



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL
MONITOREO DE PROCESOS INDUSTRIALES VÍA INTERNET.
CASO PRACTICO: PROYECTO BRAZO TRANSPORTADOR DE
LA EIS”**

TESIS DE GRADO

Previa obtención del Título de

INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS

Presentado por:

EDWIN DAVID VILEMA GUIJARRO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2011**

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por ser forjadora de mi educación, a todos los maestros que aportaron con sus conocimientos para que pueda culminar esta etapa de mi vida; y de manera especial al Ing. Marco Viteri, Director de mi Tesis de Grado, por su tiempo, esfuerzo y ayuda brindada, quien con sus consejos y experiencia, se ha convertido en un verdadero amigo.

Un reconocimiento especial al Ing. Danny Velasco, miembro del Tribunal, quien por su guía, apoyo y paciencia contribuyó en gran manera al desarrollo de este trabajo.

A mis queridos padres por su amor, paciencia y apoyo incondicional en esta carrera emprendida, siendo ellos el pilar fundamental en mi vida.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis amados padres Guido Hermel Vilema Orozco, y Delia Petita Guijarro, quienes gracias al amor con el que me han criado, han sembrado en mi el deseo de ser como ellos, personas de bien y ejemplares. Sobre todo por la educación espiritual que me han impartido, lo que ha sido en sí mi modo de vida y mi felicidad verdadera.

A mis hermanos Guido, René, Alejandra y Álvaro, quienes con sus palabras de ánimo y cariño, me han motivado a culminar lo que hace algún tiempo empecé.

Edwin David Vilema Guijarro.

FIRMAS RESPONSABLES

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Raúl Rosero DIRECTOR DE LA ESCUELA INGENIERÍA EN SISTEMAS
Ing. Marco Viteri DIRECTOR DE TESIS
Ing. Danny Velasco MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Tlgo. Carlos Rodríguez DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

“Yo, Edwin David Vilema Guijarro, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **“ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO”**”.

.....

Edwin David Vilema Guijarro

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CPU	Central Process Unit Unidad Central de Procesos
HMI	Machine Man Interface Interfaz hombre máquina
IEEE	Institute of Electronic and Electrical Engineers Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos
IP	Internet Protocol Protocolo de Internet
I/O	Input/Output Entrada/Salida
LABVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Worrkbench Banco de trabajo de un laboratorio para diseñar instrumentos virtuales
LAN	Local Área Network Red de área local
OPC	OLE for Process Control OLE para el control de procesos
PLC	Programmable Logic Controllers Controlador Lógico Programable
RAM	Random Access Memory Memoria de Acceso rápido
SCADA	Supervisory control And Data Adquisition Control Supervisión y adquisición de Datos
SRS	Software Requirements Specifications Especificaciones de Requerimientos de Software
WLAN	Wireless Local Area Network Redes de área local inalámbricas

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

INDICE DE ABREVIATURAS

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCION

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL	- 17 -
1.1 Antecedentes	- 17 -
1.2 Justificación.....	- 18 -
1.2.1 Justificación teórica	- 18 -
1.2.2 Justificación Práctica Aplicativa	- 19 -
1.3 Objetivo General	- 20 -
1.4 Objetivos Específicos.....	- 21 -
1.5 Hipótesis	21

CAPÍTULO II

COMUNICACIONES INDUSTRIALES	20
2.1 Sistemas de cableado	21
2.1.1. Cableado clásico	22
2.1.2. Sistemas de precableado	22
2.1.3. Entradas y salidas distribuidas	23
2.1.4. Buses de campo	24
2.2. Pirámide CIM	25

2.3.	Modelo de referencia OSI	28
2.4.	Tipos de buses de campo	30
2.4.1.	AS-i (<i>Actuator-Sensor Interface</i>)	30
2.4.2.	CAN (<i>Control Area Network</i>)	32
2.4.3.	Profibus (<i>Process Field Bus</i>)	35
2.4.4.	Interbus	37
2.4.5.	Ethernet.....	38
2.5.	Futuro	40

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS INDUSTRIALES (SCADA)	41	
3.1	Un ejemplo sencillo	45
3.2	Definición general de SCADA	47
3.3	Unidades Maestras (<i>Master Terminal Units</i>)	49
3.3.1	Características de las unidades maestras	49
3.3.2	Hardware y Software	51
3.3.2.1	Hardware en sistemas de supervisión: PLC y PC.	53
3.3.2.2	Uso del PC como centro neural del MTU.	54
3.3.3	Adquisición de Datos	58
3.3.3.1	Interrogación, informes por excepción, y transmisiones iniciadas por RTU.	58
3.3.3.2	Manejo de fallas de comunicaciones	60
3.3.3.3	Los protocolos de comunicación	61
3.3.3.4	Las redes de comunicación.	62
3.3.3.5	Procesadores de Comunicaciones Front End.	64
3.3.3.6	Radio.	64
3.3.3.7	Los circuitos telefónicos	66
3.3.4	Graficación de tendencias	67
3.3.4.1	Características	67
3.3.4.2	Particularidades del almacenaje de datos	68
3.3.4.3	¿Qué especificar?	68

3.3.4.4	La interrogación, el informe por excepción y las transmisiones iniciadas por las RTU	70
3.3.5	Procesamiento de alarmas	70
3.3.5.1	Características	71
3.3.5.2	Chequeos	72
3.3.6	Comunicaciones	72
3.4	Terminales Remotas (Remote Terminal Units)	73
3.4.1	Fundamentos	73
3.4.2	Funcionalidad del hardware de un RTU	75
3.4.3	Funcionalidad del Software	76
3.4.4	Operación Básica	77
3.4.5	RTU pequeñas contra RTU grandes	77
3.4.6	Algunos tipos de RTU	78
3.4.7	Algunos tipos de RTU	79
3.4.8	PLC's contra RTU's	80
3.4.9	¿Qué especificar?	81
3.5	Gerenciamiento de Proyectos	82
3.5.1	Identificación	83
3.5.2	Lanzamiento	84
3.5.3	Definición	86
3.5.4	Diseño	88
3.5.5	Adquisición	89
3.5.6	Liquidación del Proyecto	90

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DEL PLC TWDLCAE40DRF Y PROTOCOLOS QUE PERMITAN EL MONITORÉO VIA INTERNET

- 93 -

INTRODUCCIÓN AL EQUIPO MECATRÓNICO.....

- 93 -

Sistema de mecatrónica y automatización de la producción MPS®

- 93 -

4.1 Estación de Distribución MPS®:.....

- 95 -

4.2 Introducción al PLC Twido 40DRF.....

- 99 -

4.2.1	Arquitectura del PLC.....	- 99 -
4.3	Protocolo Modbus	- 102 -
4.3.1	Conceptos Generales	- 102 -
4.3.2	Modos de Protocolos Modbus.....	- 102 -
4.3.3	Características.....	- 103 -

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL MONITOREO DE PROCESOS INDUSTRIALES VÍA INTERNET 103

5.1	Ingeniería de la Información	- 106 -
5.1.1	Definición del Ámbito.....	- 106 -
5.1.2	Planificación y Análisis de Riesgos.....	- 110 -
5.1.3	Especificación de Requerimientos Software (SRS).	- 114 -
5.2	Análisis Orientado a Objetos	- 123 -
5.2.1	Definición de casos de uso esenciales en formato expandido	- 123 -
5.2.2	Definición y refinamiento de los diagramas de caso de uso.....	- 125 -
5.2.3	Modelo Conceptual.....	- 125 -
5.2.4	Glosario de Términos	- 126 -
5.2.5	Representación de diagramas de secuencia.	- 127 -
5.2.6	Definición de contratos de operación	- 127 -
5.2.7	Diagrama de estados	- 129 -
5.2.8	Diagrama de calles.....	- 130 -
5.3	Diseño Orientado A Objetos	- 131 -
5.3.1	Definición de casos de uso reales	- 131 -
5.3.2	Representación de casos de uso reales.....	- 132 -
5.3.3	Definición de diagramas de interacción	- 132 -

5.3.4	Especificación de la Arquitectura del Sistema	- 133 -
5.4	Fase de implementación	- 134 -
5.4.1	Instalación del software TwidoSuite versión 3.5 y Programación e Implementación para la comunicación PC con PLC Twido 40DRF	- 135 -
5.4.1.1	Instalación del software de Schneider Electric TwidoSuite 2.1	- 135 -
5.5	Configuración y Programación del Módulo ETHERNET y el PLC Twido 40DRF	- 142 -
5.6	Configuración de la conexión a la red.....	- 145 -
5.7	Programa Ladder de control del Brazo Transportador.....	- 148 -
5.8	Monitoreo del Sistema SIMOINT V1.0 en Labview.....	- 156 -
5.8.1	Pruebas de conexión con el OPC.....	- 160 -
5.8.2	Pruebas de conexión con el sistema SIMOINT V1.0 en Labview	- 161 -
5.8.3	Comprobación de la Hipótesis	161
5.9	Creación de la Página Web	162
5.9.1	Acceso a la Página Web desde un cliente de la red	169
5.10	Comprobación de la Hipótesis	174

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Esquema del monitoreo de procesos.	17
Figura II.2. Ejemplos de los buses de comunicaciones más usuales	19
Figura II.3. Base de precableado	22
Figura II.4. Entradas y salidas distribuidas	22
Figura II.5. Pirámide CIM	25
Figura II.6: Capas OSI	27
Figura II.7. Conexión <i>Flat Yellow Cable</i>	30
Figura II.8. Aplicación de profibus DP	34
Figura II.9. Conector RJ45	38
Figura II.10. Correspondencia de Ethernet con el Modelo de referencia OSI	39
Figura II.11. Aplicaciones de tecnología inalámbrica	40
Figura III.12. Sistema SCADA	42
Figura III.13. Circuito ejemplo	44
Figura III.14. Muestra de la presentación de la planta con un sistema implementado en KEPware.	51
Figura III.15. Dispositivos utilizados para un SCADA	55
Figura III.16. Interface de un sistema programado en LabVIEW	55
Figura III.17. Descripción de los enlaces por radio de un sistema SCADA	64
Figura III.18. Ejemplo de una pantalla de graficación de tendencias en tiempo real.	66
Figura III.19. Diagrama general de un RTU	74
Figura III.20. Ejemplo de una RTU stand-alone simple	77
Figura III.21. Ejemplo de una RTU con panel solar utilizado en plantas Petroleras	78
Figura IV.22. Estación de Distribución MPS 200	92
Figura IV.23. Actuador Semi- giratorio	93
Figura IV.24. Válvula de cierre	94
Figura IV.25. Módulo almacén apilador	95
Figura IV.26. Módulo cambiador	95
Figura IV.27. Vacuostato	96
Figura IV.28. Controlador Twido 40DRF	97
Figura V.29. Monitoreo vía Internet.	106
Figura V.30. Arquitectura del Sistema de monitoreo vía Internet	116
Figura V.31. Caso de Uso.	122
Figura V.32. Diagrama de Secuencia.	124
Figura V.33. Diagrama de Estados	126
Figura V.34. Diagrama de Calles	127
Figura V.35. Caso de uso real.	129
Figura V.36. Diagrama de Colaboración	130
Figura V.37. Diagrama de componentes.	130
Figura V.38. Diagrama de Despliegue.	131
Figura V.39. Se ejecuta Setup.exe de la instalación de TwidoSuite 2.1	132

Figura V.40. Selección del Idioma	133
Figura V.41. Configuración del TwidoSuite	134
Figura V.42. Contrato de licencia	134
Figura V.43. Elegir el lugar de la instalación	135
Figura V.44. Selección del tipo de instalación	136
Figura V.45. Selección de carpeta de programas	136
Figura V.46. Copia de seguridad	137
Figura V.47. Los componentes están siendo instalados	137
Figura V.48. Pantalla de ingreso a TwidoSuite	138
Figura V.49. Pantalla de inicio	138
Figura V.50. Menú Principal de Twido Suite.	139
Figura V.51. Creación de un nuevo proyecto.	140
Figura V.52. Módulos del PLC TWIDO 40DRF.	140
Figura V.53. Configuración del Puerto de red Ethernet 100Base-TX	141
Figura V.54. Submenú Preferencias	142
Figura V.55. Gestión de las conexiones	143
Figura V.56. Mi conexión Ethernet	143
Figura V.57. Conexión para la puesta a punto	144
Figura V.58. Establecimiento de la comunicación.	144
Figura V.59. Memorias utilizadas	145
Figura V.60. Entradas para el control del Brazo Transportador	145
Figura V.61. Salidas del PLC para controlar el Brazo Transportador	146
Figura V.62. Temporizador	146
Figura V.63. Esquema Graficet del manejo del Brazo Transportador	148
Figura V.64. Diagrama Ladder del programa de control del Brazo Transportador	149
Figura V.65. Diagrama Ladder del programa de control del Brazo Transportador (Continuación).	150
Figura V.66. Diagrama Ladder del programa de control del Brazo Transportador (Continuación).	151
Figura V.67. Diagrama Ladder del programa de control del Brazo Transportador (Continuación).	152
Figura V.68 Configuración del Protocolo para OPC Server.	153
Figura V.69. Configuración de comunicación Modbus para OPC Server.	154
Figura V.70. DataSocket Connection.	155
Figura V.71. Browse for Item.	155
Figura V.72. Direcciones de memoria Modbus para el Labview.	156
Figura V.73. Mensaje de error en la conexión del OPC con el dispositivo.	157
Figura V.74. Conexión exitosa del OPC con dispositivo.	158
Figura V.75. Monitoreo del sistema.	158
Figura V.76. Web Publishing Tool	159
Figura V.77. Título de documento y Encabezado	160
Figura V.78. Nombre del VI.	160
Figura V.79. Opciones de visualización	161
Figura V.80. Guardar Pagina Web	161
Figura V.81. Guardar Pagina Web	162
Figura V.82. Configuración del Web Server	163
Figura V.83. Configuración del Web Server	163

Figura V.84. Configuración del Web Server	165
Figura V.85. Carpeta contenedora	166
Figura V.86. Preparando la instalación	167
Figura V.87. Información del Software	167
Figura V.88. Contrato de uso	168
Figura V.89. Selección de carpeta destino	168
Figura V.90. Confirmación	169
Figura V.91. Final de la instalación	169
Figura V.92. SIMOINT monitoreado vía Internet.	170
Figura V.93. Captura de Paquetes en la red Ethernet	177
Figura V.94. Gráfico estadístico de la Confiabilidad entre redes	179
Figura V.95 Gráfico estadístico de la velocidad entre redes	180
Figura V.96. Gráfico estadístico de la Pérdida de información entre redes	182
Figura V.97. Gráfico comparativo global de variables entre las redes	183
Figura V.98 Tipos de redes en valores porcentuales	184

INDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Propiedades de los buses de campo	24
Tabla IV.II. Descripción del PLC 40DRF	98
Tabla IV.III. Características del Protocolo Modbus	101
Tabla V.IV. Categorización de riesgos	108
Tabla V.V. Especificaciones técnicas de Equipo de Control.	114
Tabla V.VI. Requisito funcional del proceso Brazo Transportador	118
Tabla V.VII. Caso de Uso	121
Tabla V.VIII. Glosario de Términos.	123
Tabla V.IX. Contrato de Operación. Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador	125
Tabla V.X. Caso de uso real. Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador	128
Tabla V.XI. Configuración del IP del Controlador	142
Tabla V.XII. Recursos usados para el control del Brazo Transportador	147
Tabla V.XIII. Operacionalización Conceptual de Variables	174
Tabla V.XIV. Operacionalización Metodológica de Variables	176
Tabla V.XV. Escala de valores	176
Tabla V.XVI. Cuadro comparativo de la confiabilidad entre redes	179
Tabla V.XVII Cuadro Comparativo de la velocidad entre redes	180
Tabla V.XVIII Cuadro comparativo de la Pérdida de información entre redes	181
Tabla V.XIX. Tabla comparativa de los tipos de redes con sus variables	183
Tabla V.XX. Tabla porcentual comparativa de los tipos de redes con sus variables	184

INTRODUCCIÓN

Con la revolución industrial, los procesos de fabricación de un producto se dividieron en diferentes etapas independientes, de donde nace el concepto de producción en serie. Con esto se consigue un aumento parcial en la eficiencia de producción, pero esto no basta, ya que aun está el factor humano como elemento generador de errores y fallas que influyen en la calidad del resultado final. Considerando lo anterior, se introduce en la industria el término AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS, lo que significa, reemplazar las labores humanas generalmente repetitivas realizadas por el obrero de una empresa por máquinas controladas electromecánicamente, ya que éstas, en cuanto a la tediosidad de algunos procesos, son mucho más eficientes que la mano de obra humana. Es de aquí, donde parte un rápido avance en el estudio de procesos industriales, que culminan con la disciplina de Control Automático de Procesos. Si a todo esto, añadimos las ventajas del Internet, estamos a las puertas de una nueva forma de vigilar dichos procesos.

En el desarrollo de este proyecto se realiza un estudio de dispositivos existentes, tales como Módulos Ethernet y PLC para el monitoreo de los procesos industriales, en este caso un brazo transportador, es así que hemos estructurado el contenido de la tesis en 5 Capítulos: Capítulo I.- Se relata los antecedentes, objetivos y justificación de la tesis; Capítulo II.- Trata de las comunicaciones industriales con sus diversas tecnologías y sus respectivos protocolos; Capítulo III.- Contiene el estudio de los sistemas industriales y su implementación. Capítulo IV.- Capítulo V.- Se encargara de la parte aplicativa en donde se detalla el diseño, e implementación del sistema.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

La aplicación del computador en el monitoreo de procesos supone un salto tecnológico enorme que se traduce en la implantación de nuevos sistemas de monitoreo en el entorno Industria y posibilita el desarrollo de la navegación espacial. Desde el punto de vista de la aplicación de las teorías de control automático el computador no está limitado a emular el cálculo realizado en los reguladores analógicos. El computador permite la implantación de avanzados algoritmos de control mucho más complejos como pueden ser el control óptimo o el control adaptativo. El objetivo en un principio era sustituir y mejorar los reguladores analógicos, pero este objetivo se fue ampliando dada las capacidades de los computadores en realizar un monitoreo integral de las plantas de fabricación, englobando también la gestión de la producción.

El desarrollo de la tecnología del computador aplicada al monitoreo de procesos industriales, recibió a finales de los años cincuenta un gran impulso debido a que existían industrias como las refinerías de petrolíferas donde los procesos a controlar en este tipo de plantas son complicados. Los sistemas de control disponibles estaban bastante limitados, implicando en el proceso de fabricación a gran cantidad de mano de obra, como sucedía en la Industria de producción de papel. La calidad de la producción dependía en muchos casos de la experiencia del operario y de su rapidez de reacción ante situaciones anómalas. Era por decirlo un control semiautomático y semimanual. Los operarios eran quienes decidían cuales eran las referencias de mando más adecuadas para el sistema de control analógico.

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación teórica

Realizar un proceso industrial requiere no sólo administrar la mano de obra, la materia prima y la maquinaria de la planta, también se requiere disponer de la información necesaria para la toma de decisiones.

Contar con información es clave para mejorar la calidad del producto, incrementar al máximo la eficiencia en la producción, y conservar la inversión de capital realizada en la planta.

Por eso es importante poseer una herramienta que permita visualizar, almacenar y manejar la información del proceso industrial en cuestión.

Hoy en día, dado el auge de Internet, se pueden idear sistemas de monitoreo que permitan a la persona autorizada, obtener información de la planta prácticamente desde cualquier lugar donde se tenga acceso a Internet, sin limitaciones de distancia, en forma económica y en cualquier momento, lo que evita la necesidad de encontrarse físicamente en el lugar donde se está desarrollando el proceso.

Considerando lo antes dicho considero como importante y necesario desarrollar un sistema que permita monitorear en tiempo real el estado de un proceso industrial vía Internet.

El sistema ha desarrollarse cuenta con una computadora que se encuentra en la planta industrial, y una serie de computadoras que se conectan con ésta a través de Internet. La computadora que se halla en la planta; denominada “servidor”; está relacionada directamente con el proceso industrial que se está realizando, por lo cual, dispone de toda la información necesaria para realizar un monitoreo del mismo.

1.2.2 Justificación Práctica Aplicativa

Se ha tomado como parte práctica el diseño e implementación de un sistema para el monitoreo de procesos industriales, en el Laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas – ESPOCH, específicamente monitorear un Brazo Transportador. El Laboratorio de Automatización en la actualidad cuenta con equipos y maquinaria que servirán para el monitoreo, como se muestra a continuación en la Figura N° I.1

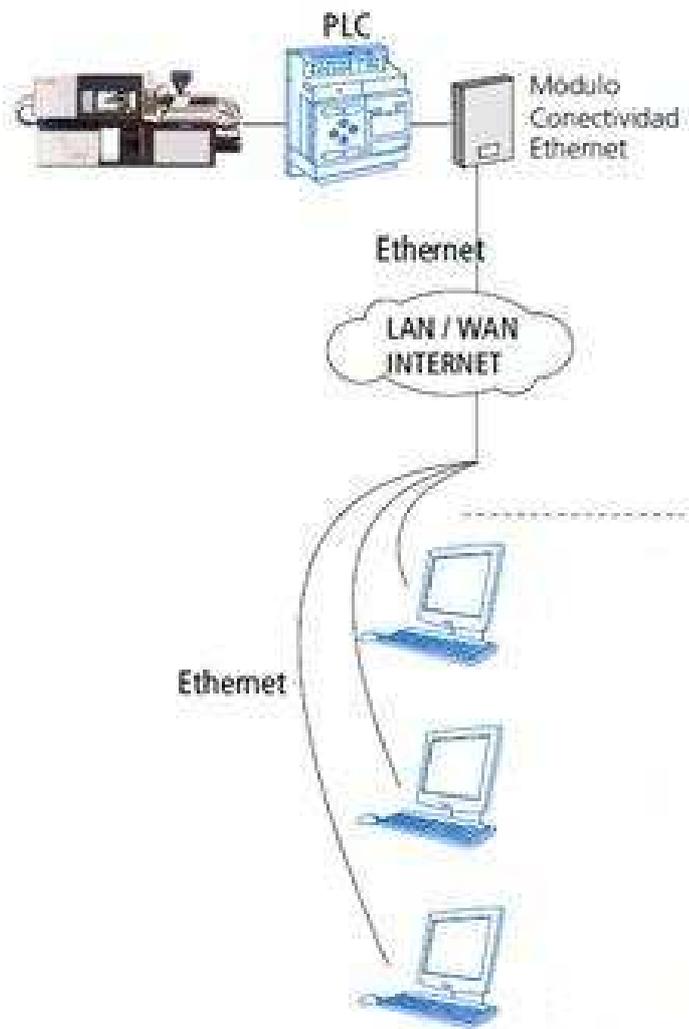


Figura N° I.1. Esquema del monitoreo de procesos.

1.3 Objetivo General

- ✓ Diseñar e implementar un sistema para el monitoreo de procesos industriales vía Internet. Aplicado al proyecto Brazo Transportador del Laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas – ESPOCH.

1.4 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar un estudio de los procesos industriales para entender su funcionamiento y manipulación.
- ✓ Investigar las necesidades del monitoreo de procesos para satisfacerlas mediante el sistema propuesto.
- ✓ Investigar qué dispositivos ayudan al monitoreo de procesos industriales con el fin de seleccionar el dispositivo idóneo.
- ✓ Estudiar las aplicaciones HMI/SCADA con el fin de diseñar nuestro sistema propuesto.
- ✓ Investigar el paquete LAVIEW para monitorear aplicaciones de manufactura de procesos.
- ✓ Estudiar el uso del protocolo TCP/IP para poder monitorear procesos vía Internet.
- ✓ Aplicar los estudios realizados en la aplicación Brazo Transportador
- ✓ Diseñar el Sistema de Monitoreo vía Internet para una mejor supervisión del proceso industrial Brazo Transportador.

1.5 Hipótesis

El uso de un sistema para el monitoreo de procesos industriales vía Internet, permitirá en tiempo real mejorar la supervisión de procesos industriales, sin consumir muchos recursos computacionales.

CAPÍTULO II

COMUNICACIONES INDUSTRIALES

En este capítulo se realiza una perspectiva histórica de los métodos de cableado utilizados hasta la actualidad. Incidiendo de una manera más importante en los buses de comunicación: tipologías y capacidades, que son los más utilizados en la actualidad. Estos buses tienen diferentes características según el uso al que se los destine. Por ejemplo existen buses de campo más sencillos para trabajar a nivel de proceso, ya que deben transportar menos cantidad de información o más sencilla. Los diferentes niveles de un sistema de producción se detallan en la pirámide CIM, ilustrada en la figura N° II.2.



Figura N° II.2. Ejemplos de los buses de comunicaciones más usuales

2 Comunicaciones industriales

Las comunicaciones industriales son aquellas que permiten el flujo de información del controlador a los diferentes dispositivos a lo largo del proceso de producción: detectores, actuadores, otros controladores... Los procesos a automatizar acostumbran a tener un tamaño importante y este hecho provoca que exista una gran cantidad de cables entre el autómeta y los sensores y actuadores.

Existen diferentes maneras de comunicar los diferentes dispositivos dependiendo de la complejidad de la red creada y/o el presupuesto destinado a su creación. A continuación se muestran los métodos de cableado más usuales.

2.6. Sistemas de cableado

Los primeros autómetas se cableaban hilo a hilo directamente a los borneros de los módulos de entrada y salida (cableado clásico). Este método presentaba numerosos inconvenientes que se expondrán a continuación. Actualmente existen diferentes alternativas, debidas principalmente a los avances tecnológicos conseguidos:

- ✓ Cableado mediante bases de precableado
- ✓ Entradas y salidas distribuidas
- ✓ Buses de campo

2.6.1. **Cableado clásico**

Los captadores se cablean hilo a hilo a las entradas del autómatas por borneros de tornillos y las salidas se cablean a los preactuadores, normalmente en el propio armario del autómatas. De este armario saldrá también el cableado de potencia para los diversos actuadores.

Este método presenta diferentes problemas debido a: la longitud excesiva del cableado (con las consiguientes caídas de tensión que provoca) y el ruido producido entre los cables de potencia y de señal.

Los cables de sensores y captadores se llevan a cajas de campo donde se cablean en borneros, de donde salen mangueras de cables hacia el armario.

2.6.2. **Sistemas de precableado**

Existen autómatas de pequeño tamaño que admiten módulos de entrada y salida de alta densidad. Estos módulos tienen una serie de conectores (diferentes a los borneros) donde se enchufan unos cables de conexión que en el otro extremo se conectan a unas bases de precableado a tornillo, donde se pueden conectar los cables de captadores y preaccionadores. Los cables que unen las bases de precableado con los módulos del autómatas son realmente una manguera de cables.

De todas maneras se sigue teniendo el problema de la existencia de las mangueras de cables que van conectadas a las bases de precableado, ilustrado en la figura N° II.3.



Figura N° II.3. Base de precableado

2.6.3. Entradas y salidas distribuidas

Las distancias que existen en una planta industrial entre detectores, actuadores y controladores pueden llegar a ser muy importantes. Por ese motivo se colocan cajas de entradas y salidas distribuidas a lo largo de la instalación, con las que el autómeta se comunica mediante un módulo de comunicaciones. Estas cajas se sitúan cerca del proceso a controlar y si es posible en la propia máquina.

De esta manera se consigue que los cables de los sensores sean más cortos y que los preaccionadores estén más cerca de los accionadores. Esto también provoca que los cables de potencia sean más cortos, disminuyendo las posibles perturbaciones en los cables de señal y evitando las caídas de tensión. Se lo ilustra en la figura N° II.4.

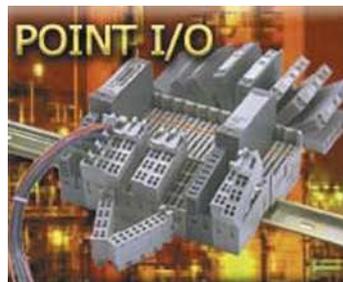


Figura N° II.4. Entradas y salidas distribuidas

De todas maneras el cableado de captadores y accionadores a nivel local sigue siendo igual de complicado que en el cableado clásico.

2.6.4. **Buses de campo**

A finales de los 80 y sobre todo en los 90 aparecen en el mercado nuevas opciones de comunicación, los buses de campo. Estos buses permiten conectar los captadores y accionadores al autómeta con un solo cable de comunicación. Las modificaciones y ampliaciones de las instalaciones se pueden realizar fácilmente sólo con ampliar el cable del bus y conectar los nuevos componentes.

Este tipo de comunicación permite ir más allá que la simple conexión con actuadores o captadores de tipo "todo o nada" o de tipo analógico, además permite conectar los dispositivos llamados inteligentes. Estos dispositivos pueden ser variadores de velocidad, controladores de robot, arrancadores, reguladores PID, terminales de visualización, ordenadores industriales. El intercambio de información requerido es del orden de Kbytes. o Mbytes. Un envío de información de este tipo se realiza en pequeños paquetes por medio de las funciones suministradas por el protocolo de comunicación usado.

Los buses de campo han favorecido las comunicaciones industriales como las conocemos hoy en día. Gracias a estos avances es posible la fabricación flexible y los sistemas de producción integrados como los llamados CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), mediante la cual todo el proceso de fabricación está controlado por sistemas informáticos.

En la tabla N° II.1, se presentan las características propias de los buses de campo, así como sus ventajas respecto los otros sistemas mencionados.

SERVICIOS QUE DEBE PROPORCIONAR	VENTAJAS RESPECTO OTROS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN
<p>a) Respuesta rápida a mensajes cortos.</p> <p>a) Alta fiabilidad del método de señalización y del medio.</p> <p>b) Una red mantenible y ampliable por el personal de la planta.</p> <p>c) Una red que pueda ser conectada al sistema de comunicaciones principal de la empresa.</p> <p>d) Conectabilidad a diferentes componentes de distintas marcas.</p>	<p>Reducción del cableado.</p> <p>Mayor precisión.</p> <p>Diagnos de instrumentos de campo.</p> <p>Transmisión digital.</p> <p>Calibración remota.</p> <p>Mecanismos fiables de certificación.</p> <p>Reducción del ciclo de puesta en marcha de un sistema.</p> <p>Operación en tiempo real.</p>

Tabla N° II.1. Propiedades de los buses de campo

2.7. Pirámide CIM

En una red industrial las comunicaciones se suelen agrupar jerárquicamente en función de la información tratada. Cada subsistema debe tener comunicación directa con los subsistemas del mismo nivel y con los niveles inmediatamente superior e inferior. Así aparecen cinco niveles ilustrado en la figura N° II.5, representados a continuación por medio de la pirámide CIM:

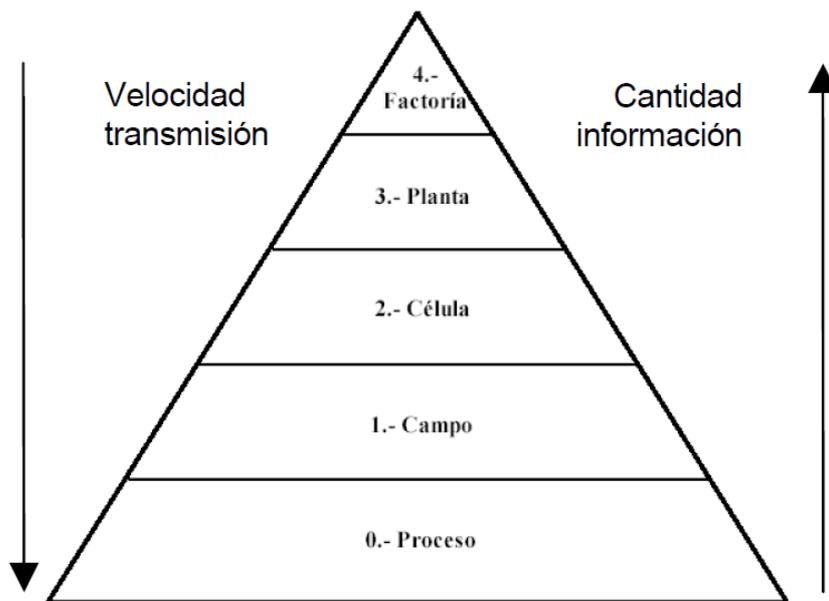


Figura N° II.5. Pirámide CIM

0) Nivel de Proceso: en este nivel se realiza el control directo de las máquinas y sistemas de producción. Los dispositivos conectados son sensores, actuadores, instrumentos de medida, máquinas de control numérico, etc. Se suele utilizar cableado tradicional o buses de campo: AS-i.

1) Nivel de Campo: se realiza el control individual de cada recurso. Los dispositivos conectados son autómatas de gama baja y media, sistemas de control numérico, transporte automatizado,...Se utilizan las medidas proporcionadas por el nivel 0 y se dan las consignas a los actuadores y máquinas de dicho nivel. Se usan buses de campo del tipo: AS-i, Device Net, Profibus DP o Interbus S.

Los niveles de proceso y campo utilizan paquetes de información del orden de los bits o bytes.

2) **Nivel de Célula:** incluye los sistemas que controlan la secuencia de fabricación y/o producción (dan las consignas al nivel de campo). Se emplean autómatas de gama media y alta, ordenadores industriales, etc. Se usan buses de campo y redes LAN (*Local Area Network*) del tipo: Profibus FMS, Profibus PA, Ethernet, CAN.

3) **Nivel de Planta:** corresponde al órgano de diseño y gestión en el que se estudian las órdenes de fabricación y/o producción que seguirán los niveles inferiores y su supervisión. Suele coincidir con los recursos destinados a la producción de uno o varios productos similares (secciones). Se emplean autómatas, estaciones de trabajo, servidores de bases de datos y *backups*,... Se usan redes LAN del tipo Ethernet TCP/IP.

Los niveles de célula y planta utilizan paquetes de información del orden de los K-bytes.

4) **Nivel de Factoría:** gestiona la producción completa de la empresa, comunica las distintas plantas, mantiene las relaciones con los proveedores y clientes y proporciona las consignas básicas para el diseño y la producción de la empresa. Se emplean ordenadores, estaciones de trabajo y servidores de distinta índole. Se usan redes del tipo Lan o WAN (*Wide Area Network*) usando Ethernet TCP/IP, Modbus plus,... La transferencia de datos que realiza son programas completos.

El flujo de información existente en la pirámide CIM debe ser:

- ✓ Vertical: incluye las órdenes enviadas por el nivel superior al inferior (descendente) y los informes sobre la ejecución de las órdenes recibidas (ascendente).

- ✓ Horizontal: debe existir un intercambio de información entre entidades de un mismo nivel.

2.8. Modelo de referencia OSI

Los sistemas de fabricación automatizados empezaron por sistemas cerrados de interconexión propios de cada fabricante, por lo que se optó por crear un estándar interconectar los diferentes buses. Por ello se crearon entre 1977 y 1984 los Sistemas de Interconexión Abiertos (OSI) en los que se jerarquizaba el sistema de comunicación en 7 capas. Esto se muestra en la figura N° II.6.

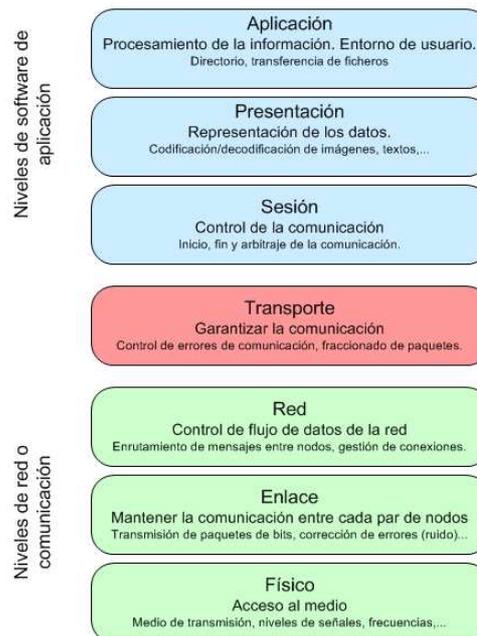


Figura N° II.6: Capas OSI

Las diferentes capas corresponden a:

- ✓ Capa 7 (Aplicación). Proporciona un entorno que facilite el entendimiento entre usuarios de distintas máquinas, sin importar medios ni protocolos de comunicación (interfaz de usuario).
- ✓ Capa 6 (Presentación). Facilita la comunicación a nivel de lenguaje y formato de presentación entre el usuario y la máquina que da acceso a la red (traductor). Interpretación y normalización de datos, encriptación, transformación de códigos y formatos.
- ✓ Capa 5 (Sesión). Control de la comunicación. Control del inicio y fin de la misma, arbitrando quién transmite y quién recibe información en cada instante (moderador).
- ✓ Capa 4 (Transporte). Establece y garantiza un medio de comunicación sin errores en ambos sentidos. Si es necesario fracciona el mensaje (mensajero)
- ✓ Capa 3 (Red). Responsable del encaminamiento del mensaje, conmutación de paquetes, subredes de comunicación, control de flujo y congestión de red, recuperación de errores (servicio de mensajería).
- ✓ Capa 2 (Enlace). Mantiene la comunicación entre cada par de nodos de la red, apoyándose en el medio físico (centralita)
- ✓ Capa 1 (Físico). Medios materiales que garantizan el enlace entre nodos (cable, fibra óptica, drivers,...). Transmisión de bits entre nodos de la subred de comunicación, control eléctrico, mecánico y funcional del circuito de datos, etc...

