



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL
MONITOREO DE MÁQUINAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
TRASLÚCIDO PARA "TECHOLUZ" DE TUBASEC C.A."**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por

MAGALY ELIZABETH OLIVO SILVA

JOSÉ LUIS CORTÉS LLANGANATE

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

A nuestros Maestros Ing. Jorge Paucar e Ing.
Lennyn Aguirre, quienes con humildad y
vocación han sabido guiarnos en la realización
de éste proyecto compartiendo sus valiosos
conocimientos.

Al Ing. Moisés Fierro, Sr. Gustavo Cajas y
colaboradores de la Empresa TUBASEC C.A.,
en el departamento de Construcción y
Maquinaria, por brindarnos el espacio para
desarrollar el proyecto y su aporte efectivo para
la culminación del mismo.

Mi gratitud infinita la expreso hacia Dios por su
inmensa bondad al permitirme recorrer este
arduo trayecto de la carrera universitaria de su
mano y poner estratégicamente a tantas
personas en mi vida, las que están y quienes
han partido; como inspiración, ejemplo, apoyo y
alegría; a mis amistades y familia, en especial a
mi mami, Norma, por ser la impulsadora de ésta
lucha constante y procurar siempre nuestro
bienestar, a mi papi, Medardo, por su ejemplo y
a mis ñaños, Mayra y Fabián, por su paciencia,
nobleza e inteligencia que sólo me comprometen
a ser mejor hermana, hija y amiga cada día.

Magaly

A mis padres, Hernán y Mariana, pilar fundamental para alcanzar este objetivo tan importante, brindándome siempre amor, consejos, enseñanzas; comprensión en momentos difíciles, confianza e impulsarme cada día hacia la superación. A mi hermano Lenin, por ser la fuerza, motivación, y ejemplo a seguir. A mi familia y amigos que de una u otra forma han contribuido para cumplir ésta meta.

José Luis

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Paúl Romero DIR.ESC.ING.ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Jorge Paucar DIRECTOR DE TESIS
Ing. Lennyn Aguirre MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Lcdo. Carlos Rodríguez DIRECTOR DPTO. DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LATESIS	

“Nosotros, **Magaly Elizabeth Olivo Silva** y **José Luis Cortés Llanganate** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....

Magaly Elizabeth Olivo Silva

.....

José Luis Cortés Llanganate

AUTORES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AS-I	Actuator Sensor Interface
CAN	Control Area Network
COM	Component Object model
DCOM	Distributed COM
DSC	Dataloggin and Supervisory Control
ED	Entradas Digitales
E/S	Entradas/Salidas
FPGA	Field Programmable Gate Array
HMI	Human-Machine Interface
IED	Intelligent Electronic Device
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
IP	Internet Protocol
ISA	International Standards Association
LAN	Local Area Network
LLC	Logic Link Control
mA	miliAmperes
MAC	Media Access Control
MTU	Master Terminal Unit
NI	National Instruments
OLE	Object Link Embedded
OPC	Ole for Process Control
OSI	Open Systems Interconnection
PC	Personal Computer
PID	Proportional-Integral-Derivative controller

PLC	Programmable Logic Controller
PP	Polipropileno
PROFIBUS-DP	Decentralized Peripherals Profibus
PROFIBUS-FMS	Process Automation Profibus
PROFIBUS-PA	Fieldbus Message Specification Profibus
ROC	Rate of change
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory control and data acquisition
STP	Shielded Twisted Pair
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UHF	Ultra-High Frequency
UPS	Uninterruptible Power Supply
UTP	Unshielded Twisted Pair
VAC	Voltaje de corriente alterna
VDC	Voltaje de corriente continua
VHF	Very-High Frequency
VI	Virtual Instrument
WAN	Wide Area Network

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1.	GENERALIDADES	18
1.1.	ANTECEDENTES.....	18
1.2.	JUSTIFICACIÓN.....	20
1.3.	OBJETIVOS	21
1.3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	21
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1.4.	HIPÓTESIS.....	22

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	23
2.1.	INFORMACIÓN GENERAL	23
2.2.	SISTEMAS SCADA	24
2.2.1.	<i>Evolución histórica de los Sistemas SCADA</i>	24
2.2.2.	<i>Definición</i>	26
2.2.3.	<i>Objetivos</i>	28
2.2.4.	<i>Funciones principales</i>	29
2.2.5.	<i>Componentes de un sistema SCADA</i>	31
2.2.5.1.	Interfaz Operador – Máquina.....	31
2.2.5.2.	Unidad Central (MTU).....	33
2.2.5.3.	Unidad Remota (RTU).....	34
2.2.5.4.	Sistema de comunicaciones	37
2.2.5.5.	Transductores.....	38
2.2.5.6.	Software	42
2.2.5.6.1.	Alarmas y eventos.....	44
2.2.5.6.2.	Presentación de archivos históricos.....	46
2.3.	REDES INDUSTRIALES	47
2.3.1.	<i>Ventajas y beneficios de las redes industriales</i>	48
2.3.2.	<i>Topologías de redes</i>	49
2.3.3.	<i>Niveles de jerarquía en una Red Industrial</i>	49
2.3.4.	<i>Clasificación de las Redes</i>	50
2.3.4.1.	Tipo de Dato	50
2.3.4.2.	Tipo de equipo conectado	51
2.3.5.	<i>Tipos de redes industriales</i>	52
2.3.5.1.	ETHERNET.....	52
2.3.5.2.	FIELDBUS	53
2.3.5.3.	PROFIBUS.....	55
2.3.5.4.	CAN (Control Area Network).....	55
2.3.5.5.	DEVICE-NET	56
2.3.6.	<i>Protocolos de Buses de Campo</i>	57
2.3.6.1.	PROTOCOLO MODBUS.....	57
2.3.6.2.	PROTOCOLO BITBUS.....	58
2.3.6.3.	PROTOCOLO PROFIBUS.....	59
2.3.6.4.	ESTÁNDAR ASI.....	60
2.4.	OPC	60
2.4.1.	<i>Evolución histórica de los OPC</i>	60
2.4.2.	<i>Definición</i>	62
2.4.3.	<i>La idea básica</i>	64
2.4.5.	<i>Cliente y Servidor OPC</i>	66
2.4.5.1.	OPC Client.....	67
2.4.5.2.	OPC Server	67
2.5.	LABVIEW.....	67
2.5.1.	<i>Generalidades de LabView</i>	67
2.5.2.	<i>Programación</i>	69

2.5.2.1.	Administración de Datos.....	70
2.5.2.2.	Visualización de Datos	72
2.5.2.3.	Administración de Alarmas y Eventos	72
2.5.2.4.	Integración.....	73
2.6.	POLIPROPILENO	74
2.6.1.	<i>Definición</i>	74

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	77
3.1.	DETERMINACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS Y COMPONENTES DEL SISTEMA.....	77
3.2.	ELEMENTOS Y COMPONENTES DEL SISTEMA	78
3.2.1.	<i>Elementos</i>	79
3.2.1.1.	Switch Industrial Siemens 6GK5005-0BA00-1AA3 SCALANCE X00	79
3.2.1.2.	Controlador Lógico Programable	81
3.2.1.3.	Fuente de alimentación Siemens, 24VDC, 5 A	83
3.2.1.4.	Módulos	85
3.2.1.4.1.	Módulo Ethernet	85
3.2.1.4.2.	Módulo de temperatura TM2ALM3LT	86
3.2.1.5.	Sensores de Temperatura Termocuplas tipo J	87
3.2.1.6.	Cable STP Categoría 5	89
3.2.2.	<i>Componentes</i>	91
3.2.2.1.	Software SCADA de Desarrollo Gráfico LabVIEW 2011	91
3.2.2.2.	Software TWIDO Suite Schneider Electric	92
3.2.2.3.	LabVIEW 2011 Dataloggin and Supervisory Control Module.....	93
3.2.2.4.	LabVIEW 2011 Report Generation Toolkit for Microsoft Office.....	94
3.2.3.	<i>Actuadores</i>	95
3.2.3.1.	Resistencias de calentamiento.....	95
3.2.4.	<i>Control de temperatura</i>	98
3.2.4.1.	Regulador ON-OFF	98
3.2.4.2.	Histéresis	99
3.2.4.3.	Control PID de temperatura.....	99
3.3.	DISEÑO DEL SISTEMA SCADA.....	101
3.3.1.	<i>Diseño Mecánico</i>	101
3.3.2.	<i>Diseño eléctrico</i>	105
3.3.3.	<i>Diseño de la red industrial</i>	107
3.3.3.1.	Diseño de hardware.....	107
3.3.3.2.	Diseño de software	108
3.4.	IMPLEMENTACIÓN	121
3.4.1.	<i>Red Industrial Ethernet</i>	121
3.4.1.1.	TWIDO SUITE	121
3.4.1.2.	OPC.....	123
3.4.1.2.1.	<i>Configuración de dispositivos</i>	123
3.4.1.2.2.	<i>Direccionamiento de memorias</i>	127
3.4.1.3.	SCADA	131
3.4.1.3.1.	<i>Sistema de monitoreo y control</i>	131
3.4.1.3.1.1.	Interfaz Hombre Máquina (HMI).....	131
3.4.1.3.1.2.	Implementación del control y monitoreo.....	134
3.4.1.3.1.3.	SubVI de histéresis.....	135
3.4.1.3.1.4.	Programa principal	137
3.4.1.3.1.5.	Control y monitoreo	137
3.4.1.3.1.6.	Almacenamiento de históricos	141
3.4.1.3.1.7.	SubVI de PATH	142
3.4.1.3.1.8.	SubVI promedio.....	143
3.4.1.3.1.9.	Presentación de datos	145
3.4.1.3.1.10.	Usuarios.....	146
3.4.2.	<i>Diagrama de flujo</i>	151

CAPÍTULO IV

4.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	152
4.1.	DEFINICIÓN DEL ÁMBITO.....	152
4.2.	PRUEBAS MECÁNICAS	153
4.3.	PRUEBAS ELÉCTRICAS.....	153
4.4.	PRUEBAS DE SOFTWARE.....	154
4.5.	PRUEBAS DE CONTROL DE TEMPERATURAS.....	156
4.6.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	158
4.6.1.	<i>Tipo de investigación.....</i>	<i>158</i>
4.6.2.	<i>Métodos de estudio</i>	<i>159</i>
4.6.3.	<i>Técnicas e instrumentos de investigación.....</i>	<i>159</i>
4.6.4.	<i>Fuentes de información.....</i>	<i>160</i>
4.6.5.	<i>Unidad de análisis.....</i>	<i>160</i>
4.6.6.	<i>Población.....</i>	<i>160</i>
4.6.7.	<i>Muestra: tipo de cálculo.....</i>	<i>160</i>
4.6.8.	<i>Comprobación de hipótesis</i>	<i>161</i>
4.7.	RESULTADOS.....	167

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura II-1. Componentes del Sistema SCADA</i>	27
<i>Figura II-2. Ejemplo de una HMI de un sistema SCADA</i>	32
<i>Figura II-3. Esquema de los elementos de un sistema SCADA</i>	39
<i>Figura II-4. Esquema del conexionado para el MTU y el RTU</i>	39
<i>Figura II-5. Esquema de conexión de los elementos de un sistema SCADA.</i>	40
<i>Figura II-6. Esquema de las conexiones de la RTU</i>	41
<i>Figura II-7. Idea básica de sistema SCADA</i>	41
<i>Figura II-8. Driver o controlador</i>	43
<i>Figura II-9. Ejemplo de alarmas en InTouch</i>	45
<i>Figura II-10. Jerarquía de las redes industriales</i>	51
<i>Figura II-11. Logotipo de la OPC Foundation</i>	62
<i>Figura II-12. Estructura básica de un sistema basado en OPC</i>	63
<i>Figura II-13. Logotipo de compatibilidad OPC</i>	64
<i>Figura II-14. Ejemplo de comunicaciones propietarias</i>	64
<i>Figura II-15. Ejemplo de comunicaciones OPC</i>	65
<i>Figura II-16. Estructura Cliente-Servidor OPC</i>	67
<i>Figura II-17. Panel de bloques de LabView</i>	71
<i>Figura II-18. Panel frontal de LabView</i>	71
<i>Figura II-19. Icono</i>	71
<i>Figura II-20. Diagrama de un Sistema Distribuido</i>	71
<i>Figura II-21. Asistente HMI</i>	73
<i>Figura II-22. Polipropileno blanco</i>	74
<i>Figura III-23. SCALANCE X005 Switch Industrial</i>	79
<i>Figura III-24. TWDLCAA40DRF</i>	81
<i>Figura III-25. TWDCAE40DRF</i>	82
<i>Figura III-26. SITOP modular 5A.</i>	84
<i>Figura III-27. Módulo 499TD01100 TwidoPort</i>	85
<i>Figura III-28. Conexión de termocupla en módulo análogo</i>	86
<i>Figura III-29. TM2ALM3LT Módulo análogo</i>	87
<i>Figura III-30. Termocupla tipo J</i>	88
<i>Figura III-31. Rango de temperaturas para distintas termocuplas</i>	88
<i>Figura III-32. Cable STP</i>	90
<i>Figura III-33. Normas de cableado</i>	90
<i>Figura III-34. Pantalla de presentación de LabView 2011</i>	91
<i>Figura III-35. Pantalla principal LabView 2011</i>	92
<i>Figura III-36. Pantalla inicial de Twido Suite</i>	93
<i>Figura III-37. Pantalla principal de Twido Suite</i>	93
<i>Figura III-38. Dataloggin and Supervisory Control</i>	94
<i>Figura III-39. Report Generation Toolkit</i>	95
<i>Figura III-40. Resistencia tipo abrazadera</i>	97
<i>Figura III-41. Resistencia tipo placa</i>	97
<i>Figura III-42. Resistencias tubulares</i>	98
<i>Figura III-43. Etapa de histéresis</i>	99
<i>Figura III-44. Control PID</i>	100
<i>Figura III-45. Máquina de fabricación Techoluz</i>	101
<i>Figura III-46. Termocupla ubicada en el cañón</i>	102
<i>Figura III-47. Rejilla</i>	103
<i>Figura III-48. Labio laminador dispuesto de termocuplas en la parte superior</i>	104
<i>Figura III-49. Vistas de ingreso y salida de material de la calandra</i>	104
<i>Figura III-50. Entrada al horno de termo formado</i>	105
<i>Figura III-51. Tren de termoformado</i>	105

Figura III-52. Tablero eléctrico máquina 2	106
Figura III-53. Tablero eléctrico de control máquina 1.	106
Figura III-54. Tablero eléctrico de control máquina 2	107
Figura III-55. Caja de protección del switch industrial	107
Figura III-56. Botoneras máquina 1 y máquina 2	108
Figura III-57. PLC en entorno Twido Suite	109
Figura III-58. Definición de objetos	109
Figura III-59. Configuración IP en módulo Ethernet	110
Figura III-60. Configuración puerto RS-485 con Modbus	110
Figura III-61. Red 1 del puerto RS-485 al módulo Ethernet	110
Figura III-62. Módulo de temperatura	111
Figura III-63. PLC correspondiente a la máquina 2	111
Figura III-64. Configuración IP en PLC de máquina 2	112
Figura III-65. Configuración de comunicaciones	113
Figura III-66. Selección de dirección	113
Figura III-67. Programa en Twido Suite	113
Figura III-68. Selección NI OPC Servers	114
Figura III-69. Configuración del canal	114
Figura III-70. Configuración de una tag	116
Figura III-71. Etiquetas	117
Figura III-72. Vista de tags en NI OPC Servers	117
Figura III-73. Simulación Quick Client	118
Figura III-74. Pruebas con OPC Quick Client	119
Figura III-75. Ventana de ingreso a LabView	119
Figura III-76. Configuración propiedades de controles	120
Figura III-77. Ubicación de las tags	120
Figura III-78. Paneles frontal y de bloques del ejemplo	121
Figura III-79. Adquisición de temperaturas	121
Figura III-80. Programación de límite sup e inf de temperaturas por resistencia.	122
Figura III-81. Activación de las salidas	122
Figura III-82. Condiciones Enables	123
Figura III-83. Activación de los relés	123
Figura III-84. Propiedades del canal	124
Figura III-85. Configuración de dispositivos	125
Figura III-86. Selección Modbus	125
Figura III-87. Configuración de la dirección IP del PLC TWDLCAA40DRF	126
Figura III-88. Propiedades de la configuración del PLC TWDLCAE40DRF	127
Figura III-89. Propiedades de la configuración del PLC TWDLCAA40DRF	127
Figura III-90. Configuración de las tags	128
Figura III-91. Configuración de las tags	129
Figura III-92. Tags declarados de la máquina 1	130
Figura III-93. Pantalla principal del HMI	132
Figura III-94. Bloque de control de grupo de temperaturas	133
Figura III-95. Icono de SubVI de histéresis	135
Figura III-96. Programación del SubVI de histéresis	136
Figura III-97. Composición del VI principal	137
Figura III-98. Programación del control de la variable del proceso	138
Figura III-99. Vinculación de las variables de LabVIEW con OPC Server	138
Figura III-100. Configuración de Data Binding	139
Figura III-101. Selección de la variable dentro del OPC server.	139
Figura III-102. Estructura general de control de temperaturas	140
Figura III-103. Entradas y salidas del SubVI Path	142
Figura III-104. Programación SubVI Path	143
Figura III-105. Icono SubVI Promedio	143
Figura III-106. Programación SubVI promedio	144

<i>Figura III-107. Programación de históricos de máquina 2</i>	145
<i>Figura III-108. Presentación de datos</i>	146
<i>Figura III-109. Domain Account Manager</i>	147
<i>Figura III-110. Propiedades de dominio</i>	147
<i>Figura III-111. Domain Account Manager, crear usuario.</i>	148
<i>Figura III-112. Propiedades del usuario</i>	148
<i>Figura III-113. Propiedades de seguridad del Set Point.</i>	149
<i>Figura III-114. Programación para iniciar sesión</i>	150
<i>Figura III-115. Ventana de inicio de sesión</i>	150
<i>Figura III-116. Diagrama de flujo del proceso</i>	151
<i>Figura IV-117. Pantalla del Sistema con temperaturas estables</i>	155
<i>Figura IV-118. Presentación de históricos</i>	156
<i>Figura IV-119. Presentación de temperaturas instantáneas de toda la máquina</i>	157

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla III-I. Características Switch Industrial Siemens</i>	80
<i>Tabla III-II. TWDLCAA40DRF</i>	82
<i>Tabla III-III. TWDLCAE40DRF</i>	83
<i>Tabla III-IV. SITOP modular 5A</i>	84
<i>Tabla III-V. Módulo 499TD01100 TwidoPort</i>	86
<i>Tabla III-VI. Características Módulo de temperatura</i>	87
<i>Tabla III-VII. Tipos de datos OPC</i>	130
<i>Tabla IV-VIII. Prueba t de Student</i>	166
<i>Tabla IV-IX. Cálculo de Varianzas</i>	166

ÍNDICE DE GRÁFICOS

*Gráfico IV-1. Comparación de la estabilidad de los dos sistemas*_____ 165

INTRODUCCIÓN

La implementación de un sistema SCADA para el monitoreo de máquinas del proceso de producción de traslúcido para "TECHOLUZ" de TUBASEC C.A., tiene el afán de concentrar en una sola estación de trabajo la información de los procesos que se llevan a cabo en ellas.

