso por realizar, se retomará la red diseñada en el capítulo 2 para establecer un punto de partida y entender su configuración de acuerdo con las locaciones físicas y la ubicación de los tipos de redes en la pirámide de niveles de automatización.

A continuación se presenta la figura 30 para dar mayor entendimiento del proceso realizado, utilizando los diferentes participantes de la red en La Industria Licorera del Cauca.

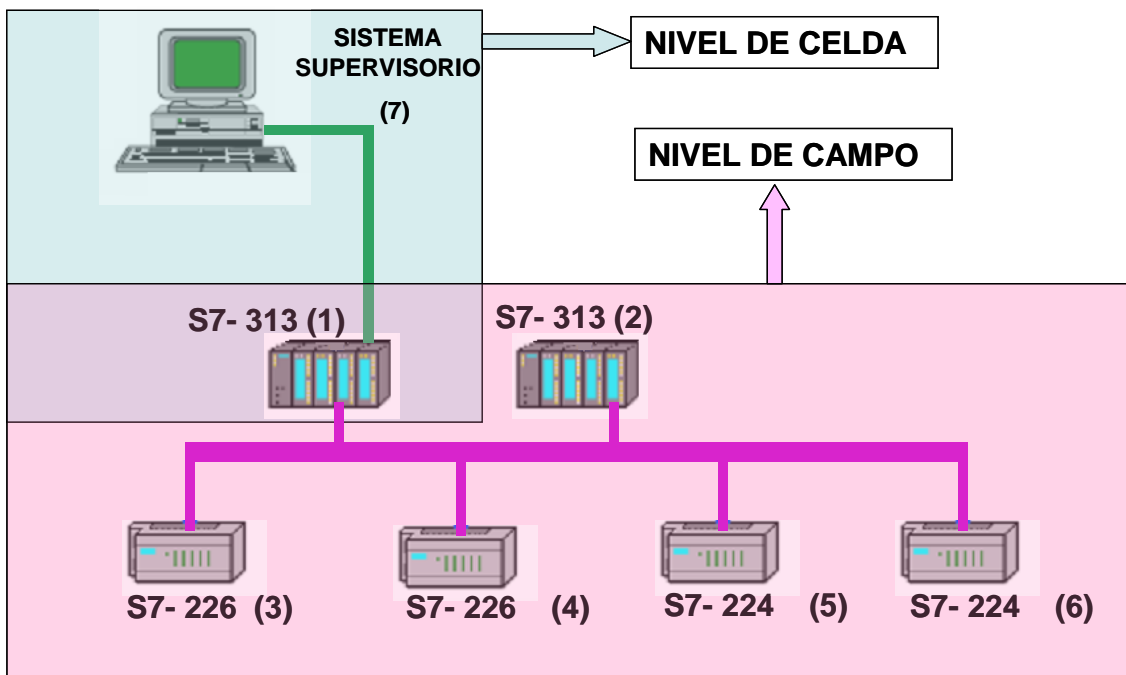


Figura 30. RED INDUSTRIAL, LICORERA DEL CAUCA

Partiendo de la figura 30, se especifican a continuación las configuraciones físicas respecto a los procesadores de comunicación (CP) de cada componente de la red:

- **S7 – 313 (1):** Corresponde al equipo “Cadenas”, que controla las diferentes velocidades de las cintas transportadoras y es el maestro de la red PROFIBUS, por lo que además de tener una CP PROFIBUS (CP 342-5), también tiene una CP Ethernet (CP 342-1), con la que envía todos los datos recogidos de la red PROFIBUS al sistema de supervisión. Este equipo es el más importante para el funcionamiento de la red, puesto que realiza el “Polling” a las estaciones 3, 4, 5 y 6, usando PROFIBUS DP debido a que los S7-200 funcionan sólo como periferia descentralizada. Además usa PROFIBUS FMS para la comunicación con la estación 2 y obtiene datos que serán luego reenviados al sistema supervisorio, al igual que la información recogida en PROFIBUS DP. Las anteriores consideraciones se reflejarán y entenderán más fácilmente en el ítem “3.3 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN PROFIBUS FMS”
- **S7 – 313 (2):** Esta estación corresponde al equipo “Triblock” y aunque puede programarse para realizar sondeo a los equipos S7-200 sólo enviará información a la estación 1, para que sea llevada al sistema de supervisión. Este equipo también cuenta con una CP PROFIBUS (CP 342-5).
- **S7 – 226 (3):** Corresponde al equipo de la máquina “Depaletizadora” y es una estación pasiva en la red Profibus; además cuenta con un módulo de comunicaciones EM 277, el cual permite el envío de datos a la estación activa que los requiera.
- **S7 – 226 (4):** Corresponde al equipo de la máquina “Etiquetadora” y es una estación pasiva en la red PROFIBUS; además cuenta con un módulo de comunicaciones EM 277, el cual permite el envío de datos a la estación activa que los requiera.
- **S7 – 224 (5):** Corresponde al equipo de la máquina “Devider” y es una estación pasiva en la red PROFIBUS; además cuenta con un módulo de comunicaciones EM 277, el cual permite el envío de datos a la estación activa que los requiera.
- **S7 – 224 (6):** Corresponde al equipo de la máquina “Encartonadora” y es una estación pasiva en la red PROFIBUS; además cuenta con un módulo de comunicaciones EM 277, el cual permite el envío de datos a la estación activa que los requiera.
- **SISTEMA SUERVISORIO (7):** En este equipo se encuentra la estación de trabajo con el software de supervisión iFIX™ de Intellution®, en la cual se realiza la configuración de la aplicación realizada en iFIX™, descrita detalladamente en el capítulo 4, así como el servidor OPC de Simatic NET® para la gestión de información de la red Ethernet con la estación 1. Este equipo debe ser robusto como se especifica en el manual de usuario y debe contar con un puerto de red Ethernet convencional.

Es necesario aclarar que la estación 1 se encuentra en el nivel de campo al igual que las estaciones 2,3,4,5 y 6, pero la estación 1 también hace parte del nivel de celda al comunicarse vía Ethernet con la estación de supervisión (7).

Al ser la estación 1 parte de los dos niveles (campo y celda), ésta actúa como una “gateway” de comunicaciones, cuya característica principal es manejar la fidelidad de los datos de PROFIBUS, para enviarlos con la velocidad de ETHERNET.

La combinación de las mejores características de los protocolos PROFIBUS e ETHERNET, forman el protocolo PROFINET. PROFINET se basa en el estándar Ethernet abierto para la automatización que a su vez usa características de Industrial Ethernet.

Los componentes de Industrial Ethernet y estándar Ethernet pueden utilizarse conjuntamente, aunque los equipos de Industrial Ethernet son más robustos y, por consiguiente, más apropiados para el entorno industrial (temperatura, seguridad de funcionamiento, etc.).

PROFINET especifica las funciones para la realización de una solución total de automatización desde la instalación de la red hasta el diagnóstico basado en Internet – Web. Gracias a su estructura modular, PROFINET puede ampliarse fácilmente con funciones futuras incorporadas en el software STEP 7 Professional de Siemens.

PROFINET cuenta con dos tipos de implementación a nivel industrial, los cuales prestan servicios para periferia descentralizada y para control distribuido, así mientras que PROFINET IO se centra en intercambio de datos entre PLCs y otros dispositivos, PROFINET CBA (automatización basada en componentes) se centra en sistemas distribuidos de la automatización.

PROFINET IO es muy similar a PROFIBUS en Ethernet. Mientras que PROFIBUS utiliza comunicaciones cíclicas para intercambiar los datos con los PLCs a una velocidad máxima de 12Mbps, PROFINET IO utiliza transferencia de datos cíclica con velocidades de hasta 100 Mbps.

En ambos sistemas los datos se organizan como ranuras que contienen los módulos con el número total de los puntos de I/O para luego organizar un sistema transportable en la red.

3.1.3 INTERFACES DE PROGRAMACIÓN NECESARIAS

Existen dos tipos de comunicación para los equipos S7 de Siemens que fueron diseñados para PLCs de diferentes familias, por lo que se necesita la interfaz PPI (Point to Point) para programar los equipos de la gama baja de Siemens: Familia de los S7-200; mientras que es necesario usar la interfaz MPI (Multi Point), para programación de los equipos de la gama media de Siemens: Familia de los S7-300.

El sistema de bus MPI se desarrolló como una interfaz de programación para SIMATIC S7. La interfaz MPI sirve también como medio de comunicación entre los componentes que se utilizan como ‘Interfaz Hombre Máquina’ y como medio homogéneo de comunicación entre elementos

de automatización de Siemens, pero debido a que es un protocolo propietario está cerrado para comunicación con equipos no Siemens.

3.1.4 DATOS TÉCNICOS SOBRE LA MPI

La MPI (Interfaz MultiPunto) puede conectarse simultáneamente con otros elementos de programación/PCs a través de STEP 7, sistemas HMI (Paneles de Operador / Estaciones de trabajo), y puede utilizarse para uniones simples en redes, permitiendo las siguientes formas de comunicación:

- Con el servicio de Datos Globales, las CPUs interconectadas en red pueden intercambiar datos de forma cíclica unas con otras, intercambiando un máximo de 4 paquetes con al menos 22 bytes entre S7-300, y en STEP 7 como máximo 15 CPUs pueden participar en el intercambio de datos.
- La conexión desde los paneles de operador/estaciones de operador al PLC SIMATIC S7 es muy simple con MPI. Allí, los servicios de comunicaciones son soportados por defecto y en el STEP 7 se muestra la dirección MPI del HMI, pero estos equipos se programan con PROTOOLS.
- La programación y diagnóstico de errores puede ejecutarse vía MPI desde otros elementos de programación/PCs a todos los PLCs conectados a la red y a las HMI. Dentro del desarrollo del proyecto se generó una red MPI entre PC, PLC y HMI (TP 070).

En la figura 31 se muestra la red realizada para bajar la configuración y programación a las estaciones 1 y 2.

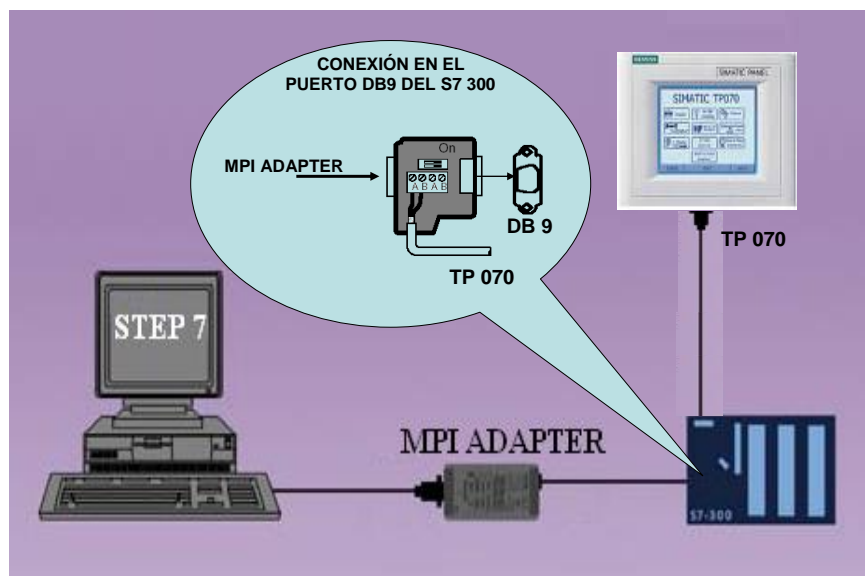


Figura 31. Conexión física MPI, para configuración.

Los siguientes datos técnicos son proporcionados por Siemens en el manual de formación para soluciones generales en Automatización, para su interfaz MPI:

- Máximo de 32 participantes MPI
- Cada CPU tiene la posibilidad de un máximo de 8 conexiones de comunicación dinámica para la comunicación básica con un SIMATIC S7/M7-300/-400.
- Cada CPU puede operar un máximo de 4 conexiones de comunicación estática con PG/PC,
- Sistemas SIMATIC HMI y SIMATIC S7/M7-300/400.
- Velocidad de transmisión de datos desde 187,5 kbps hasta 12Mbps
- Posibilidades flexibles de configuración en el bus o estructura en árbol (con repetidores)
- Máxima longitud de cable 1 km, con fibra óptica.
- Interfaz: RS485

La configuración de una red MPI se asemeja a lo siguiente:

Se puede interconectar hasta 32 participantes pero debe tenerse en cuenta que los módulos de comunicación (CPs) y módulos de función que se encuentren en un Simatic S7-300 tienen también su propia dirección MPI, por lo que cuenta como un nodo o participante más.

Las direcciones de los nodos deben encontrarse entre 0 y 31 (configuración estándar) y en el caso del proyecto cuando se tiene un panel de operador en la red MPI como la TP- 070 (Touch Panel) se le asigna la dirección 1 (dirección estándar para un panel de operador).

Los componentes que intervienen en una configuración MPI, esto es, conectores, cable y repetidores RS485, son los mismos que los utilizados en una red PROFIBUS; por tanto, la red puede configurarse como estructura lineal o en estructura árbol, con la ayuda de repetidores.

Generalmente es necesario configurar los equipos participantes de la red MPI, basándose en sencillas reglas, como sigue:

- Todas las direcciones MPI de una subred deben de ser diferentes.
- La dirección MPI más alta debe ser mayor o igual a la dirección MPI del último nodo y la velocidad de transmisión debe ser igual en todos los nodos.

Para poner en marcha y conectar el PLC en la red MPI se seguirán los siguientes pasos:

1. El PLC debe conectarse con el elemento de programación a través del MPI. En este momento no ha sido detectado en la red MPI.
2. Se carga el Administrador de STEP7 y con el programa recuperado desde la CPU se abre el programa Net pro, como se muestra en la figura 32.