Pese a OSI continúan los problemas de interconexión entre fabricantes y se procede a estandarizar los buses con carácter abierto. Se crean organizaciones independientes para mantener y revisar los estándares*, incorporando las nuevas tecnologías a la mayor brevedad. Por ejemplo: *AS-i trade organization*, *Profibus trade organization*.

2.9. Tipos de buses de campo

A continuación se expondrán algunos de los tipos de buses de campo más utilizados actualmente en el mercado.

Para unir redes con otras de un nivel superior se usan las llamadas pasarelas.

2.9.1. AS-i (*Actuator-Sensor Interface*)

AS-i es un bus muy simple para conectar sensores y actuadores binarios con un PLC de manera económica. Típicamente se habla de un ahorro de entre el 15 y 40 % respecto al cableado tradicional. Usa un sistema de comunicación maestro/esclavo y la configuración de los nodos esclavos se realiza desde el maestro, usando el mismo bus, que es de topología libre.

Fue creado por el *AS-i Consortium* en 1993. Una de sus características principales es el tipo de cableado que utiliza llamado *Flat Yellow Cable*, como se indica en la figura N° II.7. Este cable incluye dos hilos que incorpora conjuntamente la señal de alimentación (+30 V.) y la señal de control.

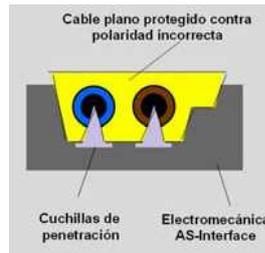


Figura N° II.7. Conexión *Flat Yellow Cable*

Características principales:

- ✓ Longitud máxima 100 m (300 m. con repetidores)
- ✓ Comunicaciones maestro-esclavo, con un máximo de 31 esclavos y un solo maestro.
- ✓ La velocidad de transferencia (*Baudrate*) es de 167 Kbit/s.
- ✓ Tiempo de ciclo máximo (con 31 esclavos): 5 ms.
- ✓ Mensajes: 8 bits (4 de entrada y 4 de salida) por nodo y mensaje, con un formato tipo *Strobing*. Este consiste en que el maestro vaya preguntando uno por uno a los esclavos si quieren enviar un mensaje y esperando la respuesta.
- ✓ Admite cualquier topología de red (anillo, bus, estrella, rama, árbol).

Ventajas: Extrema simplicidad, coste bajo, mundialmente aceptado, alta velocidad, alimentación disponible en la red.

Inconvenientes: Pobrementemente equipado para conectar entradas/salidas analógicas, tamaño de la red limitado.

2.9.2. CAN (*Control Area Network*)

Este sistema fue diseñado originariamente por Bosch (1986) para su uso dentro de los automóviles reduciendo la cantidad de hilos conductores a principios de 1980. Actualmente se usa como bus multi-maestro para conectar dispositivos inteligentes de todo tipo (robots, ascensores, equipamiento médico,...)

Esta estandarizado como ISO 11898-1 en 1993. Sólo define el protocolo hasta la capa 2 de enlace (apartado 4.3). Sobre CAN se han desarrollado otros protocolos como: *DeviceNet* y *CANOpen*. Es decir, podríamos comparar el protocolo CAN con una máquina de escribir, en la que tenemos los caracteres definidos pero aún queda definir la gramática, el idioma, las palabras y el vocabulario para comunicar (que son los otros protocolos).

Para la transmisión de datos no se direccionan los nodos, sino que el contenido del mensaje incorpora un identificador que es único en la red. Los mensajes tienen un formato *broadcast* (productor/consumidor). El identificador define el contenido y la prioridad del mensaje. Así la competición por el acceso al bus se basa en la prioridad dada en el identificador.

Las velocidades de transmisión van de 50 Kbit/s. (distancia 1m.) a 1Mbit/s. (distancia 40m.) con un volumen de información de 64 bits de datos de usuario.

DeviceNet

Impulsado por Allen Bradley en 1994 se implementa un protocolo de la capa 7 (aplicación) orientada a la conexión, sobre un protocolo CAN. Se trata de un link de comunicaciones de bajo coste que conecta dispositivos industriales a la red y elimina los caros cableados a mano.

Características principales:

- ✓ Permite escoger velocidades de transmisión: 125 Kbit/s. (500 m.), 250 Kbit/s. (250 m.) y 500 Kbit/s. (100m.).
- ✓ Puede tener hasta 64 nodos
- ✓ Tamaño máximo del mensaje: 8 bytes de información por nodo y por mensaje.
- ✓ Formato de mensaje: polling, strobing, change-of-state, cyclic, productor/consumidor
- ✓ Topología lineal, con datos y alimentación proporcionada para el mismo bus

Ventajas: bajo coste, gran aceptación, alta fiabilidad y uso eficiente del ancho de banda, alimentación disponible en la red.

Inconvenientes: Ancho de banda limitado, así como el tamaño de los mensajes y la longitud de la red.

La asociación que se encarga de dar soporte a este protocolo es la *Open Devicenet Vendor Association* (ODVA).

CANOpen

Se originó en el 1993 para el mundo de la automoción. Es un concepto de red basado en un sistema de bus serie CAN (*Controller Area Network*) y la capa de aplicación CAL (*CAN Application Layer*). Sus ventajas principales son su simplicidad, alta fiabilidad de transmisión y tiempos de reacción extremadamente cortos.

Características principales:

- ✓ • Distancia: 100 a 500 m.
- ✓ • Puede tener hasta 64 nodos
- ✓ • Velocidades de transmisión: 125, 250, 500 y 1000 Kbit/s.
- ✓ • Puede enviar mensajes de 8 bytes como máximo por nodo y por mensaje.
- ✓ • Formato de los mensajes: *polling*, *strobing*, *change-of-state*, *cyclic* y otros.

Ventajas:

- ✓ Mejor caracterizado para control de movimiento de alta velocidad así como para lazos de realimentación cerrados que otros buses CAN.
- ✓ Alta fiabilidad, uso eficiente del ancho de banda de la red y alimentación disponible en la misma.

Inconvenientes:

- ✓ Aceptación limitada fuera de Europa
- ✓ Limitación de ancho de banda, tamaño de los mensajes y longitud máxima de la red.

2.9.3. Profibus (Process Field Bus)

Es un estándar abierto, independiente de un vendedor en concreto. Se ha estandarizado en las normas europeas EN 50170 y EN 50254. Fue desarrollado en 1989 por el gobierno alemán junto con empresas del sector de la automatización.

Consta de tres formatos compatibles:

a) PROFIBUS DP (*Distributed Peripherals*). Alta velocidad, precio económico y transferencia de pequeñas cantidades de datos. Estructura maestro-esclavo clásica. Es el más difundido y se usa a nivel de campo o célula, se muestra en la figura N° II.8. Actúa a nivel de campo.

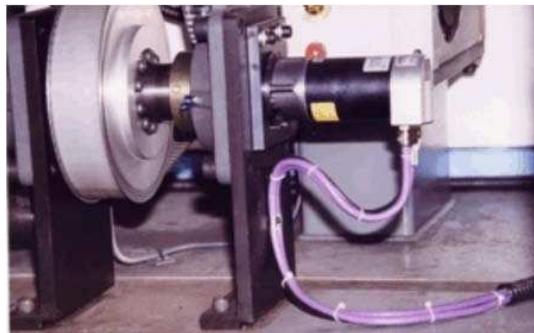


Figura N° II.8. Aplicación de profibus DP

- b) PROFIBUS PA (*Process Automation*). Como DP pero adaptado a zonas intrínsecamente seguras, es decir, para ambientes peligrosos y con riesgo de explosión. También actúa a nivel de campo.
- c) PROFIBUS FMS (*Fieldbus Messages Specifications*). De propósito general,

supervisión y configuración. Es multi-maestro (paso de testimonio entre maestros, maestro-esclavo con los demás dispositivos). Se usa a nivel de planta o célula.

Características principales:

- ✓ Longitud máxima: 9 Km. con medio eléctrico, 150 Km. con fibra óptica de vidrio, 150 m. con infrarrojo.
- ✓ Puede tener hasta 126 nodos
- ✓ Velocidad de transmisión entre 9.6 Kbit/s. y 12 Mbit/s.
- ✓ Puede transferir un máximo de 244 bytes de información por nodo y ciclo.
- ✓ Topología: estrella, árbol, anillo y anillo redundante
- ✓ Formato de los mensajes: polling, peer-to-peer

Ventajas: Es el estándar más aceptado a nivel mundial, sobretodo en Europa pero también utilizado en Norteamérica, Sudamérica, partes de África y Asia. Con las tres versiones DP, FMS y PA quedan cubiertas la casi totalidad de las aplicaciones de la automática.

Inconvenientes: Para mensajes cortos es poco efectivo ya que el mensaje lleva una parte muy importante de direccionamiento, no lleva la alimentación incorporada, ligeramente más caro que otros buses.

2.9.4. **Interbus**

Se originó en Phoenix Contact en 1984. Usa una estructura maestro- esclavo para acceder al medio, más un sistema de "suma de tramas" (*summation-frame*) que envía todas las respuestas en un solo telegrama. El medio más usado es un anillo sobre cableado RS-485 utilizado para hacer conexiones punto a punto. Interbus tiene el estándar DIN 19258.

Características principales:

- ✓ Distancia: 400 m. por segmento y 12.8 Km. en total.
- ✓ Número máximo de nodos: 256
- ✓ Velocidad de transmisión: 500 Kbit/s.
- ✓ Tamaño del mensaje: 512 bytes de información por nodo.

Ventajas: La capacidad de autodireccionarse hace que las puestas en marcha sean muy fáciles, capacidad de diagnóstico extensivo, aceptación amplia en todo el mundo (especialmente en Europa), respuesta rápida y uso eficiente del ancho de banda, junto con alimentación para dispositivos de entrada.

Inconvenientes: Una conexión fallida incapacita todo la red, capacidad limitada para transferir grandes cantidades de información.

2.9.5. Ethernet

La red Ethernet se originó por Digital Equipment Corporation, Intel y Xerox en 1976. Se baso en el estándar IEEE 802.3.

Como para el protocolo Profibus, también existen diferentes versiones de Ethernet según la velocidad de transmisión: 10Base-T (10 Mbit/s.), *Fast Ethernet* (100 Mbit/s.), *Gigabit Ethernet* (1000 Mbit/s., aún en pruebas).

Características principales:

- ✓ Distancia: de 100 (para 10Base-T) a 50 Km (usando fibra óptica).
- ✓ Número máximo de nodos: 1024, extensible con routers.
- ✓ Velocidad de transmisión: 10 Mbit/s. a 100 Mbit/s.
- ✓ Tamaño del mensaje: 46 a 1500 bytes.
- ✓ Formato del mensaje: peer-to-peer.

Ventajas: Es el estándar de red más reconocido internacionalmente. Puede tratar con grandes cantidades de información a una velocidad muy rápida sirviendo para instalaciones muy grandes.

Inconvenientes: Para mensajes con poca información no es eficiente, no lleva la alimentación incorporada, los conectores (RJ45), ilustrado en la figura N° II.9, son vulnerables físicamente. No tiene la propiedad de determinismo por el que los buses de campo pueden asegurar las respuesta de la red para cada carga.



Figura N° II.9. Conector RJ45

Ethernet y TCP/IP (*Transmisión Control Protocol/Internet Protocol*) son dos conceptos distintos pero que se suelen utilizar conjuntamente, Internet es una aplicación de TCP/IP, pero es solo un caso y existen muchas otras muy diferentes.

- ✓ TCP/IP se desarrollo en la Universidad de Stanford en 1970 y consiste en un conjunto de protocolos que pueden funcionar sobre diversos medios físicos, cubrirían entre el nivel 3 y 7 de la torre OSI (pero no son OSI). Por ejemplo si estamos bajando un documento en formato pdf podemos ver como la velocidad de transmisión va variando dependiendo de los niveles de tráfico de la red. TCP/IP es el que se encarga de dividir la información en diferentes paquetes durante la transmisión y luego los reúne.

- ✓ Ethernet es un estándar de comunicaciones que incluye los niveles OSI 1 y 2. La red Ethernet tiene como aplicación básica la gestión e información global de un sistema automatizado. Se situaría en el nivel más alto y sirve de lazo de comunicación entre los dispositivos de gestión central ("sala de control") con los autómatas principales, que a su vez se conectarán con otros autómatas de más bajo nivel, con lo que se puede obtener datos de la planta.

Montando TCP/IP sobre Ethernet se obtiene un sistema de comunicaciones completo.

Ethernet industrial es la aplicación de la tecnología LANs al campo de la automatización. El objetivo es sustituir los existentes buses de campo por dispositivos de comunicaciones compatibles con Ethernet. De esta manera la misma LAN de la oficina se puede aplicar en otros niveles de la jerarquía de control. Esto se visualiza en la figura N° II.10.

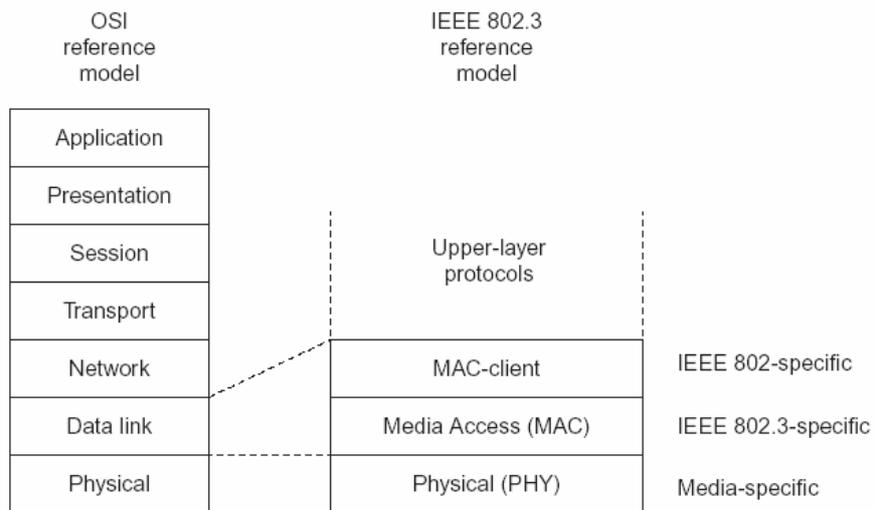


Figura N° II.10. Correspondencia de Ethernet con el Modelo de referencia OSI

2.10. Futuro

Las tendencias para el futuro en el campo de las comunicaciones industriales son las tecnologías inalámbricas (*wireless*), es decir aquellas tecnologías que no utilizan el cableado físico y se comunican por ondas a través del aire.

Este tipo de tecnologías se van introduciendo en nuestras vidas de manera muy visible en los últimos años. Desde la telefonía móvil hasta las salas VIP de los aeropuertos españoles. Por tanto era de esperar que la industria no se hiciera esperar, aunque de momento no

existe una uniformidad entre los diferentes sistemas existentes, hay muchos estándares que están en continua evolución.

Algunos ejemplos de esta tecnología son: *Bluetooth*, *Wi-fi*, *UWB*.

Esta tecnología permitirá llegar a velocidades mucho más importantes, con un transporte mucho mayor de información y sin los problemas de espacio ni interferencias. Se ilustra en la figura N° II.11.



Figura N° II.11. Aplicaciones de tecnología inalámbrica

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS INDUSTRIALES

(SCADA)

SCADA es un acrónimo por “Supervisory Control And Data Acquisition” (control supervisor y adquisición de datos). Los sistemas SCADA utilizan la computadora y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Estos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o muy geográficamente dispersos, ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas SCADA, ilustrado en la figura N° III.12., mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

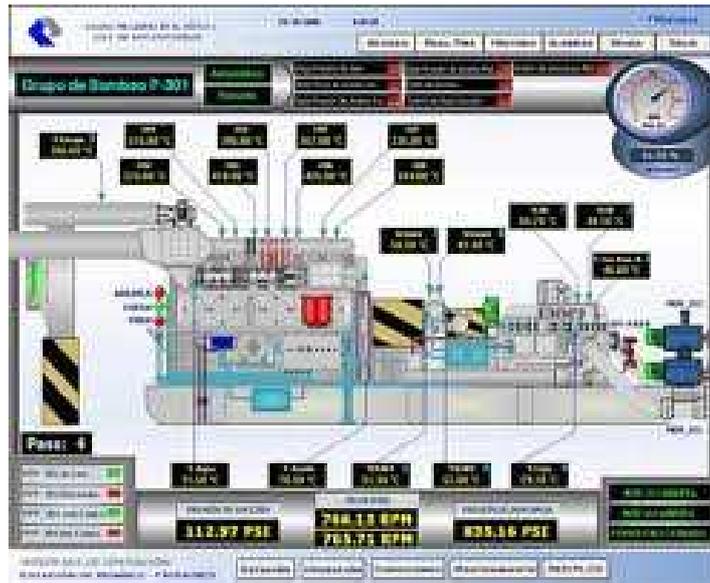


Figura N° III.12. Sistema SCADA

Los primeros SCADA eran simplemente sistemas de telemetría, que proporcionaban reportes periódicos de las condiciones de campo vigilando las señales que representaban medidas y/o condiciones de estado en ubicaciones de campo remotas. Estos sistemas ofrecían capacidades muy simples de monitoreo y control, sin proveer funciones de aplicación alguna. La visión del operador en el proceso estaba basada en los contadores y las lámparas detrás de tableros llenos de indicadores. Mientras la tecnología se desarrollaba, las computadoras asumieron el papel de manejar la recolección de datos, disponiendo comandos de control, y una nueva función - presentación de la información sobre una pantalla de video. Las computadoras agregaron la capacidad de programar el sistema para realizar funciones de control más complejas.

Los primeros sistemas automatizados SCADA fueron altamente modificados con programas de aplicación específicos para atender a requisitos de algún proyecto particular. Como ingenieros de varias industrias asistieron al diseño de estos sistemas,

su percepción de SCADA adquirió las características de su propia industria. Proveedores de sistemas de software SCADA, deseando reutilizar su trabajo previo sobre los nuevos proyectos, perpetuaron esta imagen de industria específicos por su propia visión de los ambientes de control con los cuales tenían experiencia. Solamente cuando nuevos proyectos requirieron funciones y aplicaciones adicionales, hizo que los desarrolladores de sistemas SCADA tuvieran la oportunidad de desarrollar experiencia en otras industrias.

Hoy, los proveedores de SCADA están diseñando sistemas que son pensados para resolver las necesidades de muchas industrias, con módulos de software industria específicos disponibles para proporcionar las capacidades requeridas comúnmente. No es inusual encontrar software SCADA comercialmente disponible adaptado para procesamiento de papel y celulosa, industrias de aceite y gas, hidroeléctricas, gerenciamiento y provisión de agua, control de fluidos, etc. Puesto que los proveedores de SCADA aún tienen tendencia en favor de algunas industrias sobre otras, los compradores de estos sistemas a menudo dependen del proveedor para una comprensiva solución a su requisito, y generalmente procurar seleccionar un vendedor que pueda ofrecer una completa solución con un producto estándar que esté apuntado hacia las necesidades específicas del usuario final. Si selecciona a un vendedor con experiencia limitada en la industria del comprador, el comprador debe estar preparado para asistir al esfuerzo de ingeniería necesario para desarrollar el conocimiento adicional de la industria requerido por el vendedor para poner con éxito el sistema en ejecución.

Para alcanzar un nivel aceptable de tolerancia de fallas con estos sistemas, es común tener computadoras SCADA redundantes operando en paralelo en el centro primario del control, y un sistema de reserva del mismo situado en un área geográficamente distante. Esta arquitectura proporciona la transferencia automática de la responsabilidad del control de cualquier ordenador que pueda llegar a ser inasequible por cualquier razón, a una computadora de reserva en línea, sin interrupción significativa de las operaciones.

3.6 Un ejemplo sencillo

Supongamos que se tiene un circuito eléctrico simple que consiste en un interruptor y una luz similar al representado en la figura N° III.13.:

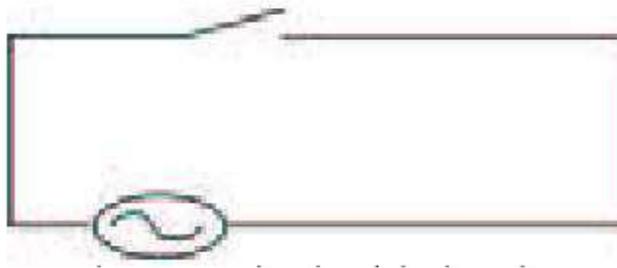


Figura N° III.13. Circuito ejemplo.

Este circuito permite que un operador mire la luz y sepa si el interruptor está abierto o cerrado. El interruptor puede indicar que un motor está trabajando o parado, o si una puerta está abierta o cerrada, o aún si ha habido un incidente o el equipo está trabajando. Hasta ahora no hay nada especial sobre esto. Pero ahora imagínese que el interruptor y la lámpara están separados 100 kilómetros. Obviamente no podríamos tener un circuito eléctrico tan grande, y ahora será un problema que involucrará equipamiento de comunicaciones. Ahora complique un poco más el problema. Imagínese que

tengamos 2000 de tales circuitos. No podríamos producir 2000 circuitos de comunicación. Sin embargo alguien encontró que podríamos utilizar un solo circuito de comunicación compartiéndolo. Primero enviamos el estado (abierto | cerrado o 0/1) del primer circuito. Luego enviamos el estado del segundo circuito, etcétera. Necesitamos indicar a qué circuito se aplica el estado cuando enviamos los datos.

El operador en el otro extremo todavía tiene un problema: tiene que monitorear los 2000 circuitos. Para simplificar su tarea podríamos utilizar una computadora. La computadora vigilaría todos los circuitos, y le diría al operador cuándo necesita prestarle atención a un circuito determinado. La computadora será informada cuál es el estado normal del circuito y cuál es un estado de "alarma". Vigila todos los circuitos, e informa al operador cuando cualquier circuito entra en alarma comparando con estos valores.

Algunos circuitos pueden contener datos "analógicos", por ejemplo, un número que representa el nivel de agua en un tanque. En estos casos la computadora será informada de los valores de niveles máximo y mínimo que deban ser considerados normales. Cuando el valor cae fuera de este rango, la computadora considerará esto como una alarma, y el operador será informado.

Podríamos también utilizar la computadora para presentar la información de una manera gráfica (un cuadro vale mil palabras). Podría mostrar una válvula en color rojo cuando está cerrada, o verde cuando está abierta, etcétera.

Un sistema SCADA real es aún más complejo. Hay más de un sitio. Algunos tienen 30.000 a 50.000 "puntos" que normalmente proporcionan tanto información

"analógica" como digital o de estado (por ejemplo, números tales como el nivel del líquido en un tanque). Pueden enviar un valor de estado (por ejemplo, encender una bomba) tanto como recibirlo (bomba encendida). Y la potencia de la computadora se puede utilizar para realizar un complejo secuenciamiento de operaciones, por ejemplo: ABRA una válvula, después ENCIENDA una bomba, pero solamente si la presión es mayor de 50. La computadora se puede utilizar para resumir y visualizar los datos que está procesando.

Las tendencias (gráficos) de valores analógicos en un cierto plazo son muy comunes. Recoger los datos y resumirlos en informes para los operadores y la gerencia son características normales de un sistema SCADA.

3.7 Definición general de SCADA

SCADA (supervisory control and data acquisition) es un sistema industrial de mediciones y control que consiste en una computadora principal o "master" (generalmente llamada Estación Maestra, "Master Terminal Unit" o MTU); una o más unidades control obteniendo datos de campo (generalmente llamadas estaciones remotas, "Remote Terminal Units," o RTU); y una colección de software estándar y/o a la medida usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo. Los sistemas SCADA contemporáneos exhiben predominantemente características de control a lazo abierto y utilizan comunicaciones generalmente interurbanas, aunque algunos elementos de control a lazo cerrado y/o de comunicaciones de corta distancia pueden también estar presentes.

Sistemas similares a un sistema SCADA son vistos rutinariamente en fábricas, plantas de tratamiento, etc. Éstos son llamados a menudo como Sistemas de Control Distribuidos (DCS – “Distributed Control Systems”.) Tienen funciones similares a los sistemas SCADA, pero las unidades de colección o de control de datos de campo se establecen generalmente dentro de un área confinada. Las comunicaciones pueden ser vía una red de área local (LAN), y serán normalmente confiables y de alta velocidad. Un sistema DCS emplea generalmente cantidades significativas de control a lazo cerrado.

Un sistema SCADA por otra parte, generalmente cubre áreas geográficas más grandes, y normalmente depende de una variedad de sistemas de comunicación menos confiables que una LAN. El control a lazo cerrado en esta situación será menos deseable. Un sistema SCADA se utiliza para vigilar y controlar la planta industrial o el equipamiento. El control puede ser automático, o iniciado por comandos de operador. La adquisición de datos es lograda en primer lugar por las RTU que exploran las entradas de información de campo conectadas con ellos (pueden también ser usados PLC – “Programmable Logic Controllers”).

Esto se hace generalmente a intervalos muy cortos. La MTU entonces explorará las RTU generalmente con una frecuencia menor. Los datos se procesarán para detectar condiciones de alarma, y si una alarma estuviera presente, sería catalogada y visualizada en listas especiales de alarmas. Los datos pueden ser de tres tipos principales:

- ✓ Datos analógicos (por ejemplo números reales) que quizás sean presentados en gráficos.
- ✓ Datos digitales (on/off) que pueden tener alarmas asociadas a un estado o al otro.
- ✓ Datos de pulsos (por ejemplo conteo de revoluciones de un medidor) que serán normalmente contabilizados o acumulados.

La interfaz primaria al operador es una pantalla que muestra una representación de la planta o del equipamiento en forma gráfica. Los datos vivos (dispositivos) se muestran como dibujos o esquemas en primer plano (foreground) sobre un fondo estático (background). Mientras los datos cambian en campo, el foreground es actualizado (una válvula se puede mostrar como abierta o cerrada, etc.). Los datos analógicos se pueden mostrar como números, o gráficamente (esquema de un tanque con su nivel de líquido almacenado). El sistema puede tener muchas de tales pantallas, y el operador puede seleccionar los más relevantes en cualquier momento.

3.8 Unidades Maestras (Master Terminal Units)

La parte más visible de un sistema SCADA es la estación central o MTU. Éste es el "centro neurálgico" del sistema, y es el componente del cual el personal de operaciones se valdrá para ver la mayoría de la planta. Una MTU a veces se llama HMI –“Human Machine Interfase”, interfaz ser humano - máquina -.

3.8.1 Características de las unidades maestras

Todas las MTU de SCADA deben presentar una serie de características, algunas de estas son las siguientes:

Adquisición de datos

Recolección de datos de las unidades terminales remotas (RTU)

Gráficos de tendencia

Salvar los datos en una base de datos, y ponerlos a disposición de los operadores en forma de gráficos.

Procesamiento de Alarmas

Analizar los datos recogidos de las RTU para ver si han ocurrido condiciones anormales, y alertar a personal de operaciones sobre las mismas.

Control

Control a Lazo Cerrado, e iniciados por operador.

Visualizaciones

Gráficos del equipamiento actualizado para reflejar datos del campo.

Informes

La mayoría de los sistemas SCADA tienen un ordenador dedicado a la producción de reportes conectado en red (LAN o similar) con el principal.

Mantenimiento del Sistema Mirror

Se debe mantener un sistema idéntico con la capacidad segura de asumir el control inmediatamente sí la principal falla.

Interfaces con otros sistemas

Transferencia de datos hacia y desde otros sistemas corporativos para, por ejemplo, el procesamiento de órdenes de trabajo, de compra, la actualización de bases de datos, etc.

Seguridad

Control de acceso a los distintos componentes del sistema.

Administración de la red

Monitoreo de la red de comunicaciones.

Administración de la Base de datos

Agregar nuevas estaciones, puntos, gráficos, puntos de cambio de alarmas, y en general, reconfigurar el sistema.

Aplicaciones especiales

Casi todos los sistemas SCADA tendrán cierto software de aplicación especial, asociado generalmente al monitoreo y al control de la planta específica en la cual se está utilizando.

Recordemos que las necesidades de las diferentes industrias pueden ser muy variadas.

Sistemas expertos, sistemas de modelado

Los más avanzados pueden incluir sistemas expertos incorporados, o capacidad de modelado de datos.

3.8.2 Hardware y Software

Las MTU de sistemas SCADA se pueden implementar en la mayoría de las plataformas existentes. Los primeros sistemas existentes tendieron a ser propietarios y muy especializados, y donde fueron utilizados sistemas operativos de fines generales, tendieron a ser modificados ampliamente. Esto debido a que los requisitos de SCADA superaban los límites de la tecnología disponible en el momento y por razones de desempeño ya que tendieron a proporcionar sistemas gráficos por encargo, a usar bases de datos en tiempo real (con gran parte de la base de datos en memoria), y a menudo el hardware debió ser modificado para estos requisitos particulares. La serie Digital Equipment Corporation PDP11 y el sistema operativo RSX11M eran quizás la plataforma más común en los SCADA del siglo pasado. Posteriormente, Unix

comenzó a ser el sistema operativo de más frecuente elección. Mientras la potencia de la PC aumentaba, los sistemas Intel llegaron a ser muy comunes, aunque las plataformas DEC Alfa, y otras estaciones de trabajo de fines elevados estén aún en uso. En épocas recientes Windows NT ha alcanzado alta aceptación dentro de la comunidad SCADA, aunque los sistemas muy grandes siguen siendo en la mayor parte de los casos estaciones de trabajo Unix (QNX o Solaris), las cuales son más veloces en sus respuestas.

Actualmente la industria se está desarrollando claramente hacia estándares abiertos: ODBC, INTEL PC, sistemas estándares de gráficos, e interconectividad a sistemas de computación corrientes. En años recientes ha aparecido en el mercado un importante número de sistemas SCADA sobre plataformas INTEL PC, ya que éstas están aumentando rápidamente su capacidad y desempeño. Ejemplos de ellos son Citect, FIX de Intellution, KEPware, ilustrado en la figura N° III.14. y Wonderware.

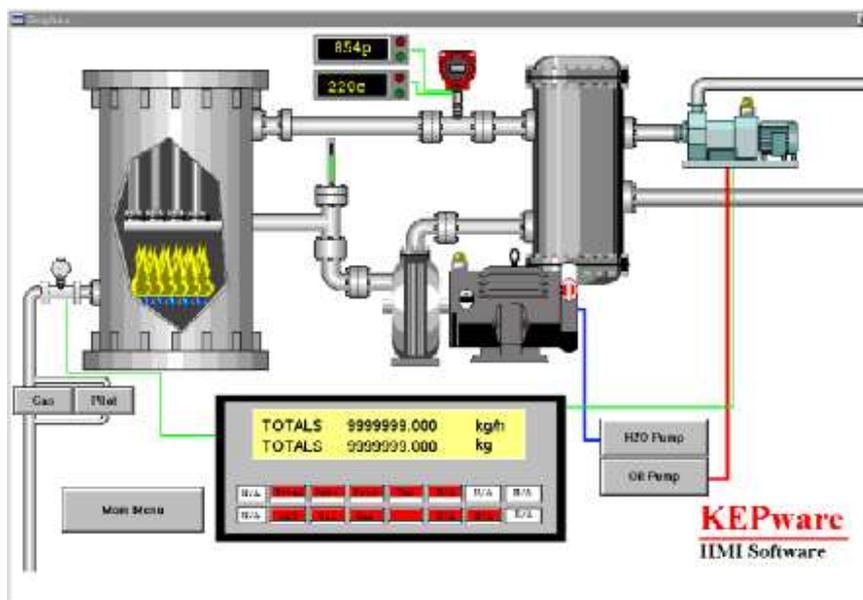


Figura N III.14. Muestra de la presentación de la planta con un sistema implementado en KEPware.

3.8.2.1 **Hardware en sistemas de supervisión: PLC y PC.**

El hecho es que las tareas automatizadas de control, visualización y computación pueden ser efectuadas por los PLC (conectados en red mediante los módulos adecuados) mejor que con sistemas exclusivos de control basados en PC. Lo que finalmente es práctico, no obstante, depende de un gran número de factores y la mayoría deben ser considerados individualmente para cada proyecto de automatización. Así, por ejemplo, los actuales conocimientos y preferencias del usuario pueden jugar un mayor papel que la pura potencia del ordenador. Los factores cruciales, no obstante, son los atributos de capacidad en tiempo real y las propiedades de seguridad que hasta ahora han sido fuertemente asociadas con el PLC, aunque el PC también puede disponer de la característica de capacidad en tiempo real. Un sistema de control es inconcebible sin capacidad en tiempo real. Es común en sistemas de control por ordenador tener que elegir, según las características del sistema a supervisar, entre el PLC o el PC. Se debe elegir aquel hardware que mejor se adapte a las necesidades del sistema a supervisar.

Los controladores lógicos programables, en la mayoría de los casos, están diseñados específicamente para ser empleados en ambientes industriales exigentes y han sido continuamente desarrollados de forma que sus sistemas operativos en tiempo real representan su mayor virtud. Ellos son y seguirán siendo, no obstante, la primera elección para todo control de tareas críticas o extremas por su rendimiento y simpleza, en los que un PC podría estar simplemente "sobrecargado" debido al trabajo que le pueden suponer otras tareas de ámbito común, como la gestión y visualización de datos, accesos a periféricos, bases de datos.

Si, además del control de tareas, se necesita un procesamiento de datos, trabajo en red o visualización (una aplicación SCADA), un sistema basado en PC debe ser tomado en consideración.

En cuanto a sistemas operativos, Windows NT, por ejemplo, no es estrictamente un sistema operativo en tiempo real como el de un PLC, pero puede actuar de forma suficientemente rápida para aplicaciones "suaves" en tiempo real, gracias a su arquitectura de micro-kernel.

3.8.2.2 Uso del PC como centro neural del MTU.

En casa y en la oficina, el ordenador personal continúa con su progreso. El PC se ha establecido en un gran número de campos. Los componentes hardware y software están siendo cada vez más potentes y más rentables. Es lógico, por tanto, que la industria quiera tomar provecho de este hecho, para reducir costes y/o incrementar la productividad.

Ciertas tareas industriales están actualmente en manos de los ordenadores desde hace tiempo: desde emplear la tecnología Windows cuando se manejan pedidos y/o se ajustan parámetros de maquinaria hasta preparar o visualizar datos prácticamente de cualquier tipo.

No hay que sorprenderse entonces, que los especialistas en automatización y los usuarios estén pensando ahora en qué forma se pueden transferir al PC otras tareas, para poder llegar a un mayor ahorro. Más recientemente un gran número de simuladores de

PLC (controladores lógicos programables) por software ha aparecido en el mercado, que están ayudando a transferir el control de tareas al disco duro y presentan una automatización más efectiva en costes en una simple pieza de hardware (el PC).

Los computadores personales o PC tienen múltiples matices en cuanto a temas, arquitectura y forma de utilizarse, entre ellos tenemos: (1) Supervisión de Procesos, en el que se utilizan fundamentalmente los recursos del procesador para mostrar dinámicamente el funcionamiento de un proceso, (2) El control, en el que el procesador, a través de interfaces de entradas y salidas específicas permite manipular directamente el proceso y (3) El sistema SCADA, Control Supervisado y Adquisición de datos, en el que se realizan las dos funciones anteriores para sistemas relativamente complejos en los que generalmente está involucrada las comunicaciones. Cada una de estas tres categorías puede aplicarse en cualquier actividad sea industrial o manufacturera, tanto en el laboratorio como en la planta.