La necesidad de las autoridades de Techoluz ha sido la de contar con un sistema que brinde confiabilidad para el desarrollo del proceso de producción, encargando a él una de las variables más críticas en el manejo y tratamiento del polipropileno como lo es la temperatura que cumple un papel importante sea en la extrusión, inyección y termo formado, haciendo uso de las nuevas tecnologías y adaptando la infraestructura vigente con que cuenta las máquinas a una arquitectura compatible que se integra con una interfaz hombre-máquina para el fin antes mencionado.

El sistema SCADA cumple las expectativas en su propósito de monitorear las temperaturas de las máquinas, proporcionando información en la que los usuarios fundamenten sus operaciones pero también trasciende a la parte de control logrando mantener las temperaturas en valores dentro de un rango de ± 3 °C e incluso menores, donde el usuario decide el modo de operación del sistema convirtiéndose en una herramienta amigable y fácil de manejar dotada incluso de la funcionalidad de generación de históricos de las temperaturas presentes en las máquinas, muy útiles para registros de control de calidad y exigencias de su mercado.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

"TECHOLUZ" es una empresa líder en el ramo de producción de techo traslúcido con una constante y exigente demanda. Sus ejecutivos con una visión de desarrollo y crecimiento sostenido han establecido políticas de vinculación de su empresa con la ESPOCH específicamente con la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales para la innovación tecnológica que conlleve a mejorar sus procesos y responder con calidad a su mercado. Es así que la Planta "TECHOLUZ" es una empresa filial a la de TUBASEC C.A. empresa que se ha constituido en ícono del sector industrial de Riobamba, y mantiene en el mercado el famoso techo traslúcido en varias formas y colores.

Los procesos de la producción del traslúcido están controlados de forma manual en su totalidad implicando la presencia del operador humano

estrictamente para llevarse a cabo el funcionamiento de la maquinaria siendo necesaria la permanencia del personal las 24 horas del día en planta para asegurar y optimizar la producción.

La empresa en su afán de actualizarse y trabajar acorde a las últimas tecnologías hace onerosos esfuerzos en la automatización de sus procesos de producción que optimicen la obtención del producto final, ahorrando recursos humanos y económicos en función al tiempo y bajo las normas de calidad preestablecidas y con ello lograr el cumplimiento de sus metas anuales.

Actualmente el control de los actuadores y sensores de una de las máquinas se los ha concentrado en un PLC¹ como una primera etapa de automatización, sin embargo la planta cuenta con tres máquinas más que requieren ser automatizadas.

La falta de estos procesos de automatización en la planta implica altos costos de producción por la utilización de personal destinado a mantener de manera visual y manual los controles. La innovación que se propone a través de éste proyecto de tesis consiste en el control de la temperatura en las máquinas de producción de techo traslúcido debido a que la estabilidad del factor térmico es determinante para la calidad del producto final lo cual nos permite el sistema SCADA. La implementación de un sistema SCADA² tiene el afán de concentrar

¹ PLC: Controlador lógico programable

² SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

en una sola estación de trabajo la información y el control de los procesos que se llevan a cabo en las diferentes máquinas de laminación.

Con éste propósito se planteó el tema de tesis “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA EL MONITOREO DE MÁQUINAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TRASLÚCIDO PARA "TECHOLUZ" DE TUBASEC C.A.” que con criterio técnico fue aprobado por la Comisión de Planificación de la FIE y por el Comité Ejecutivo de la empresa TUBASEC C.A.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La implementación del sistema SCADA para el monitoreo de máquinas de la planta de TECHOLUZ tiene el afán de concentrar en una sola estación de trabajo la información de los procesos que se llevan a cabo en las diferentes máquinas de producción del techo traslúcido. El líder de la planta tendrá a su alcance una herramienta eficaz para la toma de decisiones técnicas y gerenciales que conlleven a la eficiencia de los procesos de producción.

Con éste propósito en la actualidad, los sistemas SCADA reemplazan muchas instalaciones que en tiempos pasados estaban dedicadas al control o monitoreo de un sólo proceso o una sola maquinaria. Es la bondad de ésta tecnología lo que nos permite tener plantas altamente integradas y los procesos concentrados, así los operadores y los sistemas supervisores cuentan cada vez con más información para la toma de decisiones. Lo cual técnicamente hace pertinente la implementación de éste proyecto de innovación en la planta Techoluz.

La viabilidad técnica del proyecto se sustenta en su factibilidad económica, que se expresa en la optimización y mejor aprovechamiento del recurso humano, ahorro energético, reducción de tiempo en los procesos de producción que a su vez da lugar a incrementos de producción y la versatilidad del sistema al estar concentrado en una sola estación evitándose la necesidad de tener una computadora por máquina para el mismo efecto lo que implica el ahorro en recursos tecnológicos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Diseñar e implementar un sistema SCADA para el monitoreo de máquinas del proceso de producción de traslúcido para "TECHOLUZ" de TUBASEC C.A."

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar la topología de red necesaria para suplir los requerimientos de transmisión de la información.
- ✓ Elegir los dispositivos y equipos idóneos para la implementación de la red a fin de asegurar la correcta y eficaz transmisión de los datos obtenidos en el proceso.
- ✓ Diseñar una interfaz hombre- máquina (HMI) para el control y monitoreo del proceso de producción de láminas translucidas de las máquinas de TECHOLUZ

- ✓ Establecer privilegios de monitoreo de manera jerárquica para los usuarios del interfaz humano-máquina en función del grado de responsabilidad dentro de la planta.
- ✓ Almacenar en registros las novedades en el comportamiento de las temperaturas a fin de ofrecer información para futura toma de decisiones y controles.

1.4. HIPÓTESIS

La implementación del sistema SCADA para el proceso de producción de láminas de traslúcido en la planta "TECHOLUZ" de TUBASEC C.A., mantiene controlada la temperatura de las resistencias de calentamiento en un rango de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ de la temperatura programada.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. INFORMACIÓN GENERAL

TUBASEC C.A., es una empresa ecuatoriana española conformada según las disposiciones legales vigentes en cuanto a capital social desde hace tres décadas ingresa a competir con sus productos en el ámbito nacional y a lo largo del tiempo ha ido creciendo obteniendo el Certificado de Conformidad del Sistema de gestión de la calidad según los requisitos establecidos en la Norma ISO 9001: 2000 e INEN-ISO 9001:2000, como el certificado de Sello de Calidad INEN a los productos Eurolit.

TUBASEC C.A. inició su actividad con su línea de tuberías, y después se prolongó y se adentró en la diversificación incorporándose en el mundo de las cubiertas.

Actualmente se encuentra posesionada como una de las mejores empresas en la fabricación de productos de fibro-cemento. El objetivo de la Tubasec C.A.

es conseguir "la excelencia" en la administración de los recursos y en la prestación del servicio.

Su primer paso lo hizo con los prestigiosos techos de fibrocemento marca Eurolit, reconocidos como los más fuertes y resistentes del mercado en ese sector. Eurolit puede decir en voz alta y con legítimo orgullo, que es la única marca existente en el mercado que tiene todos sus techos con la garantía y el respaldo total de cumplir con la norma INEN 1320 y por lo tanto, que todas sus planchas vendidas en el pasado y en el presente tienen la garantía real y total de tener una resistencia superior a los 4250 Néwtones por metro lineal.

Después de introducir en el mercado su línea Eurolit, TUBASEC C.A., amplió su gama de actividades con la fabricación de tejas de hormigón. Entre las marcas q desarrollaron están Ecuateja, Eurotank e Hipotank, Iberteja, Esmalteja y Techoluz que se complementan con la gama de tanques de fibrocemento, convirtiendo así a TUBASEC C.A. en el único fabricante en ofrecer la gama completa de tanques tanto, en fibrocemento como en polipropileno.

2.2. Sistemas SCADA

2.2.1. Evolución histórica de los Sistemas SCADA

Con el fin de comprender el funcionamiento y aplicación en la tecnología a través de los sistemas SCADA, se tiene que alrededor de los años sesenta la tendencia en automatización era la de que cada fabricante debía resolver sus

problemas de control por sí sólo. Los años setenta ven aparecer una nueva generación de autómatas de la mano de fabricantes de equipos eléctricos como Siemens, Squeare-d, o Allen-Bradley, implementando autómatas capaces de controlar grandes cantidades de entradas y salidas ideales para industrias tales como la automoción. No se trataba de entornos amigables por lo cual estos controles estaban diseñados para soportar las condiciones más severas y por tanto eran grandes, pesados y muy caros que luego con la evolución de la electrónica se redujeron componentes y ello permitió realizar una disminución progresiva de tamaño, peso y coste en todos los niveles industriales de control. La introducción de los micro PLC en los años ochenta permitió realizar controles modulares que se adaptaban a las necesidades del momento y venían provistos ahora de sistemas de programación genéricos (ladder o escalera) que les deparó un éxito inmediato en todo el ámbito industrial.

De alguna manera cada control de un sistema grande o pequeño, ha requerido tener información visual de su funcionamiento. A medida que los sistemas de control han evolucionado y se han hecho cada vez más complejos, ha aumentado también la complejidad de los elementos que proporcionan la información al usuario.

La aparición de la informática permitió realizar este tipo de control de manera más sencilla. Los grandes cuadros de controles empezaban a convertirse en monitores que podían mostrar la misma información.

Vista la necesidad, varios fabricantes desarrollaron entonces paquetes de software capaces de comunicarse con los sistemas de control existentes. Algunos de los más conocidos: SCS (Omron), WinCC (Siemens), InTouch (Wonderware), entre otros. Con la irrupción de Internet en el mundo de las comunicaciones industriales ahora es posible conectarse en un sistema de control situado en cualquier lugar del mundo gracias a la tecnología Web-Server: un ordenador dotado de un explorador y la dirección IP del sistema que queremos visualizar serían suficientes.

2.2.2. Definición

Damos el nombre de SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos*) al software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y que utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, permita el control del mismo.

No se trata de un sistema de control, sino de una utilidad software de monitorización o supervisión, que realiza la tarea de interfase entre los niveles de control (PLC) y los de gestión, a un nivel superior.

Esquemáticamente, un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes:

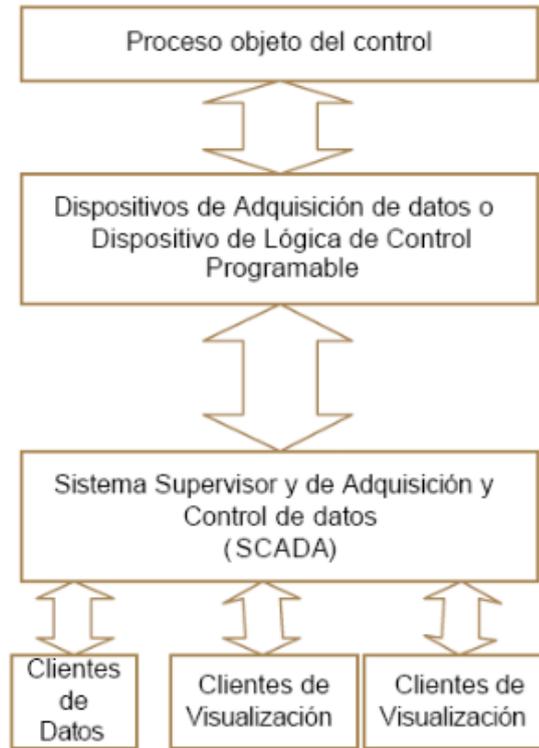


Figura II-1. Componentes del Sistema SCADA

Fuente: Corrales, Luis; 2007

1. *Proceso Objeto de control:* Es el proceso que se desea supervisar. En consecuencia, es el origen de los datos que se requiere coleccionar y distribuir.
2. *Adquisición de Datos:* Son un conjunto de instrumentos de medición dotados de alguna interfase de comunicación que permita su interconexión.
3. *SCADA:* Combinación de hardware y software que permita la colección y visualización de los datos proporcionados por los instrumentos.
4. *Clients:* Conjunto de aplicaciones que utilizan los datos obtenidos por el sistema SCADA.

El término **supervisión** según Corrales (1), que figura en la definición, significa que un operador humano es el que al final tiene la última decisión sobre las operaciones, generalmente críticas, de una planta industrial.

La topología de un sistema SCADA variará adecuándose a las características de cada aplicación.

2.2.3. Objetivos

Los sistemas SCADA se conciben principalmente como una herramienta de supervisión y mando. Entre los objetivos se destaca:

- ✓ *Economía:* es más fácil ver qué ocurre en la instalación desde la oficina que enviar a un operario a realizar la tarea.
- ✓ *Accesibilidad:* se puede controlar y modificar los parámetros de funcionamiento de los actuadores del proceso dando un clic encima de la mesa de trabajo, aún en procesos bastante peligrosos o situaciones agrestes.
- ✓ *Mantenimiento:* Se puede programar de manera que los datos muestren la aproximación de fechas de revisión o cuando la máquina tenga más fallos de los considerados normales.
- ✓ *Ergonomía:* es la ciencia que procura hacer que la relación entre el usuario y el proceso sea lo menos tirante posible, gracias a los ordenadores modernos y sus prestaciones se evita los grandes paneles, cantidades de cables, pilotos y demás, facilitando la asimilación de la información.
- ✓ *Gestión:* todos los datos recopilados pueden ser valorados de múltiples maneras mediante herramientas estadísticas, gráficas, valores tabulados y otros que permiten explotar el sistema con el mejor rendimiento posible.
- ✓ *Flexibilidad:* cualquier modificación de alguna de las características del sistema de visualización no significa un gasto en tiempo y

medios, pues no hay modificaciones físicas que requieran la instalación de un cableado o del contador.

- ✓ *Conectividad*: se buscan sistemas abiertos, es decir, sin secretos ni sorpresas para el integrador. La documentación de los protocolos de comunicación actuales permite la interconexión de sistemas de diferentes proveedores y evita la existencia de lagunas informativas que puedan causar fallos en el funcionamiento o en la seguridad.

Los sistemas SCADA orientados a lo anteriormente dicho, aparecen bajo uno de los nombres más habituales para definir ésta relación: **HMI**: Human Machine Interface, Interfase Humano-Máquina. El paquete SCADA, en su vertiente de herramienta de interfase hombre-máquina, comprende toda una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación lo más clara posible entre el proceso y el operador.

2.2.4. Funciones principales

Entre las prestaciones de una herramienta de este tipo según Mendiburu (4), destacan:

- ✓ *Supervisión remota de instalaciones y equipos*: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- ✓ *Control remoto de instalaciones y equipos*: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir

válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.

- ✓ *Procesamiento de datos:* El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada y dando como resultado una información confiable y veraz.
- ✓ *Visualización gráfica dinámica:* El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.
- ✓ *Generación de reportes:* El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- ✓ *Representación de señales de alarma:* A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- ✓ *Almacenamiento de información histórica:* Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
- ✓ *Programación de eventos:* Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

2.2.5. Componentes de un sistema SCADA

Para comprender los componentes de un sistema SCADA, de la recopilación de información se tiene que está conformado por:

2.2.5.1. Interfaz Operador – Máquina

Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Mendiburu (4) afirma que dicha interfaz permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

Una HMI puede ser tan simple como un interruptor para encender un motor y una lámpara indicadora del estado del mismo, hasta una o varias pantallas desarrolladas en una computadora que llegan a mostrar en la pantalla del monitor representaciones esquemáticas de todo el proceso bajo supervisión, incluyendo valores en tiempo real de las variables presentes en ese momento en la planta. Un ejemplo conocido de una HMI es el cajero automático que posibilita al usuario ejecutar una serie de transacciones bancarias.