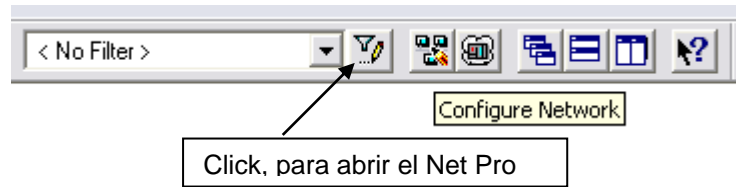


Figura 32. Paso 2 de configuración MPI

3. Se hace doble click en la CPU, en la tabla de configuración, como se muestra en la figura 33.

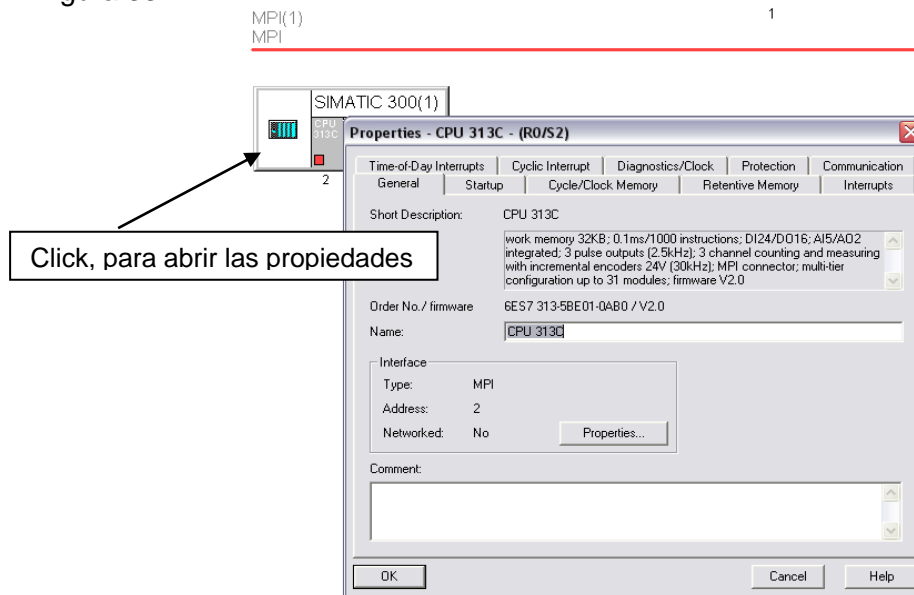


Figura 33. Paso 3 de configuración MPI.

4. En propiedades de la interfaz MPI se especifica sólo la dirección MPI de la CPU elegida (la dirección MPI no puede ser mayor que la máxima dirección MPI) y se elige la subred MPI donde va conectada. Cuando se quiera modificar la dirección de la estación MPI más alta o la velocidad de comunicación, debe hacerse click en Propiedades para obtener la pantalla de modificación que se muestra en la figura 34.

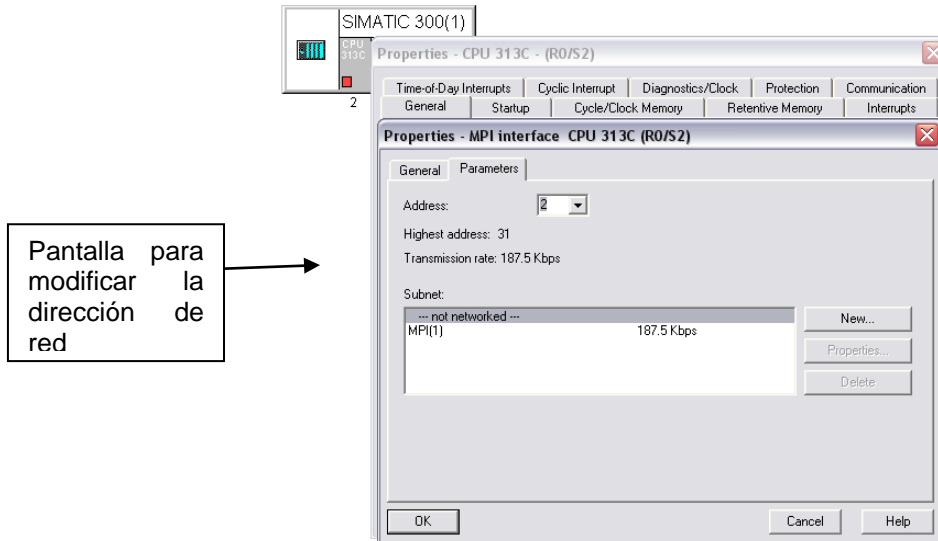


Figura 34. Paso 4 de configuración MPI.

En la figura 35 es necesario seleccionar la sub-net, puesto que puede existir más de una red MPI.

5. Se confirman los cambios en la configuración _ OK_ OK _ OK.
6. Cargamos ahora la modificación en la configuración en la CPU, como se detalla en la figura 6.

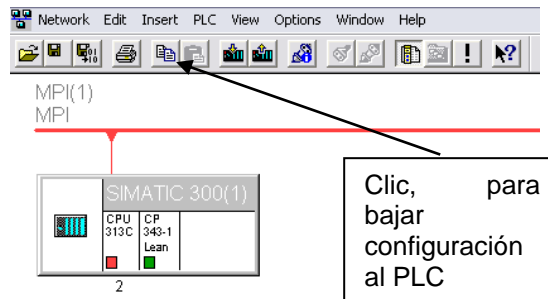


Figura 35 Paso 6 de configuración MPI.

3.1.5 DATOS TÉCNICOS SOBRE LA PPI

La PPI (Point to Point Interfaz) es una interfaz punto a punto, que se usa para la configuración de los dispositivos de la familia S7-200.

La interfaz PPI se selecciona en la pestaña de comunicaciones del Software Microwin, el cual fue diseñado para la familia S7-200. Para ver las estaciones accesibles se da click en Actualizar, como se muestra en la figura 36.

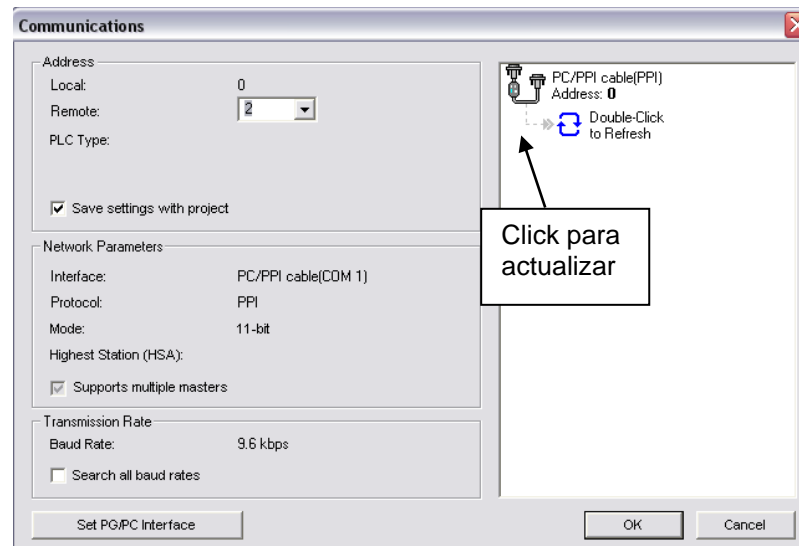


Figura 36. Configuración PPI.

Cuando se actualiza la lista, el sistema reconoce las Cpu's que están conectadas y para acceder a ellas se deben seleccionar y dar click en OK, por lo que es fácil la comunicación PPI.

La PPI, al igual que la MPI, sirve para programar los diferentes paneles de operador diseñados para la familia S7-200, como es el caso de los TD-200 que se encuentran en las estaciones (3) Depaletizadora, (5) Devider, (6) Encartonadora.

Para la conexión física con los equipos que se encuentren en la red, se debe distinguir entre la red con un maestro único PPI y una red multimaestro PPI o lo que es lo mismo PPI avanzado.

En una red con maestro único, la estación S7-200 es esclava, y por lo tanto es gestionada desde un PC o desde un HMI; además este tipo de conexión se establece cuando el check box de "multimaster mode", mostrado en la figura 36, no está activado.

En una red Multimaestro, el check box "multimaster mode" debe estar activado y por tanto se puede gestionar la estación S7-200 desde el PC y desde el HMI. Este tipo de red permite, por ejemplo, gestionar desde un solo HMI a dos S7-200, con velocidades desde 9,6 Kbps hasta 187,5 Kbps.

La conexión física no es muy diferente de la conexión MPI, excepto por que se usa el PPI adapter en vez del MPI adapter, como se muestra en la figura 37.

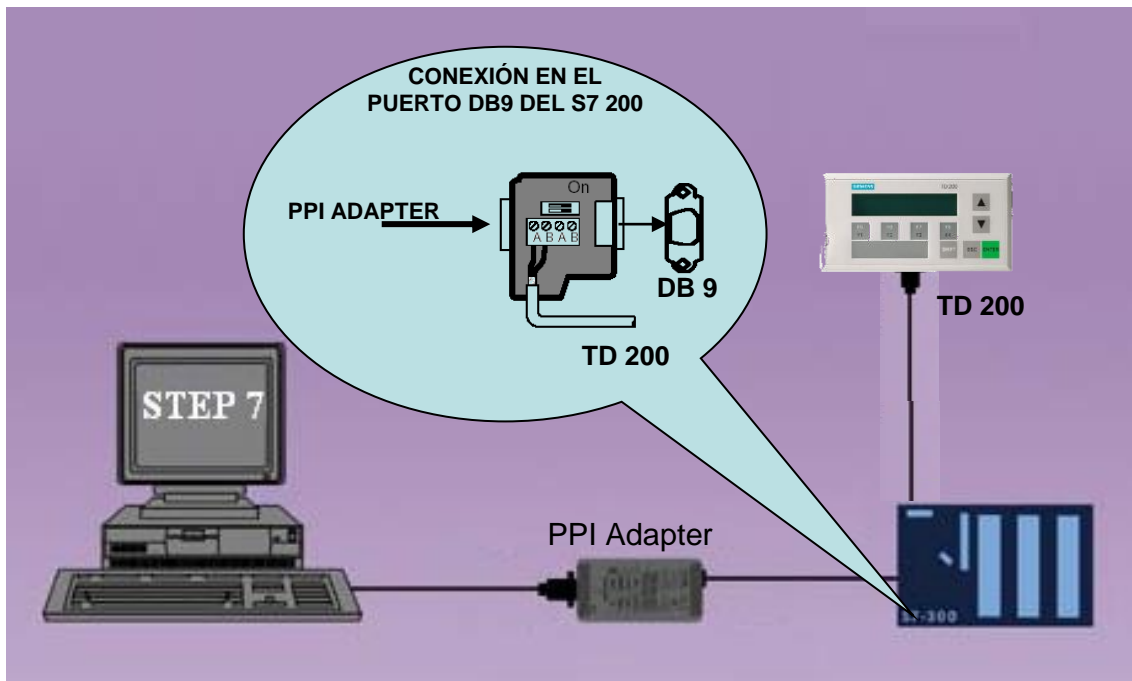


Figura 37. Conexión física PPI. Para Configuración.

Después de la conexión física mostrada en la figura 37, es fácil seguir los pasos de configuración, pues dentro del Microwin existe un ayudante y muchos ejemplos de configuración y puesta en marcha de los equipos participantes en la red PPI.

Al aclarar el funcionamiento y configuración de la interfaz de programación para la gama alta y baja de los PLCs Siemens y de acuerdo con el trabajo realizado en el desarrollo de este proyecto se especifican a continuación las formas de programación y gestión de PROFIBUS en las estaciones participantes de esta red.

3.2 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN DE PROFIBUS

En este ítem se especifican las configuraciones realizadas en el software de programación STEP 7, de acuerdo a las aplicaciones PROFIBUS DP y PROFIBUS FMS.

Como se explicó en el capítulo 1 “DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y GESTIÓN DE LOS PROTOCOLOS PROFIBUS, ETHERNET REFERIDOS AL MODELO OSI REDUCIDO” las diferentes aplicaciones de PROFIBUS serán explicadas a nivel de programación en el desarrollo de este ítem.

Los participantes de una red PROFIBUS pueden ser accedidos directamente mediante instrucciones o durante la actualización de la imagen del proceso. Este proceso se puede realizar de dos formas:

- A través de una CPU con puerto integrado
- Mediante tarjeta de comunicaciones CP.

3.2.1 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN DE PROFIBUS DP

Para la gestión de PROFIBUS DP se debe tener en cuenta que una estación S7-200 sólo puede ser esclava dentro de una red DP.

Para la configuración realizada en La Industria Licorera del Cauca, se conectan las estaciones (3) Depaletizadora, (4)Etiquetadora, (5)Devider, (6)Encartonadora, con la estación maestra (1)Cadenas, en PROFIBUS DP, como se muestra en la figura 38.

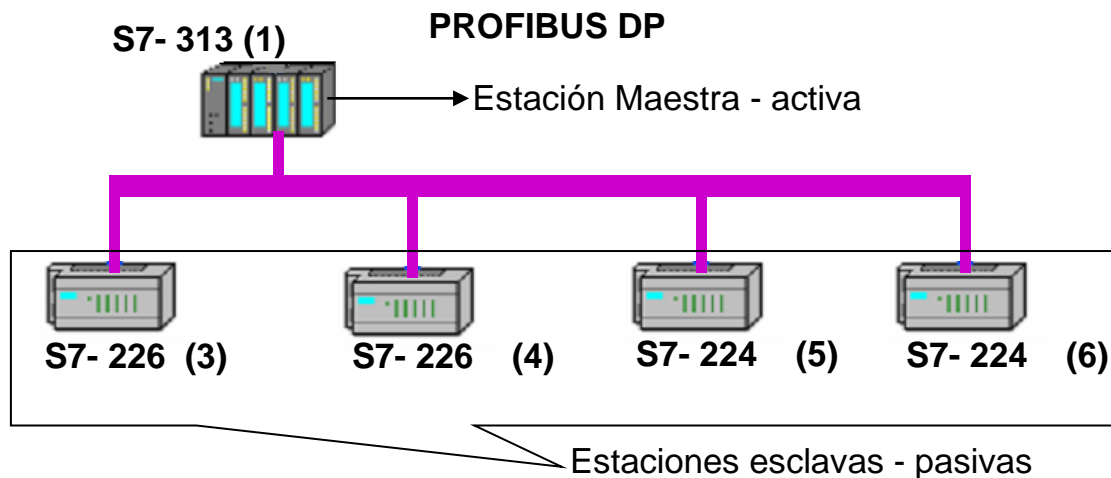


Figura 38. Conexión física Profibus DP.

Con la configuración mostrada en la figura 38 y de acuerdo con lo explicado en el Capítulo 2. “ANÁLISIS DEL DISEÑO Y OPERACIÓN EMPLEADA PARA EL DESARROLLO DE LA RED PROFIBUS E ETHERNET, INCLUYENDO PUESTA A PUNTO DE CADA COMPONENTE DE LA MISMA” se tiene en las CPUs S7-300 el procesador de comunicación CP 342-5 y para las CPUs S7-200, el módulo de comunicaciones EM-277. Estos procesadores de comunicación permiten el intercambio de datos en PROFIBUS DP.