Para el control se utilizan diversos tipos de computadores por lo que hay interfaces para las diversas arquitecturas internas, de las que el Bus PCI es el más utilizado en la actualidad. En la industria es el bus COMPACT PCI el equivalente más adecuado.

Las computadoras industriales están preparadas para trabajar en los ambientes duros de la industria, con la ayuda de dispositivos, como se muestra en la figura N° III.15.



Figura N III.15. Dispositivos utilizados para un SCADA

Se ha discutido mucho el uso de los computadores haciendo la función de control, felizmente la tecnología ha avanzado en este sentido y la tendencia es hacia sistemas operativos más robustos, mientras tanto existen alternativas como la de LabVIEW Real time de National Instruments, en el que la interfaz de entradas y salidas en el micro-computador alberga un sistema operativo de tiempo real en el que se ejecuta el programa de control, de esta forma se tienen disponibles las ventajas de Windows y el control no se pierde aún cuando el sistema operativo (Windows) colapse, ilustrado en la figura N° III.16.



Figura N III.16. Interface de un sistema programado en LabVIEW

Los sistemas SCADA están constituidos por el Hardware, que generalmente es una red de controladores y estaciones remotas de adquisición de datos. El corazón de un sistema SCADA está en el "Software SCADA", que es el encargado de supervisar y controlar el Proceso a través del Hardware de control, generalmente el software SCADA trabaja conjuntamente con un PLC o una red de PLC. Este software permite supervisar el proceso desde un microcomputador, así como realizar las acciones de control a través del PLC, controlador o sistema de control. En el mercado existen varios programas que realizan esta función.

Tan importante como el 'Hardware' es el 'Software' especializado para el control y la supervisión de procesos. Los niveles de 'software' podrían ser escalonados en: (1) 'Software' de manejo a nivel de registros para las interfaces, (2) programas de usuario en lenguajes de alto nivel, utilizando rutinas suministradas por los fabricantes de 'hardware', (3) Sistemas de desarrollo y generadores de código fuente dedicados a la adquisición y procesamiento de data así como el control y supervisión de procesos tal como LabVIEW antes mencionado, (4) 'Paquetes' de control y supervisión de procesos, que permiten administrar el 'hardware' de control de procesos basados en controladores lógicos programables (PLC), supervisar los procesos y administrar redes de microcomputadores y de controladores lógicos programables.

La mayoría de Software de alta performance para la Automatización Industrial se ejecuta bajo Microsoft Windows NT, 98 y 2000. Deben proveer una interfaz gráfica para su proceso, ya sea como Interfaz Humano Máquina (HMI: "Human Machine Interface"), o como un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos.

3.8.3 Adquisición de Datos

La función de adquisición de datos de un sistema SCADA es obviamente una función preponderante. Hay un número de características asociadas a la adquisición de datos.

3.8.3.1 Interrogación, informes por excepción, y transmisiones iniciadas por RTU.

Los primeros sistemas SCADA tenían RTU tontos y el sistema central debía utilizar un sistema de interrogación (“polling”) para tener acceso a sus datos. La unidad maestra controlaba todas las comunicaciones, y una RTU *nunca hablaba a menos que fuera interrogada*. La unidad maestra *preguntaba* así a cada RTU alternadamente, pidiendo que le envíen sus datos. La RTU haría lo necesario para recuperar los últimos datos de sus instrumentos (además de la conversión de señales analógicas a digitales) y después contestaría a la petición de la unidad maestra.

Al ser controladas las comunicaciones por la unidad maestra, éste registraba los datos con la hora de recepción, muchas veces muy distinta a la hora en que fueron generados.

Algunas variaciones en esto se han introducido para mejorar la eficacia de comunicaciones. La unidad maestra podía solicitar solamente algunos de los datos de una RTU en cada encuesta principal, y extraería los datos menos importantes en una segunda encuesta disparada con una frecuencia más baja. Con las RTU más inteligentes, se podían explorar independientemente sus entradas de información, sobre una base continua, e incluso agrupar por hora los datos. La unidad maestra entonces preguntaría a la RTU si tiene cualquier cosa para informar. Si nada hubiera cambiado desde la vez última, la RTU respondería *sin novedad*, y la unidad maestra

se movería a la RTU siguiente. Para asegurarse de que un cierto acontecimiento no fue salteado, ocasionalmente la unidad maestra haría una encuesta completa como un *chequeo de salud*. Está claro lo que implica cuando una entrada de información digital ha cambiado, pero el uso del informe por excepción con valores analógicos significa que un cierto cambio del umbral está definido (típicamente 1-2%), y sobre éste se ha producido algún cambio. El informe por excepción puede reducir dramáticamente el tráfico de comunicaciones, siempre y cuando los datos estén cambiando en forma relativamente lenta.

Cuando se están midiendo parámetros altamente volátiles puede aumentar drásticamente el tráfico. En este caso una solución es poner estos parámetros volátiles en una encuesta rutinaria, sacrificando una cierta exactitud en la hora de registro en pos de la reducción del tráfico. El acercamiento más sofisticado es permitir que la RTU reporte por excepción sin la encuesta previa por parte de la unidad maestra. Esto significa que el sistema de comunicaciones no se está utilizando para las repetidas encuestas con *sin novedad* siendo la respuesta más frecuente. Esto permite que un sistema típico controle muchos más RTU con la misma anchura de banda de comunicaciones. Como los asuntos asociados con parámetros altamente volátiles todavía existen, un *chequeo de salud* en background sigue siendo necesario, de otro modo una RTU podría salir de servicio y el sistema nunca se daría por enterado.

Para utilizar esta técnica, el protocolo de comunicación debe tener la capacidad de proporcionar las direcciones de destino del mensaje, y de la fuente del mismo. Este sistema también implica que dos RTU pueden transmitir simultáneamente, interfiriendo uno con otro. Un sistema SCADA normalmente repetirá la transmisión si

no recibe un acuse de recibo dentro de cierto tiempo. Si interfieren dos RTU transmitiendo simultáneamente, y, luego si ambos poseen el mismo tiempo de reenvío, interferirán otra vez. Por esta razón, el acercamiento típico es repetir el envío después de un período aleatoriamente seleccionado. El uso de timeouts al azar puede no ser suficiente cuando por ejemplo ha habido un apagón extenso. Incluso con recomprobaciones al azar, puede haber tanto tráfico que la RTU todavía no podrá conseguir realizar la transmisión. Por esta razón una mejora que es deseable es que después de 5 intentos, el período de recomprobación se fije en por ejemplo 1 minuto.

3.8.3.2 Manejo de fallas de comunicaciones

Un sistema SCADA debe ser muy confiable. Los sistemas de comunicación para los sistemas SCADA se han desarrollado para manejar comunicaciones pobres de una manera predecible. Esto es especialmente importante donde está implicado el control - podría ser desastroso si las fallas de comunicaciones causaran que el sistema SCADA haga funcionar inadvertidamente el sector incorrecto de la planta. Los sistemas SCADA hacen uso típicamente de las técnicas tradicionales de la paridad, del chequeo de sumas polinómicas, códigos de Hamming y demás. Sin embargo no confían simplemente en estas técnicas. La operatoria normal para un sistema SCADA es esperar siempre que cada transmisión sea reconocida. El sistema de interrogación que emplea tiene seguridad incorporada, en la que cada estación externa está controlada y debe periódicamente responder. Si no responde, entonces un número predeterminado de recomprobaciones será procurado.

Las fallas eventualmente repetidas harán que la RTU en cuestión sea marcado como "fuera de servicio" (en un sistema de interrogación una falla de comunicación bloquea la red por un período de tiempo relativamente largo, y una vez que se haya detectado una falla, no hay motivo para volver a revisar). La exactitud de la transmisión de un SCADA se ha mirado tradicionalmente como tan importante que la aplicación SCADA toma directamente la responsabilidad sobre ella. Esto se produce en contraste con protocolos de comunicación más generales donde la responsabilidad de transmitir datos confiablemente se deja a los mismos protocolos. A medida que se utilicen protocolos de comunicación más sofisticados, y los proveedores de SCADA comiencen a tomar confianza con ellos, entonces la responsabilidad de manejar errores será transferida al protocolo.

3.8.3.3 Los protocolos de comunicación

Se han desarrollado técnicas para la transmisión confiable sobre medios pobres, y es así que muchas compañías alcanzaron una ventaja competitiva respecto de sus competidoras simplemente debido al mérito técnico de sus protocolos. Estos protocolos por lo tanto tendieron a ser propietarios, y celosamente guardados.

Esto no representaba un problema al instalar el sistema, aunque sí cuando eran requeridas extensiones. Lo obvio y casi absolutamente necesario era acudir de nuevo al proveedor original. No era generalmente factible considerar el uso de un protocolo distinto, pues eran generalmente mutuamente excluyentes. Los progresos recientes han considerado la aparición de un número apreciable de protocolos "abiertos". IEC870/5, DNP3, MMS son algunos de éstos.

Los mejores de estos protocolos son los multicapa completamente "encapsulados", y los sistemas SCADA que utilizan éstos pueden confiar en ellos para garantizar la salida de un mensaje y el arribo a destino. Un número de compañías ofrece los códigos fuente de estos protocolos, y otras ofrecen conjuntos de datos de prueba para comprobar la implementación del mismo. Por medio de estos progresos está llegando a ser factible, por lo menos a este nivel, considerar la interoperabilidad del equipamiento de diversos fabricantes. Como documento adjunto se dará una breve descripción del protocolo DNP 3.0.

3.8.3.4 **Las redes de comunicación.**

SCADA tiende a utilizar la mayoría de las redes de comunicación disponibles. Los sistemas SCADA basados en **transmisión radial** son probablemente los más comunes. Éstos evolucionaron con el tiempo, y lo más básico es el uso de FSK ("frequency shift keying" - codificación por conmutación de frecuencia) sobre canales de radio analógicos. Esto significa que aquellos 0 y 1 son representados por dos diversas frecuencias (1800 y 2100 hertzios son comunes). Estas frecuencias se pueden sintetizar y enviar sobre una radio de audio normal. Velocidades de hasta 1200 baudios son posibles. Una consideración especial necesita ser dada al retardo de RTS ("request to send" - petición de enviar) que normalmente se presenta. Esto se produce porque una radio se tomará algún tiempo después de ser encendida ("on") para que la señal alcance niveles aceptables, y por lo tanto el sistema SCADA debe poder configurar estos retardos. La mayoría de las otras consideraciones con respecto a radio y SCADA se relacionan con el diseño básico de la red de radio.

Servicios basados en satélites

Hay muchos de éstos, pero la mayoría son muy costosos. Hay situaciones donde no hay alternativas. No obstante, existe un servicio basado en satélites que es económico: los sistemas VSAT: "Very Small Aperture". Terminal. Con VSAT, usted alquila un segmento del espacio (64k o más), y los datos se envían de un sitio remoto a un "hub" vía satélite. Hay dos tipos de "hub". El primero es un sistema proporcionado típicamente por un proveedor de servicios de VSAT. La ventaja es un costo fijo para los datos aunque su implementación puede costar muy cara. La otra consideración para éstos es la necesidad de un "backlink" del "hub" al centro de SCADA. Esto puede ser de un costo considerable.

El otro tipo de sistema utiliza un "hub" pequeño (los clásicos de LAN estructuradas) que se puede instalar con la unidad maestra. Este es más barato, pero la administración del "hub" es responsabilidad exclusiva del propietario de SCADA. La interfaz a cualquier tipo de sistema de VSAT implica el uso de protocolos utilizados por el sistema de VSAT - quizás TCP/IP.

Modbus

Es un protocolo de comunicaciones desarrollado para el mundo del PLC, y fue definido para el uso de las conexiones por cable. Aunque los proyectos procuran con frecuencia utilizar Modbus sobre radio, éste está trayendo problemas, fundamentalmente con los temporizadores. En cualquier caso, Modbus es incompleto como un protocolo para SCADA, y existen alternativas mejores

tales como DNP 3.0. Modbus tiene su campo de aplicación en comunicaciones con PLC sobre una conexión por cable.

Sistemas Landline (Líneas Terrestres)

Éstos son comúnmente usados, pero una gran cantidad de sistemas SCADA implican el uso de la radio para sustituir landlines ante una falla. Las termitas y el relámpago son problemas comunes para los landlines.

3.8.3.5 Procesadores de Comunicaciones Front End.

El "centro" de SCADA consiste típicamente en una colección de computadoras conectadas vía LAN (o LAN redundante). Cada máquina realiza una tarea especializada. La responsabilidad de la colección de datos básicamente puede residir en una de ellas (con un sistema mirror), las visualizaciones pueden ser manejadas por una segunda computadora, etcétera. Una función asignada típicamente a una computadora separada es la interfaz a la red de comunicaciones. Ésta manejará toda la interconexión especializada a los canales de comunicaciones, y en muchos casos realizará la conversión del protocolo de modo que el sistema principal pueda contar con datos entrantes en un formato estándar.

3.8.3.6 Radio.

La telemetría de radio es probablemente la tecnología base de SCADA. La velocidad de transmisión de datos sobre radio estaba en su momento limitada al rango 300 baudios

a 1200 baudios, pero las radios de datos modernas soportan hasta 9600 baudios (e incluso hasta 64k). Una red de radio, como la ilustrada en la figura N° III.17, que funciona en la banda de 900 Mhz es autorizada normalmente para utilizar 12,5 o 25 kHz de ancho de banda. En 25 kHz, las velocidades de 9600 baudios pueden ser alcanzadas, pero en 12,5 kHz solamente 4800 baudios son posibles con el equipamiento.

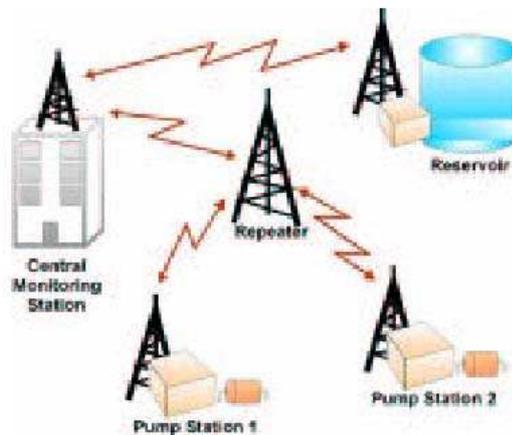


Figura N III.17. Descripción de los enlaces por radio de un sistema SCADA

Una red de radio típica consiste en una conversación a través del repetidor situado en algún punto elevado, y un número de RTU que comparten la red. Todos las RTU "hablan" sobre una frecuencia (F1) y escuchan en una segunda frecuencia (F2). El repetidor escucha en F1, y retransmite esto en F2, de modo que una RTU que transmite un mensaje en F1, lo tiene retransmitido en F2, tal que el resto de las RTU pueda oírlo. Los mensajes de la unidad maestra viajan sobre un enlace de comunicación dedicado hacia el repetidor y son difundidos desde el repetidor en F2 a todos las RTU. Si el protocolo de comunicaciones usado entre la unidad maestra y el repetidor es diferente al usado en la red de radio, entonces debe haber un "Gateway" en el sitio del repetidor. Este hecho permitiría utilizar los protocolos apropiados para

cada uno de los medios. Se ha utilizado con éxito DNP3 sobre la red de radio y después encapsulado el DNP3 en el TCP/IP para permitir que una red de fines generales lleve los datos a la unidad maestra.

El número de RTU que puede compartir un repetidor depende de un número de factores. En primer lugar el tipo de equipo de radio puede afectar esto, teniendo en cuenta el retardo en alcanzar una señal estable. La aplicación también es un factor importante, ya que de ella depende el tiempo de respuesta requerido. Las características del protocolo (la interrogación, informe por excepción, las transmisiones iniciadas por la RTU) también pueden ser significativas. La velocidad tiene obviamente un impacto también.

3.8.3.7 Los circuitos telefónicos

Tienen algunas implicaciones importantes para un sistema SCADA. En primer lugar la administración de módems en campo puede ser molesta. En segundo lugar la RTU debe poder salvar datos mientras el módem está desconectado, para después transmitirlos cuando se establece la conexión. Preferiblemente la RTU debe poder iniciar la llamada cuando ocurre una alarma, o sus buffers de datos corren el riesgo de desbordar. La unidad maestra debe poder manejar la recepción de este cúmulo de datos, y al mismo tiempo "rellenar" su base de datos, generar los gráficos, etcétera. Algunos informes producidos por la unidad maestra pueden necesitar ser corregidos cuando llegan los datos.

3.8.4 Graficación de tendencias

El recurso de graficación de tendencias es una función base incluida en cada sistema SCADA. La computadora se puede utilizar para resumir y exhibir los datos que está procesando. Las tendencias (gráficos) de valores analógicos sobre el tiempo son muy comunes, lo ilustra la figura N° III.18. Recoger los datos y resumirlos en informes para los operadores y gerencia son características normales de un sistema SCADA.

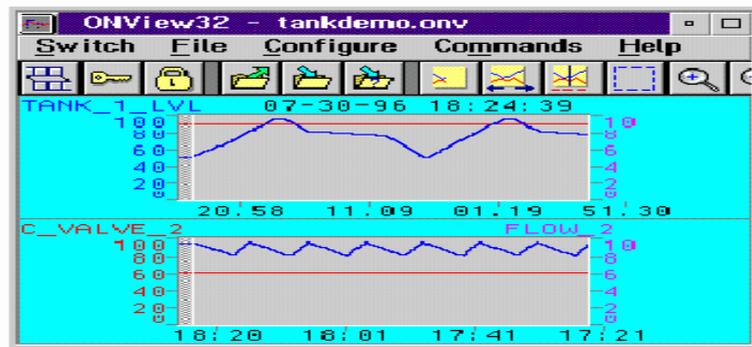


Figura N III.18. Ejemplo de una pantalla de graficación de tendencias en tiempo real.

3.8.4.1 Características

La graficación incluye elementos tales como diagramas X-Y, la capacidad de re-escalar la tendencia mientras es mostrada, la capacidad de visualizar coordenadas para seleccionar una característica en la tendencia y visualizar los valores asociados a ella, histogramas, múltiples valores independientes en una tendencia, y gráficos de información de estado. El sistema de tendencias trabaja normalmente creando un archivo para cada tendencia con "casilleros" para los valores de datos que se renovarían en una frecuencia especificada (máximo ratio de "trending"). A medida que se

adquieren los datos de campo, se ubican en los archivos de tendencia, quedando disponibles para su posterior análisis. Hay normalmente un límite superior a la cantidad de datos que puedan ser guardados (ejemplo un año de datos).

3.8.4.2 Particularidades del almacenaje de datos

El uso de archivos de tendencia con casilleros para los datos, renovados en los intervalos especificados, puede causar dificultades cuando se usa la característica de Reporte por Excepción. Los problemas pueden ser aún mayores cuando se incluyen en el sistema "dial-up" RTU por las posibles desconexiones. El sistema SCADA debe tener la capacidad de llenar los archivos de tendencia en estas circunstancias. Un set SCADA no está preparado para hacer esto automáticamente, y se debe tener sumo cuidado al configurar y especificar las características de graficación de tendencias para lograrlo. Algunos sistemas no permiten que todas las variables sean afectadas a la tendencia de datos. Cuando se desee ver una tendencia para un valor actualmente no configurado para un gráfico de tendencia, debe entonces ser afectado a la tendencia de datos, y luego habrá que esperar hasta que se hayan salvado suficientes datos para que el gráfico sea consistente y aporte los datos de tendencia. Esto no es útil si estamos procurando encontrar fallas.

3.8.4.3 ¿Qué especificar?

Lo siguiente es indicativo de una especificación típica para gráfico de tendencia de datos.

1. Se deberán proporcionar la capacidad del grafico de tendencia de variables en tiempo real, históricas, análogas y de estado, en función del tiempo y diagramas de una variable contra otras variables (por ejemplo, lectura de cabezales contra flujo para analizar la eficiencia de una bomba).
2. Las bases de tiempo para cada tendencia deberán ser configurables a partir de una muestra por minuto a una muestra por semana (u otros valores que puedan ser deseables especificar).
3. Serán proporcionados histogramas, gráficos de barra y X-Y, gráficos de Y-T, etc.
4. Por lo menos cuatro puntos independientes serán configurables para cada pantalla de visualización de tendencias para el grafico de tendencia simultáneo.
5. Será posible vía un puntero o una línea seleccionar una muestra individual y hacer que el sistema exhiba el valor para esa muestra.
6. También será posible, o en la configuración o durante la visualización, asignar mayor o menor magnitud a la escala vertical para cada punto (por ejemplo en vez de 0-100%, hacer un zoom sobre 20-50%).
7. Al ver tendencias, será posible aumentar o disminuir el rango de tiempo de los datos disponibles.
8. La configuración de las tendencias, incluyendo la asignación de los puntos del grafico de tendencia y la selección de los períodos que se visualizarán para cada punto, serán opciones de menú.
9. Cuando la recuperación de datos de campo se vea demorada por alguna razón, por ejemplo, debido a fallas de comunicación, o debido al uso de las técnicas de Reportes por Excepción, los datos serán salvados retrospectivamente en los archivos de tendencia.

3.8.4.4 La interrogación, el informe por excepción y las transmisiones iniciadas por las RTU

Obviamente los datos no se pueden almacenar en los archivos de tendencia con mayor exactitud o frecuencia de las que son adquiridos de campo. Un sistema de interrogación simple por lo tanto salva los datos condicionado por la frecuencia de interrogación. No obstante es más normal ahora que un sistema de interrogación utilice las técnicas de Reportes por Excepción, en las cuales los valores no se transmiten del campo a menos que haya un cambio significativo. Para un valor analógico esto puede ser un porcentaje especificado del valor a escala completa. Por lo tanto la tendencia mostrará una línea plana, mientras que pudo haber habido un cambio pequeño. En Sistemas donde las RTU inician la transmisión, ante un cambio significativo, tienen una característica similar. Los sistemas que utilizan "dial-up". Las terminales remotas típicamente transmitirán los datos una vez al día. Las RTU puede iniciar una transmisión, pero normalmente sólo en una condición de alarma. El sistema debe poder "rellenar" estos datos retrasados. Una situación similar se presenta cuando las comunicaciones se pierden por alguna razón con una RTU enlazado por radio. Cuando se restablecen las comunicaciones, una "reserva" de datos llegará y sucederá lo mismo.

3.8.5 Procesamiento de alarmas

La característica del procesamiento de alarmas se ha asociado siempre a las funciones de las áreas de control de la planta. La computadora procesa todos los datos como vienen del campo, y considera si la variable ha entrado en alarma. Para los valores digitales, uno de los estados (0 o 1) se puede señalar como estado de alarma. Para

valores analógicos es normal que se definan límites de alarmas tal que si el valor cae fuera de estos límites, considerarlo como en alarma. Las alarmas se clasifican normalmente en varios niveles de prioridad, con la prioridad más alta siendo a menudo reservada para las alarmas de seguridad. Esto permite que el operador seleccione una lista de las alarmas más importantes. Cuando un punto entra en alarma, debe ser validada por el operador. Un código es asociado a veces por el operador en ese momento para explicar la razón de la alarma.

Esto ayuda en el análisis posterior de los datos. Es común tener cierto anuncio audible de la alarma, alguna señal sonora en la sala de operaciones.

Un problema común para los sistemas SCADA es la "inundación" de alarmas. Cuando ocurre un trastorno importante del proceso, a menudo un evento de alarma causa otro y así sucesivamente. A menudo en el entusiasmo inicial, los límites de alarma se especifican firmemente, y aún en valores que no son realmente importantes. La inundación de alarmas resultante puede abrumar al personal de operaciones, y ocultar la causa inicial del problema.

3.8.5.1 Características

Los recursos de alarmas incluyen la capacidad de identificar al personal de operaciones por su "login", y exhibir solamente las alarmas relevantes a su área de responsabilidad, y de suprimir alarmas, por ejemplo, cuando la planta está bajo mantenimiento. Algunos sistemas sofisticados pueden resolver la inundación de alarmas identificando secuencias de causas y efectos.

3.8.5.2 **Chequeos**

Cuando los sistemas SCADA no interrogan regularmente todos los sitios, sino que por el contrario confían en la transmisión iniciada por la RTU, si se detectara una condición de error o un cambio significativo en un valor, existe la posibilidad de que la RTU o las comunicaciones puedan fallar, y el evento pase desapercibido. Para solucionar esto, se dispara un "chequeo de salud" en "background", en el cual cada RTU es interrogado con una frecuencia determinada por el tiempo que se considere prudente en que una alarma no sea detectada.

3.8.6 **Comunicaciones**

La característica distintiva de los sistemas SCADA es su capacidad de comunicación. Como ya se ha dicho, comparado a los DCS ("Distributed Control Systems" - sistemas de control distribuido) considerados a menudo dentro de una planta o de una fábrica, un sistema SCADA cubre generalmente áreas geográficas más grandes, y utiliza muchos medios de comunicaciones diversos (y a menudo relativamente no fiables). Un aspecto importante de la tecnología de SCADA es la capacidad de garantizar confiablemente la salida de datos al usar estos medios. Los sistemas SCADA utilizaron inicialmente enlaces de comunicación lentos. Cálculos cuidadosos debieron ser hechos para evaluar los volúmenes de datos probables esperados, y asegurar que la red de comunicaciones fuera capaz de resolver las demandas. Todo lo relacionado a las redes de comunicación se ha desarrollado más arriba.

3.9 Terminales Remotas (Remote Terminal Units)

3.9.1 Fundamentos

Las unidades terminales remotas consisten en una pequeña y robusta computadora que almacenaba datos y los transmite a la terminal maestra para que esta controle los instrumentos. Es una unidad stand-alone (independiente) de adquisición y control de datos. Su función es controlar el equipamiento de proceso en el sitio remoto, adquirir datos del mismo, y transferirlos al sistema central SCADA. La gama de Unidades Terminales Remotas ofrece una solución universal para el control de instalaciones técnicas de todo tipo.

Hay dos tipos básicos de RTU- "single boards" (de un solo módulo), compactos, que contienen todas las entradas de datos en una sola tarjeta, y "modulares" que tienen un modulo CPU separado, y pueden tener otros módulos agregados, normalmente enchufándolos en una placa común (similar a una PC con una placa madre donde se montan procesador y periféricos). Una RTU "single board" tiene normalmente I/O fijas, por ejemplo, 16 entradas de información digitales, 8 salidas digitales, 8 entradas de información analógicas, y 4 salidas analógicas. No es normalmente posible ampliar su capacidad.

Un RTU modular se diseña para ser ampliado agregando módulos adicionales. Los módulos típicos pueden ser un módulo de 8 entradas análogas, un módulo de 8 salidas digitales.

En la actualidad gracias a la modularidad funcional y material, las unidades remotas pueden ser utilizadas tanto para satisfacer necesidades de transmisión de alarmas como para la supervisión completa de una compleja instalación de telegestión, en forma autónoma o acoplada a módulos de expansión.

El mercado propone varios modelos para responder de la manera más óptima posible a los diferentes casos de aplicación, desde un punto de vista técnico y económico.

La mayoría de terminales incluyen un software embarcado que integra potentes recursos de comunicación y supervisión, sin necesidad de programación específica claro que se tiene que tomar un cuenta que este software es específico de cada compañía y no son compatibles entre sí. Para minimizar el problema de compatibilidad las compañías están realizando sus programas bajo estándares para poder vender sus productos con mayor facilidad.

La mayor parte de las RTU tienen como características principales:

- ✓ Comunicaciones a través de la red telefónica fija y móvil, radio enlaces, líneas dedicadas, bus de campo.
- ✓ Adquisición y mando (señales digitales y analógicas, conteos).
- ✓ Capacidad: entre 280 y 700 variables (según las aplicaciones).
- ✓ Procesamientos y automatismos parametrables.
- ✓ Almacenamiento de datos a largo plazo (alarmas, medidas, conteos, informes).
- ✓ Alerta hacia estaciones maestras, buscapersonas y teléfonos móviles.
- ✓ Módulos especializados (automatización y gestión de las estaciones de elevación).

- ✓ Enlaces entre instalaciones (entre remota y remota, entre remotas y módulos).
- ✓ Compatibilidad con otros productos (autómatas programables, analizadores, controladores, medidores, ordenadores de supervisión.)

La **interacción humano-máquina (MMI)** para configurar y operar el equipo puede realizarse localmente o a distancia, mediante un microordenador (programas y otros productos compatibles), en un lenguaje natural e intuitivo.

3.4.2 Funcionalidad del hardware de un RTU

El hardware de un RTU, ilustrado en la figura N° III.19, tiene los siguientes componentes principales:

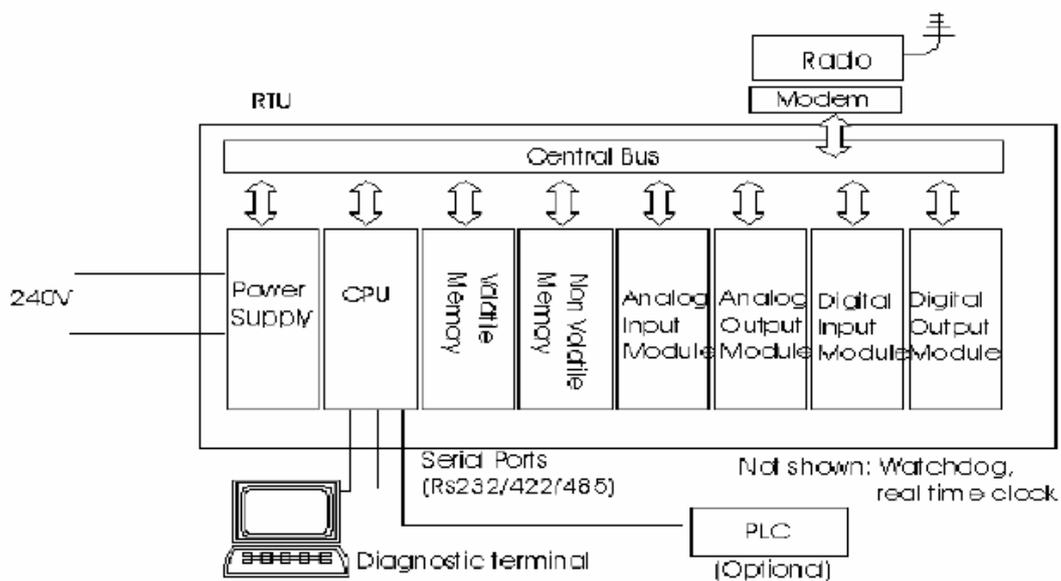


Figura N III.19. Diagrama general de un RTU

- ✓ CPU y memoria volátil (RAM).
- ✓ Memoria no volátil para grabar programas y datos.
- ✓ Capacidad de comunicaciones a través de puertos seriales o a veces con

módem incorporado.

- ✓ Fuente de alimentación segura (con salvaguardia de batería).
- ✓ “Watchdog timer” (que asegure reiniciar el RTU si algo falla).
- ✓ Protección eléctrica contra fluctuaciones en la tensión.
- ✓ Interfaces de entrada-salida a DI/DO/AI/AO.
- ✓ Reloj de tiempo real

3.4.3 Funcionalidad del Software

Todos las RTU requieren la siguiente funcionalidad. En muchas RTU éstas se pueden mezclar y no necesariamente ser identificables como módulos separados.

- ✓ Sistema operativo en tiempo real.
- ✓ “Driver” para el sistema de comunicaciones, es decir la conexión con la MTU.
- ✓ “Drivers” de dispositivo para el sistema de entrada-salida a los dispositivos de campo.
- ✓ Aplicación SCADA para exploración de entradas de información, procesamiento y el grabado de datos, respondiendo a las peticiones de la unidad maestra sobre la red de comunicaciones.
- ✓ Algún método para permitir que las aplicaciones de usuario sean configuradas en la RTU. Ésta puede ser una simple configuración de parámetros, habilitando o deshabilitando entradas-salidas específicas que invalidan o puede representar un ambiente de programación completo para el usuario.
- ✓ Diagnóstico.
- ✓ Algunas RTU pueden tener un sistema de archivos con soporte para descarga de archivo, tanto programas de usuario como archivos de configuración.

3.4.4 Operación Básica

El RTU operará la exploración de sus entradas de información, normalmente con una frecuencia bastante alta. Puede realizar algún procesamiento, por ejemplo cambios de estado, "time stamping" de cambios, y almacenaje de datos que aguardan el "polling" de la unidad maestra. Algunas RTU tienen la capacidad de iniciar la transmisión de datos a la unidad maestra, aunque es más común la situación donde la unidad maestra encuesta a las RTU preguntando por cambios. La RTU puede realizar un cierto procesamiento de alarmas. Cuando es interrogado la RTU deber responder a la petición, la que puede ser tan simple como *dame todos tus datos*, o una compleja función de control para ser ejecutada.

3.4.5 RTU pequeñas contra RTU grandes

Las RTU son dispositivos especiales fabricados a menudo por pequeños proveedores en pequeños lotes de algunos cientos, normalmente para los mercados domésticos. Por lo tanto no todas las RTU soportan toda la funcionalidad descrita. Una RTU más grande puede ser capaz de procesar centenares de entradas de información, y aún controlar el funcionamiento de "sub RTU" más pequeñas. Éstas son obviamente más costosas. La potencia de procesamiento de una RTU se extiende desde pequeños procesadores de 8 bits con memoria mínima hasta sofisticados RTU más grandes capaces de recolectar datos en el orden del milisegundo.

3.4.6 Algunos tipos de RTU

Sistemas “stand-alone” minúsculos.- Que emplean las mismas baterías por un año entero o más. Estos sistemas registran los datos en la EPROM o FLASH ROM y descargan sus datos cuando son accedidos físicamente por un operador, se ilustra en la figura N° III.20. A menudo estos sistemas usan procesadores de chip simple con memoria mínima y pueden no ser capaces de manejar un protocolo de comunicaciones sofisticado.



Figura N III.20. Ejemplo de una RTU stand-alone simple

Sistemas “stand-alone” pequeños.- Que pueden accionar periódicamente a los sensores (o radios) para medir y/o reportar. Generalmente las baterías son mantenidas por energía solar con capacidad para mantener la operación por lo menos 4 meses durante la oscuridad completa. Estos sistemas, como se ilustra en la figura N° III. 21, tienen generalmente bastante capacidad para un esquema mucho más complejo de comunicaciones.



Figura N III.21. Ejemplo de una RTU con panel solar utilizado en plantas Petroleras

Sistemas medios.- Ordenadores industriales single board dedicados, incluyendo IBM- PC o compatibles en configuraciones industriales tales como VME, MultiBus, STD megabus, PC104, etc.

Sistemas grandes.- Completo control de planta con todas las alarmas visuales y sonoras. Estos están generalmente en DCS en plantas, y se comunican a menudo sobre LAN de alta velocidad. La sincronización puede ser muy crítica.

3.4.7 Estándares

Como fuera indicado, las RTU son dispositivos especiales. Ha habido una carencia de estándares, especialmente en el área de comunicaciones, y las RTU provenientes de un fabricante no se pueden mezclar generalmente con una RTU de otro. Una industria ha crecido desarrollando conversores y emuladores de protocolos. Algunos estándares han comenzado recientemente a emerger para las RTU, como DNPs e IEC870 para comunicaciones IEC1131-3 para programar las RTU.

3.4.8 PLC's contra RTU's

Un PLC (“Programmable Logic Controller”) es una computadora industrial pequeña que substituyó originalmente la lógica de los relays. Tenía entradas de información y salidas similares a las de una RTU. Contenía un programa que ejecutaba un bucle, explorando las entradas de información y tomando las acciones basadas en estas entradas de información. El PLC no tenía originalmente ninguna capacidad de comunicaciones, sino que comenzaron a ser utilizadas en situaciones donde las comunicaciones eran una característica deseable. Los módulos de comunicaciones fueron desarrollados así para los PLC, utilizando Ethernet (para el uso en DCS) y el protocolo de comunicaciones Modbus para el uso sobre conexiones dedicadas (cables). Con el correr del tiempo los PLC soportaron protocolos de comunicación más sofisticados. Las RTU se han utilizado siempre en situaciones donde son más difíciles las comunicaciones, y la potencia de las RTU residía en su capacidad de manejar comunicaciones difíciles. Las RTU tenían originalmente programabilidad pobre en comparación con los PLC. Con el tiempo, la programabilidad de la RTU ha ido aumentando. En la actualidad no existe gran rivalidad entre los PLC y las RTU ya que se han convertido en el complemento, pues la RTU se a convertido en la conexión entre el PLC y el control central. De esta forma la RTU informa del desempeño del equipo y en caso de que este no sea satisfactorio la MTU realiza los cambios necesarios en el PLC por medio de la RTU.