Para manejar el sistema SCADA se recurre a un paquete de software especializado que funciona en la computadora central, por medio del cual se desarrolla una o varias “pantallas” que actúan como una interfaz gráfica entre el hombre y la máquina o el proceso. De esta forma es posible supervisar o cambiar puntos de consigna o reconfigurar dispositivos en el proceso supervisado por medio de acciones ingresadas por el operador en la

computadora. Además, estos paquetes tienen opciones que permiten proveer a un nivel superior administrativo información selecta que se genere en el proceso productivo.

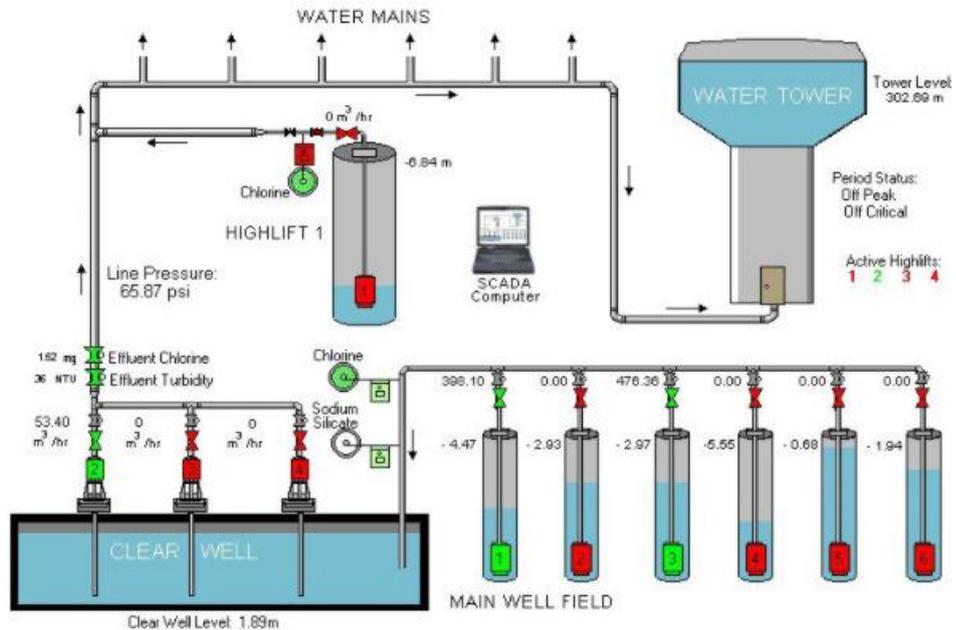


Figura II-2. Ejemplo de una HMI de un sistema SCADA
Fuente: Corrales, Luis; 2007

Algunos de estos paquetes de desarrollo incluyen muchas herramientas poderosas que permiten el desarrollo de HMIs de mucho potencial de procesamiento. Si bien en la actualidad los SCADA incluyen tecnologías de comunicación modernas, no empezaron así. A continuación se detalla su evolución.

Tipos de HMI:

Según Rodríguez (3), los tipos de HMI pueden ser:

- ✓ *Desarrollos a medida:* Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.

- ✓ *Paquetes enlatados HMI*: Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son FIX, WinCC, Wonderware, etc.

2.2.5.2. Unidad Central (MTU)

Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). De acuerdo a Mendiburu (4), también se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

En el Centro de Control se realiza, principalmente la tarea de recopilación y archivado de datos. Toda esta información que se genera en el proceso productivo se pone a disposición de los diversos usuarios que puedan requerirla. Se encarga de:

- ✓ Gestionar las comunicaciones.
- ✓ Recopilar los datos de todas las estaciones remotas (RTU)
- ✓ Envío de la información
- ✓ Comunicación con los Operadores
- ✓ Análisis
- ✓ Impresión
 - Visualización de datos
 - Mando

- Seguridad

Estas tareas están encomendadas a equipos informáticos con funciones específicas y exclusivas. Para Rodríguez (3), éstas comprenden:

- ✓ Almacenar Datos (Database Server): se ocupa del archivado de datos para el proceso posterior de los mismos mediante herramientas de representación gráfica y de análisis estadístico.
- ✓ Almacenar archivos (File Server): almacena los resultados de los análisis de los datos recogidos, guarda los datos concernientes a los eventos del sistema, datos de configuraciones, alarmas, etc.
- ✓ Administración: permite la gestión y el mantenimiento del sistema SCADA, controlar los sistemas de seguridad, modificar la configuración de las tareas de backup, etc.
- ✓ Comunicaciones: permite el intercambio de datos en tiempo real con estaciones remotas. Este es un punto de entrada y salida de datos, por tanto, debe prestarse especial atención a la seguridad y protegerlo de accesos no autorizados.

2.2.5.3. Unidad Remota (RTU)

Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central.

Puede entenderse como aquel conjunto de elementos dedicados a labores de control y/o supervisión de un sistema, alejados del Centro de Control y comunicados con éste mediante algún canal de comunicación.

Dentro de esta clasificación podemos encontrar varios elementos más o menos diferenciados.

- ✓ RTU (Remote Terminal Unit): especializados en comunicación.
- ✓ PLC (Programmable Logic Controller): tareas generales de control.
- ✓ IED (Intelligent Electronic Device): tareas específicas de control.

RTU

Las Unidades Remotas se encargaban en un principio de recopilar los datos de los elementos de campo (Autómatas reguladores) y transmitirlos hacia la Unidad Central, a la vez que enviar los comandos de control a estos. Serían los denominados Procesadores de Comunicaciones. Suelen estar basadas en ordenadores especiales que controlan directamente el proceso mediante tarjetas convertidoras adecuadas o que se comunican con los elementos de control (PLC, Reguladores) mediante los protocolos de comunicación adecuados. Su construcción es más robusta, son operativos dentro de un rango de temperaturas mayor que los ordenadores normales y su robustez eléctrica también es mayor (transitorios de red, variaciones de alimentación, interferencias electromagnéticas).

Con la introducción de sistemas inteligentes aparecen también las funciones de recogida y proceso de datos, así como de seguridad ante accesos sin autorización o situaciones anómalas que puedan perjudicar al funcionamiento de la estación y provocar daños en sus componentes.

El software de estos elementos suele estar elaborado en lenguajes de alto nivel (C, Visual Basic, Delphi) que permiten interpretar los comandos provenientes de ésta estación maestra.

PLC

Son los controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller), empezaron como sistemas de dedicación exclusiva al control de instalaciones, máquinas o procesos. Con el tiempo han ido evolucionando, incorporando cada vez más prestaciones en forma de módulos de ampliación, entre ellos los Procesadores de Comunicaciones, que han hecho desvanecerse la línea divisoria entre RTU y PLC quedando incluidas todas las prestaciones en el PLC.

A su vez los PLC pueden tener elementos distribuidos con los cuales se comunican a través de sistemas de comunicación llamados Buses de Campo.

IED

Son los denominados periféricos inteligentes (Intelligent Electronic Devices). Se trata de elementos con propiedades de decisión propias (programas) que se ocupan de tareas de control, regulación y comunicación. Dentro de ésta clasificación se pueden encontrar elementos tales como PLC, Reguladores, Variadores de Frecuencia, Registradores, Procesadores de comunicaciones, Generadores de tiempo y frecuencia, Controladores de energía reactiva, Transductores, etc.

2.2.5.4. Sistema de comunicaciones

Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Basándose en Mendiburu (4), lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

El intercambio de información entre servidores y clientes se basa en la relación de productor-consumidor. Los servidores de datos interrogan de manera cíclica a los elementos de campo (polling), recopilando los datos generados por registradores, autómatas, reguladores de proceso, etc.

Un servidor de datos puede gestionar varios protocolos de forma simultánea estando limitado por su capacidad física de soportar las interfaces de hardware (las popularmente conocidas tarjetas de comunicación). Estos permiten el intercambio de datos bidireccional entre la Unidad Central y las unidades remotas (RTU) mediante un protocolo de comunicaciones determinado y un sistema de transporte de la información para mantener el enlace entre los diferentes elementos de la red:

- ✓ Línea telefónica, dedicada o no
- ✓ Cable coaxial
- ✓ Fibra óptica
- ✓ Telefonía celular
- ✓ Radio (enlaces de radio VHF, UHF, Microondas).

2.2.5.5. Transductores

Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos.

Los transductores más comunes son los de nivel, temperatura, presencia, proximidad, flujo, presión, entre otros. Pueden ser de varios tipos:

- ✓ Sensores de contacto: Aquellos que realizan la medida en contacto directo, real y físico con el producto o materia. Ej. Sensores de boya para medir nivel en un tanque, termocupla para medir temperatura, etc.
- ✓ Sensores de no contacto: Se basan en propiedades físicas de los materiales, son más exactos, pero propensos a interferencias del medio ambiente. Ej. Sensores ultrasónicos, sensores ópticos, etc.
- ✓ Sensores digitales: Trabajan con señales digitales, en código binario, pueden representar la codificación de una señal analógica o también la representación de dos estados on/off. Ej. Sensores tipo switch.
- ✓ Sensores analógicos: Proporcionan medidas continuas, los rangos típicos son de 0 a 20mA, 0 a 5V, 1 a 5V, entre otros. Ej. Sensores capacitivos, sensores piezo resistivos, etc.
- ✓ Sensores mecánicos: Son aquellos que traducen la acción física del elemento medido, en un comportamiento mecánico, típicamente de movimiento y/o calor. Ej. Barómetro, termómetro de mercurio, etc.

- ✓ Sensores electro-mecánicos: Este tipo de sensor emplea un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico. Ej. Sensores resistivos, sensores magnéticos, etc.

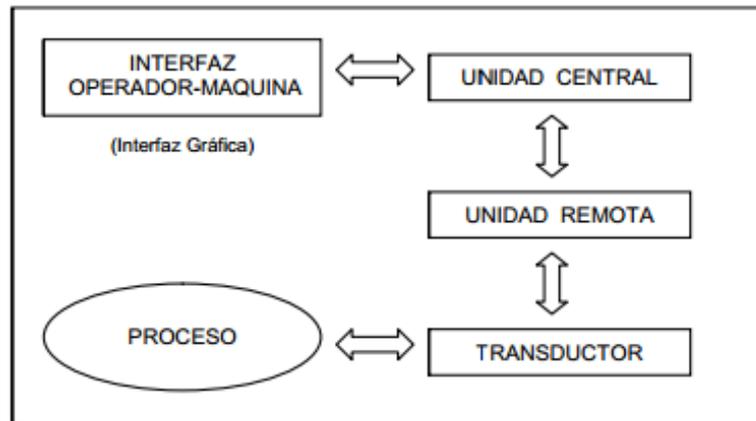


Figura II-3. Esquema de los elementos de un sistema SCADA
Fuente: Mendiburu Díaz, Henry; 2003

En la siguiente figura se observa un esquema referente a las conexiones del MTU y el operador y del RTU con los dispositivos de campo (sensores, actuadores).

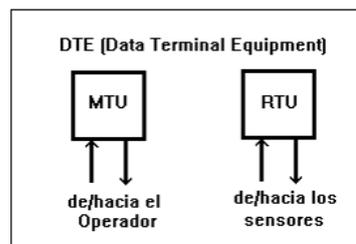


Figura II-4. Esquema del conexionado para el MTU y el RTU
Fuente: Mendiburu Díaz, Henry; 2003

La RTU es un sistema que cuenta con un microprocesador e interfaces de entrada y salida tanto analógicas como digitales que permiten tomar la información del proceso provista por los dispositivos de instrumentación y

control en una localidad remota y, utilizando técnicas de transmisión de datos, enviarla al sistema central.

Un sistema puede contener varios RTUs, siendo capaz de captar un mensaje direccionado hacia él, decodificando lo actuando, respondiendo si es necesario y esperar por un nuevo mensaje. La MTU, bajo un software de control, permite la adquisición de la data a través de todas las RTUs ubicadas remotamente y brinda la capacidad de ejecutar comandos de control remoto cuando es requerido por el operador. Normalmente el MTU cuenta con equipos auxiliares como impresoras y memorias de almacenamiento, las cuales son también parte del conjunto MTU.

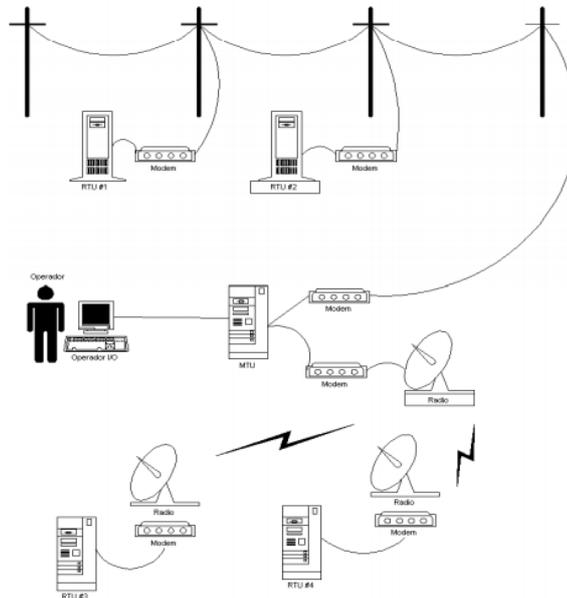


Figura II-5. Esquema de conexión de los elementos de un sistema SCADA.
Fuente: Mendiburu Díaz, Henry; 2003

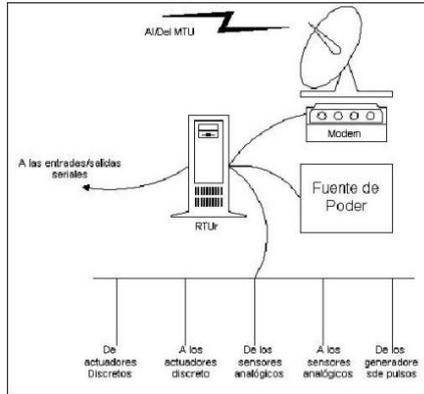


Figura II-6. Esquema de las conexiones de la RTU
Fuente: Mendiburu Díaz, Henry; 2003

En muchos casos el MTU debe enviar información a otros sistemas o computadoras. Estas conexiones pueden ser directas y dedicadas o en la forma de una red LAN.

La conexión entre el RTU y los dispositivos de Campo es muchas veces realizados vía conductor eléctrico. Usualmente, el RTU provee la potencia para los actuadores y sensores y algunas veces éstos vienen con un equipo de soporte ante falla en la alimentación de energía (UPS, uninterruptible power supply).

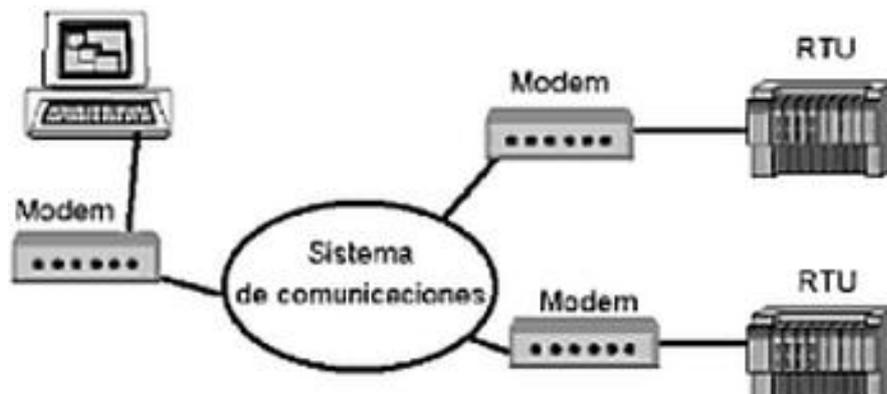


Figura II-7. Idea básica de sistema SCADA
Fuente: Rodríguez Penin, Aquilino; 2007

La data adquirida por la MTU se presenta a través de un interfaz gráfica en forma comprensible y utilizable, y más aún esta información puede ser impresa en un reporte.

La estructura funcional de un sistema de visualización y adquisición de datos, de acuerdo a Rodríguez (3), obedece generalmente a la estructura Maestro-Eslavo. La estación central (el maestro, o master) se comunica con el resto de estaciones (esclavos o slaves) requiriendo de éstas una serie de acciones o datos.

Período de escaneo

Uno de los aspectos importantes que debe ser considerado según Mendiburu (4), es el tiempo de escaneo de los RTUs por el MTU, que se define como el tiempo que demora el MTU en realizar una comunicación con cada uno y todos los RTUs del sistema. Uno de los factores que determina el tiempo de escaneo es el número de RTUs, en general a mayor número de RTUs, mayor es el tiempo de escaneo.

2.2.5.6. Software

Un programa del tipo HMI se ejecuta en un ordenador o Terminal gráfico y unos programas específicos le permiten comunicarse con los dispositivos de control de planta (hacia abajo) y los elementos de gestión (hacia arriba). Estos programas son los que denominamos controladores o driver de comunicaciones.

Una parte del paquete (propia o de terceros) contiene todos los controladores de comunicación entre nuestra aplicación y el exterior, ocupándose de gestionar los enlaces de comunicación, tratamiento de la información a transferir y protocolos de comunicación (Profibus, AS-I, CAN, Ethernet). Por lo general son programas de pago, debemos conseguir licencias de utilización para poder trabajar con ellos.