En el proceso de configuración se especifican direcciones de red y direcciones de memoria cuyos valores serán consultados desde el SCADA, con el objetivo de establecer supervisión y control en el proceso de envasado de aguardiente de La Industria Licorera del Cauca.

Con el uso del administrador Simatic del software STEP 7 se logra la configuración de la red, como se muestra en el siguiente ítem.

3.2.2 ADMINISTRADOR SIMATIC Y PROFIBUS DP.

Cuando se configura una red de este modo se debe tener en cuenta que las entradas de las estaciones S7-200 por medio del módulo EM-277 se verán como propias en la estación activa, accediendo a ellas con las instrucciones que normalmente se usan en STEP 7.

Lo primero que se debe hacer después de haber configurado el hardware de la estación activa, que en este caso es la (1) Cadenas, con la CP 342-5 de maestro Profibus DP, se configura el maestro Profibus DP como en la figura 39.

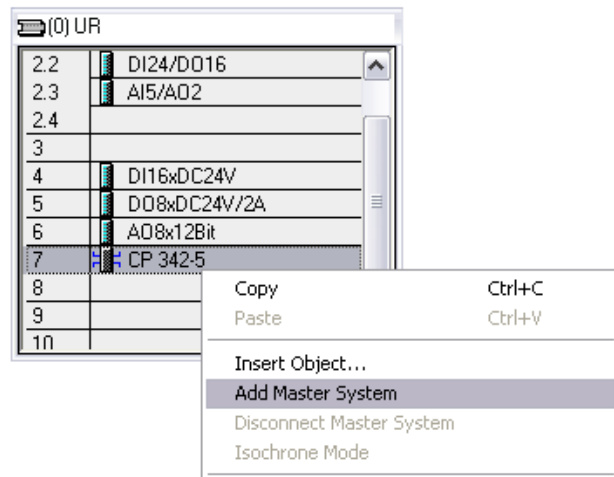


Figura 39. Configuración Maestro DP.

Posteriormente se configuran las propiedades del maestro DP, dando doble click sobre la CP 342-5 y asignando valores como se muestra en la figura 40.

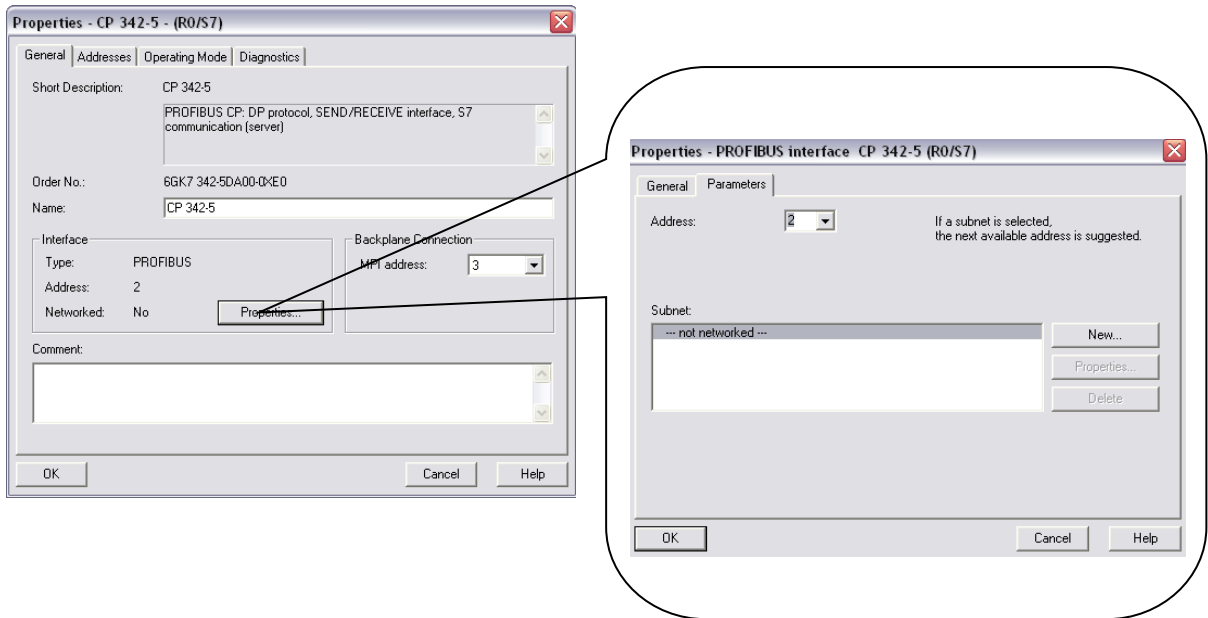


Figura 40. Configuración Propiedades Maestro DP.

A continuación se agregan al maestro DP las estaciones EM-277, configurando además de la dirección Profibus DP las direcciones que serán consultadas desde la estación maestra.

La gráfica 41 describe este procedimiento.

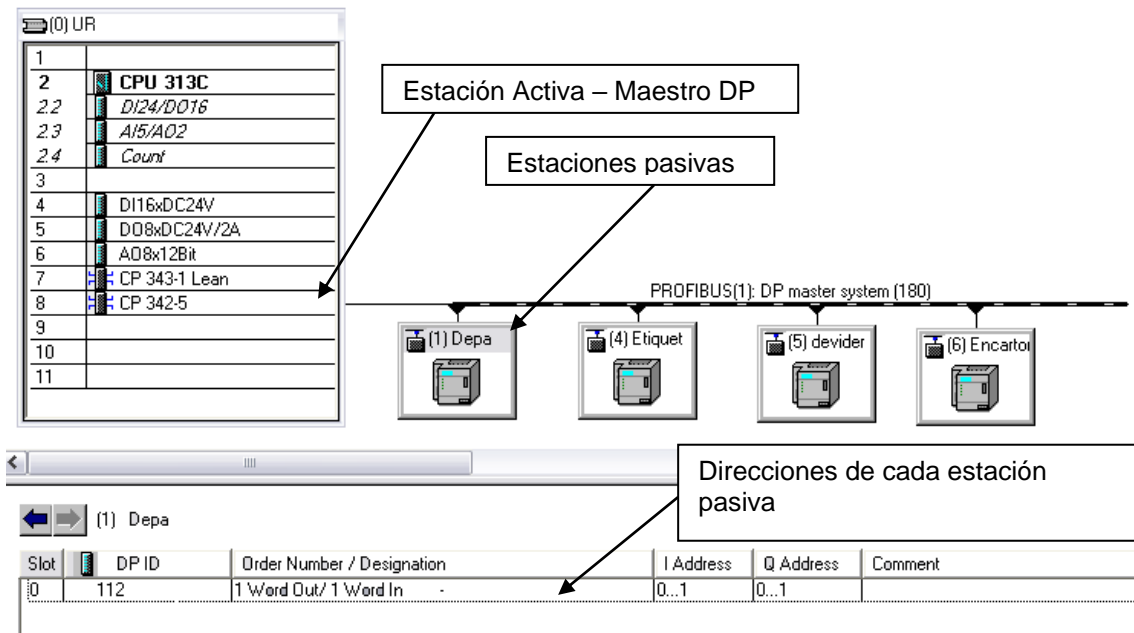


Figura 41. Configuración Propiedades Esclavos DP.

Para finalizar el proceso se puede guardar y compilar; si no hay errores se procede a descargar la configuración al PLC.

El manejo de información dentro de PROFIBUS DP, se puede hacer consultando un área de memoria de las estaciones pasivas, para luego almacenarla en un área de memoria de la estación activa, como se muestra en el siguiente código:

```
CALL "DP_RECV"  
CPLADDR :=W#16#130  
RECV   :=P#DB5.DBX4.0 BYTE 128  
NDR    := "DB_ProfRec_DP".NDR  
ERROR  := "DB_ProfRec_DP".ERROR  
STATUS := "DB_ProfRec_DP".ESTADO  
DPSTATUS:= "DB_ProfRec_DP".DPSTATUS
```

En general, este código puede leerse así:

1. Llama la función de recibo.
2. Ubica la dirección de la CP Profibus 342-5 de la estación cadenas, en este caso es 130.
3. Apunta a la dirección donde se almacenan los datos de las estaciones pasivas, en este caso en el Data Block 5 se comienzan a llenar 128 bytes a partir del byte 4.
4. NDR, ERROR, STATUS y DPSTATUS son los bytes 0,1,2 y 3 del Data Block 5 y equivalen a bytes de información de la comunicación.

Debido a que las estaciones pasivas se configuraron de 32 bytes para el buffer de salida, se llena una base de datos interna de la estación cadenas (DB5) con los 128 bytes de las 4 estaciones, logrando subir 1024 bits que corresponden a las áreas de I/O de los S7-200, como se muestra en el campo "RECV".

En la gestión de información desde el SCADA se mostrará cómo para Profibus DP se llama desde la estación activa las áreas de memoria de las estaciones pasivas.

En este caso de estudio sólo se usaron como estaciones pasivas los S7-200, pero debido a las posibilidades de crecimiento de la empresa pueden insertarse en la red más estaciones esclavas de periferia descentralizada, que podrían tener señales de entrada y salida asignadas a otras variantes diferentes dentro del proceso de producción de aguardiente.

3.2.3 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN DE PROFIBUS FMS

Para la gestión de PROFIBUS FMS se debe tener en cuenta que esta variante de PROFIBUS sirve sólo para las estaciones activas presentes dentro de la red.

Para la configuración realizada en la Industria Licorera del Cauca, se conectan las estaciones (1)Cadenas y (2)Triblock para FMS.

Al ser ambas estaciones activas y debido a que sólo la estación (1)Cadenas también será configurada con una CP ETHERNET, ésta será la que solicite datos a la estación (2)Triblock vía ETHERNET.

Se realiza entonces la comunicación entre las estaciones (1)Cadenas y (2)Triblock, como se muestra en la figura 42.

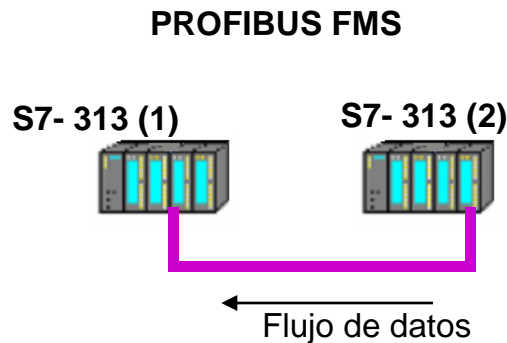


Figura 42. Conexión Profibus FMS.

Con la configuración mostrada en la figura 42 y de acuerdo con lo explicado en el **Capítulo 2. “ANÁLISIS DEL DISEÑO Y OPERACIÓN EMPLEADA PARA EL DESARROLLO DE LA RED PROFIBUS E ETHERNET, INCLUYENDO PUESTA A PUNTO DE CADA COMPONENTE DE LA MISMA”**, se tiene en las CPU's S7-300 el procesador de comunicación CP 342-5, el cual permite el intercambio de datos y el flujo de información.

Como se mencionó en los primeros ítems de este capítulo, los PLCs de la gama media de la familia de Siemens, S7 – 300, sólo pueden ser programados con el uso del Step 7 del administrador Simatic, lo que implica un completo desarrollo y configuración de la red PROFIBUS FMS con el software NET-PRO, como se explicará en el siguiente ítem.

3.2.4 ADMINISTRADOR SIMATIC Y PROFIBUS FMS

Como se explicó en el ítem “3.2.2 ACLARACIONES ANTES DE CONFIGURAR Y PROGRAMAR”, la aplicación de PROFIBUS FMS se diligencia alrededor de las estaciones (1)Cadenas y (2)Triblock, debido a que ambas son estaciones activas del bus y pueden manejar en el nivel de enlace del modelo OSI reducido, mostrado en el capítulo “1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y GESTIÓN DE LOS PROTOCOLOS PROFIBUS ETHERNET, REFERIDOS AL MODELO OSI REDUCIDO”, un control de acceso al medio Token Bus.

Cuando se realiza una configuración PROFIBUS FMS existen varios tipos de conexiones que pueden ser utilizadas para el desarrollo del proyecto se realiza un enlace FDL (Field Data Link), que permite usar los bloques AG_SEND y AG_RECV a través de la subred PROFIBUS.

Con el servicio FDL, el SIMATIC S7 ofrece funciones de comunicación para emitir y recibir datos a través de enlaces estáticos, pero a diferencia de la comunicación con funciones S7 es posible realizar configuraciones mixtas entre equipos S5 y S7 de Siemens.

Para crear un enlace es necesario realizar la configuración en el NET PRO e inicialmente se deben cargar en la raíz principal del proyecto las estaciones debidamente configuradas con las CP's Profibus, como se muestra en la figura 43.



Figura 43. Conexión Profibus FMS.

Posteriormente se abre el NET PRO desde el administrador Simatic, y se conectan las CPs 342-5 al bus Profibus, resultando la configuración que se muestra en la figura 44.

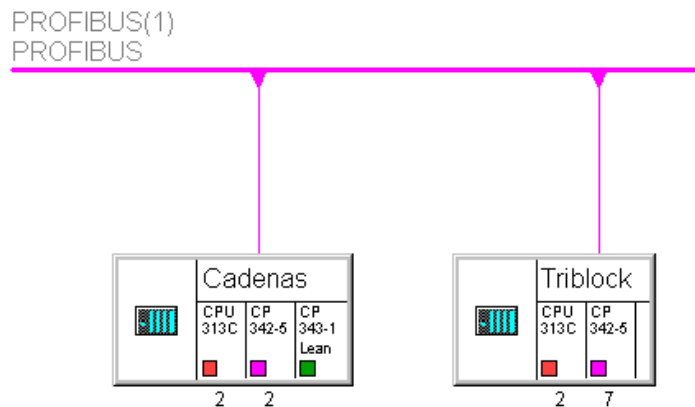


Figura 44. Conexión PROFIBUS FMS de NETPRO.

Una vez realizada la configuración se procede a realizar los enlaces correspondientes para establecer la comunicación FMS entre las estaciones participantes de esta red.