3.4.9 ¿Qué especificar?

- ✓ Rango de temperatura para la aplicación, por ejemplo entre -10 y 65° C.
- ✓ Humedad relativa 0 a 95%.
- ✓ Protección del polvo, de la vibración, de la lluvia, de la sal y de la niebla.
- ✓ Inmunidad al ruido eléctrico.
- ✓ Consumo de energía.
- ✓ Capacidad de almacenamiento y de entrada-salida. Permita siempre algo de repuesto (alrededor 10-20%).
- ✓ Control de exactitud de entradas analógicas, y el tipo de señales digitales esperadas (ej. 0- 5v). Programabilidad y flexibilidad de configuración.
- ✓ Diagnóstico - local y remoto.
- ✓ Capacidad de comunicaciones incluyendo soporte para radio, PSTN, landline, microonda, satélite, X.25.
- ✓ Recuerde que el uso del PSTN implica el timestamp y el grabado de los datos mientras no está conectado, y que la unidad maestra pueda marcar, validar esta reserva de datos, y llenar su base de datos con estos datos históricos (archivos incluyendo los de tendencia). También considere cómo las alarmas deben ser manejadas con PSTN.

Considere los protocolos estándares tales como DNP3, IEC870, MMS en vez de protocolos propietarios.

- ✓ Funcionalidad soportada - ej.: timestamping, capacidad de memoria para salvar datos en caso de pérdida de comunicación, capacidad de hacer cálculos.

- ✓ Soporte para las comunicaciones punto a punto incluyendo almacenaje y capacidad de redespacho si las comunicaciones son complicadas (especialmente radio).
- ✓ Baud Rates utilizado (1200 baudios en FSK, o 9600 baudios en radios de datos).
- ✓ Usted puede requerir puertos seriales adicionales especialmente interconectar con PLC.
- ✓ Su unidad maestra debe soportar toda la funcionalidad de la RTU, especialmente el timestamping de datos analógicos, y los protocolos de comunicaciones.
- ✓ Direccionabilidad máxima (Ej. máximo de 255 RTU's).
- ✓ Indicación local clara del diagnóstico.
- ✓ Chequeos de compatibilidad de la configuración del software contra el hardware actual
- ✓ Capacidad de registro de todos los errores producidos y de acceso remoto a estos registros.
- ✓ Filtración por software de los canales de entrada de información analógica.

3.5 Gerenciamiento de Proyectos

Lo que sigue es una descripción muy breve del gerenciamiento de proyectos SCADA. Todas las metodologías de la gerencia de proyecto implican descomponerlo en fases, generalmente con entradas de aprobación al final de cada fase.

3.5.1 Identificación

- ✓ Identificar la necesidad
- ✓ Preparar la estimación preliminar de costes
- ✓ Obtener la aprobación para que los fondos o los recursos procedan a la fase próxima. Esta fase es normalmente informal, y no requiere de muchos recursos. La identificación de la necesidad podría haberse presentado como ligada a alguna otra actividad, por ejemplo del desarrollo de estrategias corporativas, revisión de la condición de la planta, o de las consecuencias de hacer frente a un incidente importante.

Típicamente un sistema SCADA será requerido por alguna de las razones siguientes:

- ✓ Para reducir costos de energía.
- ✓ Para reducir costos de personal.
- ✓ Para reducir requisitos de capital futuros.
- ✓ Para mejorar el nivel del servicio.
- ✓ Para evitar incidentes ambientales.
- ✓ Para cumplir con requisitos regulatorios.
- ✓ Puede no ser posible ejecutar el negocio sin SCADA.
- ✓ Para obtener un costo competitivo.
- ✓ Para sustituir un sistema existente obsoleto.

A menudo SCADA no está rigurosamente justificado sino que es requerido simplemente por la gerencia como parte de la forma que la misma desea llevar el

negocio. Ésta puede ser la mejor manera, pues los recursos a menudo substanciales son consumidos intentando dar una justificación para una implementación SCADA, y es extremadamente común que después de que el sistema esté instalado, se presenten beneficios inesperados que abrumen las ventajas originalmente predichas. Además, las ventajas pueden presentarse multiplicadas por varias otras iniciativas claves que se estén desarrollando en paralelo, como la reingeniería del negocio, y a veces es imposible separar los beneficios de SCADA de los que se originan en otras iniciativas. Una gerencia progresista creará un clima en el cual el personal busque activamente las vías en las cuales mejorar la productividad de la organización. En otras organizaciones, tal propuesta será tratada con escepticismo. La clave de esto reside en que la gerencia desarrolle una visión de cómo quisiera que la organización se maneje en el futuro.

El siglo pasado requirió que las organizaciones lleguen a ser más chicas y más eficientes. Es difícil imaginar que estas tendencias se reviertan en los años próximos. Esta fase es crucial en cualquier proyecto SCADA. El éxito económico del proyecto se encarna en determinar la factibilidad inicial. El alcance del proyecto esencialmente se define en este punto. Por ejemplo si no se consideran los beneficios del uso de los horarios de tarifas eléctricas educidas para reducir el costo de bombeo, es improbable que usted incluya esto en el proyecto SCADA en una etapa posterior.

3.5.2 Lanzamiento

- ✓ Validar la necesidad del proyecto.
- ✓ Establecer los conceptos y su alcance.

- ✓ Establecer una estructura sumaria de la subdivisión del trabajo.
- ✓ Estimación conceptual de costos (-30 a +50%)

Generalmente una cierta cantidad de recursos financieros se ha aprobado en esta etapa para emprender las investigaciones preliminares, y preparar un plan preliminar de la administración del proyecto. Será necesario afirmarse en el alcance, identificar las tecnologías principales que se utilizarán, y ganar el acuerdo y la aprobación de los usuarios potenciales del sistema. Es muy necesario la estimación del costo con una exactitud dentro del ámbito -30 a +50%, como así también establecer las ventajas del sistema con bastante exactitud para convencer a la gerencia de dar la aprobación para proceder con la siguiente fase.

Un error común en este punto es entrar demasiado en detalles técnicos. El trabajo debe concentrarse en esta etapa en los requisitos funcionales (o de usuario), y los requisitos tecnológicos se deben mirar solamente al punto de permitir las estimaciones de costos con la exactitud señalada. El énfasis debe ponerse en asegurarse de que existe una comprensión común dentro de los usuarios finales de qué funcionalidad proporcionará el sistema.

Si el sistema se está introduciendo para mejorar productividad, entonces es importante que la gerencia del usuario entienda cómo puede ser utilizado el sistema SCADA para optimizar prácticas de trabajo. Es importante en esta etapa que el equipo de proyecto incluya a alguien del sector usuario de la organización para comenzar a construir un sentido de la propiedad del sistema. Esta implicación debe continuar a través del proyecto para poder entregar el sistema final a un operador familiarizado en

usarlo a su capacidad máxima.

Aunque el trabajo debe concentrarse en los requisitos funcionales, es necesario vigilar las capacidades técnicas ofrecidas por los proveedores como "off the shell" en su industria. Restringiendo la cantidad de software de encargo que el sistema requerirá es probablemente la acción más importante que usted puede tomar para reducir costos, riesgos, y reducir al mínimo la duración global del proyecto. Una cierta idea preliminar de la estrategia de contratación deberá haber sido desarrollada. Se podrá por ejemplo utilizar consultores, contratos prediseñados (recomendados), etcétera. Como es evidente, esto puede tener un impacto substancial en costos. La decisión de utilizar consultores se debe tomar con sumo cuidado. Un consultor pudo haber preconcebido ideas en cuanto a cómo el proyecto debe ser manejado. Algunas decisiones tales como el uso de contratos prediseñados pueden no ser del agrado de un consultor, prefiriendo realizar él mismo el diseño por ejemplo.

3.5.3 Definición

- ✓ Designar a miembros como líderes de equipo.
- ✓ Desarrollar los lineamientos básicos y la agenda para la gerencia del proyecto.
- ✓ Evaluar los riesgos.
- ✓ Realizar estudios económicos.
- ✓ Desarrollar las estrategias contractuales.
- ✓ Desarrollar las estrategias de implementación.
- ✓ Realizar la estimación definitiva de costo con una máxima exactitud (-15 a +25%).

El proyecto está comenzando en esta etapa a volverse serio. Se está concluyendo la vista preliminar (qué sitios, qué funcionalidad, etc.). Decisiones firmes se están tomando sobre estrategias contractuales tales como diseño y construcción, etc. El trabajo debe todavía concentrarse en esta etapa en los requisitos funcionales (o de usuario), y nuevamente los requisitos tecnológicos deben sólo observarse para permitir las estimaciones de costos.

Es importante en esta etapa identificar firmemente las ventajas del sistema, y desarrollar "planes de realización de beneficios". Estos planes identificarán exactamente cómo las ventajas propuestas serán efectivizadas, por ejemplo, observando qué cambios serán realizados a los procesos existentes para alcanzar las ventajas previstas. Esto dará confianza a la gerencia que la inversión va a ser provechosa.

3.5.4 Diseño

- ✓ Revisiones de Diseño.
- ✓ Revisiones de los reportes de la etapa de definición.
- ✓ Justificación de los Fondos.
- ✓ Estimación de Diseño (-10%+10%).

Esta fase implica normalmente la preparación de la especificación, y el desarrollo de planes de evaluación de licitadores. Es probable que una fase de precalificación pueda proceder en este momento a facilitar la tarea. La Precalificación se utiliza para pre-seleccionar a los licitadores de reputación que tienen una probada trayectoria en este campo. La Precalificación permite la selección de potenciales proveedores antes de que hayan emplazado una cotización, por ejemplo, en base a su capacidad y experiencia. Una decisión clave en esta etapa es exigir la presentación de pruebas específicas.

En los años 80 los contratos rutinariamente especificaban pruebas de aceptación de fábrica, pruebas de implementación, pruebas de aceptación, etcétera. Esto era obligatorio en virtud de que la tecnología era nueva, costosa y la separación del diseño y la adquisición implicaban un alto grado de adecuación. La costumbre moderna es utilizar contratos prediseñados, y pagar por desempeño. Una prueba funcional es todo lo que se requiere desde la perspectiva del comprador. Si el proveedor desea ejecutar pruebas de aceptación de fábrica, es su decisión.

3.5.5 Adquisición

- ✓ Especificación y preparación del trabajo.
- ✓ Estimación de costos (después de la recepción de las ofertas) -5%+5%.
- ✓ Construcción.
- ✓ Fabricación fuera del sitio.
- ✓ Comisión.
- ✓ Terminación práctica. Bajo contratos prediseñados, todo el trabajo detallado es realizado por un solo proveedor. Los participantes clave en esta etapa son:
 - ✓ El encargado de proyecto del proveedor.
 - ✓ El superintendente del contrato.
 - ✓ El encargado de proyecto. El éxito del proyecto dependerá de la actuación de estos tres. En esta fase el proyecto pasará por un número de etapas:
 - ✓ Diseño (que culmina en un informe del diseño del proveedor para su aprobación).
 - ✓ Configuración del software principal de SCADA.
 - ✓ Desarrollo del software a medida.
 - ✓ Ensamble de las RTU en fábrica, y prueba.
 - ✓ Instalación de la instrumentación de campo, de comunicaciones, y de RTU.
 - ✓ Comisión.
 - ✓ Prueba de aceptación en el sitio.
 - ✓ Entrenamiento del cliente.

Subsiguiente a esto, el sistema tiene normalmente un período de detección de problemas, más allá del mantenimiento que debe ser contratado.

3.5.6 Liquidación del Proyecto

- ✓ Reporte final del proyecto.
- ✓ Liquidación de defectos y mal funcionamientos.
- ✓ Depuración final.
- ✓ Revisión pos implementación.

La revisión posterior al desarrollo es algo que raramente se encara, pero debe ser una parte obligatoria de todos los proyectos. Es importante que una evaluación sea hecha de cuán bien está el sistema resolviendo las necesidades de la organización como son ahora concebidas. Si es probable que su organización emprenda proyectos futuros en SCADA, entonces dicha revisión se puede utilizar para documentar cualquier lección aprendida para evitar cometer los mismos errores.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DEL PLC TWDLCAE40DRF Y PROTOCOLOS QUE PERMITAN EL MONITOREO VIA INTERNET

INTRODUCCIÓN AL EQUIPO MECATRÓNICO

Sistema de mecatrónica y automatización de la producción MPS®

La Industria Festo con la finalidad de capacitar a futuros profesionales en el ámbito Industrial ha implementado su línea Festo Didactic, que posee un sistema de enseñanza sobre automatización que incluye en su gama productos de neumática, hidráulica, electrónica, sensores, robótica, bus de campo, y por supuesto de mecatrónica.

Parte de Festo Didactic es el MPS®, Sistema de Mecatrónica y automatización de la producción; cuyo objetivo principal es enseñar a través de la práctica, la planificación,

montaje, programación, puesta a punto, funcionamiento, mantenimiento y localización de averías en sistemas de producción con varios niveles de complejidad, para ello brinda una amplia gama de estaciones y sistemas MPS®, caracterizados por interfaces claramente definidas ya sean estas mecánicas, eléctricas e informáticas, con las cuales es posible adaptarse a nuevas tecnologías, aplicaciones y productos de diferentes fabricantes.

El sistema MPS® 200 ha sido concebido con la idea de introducir a futuros profesionales en el mundo de la producción automatizada, por tanto cuenta con estaciones equipadas con todo lo que probablemente se necesite para una formación exitosa. Este sistema ofrece estaciones funcionales individuales con diferentes objetos hechos de diversos materiales los cuales son expulsados, separados, sujetados, transportados y clasificados, cada una de ellas es suministrada completamente montada y verificada sobre una placa perfilada, que puede estar instalada en un una mesa rodante MPS® con ruedas bloqueables, lo que simplifica el trabajo de proyecto y acoge la consola de control de nuevo diseño y la placa de PLC.

4.1 Estación de Distribución MPS®:

Un componente principal del sistema MPS® 200 es la estación de Distribución cuya finalidad es la de separar piezas, almacenar y aportar piezas semielaboradas al proceso de producción

Hay hasta ocho piezas en el tubo del almacén de apilado. Un cilindro de doble efecto expulsa las piezas individualmente. El módulo Cambiador sujeta la pieza separada por medio de una ventosa. El brazo del cambiador, que es accionado por un actuador giratorio, transporta la pieza al punto de transferencia de la estación posterior, como se ilustra en la figura N° IV.22.

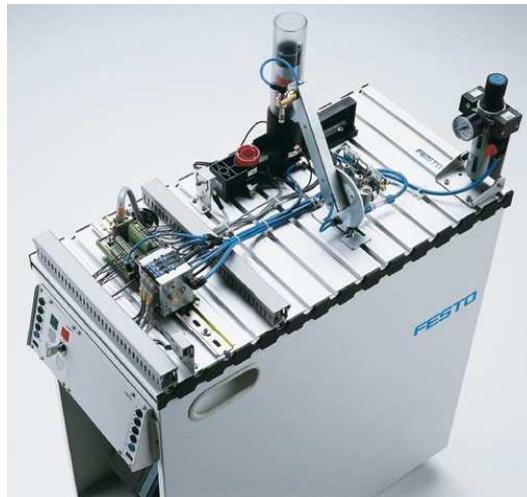


Figura N° IV.22. Estación de Distribución MPS 200

4.1.1 Componentes de la estación de distribución

La estación de Distribución trabaja con la siguiente tecnología especial:

Actuador semi-giratorio

La estación de Distribución utiliza varios actuadores, tal como el actuador giratorio del brazo basculante puede ajustarse a diversos ángulos entre 0° y 180° . Las posiciones finales son detectadas por medio de microinterruptores, utilizando sensores de proximidad. Un cilindro lineal de doble efecto empuja la pieza extrayéndola del almacén de apilado. Esto se ilustra en la figura N° IV.23.



Figura N° IV.23. Actuador Semi- giratorio

Pinza de aspiración

La pinza de aspiración del módulo cambiador sujeta la pieza. El vacío es generado en la placa de vacío del terminal de válvulas CP por medio del principio Venturi y es supervisada por un presostato.

Válvula de cierre con filtro regulador

Filtro regulador con manómetro, graficado en la figura N° IV.24, válvula de cierre, racores rápidos y acoplamientos rápidos, montados en un soporte basculante.



Figura N° IV.24. Válvula de cierre

Módulo almacén apilador

Separa piezas de un almacén. Un cilindro de doble efecto empuja la pieza de la parte inferior sacándola del almacén por gravedad, contra un tope mecánico, ilustrado en la figura N° IV.25. La posición del cilindro es detectada por sensores inductivos.



Figura N° IV.25. Módulo almacén apilador

Módulo cambiador

Es un dispositivo manipulador neumático. Se utiliza una ventosa para tomar piezas y recolocarlas a posiciones de 0° a 180° utilizando un actuador semigiratorio. La posición final se detecta por medio de sensores. Se ve en la figura N° IV.26.



Figura N° IV.26. Módulo cambiador

Vacuostato

Vacuostato tipo mecánico con punto de conmutación, es ajustable y posee indicador de estado (LED). Representado en la figura N° IV.27.



Figura N° IV.27. Vacuostato

4.2 Introducción al PLC Twido 40DRF

Para habilitar la comunicación y efectuar el control de la Estación de Distribución es necesario la utilización de un PLC. En la Figura N° IV.28 se muestra el controlador utilizado para el desarrollo de esta investigación.

4.2.1 Arquitectura del PLC

Entre la gama de controladores de Twido se halla el Twido 40DRF, diseñado para instalaciones simples y máquinas pequeñas y compactas, cubre aplicaciones estándares

con 24 entradas y 14 salidas de comunicación y con soporte de hasta 8 módulos de expansión, está disponible en versiones modular y compacto, y ha mostrado su capacidad para proveer diseños compactos, simples y flexibles. Lo que lo hace ideal para el desarrollo de esta tesis. En la figura IV.28 se muestra el controlador luego de lo cual se presenta una descripción de su arquitectura. Se describen sus partes en la tabla N° IV.2.

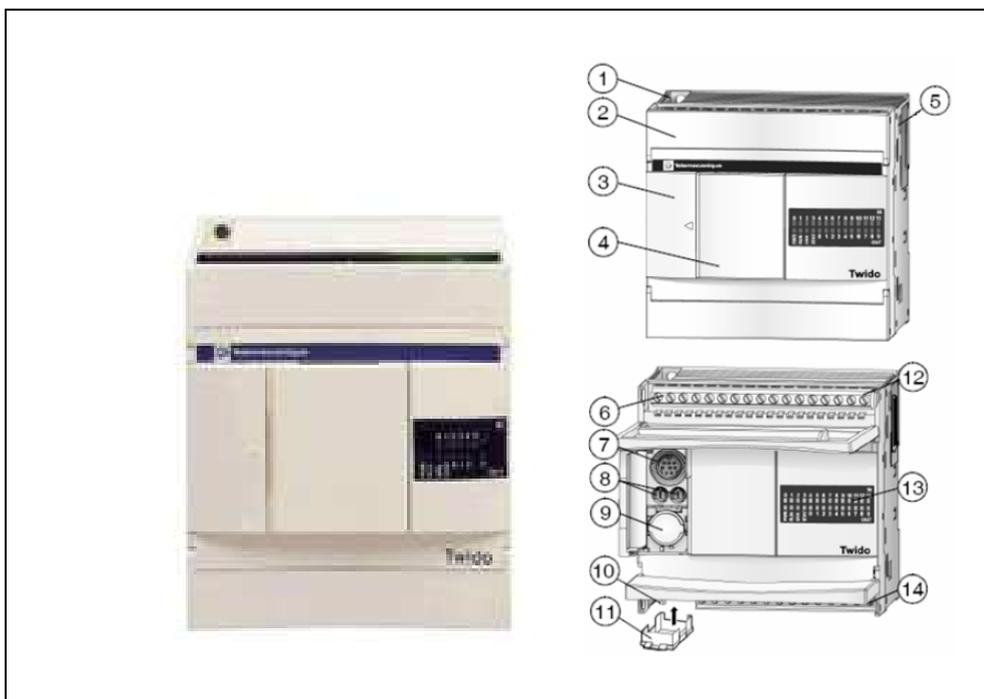


Figura N° IV.28. Controlador Twido 40DRF

DESCRIPCION DEL PLC TWIDO 40DRF	
Etiqueta	Descripción
1	Orificio de montaje
2	Cubierta de terminal
3	Puerta de acceso
4	Cubierta extraíble del conector del HMI
5	Conector de ampliación
6	Terminales de potencia del sensor
7	Puerto serie 1
8	Potenciómetros analógicos
9	Conector de puerto serie 2
10	Terminales de fuente de alimentación
11	Puerto de red Ethernet 100Base-TX
12	Terminales de entradas
13	Indicadores LED
14	Terminales de salidas

Tabla N° IV.2. Descripción del PLC 40DRF

4.3 Protocolo Modbus

4.3.1 Conceptos Generales

El protocolo Modbus es un protocolo master/slave que permite a un único master solicitar respuestas de los slaves o realizar acciones dependiendo de las peticiones. El master puede dirigirse a slaves particulares o iniciar una difusión de mensajes para todos los slaves. Los slaves devuelven un mensaje (respuesta) a las solicitudes que se les envían individualmente. No se devuelven respuestas a las solicitudes de difusión desde el master.

4.3.2 Modos de Protocolos Modbus

Existen dos modos de protocolos Modbus que a continuación detallamos:

- ✓ **Modo master de Modbus:** el modo master de Modbus permite que el controlador pueda iniciar una transmisión de solicitudes Modbus, esperando una respuesta desde un slave Modbus.

- ✓ **Modo slave Modbus:** el modo slave Modbus permite que el controlador pueda responder a las solicitudes de Modbus desde un master Modbus. Se trata del modo de comunicación predeterminado si no existe ninguna comunicación configurada.

4.3.3 Características

Las características de las funciones de cada protocolo comunicación Modbus se explica en la Tabla N° IV.3

CARACTETISTICAS				
Puertos de comunicación	Puerto 1 (RS485)	Puerto 2 RS232C Adaptador TWDNAC232D	Puerto 2 RS485) Adaptador: TWDNAC485D TWDNAC485T	Puerto Ethernet RJ45 Adaptador: TWDLCAE40DRF
Normas	RS485	RS232	RS485	100Base-TX, RJ45
Velocidad máxima en baudios	Conexión a PC: 19.200 bps Conexión remota: 38.400 bps	19.200 bps	Conexión a PC: 19.200 bps Conexión remota: 38.400 bps	100 Mbps, según la velocidad de red.
Comunicación Modbus (RTU master/slave)	Posible	Posible	Posible	Cliente/servidor Modbus TCP/IP
Comunicación ASCII	Posible	Posible	Posible	-
Comunicación remota	7 conexiones posibles	Imposible	7 conexiones posibles	Un máximo de 16 nodos remotos configurados por controlador

Longitud máxima del cable	Distancia máxima entre el controlador base y el remoto: 200 m	Distancia máxima entre el controlador base y el remoto: 10 m	Distancia máxima entre el controlador base y el remoto: 200 m	Distancia máxima entre nodos de red (según la arquitectura de red)
Aislamiento entre el circuito interno y el puerto de comunicaciones	Sin aislamiento	Sin aislamiento	Sin aislamiento	Con aislamiento
Comunicación a través de la línea telefónica	Posible solo un módem	Imposible	Imposible	Imposible

Tabla N° IV.3. Características del Protocolo Modbus

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL MONITOREO DE PROCESOS INDUSTRIALES VÍA INTERNET

Para el desarrollo de la parte práctica del proyecto de tesis se propone seguir la Metodología Orientada a Objetos de H.C. Larman, adaptado a necesidades Industriales, debido a las bondades que presta en proyectos de automatización, puesto que fomenta la reutilización de componentes y clases existentes, lo que supone disminución de tiempo pues la programación se facilita y los costos y recursos disminuyen.

La metodología seleccionada cumple diversas fases de desarrollo, las mismas que se detallan en este capítulo:

5.1 Ingeniería de la Información

5.1.1 Definición del Ámbito.

5.1.1.1 Antecedentes.

El Monitoreo vía Internet para el equipo mecatrónico, será implementado en el Laboratorio de Automatización Industrial que se encuentra localizada en la Escuela de Ingeniería en Sistemas (EIS), cuyo objetivo primordial es el de impartir conocimientos referentes a la Automatización Industrial a estudiantes de la EIS y realizar prácticas reales sobre los diferentes dispositivos de Automatización Industrial.

5.1.1.2 Antecedentes Tecnológicos

Actualmente el Laboratorio de Automatización cuenta con los siguientes recursos:

Recurso Humano

Ing. MSc. Marco A. Viteri B.

Recursos Hardware

EL recurso hardware con el que cuenta el Laboratorio de Automatización se detalla a continuación:

- ✓ Computadoras
- ✓ Brazo Transportador (Estación de Distribución)
- ✓ PLC Twido 40DRF
- ✓ Módulo de Conectividad ETHERNET
- ✓ Switch Ethernet de 8 puertos
- ✓ Cables de red.

Recurso Software

Para la Programación e Implementación de equipos; el Laboratorio de Automatización Industrial de la EIS, cuenta con diversos recursos software, entre los que se pueden anotar los siguientes:

- ✓ Microsoft XP Profesional
- ✓ Labview 7.1
- ✓ Twido Suite 2.1.
- ✓ OPC Server

5.1.1.3 Funcionalidad del Sistema Propuesto

Definición del problema

El Laboratorio de Automatización Industrial de la EIS; necesita implementar un sistema de Monitoreo vía Internet para su comunicación, de una forma eficaz y sencilla.

Definición de la alternativa de solución

Para la correcta solución se utiliza el Brazo Transportador que se encuentra ubicado en el Laboratorio de Automatización Industrial de la EIS; para el Monitoreo vía Internet se deberá realizar la comunicación entre el equipo mecatrónico y el módulo Ethernet embebido en el PLC 40DRF y éste sistema a su vez se conecta con el módulo Brazo Transportador, para toda esta comunicación se deberá utilizar el PC que se conecta al con Modbus al PLC Twido 40DRF, que se encuentra representada en la Figura N° V.29

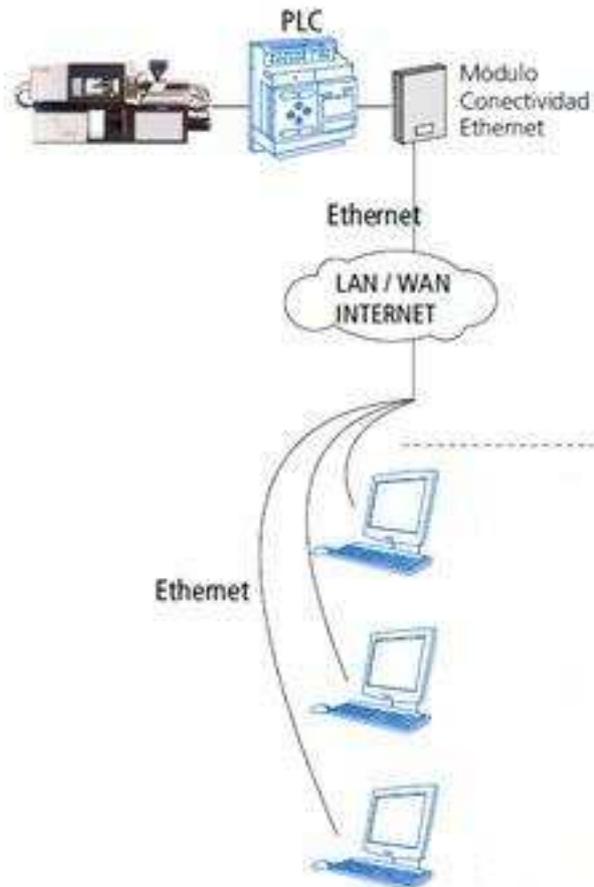


Figura N° V.29. Monitoreo vía Internet.

5.1.1.4 Definición del Caso de Uso General

El Laboratorio de Automatización Industrial de la EIS; como parte de su infraestructura mecatrónica posee una Brazo Transportador MPS® 200 de Festo cuya finalidad es la de separar piezas, almacenar y aportar piezas semielaboradas al proceso de producción.

Para el almacenamiento de piezas se utiliza un tubo del almacén de apilado en el cual pueden existir hasta ocho elementos. Mientras que para aportar piezas semielaboradas al proceso de producción el Brazo Transportador cuenta con un cilindro de doble efecto que expulsa las piezas individualmente, y empleando un módulo Cambiador, sujeta la pieza separada por medio de una ventosa. El brazo del cambiador, que es accionado por un actuador giratorio, transporta la pieza al punto de transferencia de la estación posterior.

Para evitar posibles fallos o inconsistencias durante todo el proceso cada una de las fases debe poseer un sistema de control.

5.1.2 Planificación y Análisis de Riesgos

5.1.2.1 Categorización de Riesgos

Para optimizar la gestión de riesgos que amenazan a nuestro sistema tomaremos en cuenta una estrategia proactiva, la cual comienza mucho antes de que comiencen los trabajos técnicos.

Para la categorización de riesgos fundamentalmente se realizará lo siguiente:

- ✓ Identificación de riesgos potenciales.
- ✓ Valorar la probabilidad y el impacto
- ✓ Establecer una prioridad según su importancia

En la tabla IV.4 que se muestra a continuación se detallan algunos riesgos reales que pueden surgir durante el desarrollo del proyecto de tesis y afectar a la planificación planteada. :

RIESGO	PROBABILIDAD (%)						IMPACTO
	B. IMP 0-10	IMPRO BAB 11-20	MODE RA. 21-30	PROB AB 31-40	B. PROB 41-60	IRRE AL 61- 100.	
Recursos			x				Catastrófico
Presupuesto				x			Marginal
Agenda				x			Crítico

Tabla N° V.4. Categorización de riesgos

Plan de Contingencia

RIESGO: Recursos - Técnico:

Identificación del Problema:

Durante el desarrollo del proyecto pueden existir fallos de Software, debido a no contar con herramientas de programación idóneas lo que puede afectar el desempeño de actividades. Pueden existir también problemas de incompatibilidad de equipos, protocolos, o componentes.

Este riesgo a nivel de recurso Hardware y Software ha sido clasificado como moderadamente probable, y de llegar a ocurrir tendría un impacto catastrófico pues imposibilitaría la comprobación de resultados e hipótesis propuesta.

Preparación del plan:

Para evitar problemas de incompatibilidad con los recursos, estos deben ser estudiados con antelación para contar con equipos que garanticen la comunicación e interoperabilidad entre si.

Es necesario también efectuar un reconocimiento total de los recursos existentes, a nivel Hardware comprobaremos si funcionan adecuadamente los equipos y dispositivos a usar y a nivel Software identificaremos aplicaciones y herramientas idóneas con las que trabajar.

RIESGO: Presupuesto:

Identificación del Problema:

Este riesgo puede llegar a existir debido a que el costo de los equipos a adquirir necesarios para el desarrollo sea excesivamente alto, a causa de la inflación, impuestos de importación o aduanas.

Preparación del plan:

En caso de que presupuesto establecido para el desarrollo sea insuficiente se debe llegar a un acuerdo con la E.I.S. o a su vez acudir a una entidad financiera con la finalidad de contraer un préstamo, para que el proyecto de tesis pueda seguir desarrollándose con normalidad.

Este riesgo ha sido clasificado como probable debido a la crisis económica que atraviesan numerosos países industrializados y las nuevas leyes de importación establecidas por el gobierno ecuatoriano, sin embargo su impacto solo sería Marginal pues con un buen financiamiento no habría mayor problema.

RIESGO: Agenda:

Identificación del Problema:

Es un riesgo imparcial ya que en la planificación, desarrollo u ejecución pueden aparecer sucesos imprevistos por diferentes motivos, además pueden aparecer también

inconvenientes o demoras en el caso de las importaciones de equipos, lo que retrasaría la puesta en marcha del sistema.

Preparación del plan:

Para evitar cualquier riesgo en la agenda se debe desarrollar un óptimo cronograma de actividades incluyendo ya cualquier tipo de imprevistos. Este riesgo también ha sido clasificado como probable y su aparición impacto puede tener un impacto crítico, pues el proyecto de tesis cuenta con un tiempo límite para su ejecución.

5.1.3 Especificación de Requerimientos Software (SRS).

Propósito

Por medio del SRS se pretende presentar una descripción detallada de los requerimientos software necesarios para la implementación de una aplicación que permita efectuar el monitoreo industrial.

Alcance

El sistema propuesto es una aplicación de control basado en el principio de aplicaciones cliente / servidor que hace posible el control y monitoreo remoto de un equipo mecatrónico usando para ello un módulo ETHERNET.

Algunas de las funcionalidades que podrá efectuar el sistema son las siguientes:

- ✓ El sistema estará en capacidad de monitorear el Brazo Transportador de la E.I.S.

- ✓ Permitir la interacción con usuarios vía Internet, permitiendo que se realice operaciones de control, como encendido y apagado de instrumentos.

Apreciación global

Se detallarán a continuación una descripción global de lo que el sistema realizará.

Perspectiva del producto

El sistema a desarrollarse utilizará un módulo ethernet embebido en el PLC 40DRF para realizar el monitoreo del Brazo Transportador vía Internet.

Funciones del producto

Las funciones del sistema de Red a realizarse es la siguiente:

Monitoreo: El sistema permitirá realizar el monitoreo del Brazo Transportador; si existe alguna falla en el proceso utilizado para su comunicación el módulo de conectividad Ethernet.

Características del usuario

El sistema está dirigido exclusivamente para usuarios Tipo Administrador, los cuales tienen la capacidad de realizar el control del equipo Brazo Transportador y el usuario esté en capacidad de tomar decisiones y ejecutarlas.

Restricciones

a) Políticas Regulatoras

El sistema se implementará de acuerdo a los estatutos y necesidades del Laboratorio de Automatización de la EIS.

b) Limitaciones de Hardware

Para la utilización del sistema se contará con los siguientes recursos hardware:

Equipos de Control

El sistema de control está compuesto por los equipos que se detallan a continuación en la Tabla N° V.5.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE CONTROL	
Equipo	Características
Estación de trabajo 1 (Servidor)	Computador Intel Pentium IV Procesador de 3.2 GB 1 GB de RAM,

	120 Gb de Disco Duro Monitor digital LG 15' 1 puerto serial Teclado Mouse
Estación de trabajo 2 (Cliente)	Computador Intel Pentium IV Procesador de 3.2 GB 1 GB de RAM, 120 Gb de Disco Duro Monitor digital LG 15' 1 puerto serial Teclado Mouse
Módulo 1	PLC TWDLCDE40DRF PUERTO DE CONEXIÓN ETHERNET TWDXCPODM RTC CARTRIDGE TWDXCPRTC
SWITCH	8 PUERTOS ESTANDAR IEEE 802.3u y 802.3 VELOCIDAD 10/100 MBPS

Tabla N° V.5. Especificaciones técnicas de Equipo de Control.

EQUIPO MONITOREADO

El equipo mecatrónico que se ha escogido para ser monitoreado de forma remota durante el desarrollo del proyecto de tesis es el Brazo Transportador FEC- MPS 200 de Festo.

RED DE COMUNICACIONES

El sistema de comunicaciones permitirá el intercambio de información entre todos los dispositivos de control, y el equipo a controlar.

Esta comunicación se realizará por medio de la interconexión de redes Ethernet, la primera red enlaza el equipo mecatrónico y la red ethernet mediante el módulo de conexión Ethernet embebido en el PLC, y la segunda red comunica el sistema equipo servidor con las estaciones clientes, mediante un switch ethernet 10/100 Mbps.

En la figura N° V.30 se muestran todos los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto de tesis.