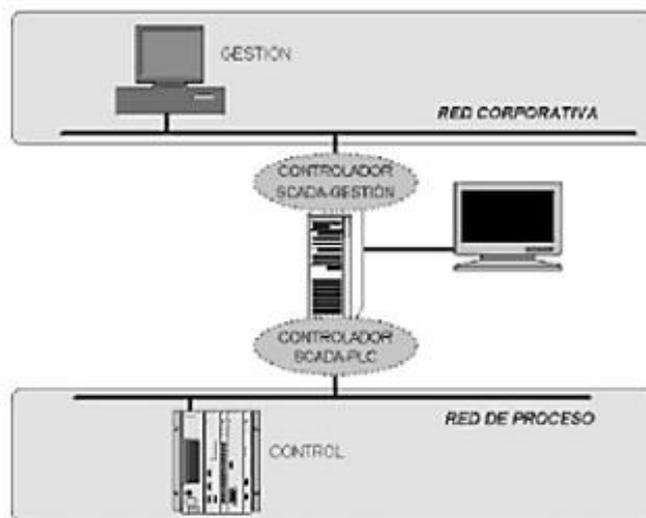


Figura II-8. Driver o controlador
Fuente: Rodríguez Penin, Aquilino; 2007

El driver realiza la función de traducción entre el lenguaje del programa SCADA y el del autómeta (hacia abajo, por ejemplo, Profibus), o entre el SCADA y la red de gestión de la empresa (hacia arriba con Ethernet, por ejemplo). Generalmente la configuración del controlador de comunicaciones se realiza durante la instalación del software principal o como programa de acceso externo al ejecutar la aplicación principal.

Según la importancia del sistema, es posible especializar componentes, realizando tareas exclusivas dentro del sistema de control (servidores de datos, de alarmas, de históricos, de interfase hombre-máquina, etc.). Una vez los datos de planta se han procesado, pueden transferirse a otras aplicaciones de software, tales como hojas de cálculo, bases de datos. Esto es lo que podríamos denominar *gestión de datos*, que nos permite analizar eventos, alarmas, emergencias, etc., ocurridos durante la producción.

En un programa SCADA, según Rodríguez (3), se tiene dos bloques bien diferenciados: el programa de Desarrollo y el programa de ejecución o *Run-time*.

- ✓ El programa de desarrollo engloba las utilidades relacionadas con la creación y edición de las diferentes ventanas de la aplicación, así como sus características (textos, dibujos, colores, propiedades de los objetos, programas, etc.).
- ✓ El programa *Run-time* permite ejecutar la aplicación creada con el programa de desarrollo (en Industria se entrega, como producto acabado, el Run-time y la aplicación).

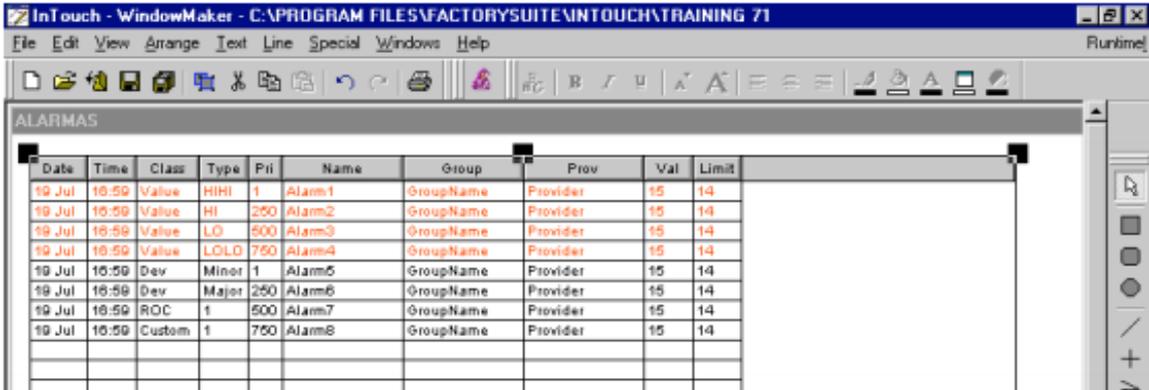
2.2.5.6.1. Alarmas y eventos

Las alarmas se basan en la vigilancia de los parámetros de las variables del sistema. Son los sucesos no deseables, porque su aparición puede dar lugar a problemas de funcionamiento. Este tipo de sucesos requiere la atención de un operario para su solución antes de que se llegue a una situación crítica que

detenga el proceso (nivel bajo de aceite en un equipo hidráulico) o para poder seguir trabajando (cargador de piezas vacío).

El resto de situaciones, llámense normales, tales como puesta en marcha, parao, cambios de consignas de funcionamiento, consultas de datos, etc., serán los denominados eventos del sistema o sucesos. Los eventos no requieren de la atención del operador del sistema, registran de forma automática todo lo que ocurre en el sistema. También será posible guardar estos datos para su consulta a posteriori.

Generalmente las variables de un sistema SCADA tienen asignados una serie de valores que definen su comportamiento dentro del sistema.



Date	Time	Class	Type	Pri	Name	Group	Prov	Val	Limit
19 Jul	16:59	Value	HIHI	1	Alarm1	GroupName	Provider	15	14
19 Jul	16:59	Value	HI	250	Alarm2	GroupName	Provider	15	14
19 Jul	16:59	Value	LO	500	Alarm3	GroupName	Provider	15	14
19 Jul	16:59	Value	LCLD	750	Alarm4	GroupName	Provider	15	14
19 Jul	16:59	Dev	Minor	1	Alarm5	GroupName	Provider	15	14
19 Jul	16:59	Dev	Major	250	Alarm6	GroupName	Provider	15	14
19 Jul	16:59	ROC	t	500	Alarm7	GroupName	Provider	15	14
19 Jul	16:59	Custom	t	750	Alarm8	GroupName	Provider	15	14

Figura II-9. Ejemplo de alarmas en InTouch
Fuente: Google, Imágenes

Así, una variable que represente un valor de temperatura, arrastrará, por definición, datos tales como:

- ✓ Temperatura.hihi (valor máximo)
- ✓ Temperatura.hi (valor alto, aviso)
- ✓ Temperatura.lo (valor bajo, aviso)

- ✓ Temperatura.lolo (valor mínimo)
- ✓ Temperatura.ROC (Rate of change, velocidad de cambio)

Las alarmas suelen estar centralizadas y clasificadas en grupos de alarmas para mejorar su gestión (reconocimientos de alarmas aisladas o de grupos de alarmas).

De la misma manera, se les puede asignar una prioridad, de modo que si aparecen varias de forma simultánea, las más importantes aparecerán primero. También será posible presentar alarmas de diferente origen (sistemas de alarmas distribuidas) en una misma pantalla.

La persona encargada del diseño del sistema de visualización, junto con los usuarios y los diseñadores de las máquinas a controlar, deberán decidir la categoría de cada alarma que se cree.

2.2.5.6.2. Presentación de archivos históricos

Es cada vez más común la tendencia a complementar las funcionalidades de adquisición, registro de datos y generación de alarmas con la capacidad de generar información capaz de ayudar en la toma de decisiones.

Por ejemplo, será interesante disponer de información referente a:

- ✓ Situación de la planta (estado, incidencia)
- ✓ Producción en tiempo real.

- ✓ Generación y registro de alarmas.
- ✓ Adquisición de datos para análisis históricos, control de calidad, cálculo de costes, mantenimiento preventivo.
- ✓ Gestión de almacén.
- ✓ Gestión de producción.
- ✓ Gestión de mantenimiento.

La interacción entre las áreas de gestión y producción, para Rodríguez (3), necesita de herramientas que permitan la generación automática de informes adaptados al entorno de gestión de la empresa (no sólo de ristra de interminables datos, sino de informes que ya presenten análisis y valoraciones sobre la información recibida).

Existen paquetes que ya disponen de éste tipo de herramientas incorporadas pero también podemos encontrar aplicaciones con funciones de consulta para extraer información y presentarla en formatos compatibles para otras aplicaciones más específicas, como MS Office de Microsoft.

2.3. REDES INDUSTRIALES

La automatización de las industrias ha generado un sustancial aumento de la producción y de la maquinaria instalada necesaria para lograr dicha producción, con el objetivo de desconcentrar geográficamente las funciones se fue separando y aislando procesos, creándose procesos individuales pero gobernados por una única central; bajo este entorno surgen las denominadas redes industriales, las cuales son redes de computadoras dentro de entornos

industriales, donde se busca un correcto aprovechamiento de los recursos tecnológicos, y una integración de los procesos remotos.

Para determinar cuál es el tipo de red de datos que ofrece mayores ventajas para una aplicación específica, es necesario realizar un estudio previo, se debe buscar que esta plataforma de red sea compatible con todos los equipos (o con la mayor parte de ellos).

Existen arquitecturas denominadas “propietario” donde un fabricante lanza productos compatibles solamente con su propia arquitectura de red, pero también existen otras arquitecturas denominadas “abiertas”, que permiten la utilización de equipos de cualquier fabricante. Además, estas redes de arquitectura abiertas poseen organizaciones de usuarios que ofrecen información y posibilitan el intercambio de experiencias con respecto a los diversos problemas de funcionamiento de una red.

2.3.1. Ventajas y beneficios de las redes industriales

Varias de estas ventajas, cita Mendiburu (4), a continuación:

- ✓ Permiten el trabajo de varios dispositivos a la vez, mediante el trabajo en paralelo, reduciendo el tiempo de operación.
- ✓ Permiten procesar grandes cantidades de información, acceso a datos a altas velocidades.
- ✓ Permiten una integración rápida y simple de los diversos subsistemas.

- ✓ Permiten una expansión del sistema, pudiéndose aumentar nuevos terminales y nuevos procesos.
- ✓ Permiten supervisar y monitorear el sistema completo, pudiéndose detectar fallas y problemas de procesos remotos desde una estación central de control.
- ✓ Permiten la programación desde un terminal remoto.

2.3.2. Topologías de redes

La topología está referida a la forma como el cableado permite el enlace de los dispositivos, según Mendiburu (4), se tiene:

- ✓ **Topología Estrella:** Consiste en enlazar todos los dispositivos hacia un solo punto, la ventaja de esta topología es que si un dispositivo falla no se verán afectadas las comunicaciones con los otros dispositivos.
- ✓ **Topología Anillo:** Consiste en enlazar los dispositivos uno a continuación de otro, sólo un dispositivo puede mandar o recibir información a la vez. Si falla un tramo de red la comunicación se interrumpe, por lo que se acostumbra tener un anillo de respaldo.

2.3.3. Niveles de jerarquía en una Red Industrial.

En una red industrial coexistirán equipos y dispositivos de todo tipo, los cuales suelen agruparse jerárquicamente para establecer conexiones adecuadas, de ésta forma se definen niveles que según Mendiburu (4), se comprenden en cuatro citados a continuación:

- ✓ **Nivel de gestión:** Es el nivel más elevado y se encarga de integrar los niveles siguientes en una estructura de fábrica, e incluso de múltiples factorías. Las máquinas aquí conectadas suelen ser estaciones de trabajo que hacen de puente entre el proceso productivo y el área de gestión, en el cual se supervisan las ventas, stocks, etc. Se emplea una red de tipo LAN (Local Area Network) o WAN (Wide Area Network).
- ✓ **Nivel de control:** Se encarga de enlazar y dirigir las distintas zonas de trabajo. A este nivel se sitúan los autómatas de gama alta y los ordenadores dedicados a diseño, control de calidad, programación, etc. Se suele emplear una red de tipo LAN.
- ✓ **Nivel de campo y proceso:** Se encarga de la integración de pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, etc.) dentro de subredes. En el nivel más alto de éstas redes se suelen encontrar uno o varios autómatas modulares, actuando como maestros de la red o maestros flotantes. En éste nivel se emplean los buses de campo.
- ✓ **Nivel de E/S:** es el nivel más próximo al proceso. Aquí están los sensores y actuadores, encargados de manejar el proceso productivo y tomar las medidas necesarias para la correcta automatización y supervisión.

2.3.4. Clasificación de las Redes

Las redes de datos son clasificadas por el tipo de equipamiento conectado a ellas y el tipo de datos que circula por la red.

2.3.4.1. Tipo de Dato

Por el tipo de dato que circula por ellas puede ser:

- ✓ Bit: Las redes con datos en formato de bits transmiten señales discretas como condiciones ON/OFF o uno y cero.
- ✓ Byte: Las redes con datos en el formato de byte pueden contener paquetes de informaciones discretas y/o analógicas.
- ✓ Paquetes: Las redes con datos en formato de paquete o bloque son capaces de transmitir paquetes de información de tamaño variables.

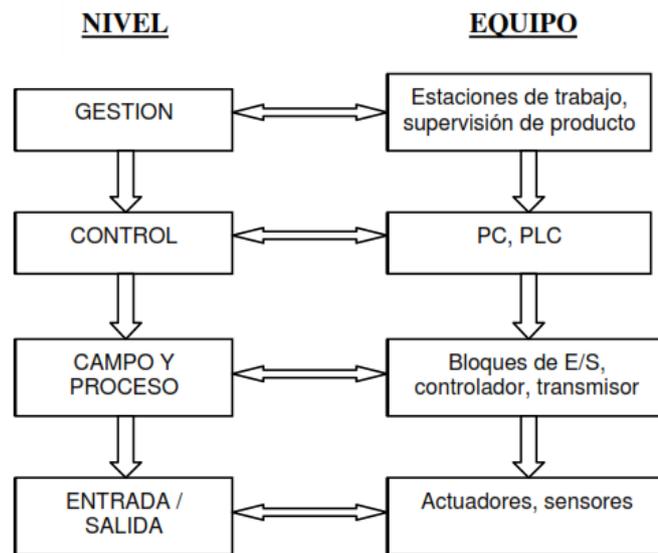


Figura II-10. Jerarquía de las redes industriales
Fuente: Mendiburu Díaz, Henry; 2003

2.3.4.2. Tipo de equipo conectado

Para fines de diseño y selección de los equipos, posteriormente de la red, las redes por el tipo de equipo conectado y tipo de datos que manejan pueden ser:

- ✓ **Red Sensorbus:** Manejan datos en formato de bits. Se utilizan para conectar equipos simples y pequeños directamente a la red, con distancias pequeñas, estos equipos conectados requieren de alta velocidad y son típicamente los sensores y actuadores.

- ✓ **Red Devicebus:** Maneja datos en formato de bytes. Se utilizan para cubrir distancias de hasta 500 m, los equipos conectados pueden tener varias entradas discretas y analógicas, además maneja una mayor cantidad de dispositivos.
- ✓ **Red Fieldbus:** Maneja en formato de paquetes. Sirve para interconectar equipos de E/S más inteligentes, los cuales pueden desempeñar funciones específicas de control, tales como lazos de control PID, control de flujo de información y procesos. La red además permite una mayor distancia y el manejo de mayor cantidad de dispositivos.

2.3.5. Tipos de redes industriales

Las redes industriales, según Mendiburu (4), se presentan en varios tipos, para tener fundamentos de juicio suficientes para la selección del tipo de red a utilizar dentro del Sistema SCADA, se citan a continuación:

2.3.5.1. ETHERNET

Las redes Ethernet utilizan el protocolo de enlace "Carrier Sense/Multiple Access with Collision Detection". Su modo de trabajo consiste en transmitir los datos en paquetes en una red, luego cada nodo de la red de Ethernet "escucha" dicha transmisión y verifica si es que está destinada a ese nodo. El nodo que corresponde al direccionamiento de destino del paquete es que el responde. Si se detecta una colisión, el nodo detiene la transmisión e intenta enviar la información nuevamente después de un período de tiempo aleatorio previamente determinado. Algunos ejemplos comunes de los protocolos de red

usados para los sistemas de información de uso general son TCP/IP, NetBEUI, IPX/SPX, UDP, AppleTalk, SNMP y LAT.

Ventajas:

- ✓ Es una red ampliamente conocida y estandarizada.
- ✓ Muchas PCs ya vienen con la tarjeta de red Ethernet en su placa madre.
- ✓ Los sistemas operativos Windows trabajan con éste tipo de red.
- ✓ Se produce en volúmenes grandes, lo que hace que su costo sea bajo.

Desventajas:

- ✓ El tráfico de Ethernet se debe mantener a menudo significativamente debajo de sus límites teóricos para tener en cuenta la detección de colisión.
- ✓ La red está orientada mayormente a oficinas y no a entornos Industriales.
- ✓ El ancho de banda es bajo.

2.3.5.2. FIELDBUS

Las redes Fieldbus, son sistemas de comunicación digital bidireccional, que permiten la comunicación de instrumentos, así como llevar a cabo tareas de control y monitoreo a través de un software de supervisión.

Los buses de campo (Fieldbus) constituyen el nivel más simple y próximo al proceso dentro de la estructura de comunicaciones industriales. Está basada

en procesadores simples y utiliza un protocolo mínimo para gestionar el enlace entre ellos. Los buses de campo más recientes permiten la comunicación con buses jerárquicamente superiores y más potentes.

En un bus de campo se engloban las siguientes partes:

- ✓ **Estándares de comunicaciones:** Cubren los niveles físico, de enlace y de comunicación establecidos en el modelo OSI (Open Systems Interconnection).
- ✓ **Conexiones físicas:** Está referido al cableado estructurado de las instalaciones. Las más comunes son semidúplex (comunicación en banda base tipo RS-485), RS-422 y conexiones en bucle de corriente.
- ✓ **Protocolo de acceso al medio (MAC) y de enlace (LLC):** consiste en la definición de una serie de funciones y servicios de la red mediante códigos de operación estándar.
- ✓ **Nivel de aplicación:** Es la interfaz que recibe el usuario, traducido en programas de gestión y presentación. La aplicación suele ser propia de cada fabricante, pero también a través de lenguajes estándar.