Los enlaces deben ser de tipo FDL connection, ya que entre equipos Siemens se usa este enlace. Para equipos no Siemens se selecciona FMS connection, quedando una configuración como se muestra en la siguiente figura:

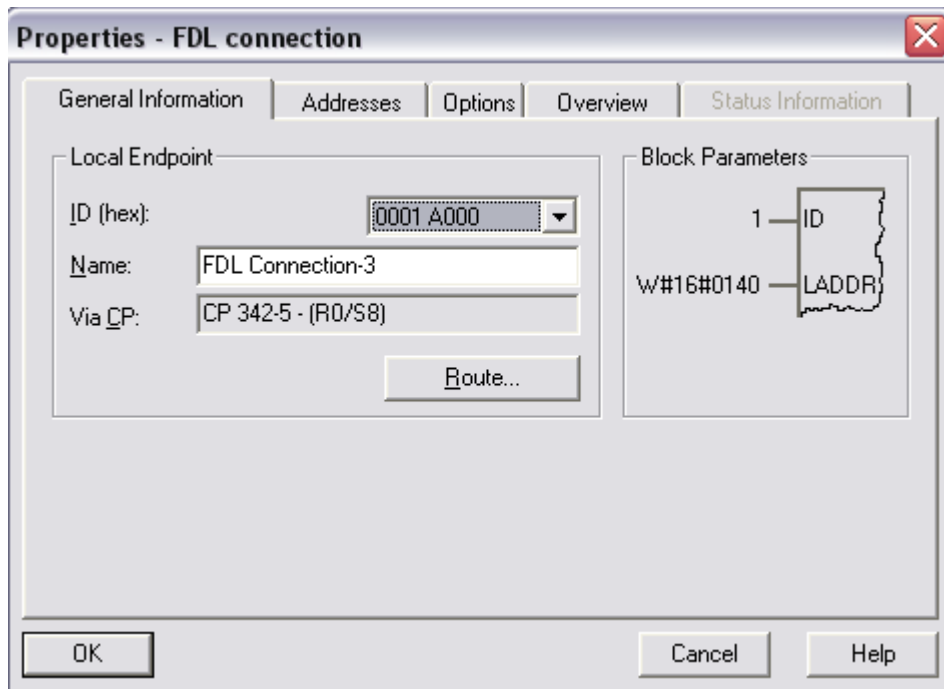


Figura 45. Conexión FDL

De la anterior figura se usa sólo la información de "Block Parameters", en especial el campo de LDDR, debido a que se usa para identificar la dirección de inicio de la CP.

Esta dirección es usada en la llamada que se hace desde la estación Cadenas a la estación Triblock, usando el siguiente código:

```
CALL "AG_RECV"
ID          :=1
LADDR      :=W#16#140
RECV      :=P#DB4.DBX6.0 BYTE 14
NDR       :="DB_ProfRec_Triblock".NDR
ERROR     :="DB_ProfRec_Triblock".ERROR
STATUS    :="DB_ProfRec_Triblock".ESTADO
LEN       :="DB_ProfRec_Triblock".LEN
```

La siguiente tabla explica los parámetros del bloque de recibo:

Parámetro	Declaración	Tipo	Valores posibles	Comentario
ID	INPUT	INT	1,2 hasta 16 (S7-300) 1,2 hasta 32 (S7-400)	Corresponde al número del enlace en el editor NETPRO
LADDR	INPUT	WORD		Corresponde a la dirección de inicio de la CP en el editor NETPRO
RECV	INPUT	ANY		Especifica el área y longitud de los datos a recibir
LEN	OUTPUT	INT	1,2,...240	Especifica el número de bytes que se han recibido
NDR	OUTPUT	BOOL	0: -1: new data	Este parámetro indica si los nuevos datos fueron recibidos.
ERROR	OUTPUT	BOOL	0: -1: error	Si este parámetro está en 1 indica que hay un error
STATUS	OUTPUT	WORD		Código que indica el estado actual del trabajo

Tabla 4. Parámetros del bloque AG_Receive.

Con este código se recibe la información, pero el envío debe hacerse desde la estación Triblock, usando el siguiente código:

```
CALL "AG_SEND"
ACT :=TRUE
ID :=1
LADDR :=W#16#140
SEND :=P#DB6.DBX0.0 BYTE 14
LEN :=14
DONE :=DB6.DBX13.1
ERROR :=DB6.DBX13.2
STATUS:=DB6.DBW16
```

La siguiente tabla explica los parámetros del bloque de llamada:

Parámetro	Declaración	Tipo	Valores posibles	Comentario
ACT	INPUT	BOOL	0,1	Si ACT=1, se realiza el envío de datos
ID	INPUT	INT	1,2 hasta 16 (S7-300) 1,2 hasta 32 (S7-400)	Corresponde al número del enlace en el editor NETPRO
LADDR	INPUT	WORD		Corresponde a la dirección de inicio de la CP en el editor NETPRO
SEND	INPUT	ANY		Especifica el área y longitud de los datos a transferir
LEN	INPUT	INT	1,2, hasta 240	Especifica el número de bytes que se van a transferir. Los primeros 4 corresponden al encabezamiento y los restantes

				al los datos. Máximo 240. Por lo tanto este parámetro debe ser ≥ 5
DONE	OUTPUT	BOOL	0: -1	Este parámetro indica si el trabajo fue completado con o sin errores.
ERROR	OUTPUT	BOOL	0: -1: error	Si este parámetro está en 1 indica que hay un error
STATUS	OUTPUT	WORD		Código que indica el estado actual del trabajo

Tabla 5. Parámetros del bloque AG_Send.

3.3 PROGRAMACIÓN Y GESTIÓN DE ETHERNET

Con base en los conceptos teóricos explicados en el capítulo 1, a continuación se presenta la configuración de la red Ethernet en el proyecto desarrollado.

3.3.1 ADMINISTRADOR SIMATIC Y ETHERNET

Para realizar esta configuración se necesita el software NETPRO y se debe adicionar una estación PC Simatic, la cual es configurada con un OPC Server y la tarjeta de red del equipo que se llama en nuestro caso IE General, como se puede ver en la figura 46.

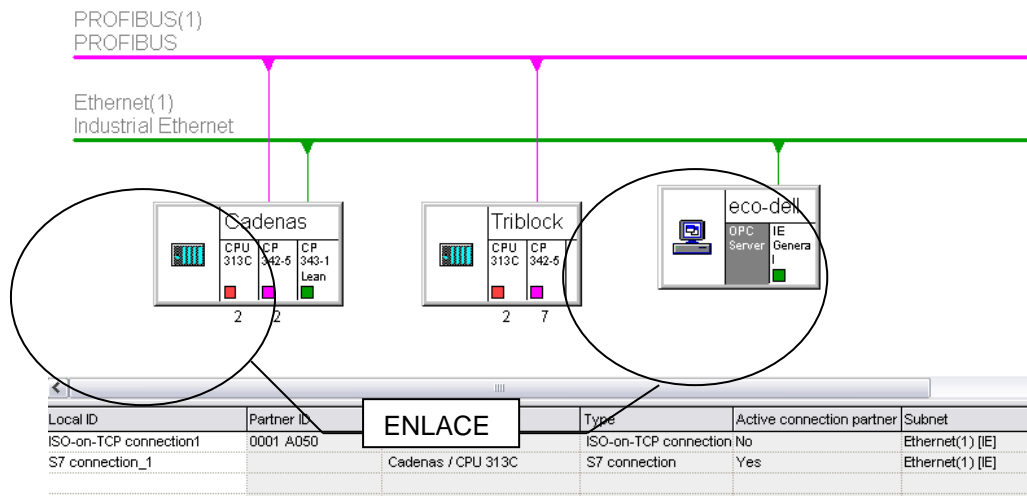


Figura 46. Configuración Ethernet

La estación PC remota se llama “eco-dell” y se configura con dos enlaces a la estación cadenas; el primer enlace es:

1. ISO-on-TCP connection1, que realiza la conexión TCP/IP como se muestra en la siguiente figura:

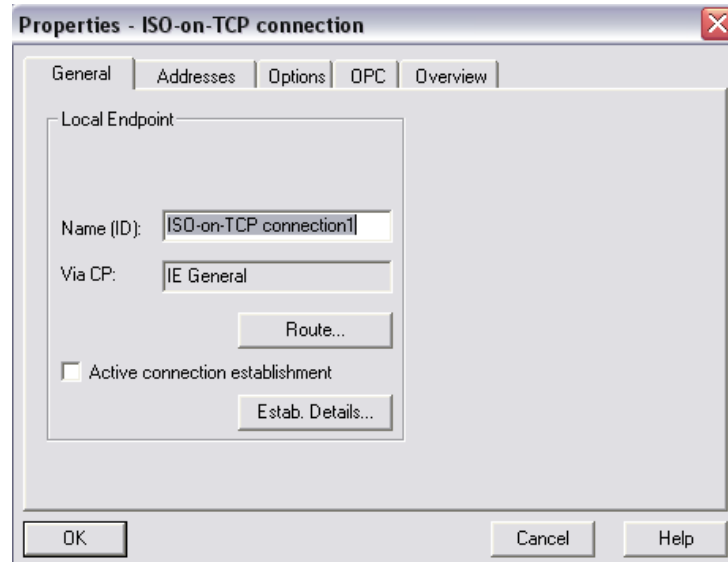


Figura 47. Conexión TCP/IP

2. S7 connection, que permite el intercambio de datos vía OPC. Las propiedades de esta conexión se muestran en la figura 48.

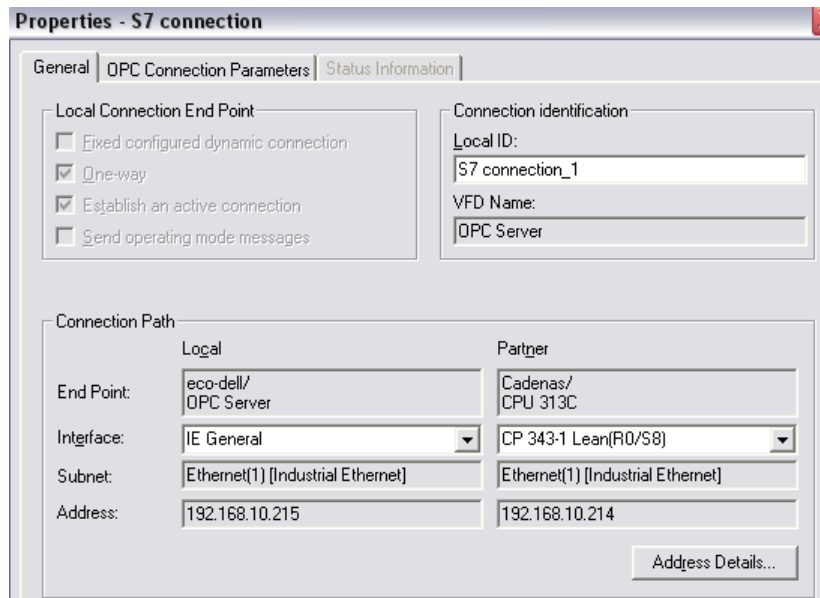


Figura 48. Conexión S7 Connection1

A partir de los anteriores enlaces se configura el OPC Server Simatic Net, que debe instalarse bajo Windows en la estación PC “eco-dell”.

3.3.2 CONFIGURACIÓN DEL SIMATIC NET EN LA ESTACIÓN PC

Cuando se realiza la configuración Ethernet desde el administrador Simatic, en la carpeta donde se guarda el proyecto aparece un archivo de extensión “.pxd”; este archivo se importa cuando se abre el simatic Net por primera vez con el Station Configurator Editor que aparece en los programas del menú Inicio de Windows.

Al cargar este archivo en el station configurator editos aparecen el OPC Server y la IE General configuradas en el NETPRO, como se muestra en la siguiente figura:

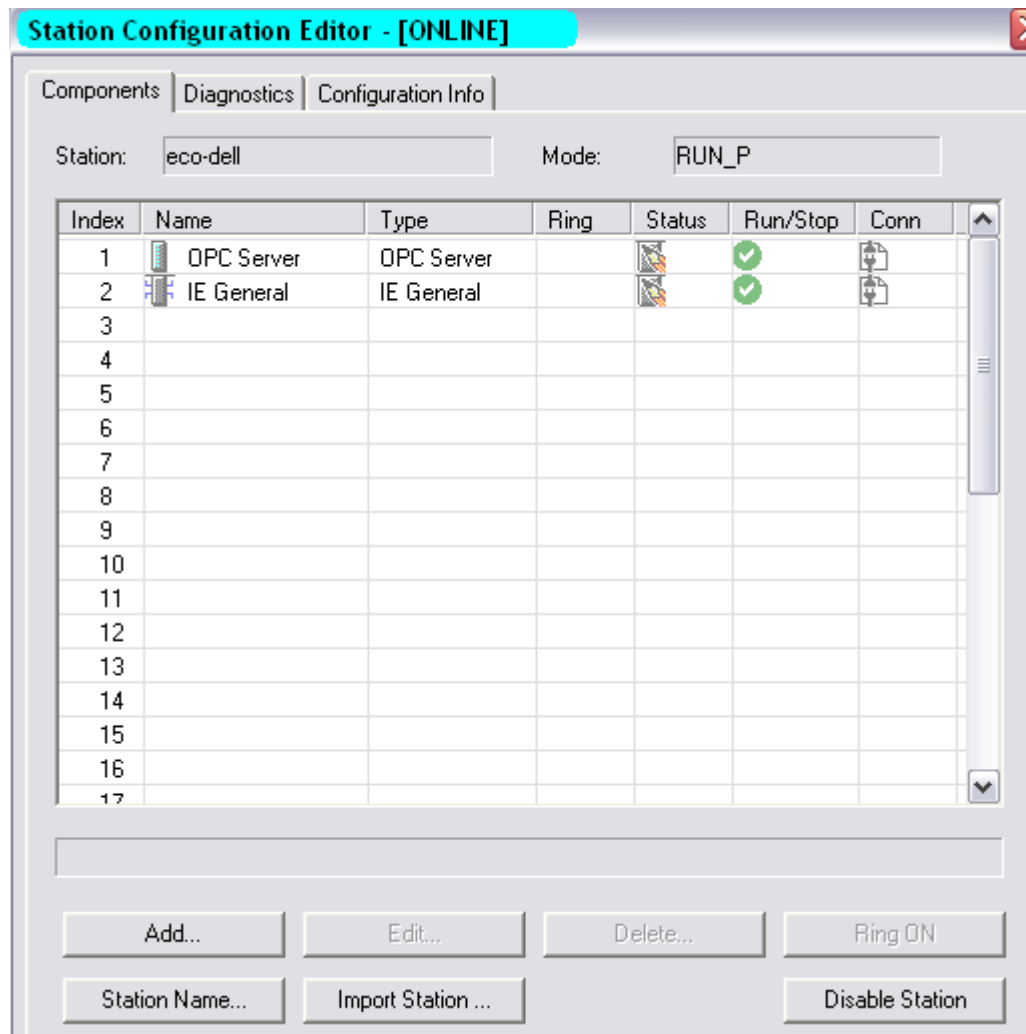


Figura 49. Configuración de la Estación eco-dell

Si el estado es Run, significa que la estación está lista y configurada para ser accedida por un cliente OPC. La conexión desde iFIX se detalla en el Anexo D.