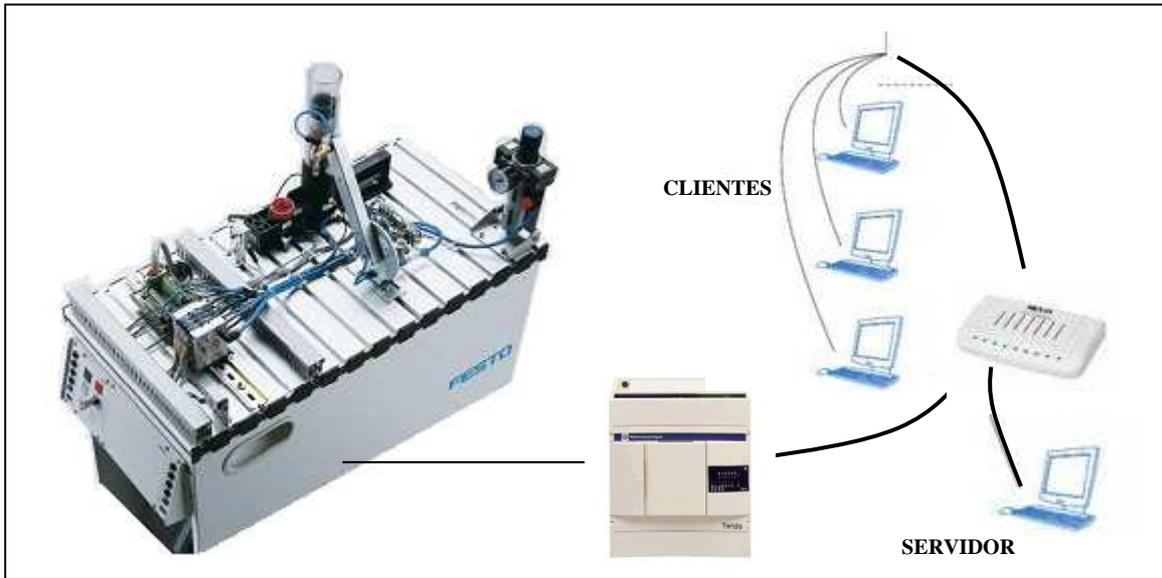


Figura N° V.30. Arquitectura del Sistema de monitoreo vía Internet

c) Otras limitaciones.

- ✓ El desarrollador se compromete programar, implementar y dejar correctamente funcionando el sistema de Monitoreo vía Internet, para ello es necesario hacer pruebas de conectividad que demuestren la comunicación de la red.

- ✓ El sistema de monitoreo vía Internet requiere que este instalado previamente el lenguaje de programación Twido Suit 2.1, para realizar el programa para el PLC Twido 40DRF y se debe tener instalado Labview 7.1 para realizar el monitoreo y la visualización.

Supuestos y dependencias

Durante el desarrollo del sistema de Monitoreo vía Internet los requisitos pueden variar debido a las siguientes razones:

- ✓ Incompatibilidad de equipos necesarios para realizar la comunicación de la Red.
- ✓ Incumplimiento del cronograma programado debido a imprevistos ignorados.
- ✓ Interpretación equivocada o incompleta de requerimientos.

Requisitos específicos

a) Requisitos funcionales

En la automatización del presente sistema se contará con la siguiente función:

- ✓ El sistema permitirá realizar el monitoreo de la estación Brazo Transportador para controlar el encendido y parada del proceso en caso de fallos mecánicos, utilizando para su comunicación Internet.

En la tabla N° V.6 se lista los requisitos funcionales del proceso Brazo Transportador.

REQUISITO FUNCIONAL 1	
Función:	Monitoreo
Entradas:	✓ Estado Inicial del equipo mecatrónico ✓ Acción a realizar
Procesos:	Mediante el uso de la red de Ethernet se podrá realizar el monitoreo del módulo Brazo Transportador.
Salida	Estado final del equipo mecatrónico

Tabla N° V.6. Requisito funcional del proceso Brazo Transportador

Limitaciones de Diseño

a) Obediencia a los estándares

El desarrollo de este sistema está de acuerdo a los estándares provistos por la IEEE para el desarrollo de software.

Atributos

a) Disponibilidad

El sistema estará disponible en todas las horas hábiles de trabajo de la Institución para cualquier tipo de usuario, que sepa manejar el equipo.

b) Seguridad

Para garantizar la seguridad del software realizado para el PLC 40DRF se evitará los accesos destructivos, modificaciones, alteraciones realizadas al programa del PLC, y virus de acceso a la red que pueden causar un mal manejo del Brazo Transportador.

c) Mantenibilidad

Mantenimiento integral de datos, a través de la transmisión de los mismos.

d) Portabilidad / Conversión

El sistema de Monitoreo vía Internet podrá ser utilizado únicamente en equipos clientes que este instalado un navegador de Internet (Netscape, Explorer, Firefox), y el plug-in que permita la visualización de aplicaciones en LabView.

e) Precaución

Para el desarrollo del producto se tomará en cuenta precauciones lógicas y físicas:

Precauciones Lógicas: Adicionalmente los niveles de seguridad se podrá poseer una contraseña a nivel de usuario para acceder al sistema operativo.

Precauciones Físicas: Se realizará un estudio previo y detallado de los aspectos físicos del lugar; en el cual el sistema de red va a funcionar, para de esta manera sugerir un lugar mejor acoplado a las necesidades del sistema y los componentes más adecuados para su correcto funcionamiento.

5.2 Análisis Orientado a Objetos

5.2.1 Definición de casos de uso esenciales en formato expandido

La definición de los casos de uso permite describir e identificar la secuencia de los eventos en las actividades realizadas entre actores para conseguir un fin.

Su objetivo principal es describir e ilustrar de una manera explícita los eventos presentados entre la interacción de actores con un sistema. Este tipo de diagramas se

considerar los más relevantes ya que es aquí donde mejor se describe las actividades, especialmente en los casos de uso de formato expandido.

En la Tabla N° V. 7 se presenta el caso de uso de monitoreo y ejecución del sistema Brazo Transportador

CASO DE USO : Monitoreo y Ejecución del Sistema Brazo Transportador	
Actores:	Administrador
Propósito:	Realizar el monitoreo y ejecución del sistema Brazo Transportador.
Tipo:	Primario esencial
CURSO TIPICO DE EVENTOS:	
Acciones del Actor	Respuesta del Sistema
1. Ingresar al sistema 2. Enciende el sistema servidor con su PLC.	3. Establece la comunicación de la red ETHERNET
4. Enciende el Brazo Transportador	5. Ejecución del monitoreo y detección del proceso industrial.

Tabla N° V.7. Caso de Uso

5.2.2 Definición y refinamiento de los diagramas de caso de uso

En la Figura N° V.31 se presenta el caso de uso de Monitoreo y Ejecución del Sistema Brazo Transportador

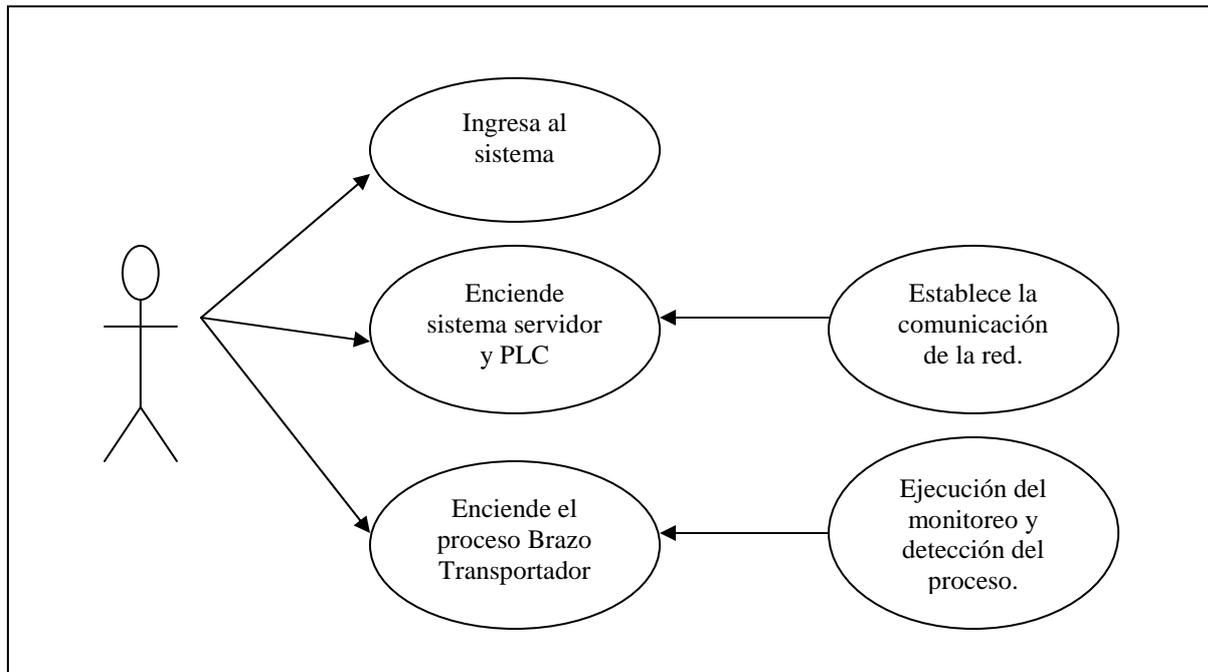


Figura N° V.31. Caso de Uso.

5.2.3 Modelo Conceptual

Por tratarse de un sistema netamente industrial en el que se implementa y programa una red industrial, no se utilizará el modelo conceptual.

Debido a que el modelo conceptual está basado en la estructura relacional de una base de datos con la utilización de clases.

Nuestra parte aplicativa no consta de una base de datos por lo tanto este modelo es necesario excluirlo de nuestro estudio

5.2.4 Glosario de Términos

El glosario de términos definido a continuación en la Tabla N° V.8 contiene todos los términos que requieren una mayor explicación y son empleados durante el desarrollo del proyecto.

GLOSARIO DE TÉRMINOS		
Término	Categoría	Descripción
Administrador	Actor	Es la persona que accede y manipula el sistema.
Sistema PLC Servidor	Evento del caso de uso	Sistema que controla el funcionamiento del proceso Brazo Transportador.
Sistema Brazo Transportador	Evento del caso de uso	Módulo industrial que funciona y ejecuta acciones de acuerdo a lo manipulado por el sistema servidor.
Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador	Caso de Uso	Una vez establecida la comunicación con el sistema, el Administrador puede efectuar un control del módulo Brazo Transportador.

Tabla N° V.8. Glosario de Términos.

5.2.5 Representación de diagramas de secuencia.

Los diagramas de secuencia describen el curso particular que siguen los eventos de los casos de uso del sistema, donde los actores interactúan directamente con el sistema, y los eventos generados a causa de ello.

En la Figura N° V.32 se presenta el diagrama de secuencia de la Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador

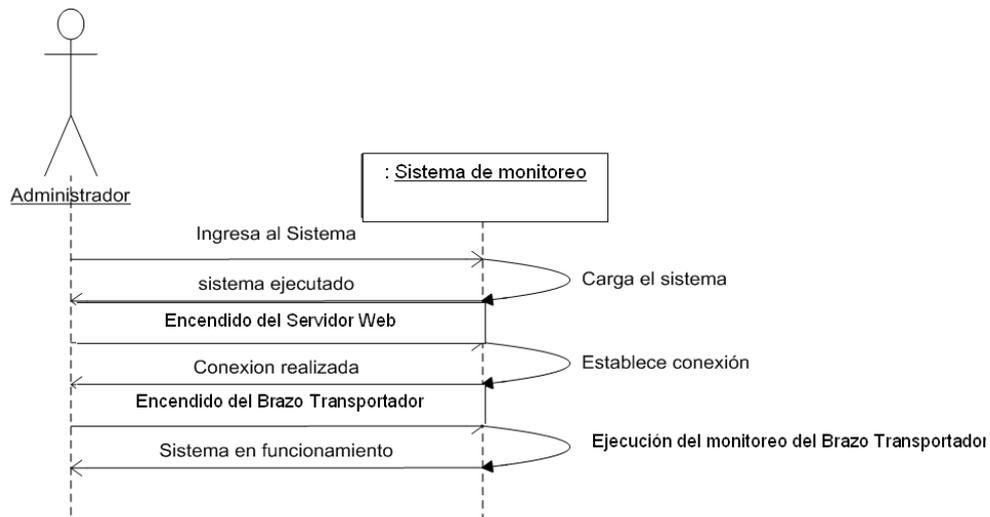


Figura N° V.32. Diagrama de Secuencia.

5.2.6 Definición de contratos de operación

Los contratos de operación describen el propósito y lo que se espera de los procedimientos a ejecutarse en el sistema, enfatizando en lo que va a realizar en cada

operación sin detallar como se lo hará, para ello se presenta cada contrato en forma de pre y post condición, en torno a los cambios de estado. Los contratos de operación ayudan a describir cambios en todos los estados por los que pasa el sistema cuando un agente externo invoca una operación.

En la Tabla N° V.9 se presenta el contrato de operación de la Ejecución del monitoreo del Brazo Transportador

CONTRATO DE OPERACIÓN	
Nombre	Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador
Responsabilidades	Permitir al Administrador ejecutar el monitoreo del sistema ensamblador a través de una red ETHERNET
Referencias cruzadas	Ninguna
Excepciones	Establecer la comunicación entre el servidor y brazo transportador
Notas	
Pre condiciones	Encender el PC servidor con su respectivo PLC estableciendo la comunicación entre ellos.
Post condiciones	Ejecución y funcionamiento del Brazo Transportador controlado por el sistema servidor

Tabla N° V.9. Contrato de Operación. Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador

5.2.7 Diagrama de estados

Un diagrama de estado describe visualmente los estados y eventos más interesantes de un objeto, así como su comportamiento ante un evento, representan los estados por los que pasa un caso de uso o una clase, debido a la presencia de eventos que provocan un cambio de estado.

En la Figura N° V.33 se presenta el diagrama de estado de la Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador

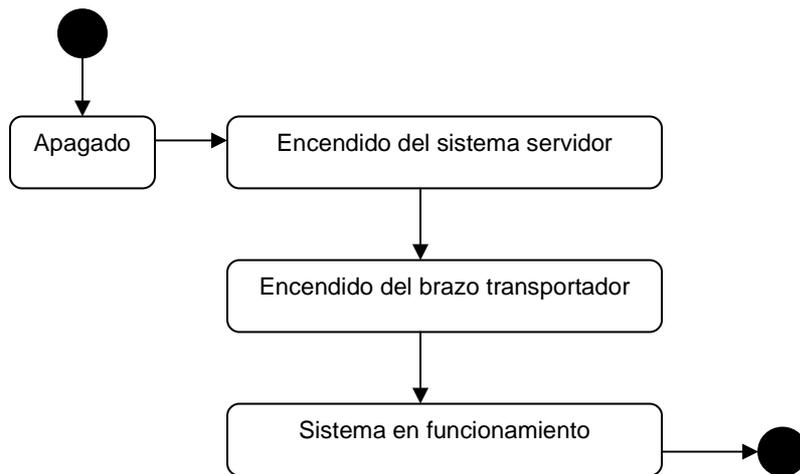


Figura N° V.33. Diagrama de Estados

5.2.8 Diagrama de calles

Un diagrama de calles coordina todas las actividades que se realizan dentro del sistema, en este diagrama se representa al actor conjuntamente con las operaciones identificadas en los casos de uso, ayudando en el mejoramiento del sistema

A continuación se muestra la Figura N° V.34 del diagrama de calles de la Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador

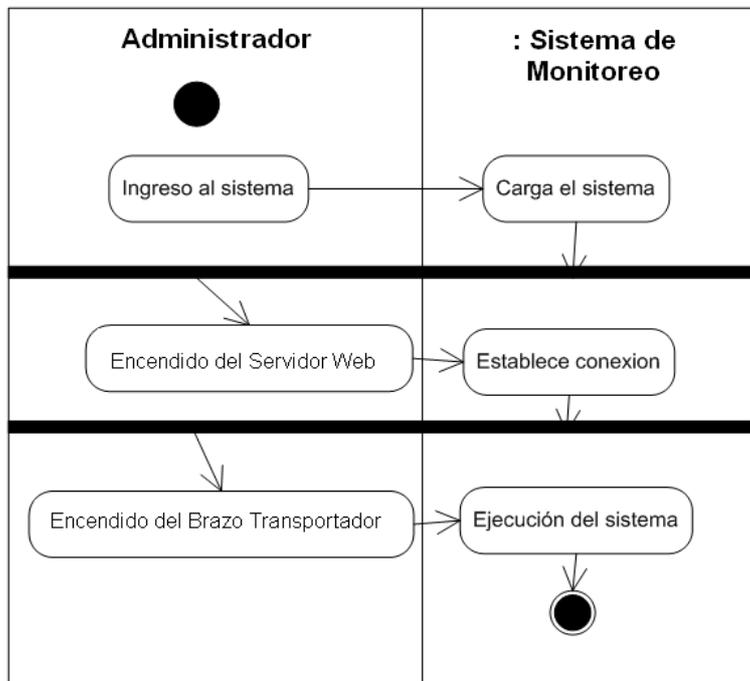


Figura N° V.34. Diagrama de Calles.

5.3 Diseño Orientado A Objetos

5.3.1 Definición de casos de uso reales

Los casos de uso reales describen el diseño real del caso de uso, según la tecnología concreta de entrada y salida y su implementación.

En la Tabla N° V.10 se presenta el caso de uso real con la actividad de la ejecución del monitoreo del sistema Brazo Transportador

CASO DE USO : Monitoreo y Ejecución del Sistema Brazo Transportador	
Actores:	Administrador
Propósito:	Realizar el monitoreo y ejecución del sistema Brazo Transportador.
Tipo:	Primario esencial
CURSO TIPICO DE EVENTOS:	
Acciones del Actor	Respuesta del Sistema
1. Ingresar al sistema	3. Establece la comunicación de la red ETHERNET
2. Enciende el sistema servidor con su PLC	
5. Enciende el Brazo Transportador	6. Ejecución del monitoreo y detección del proceso.

Tabla N° V.10. Caso de uso real. Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador

5.3.2 Representación de casos de uso reales.

En la Figura N° V.35 se muestra el caso de uso real de la Ejecución del monitoreo del Sistema Brazo Transportador

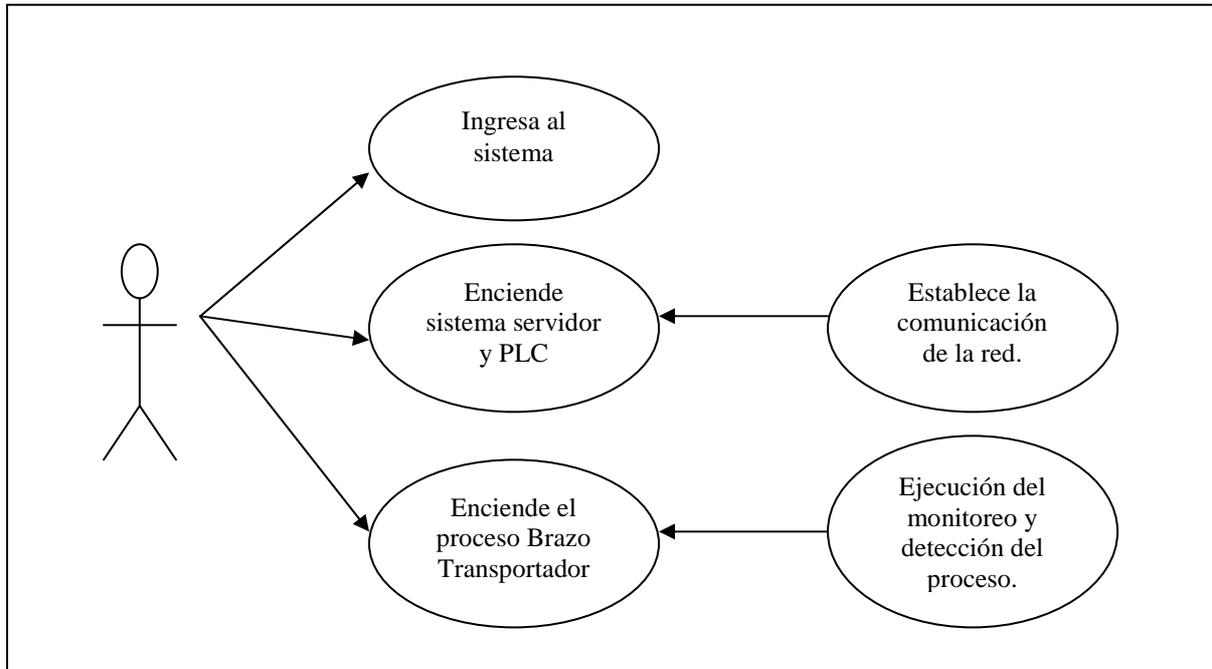


Figura N° V.35. Caso de uso real.

5.3.3 Definición de diagramas de interacción

Diagramas de Colaboración

El diagrama de colaboración ayuda a identificar el flujo de acciones que realiza cada actor que interviene en las etapas del sistema como se muestra en la Figura N° V.36

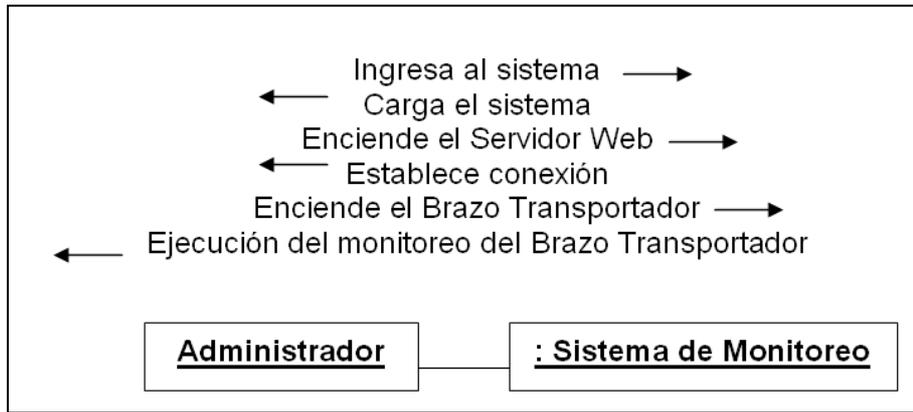


Figura N° V.36. Diagrama de Colaboración

5.3.4 Especificación de la Arquitectura del Sistema

Diagrama de Componentes:

El diagrama de componentes ayuda a determinar los componentes necesarios para nuestro sistema, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.37

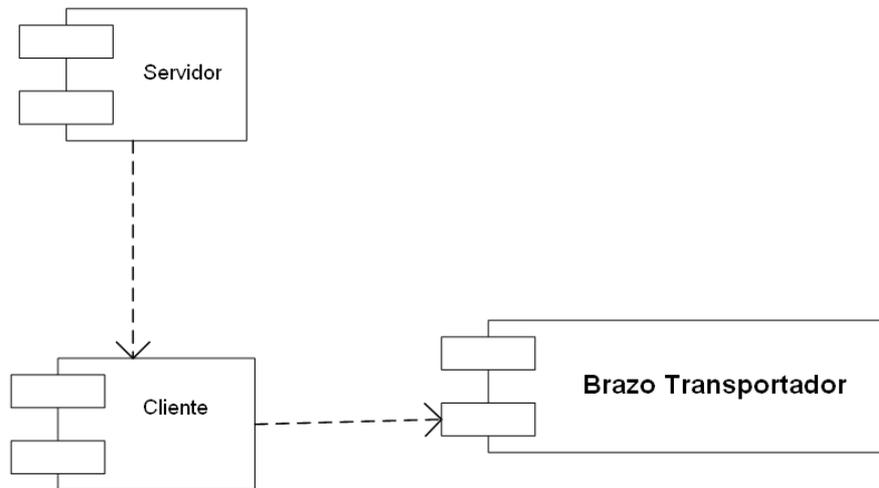


Figura N° V.37. Diagrama de componentes.

Diagrama de Despliegue:

El diagrama de despliegue sirve para ilustrar la estructura que ha tomado la aplicación mediante niveles de representación e implementación, se presenta el diagrama de despliegue en la Figura N° V.38.

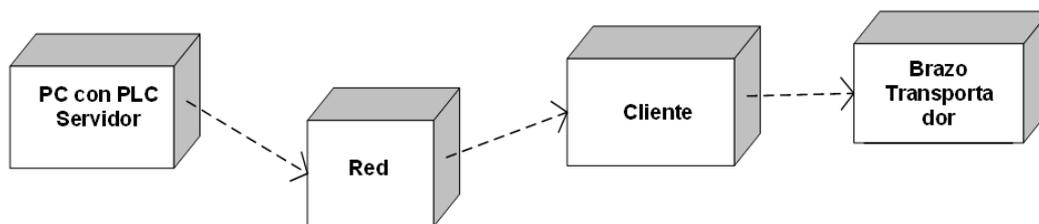


Figura N° V.38. Diagrama de Despliegue.

5.4 Fase de implementación

Una vez modelado el sistema, se procede a la programación e implementación del mismo. Esta fase se centra en crear una aplicación que permita el control de un equipo mecatrónico vía Internet en el cual se empleará la herramienta de programación TwidoSuite versión 2.1 con el lenguaje visual Labview 7.1

5.4.1 Instalación del software TwidoSuite versión 3.5 y Programación e Implementación para la comunicación PC con PLC Twido 40DRF

5.4.1.1 Instalación del software de Schneider Electric TwidoSuite 2.1

Para realizar la instalación se procede a insertar el Cd o software donde se encuentra el archivo de TwidoSuite 2.1

- a) Se presiona y ejecuta **Setup.exe** y procedemos con la instalación del mismo, como se muestra en la Figura N° V.39.

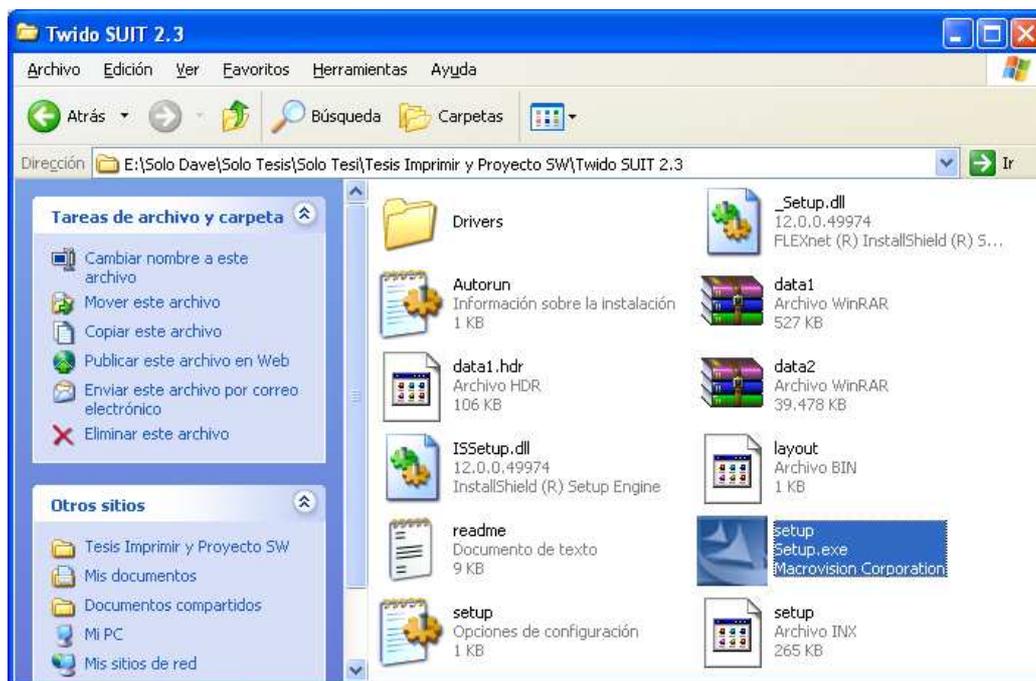


Figura N° V.39. Se ejecuta Setup.exe de la instalación de TwidoSuite 2.1

b) Al ejecutar la instalación aparece la ventana de selección del idioma, en la que se selecciona el idioma y se acepta. Se encuentra ilustrado en la Figura N° V.40.

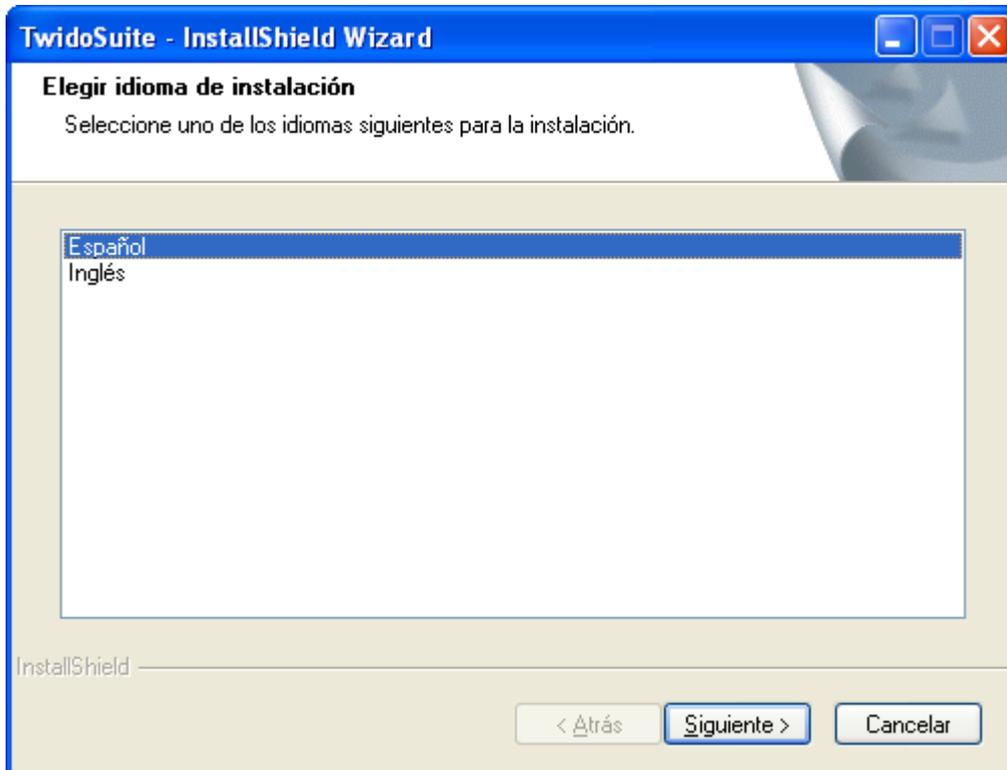


Figura N° V.40. Selección del Idioma

c) A continuación aparece la ventana de Bienvenida en la que recomienda cerrar todos los programas antes de la instalación y haremos un Click en el botón de siguiente, como se muestra en la Figura N° V.41.



Figura N° V.41. Configuración del TwidoSuite

d) Continuamos con el contrato de licencia, en el que si se está de acuerdo seguiremos con la instalación dando un Click en “Si”, y de lo contrario en “No” , que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.42



Figura N° V.42. Contrato de licencia

e) En la siguiente ventana muestra donde se van a guardar los archivos de la instalación (por defectos se guardan en Archivos de programa), si se está de acuerdo haremos un Click en siguiente y si se quiere cambiar la ubicación se hará en Examinar para elegir la carpeta en la que se quiere instalar, y se hará un Click en siguiente, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.43

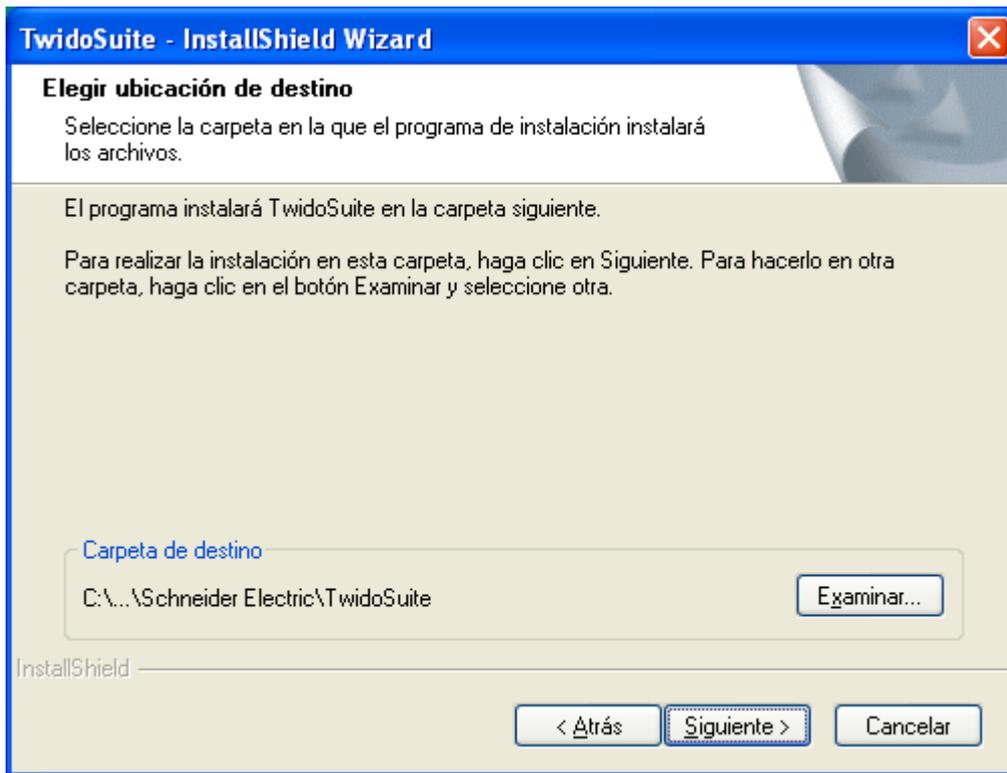


Figura N° V.43. Elegir el lugar de la instalación

f) En la Figura N° V.44 se muestra la ventana que pregunta donde se desea colocar los accesos directos. Por defecto salen seleccionadas los de la imagen, las cuales se puede modificar.