Características:

- ✓ Comunicación por medio de twisted-pair
- ✓ Alimentación soportado por los mismos dos cables de la señal, eliminando la necesidad de fuentes de alimentación externas.
- ✓ Velocidad de transmisión de 10 o 100 Mb/s
- ✓ Basado en TCP/IP y Ethernet.

Ventajas:

- ✓ Se emplea en aplicaciones de control distribuido, lo cual es más eficiente que un control centralizado.

2.3.5.3. PROFIBUS

Es un sistema de bus de campo abierto (Fieldbus) independiente del fabricante. Su área de aplicación abarca procesos de manufacturación y automatización de edificios.

Tipos:

- ✓ **PROFIBUS-DP:** Se diseña para comunicaciones de alta velocidad, entre los controladores industriales y la entrada-salida distribuida. (Por ejemplo PLC y sensores).
- ✓ **PROFIBUS-FMS:** Se diseña para la comunicación de uso general sobre todo entre los controladores programables, tales como PLCs y PC.
- ✓ **PROFIBUS-PA:** Es un sistema diseñado específicamente para la automatización de procesos.

2.3.5.4. CAN (Control Area Network)

Estas redes hacen uso de un bus serial para conectar los dispositivos. La aplicación original de estas redes fueron los automóviles, para cumplir tareas como sincronización y control del motor, frenos antibloqueo, monitoreo de la caja de engranajes, alimentación de ventanas y seguros de puertas, etc.

Antiguamente cada dispositivo necesitaba de una línea dedicada, la cual es reemplazada por la red CAN. Actualmente las aplicaciones de éstas redes se han ampliado a campo de los procesos industriales. Utiliza la configuración producto-consumidor (que es una especie de maestro-esclavo, pero que permite disminuir la cantidad de tráfico).

Ventajas:

- ✓ Los dispositivos se pueden comunicar directamente entre ellos (sin la necesidad de controlado). Por ejemplo el sensor impacto puede conectarse directamente al airbag, respondiendo de una manera más rápida y confiable.
- ✓ Se ha vuelto comercial, puesto que muchos fabricantes lo ofrecen.
- ✓ Los costos de implementación son bajos.

2.3.5.5. DEVICE-NET

Es una red empleada en procesos de fabricación, sus principales características son:

- ✓ Topología física de tipo Basic Trunkline-Dropline
- ✓ Permite hasta 64 direcciones de nodos en una sola red.
- ✓ Comunicación punto a punto.
- ✓ Modelo producto-consumidor para transferencia de datos
- ✓ Transmite señales de datos y potencia por medio del mismo cable.
- ✓ Inserción de dispositivos sin necesidad de quitar la alimentación de la red.

- ✓ Dispositivos de potencia externos pueden compartir el cable del bus con dispositivos alimentados por el bus.

2.3.6. Protocolos de Buses de Campo

Existen diversos buses de campo (Fieldbus) según los fabricantes o agrupaciones de fabricantes, siendo los más conocidos los siguientes:

2.3.6.1. PROTOCOLO MODBUS

- ✓ Es un protocolo de comunicación desarrollado por MODICON para comunicación entre PLCs.
- ✓ Entre los dispositivos que lo utilizan podemos mencionar: PLC, drivers, sensores, actuadores remotos.
- ✓ El protocolo establece como deben transmitirse los mensajes y cómo realizar la detección de errores.
- ✓ Su principal inconveniente es que no está reconocido por ninguna norma internacional.
- ✓ Control de acceso al medio tipo maestro-esclavo.
- ✓ El protocolo especifica el formato de trama, secuencias y control de errores.
- ✓ Sólo especifica la capa de enlace del modelo ISO/OSI.
- ✓ A cada esclavo se le asigna una dirección fija y única en el rango de 1 a 247.
- ✓ La dirección 0 está reservada para mensajes de difusión sin respuesta.

2.3.6.2. PROTOCOLO BITBUS

- ✓ Es un sistema de comunicación serial. Está basado en una línea compartida RS-485 (varias estaciones de comunicación en un mismo par de cables) y está optimizado para la transmisión de pequeños mensajes en tiempo real. En instalaciones más actuales se emplea también fibra óptica para su implementación.
- ✓ La estructura de la red puede ser de varios tipos:
 - Básica: Estructura lógica del tipo maestro-esclavo.
 - Árbol: Se emplean repetidores para largas distancias, se considera todo un único bus y se opera en modo autoreloj (debido a que los repetidores no transmiten la señal de reloj).
 - Árbol multinivel: Se emplean uniones esclavo/maestro para formar subbuses en varios niveles. Cada nivel puede operar a una velocidad propia y posee sus propias direcciones.
- ✓ Para la configuración maestro-esclavo, se tiene que cada esclavo posee su propia dirección de red que le hace diferente del resto e identificable dentro de la red. El maestro maneja la red seleccionando los esclavos. Los esclavos deben responder exclusivamente cuando son requeridos por el maestro.
- ✓ Existen dos modos de sincronización de bits:
 - Síncrono: En éste modo los datos se transmiten por un par trenzado y el reloj por otro par adicional. No se admiten repetidores y la estructura del bus es completamente lineal.

- Autoreloj: En éste modo cada nodo genera su propio reloj, sincronizando con la línea de datos. Los datos se codifican en formato NRZI. Se permiten repetidores (obligatorio para más de 28 nodos). Las derivaciones a partir del repetidor requieren una línea de control además de la línea de datos, por lo que se emplean dos pares trenzados.

2.3.6.3. PROTOCOLO PROFIBUS

- ✓ Utilizando este medio, los dispositivos de diferentes fabricantes pueden comunicarse sin necesidad de adaptaciones mediante interfaces especiales.
- ✓ Pueden ser empleado tanto para transmisiones de datos de alta velocidad y tiempos críticos, como para tareas intensivas de comunicación compleja.
- ✓ Tiene una estructura maestro-esclavo:
 - Dispositivos maestros: Determinan la comunicación de datos sobre el bus. Un maestro puede enviar mensajes sin una petición externa cuando mantiene el control de acceso al bus (la señal). Los maestros también se denominan estaciones activas.
 - Dispositivos esclavos: Son dispositivos periféricos. Los esclavos son normalmente dispositivos de E/S, válvulas, actuadores y transmisores de señal. No tienen el control de acceso al bus y sólo pueden recibir mensajes o enviar mensajes al maestro cuando son permitidos para ello. Los esclavos también son denominados estaciones pasivas.

2.3.6.4. ESTÁNDAR ASI

- ✓ ASI (Actuator Sensor Interface), es un estándar que define la conexión directa de sensores binarios y actuadores al nivel más bajo de automatización (nivel de entrada/salida) hacia redes de más alto nivel y dispositivos de control.
- ✓ Reemplaza complejos cableados y paneles, reduce el tiempo de diseño, costo de instalación y complejidad de mantenimiento.
- ✓ Opera según el principio maestro/esclavo. El controlador central, tanto una PC o PLC, o la entrada a redes más altas, contiene un módulo maestro. Los sensores/actuadores se conectan a esclavos que están enlazados en red por medio de un cable polarizado.
- ✓ El cableado de red puede efectuarse empleando conexiones en bus o en árbol de hasta 200 metros de longitud (empleando repetidores).

2.4. OPC

2.4.1. Evolución histórica de los OPC

En un sistema de automatización hay múltiples elementos de control y monitorización, cada uno con su protocolo de comunicaciones específico (Modbus, AS-i, Ethernet, RS232, etc.) y con un sistema operativo propio tal como DOS, UNIX, Linux o Windows, con sus propias características.

Cada conexión significa un programa exclusivo dedicado al diálogo entre el elemento de control (p.ej. un PLC) y el elemento de monitorización (p.ej. un paquete de visualización).

Cada fabricante proporciona este programa controlador de comunicaciones o *driver* que comunica su producto con un equipo determinado. El acceso a los datos se hace de forma oscura, sin acceso por parte del usuario. La interfase se ocupa de convertir los datos del equipo en datos útiles para nuestro sistema de control o captación.

El problema implícito en éste método es que, para cualquier ampliación o modificación del sistema, debemos dirigirnos al fabricante del equipo para que realice las modificaciones necesarias en el *driver* o desarrolle uno nuevo.

El deseo de todo integrador de sistemas es conseguir un método para mejorar la interconectividad entre elementos de campo y aplicaciones, minimizando la enorme variedad de protocolos de acceso (controladores o drivers de comunicación).

OPC nació con la idea de suprimir este problema creando un estándar orientado al modo de intercambio de datos, independientemente de la tecnología utilizada para hacerlo. Cualquiera que sea la fuente de los datos (un PLC, un regulador de temperatura, un piano...), el formato de presentación y acceso a los datos será fijo. De esta manera permitirá intercambiar datos con cualquier equipo que cumpla el estándar OPC y permitirá una reducción de costes considerable, pues cada driver se deberá escribir una sola vez.

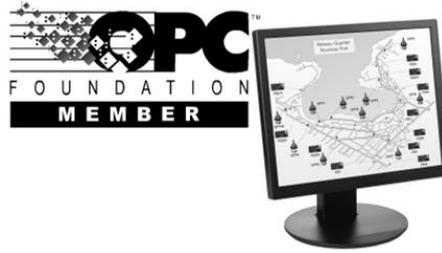


Figura II-11. Logotipo de la OPC Foundation
Fuente: Rodríguez Penin, Aquilino; 2007

2.4.2. Definición

OPC son las siglas de Ole for Process Control (OLE para control de procesos) y es una tecnología diseñada para comunicar aplicaciones. Es un estándar para la interconexión de sistemas basados en el *SO Windows* y hardware de control de procesos, Rodríguez (3).

La ISA (International Standards Association) hace el primer anuncio de OPC en 1995. Las especificaciones OPC se mantienen a través de la OPC Foundation. Actualmente, OPC Foundation agrupa a compañías de software, hardware y usuarios finales de todo el mundo.

Es un estándar abierto que permite un método fiable para acceder a los datos desde aparatos de campo. El método de acceso es el mismo sin depender del tipo y origen de los datos. De esta manera, los usuarios finales son libres de escoger el software y hardware que satisfaga sus requerimientos de producción sin preocuparse por la disponibilidad de software de control específico.

OPC permite definir una interfase estandarizada que, mediante el desarrollo de aplicaciones del tipo Cliente-Servidor, hace posible la comunicación entre

elementos que cumplan el estándar. El intercambio de datos está basado en la tecnología COM y DCOM, de Microsoft, que permite el intercambio de datos entre aplicaciones ubicadas en uno o varios ordenadores mediante estructuras cliente-servidor.

Permite arquitecturas de varios clientes y servidores, accediendo a los datos de forma local o remota y gestionando la información en tiempo real.

OPC también fue diseñado por un grupo dedicado a detectar y plasmar las necesidades del entorno industrial en general. Las especificaciones contemplan la continua evolución del entorno, de manera que los componentes de esta tecnología puedan estar siempre al nivel requerido por las nuevas tecnologías.

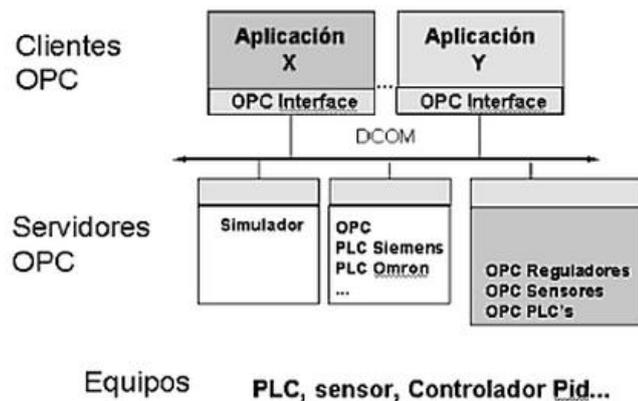


Figura II-12. Estructura básica de un sistema basado en OPC
Fuente:Rodríguez Penin, Aquilino; 2007

Hasta ahora, cuando una aplicación requería el acceso a un elemento de control, se requería una interfase específica o un controlador para el diálogo entre la aplicación y el elemento de control.

Como OPC define una interfase común, un programa servidor sólo debe escribirse una vez y ser utilizado entonces por cualquier software. Además, los

servidores OPC tienen una fácil integración en aplicaciones Visual Basic, Excel, Access, etc. No necesitan herramientas especiales para su desarrollo (pueden escribirse con cualquier software estándar).



Figura II-13. Logotipo de compatibilidad OPC
Fuente:Rodríguez Penin, Aquilino; 2007

2.4.3. La idea básica

Un ejemplo para describir la situación puede consistir en un sistema de automatización compuesto de varios sistemas de adquisición (registrador y monitor SCADA) que se deben poder comunicar con un PLC, un control de pesaje y un horno).

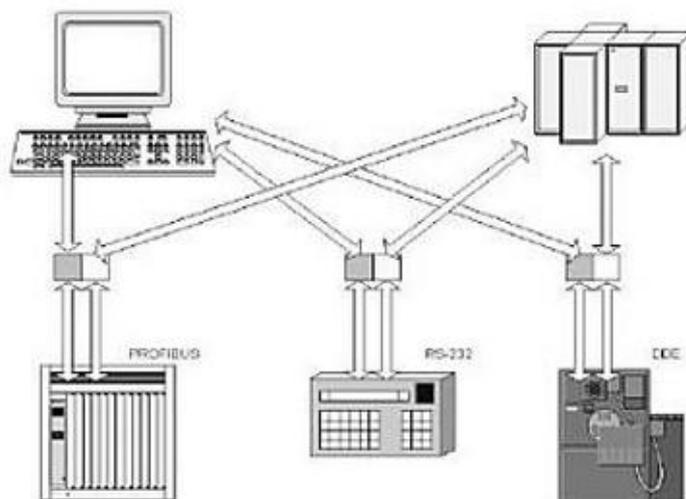


Figura II-14. Ejemplo de comunicaciones propietarias
Fuente:Rodríguez Penin, Aquilino; 2007

Todas las posibles combinaciones deberán satisfacerse con un *driver* dedicado y los equipos deberán duplicar la información:

Driver PLC	Profibus	PC (RS232)
Driver PLC	Profibus	Registrador (Modbus)
Driver Pesaje	RS232	PC (RS232)
Driver Pesaje	RS232	Registrador (Modbus)
Driver Horno	DDE	PC (RS232)

Al aumentar la carga de comunicaciones estamos restando rendimiento a los equipos, pues deben enviar la información tantas veces como destinatarios hay en el sistema (en este caso 2). La solución es de tipo propietario, los controladores o *drivers* los proporciona el fabricante y son exclusivos de cada equipo.

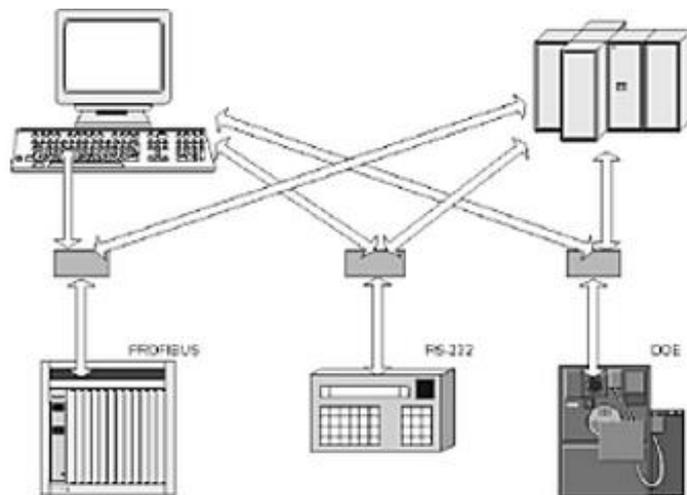


Figura II-15. Ejemplo de comunicaciones OPC
Fuente:Rodríguez Penin, Aquilino; 2007

Sin embargo, OPC determina una interface estándar, de manera que los datos se reciben y envían de una determinada manera, independientemente del

elemento que realice el intercambio. La carga de comunicaciones se reduce, pues cada elemento sólo debe enviar o recibir un mensaje cada vez al tener la interface estándar.

2.4.4. Tecnología

OPC se ha definido a partir de la tecnología de incrustación de datos de Microsoft: OLE/COM:

- ✓ OLE (Object Link Embedded), permite el acceso a los datos de equipos interconectados mediante LAN o WAN.
- ✓ COM (Component Object model) permite definir cualquier elemento de campo mediante sus propiedades bajo el aspecto de una interface.

OPC Server permite el acceso local (COM) y remoto (DCOM, Distributed COM). El uso de la programación orientada a objetos de OLE (OOP), proporciona toda una serie de ventajas:

- ✓ Los objetos modelizan el mundo real, lo cual permite desarrollar unos modelos fáciles de configurar y modificar.
- ✓ El hecho de mantener la interface fija permite modificar un objeto sin afectar al usuario, que lo utiliza como una caja negra.
- ✓ Los códigos se pueden combinar y reutilizar, permitiendo crear objetos nuevos a partir de otros.
- ✓ Es posible definirlos de manera que recojan datos de manera selectiva (alarmas, históricos, calibración...).