Para llegar a los aportes de la combinación profibus – ethernet utilizando la descripción de la gestión de información para la comunicación del software ifixtm de intellution[®] y el entorno de control de siemens refierase al anexo E.

4. DESARROLLO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN

4.1 INTRODUCCION

En el contenido de este capítulo se muestra de una forma clara y detallada el manejo de la interfaz hombre máquina desarrollada con el software de supervisión IFIX® de Intellution.

4.2 SISTEMA DE SUPERVISIÓN

El sistema supervisorio para el proceso de envasado de la Industria Licorera del Cauca es realizado en el WorkSpace del software de supervisión IFIX® de Intellution. Esta aplicación permite visualizar un proceso completo en una interfaz gráfica montada sobre un computador caracterizando las funciones del mismo.

Para la correcta realización del sistema supervisorio y antes de desarrollar la interfaz Hombre-Máquina se debe empezar con la elaboración y configuración de la Base de Datos del sistema, la cual constituye el “motor” para generar la aplicación HMI; esto con el fin de presentar de una forma clara la información del proceso en el monitor del PC. Habiendo terminado los aspectos anteriormente mencionados se procede a la elaboración de la interfaz con el usuario.

4.3 INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA

Para el desarrollo de la aplicación se parte de la idea de generar una interfaz hombre-máquina de forma dinámica, es decir, que permita visualizar el estado y comportamiento de los equipos en tiempo real para que el operario se familiarice con el proceso y pueda detectar de una manera más eficiente las posibles fallas que se puedan presentar. Para ello se han realizado una serie de imágenes previas, que en conjunto con los elementos que proporciona el WorkSpace de IFIX®, se relacionan con la base de datos generada anteriormente y se establecen las animaciones indicadas para crear las ventanas con el objetivo de realizar un HMI dinámico.

Para la representación de las máquinas se realizó un conjunto de modelos en el software de diseño *SolidEdge*, que es una herramienta que permite realizar Figuras en 3d con el fin de generar realismo en las mismas. A partir de estos modelos, se obtuvieron las imágenes que fueron importadas a IFIX® para luego generar la animación respectiva en cada máquina. En cada ventana se agregan elementos que proporciona el software de supervisión y que ayudan a establecer los puntos necesarios que deben visualizarse dentro de un supervisorio, como lo son el sistema de navegación, el sistema de alarmas, los indicadores, las etiquetas con los nombres de las funciones y otros controles.

A continuación se presenta la descripción del sistema supervisorio teniendo en cuenta sus funciones y forma de uso.

4.3.1 ADQUISICION DE VARIABLES

En este punto se realizó un desarrollo bastante importante ya que cada maquina tenía una cantidad da variables muy superior a la permitida por la licencia de 75 tags adquirida por la Industria Licorera del Cauca.

Con el fin de subir la mayor cantidad de variables al sistema de supervisión, se utilizó una herramienta llamada el “DIGITAL REGISTER”, el cual es una función que permite adquirir hasta 1024 variables en un a sola tag real en la base de datos de IFIX®. Básicamente con lo anterior, se están adquiriendo todas las señales de entradas y salidas discretas implementadas en los PLC's de las máquinas dispuestas para su operación. En el anexo A se especifican detalladamente y por módulos, las diferentes variables obtenidas.

4.3.1.1 CONFIGURACION DE TAGS

Después de haber configurado el Driver de IFIX® SI7 (ver Anexo D), se procede a la carga de tags en la base de datos del sistema de supervisión. Este proceso se explica a continuación:

En primer lugar se inicia la carga de IFIX®; posteriormente, cuando abra el WorkSpace; desde la herramienta System Tree se da click sobre el item “Database Manager”, el cual abre la base de datos en donde se crean las tags. Al dar doble click sobre alguno de los campos de la misma, se muestra la ventana que indica los diferentes tipos de tags que se pueden configurar; en él se encuentra la opción “DIGITAL REGISTER”. En la aplicación se configuran 2 DIGITAL REGISTER; uno, para obtener los datos de la red PROFIBUS DP y otro para PROFIBUS FMS. Con el uso de esta herramienta para la múltiplexación de tags, surgió otro problema ya que tiene una serie de limitaciones que no permiten la generación de alarmas e históricos dificultando también la realización de las animaciones en las pantallas. Para ello, se crearon algunas tags en modo simulación que se igualan al valor de la variable dentro del DIGITAL REGISTER en un temporizador cargado en cada una de las pantallas de la aplicación. Esta igualación se realiza en una lógica en visual Basic. En la aplicación se crearon las tags mostradas en el anexo F, las cuales se consideró según el estudio de las máquinas, eran las que más afectaban en su operación.

Las tags tipo “CA” son funciones de cálculo, las cuales permiten realizar operaciones entre tags; en la aplicación se cargan para realizar las animaciones junto a la lógica de programación en Visual Basic permitiendo generar un monitoreo dinámico de las maquinas.

La configuración anterior se explica detalladamente en el anexo F.

4.3.2 NAVEGACIÓN

Al ingresar al sistema, la aplicación muestra por defecto la ventana “inicio” (ver Figura 50), en la cual se encuentra plasmado los productos de la Industria Licorera del Cauca; es una imagen importada al WorkSpace, junto con 4 botones y un campo que al dar click sobre él revela la información detallada de los desarrolladores del proyecto. El botón con el nombre “Login”, accede a una interfaz que contiene el nombre de los diferentes usuarios que manipularán el sistema y un campo de texto en donde de deberá escribir la contraseña asignada a cada uno de ellos; esto se explicará más detalladamente en el ítem de seguridad. El botón con el nombre “Salir” permite abandonar la aplicación y los botones etiquetados con “Envasado” y “Preparación” permiten acceder a estas áreas según sea el caso. Los botones y el campo de texto son funciones que el WorkSpace del IFIX® permite utilizar para complementar las ventanas y aumentar el alcance de visualización de las mismas.

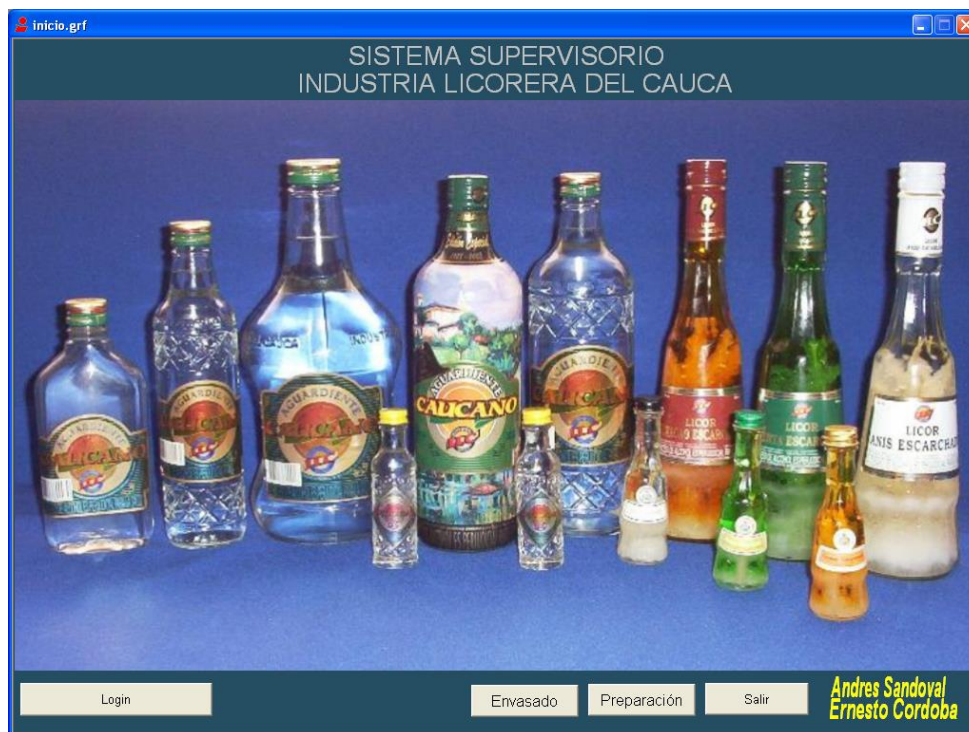


Figura 50. Ventana inicio

En este capítulo solo se trabajará con el proceso de envasado ya que a él se le ha montado la red industrial Profibus-Ethernet estudiada en los capítulos 1,2 y 3 de este proyecto.

Después de haber ingresado el nombre del usuario y la clave correcta, la aplicación abre la ventana “menú_principal” (ver Figura 51), en la que se muestra el proceso de envasado en

general; esto con el fin de que el usuario tenga una vista global de toda la línea de envasado y pueda llegar de una manera más rápida a su destino. Esta ventana está compuesta por una serie de gráficos que representan las máquinas Depaletizadora, Triblock, Etiquetadora, Devider y Encartonadora, aunque ellos no muestran en detalle su funcionamiento; por esto, se realizó una configuración de tal manera que al dar click sobre los gráficos que representan las mismas se accede a una ventana donde se muestra en detalle su funcionamiento.

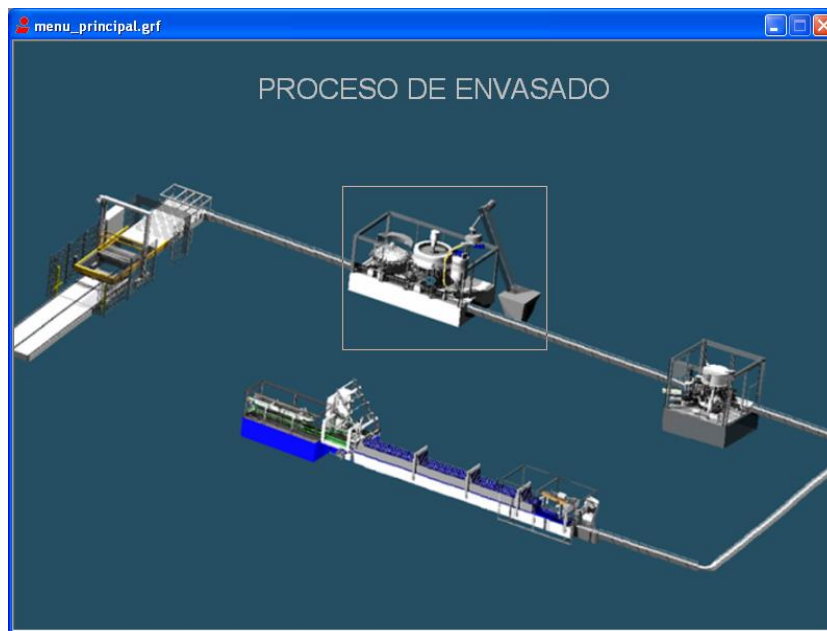


Figura 51. Ventana menú_principal


4.3.2.1 COMPONENTES DE LOS MÍMICOS

Cada mímico al que se accede después de dar click en alguno de los gráficos mostrados en la Figura 51 posee una simulación en tiempo real de los movimientos de la máquina y el estado de los sensores, un menú de navegación, un sistema de avisos de alarma y una tabla que muestra el estado de las alarmas de todas las máquinas. En este módulo el usuario puede conocer además del estado del sensor la hoja de vida del mismo con un histórico que indica su funcionamiento a través del tiempo dando click sobre el indicador ubicado en la posición en que se encuentra realmente (Ver Figura 62) y un contador para verificar el número de botellas que entran y salen en cada máquina.

En la Tabla 7 están indicados los elementos que componen las diferentes ventanas que monitorean el funcionamiento de las máquinas de envasado de la ILC y que permiten desarrollar el sistema de navegación por la aplicación.

Tabla 7. Componentes de ventana

ELEMENTO	FUNCION
	INGRESAR A LA VENTANA DE INICIO
	INGRESAR A LA MÁQUINA DEVIDER
	INGRESAR A LA MÁQUINA LLENADORA
	INGRESAR A LA MÁQUINA ETIQUETADORA
	INGRESAR A LA MÁQUINA ENCARTONADORA
	INGRESAR AL MÓDULO DE LOGIN Y PASSWORD
	AL MÓDULO DE TENDENCIAS DE LA DEPALETIZADORA
	INGRESAR AL MÓDULO DE ALARMAS
	INGRESAR AL MÓDULO DE HISTÓRICOS DE LA DEPALETIZADORA
	INGRESAR AL MÓDULO DE HISTÓRICOS DE LA DEPALETIZADORA
	GENERA AVISO DE ALARMA
	CONTADOR DE BOTELLAS
	TABLA DE ALARMAS
	INDICADOR DE HORA Y FECHA

	INDICA EL ESTADO DEL SENSOR Y ACCEDA A LA HOJA DE VIDA DEL MISMO
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

Teniendo claro cuál es la función de cada uno de los componentes de las ventanas, desde el ítem 4.3.1.2, se muestran las figuras que representan a cada máquina del proceso de envasado.

4.3.2.2 MÓDULO DEPALETIZADOR

Siguiendo con el esquema de la línea de envasado, la primer máquina graficada es la depaletizadora la cual se muestra en la Figura 52.