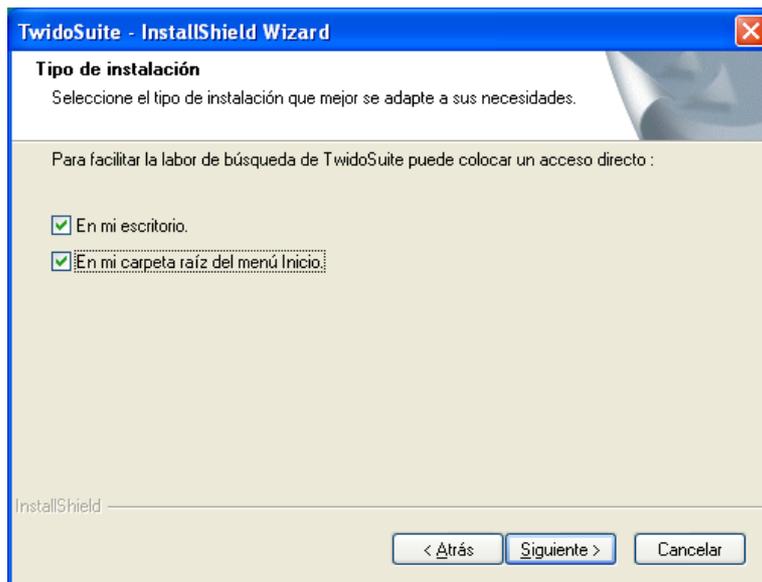


Figura N° V.44. Selección del tipo de instalación

g) Al presionar en Siguiente, se permitirá seleccionar la carpeta por defecto a instalarse los demás componentes de TwidoSuite 2.1, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.45

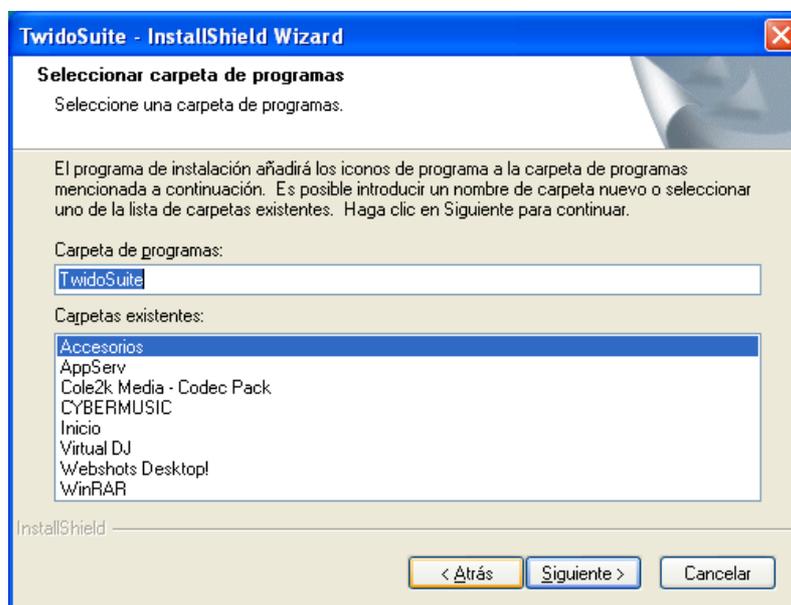


Figura N° V.45. Selección de carpeta de programas

h) En esta ventana se mostrará los archivos con su respectiva configuración en el lugar donde fueron instalados y la ruta de los acceso directos, como se presenta en la Figura N° V.46

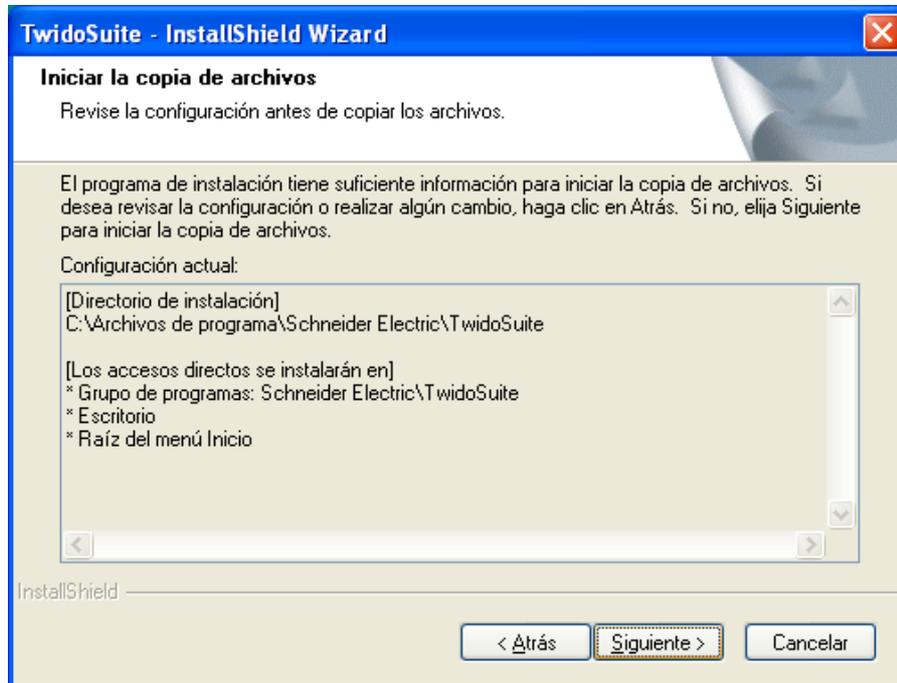


Figura N° V.46. Copia de seguridad

i) TwidoSuite 2.1 está procediendo a ser instalado con todos sus componentes, esto se presenta en la Figura N° V.47

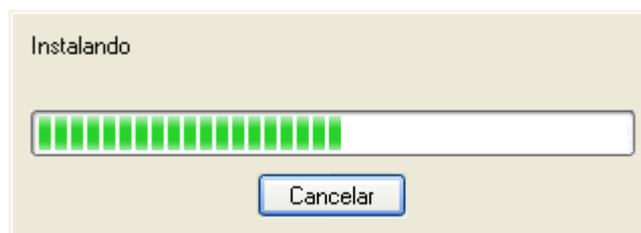


Figura N° V.47. Los componentes están siendo instalados

Para comprobar si el software TwidoSuite 2.1 ha sido instalado; se presiona sobre Inicio -> Todos los programas -> Schneider Electric -> TwidoSuite -> TwidoSuite, ilustrado en la Figura N° V.48

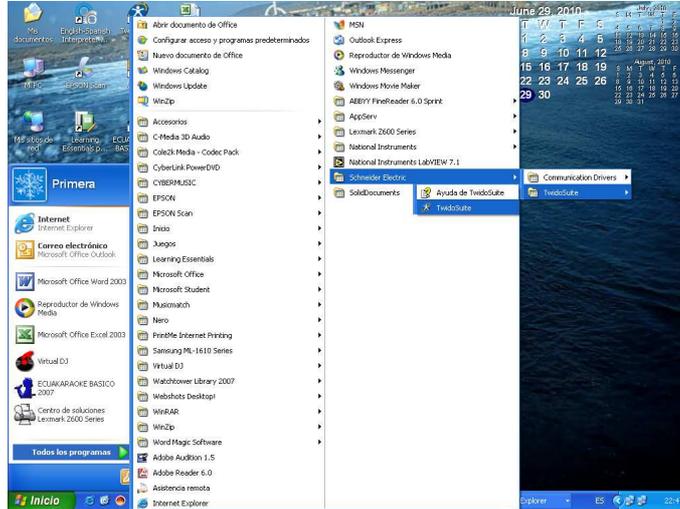


Figura N° V.48. Pantalla de ingreso a TwidoSuite

j) En la presente ventana se muestra el programa TwidoSuite 2.1 ya en su correcto funcionamiento e instalado, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.49



Figura N° V.49. Pantalla de inicio

5.5 Configuración y Programación del Módulo ETHERNET y el PLC Twido 40DRF

La configuración del módulo ETHERNET y del PLC Twido se efectúan con el uso de la Herramienta Twido Suite, para ello se deben realizar los siguientes pasos:

1. En el menú principal, seleccionar “Modo Programación”, que permitirá configurar y diseñar el programa de control. En el Administrador de Proyectos crear un nuevo proyecto ingresando la información requerida



Figura N° V.50. Menú Principal de Twido Suite.

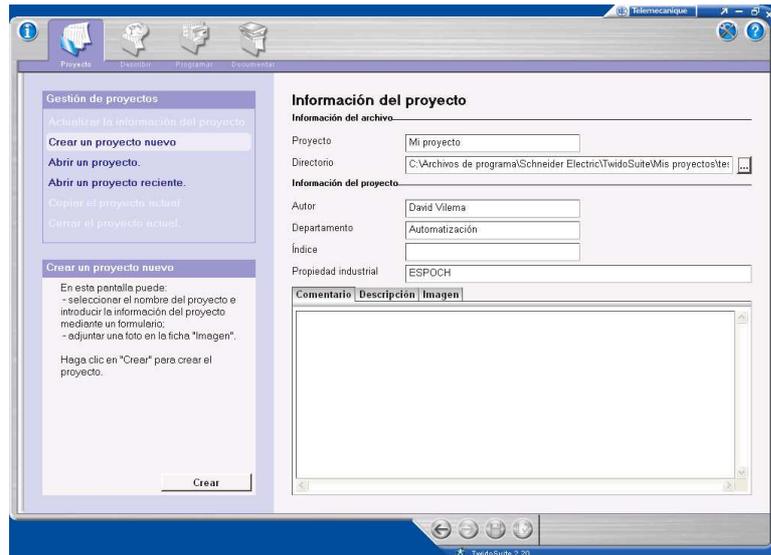


Figura N° V.51. Creación de un nuevo proyecto.

2. En el submenú “Describir” se seleccionan los elementos a usar, que aparecen en el Catalogo del Programa. Para la configuración del PLC Twido 40DRF se seleccionan los siguientes elementos:

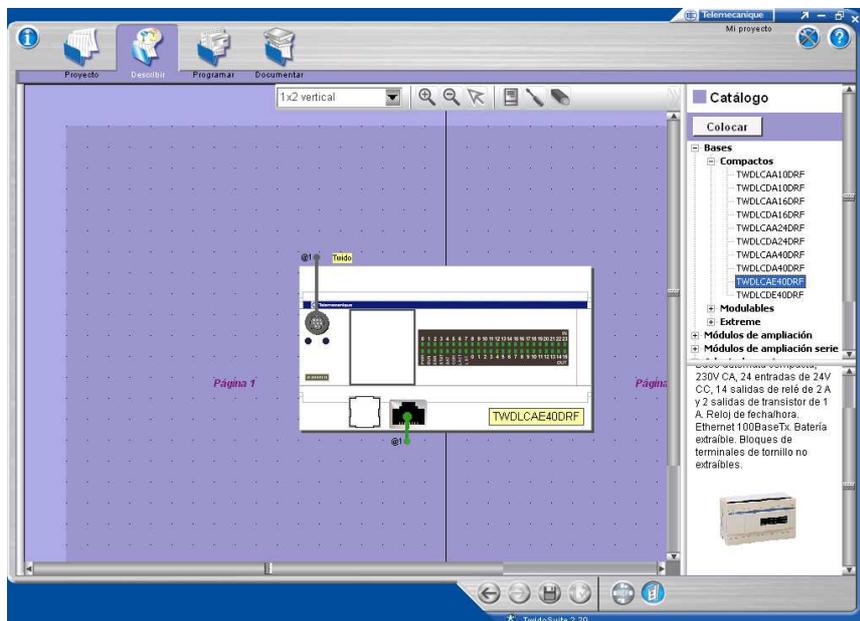


Figura N° V.52. Módulos del PLC TWIDO 40DRF.

3. En el Puerto de red Ethernet 100Base-TX se debe configurar la dirección IP del Controlador, dirección con la cual se le identificará en la red, y mediante la cual se establece conexión entre el PLC y el SCADA.

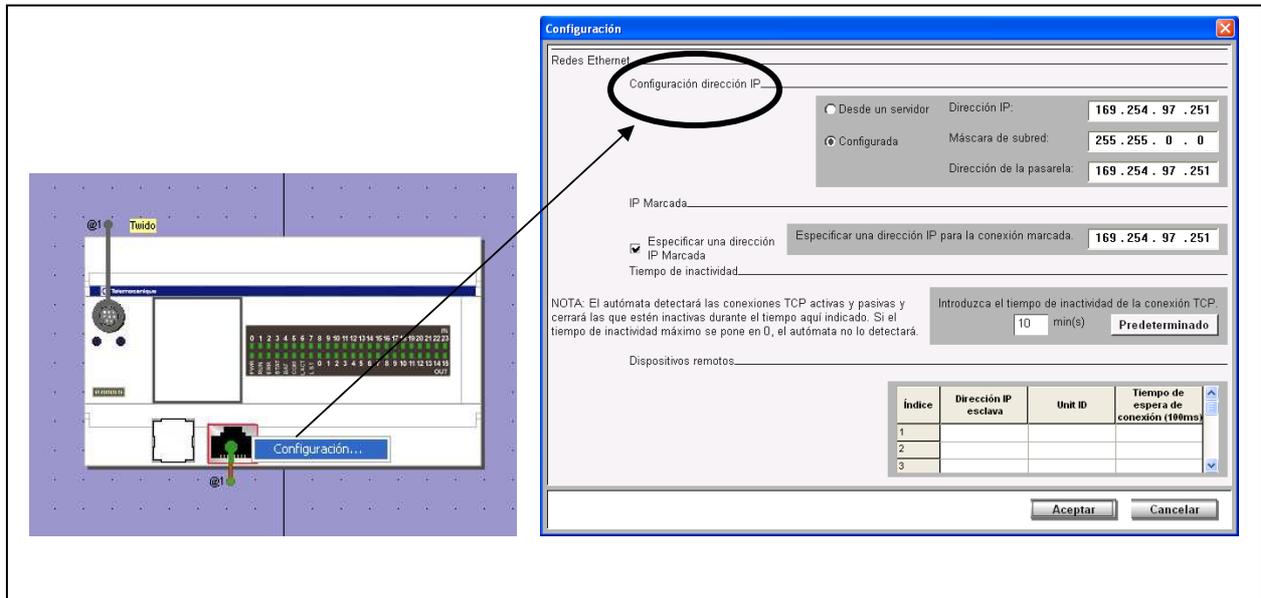


Figura N° V.53. Configuración del Puerto de red Ethernet 100Base-TX

En este caso se ha configurado el controlador con una dirección estática correspondiente a la red local, siendo asignada la dirección descrita en la tabla N° V.11.

CONFIGURACIÓN DEL IP	
DESCRIPCIÓN	VALOR
Dirección IP:	169.254.97.251
Máscara de Subred:	255.255.0.0
Dirección de la Pasarela:	169.254.97.251
Dirección IP para la conexión marcada:	169.254.97.251

Tabla N° V.11. Configuración del IP del Controlador

5.6 Configuración de la conexión a la red

En esta parte de la implementación, se detalla como se configura la comunicación del PLC con el PC servidor en la red Ethernet, con el fin de poder cargar el controlador con el programa desarrollado en el software TwidoSuit.

En primer lugar se dirige al submenú “Preferencias”, ubicado en la parte superior derecha de la ventana principal.

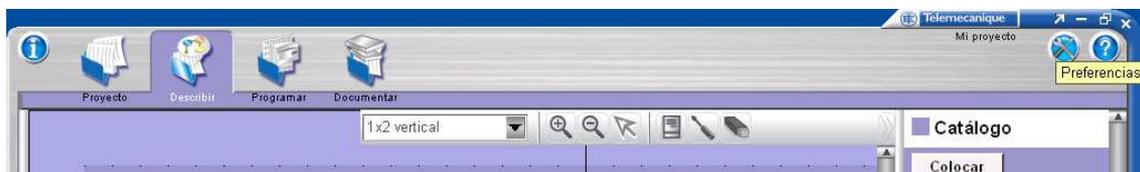


Figura N° V.54. Submenú Preferencias

Dentro de las opciones de configuración de esta sección, se encuentra en la parte inferior el apartado Gestión de las conexiones, la cual se utiliza para crear nuestra conexión de tipo Ethernet.

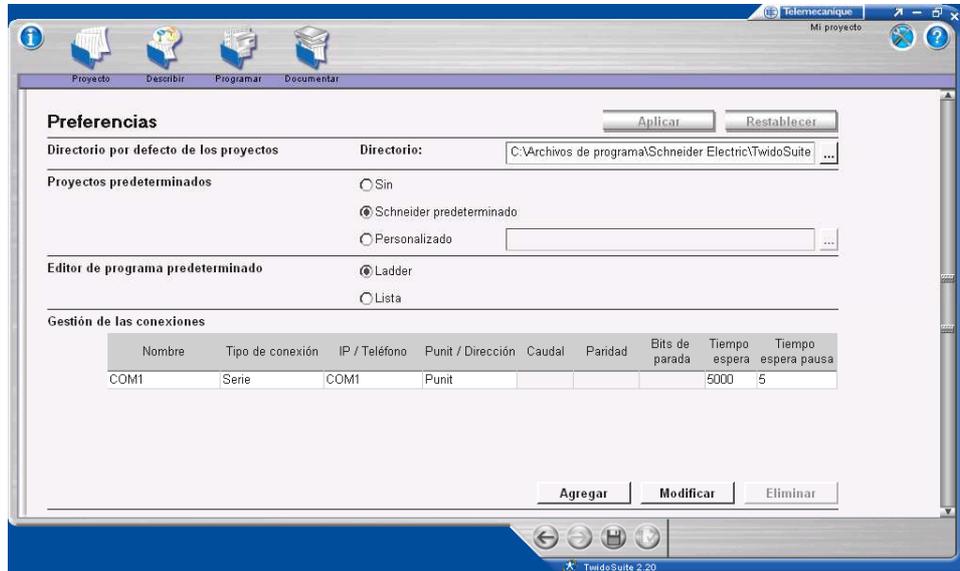


Figura N° V.55. Gestión de las conexiones

A continuación, se da clic en el botón “Agregar” y aparecerá una nueva opción de conexión, con el nombre por defecto “Mi conexión 1”, y en el campo IP, se escribe la dirección IP de nuestro controlador, la cual es 169.254.97.251.

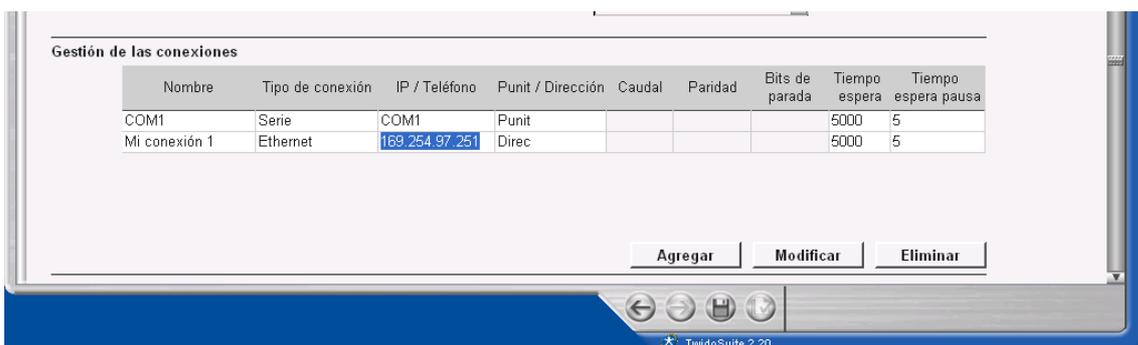


Figura N° V.56. Mi conexión Ethernet

Se aplica los cambios, y nuestra nueva conexión Ethernet queda configurada. Para comprobar la comunicación con el controlador, accedemos al menú Depurar, el mismo que desplegará una pantalla como la que se presenta en la Figura N° V.57.



Figura N° V.57. Conexión para la puesta a punto

Al momento de aceptar, aparecerá el cuadro de mensaje “Establecimiento de la comunicación”, y si todo esta bien, mostrara la pantalla final del programa en ejecución.

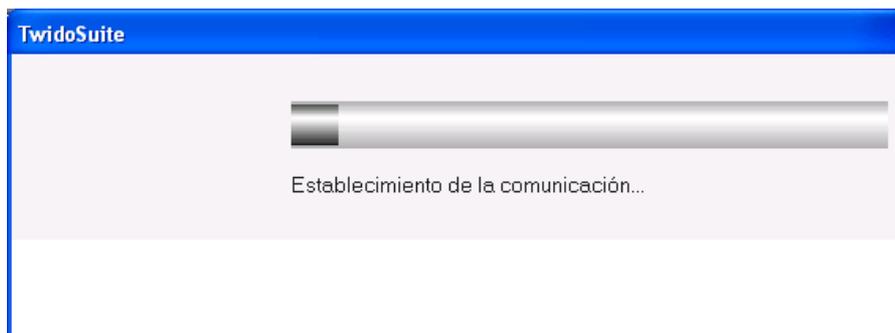


Figura N° V.58. Establecimiento de la comunicación.

5.7 Programa Ladder de control del Brazo Transportador

Recursos utilizados

Para el desarrollo de este programa se emplearon los siguientes recursos lógicos:

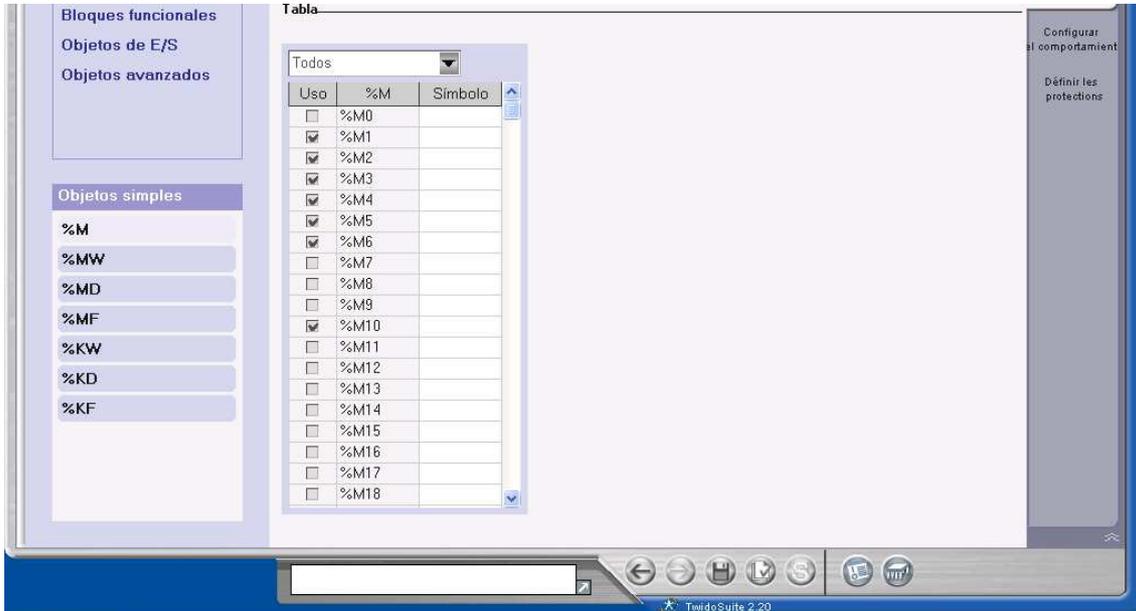


Figura N° V.59. Memorias utilizadas

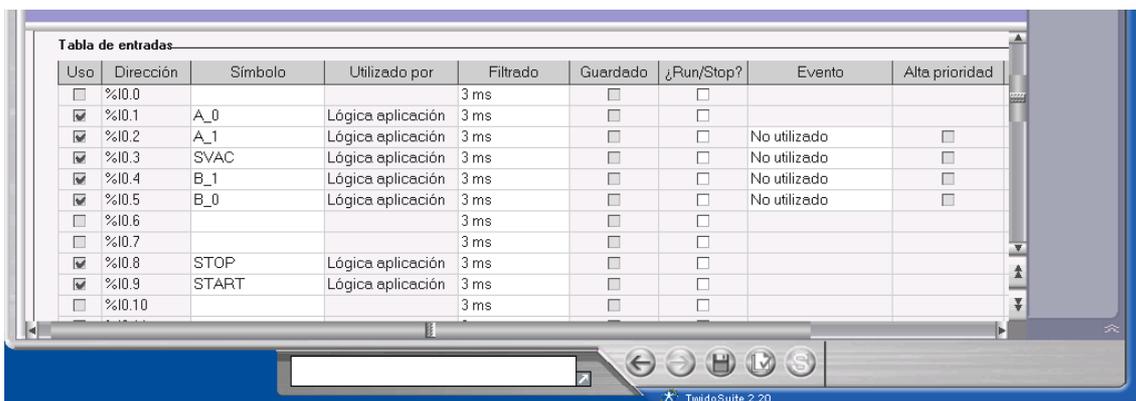


Figura N° V.60. Entradas para el control del Brazo Transportador

Tabla de salidas

Uso	Dirección	Símbolo	¿Estado?	Utilizado por
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.0	A_REGRESA	<input checked="" type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1	VACIO	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.2	SOPLO	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.3	B_SALE	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.4	B_REGRESA	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input type="checkbox"/>	%Q0.5			
<input type="checkbox"/>	%Q0.6			
<input type="checkbox"/>	%Q0.7			
<input type="checkbox"/>	%Q0.8			
<input type="checkbox"/>	%Q0.9			
<input type="checkbox"/>	%Q0.10			

Figura N° V.61. Salidas del PLC para controlar el Brazo Transportador

Definir los objetos

Asignación: Automático Número de objetos: 0 Asignadas: 2 Máx: 128

Tabla

Uso	%TM	Símbolo	Tipo	Base	Preselección	Ajustable
<input type="checkbox"/>	%TM0		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	%TM1	TIEMPO_SOPLO	TON	1 s	2	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM2		TON	1 s	2	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM3		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM4		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM5		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM6		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM7		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM8		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM9		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM10		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM11		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM12		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM13		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM14		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM15		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM16		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM17		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	%TM18		TON	1 min	9999	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura N° V.62. Temporizador

A continuación se resume los recursos antes mencionados en la tabla N° V.12.

RECURSOS USADOS EN EL CONTROL DEL BRAZO TRANSPORTADOR		
Memorias	Entradas	Salidas
%M1 a %M6	%I0.1 = A_1	%Q0.0 = A_REGRESA
%M10 = SET/RESET	%I0.2 = A_0	%Q0.1 = VACIO
%M20 = START	%I0.3 = SVAC	%Q0.2 = SOPLO
%M21 = STOP	%I0.4 = B_1	%Q0.3 = B_SALE
%TM1 = TIEMPO_SOPLO	%I0.5 = B_0	%Q0.4 = B_REGRESA
	%I0.8 = STOP	
	%I0.9 = START	

Tabla N° V.12. Recursos usados para el control del Brazo Transportador

En la figura NV.63 se ilustra el manejo del Brazo Transportador en lenguaje Grafcet.

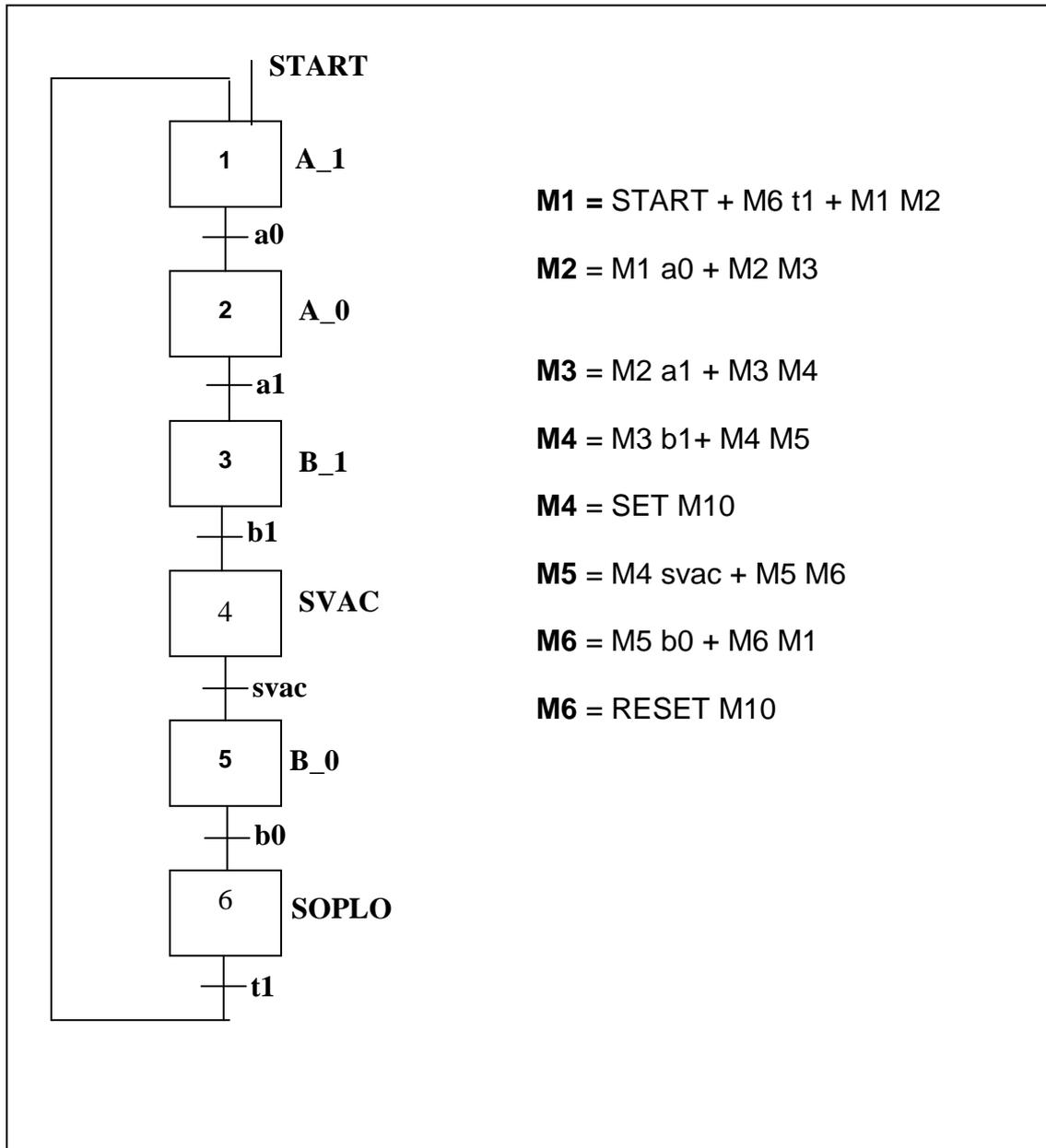


Figura N° V.63. Esquema Grafcet del manejo del Brazo Transportador

Una vez efectuado el diseño del programa para el control del Brazo Transportador se procede a su implementación, tal como se puede visualizar en las figuras N°. V.64; V.65; V.66 y V.67.

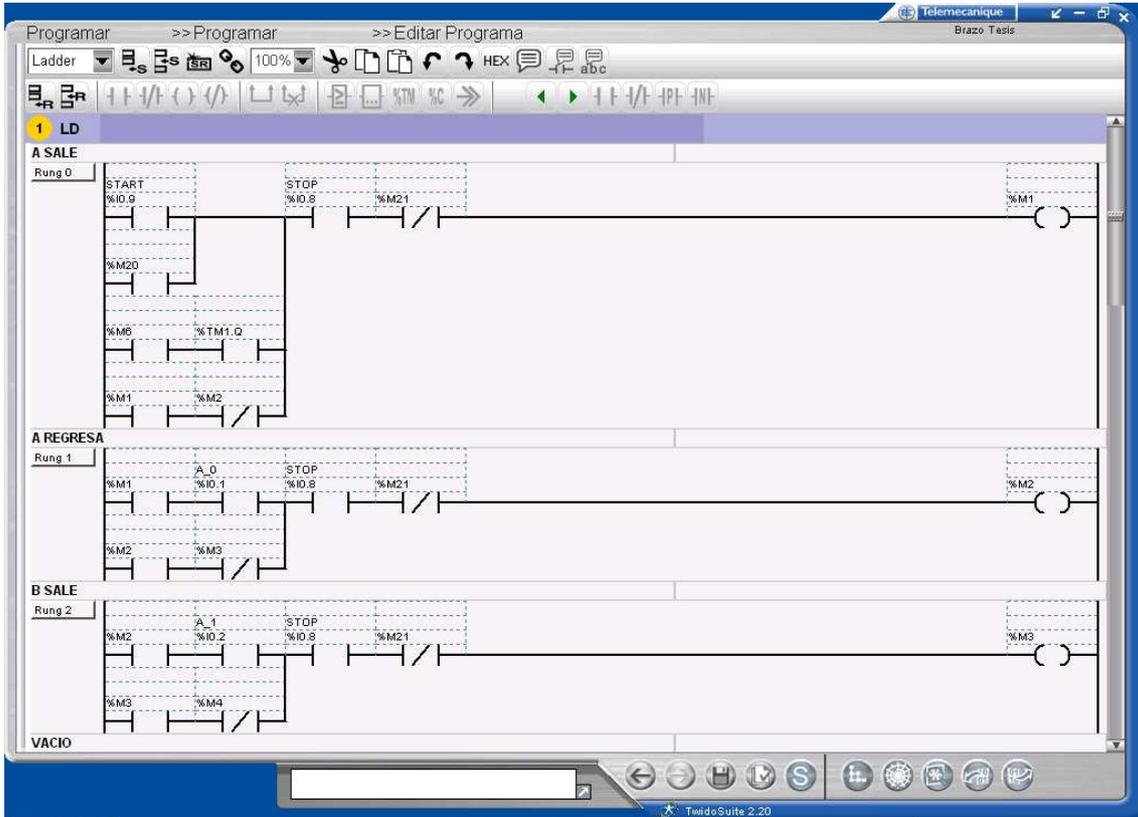


Figura N° V.64. Diagrama Ladder del programa de control del Brazo Transportador

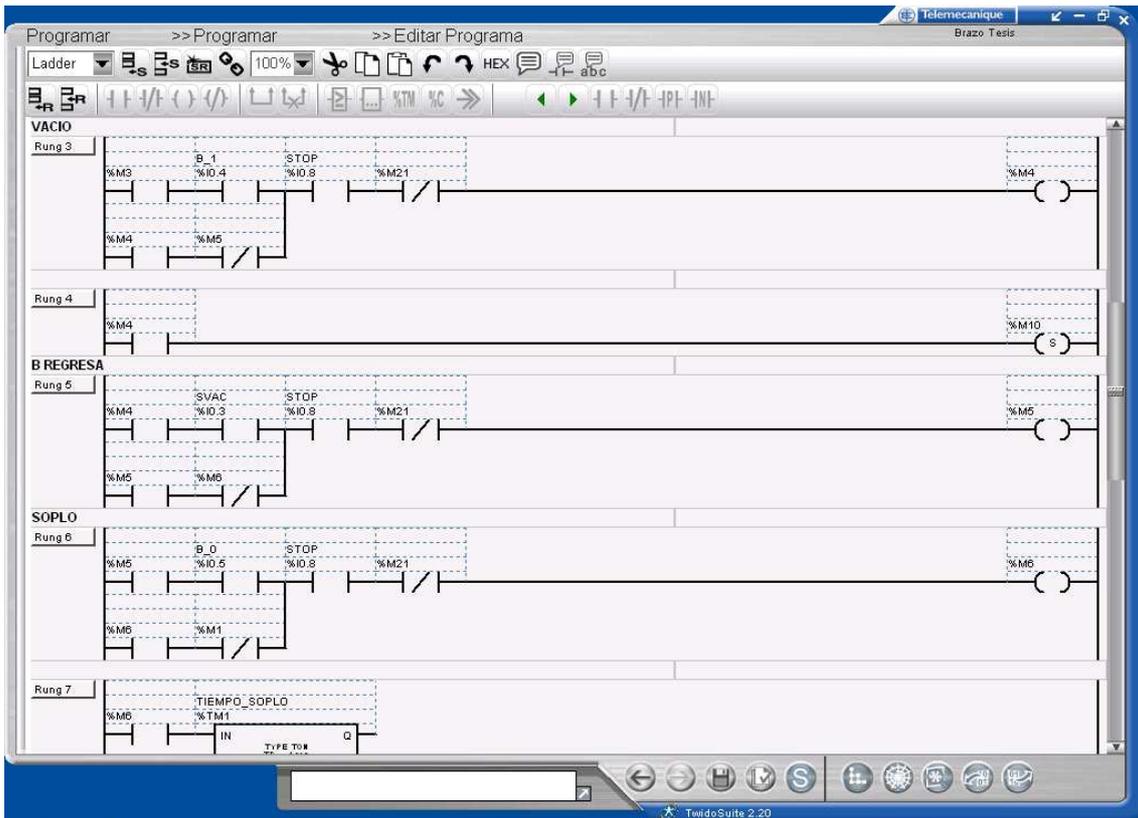


Figura N° V.65. Diagrama Ladder del programa de control del Brazo Transportador (Continuación).

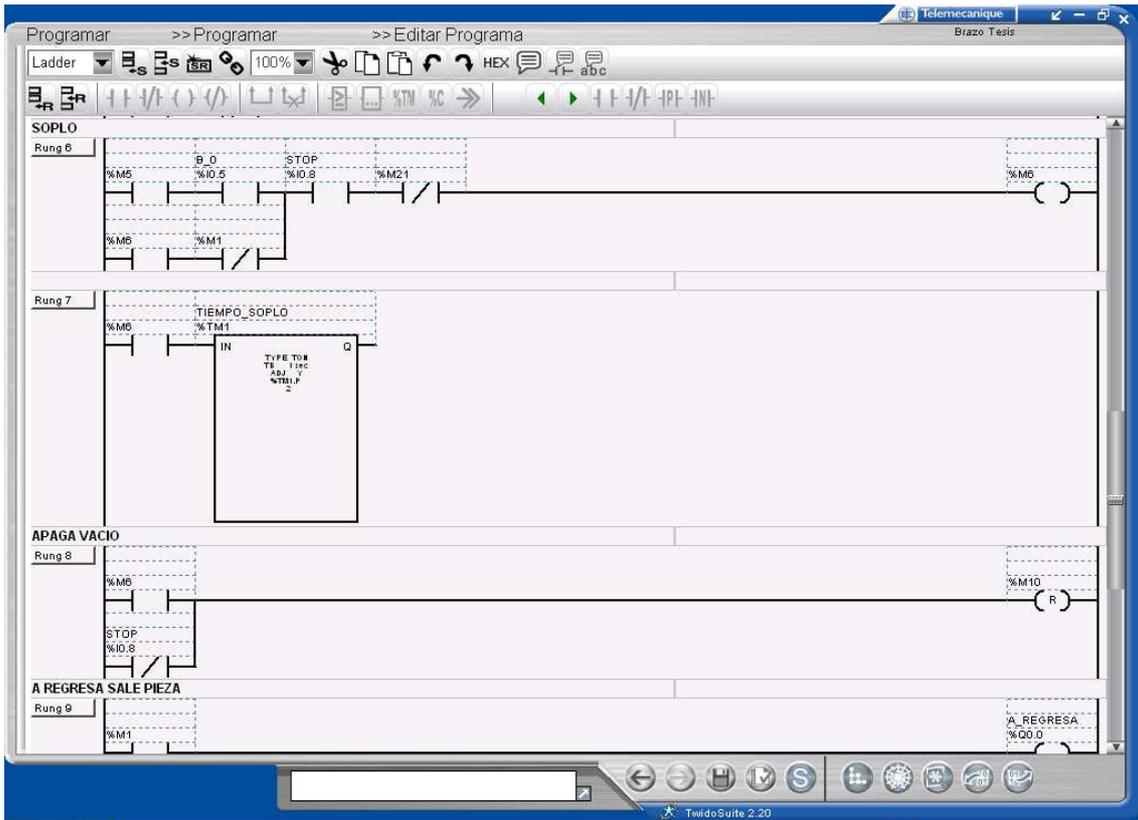


Figura N° V.66. Diagrama Ladder del programa de control del Brazo Transportador (Continuación).