2.4.5. Cliente y Servidor OPC

Los componentes OPC se pueden clasificar en dos categorías:

2.4.5.1. OPC Client

Es una aplicación que sólo utiliza datos, tal como un paquete SCADA. Un cliente se relaciona con un servidor de una manera bien definida. De este modo, cualquier cliente OPC se puede comunicar con cualquier servidor OPC sin importar el tipo de elemento que recoge esos datos.

2.4.5.2. OPC Server

Es una aplicación que permite el acceso a elementos de un sistema automatizado (datos de campo) desde otras aplicaciones (clientes OPC).

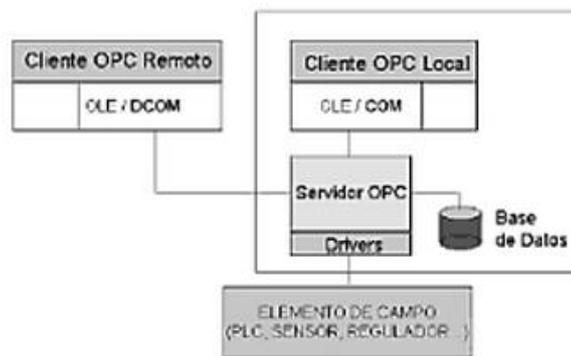


Figura II-16. Estructura Cliente-Servidor OPC
Fuente:Rodríguez Penin, Aquilino; 2007

2.5. LABVIEW

2.5.1. Generalidades de LabView

LabVIEW es un programa para el desarrollo de aplicaciones de propósito general que National Instruments (NI) ha creado para facilitar la programación de instrumentos virtuales (VIs). LabVIEW, se encarga de gestionar recursos del computador a través de un entorno sencillo, rápido y eficiente. De esta forma se reducen enormemente los tiempos de desarrollo a la hora de realizar los programas. El lenguaje de programación es de modo gráfico. Los programas

hechos con LabVIEW se llaman VI (Virtual Instrument), lo que da una perspectiva de su uso en origen: el control de instrumentos. El slogan de LabVIEW es; La potencia está en el software.

Fue creado por NI 1976 para funcionar sobre maquinas MAC, salió por primera vez en 1986.

LabVIEW es una plataforma estándar en la industria de test y medida, para el desarrollo de sistemas de prueba y control de instrumentación; en el campo de la automatización industrial, para la adquisición de datos, análisis, monitorización y registro, así como para el control y monitorización de procesos; en el área de visión artificial, para el desarrollo de sistemas de inspección en producción o laboratorio. En los últimos años ha crecido en nuevos campos de trabajo como simulación, diseño de control y sistemas embebidos en tiempo real.

Las principales características de LabVIEW son las siguientes:

- ✓ Entorno de desarrollo grafico; desaparece el código en formato texto que se está acostumbrado a utilizar. Con eso se consigue una forma de programación más intuitiva.
- ✓ Diseño de la interfaz del instrumento virtual, utilizando elementos prediseñados.
- ✓ Gestión automática en la creación de hilos de ejecución.
- ✓ Herramientas convencionales para la depuración de los programas (VIs): ejecución paso a paso, puntos de ruptura, flujo de datos etc.

- ✓ Programación modular.
- ✓ Múltiples Interfaces de comunicaciones:
- ✓ Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones (Multisim, Matlab, ActiveX)
- ✓ Visualización y manejo de gráficos dinámicos
- ✓ Adquisición y tratamiento de imágenes
- ✓ Control de movimiento
- ✓ Tiempo Real estrictamente hablando.
- ✓ Programación de FPGA para control o validación.
- ✓ Sincronización entre dispositivos.

2.5.2. Programación

LabVIEW de National Instruments, es un lenguaje de programación de propósito general, como es el Lenguaje C o Basic, pero con la característica que es totalmente gráfico. Está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos o sub-módulos mucho más sencillos. Además, estos módulos pueden ser usados en otras tareas.

LabVIEW es un lenguaje completamente gráfico, y el resultado de ello es que es totalmente parecido a un instrumento: por ello, a todos los módulos creados con LabVIEW se les llama VI (National Instruments, Introducción a NI LabView, 2013). Cada VI consta de tres componentes:

- ✓ Panel frontal (o Front Panel). Es la interfaz de usuario.

- ✓ Un diagrama de bloques (o Block Diagram). Contiene el código fuente gráfico que define la funcionalidad del VI.
- ✓ Icono y conector. Identifica a cada VI, de manera que podemos utilizarlo dentro de otro VI. Un VI dentro de otro VI recibe el nombre de subVI. Sería como una subrutina en un lenguaje de programación basado en texto.

Al implementar un sistema distribuido de medidas y control, se puede optimizar los procesos que se ejecutan en cada máquina y en la red, crear un sistema más confiable y de mayor rendimiento. Los sistemas distribuidos se conforman de dos partes: el núcleo del sistema y los nodos.

2.5.2.1. Administración de Datos

Cuando se construye una base de datos, algunos de los retos más comunes son diseñar una estructura de archivos y estructura de datos escalables y fáciles de usar. Sin las herramientas adecuadas, se puede pasar horas diseñando y modificando sus estructuras de datos. LabVIEW DSC tiene una base de datos de escritura diseñada para cumplir con las necesidades de las aplicaciones de medidas y control. Con una definición integrada para jerarquía de datos y estructura de datos, la base de datos integrada proporciona un uso superior de espacio y rendimiento de datos.

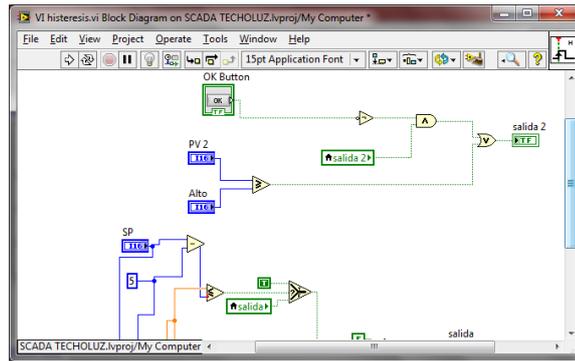


Figura II-17. Panel de bloques de LabView
Fuente: NI LabView

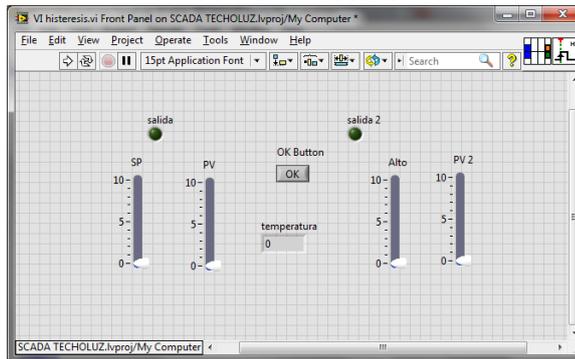


Figura II-18. Panel frontal de LabView
Fuente: NI LabView

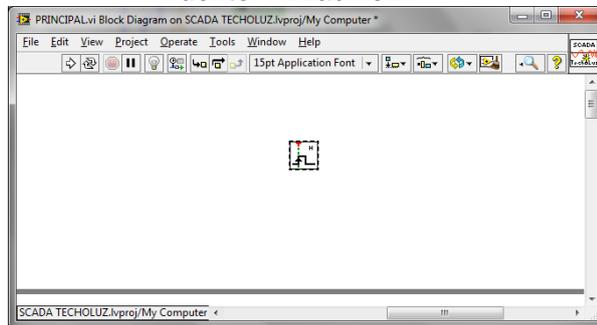


Figura II-19. Icono
Fuente: NI LabView
Supervisory Control

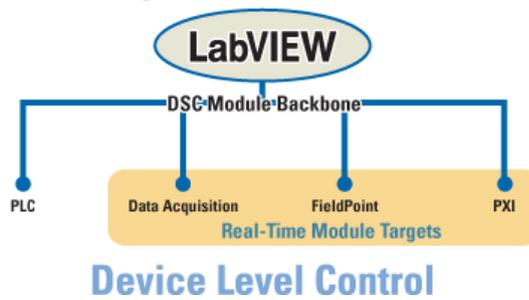


Figura II-20. Diagrama de un Sistema Distribuido
Fuente: www.ni.com

2.5.2.2. Visualización de Datos

Ver los datos en vivo desde una sola máquina es una operación relativamente directa. Para monitorear datos en vivo, se puede crear una interfaz de usuario, como un panel frontal de LabVIEW y verlos en un monitor local o integrarlos en una página Web usando Servicios Web y LabVIEW Web UI Builder.

LabVIEW DSC incluye funciones de análisis y presentación en LabVIEW para ofrecer herramientas integradas para conectividad OPC y visualización para ayudar a ver fácilmente datos en vivo e históricos desde múltiples máquinas.

2.5.2.3. Administración de Alarmas y Eventos

Al adquirir grandes cantidades de datos o datos en largos periodos de tiempo, los ingenieros generalmente están menos interesados en el valor de cada punto de dato y más interesados en cambios significativos en los valores de los datos. Se puede monitorear estos cambios usando alarmas y eventos. Es importante conservar la historia de estas alarmas y eventos para que puedan ser analizadas posteriormente. Las características clave que necesita soportar incluyen la habilidad de generar una alarma, almacenarla junto con los datos asociados y volver a llamar la alarma y toda la información relevante después de la adquisición. La información relevante debe incluir la alarma que fue disparada, quién la reconoció y a qué hora fue reconocida. Con LabVIEW DSC, se puede configurar y monitorear alarmas usando el asistente HMI, lo cual

permite enfocarse en las causas de la alarma más que en programar una infraestructura.

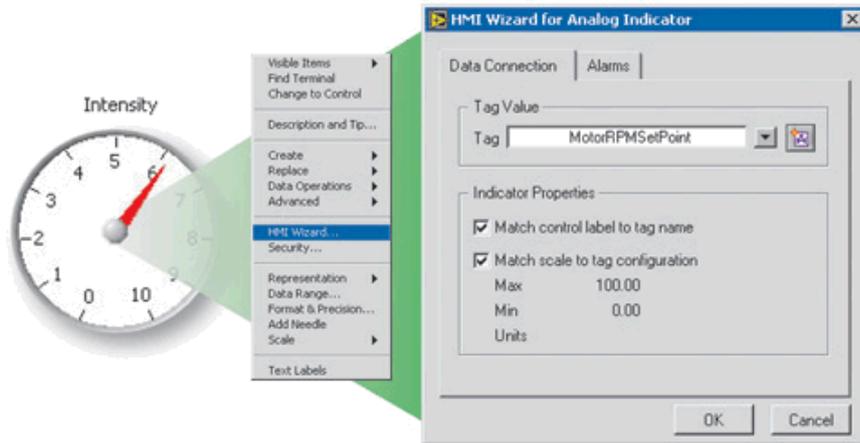


Figura II-21. Asistente HMI
Fuente:www.ni.com

2.5.2.4. Integración

Integrar los componentes en un núcleo existente o nuevo es generalmente lo más difícil y la parte más tardada de construir un sistema. Para que la integración sea lo más sencilla posible, es importante conocer los requerimientos desde el inicio del proceso y escoger las herramientas de software que hacen más fácil este proceso. Es crucial buscar las herramientas que son abiertas y flexibles para hacer esto más fácil. Las herramientas abiertas de software usan protocolos industriales, como OPC y TCP/IP y funcionan con otros proveedores de instrumentos para hacer la integración más fácil al usuario final. Las herramientas de software flexibles proporcionan la habilidad de añadir componentes fácilmente al núcleo del sistema.

2.6. Polipropileno

2.6.1. Definición

El polipropileno (9), es un termoplástico semicristalino, que se produce polimerizando propileno en presencia de un catalizador estéreo específico. El polipropileno tiene múltiples aplicaciones, por lo que es considerado como uno de los productos termoplásticos de mayor desarrollo en el futuro.



Figura II-22. Polipropileno blanco
Fuente: Imágenes Google

Es un producto inerte, totalmente reciclable, su incineración no tiene ningún efecto contaminante, y su tecnología de producción es la de menor impacto ambiental. Esta es una característica atractiva frente a materiales alternativos.

La polimerización catalítica del propileno fue descubierta por el italiano Giulio Natta en 1954 y marcó un notable hito tanto por su interés científico, como por sus importantes aplicaciones en el ámbito industrial. Empleando catalizadores selectivos, se obtuvo un polímero cristalino formado por la alineación ordenada de moléculas de propileno monómero. Los altos rendimientos de reacción permitieron su rápida explotación comercial. Aunque el polipropileno fue dado a

conocer a través de patentes y publicaciones en 1954, su desarrollo comercial comenzó en 1957 y fue debido a la empresa italiana Montecatini. Pocos años más tarde, otras empresas, entre ellas I.C.I. y Shell fabricaban también dicha poliolefina.

Hoy en día el polipropileno es uno de los termoplásticos más vendidos en el mundo, con una demanda anual estimada de 40 millones de toneladas. Sus incrementos anuales de consumo han sido próximos al 10% durante las últimas décadas, confirmando su grado de aceptación en los mercados.

La buena acogida que ha tenido ha estado directamente relacionada con su versatilidad, sus buenas propiedades físicas y la competitividad económica de sus procesos de producción. Varios puntos fuertes lo confirman como material idóneo para muchas aplicaciones:

- ✓ Baja densidad
- ✓ Alta dureza y resistente a la abrasión
- ✓ Alta rigidez
- ✓ Buena resistencia al calor
- ✓ Excelente resistencia química
- ✓ Excelente versatilidad

Por la excelente relación entre sus prestaciones y su precio, el polipropileno ha sustituido gradualmente a materiales como el vidrio, los metales o la madera, así como polímeros de amplio uso general (ABS y PVC).

Las principales compañías petroleras del mundo (9) producen polipropileno, bien sea por participación directa, o por medio de filiales. En el transcurso de los últimos años el volumen de negocio del polipropileno ha ido creciendo de manera significativa, tanto en el mundo como dentro del grupo.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1. Determinación y selección de los elementos y componentes del sistema.

Los distintos elementos y componentes del presente sistema SCADA para el monitoreo de las máquinas de producción de techo traslúcido de Techoluz se determinaron de acuerdo a la compatibilidad del sistema y considerando los avances tecnológicos en lo que respecta a software y sincronización de las comunicaciones y transmisión de datos, el mismo tiene un funcionamiento muy sencillo pero se debe tener cuidado con el manejo de los distintos módulos puesto que cada uno de ellos tienen sus respectivas especificaciones y aplicaciones.

Es importante señalar que para la adquisición de los valores de temperaturas provenientes de las termocuplas ubicadas a lo largo del cañón, labios y hornos

de la máquina, se dispone de los módulos respectivos y apropiados que se montan junto al PLC, sin embargo, éste proyecto tiene como objetivo enfocarse en el diseño de la red industrial y el tratamiento de la información proveniente de los sensores para los reportes pertinentes.

Los PLCs que procesan la información proveniente de los módulos se configuran y programan por medio del software Twido Suite de la familia Schneider Electric y a través de software LabView y NI OPC Servers se puede realizar la comunicación PLC-LabView para el desarrollo del sistema SCADA, así lograr la programación, monitoreo y el control de variables físicas, en nuestro caso particular, la temperatura.

3.2. Elementos y componentes del sistema

A continuación se clasifican y describen los distintos elementos y componentes que se usan en el presente sistema SCADA.