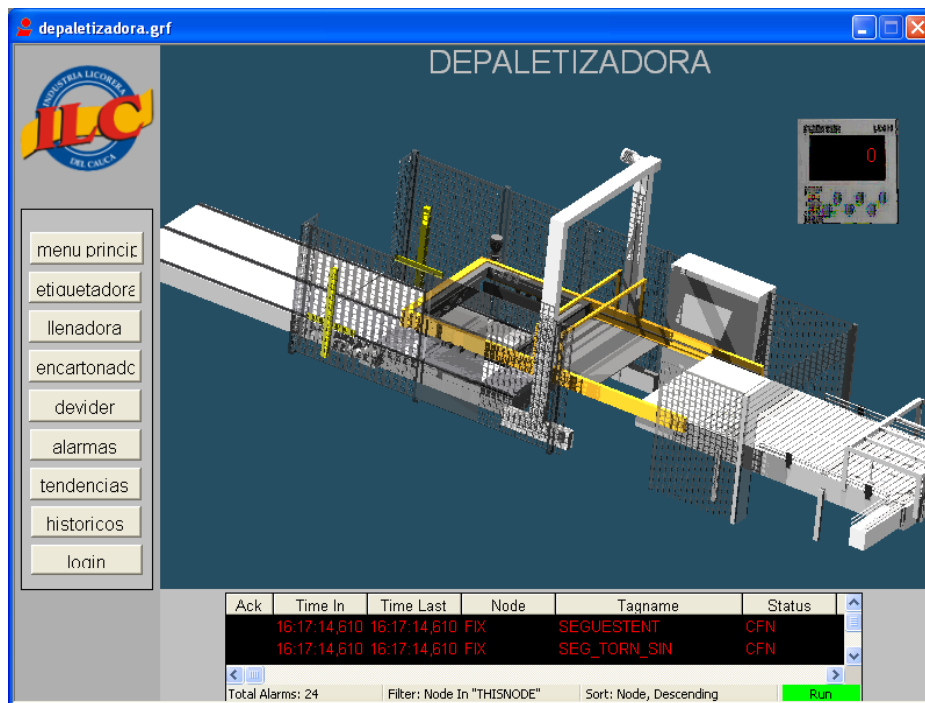


Figura 52. Ventana depaletizadora

4.3.2.3 MÓDULO TRIBLOCK

Después de la depaletizadora el producto (aguardiente caucano) ingresa en la máquina Triblock que, como ya se ha explicado en capítulos anteriores, tiene la función de lavar, llenar y tapar. Al dar click en el gráfico de la misma que está en la ventana “menú principal”, se accede a la ventana “llenadora_3d” la cual muestra en detalle su funcionamiento y se muestra en la Figura 53.

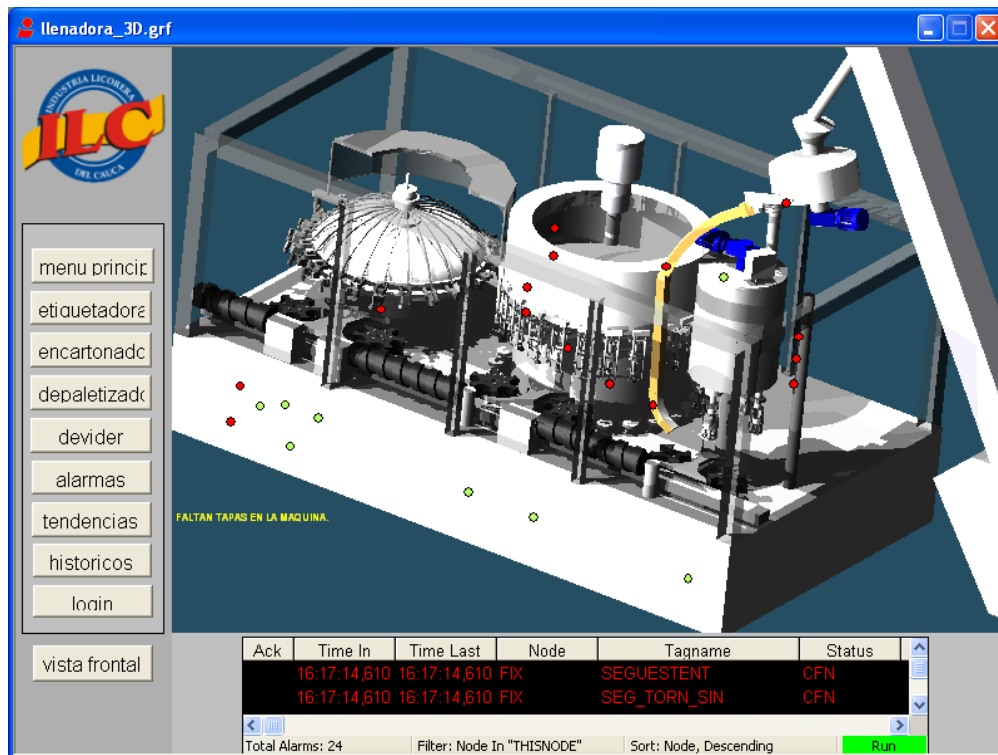


Figura 53. Ventana llenadora_3d

La ventana “llenadora_3D” tiene una aplicación más que permite observar la máquina desde una vista frontal (ver Figura 54). A esta ventana se accede presionando el botón nombrado “vista frontal” en la parte inferior izquierda de la pantalla.

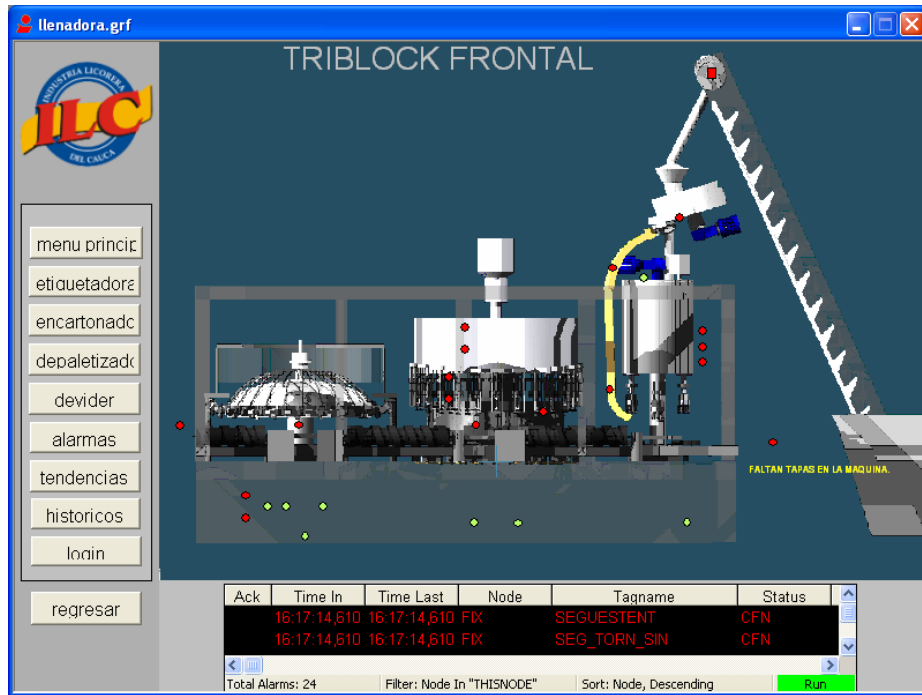


Figura 54. Ventana llenadora

La ventana de la Figura 54 posee los mismos controles que la ventana mostrada en la Figura 53 exceptuando un botón de nombre “regresar” el cual al dar click sobre él cierra la ventana mostrando de nuevo la ventana “llenadora_3D”.

4.3.2.4 MÓDULO ETIQUETADORA

Después que la botella ha sido lavada, llenada y tapada por la máquina anterior, ésta pasa al módulo de etiquetado hecho por la máquina Etiquetadora. En la Figura 55 se muestra la ventana a la que se accede dando click sobre la imagen de la Etiquetadora en la ventana “menú principal”.

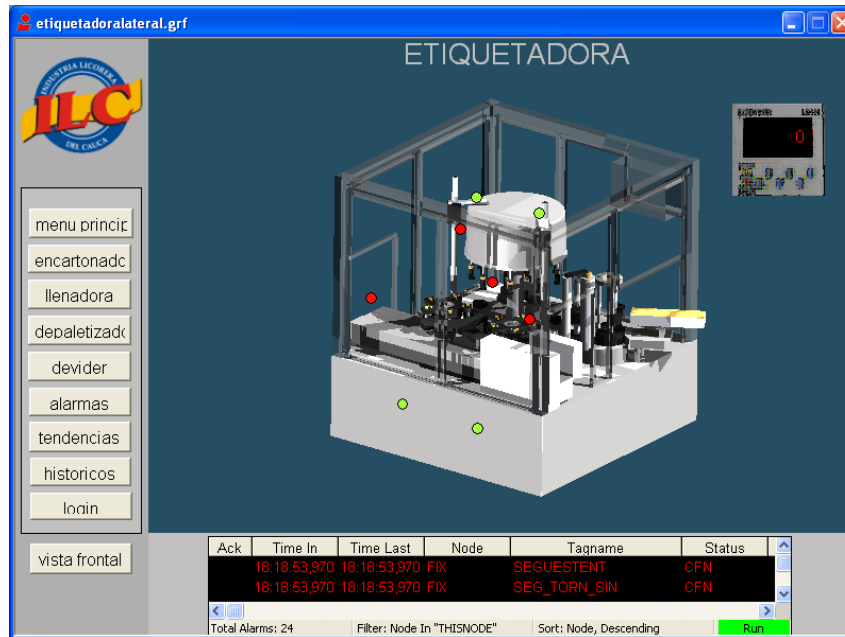


Figura 55. Ventana etiquetadoralateral

Esta ventana también tiene la opción de generar una nueva ventana (etiquetadora_real) con una vista frontal de la máquina (ver Figura 56) dando click sobre el botón nombrado “vista frontal”.



Figura 56. Ventana etiquetadora_real

La ventana de la Figura 56 posee los mismos controles que la ventana mostrada en la Figura 55 exceptuando un botón de nombre “regresar”, el cual al dar click sobre él cierra la ventana mostrando de nuevo la ventana “etiquetadoralateral” y un tablero que tiene una serie de indicadores visuales para el operario (ver Figura 57).



Figura 57. Tablero de indicadores

4.3.2.5 MÓDULO DEVIDER

Después del etiquetado, el producto se encarrila hacia la máquina Devider la cual enruta el producto según la presentación que se maneje en una serie de carriles para que posteriormente sea empacado. Cuando la botella ha sido etiquetada, ésta pasa por medio de la banda transportadora en un solo carril a la máquina Devider. En la Figura 58 se muestra la ventana que la simula y a la que se accede dando click sobre la imagen del Devider en la ventana de menú principal.

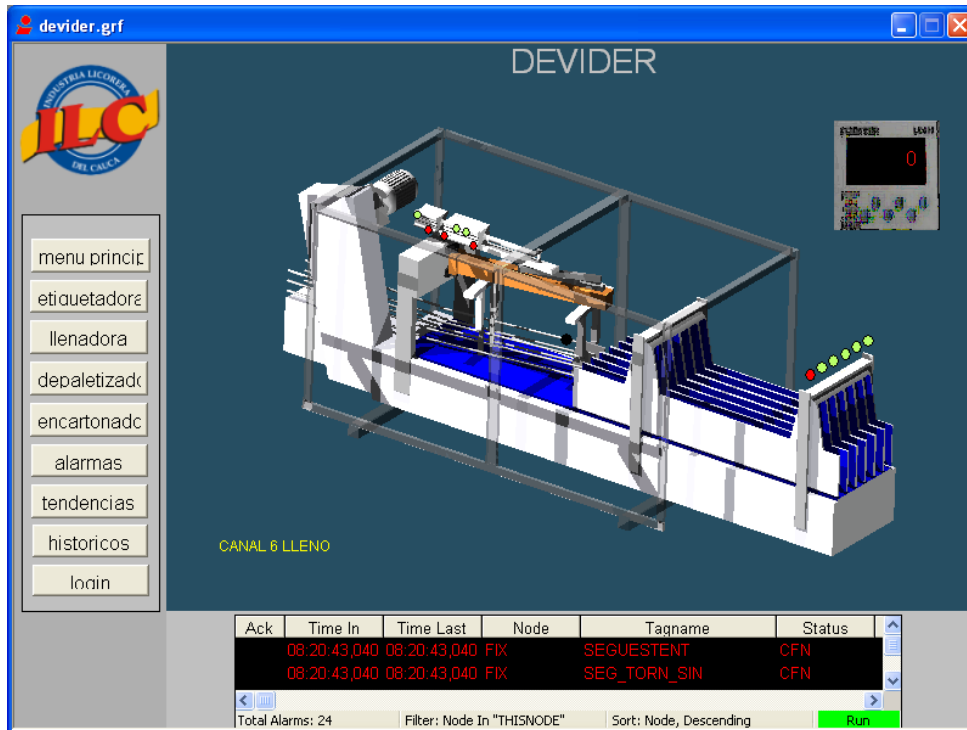


Figura 58. Ventana devider

4.3.2.6 MÓDULO ENCARTONADORA

Como se había mencionado antes, después de la acción del Devider, se procede al empaqueo del producto, lo cual hace la máquina encartonadora que se simula en la ventana “encartonadora” mostrada en la Figura 59.

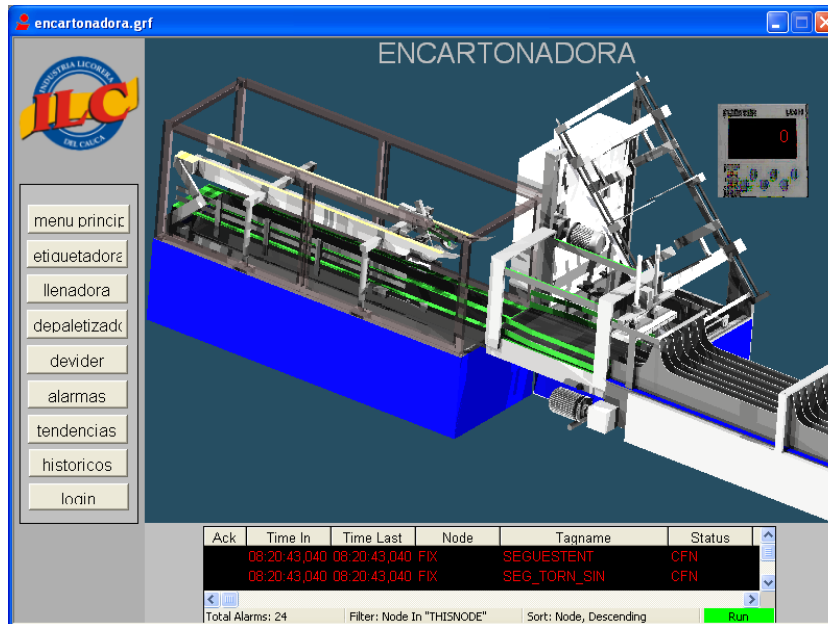


Figura 59. Ventana encartonadora

En la ventana de la Figura 59, el mímico pierde visibilidad al momento de la animación en la parte donde se realiza la compactación de la caja. Por esto se tiene la opción de ampliar este segmento dando click sobre esta parte (ver Figura 60).