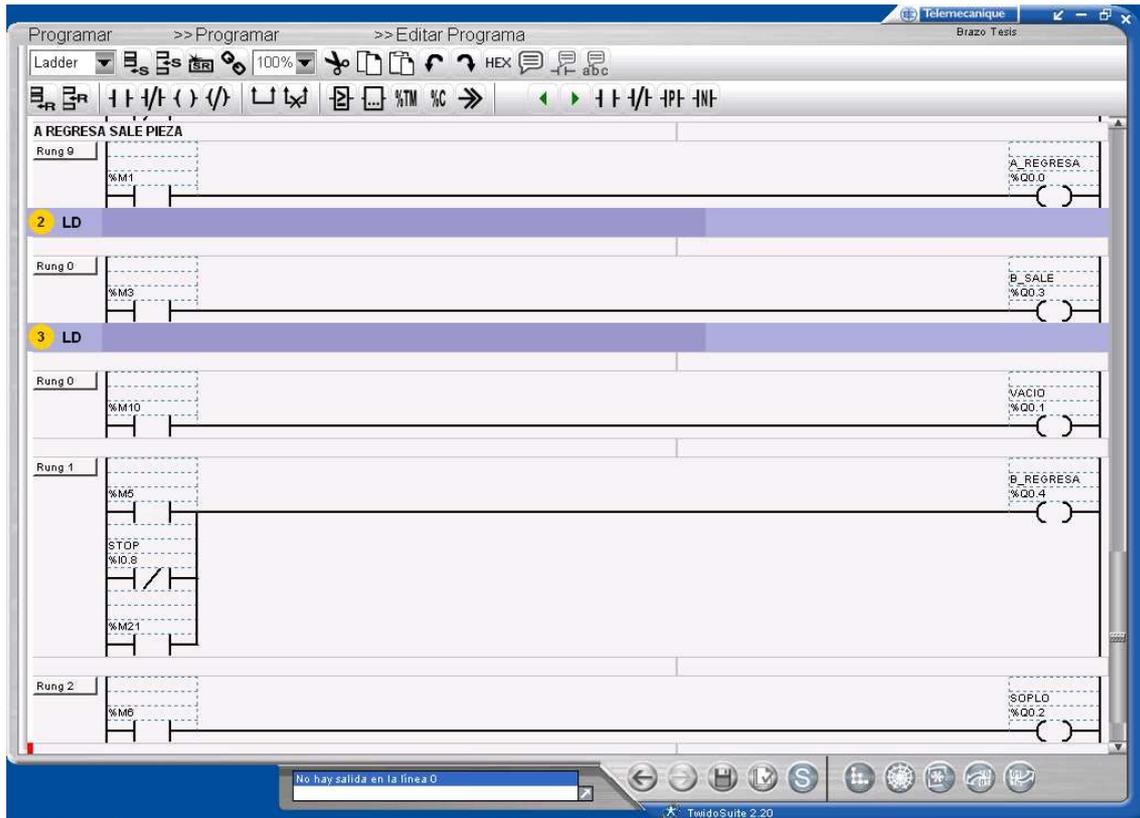


Figura N° V.67. Diagrama Ladder del programa de control del Brazo Transportador (Continuación).

5.8 Monitoreo del Sistema SIMOINT V1.0 en Labview.

En el monitoreo intervienen dos elementos importantes que son el OPC y el sistema SCADA. Estos dos elementos permiten realizar el monitoreo.

Para configurar el OPC siga los siguientes pasos:

- ✓ Conecte el PLC o dispositivo que actúe como servidor en el puerto ethernet donde tenga instalado el OPC Server.
- ✓ Click en File/New
- ✓ Click en Object/Create
- ✓ Seleccione el protocolo Modbus de la lista de Objetos que se presentan, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.68

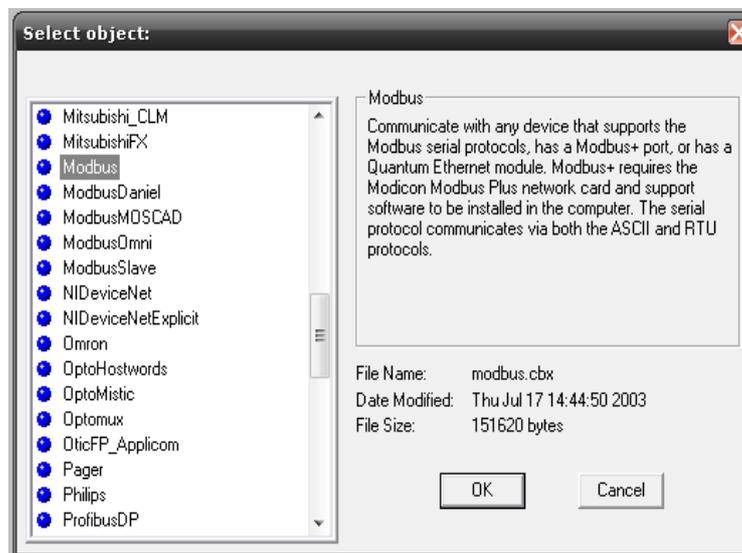


Figura N° V.68 Configuración del Protocolo para OPC Server.

- ✓ Click en Ok
- ✓ Configure los parámetros de comunicación, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.69

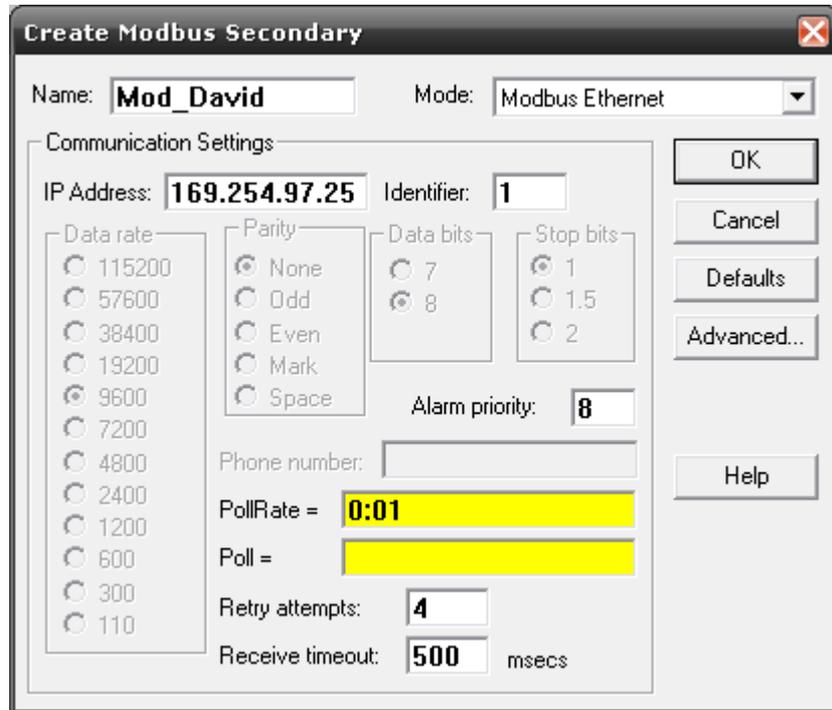


Figura N° V.69. Configuración de comunicación Modbus para OPC Server.

- ✓ Click en OK

Una vez realizado los pasos de conexión, el OPC Server detecta automáticamente al dispositivo que actualmente se encuentre conectado.

Para el monitoreo con el sistema SCADA se utiliza el sistema para monitoreo y control industrial Labview 7.1

Para realizar un monitoreo básico desde el sistema SCADA siga los siguientes pasos:

- ✓ Tenga activado el OPC Server con el objeto que creó actualmente
- ✓ Cree un elemento vi en el Labview
- ✓ Click derecho sobre el led y escoja Data Operations/DataSocket Connection
- ✓ Click en Browse/Browse Measurement Data, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.70

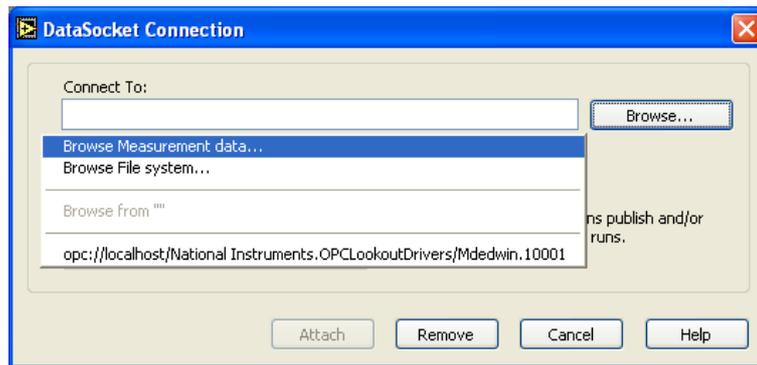


Figura N° V.70. DataSocket Connection.

- ✓ Expanda la opción Mi PC de la pantalla Browse for Item
- ✓ Expanda la opción National Instruments.OPCLokoutDrivers, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.71



Figura N° V.71. Browse for Item.

- ✓ Expanda la carpeta siguiente. Esta carpeta tendrá el mismo nombre que se dio en la configuración de parámetros en el OPC para la comunicación Modbus.
- ✓ Escoja la dirección que se encuentre en el rango de [10001-19999] que es la dirección que interpreta Labview para las memoria en el Modbus, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.72

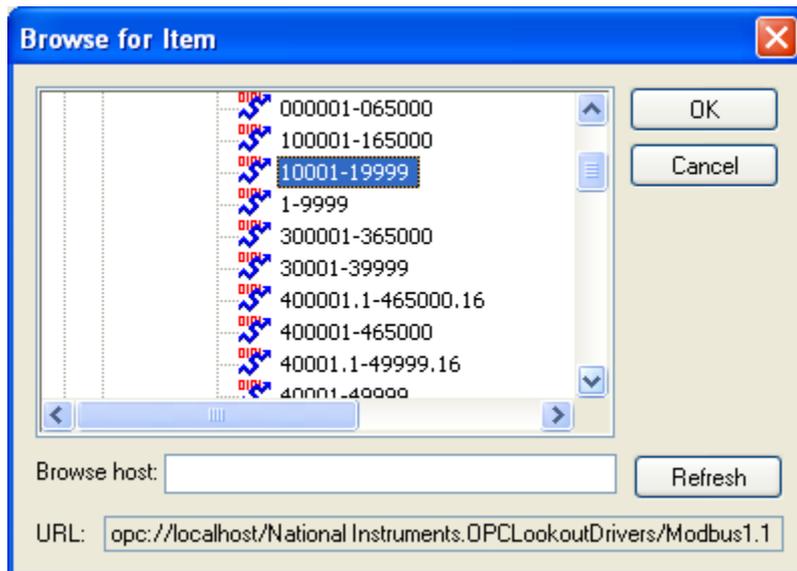


Figura N° V.72. Direcciones de memoria Modbus para el Labview.

- ✓ Click en Ok
- ✓ Cambiar el número de memoria que desea utilizar
- ✓ Click en Attach

5.8.1 Pruebas de conexión con el OPC.

La conexión del OPC es muy importante, puesto que el mismo actúa como un puente para la comunicación del dispositivo a ser monitoreado.

Antes de realizar cualquier prueba es muy importante tener libre de comunicación al puerto Ethernet que actualmente se encuentre conectado el dispositivo, si el puerto está ocupado con otra conexión aparece un mensaje de error en la conexión tal como se muestra la Figura N° V.73

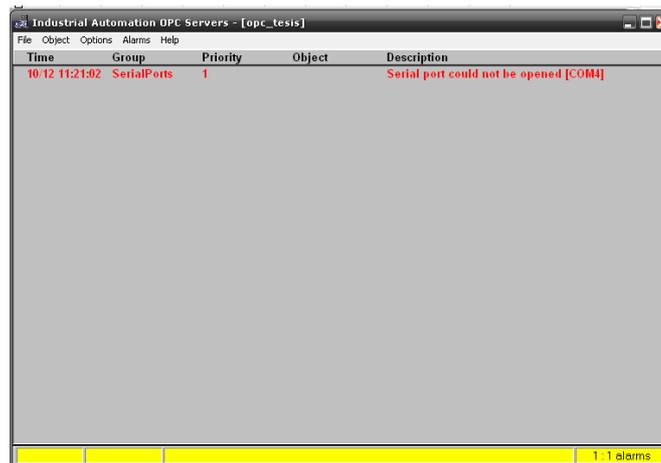


Figura N° V.73. Mensaje de error en la conexión del OPC con el dispositivo.

Para solucionar este problema libere el puerto Ethernet y cierre cualquier aplicación que esté utilizando el puerto y listo realizamos una prueba, que se encuentra ilustrado en la Figura N° V.74

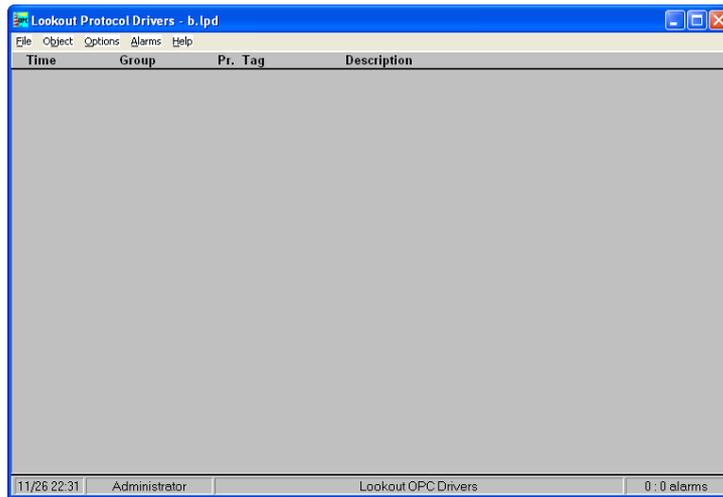


Figura N° V.74. Conexión exitosa del OPC con dispositivo.

5.8.2 Pruebas de conexión con el sistema SIMOINT V1.0 en Labview

Las pruebas de conexión se muestran en la Figura N° V.75



Figura N° V.75. Monitoreo del sistema.

5.9 CREACIÓN DE LA PÁGINA WEB

Para la creación de páginas Web (documentos html) se puede usar directamente en LabVIEW, la herramienta denominada “Web Publishing Tool” la cual crea un documento HTML con imágenes estáticas o animadas del panel frontal de LabVIEW. Incluso se puede incluir imágenes del panel frontal dentro de un documento HTML existente.

Para mostrar paneles frontales del VI en la Web, los VIs deben estar en la memoria del computador.

Pasos a Seguir:

- ✓ Seleccionar dentro de Tools la opción Web Publishing Tool para mostrar el cuadro de diálogos, como se ilustra en la figura N° V.76.

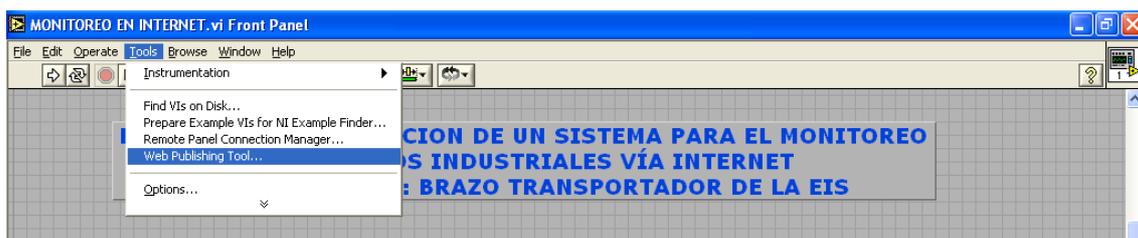


Figura N° V.76. Web Publishing Tool

- ✓ Ingresar texto en las cajas de: Título de Documento y Encabezado, como se ve en la figura N° V.77.

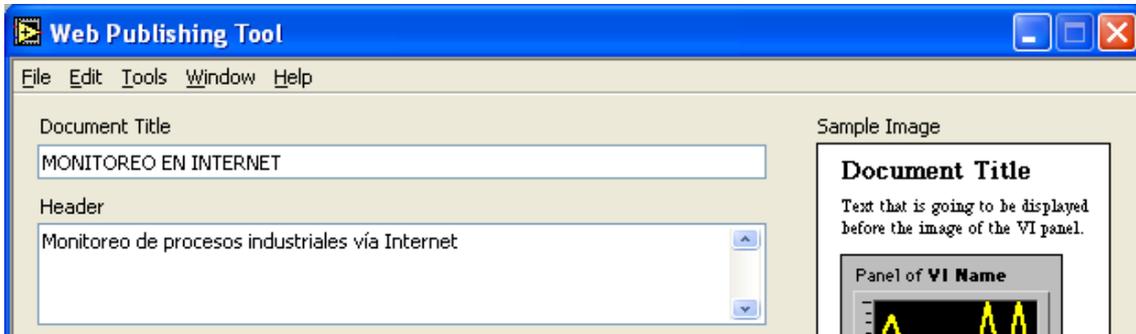


Figura N° V.77. Título de documento y Encabezado

- ✓ Ingresar el nombre del VI a ser mostrado, como se ilustra en la figura N° V.78.

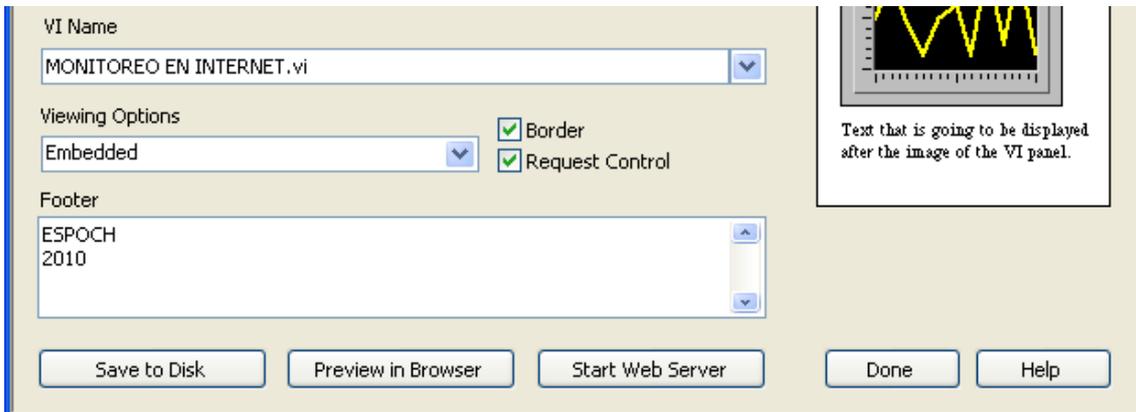


Figura N° V.78. Nombre del VI.

- ✓ En las opciones de visualización seleccionar si se desea una imagen estática o animada, es decir que cambia conforme cambia el panel frontal. Si se desea un borde marcar dicha opción. Esto se ilustra en la figura N° V.79.

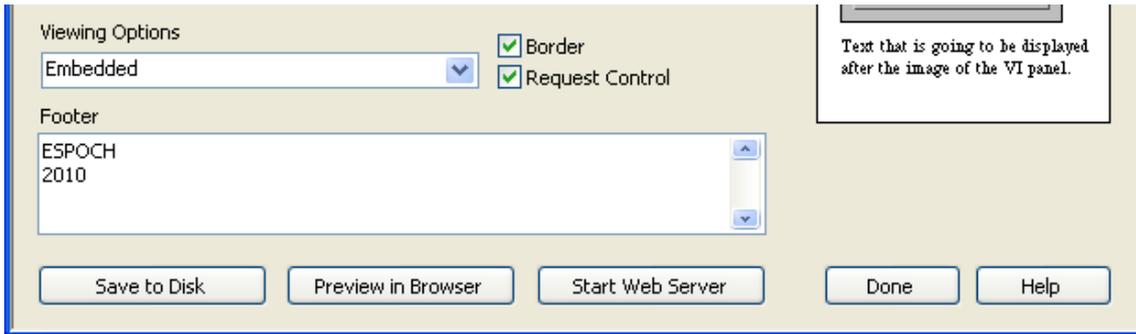


Figura N° V.79. Opciones de visualización

- ✓ Guardar el documento creado, según se observa en la figura N° V.80.

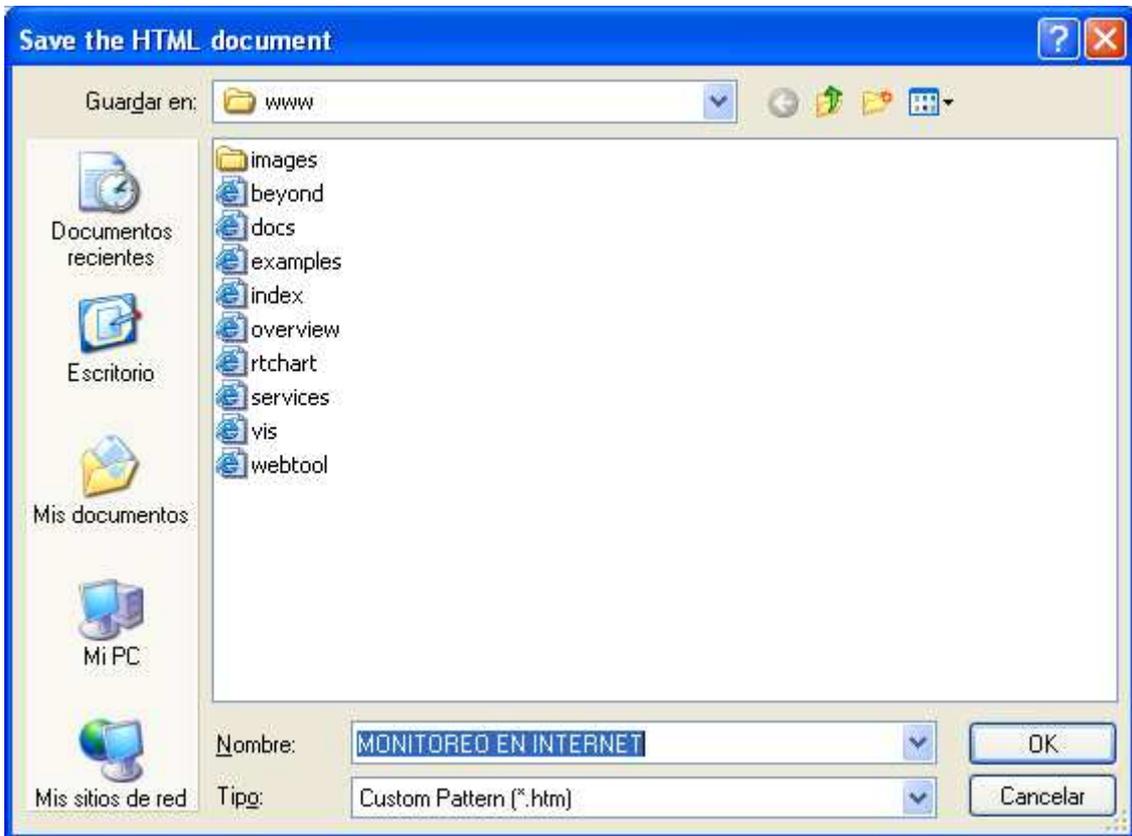


Figura N° V.80. Guardar Pagina Web

Por defecto se graba la Pagina Web Creada en la carpeta raíz de nuestro servidor Web Labview, llamada www.

Finalmente aparecerá el cuadro de mensaje, que se observa en la figura N° V.81, informando la dirección a la que se deberá acceder a fin de visualizar la aplicación vía Web.

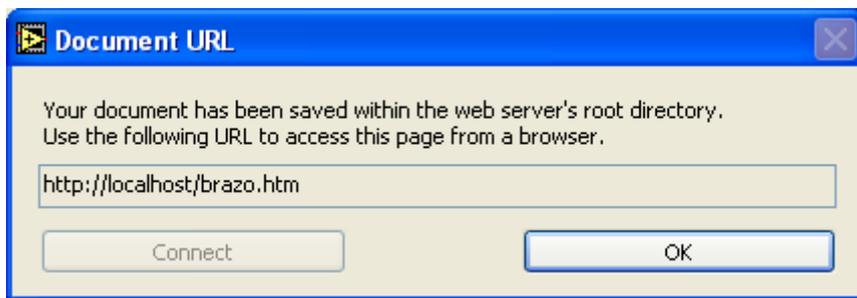


Figura N° V.81. Guardar Pagina Web

Para configurar la página en las Opciones de “Tools” deben incluirse los siguientes componentes:

- ✓ Habilitar el Servidor Web para publicar imágenes del panel frontal y documentos HTML. Accedemos mediante el menú Tool -> Opciones, y en el cuadro de despliegue, elegimos Web Server: Configuración, como se muestra en la figura N° V.82.

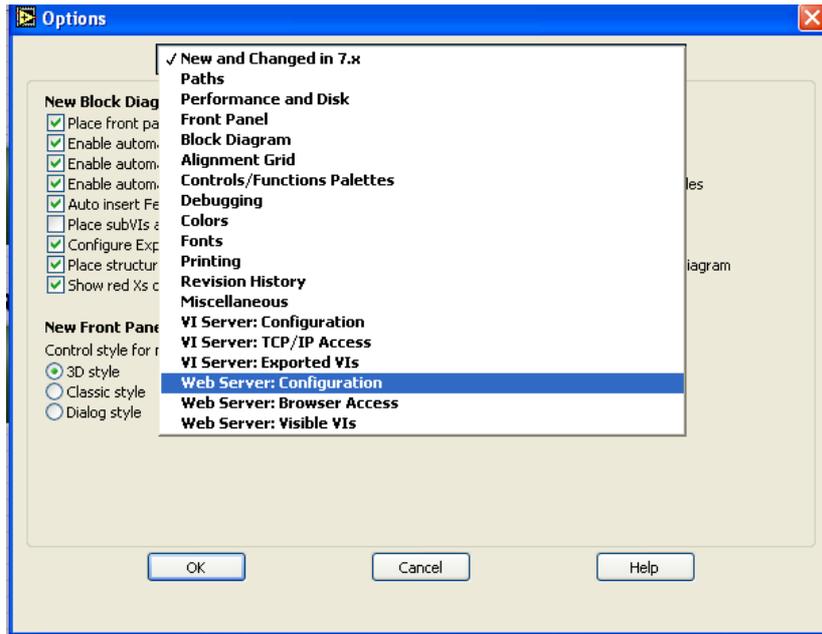


Figura N° V.82. Configuración del Web Server

- ✓ Habilitamos el Servidor Web marcando el Check Box correspondiente, e indicamos el directorio donde los archivos HTML están localizados, tal como se ve en la figura N° V.83.

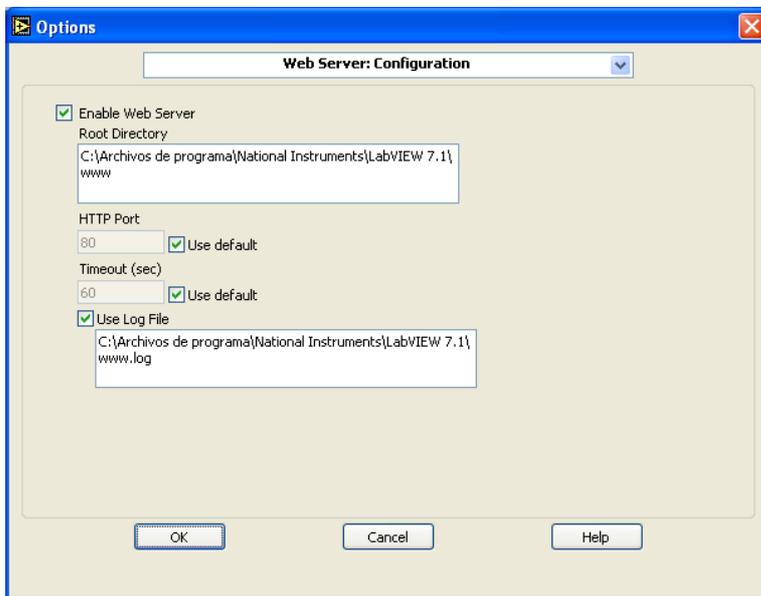


Figura N° V.83. Configuración del Web Server

- ✓ En HTTP Port: Indicar el Puerto TCP/IP que usa el servidor Web.
- ✓ Timeout: Indicar el número de segundos que espera el servidor Web mientras lee la demanda antes de que el servidor colapse.
- ✓ Log File Path; Indica el archivo donde LabVIEW graba la información de las conexiones Web.

Es importante saber que solo la versión de Internet Netscape soporta imágenes animadas del panel frontal. El explorador de Internet 5.0 o versiones mayores no soportan este tipo de imágenes pero se puede refrescar periódicamente la pantalla.

En el resto de navegadores la imagen aparece estática, y se puede añadir lo siguiente en la cabeza del documento HTML:

```
<META HTTP-EQUIV="REFRESH" CONTENT="30">
```

Donde CONTENT es el número de segundos antes que el documento sea refrescado.

Puede también incluirse imágenes estáticas o animadas en un documento existente HTML donde debe incluirse la siguiente información: web.server.addr que es la dirección del servidor LabVIEW, command es el parpadeo para imágenes estáticas y el monitoreo para imágenes animadas y VI_Name es el

nombre del VI. Un signo de interrogación separa el URL del nombre del VI. Los corchetes son opcionales. Esto lo observamos en la figura N° V.84.

```
<IMG SRC = "http://.server.addr/.command?VI_Name[&type=png][&depth=24]
[&quality=80][&compression=-1][&refresh=60][&full=off]">
```

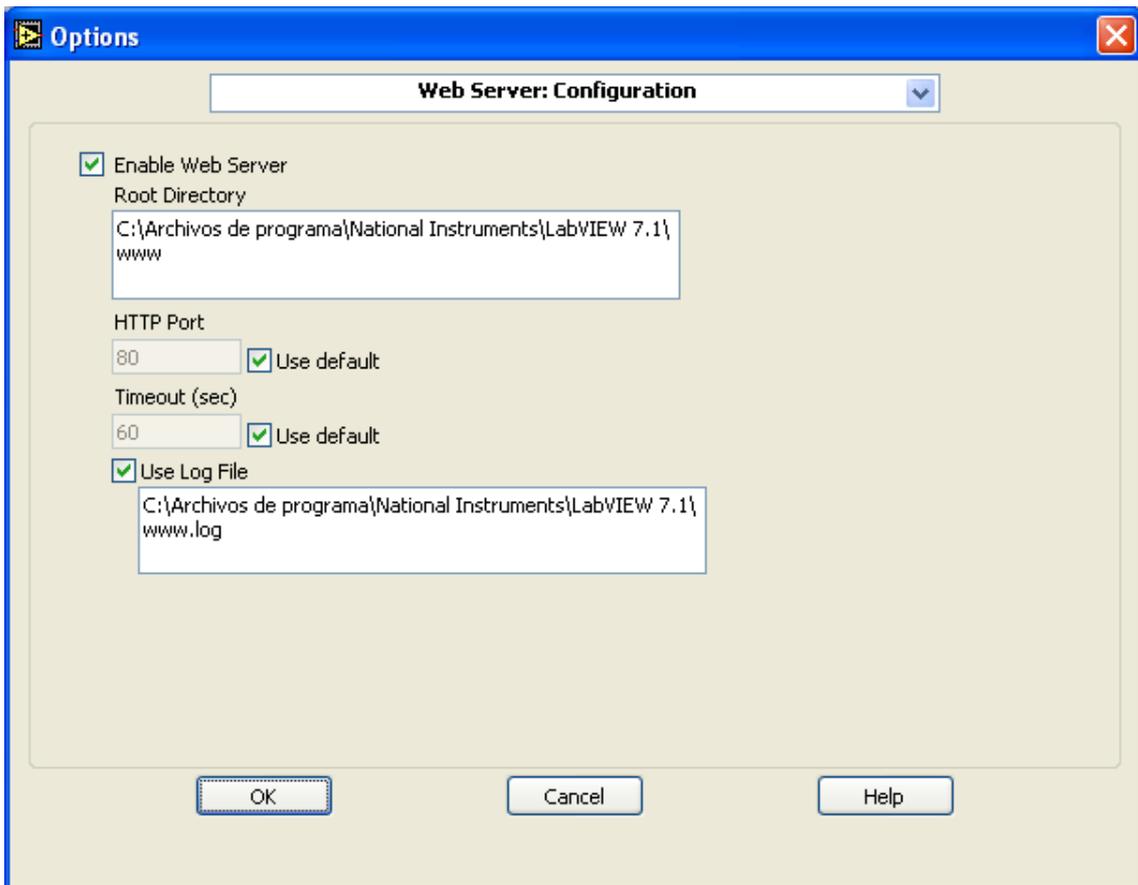


Figura N° V.84. Configuración del Web Server

2. A continuación se visualiza el cuadro de aviso que la instalación se esta ejecutando, como se ve en la figura N° V.86.

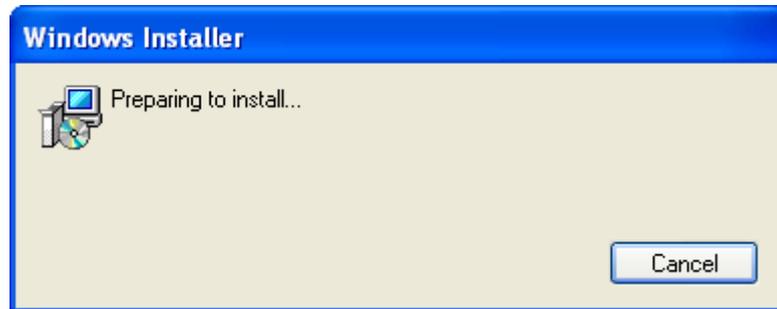


Figura N° V.86. Preparando la instalación

3. La siguiente pantalla será la bienvenida e información importante del software a instalar. Para proseguir, se da click en Next, como se ilustra en la figura N°. V.87.

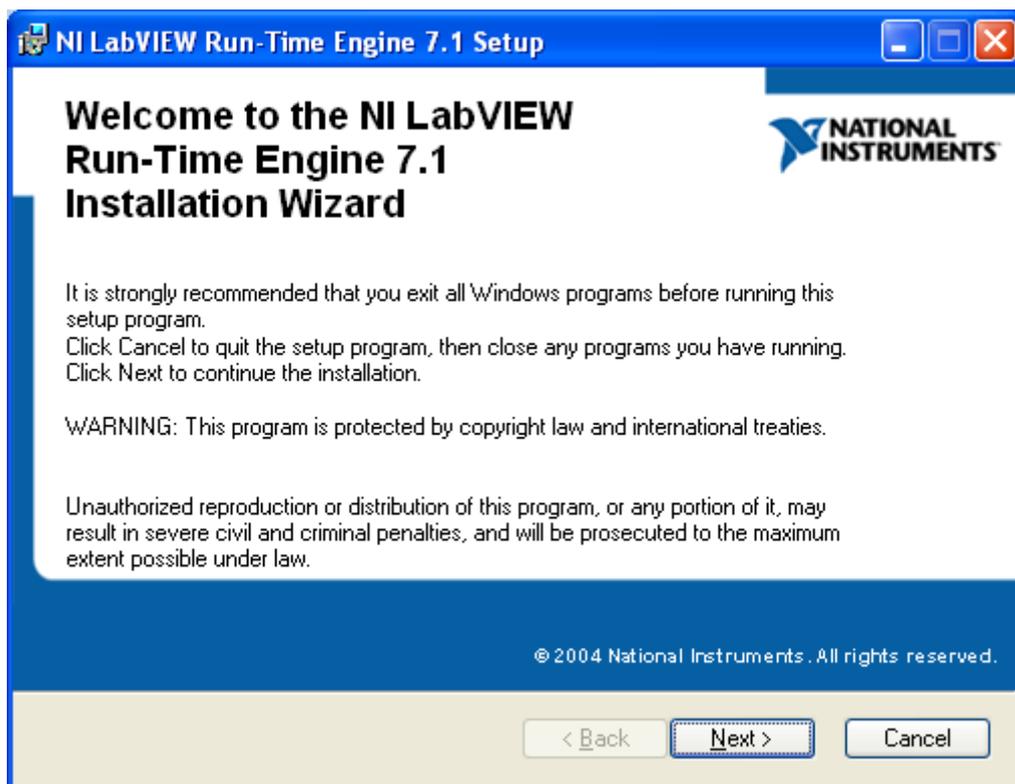


Figura N° V.87. Información del Software

4. Ahora, se puede conocer el contrato para uso del software, visualizado en la figura N°. V.88; si se acepta, se puede continuar con la instalación.