✓ Elementos Red Industrial

- ✓ Switch Industrial Siemens
- ✓ Computadora
- ✓ Cable STP Categoría 5

✓ Elementos Máquina 1

- Controlador Lógico Programable TWDLCAA40DRF
- Fuente de alimentación Siemens, 24VDC
- Módulo Ethernet

- Módulo de temperatura
- Sensores de temperatura (termocuplas)
- ✓ **Elementos Máquina 2**
 - Controlador Lógico Programable TWDLCAE40DRF
 - Fuente de alimentación Siemens, 24VDC
 - Módulo de temperatura
 - Sensores de temperatura (termocuplas)
- ✓ **Componentes**
 - Software SCADA de Desarrollo Gráfico LabVIEW 2011
 - Software TWIDO Suite Schneider Electric
 - LabVIEW 2011 Dataloggin and Supervisory Control Module
- ✓ **Actuadores**
 - Resistencias de calentamiento

3.2.1. Elementos

3.2.1.1. Switch Industrial Siemens 6GK5005-0BA00-1AA3 SCALANCE X00



Figura III-23. SCALANCE X005 Switch Industrial

Fuente:www.siemens.com (11)

ESPECIFICACIONES	
Velocidad de transferencia	
Tasa de transmisión / 1	10 Mbit/s
Tasa de transmisión / 2	100 Mbit/s
Interfaces	
Número de conexiones eléctricas/óptica/para componentes de red o equipos terminales / máximo	5
Número de conexiones eléctricas	
✓ Para componentes de red o equipos terminales	5
✓ Para alimentación de tensión	1
Versión de la conexión eléctrica	
✓ Para componentes de red y equipos terminales	Puerto RJ45
Tensión de alimentación, consumo, pérdidas	
Tipo de tensión / de la tensión de alimentación	DC
Tensión de alimentación / externa	24 V
✓ Mínima	18 V
✓ Máxima	32 V
Componente del producto / protección con fusibles en la entrada de alimentación	Si
Versión de la protección con fusibles / en la entrada para la tensión de alimentación	0,5 A / 60 V
Corriente consumida / máxima	0,08 A
Potencia activa disipada / a 24 / DC	2W
Condiciones ambientales admisibles	
Temperatura ambiente	
✓ Durante el funcionamiento	0...65°C
✓ Durante el almacenamiento	-40...+80°C
✓ Durante el transporte	-40...+80°C
Humedad relativa	
✓ A 25°C / sin condensación / durante la operación / máx.	95%
Clase de protección IP	IP20
Diseño, dimensiones y pesos	
Anchura	40 mm
Altura	125 mm
Profundidad	124 mm
Peso neto	0,55 kg
Tipo de fijación	
✓ Montaje en perfil DIN 35 mm	Sí
✓ Montaje en pared	Sí
✓ Montaje en perfil soporte S7-300	Sí

Tabla III-I. Características Switch Industrial Siemens

Fuente: www.siemens.com

3.2.1.2. Controlador Lógico Programable



Figura III-24. TWDLCAA40DRF

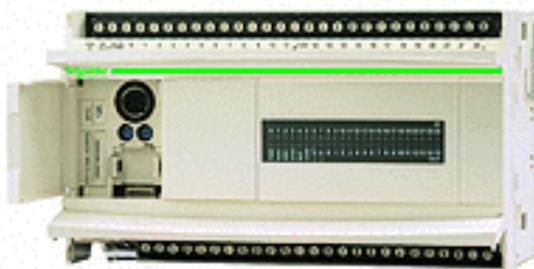
Fuente: <http://mecatronicaymas.blogspot.com>

<i>Gama de producto</i>	Twido
<i>Tipo de producto o componente</i>	Controlador de base compacta
<i>Número de E/S digitales</i>	40
<i>Número de entrada digital</i>	24
<i>Tensión de entrada digital</i>	24 V
<i>Tipo de voltaje entrada discreto</i>	CC
<i>Número de salida digital</i>	2 para transistor 14 para relé
<i>Nº mód. expansión de E/S</i>	7
<i>Tensión de alimentación</i>	100...240 V AC
<i>Uso de la ranura</i>	Cartucho mem
<i>Datos copiados</i>	RAM interna (batería externa TSXPLP01) 3 años
<i>Tipo de conexión integrada</i>	Adaptador interfaz enlace serie (RS232C/RS485) Alimentación Enlace serie sin aislar mini DIN, modo Modbus/de carácter maestro/esclavo RTU/ASCII (RS485) dúplex med. , 38.4 kbit/s
<i>Función complementaria</i>	PID Procesamiento de evento
<i>Conexión de E/S</i>	Bornero de tornillo no extraíble
<i>Inmunidad a microcortes</i>	10 ms
<i>Resistencia dieléctrica</i>	1500 V para 1 minuto, entre suministro y terminales a tierra 1500 V para 1 minuto, entre E/S y terminales a tierra
<i>Certificados de producto</i>	CSA UL
<i>Temperatura ambiente de funcionamiento</i>	0...55 °C
<i>Temperatura ambiente de almacenamiento</i>	-25...70 °C
<i>Humedad relativa</i>	30...95 % sin condensación
<i>Grado protección IP</i>	IP20
<i>Altitud máxima de funcionamiento</i>	0...2000 m

<i>Altitud de almacenamiento</i>	0...3000 m
<i>Resistencia a las vibraciones</i>	1 gn , 57...150 Hz montaje el: perfil DIN simétrico de 35 mm 4 gn , 25...100 Hz montaje el: placa o panel con juego de fijación 1.6 mm , 2...25 Hz montaje el: placa o panel con juego de fijación 0.075 mm , 10...57 Hz montaje el: perfil DIN simétrico de 35 mm
<i>Resistencia a los choques</i>	15 gn para 11 ms
<i>RoHS EUR conformidad de fecha</i>	0932
<i>RoHS EUR status</i>	Adecuado

Tablalll-II. TWDLCAA40DRF

Fuente:www.schneiderelectric.es



Figuralll-25. TWDCAE40DRF

Fuente:www.schneiderelectric.es

Gama de producto	Twido
<i>Tipo de producto o componente</i>	Controlador de base compacta
<i>Número de E/S digitales</i>	40
<i>Número de entrada digital</i>	24
<i>Tensión de entrada digital</i>	24 V
<i>Tipo de voltaje entrada discreto</i>	CC
<i>Número de salidas discretas</i>	2 para transistor 14 para relé
<i>Tensión de alimentación</i>	100...240 V CA
<i>Nº mód. expansión de E/S</i>	7
<i>Uso de la ranura</i>	Cartucho mem
<i>Orejetas terminales de anillo</i>	RAM interna (batería externa TSXPLP01) 3 años
<i>Pares de nueces</i>	Enlace serie sin aislar mini DIN, Modbus/character mode maestro/esclavo RTU/ASCII (RS485) dúplex med., 38,4 kbit/s Ethernet TCP/IP RJ45, , 10/100 Mbit/s, 1 par trenzad Transparent Ready clase A10 Adaptador interfaz enlace serie (RS232C/RS485) Alimentación

<i>Función complementaria</i>	Procesamiento de evento PID
<i>Inmunidad a microcortes</i>	10 ms
<i>2 en armario + 2 conductos</i>	1500 V para 1 minuto, entre suministro y terminales a tierra 1500 V para 1 minuto, entre E/S y terminales a tierra
<i>Certificados de producto</i>	CSA UL
<i>DESC</i>	CE
<i>Temperatura ambiente de trabajo</i>	0...55 °C
<i>Temperatura ambiente de almacenamiento</i>	-25...70 °C
<i>Humedad relativa</i>	30...95 % sin condensación
<i>Grado protección IP</i>	IP20
<i>Altitud máxima de funcionamiento</i>	0...2000 m
<i>Altitud de almacenamiento</i>	0...3000 m
<i>Resistencia a las vibraciones</i>	4 gn, 25...100 Hz montaje el: placa o panel con juego de fijación 1.6 mm, 2...25 Hz montaje el: placa o panel con juego de fijación 1 gn, 57...150 Hz montaje el: perfil DIN simétrico de 35 mm 0.075 mm, 10...57 Hz montaje el: perfil DIN simétrico de 35 mm
<i>Resistencia a los choques</i>	15 gn para 11 ms

Tabla III-III. TWDLCAE40DRF
Fuente: www.schneiderelectric.es

Se puede comunicar con la PC por medio del cable de comunicación TSX PCX 3030 o con un cable de red, configurando una dirección IP (7).

3.2.1.3. Fuente de alimentación Siemens, 24VDC, 5 A

La fuente de alimentación modular con entrada de rango amplio monofásica y bifásica para aplicación universal, con característica de salida conmutable, ampliación funcional mediante módulos adicionales al efecto.



FiguraIII-26 SITOP modular 5A.
Fuente:www.automation.siemens.com

DATOS TÉCNICOS	
Producto	SITOP Modular
ENTRADA	
Tensión nominal	Monofásicas y bifásicas AC 120-230/230-500 V AC
Rango de tensión	85...264/176...500 V (arranque a partir de 90/180 V)
Resistencia a sobretensiones	1300 Vpico 1,3 ms
Intensidad nominal	2,2-1,2/1,2-0,61 A
Fusible de entrada incorporado	3,15 A, lento (no accesible)
SALIDA	
Tensión nominal	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente 24V DC
Tolerancia total	±3%
✓ Comp. Estática variación de red	Aprox. 0,1%
✓ Comp. Estática variación de carga	Aprox. 0,1%
Rango de ajuste	24...28,8V
Intensidad nominal	5 A
Rango de intensidad	
✓ Hasta +60°C	0...5 A
✓ Derating	>60 °C
Posibilidad de conexión en paralelo	Si, 2 unidades (caract. Conmutable)

TablaIII-IV. SITOP modular 5A
Fuente:www.automation.siemens.com

3.2.1.4. Módulos

Dependiendo de las características y especificaciones técnicas de los PLC y para fines de facilidad en la adquisición de los datos y comunicaciones se ha hecho uso de módulos, mismos que se mencionan a continuación.

3.2.1.4.1. Módulo Ethernet

El módulo 499 TWD 01100 TwidoPort es una interfaz Ethernet fácil de usar y apropiada para un PLC Twido compacto o modular correspondiente a versiones mayores o iguales a la 3.0. Permite la incorporación de un controlador Twido a una red Ethernet como un dispositivo pasivo (esclavo). Con la versión 3.0 del sistema operativo de Twido, la interfaz Ethernet está lista para usarse.

El cable de conexión viene adjunto al módulo (7). Para el caso que aquí se expone el módulo ha permitido comunicar el PLC TWDLCAA40DRF, conectándose al puerto serial RS485 del mismo hacia el Switch industrial Siemens.



Figura III-27. Módulo 499TD01100 TwidoPort
Fuente: static.schneider-electric.us

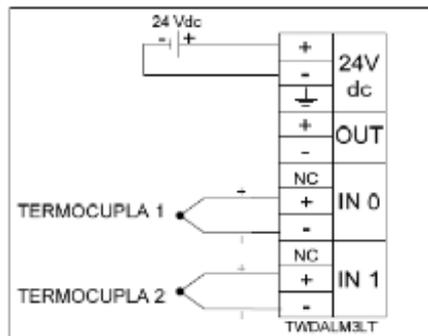
CARACTERÍSTICAS
Conexión al puerto RS 485 del controlador Twido, no necesita alimentación externa auxiliar.
Detección de la configuración del enlace serial automática
Interfaz Ethernet <ul style="list-style-type: none">✓ 10/100 Mbit/s✓ Función Auto MDIX✓ Conector RJ45
Configuración Ethernet <ul style="list-style-type: none">✓ Adopta la configuración Ethernet de la configuración de aplicación Twido✓ Función BootP✓ Permite configuración manual en base a Telnet
Provee estadísticas Ethernet vía sesión Telnet

Tablalll-V. Módulo 499TD01100 TwidoPort

Fuente: static.schneider-electric.us

3.2.1.4.2. Módulo de temperatura TM2ALM3LT

Se ha utilizado el módulo TM2ALM3LT para adquirir las señales de temperatura provenientes de las termocuplas, en éste caso, termocuplas tipo J, catorce termocuplas en total por cuanto aprovechando las entradas analógicas del módulo se sitúan 2 termocuplas por módulo teniéndose 7 módulos conectados entre sí a la cavidad de expansión por cada PLC (7).



Figuralll-28. Conexión de termocupla en módulo análogo

Fuente: www.schneiderelectric.es



FiguraIII-29. TM2ALM3LT Módulo análogo
Fuente:www.schneiderelectric.es

TM2ALM3LT Especificaciones Principales				
Numero de I/O canales	2 entradas		2 salidas	
Tipo Señal/sensor	Termocupla	Sonda de termocupla	Voltaje	Corriente
Tipo de entrada	Tipo J, K y T	Pt 100/1000 Ni100/1000	0...10 VDC	4...20 mA
Resolución	12 bits (4096 puntos)			
Tipo de conexión	Bornera con tornillo			

TablaIII-VI. Características Módulo de temperatura
Fuente:www.schneiderelectric.es

3.2.1.5. Sensores de Temperatura Termocuplas tipo J

Este tipo de sensor se fundamenta en la generación de una fuerza electromotriz producida por la unión de dos metales conductores distintos que están sometidos a temperatura, siendo el valor de la fuerza electromotriz proporcional a ésta (13).

La termocupla tipo J conocida como la termocupla hierro-constantán, es la segunda más utilizada en los EE.UU. El hierro es el conductor positivo mientras que para el conductor negativo se recurre a una aleación de 55% de cobre y 45% de níquel (constantán).



FiguraIII-30. Termocupla tipo J
Fuente: www.sapiensman.com

Resultan satisfactorias para uso continuo en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes y en vacío hasta 760°C. Por encima de 540°C, el alambre de hierro se oxida rápidamente, requiriéndose entonces alambre de mayor diámetro para extender su vida en servicio. La ventaja fundamental de éste tipo de termocupla es su bajo costo.

Tipo	Denominación	Composición y símbolo	Rango de temperaturas (1) (en °C)	Diámetro del alambre apropiado (2)	F.e.m.en mV (3)
B	Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%	PtRh 30% - PtRh 6%	0 ... 1.500 (1.800)	0,35 y 0,5 mm	0...10,094 (13,585)
R	Platino-rodio 13% vs. platino	PtRh 13% - Pt	0...1.400 (1.700)	0,35 y 0,5 mm	0.16,035 (20,215)
S	Platino-rodio 10% vs. platino	PtRh 10% - Pt	0...1300(1.600)	0,35 y 0,5 mm	0...13,155 (15,576)
J	Hierro vs. constatón	Fe - CuNi	-200 ... 700 (900)	3 mm 1mm	-7.89 ... 39,130 (51,875)
K	Niquel-cromo vs. níquel (Chromel vs. Alumel)	NiCr - Ni	-200 ... 600 (800) 0...1000(1.300)	3 ó 2 mm	-7.89 ... 33,096 (45,498) 0...41,269 (52,398)
T	Cobre vs. constatón	Cu - CuNi	0 ... 900 (1.200)	1,38 mm	0...37,325 (48,828)
E	Niquel-cromo vs. constatón (Chromel vs. constatón)	NiCr - CuNi	-200 ... 700 (900)	0,5 mm	-5,60 ... 14,86 (20,86)
			-200 ... 600 (800)	3 mm	-9,83 ... 53,11 (68,78)
					-8,83 ... 45,08 (61,02)

FiguraIII-31. Rango de temperaturas para distintas termocuplas
Fuente: www.sapiensman.com

Se recomienda no usar para temperaturas inferiores a 0°C debido a la oxidación y fragilidad potencial y no someterse a ciclos por encima de 760°C,

aún durante cortos períodos de tiempo, si en algún momento posterior llegaran a necesitarse lecturas exactas por debajo de esa temperatura.

La termocupla tipo J consta de la unión de dos metales, Fierro y Constante y detecta una variación de 0 a 600°C

3.2.1.6. Cable STP Categoría 5

El cable de categoría 5, es un tipo de cable de par trenzado cuya categoría es uno de los grados de cableado UTP descritos en el estándar EIA/TIA 568B el cual se utiliza para ejecutar CDDI y puede transmitir datos a velocidades de hasta 100 Mbps a frecuencias de hasta 100 Mhz. La categoría 5 ha sido sustituida por una nueva especificación, la categoría 5e (enhanced o mejorada). Está diseñado para señales de alta integridad. Estos cables pueden ser blindados o sin blindar. Este tipo de cables se utiliza a menudo en redes de ordenadores como Ethernet, y también se usa para llevar muchas otras señales como servicios básicos de telefonía, token ring, y ATM. Muy similar al UTP, pero protegido en una funda o malla metálica. Resiste mucho más a las perturbaciones externas y radiaciones electromagnéticas, suele ser utilizado para las conexiones entre dispositivos de comunicación de datos (Routers y Switches), CPD, etc.

Sirve para la conexión principal entre el panel de distribución y la roseta del puesto de trabajo, para conectar un hub o switch a otros PCs, y para conectar dichos dispositivos entre sí.



Figura III-32. Cable STP
Fuente: www.owire.com.cn

Características

- ✓ 4 pares trenzados sección AWG24 (8 cables)
- ✓ Cada par de cable esta distinguido por colores, siendo estos naranja, verde, azul y marrón
- ✓ Aislamiento del conductor de polietileno de alta densidad, de 1,5 mm de diámetro.
- ✓ Cubierta de PVC gris o azul
- ✓ Disponible en cajas de 305 m

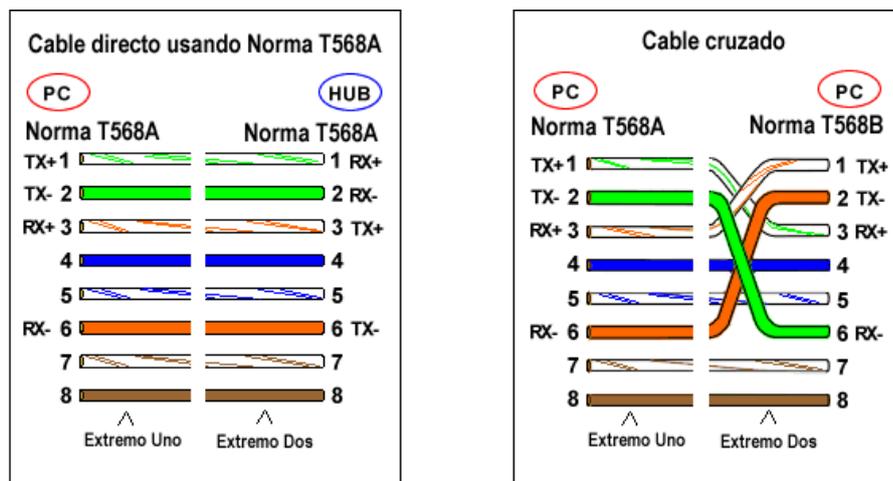


Figura III-33. Normas de cableado
Fuente: www.zonasytem.com

- ✓ Tx= transmitir
- ✓ Rx= recibir

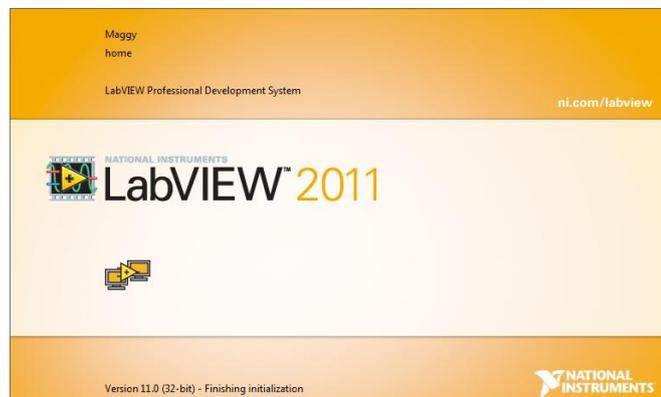
3.2.2. Componentes

3.2.2.1. Software SCADA de Desarrollo Gráfico LabVIEW 2011

LabVIEW 2011 requiere activación Windows únicamente, su entorno gráfico permitirá ejecutar tareas de programación de forma fácil y dinámica. En éste proyecto se utilizará la versión profesional de LabVIEW por su amplia gama de librerías que permitirán realizar variadas aplicaciones.