Figura 60. Ampliación de la compactación de la caja

4.3.3 ESTADO DE SENSORES

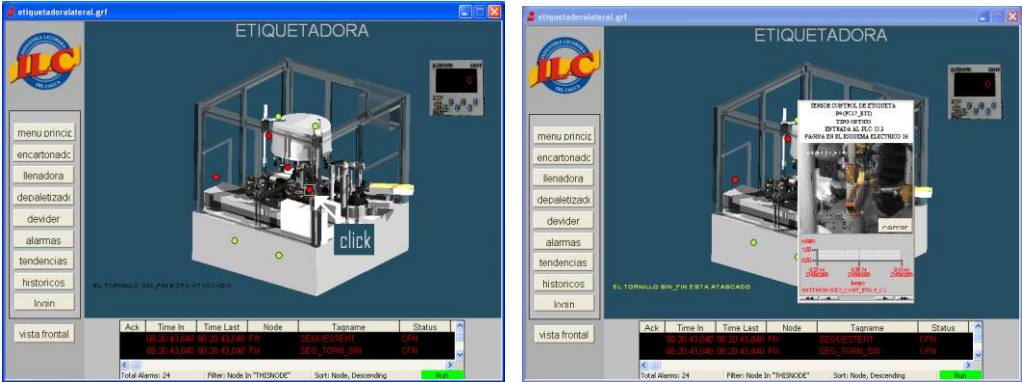
Para representar el estado de los sensores en las máquinas, en cada una de las ventanas anteriormente explicadas se tomaron indicadores de luz (ver Figura 61) que cambian de color

cuando la variable que se le asigna (sensor) cambia de estado. Para este proceso se utilizó el código de colores recomendado por la norma ISA SP5.



Figura 61. Ventana de Visualización de la Máquina Encartonadora

También se puede observar la hoja de vida del sensor, como ya se había mencionado antes, dando click sobre el indicador que simboliza al mismo. En esta hoja de vida se especifica la foto, el nombre, el símbolo, el tipo, la entrada al PLC, la página en el esquema eléctrico y un histórico que lleva registro del cambio de estado del sensor en el tiempo. (ver Figura 62).



SENSOR CONTROL DE ETIQUETA
B4 (FC17_ETI)
TIPO OPTICO
ENTRADA AL PLC: I3.2
PAGINA EN EL ESQUEMA ELECTRICO 16

estado
1,00
0,00

9:19:21 9:25:51 9:34:21
27/09/2006 27/09/2006 27/09/2006

tiempo
HEALTHNODES_CONT_ETI0_F_OV

Figura 62. Ventana de Acceso a la hoja de vida de los sensores

4.3.4 VISUALIZACIÓN DEL CONTEO DE BOTELLAS

En cada una de las ventanas que visualizan las máquinas del proceso de envasado de la Industria Licorera del Cauca se implementó un contador (ver anexo C) en el cual se puede mirar el número de botellas y de pallets (en el caso de la depaletizadora) que pasan por la máquina. Este indicador se puede ver en la Figura 63 y se resetea en el momento en que la máquina es apagada.



Figura 63. Elemento de Visualización de Conteo de botellas

4.3.5 TENDENCIAS

En la ventana Tendencias se realiza un monitoreo de los estados de los motores que generan movimiento en las máquinas (motores de movimiento del cabezal y del carro en la Depaletizadora, motor del Triblock y la Lavadora, motor de la Etiquetadora, motor del Devider y motor de la Encartonadora). Para lo cual la ventana posee 5 elementos tipo Chart, uno para cada máquina, los cuales muestran el valor actual (estado) de las variables mencionadas a través del tiempo. Además posee una tabla de visualización de estado de alarmas y una barra de navegación por la aplicación (ver Figura 64).

Para acceder a las tendencias, cada una de las ventanas de visualización de las máquinas posee un botón etiquetado como “tendencias” dentro de la barra de navegación que al ser presionado habilita y muestra la ventana.

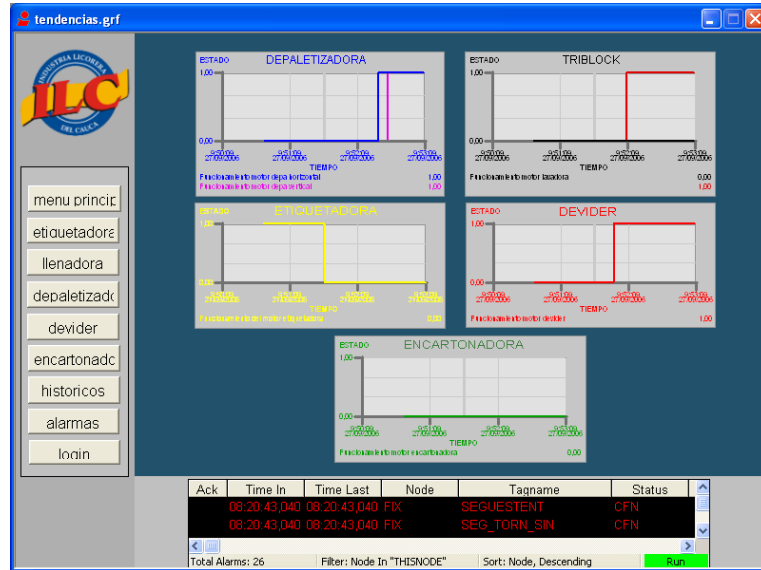


Figura 64. Ventana de Visualización de Tendencias.

4.3.6 ALARMAS

Cada una de las ventanas de visualización de las máquinas anteriormente explicadas posee un botón etiquetado como “alarmas”. Este botón permite acceder a la ventana de “Alarmas” mostrada en la Figura 65, la cual posee un sumario de alarmas en donde se genera un aviso cada vez que haya una informalidad en el normal funcionamiento de las máquinas y a la cual se le hacen operaciones de reconocimiento según la seguridad previamente establecida por el programador y un contador de alarmas el cual se incrementa cada vez que se produzca alguna de ellas.

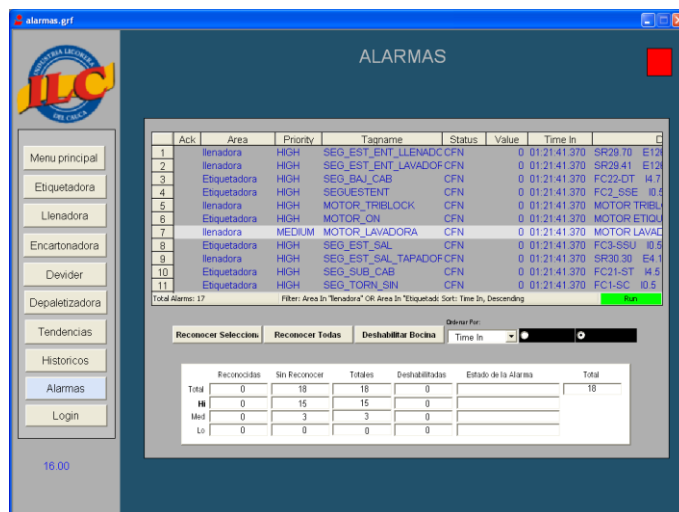


Figura 65. Ventana Alarmas.

4.3.6.1 RECONOCIMIENTO DE ALARMAS

Para reconocer alarmas sólo se debe hacer doble click en la fila de la alarma en el Sumario de Alarmas que se quiere reconocer o haciendo uso de los botones nombrados “Reconocer Seleccionada” o “Reconocer Todas”.

4.3.6.2 ORGANIZACIÓN DE ALARMAS

La ventana de alarmas posee la opción de organizar las alarmas en el sumario de una forma ascendente o descendente según sea el caso (ver Figura 66)



Figura 66. Opción para organización de alarmas.

4.3.7 HISTÓRICOS

El principal objetivo de la ventana de históricos es la visualización de datos históricos; aquí la información puede ser almacenada en archivos y recuperada posteriormente para generar reportes o para conocer el estado de las variables en tiempos remotos. Cada una de las ventanas de visualización de las máquinas anteriormente explicadas posee un botón etiquetado como “históricos”. Este botón permite acceder a la ventana de Históricos mostrada en la Figura 67.

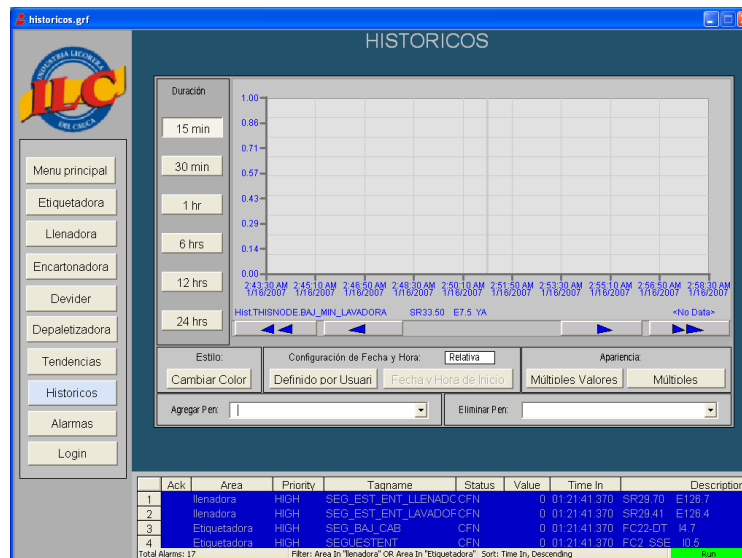


Figura 67. Ventana de Históricos.

En esta ventana se visualizan los estados de los motores de las máquinas a través del tiempo, almacenando datos que son de gran importancia para reconocimiento de posibles fallas. Está

compuesta por un sistema de navegación por la aplicación, un Historical Chart que permite obtener los datos históricos de funcionamiento de las máquinas, y una tabla de alarmas que permite estar observando en qué momento se presenta alguna de ellas.

4.3.8 SEGURIDAD

4.3.8.1 LOGIN

Teniendo en cuenta que no todas las opciones pueden ser operadas por cualquier usuario, los elementos de la aplicación se encuentran bajo ciertas condiciones de seguridad las cuales son asignadas haciendo uso de diferentes tipos de usuario con algunos o todos los privilegios. La Figura 6868 muestra la caja a la cual se accede al dar click sobre el botón “Login” y en la cual se pueden registrar en el sistema los posibles tipos de usuarios permitidos.

La operación de esta caja de diálogo está basada en la elección del usuario deseado los cuales han sido predeterminados por el programador y luego escribir la respectiva contraseña en el campo que le corresponde. Por último se da click en el botón “Login” para registrar el usuario.

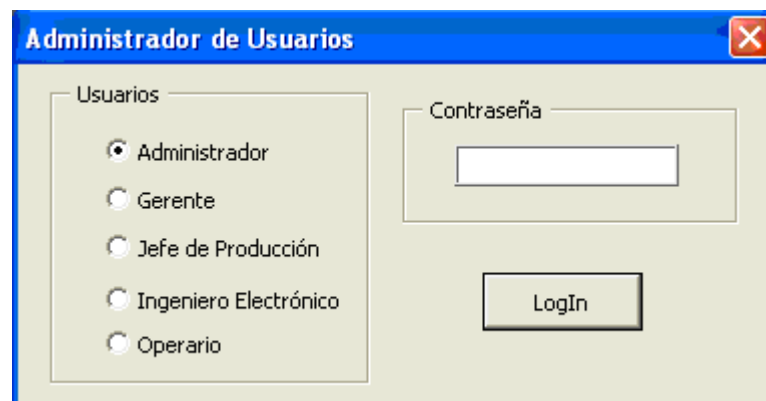


Figura 68. Login Usuarios.

Cada uno de los usuarios programados tienen diferentes permisos para operar la aplicación, esto con el fin de evitar la manipulación indebida del sistema.

Existe un usuario etiquetado como Administrador. Básicamente este usuario se ha configurado con todos los permisos posibles dentro del IFIX; tiene la capacidad de salir y entrar a la aplicación, reconocimiento de alarmas, acceso al “System Configuration”, programación en el editor de Visual Basic, edición de las pantallas, navegación por la aplicación, acceso a históricos tendencias y reportes y configuración de drivers.

Por petición de la empresa caso de estudio; una persona debía tener acceso al manejo de todos los permisos, ya que vendrían desarrollos posteriores en base a la aplicación montada. Por esto, se creó un perfil de la persona mas capacitada para este tipo de trabajo llegando al usuario etiquetado como “Ingeniero Electrónico”, el cual tiene los mismos permisos que el

usuario Administrador con la diferencia que la contraseña para el Administrador es la que el IFIX coloca por defecto (admin) para evitar en algún caso remoto que todos los usuarios olviden su contraseña y no puedan operar la aplicación. La contraseña configurada para Ingeniero Electrónico es "inge", siendo ésta muy corta y fácil de recordar.

El usuario etiquetado como "Jefe de Producción" se le han denegado la mayoría de permisos y solo tiene configurados algunos como la navegación por la aplicación, el acceso a reportes y la visualización de históricos y alarmas. La contraseña es "jefe" y no puede hacer acciones como salir de la aplicación o programar directamente en ella.

Por último y según las características con que se estableció la aplicación la cual solo se subirían y se mostrarían variables de producción, se tienen dos usuarios (Gerente y Operario), los cuales solo tienen permiso para visualización de la aplicación. La idea es que en desarrollos posteriores, el usuario "Gerente" tenga la posibilidad de acceder a reportes pero configurados a su conveniencia.

4.3.8.2 ERRORES FRECUENTES

Todos los posibles errores y acciones no permitidas son presentadas en este apartado, clasificadas en tres categorías: "Errores en el registro de usuarios y prohibiciones por privilegios de seguridad"

En el momento de hacer el registro de un usuario hay dos posibles errores que pueden aparecer. El primero de ellos es referente al ingreso erróneo de la contraseña de usuario, tal como se muestra en la Figura 69.

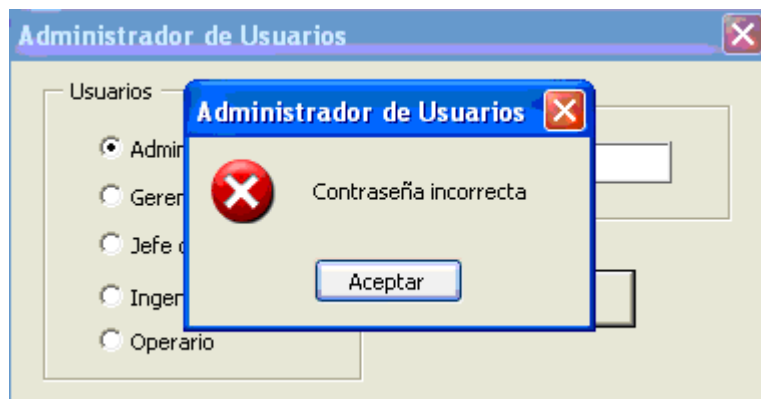


Figura 69. Contraseña incorrecta.