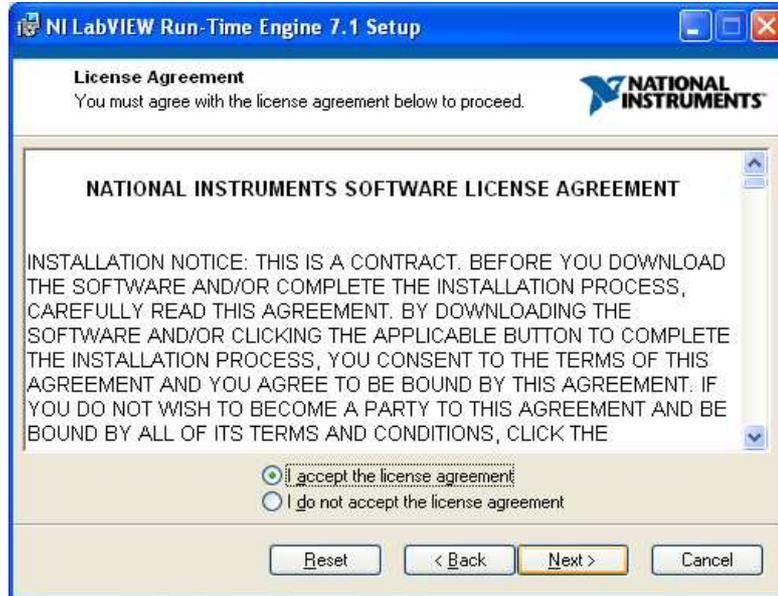


Figura N° V.88. Contrato de uso

5. Se elige el directorio en el que se guardará la aplicación a instalarse. Por defecto la carpeta seleccionada es Archivos de programa -> National Instruments -> Shared. Pero si se requiere, se puede elegir otro destino dando click en el botón Browse, como se ilustra en la figura N° V.89.

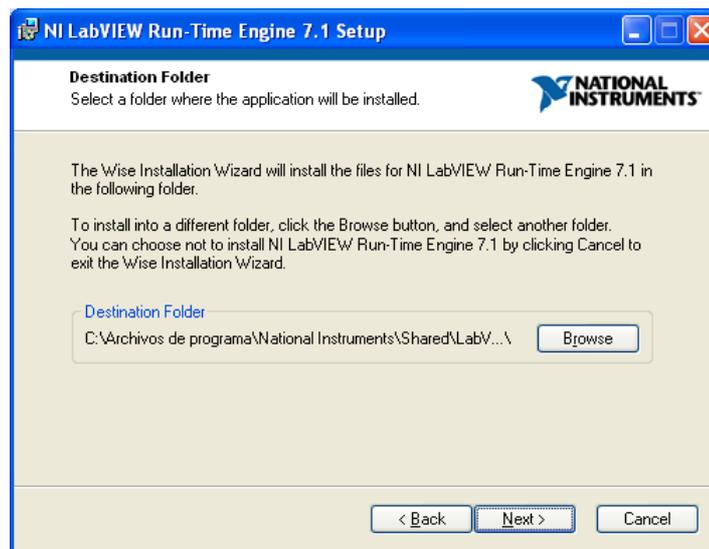


Figura N° V.89. Selección de carpeta destino

6. Se mostrara la ventana de confirmación para empezar la instalación en si. Aceptaremos todo dando click en el botón Next, ilustrado en la figura N° V.90.

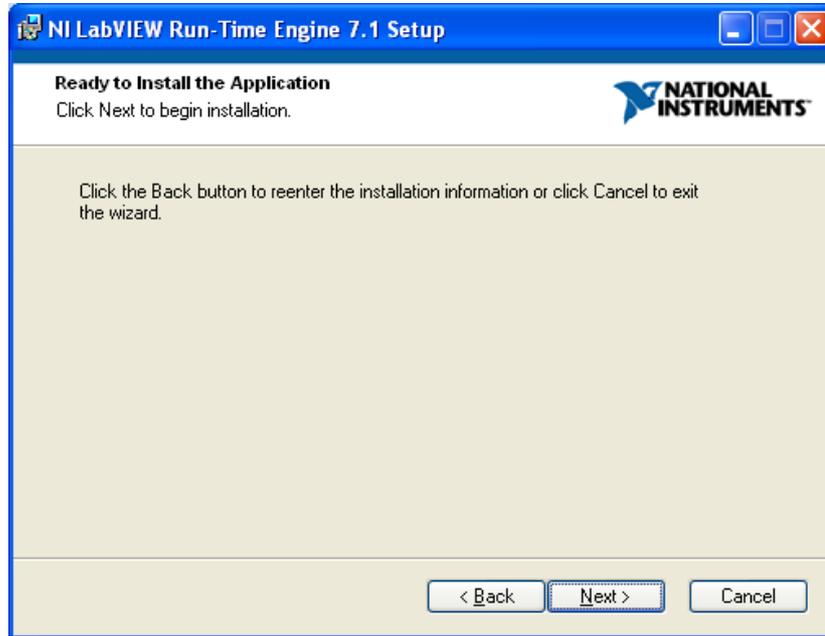


Figura N° V.90. Confirmación

7. Finalmente se verá el progreso de la instalación y la ventana de Instalación satisfactoria, como se ve en la figura N°. V.91.

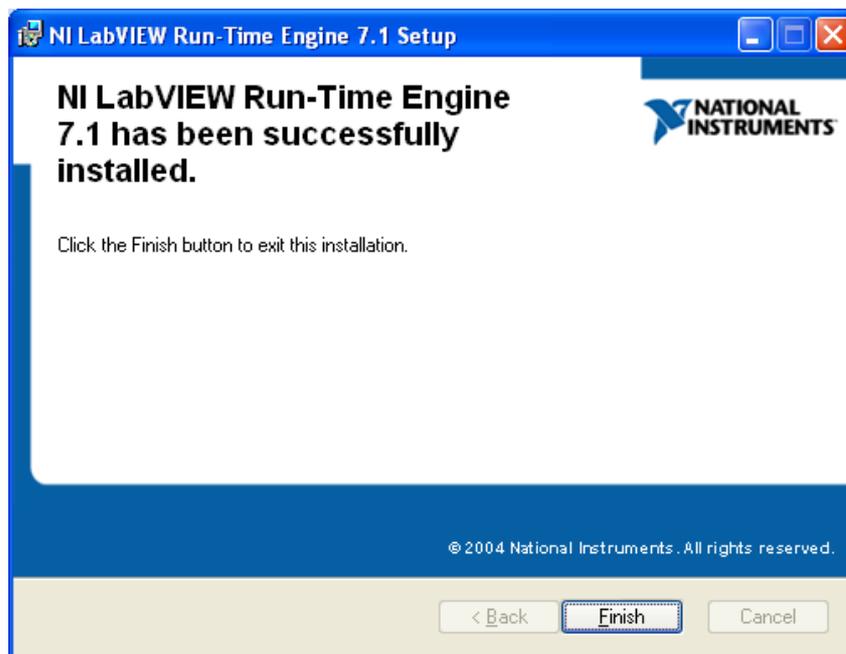


Figura N° V.91. Final de la instalación

Con este Plug-In puesto a punto podremos acceder a la aplicación desde cualquier cliente conectado a la red mediante un navegador de Internet ingresando la dirección o nombre de nuestro Servidor Web LabVIEW, en este caso 169.254.97.250 o el nombre de dominio configurado, *www.tesis.net*, seguido del nombre de la página Web creada y guardada en nuestro servidor, en este caso *brazo.htm*. La dirección completa será: <http://www.tesis.net/brazo.htm>. La aplicación se visualizará como se muestra en la figura N°. V.92.

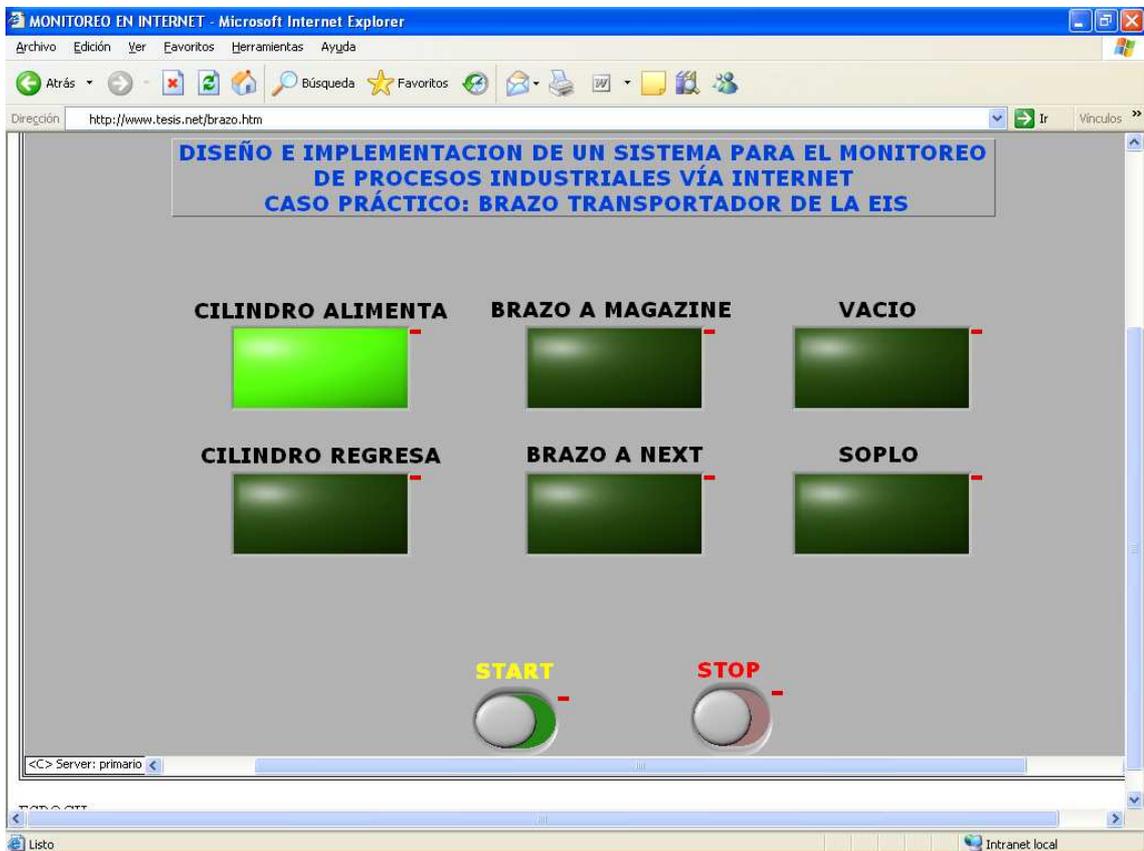


Figura N° V.92. SIMOINT monitoreado vía Internet.

5.10 Comprobación de la Hipótesis

Hipótesis investigativa: “El uso de un sistema para el monitoreo de procesos industriales vía Internet, permitirá en tiempo real mejorar la supervisión de procesos industriales, sin consumir muchos recursos computacionales”

Operacionalización Conceptual de Variables:

En la Tabla N° V.13, se muestra la operacionalización conceptual de variables

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE
El diseño, programación e implementación de un sistema de monitoreo vía Internet.	V. Independiente
Mejorar supervisión de procesos, en tiempo real y sin consumir muchos recursos.	V. Dependiente

Tabla N° V.13. Operacionalización Conceptual de Variables

Operacionalización Metodológica de Variables:

En la Tabla N° V.14 se muestra la Operacionalización Metodológica de Variables

VARIABLES	CATEGORIAS	INDICADORES	INDICES
El diseño, programación e implementación de un sistema de monitoreo vía Internet.	Diseñar	Física	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Medios de transmisión UTP 2 pares ✓ Switch ✓ Brazo Transportador
		Enlace	Protocolo Modbus
		Red	IP
		Transporte	UDP
		Aplicación	LABVIEW
	Programar	TwidoSoft 3,5	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diagrama Ladder ✓ Configuración OPC
Implementar	Montaje del sistema	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Implementar sistema. ✓ Encendido del servidor ✓ Encendido del cliente ✓ Ordenes ✓ Respuestas 	
Mejorar supervisión de procesos, en tiempo real y sin consumir muchos	Confiabilidad	Paquetes enviados	Tramas de 8 bits enviadas
		Paquetes recibidos	Tramas de 8 bits recibidas

recursos.	Velocidad	Tiempo de respuesta con paquetes de 251 bytes	Red Ethernet Red Industrial
	Pérdida de información	Cantidad de paquetes perdidos	Red Ethernet Red Industrial

Tabla N° V.14. Operacionalización Metodológica de Variables

Determinación de Escalas

En la Tabla N° V.15 se muestra la tabla de valores.

ESCALA	VARIABLES		
	Confiabilidad	Velocidad	Pérdida de la información
1	Nada	Muy Baja	Alta
2	Poco	Baja	Media
3	Media	Media	Baja
4	Alta	Alta	Muy Baja

Tabla N° V.15. Escala de valores

COMPROBACIÓN

La Hipótesis lo resolvemos con Estadística Descriptiva; claramente pudimos obtener los siguientes datos:

DATOS OBTENIDOS EN UNA RED INDUSTRIAL

Para la obtención de los datos utilizamos la herramienta ethereal, lo cual logramos obtener la siguiente información, como se muestra en la Figura N° V.93

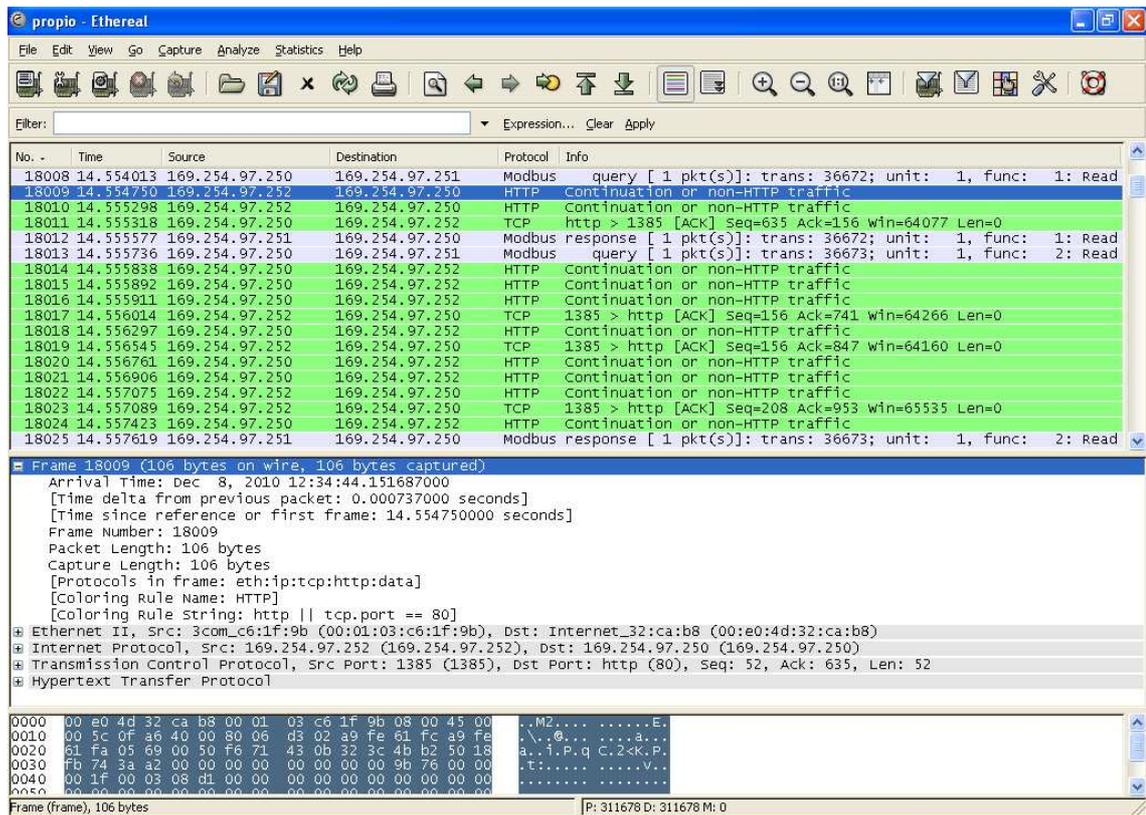


Figura N° V.93. Captura de Paquetes en la red Ethernet

Los datos a ser analizados, se los obtuvo monitoreando la red industrial, capturando el tráfico de red entre los equipos servidor y cliente. Similar procesos se lo realiza en una red Ethernet, teniendo en consideración un tiempo constante de 92 segundos entre los dos tipos de redes, arrojándonos los siguientes resultados.

RED ETHERNET

- ✓ El tamaño del paquete enviado y recibido es constante de 251 bytes.
- ✓ La velocidad de transmisión, fue de 10 000 bps.
- ✓ El tiempo en la recolección de datos fue de 92 segundos

RED INDUSTRIAL

- ✓ El tamaño del paquete enviado es de 64 bytes y se recibe 54 bytes.
- ✓ La velocidad de transmisión, está en un rango de 70 baudios a 9200 baudios y se escogió la mejor velocidad de 9200 baudios; sabiendo que 1 baudio = 1 bps.
- ✓ El tiempo en la recolección de datos fue de 92 segundos

Para realizar la comprobación de la hipótesis, se partirá de la demostración de las variables dependientes entre ellas realizando cuadros comparativos entre la red industrial y la red Ethernet.

Confiabilidad

En la Tabla N° V.16, se muestra el análisis comparativo de la confiabilidad entre la red industrial y la red Ethernet, tomando como base los paquetes enviados y recibidos, y la figura N° V.94, muestra la diferencia de acuerdo a la escala de valores.

Tipo de Red	Tamaño Paq. Enviados	Tamaño Paq. Recibidos	Escala
Red Ethernet	251	251	4
Red Industrial	64	54	3

Tabla N° V.16 Cuadro comparativo de la confiabilidad entre redes

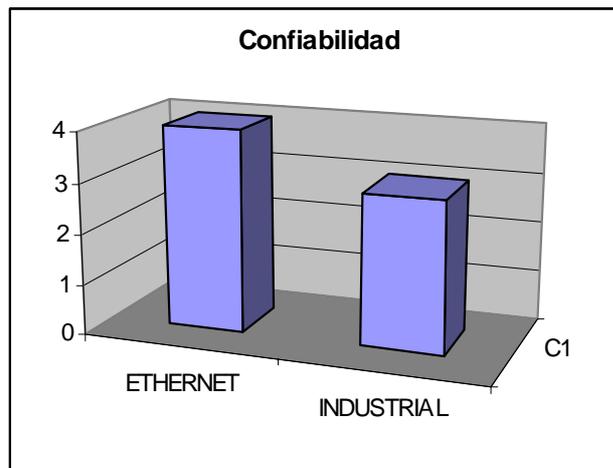


Figura N° V.94. Gráfico estadístico de la Confiabilidad entre redes

Análisis:

Según los datos presentados en la Tabla N° V.16, se puede apreciar que en la red Ethernet, la transmisión de paquetes es constante ya que los paquetes enviados y

recibidos se mantienen del mismo tamaño, en cambio que en una red industrial el tamaño del paquete es inferior presentando deficiencia en la transmisión porque el paquete enviado es de 64 bytes y los paquetes recibidos es de 54 bytes, entonces basándonos en la escala establecida se asigna una alta confiabilidad a la red Ethernet, dándole el valor de 4, a diferencia de la red industrial presenta una confiabilidad media otorgándole el valor de 3, datos ilustrados en la Figura N° V.94.

Velocidad

En la Tabla N° V.17, se muestra el análisis comparativo de la velocidad entre la red industrial y la red Ethernet, tomando como el tiempo de respuesta de los paquetes de 251 bytes en un tiempo de 92 segundos.

Tipo de Red	Tamaño Paq. Enviados	Tamaño Paq. Recibidos	Escala
Red Ethernet	251	251	4
Red Industrial	64	54	2

Tabla N° V.17 Cuadro Comparativo de la velocidad entre redes

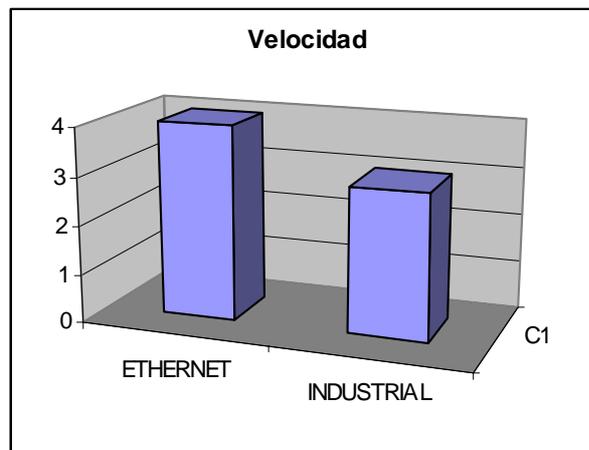


Figura N° V.95 Gráfico estadístico de la velocidad entre redes

Análisis:

De acuerdo a los datos presentados en la tabla N° V.17, se muestra la comparación de la velocidad entre redes, en donde la red Ethernet presenta una ventaja ante la red Industrial, ya que la velocidad de la red Ethernet es de 10000 bps tomados en 92 segundos de transmisión del paquete de 251 bytes siendo su velocidad un valor constante, a diferencia de la red Industrial, presenta su velocidad de 9200 bps en un lapso de tiempo de 92 segundos en la transmisión del paquete de 64 bytes presentando variaciones en su transmisión, por lo cual se ha establecido valores calificativos, presentando la red Ethernet una alta velocidad otorgándole el valor de 4, en cambio la red industrial presenta una velocidad media asignándole el valor de 3, como se ilustra en la Figura N° V.95

Pérdida de Información

En la Tabla N° V.18, se muestra el análisis comparativo de la pérdida de información entre la red industrial y la red Ethernet, tomando la cantidad de paquetes perdidos

Tipo de Red	Tamaño Paq. Enviados	Tamaño Paq. Recibidos	Cant. de bytes perdidos	Escala
Red Ethernet	251	251	0	4
Red Industrial	64	54	10	2

Tabla N° V.18 Cuadro comparativo de la Pérdida de información entre redes

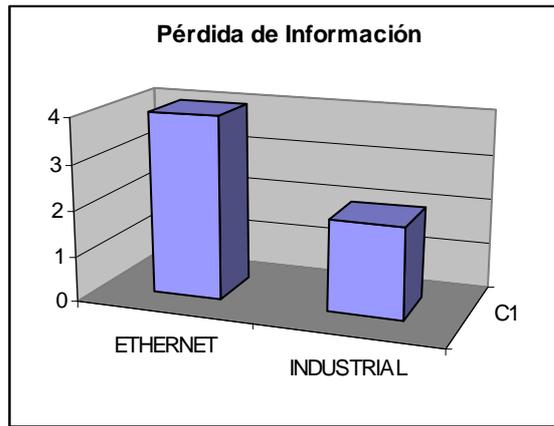


Figura N° V.96. Gráfico estadístico de la Pérdida de información entre redes

Análisis:

En base a los datos presentados en la tabla N° V.18, se presenta la comparación de la pérdida de información entre redes, en donde la red Ethernet no posee bytes perdidos en la transmisión ya que el tamaño del paquete enviado es igual al paquete recibido, a diferencia de la red industrial, presenta pérdida de 10 bytes en su transmisión porque el tamaño del paquete enviado es de 64 bytes y se recibe el mismo paquete de 54 bytes, por lo cual se ha establecido valores calificativos, presentando la red Ethernet una pérdida de información muy baja otorgándole el valor de 4, en cambio la red industrial presenta una pérdida de información mediana asignándole el valor de 2, como se ilustra en la Figura N° V.96.

Comparación Global de Variables

Con los datos obtenidos se realizó una tabla comparativa entre las variables de los dos tipos de redes como se presenta en la Tabla N° V.19, en la que se le incluyó dos parámetros de comparación como son los protocolos de capa 2 y los medios de transmisión que ayudarán a dar más soporte al análisis, tomando en consideración las escalas establecidas en la Tabla N° V.15, considerando la sumatoria ideal de 20.

PARAMETROS DE COMPARACION	R. INDUSTRIAL	R. ETHERNET
Confiabilidad	3	4
Velocidad	3	4
Pérdida de Información	2	4
Protocolos Capa 2	3	4
Medios de Transmisión	3	3
TOTAL	14	19

Tabla N° V.19. Tabla comparativa de los tipos de redes con sus variables

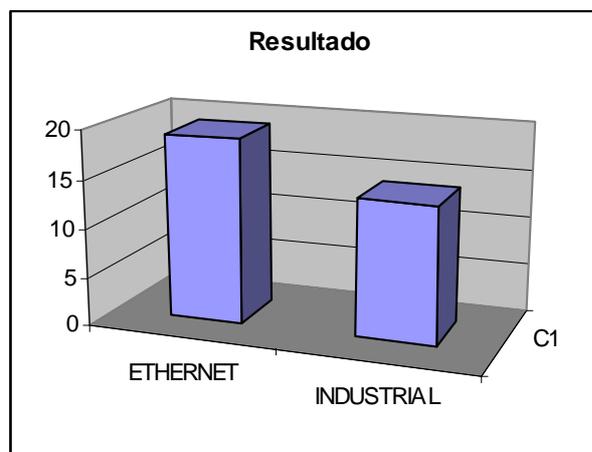


Figura N° V.97. Gráfico comparativo global de variables entre las redes

TIPO	R. ETHERNET	R. INDUSTRIAL
Total /20	14	19
Porcentaje / 100%	70%	95%

Tabla N° V.20. Tabla porcentual comparativa de los tipos de redes con sus variables

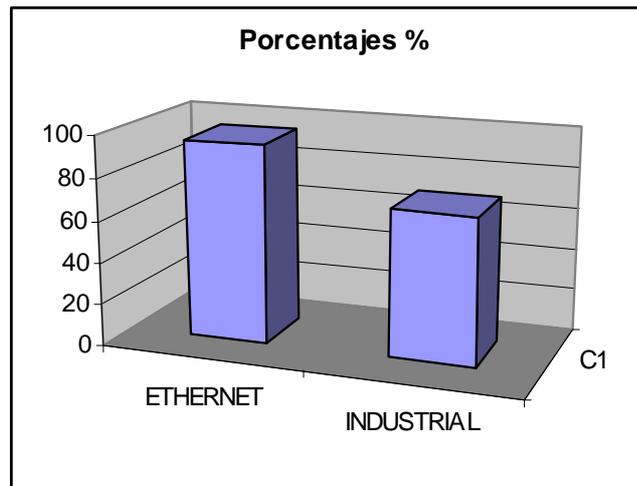


Figura N° V.98 Tipos de redes en valores porcentuales

Con los datos obtenidos en la Tabla N° V.19, se realizó el gráfico comparativo empleando 5 variables, llegando a analizar que la eficiencia a través de la confiabilidad, velocidad evitando de esta manera la pérdida de información, en la que la red Ethernet llegando a obtener 19 puntos, en cambio la red industrial presenta 14 puntos, datos que se encuentran representados en la Figura N° V.97, para lograr obtener una mejor visión se presenta una representación porcentual de estos resultados que se encuentran detallados en la Tabla N° V.20, obteniendo el 70% la red Industrial y el 95% la red Ethernet, comprobando la confiabilidad, y velocidad, evitando la pérdida de información de la red Ethernet, como se ilustra en la figura N° V.98, demostrando así la eficacia de transmisión utilizando pocos recursos.

CONCLUSIONES

1. El realizar un estudio de los procesos industriales a fin de conocer y entender su funcionamiento y manipulación, fue un asunto de peso al momento de elegir el camino de solución al problema planteado.
2. Es evidente la gran necesidad del monitoreo de procesos industriales, a fin de caminar al paso de las tecnologías actuales en el campo de Automatización Industrial.
3. El comparar minuciosamente dispositivos y herramientas que ayudan al monitoreo de procesos industriales, permitió elegir la más idónea para el desarrollo de nuestro sistema.
4. El estudio de las aplicaciones HMI/SCADA, y en especial del paquete LabVIEW, colaboró en gran manera el ahorro de tiempo y recursos en el desarrollo de la presente tesis.
5. Una vez más queda comprobado el alcance y utilidad que tiene el protocolo TCP/IP en el monitoreo de procesos industriales vía Internet.
6. El diseñar el Sistema de Monitoreo vía Internet SIMOINT V1.0 permitió en tiempo real supervisar y controlar el proceso industrial Brazo Transportador satisfactoriamente.

RECOMENDACIONES

1. Para el estudio de tecnologías sobre redes industriales se recomienda conocer los beneficios que cada una de ellas brinda para adaptarlos a nuestros propósitos ya que cada red proporciona sus ventajas y a la vez presentan sus desventajas, por lo cual se debe realizar un estudio previo de las distintas tecnologías y configuraciones que se realizan para conseguir a cabalidad nuestros requerimientos.
2. Para la realización del diseño de la red industrial con el PLC mediante la tecnología ETHERNET se debe tener en cuenta la configuración que se debe realizar en cada tipo de computadora como servidor o como cliente, lo que permita el control de la maquinaria industrial.
3. Tomar en consideración las características técnicas que cada tipo de red industrial presenta, que facilitan la transmisión de información y la velocidad sin que exista pérdida de la misma, como es el caso de la red Ethernet, que su gran ventaja es la confiabilidad y seguridad para la transmisión de información como se está demostrando en esta tesis.
4. Efectuar un estudio previo en cuanto a la disponibilidad y costo de los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto de tesis pues esto podría reportar inconvenientes al momento de efectuar la parte práctica del objeto de investigación.

RESUMEN

El objetivo es implementar un sistema que permita monitorear el proceso industrial del hardware Brazo Transportador vía Internet, que forma parte del Laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Se aplicó método deductivo y metodología Orientada a Objetos de Larman, utilizando como hardware la estación Brazo Transportador Festo, un controlador lógico programable y un computador servidor conectados a intranet. Para la programación e interfaces gráficas se manejó software TwidoSuite 2.2 y LabView 7.1 respectivamente.

Fue programado el PLC en lenguaje Ladder para ejecutar etapas y transiciones de estación, y cada sensor de la misma se lo conectó al PLC mediante cable de cobre. Paralelamente se desarrolló: software de monitoreo SIMOINT V1.0 en LabView y, en su interfaz gráfica se representó cada etapa mediante leds y botones de control iniciar y parar. Se instaló la infraestructura de red con un switch 100/10 BaseT, cable de red directo UTP, conectando a la misma, el equipo servidor, los equipos clientes y el PLC mediante su puerto de red Rj45. Interactúa SIMOINT V1.0 con el Brazo Transportador mediante protocolo Modbus y, finalmente se sube la aplicación al Servidor Web LabView, para libre acceso de clientes. Puesto en marcha el sistema, se midió el tiempo de respuesta al iniciar y parar el proceso, tomando 0.5 segundos en ejecutar la acción, dando un 95 % de confiabilidad, con un margen de error de 0.05. Comprobándose que es posible monitorear, en tiempo real, un proceso industrial vía Internet a alta velocidad.

Se recomienda verificar la comunicación cada vez que se vaya a utilizar la red, así como también energizar polarizadamente los equipos.

SUMMARY

The objective is to implement a system which enables to monitor the industrial process of the hardware conveyor arm through internet, which takes part of the Systems Engineering School Automation laboratory at Escuela Superior Politecnica of Chimborazo.

Deductive method and Methodology aimed at Larman Objects was applied, using as hardware the Festo Conveyor arm station, a logical programmable controller and a computer server is connected to Intranet. For programming and graphical interfaces, Twido software 2.2 and LabView were managed respectively.

The PLC in Ladder language was programmed to perform stages and transitions of the station, and each sensor of this one was connected to the PLC through cooper cable. At the same time SIMOINT V1.0 monitor software was developed in LabView and, in its graphical interface was performed each stage through leds and control button to start or to stop. The net infrastructure was installed with a switch 100/10 BaseT, red cable direct to UTP, connecting to the same one, the server equipment, the customer equipment and the PLC through network port R, SIMOINT V1.0 interacts with the Conveyor arm through Modbus protocol and, finally the application is set up, the time is taken to respond to start and stop the process, taking 0.5 seconds in performing the action, given a 95 % of reliability with a margin of error of 0.05. Verifying that is possible to monitor in real-time, a industrial process through high speed internet.

GLOSARIO

AUTÓMATA

Controlador programable Twido. Existen dos tipos de controladores: compacto y modular.

AUTOMATIZACIÓN

Automatización es la tecnología que trata de la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción.

GRAF CET

Grafcet permite representar gráficamente y de forma estructurada el funcionamiento de una operación secuencial. Método analítico que divide cualquier sistema de control secuencial en una serie de pasos a los que se asocian acciones, transiciones y condiciones.

LENGUAJE LADDER

Programa escrito en lenguaje Ladder compuesto por una representación gráfica de instrucciones de un programa de controlador con símbolos para contactos, bobinas y bloques en una serie de escalones ejecutados de forma secuencial por un controlador.

MODBUS

Protocolo de comunicación industrial. Este protocolo permite tanto el intercambio de datos entre el PLC y la estación de supervisión, como la programación y cambio de parámetros del PLC.

PLC

Son dispositivos electrónicos creados específicamente para el control de procesos secuenciales, con el fin de lograr que una máquina o cualquier otro dispositivo funcionen de forma automática. Puesto que están pensados para aplicaciones de control industrial, su diseño les confiere una especial robustez.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

ALCIATORE, DAVID y HISTAND MICHAEL B. Introducción a la Mecatrónica y a los Sistemas de Medición. 3a ed. California: Mcgraw-Hill, 2009.

CASTRO GIL, ALONSO y DÍAZ, FERNANDO. Comunicaciones Industriales: sistemas distribuidos y aplicaciones. Madrid: Paraninfo, 2009.

PIEDRAFITA MORENO, RAMÓN. Ingeniería de la Automatización Industrial. 2a. ed. México D.F.: Ra-ma, 2009.

PRESSMAN, ROGER S. Ingeniería del Software. 6a. ed. Barcelona: Mcgraw-Hill, 2009.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

[http://www.isa.uniovi.es/~felipe/files/infindII/documentos/Pres%20Genia%20IEC%](http://www.isa.uniovi.es/~felipe/files/infindII/documentos/Pres%20Genia%20IEC%201131-123.pdf)

[201131-123.pdf](http://www.isa.uniovi.es/~felipe/files/infindII/documentos/Pres%20Genia%20IEC%201131-123.pdf)

2009-11-21

[http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/iec1131-](http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/iec1131-3%20espa%F1ol.pdf)

[3%20espa%F1ol.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/iec1131-3%20espa%F1ol.pdf)

2009-12-23

EQUIPOS MACATRÓNICOS

[http://www.festo-didactic.com/int-es/product-search/?search=GSM.](http://www.festo-didactic.com/int-es/product-search/?search=GSM)

200805

<http://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/mps-200/mps-203-it-mantenimiento-y-diagnosis-remotos-con-paquete-de-visualizacion-y-mechatronics-assistant.htm>

200805.

[http://www.wago.com/wagoweb/documentation/app_note/a1119.pdf.](http://www.wago.com/wagoweb/documentation/app_note/a1119.pdf)

200805

http://www.automation.siemens.com/tia/index_00.htm

200805.

http://www.automation.siemens.com/download/internet/cache/3/1378398/pub/es/k_schrift_es-0406.pdf

200805

PROTOCOLO MODBUS.

<http://www.automatas.org>

2009-12-12

<http://www.cea-ifac.es>

2009-12-12

<http://www.modbus.org>

2009-12-22

<http://www.applicom-int.com>

2009-12-22

[http:// www.applicom-int.com](http://www.applicom-int.com)

2009-12-28

REDES INDUSTRIALES

<http://www.textoscientificos.com/redes/ethernet>

200806

<http://tec.upc.es/ie/practi/Sistemas.pdf>

200807

<http://www.profibus.com/metanavigation/weiche/pb/pb.html>

200807