Otro error es por el intento de ingresar al sistema con un usuario que está actualmente registrado. El aviso de error de muestra en la Figura 70.

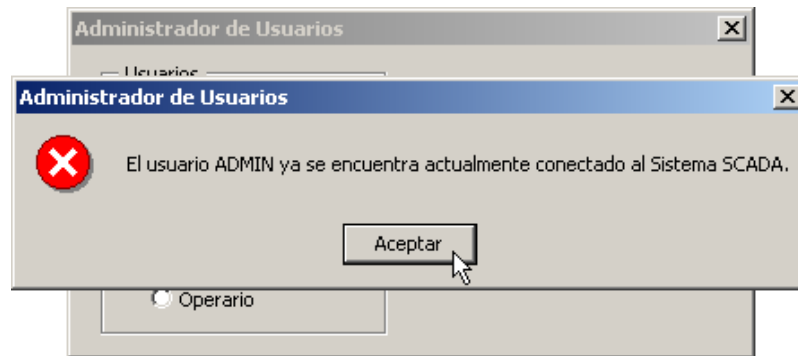


Figura 70. Aviso de usuario ya registrado

4.3.9 EJECUCIÓN DEL SISTEMA SUPERVISORIO

Como se había mencionado en apartados anteriores, la aplicación empieza por defecto con la ventana “inicio”, pero para ello se debe realizar una configuración directamente en el WorkSpace de IFIX®, la cual se muestra en la Figura 71 y 72 y se explica en los siguientes pasos:

Paso 1: En la barra de menú del WorkSpace de IFIX®, acceder a la herramienta WorkSpace y dar click sobre la opción “User preferens”.

Paso 2: Acceder a la opción “General” y habilitar las opciones “Start WorkSpace in Run mode y Full Screen in Run mode” tal como se muestra en la Figura 71.

Paso 3: Elegir dentro de la opción “StartUp Pictures” las gráficas que se cargarán en el momento en que se inicie el WorkSpace. En nuestro caso la ventana de “inicio” (ver Figura 72)

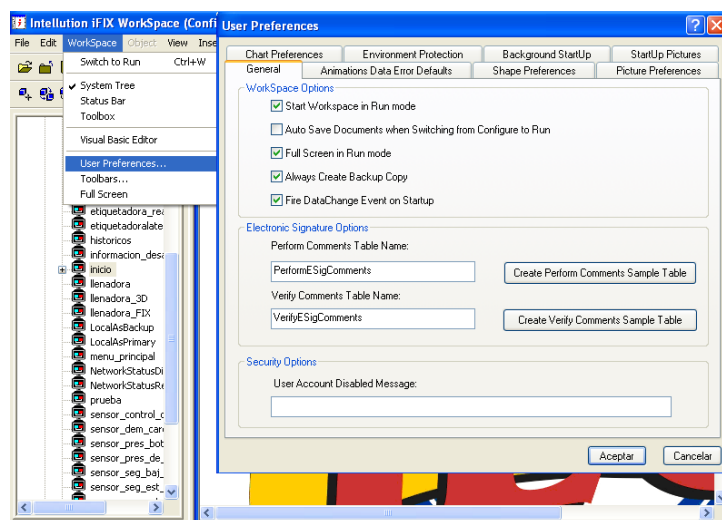


Figura 71. Configuración de la aplicación

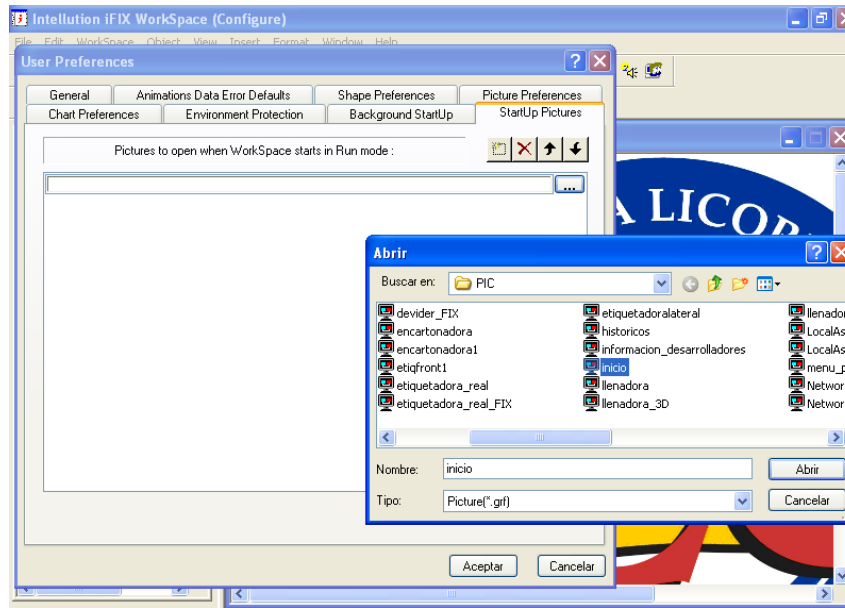


Figura 72. Definición de las ventanas.

Con las especificaciones anteriormente descritas, cada vez que se inicie iFIX® aparecerá la ventana “inicio”.

5. PRESENTACION DE CONCLUSIONES Y RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la ingeniería realizada durante el desarrollo del proyecto y las respectivas conclusiones finales producto del presente trabajo de grado.

5.2 CONCLUSIONES GENERALES

- Para obtener una solución eficiente y económica en la interconexión de los dispositivos y las máquinas existentes en la línea de envasado de la Industria Licorera del Cauca se implementó una solución de comunicaciones industriales donde se agregan las características de determinismo de PROFIBUS y las velocidades de transmisión soportadas por ETHERNET, alcanzándose la misma estabilidad, robustez y características técnicas de una solución PROFINET sin utilizar los dispositivos propietarios que se comercializan para este protocolo. Como consecuencia se reduce en un alto porcentaje los costos de inversión.
- En la comunicación entre dispositivos de campo se utilizaron dos tipos de soluciones que trabajan en el entorno de control de Siemens, implementándose una solución de comunicaciones de campo con los protocolos PROFIBUS DP en la interacción con las estaciones pasivas (PLCs S7200) y su periferia, y PROFIBUS FMS para gestionar la información entre las estaciones maestras (S7300), obteniéndose una solución de comunicaciones robusta y eficiente.
- En el desarrollo del proyecto se implementó una forma eficiente para la adquisición de la información de los diferentes participantes de la red PROFIBUS- ETHERNET, al direccionar entradas, salidas y áreas remanentes de memoria desde los esclavos hacia un bloque de datos en el maestro mediante el desarrollo de algoritmos de control implementados en los PLCs S7200 y S7300. Estos algoritmos pueden ser aplicables de una manera estándar para la implementación de otras soluciones de comunicaciones en bus de campo en las cuales se tengan dispositivos y PLCs de distintos fabricantes.
- En las fases iniciales del desarrollo del proyecto se validaron las múltiples estrategias de comunicaciones que son soportadas por los PLCs S7200 y S7300 de Siemens, mediante el intercambio de datos con el PC a través de las interfaces de comunicaciones PPI y MPI, utilizándose los diferentes tipos de instrucciones para la ejecución de tareas específicas de comunicación. Estas estrategias de comunicaciones fueron relevantes en las fases iniciales del proyecto para realizar funciones de comprensión y documentación de las lógicas de control existentes en los PLCs que gobiernan las máquinas presentes en la línea de envasado de la Industria Licorera del Cauca.

- En el desarrollo del proyecto se obtuvo la interoperabilidad de las soluciones propietarias en el entorno de control de Siemens y el software de supervisión iFIX® de Intellution®, constituyendo un relevante aporte investigativo en el campo de integración de sistemas de automatización industrial ya que hasta el momento no existe en Colombia un trabajo documentado al respecto. Esta interoperabilidad desarrollada permite ampliar el nivel de estandarización de los procesos industriales entre diferentes proveedores de soluciones de automatización, mostrando resultados de avance en cuanto a integración se refiere.
- Para la comprensión de la operación de las máquinas y lograr un amplio control de la línea de envasado se realizó un seguimiento detallado en las fases de montaje, lo cual permitió adquirir información de comportamiento y funcionalidades de los dispositivos de campo, y así comenzar un proceso de identificación y comparación entre los esquemas eléctricos entregados en los manuales y las máquinas instaladas. Como consecuencia, se tiene una descripción detallada de la periferia y las características de cada máquina la línea de envasado de la Industria Licorera del Cauca.
- Teniendo en cuenta la limitación de la Licencia de IFIX® adquirida por la Industria Licorera del Cauca, la cual permite trabajar con 75 tags, en el proyecto se desarrolló un código de programación en Visual Basic y se recurrió a funciones internas en el software de supervisión para multiplexar las variables de supervisión y permitir el monitoreo de la información requerida por los usuarios del sistema. Esta expansión evitó una inversión adicional para el proyecto en la actualización de la licencia del software y soportar el número de Tags necesarias.
- Para el desarrollo del sistema de supervisión y la comunicación entre el software iFIX® y los equipos de control de Siemens se tuvo la necesidad de utilizar diferentes herramientas software de diferentes proveedores, obteniéndose la interoperabilidad entre el driver “SI7 – SIEMENS SIMATIC S7 v7.22” de Intellution® y el servidor OPC SIMATIC NET de SIEMENS, permitiéndose gestionar los datos de manera bidireccional entre las dos plataformas.
- Para el desarrollo del sistema de supervisión se diseñaron ventanas dinámicas con vistas en 3D mediante gráficos desarrollados en el software Solid Edge, los cuales mediante programación en Visual Basic y manejo de las herramientas de IFIX® permiten visualizar en línea la operación de las máquinas de envasado de manera dinámica. Este esquema presenta una innovación importante en interfaces con los operadores, debido a que las soluciones presentes a nivel mundial para los diferentes ámbitos de producción obviando que el usuario visualice el comportamiento de operación de las máquinas en el proceso, ya que proveen una visualización estática.
- El sistema de supervisión implementado provee un manejo de alarmas, visualización de tendencias de variables, obtención de datos históricos y un sistema de seguridad bastante detallado, otorgando al usuario una interacción eficiente con las opciones del sistema y las operaciones del proceso.
- Para el entendimiento de la lógica de programación de los PLCs Siemens que controlan la operación de la línea de envasado de la Industria Licorera del Cauca, se descargó y se realizó backup de la lógica de control de las máquinas, la cual fue documentada detalladamente línea a línea, creando una base de conocimiento sobre las variables críticas del sistema, su función dentro de la lógica y la operación de cada uno de los equipos, permitiendo la implementación de operaciones de mantenimiento correctivo y

preventivo de una manera eficaz que no se tenían anteriormente, lo cual ha reducido los tiempos muertos de producción.

- Con la implementación del sistema supervisorio desarrollado en la Industria Licorera del Cauca se esta resaltando la cooperación Universidad – Industria, en la contribución al progreso tecnológico y productivo de la región y el país, al obtenerse una solución tecnológica estable y con altos niveles de innovación acorde a las condiciones y limitaciones económicas de la empresa.
- La contribución de este proyecto se toma como un paso en la integración de nuevas tecnologías utilizando hardware dispuesto en los procesos de producción al ofrecer una solución de información y comunicaciones flexible y modular que permite ser replicada en otros sectores industriales de la región y del país.
- La solución de tecnologías de información y comunicaciones obtenida a partir de la implementación de la PROFIBUS y ETHERNET, y el sistema de supervisión desarrollado en iFIX® de Intellution®, conduce a un nuevo ambiente empresarial dentro de la Industria Licorera del Cauca, en el cual se pueden y deben iniciar proyectos de integración horizontal y vertical para permitir el intercambio dinámico de datos basados en estándares internacionales.

5.3 RESULTADOS OBTENIDOS

- Se realizó un estudio detallado de los equipos, su operación y las características técnicas del proceso de envasado de la Industria Licorera del Cauca, a las cuales fue enfocado el diseño e implementación del sistema supervisorio.
- Se implementó una red industrial PROFIBUS DP entre los dispositivos de control esclavos, una red PROFIBUS FMS entre los dispositivos maestros y una red ETHERNET para comunicación con el PC que posee el software de supervisión iFIX™ de Intellution®.
- Se estableció la interoperabilidad entre el software iFIX® de intellution y los PLCs Siemens.
- Se implementó una estructura para el transporte de datos desde dispositivos de campo hasta el supervisorio que permite la integración de las mejores características de los protocolos de comunicación PROFIBUS y ETHERNET, generando el protocolo PROFINET.
- Se implementaron códigos de programación en los PLCs Siemens de cada una de las máquinas que conforman el proceso de envasado, para el transporte de datos de PROFIBUS a ETHERNET.
- Se obtuvieron ventanas dinámicas con vista en 3D en el sistema de supervisión IFIX de intellution mediante gráficos desarrollados en el software Solid Edge que emulan la operación de las maquinas, innovando en el sector de líneas de envasado.
- Se desarrolló una aplicación HMI muy completa, que permite el monitoreo del funcionamiento de las máquinas del proceso, visualización de tendencias y datos históricos, manejo de alarmas y un sistema de seguridad bastante detallado.
- Optimización de Tags para la licencia de 75 variables adquirida por la Industria Licorera del Cauca.

BIBLIOGRAFIA

Danfoss. Hoja de datos Variador VLT 2800. Copyright 2004. Paginas 2 y 25.

Documento, simatic, profinet io de profibus dp a profinet io (2004).

Fieldbus Integration, Installation IT-Integration Security (2004)

GE Fanuc Automation. 254 Student Guide. Advanced IFIX® Development. Copyright 2000-2003. Capítulos 4 y 5.

Manuales técnicos Línea FILLING SYSTEMS INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA

Manual CP 342-5 / CP 342-5 FO para PROFIBUS / Parte B1. Edición 11/2004.
C79000-G8978-C146-07

Manual de programación básica de PLCs S7200 Y S7300. Edición 11/2004
Siemens. Simatic NET, Redes Profibus. REF 6GK1970-5CA10-0AA3 C79000-G8978-C099
.Edición 01.

Siemens, Industrial ethernet standard ethernet the open for automation (2004)

Siemens, An Overview of PROFINET IO An Innovative Distributed Automation Solution (2005)

Siemens, Manual de formación para soluciones generales en automatización (2005)

www.ad.siemens/siematic/s7-200.