Instalación

Se procede a instalar el software LabVIEW 2011 siguiendo cada una de las instrucciones. Finalizada la misma, se ejecuta el programa donde aparecerán las siguientes ventanas de presentación e inicio.



Figuralll-34. Pantalla de presentación de LabView 2011

Fuente: Labview 2011 Software



Figurall-35. Pantalla principal LabView 2011
Fuente: LabView 2011 Software

3.2.2.2. Software TWIDO Suite Schneider Electric

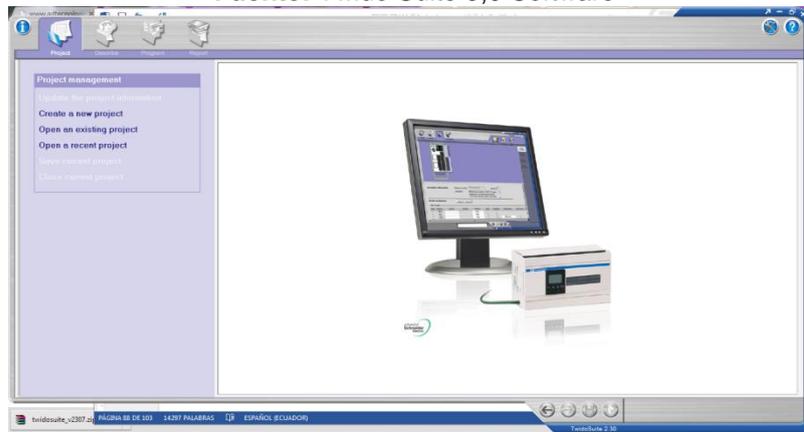
TwidoSuite es el primer software que está organizado según el ciclo de desarrollo del proyecto. La navegación por el software es tan sencilla que se convierte en innata.

TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Telemecanique. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje, después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata.

Es un programa basado en Windows de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecuta en sistemas operativos Windows 2000, XP Professional o superiores.



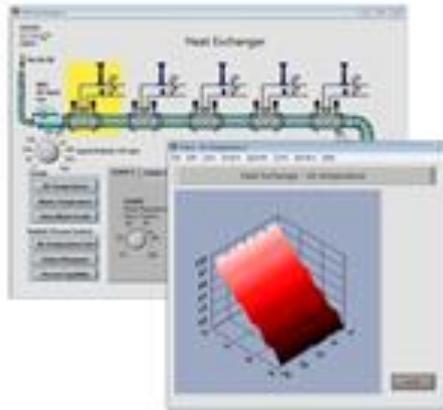
Figuralll-36. Pantalla inicial de Twido Suite
Fuente: Twido Suite 3,0 Software



Figuralll-37. Pantalla principal de Twido Suite
Fuente: Twido Suite 3,0 Software

3.2.2.3. LabVIEW 2011 Dataloggin and Supervisory Control Module

El Módulo NI LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC) (8) es el complemento de LabVIEW, para desarrollar su HMI/SCADA o aplicaciones de registro de datos de muchos canales. Con LabVIEW DSC, se puede desarrollar de manera interactiva un sistema de monitoreo y control distribuido que va desde docenas hasta decenas de miles de etiquetas. Incluye herramientas para registrar de datos a una base de datos histórica en red, rastrear tendencias de datos históricos y en tiempo real, administrar alarmas y eventos, crear redes de objetivos LabVIEW Real-Time y dispositivos OPC en un sistema completo y añadir seguridad a interfaces de usuarios.



Figuralll-38. Dataloggin and Supervisory Control
Fuente: <http://sine.ni.com>

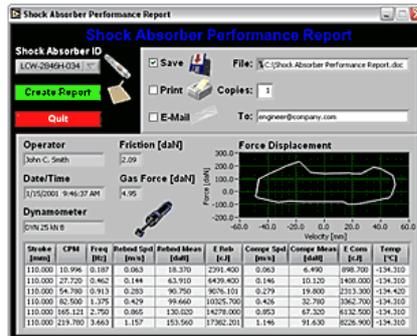
Contiene:

- ✓ Cliente/servidor OPC-UA, cliente OPC Clásico y Modbus para compartir datos con dispositivos de terceros
- ✓ Base datos integradas en red para registro de datos distribuido
- ✓ Desarrollo gráfico para HMI y aplicaciones de monitoreo y control distribuido
- ✓ Tendencias de datos históricos y de tiempo real, alarmas y manejo de eventos basados en configuración
- ✓ Etiquetas ilimitadas para conectar a hardware de NI, PLCs y otro hardware de terceros
- ✓ El Despliegue requiere una Licencia de Ejecución del Módulo LabVIEW DSC.

3.2.2.4. LabVIEW 2011 Report Generation Toolkit for Microsoft Office

El NI LabVIEW Report Generation Toolkit (8) para Microsoft Office es una biblioteca de VIs flexibles y fáciles de usar para crear y editar de manera programática reportes de Microsoft Word y Excel desde NI LabVIEW. Ya sea que se necesite generar reportes para resumir resultados de pruebas de

manufactura o compilar estadísticas de procesos para mejorar sus rendimientos de producción, el LabVIEW Report Generation Toolkit acelera el desarrollo de reportes profesionales personalizados. Crear reportes personalizados en mucho menos tiempo usando el nuevo Microsoft Office Report Express VI.



Figuralll-39. Report Generation Toolkit
Fuente: <http://sine.ni.com>

El toolkit permite:

- ✓ Crear reportes personalizados usando el Microsoft Office Report Express VI
- ✓ Crear plantillas de reportes
- ✓ Administrar el diseño, formato y apariencia de reportes
- ✓ Reportes de correos electrónicos y macros de ejecución
- ✓ Crear y editar de manera programática reportes en Microsoft Word y Excel

3.2.3. Actuadores

3.2.3.1. Resistencias de calentamiento

Las resistencias calentadoras (10), convierten energía eléctrica en calor. Joule descubrió en 1841 que al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor se liberó calor por encontrar resistencia.

En la actualidad las resistencias calentadoras se utilizan para infinidad de aplicaciones. La gran mayoría de ellas son fabricadas con un alambre de una aleación de níquel (80%) y cromo (20%). Esta aleación soporta temperaturas muy altas (1000 °C) es resistivo (condición necesaria para generar calor, es muy resistente a los impactos y es inoxidable.

El calentamiento de piezas por resistencias eléctricas puede ser directo, cuando la corriente eléctrica pasa por las piezas o indirecto, cuando las piezas se calientan por radiación, convección o una combinación de ambas, procedente de las resistencias propiamente dichas dispuestas en las proximidades de las piezas.

En la industria es mucho más frecuente el calentamiento indirecto por resistencias eléctricas. Dichas resistencias pueden ser, barras, varillas, alambre o pletinas dispuestos en las paredes de la cámara de calentamiento del horno, transmitiendo calor a las piezas por radiación.

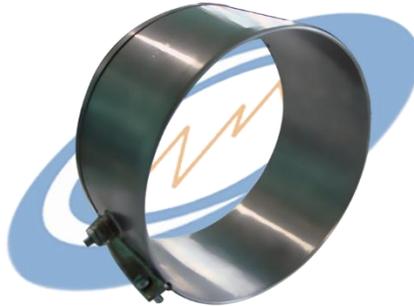
En las máquinas de formación de techo traslúcido se tienen resistencias por calentamiento indirecto,

De la práctica se ha podido determinar los siguientes tipos de resistencias:

✓ **Resistencia tipo abrazadera**

Las resistencias tipo banda son calefactores aislados con mica o cerámica que consiste prácticamente en una abrazadera la cual la sujeta al área cilíndrica que se requiere calentar, las terminales de conexión

pueden ser tipo tornillo o cables flexibles, existen una gran cantidad de tamaños y formas.



FiguraIII-40. Resistencia tipo abrazadera

Fuente: www.jmi.com.mx

✓ **Resistencia tipo placa**

Estas resistencias pueden tener cualquier forma sea cuadrada, rectangular circular. Se exponen normalmente al aire, y sus usos en superficies planas, cuartos y ductos, placas y dados, incubadoras y esterilizadores. Sus terminales son de tornillo, con caja de conexiones.



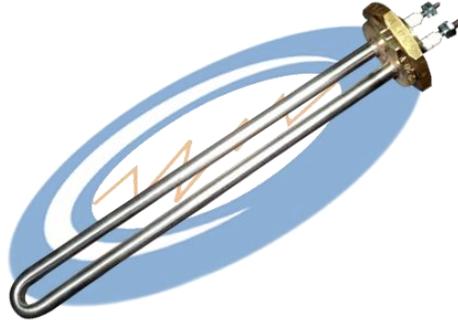
FiguraIII-41. Resistencia tipo placa

Fuente: www.jmi.com.mx

✓ **Resistencia tipo barra**

Las resistencias tubulares pueden ser fabricadas en una amplia variedad de formas en fundas de cobre, acero inoxidable, incoloy y tienen las

características de resistencia contra los choques térmicos, corrosión, altas temperaturas y vibraciones.



FiguraIII-42. Resistencias tubulares
Fuente: www.jmi.com.mx

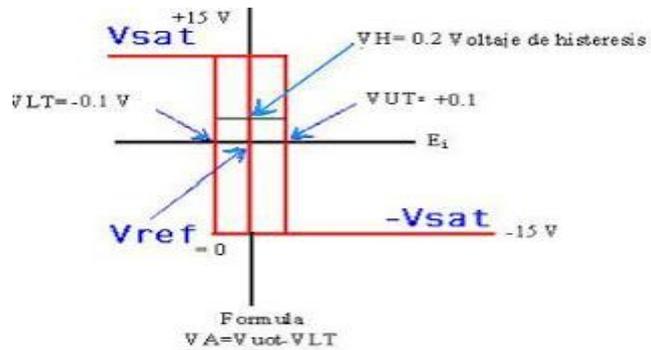
3.2.4. Control de temperatura

3.2.4.1. Regulador ON-OFF

Es la regulación más simple y económica, interesante en numerosas aplicaciones en las que puede admitirse una oscilación continua entre dos límites, siempre y cuando se trate de procesos de evolución lenta (14). Como ejemplos podemos citar la regulación de nivel, de presión o de temperatura, todos ellos problemas relativamente sencillos de lógica digital que no tratamos en este tema. Numerosos reguladores incorporan esta función básica, que además ofrece la máxima rapidez de respuesta y en ocasiones se recurre a este tipo de control cuando el error es grande, y se pasa de forma automática a otro tipo de regulación cuando el error se aproxima a cero.

3.2.4.2. Histéresis

Es una técnica estándar que sirve para mostrar el comportamiento de un comparador por medio de un sola gráfica en vez de dos, como se puede observar en la figura 42, el eje horizontal representa el voltaje de entrada y el eje vertical el voltaje de salida, cuando E_i es menor que V_{UT} $V_o = +V_{sat}$. La línea vertical muestra que V_o va de $+V_{sat}$ a $-V_{sat}$ cuando E_i es mayor que V_{UT} . V_o cambia desde $-V_{sat}$ hasta $+V_{sat}$ cuando E_i es menor que V_{LT} . La diferencia entre V_{UT} y V_{LT} se denomina voltaje de histéresis. (17)



Figuralll-43. Etapa de histéresis
Fuente: www.sapiensman.com

3.2.4.3. Control PID de temperatura

El algoritmo de control más ampliamente extendido es el PID (14), pero existen muchos otros métodos que pueden dar un control de mayor calidad en ciertas situaciones donde el PID no responde a la perfección. El PID da buenos resultados en la inmensa mayoría de casos y tal vez es por esta razón que goza de tanta popularidad frente a otros reguladores teóricamente mejores. Los diseñadores de software de regulación pretenden que programar los nuevos

sistemas de control sea tan fácil y familiar como el PID, lo que posibilitaría una transición sin dificultades.

Un regulador proporcional-integral-derivativo o PID tiene en cuenta el error, la integral del error y la derivada del error. La acción de control se calcula multiplicando los tres valores por una constante y sumando los resultados. Los valores de las constantes, que reciben el nombre de constante proporcional, integral y derivativa, definen el comportamiento del regulador.

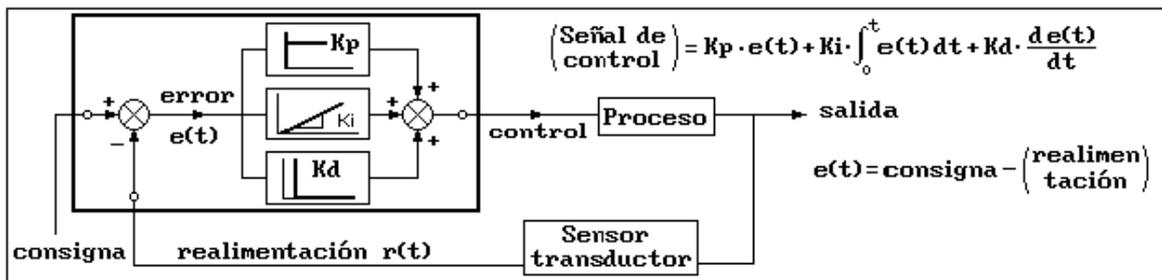


Figura III-44. Control PID
Fuente: www.oocities.org

La acción proporcional hace que el PID responda enérgicamente cuando el error es grande. La parte problemática es la sintonización, es decir, dar valores a las constantes que representan las intensidades con las que actúan las tres acciones. La solución a este problema no es trivial puesto que depende de cómo responde el proceso a los esfuerzos que realiza el regulador para corregir el error.

Si se considera un proceso con un retraso considerable y el error varía rápidamente por un cambio en consigna o en carga (perturbaciones), el regulador reaccionará de inmediato, pero como el sistema responde lentamente, la acción integral empezará a tomar mucha importancia y cuando

llegue al punto de consigna mantendrá una acción muy intensa basada en el error existente durante el tiempo de retraso y produciendo un rebasamiento. En los procesos con mucho retraso, la acción integral debe ser pequeña según esta consideración.

Si el proceso presenta poco retraso, el término integral tendrá poco peso respecto a las otras dos acciones porque los errores existen poco tiempo. En cambio, el término derivativo será de importancia porque el error varía con rapidez, debiendo utilizar una constante derivativa pequeña para evitar reacciones exageradas.

3.3. Diseño del Sistema SCADA

Dentro del diseño se detallará a profundidad todo lo correspondiente al diseño de la etapa de control y la red propiamente dicha sobre la base del diseño mecánico establecido y completamente funcional.

3.3.1. Diseño Mecánico

El proceso de formación de láminas de polipropileno, se lo realiza mediante una máquina que combina ciertas formas de tratamiento del polipropileno, comprendida en tres etapas: extrusión, inyección y termo formado.



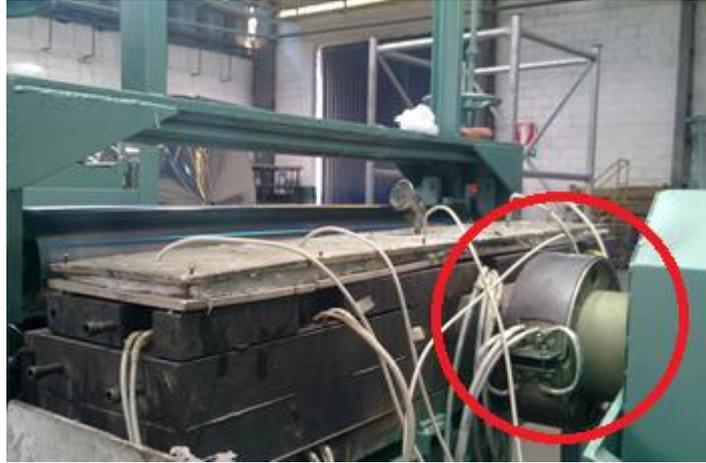
Figura III-45. Máquina de fabricación Techoluz
Fuente: Los autores

Así se tiene el cañón extrusor, provisto de un tornillo helicoidal en su interior el cual mueve el polipropileno cuando la temperatura es la óptima para su funcionamiento, mismo que calienta y lleva el polipropileno a la temperatura de fusión. Se encuentra provisto de resistencias de calentamiento tipo abrazadera, ubicadas en cinco posiciones con cargas iguales para la distribución correcta del calor, en cada posición se encuentra ubicada estratégicamente una termocupla como sensor para la adquisición de los valores de temperatura para fines de control pertinentes.



Figura III-46. Termocupla ubicada en el cañón
Fuente: Los autores

Al final del cañón se encuentra la rejilla que consiste en una malla por donde pasa el polipropileno en estado semilíquido propiciando de ésta manera una inyección de material hacia el labio.



FiguraIII-47. Rejilla

Fuente: Los autores

Seguidamente, se tiene la parte de inyección comúnmente denominada, labio laminador o labio inyector, que se encuentra estrechamente adyacente a la parte final del cañón extrusor o rejilla, dicha sección está formada por placas de acero que en su interior llevan talladas cavidades para guiar la salida de polipropileno en estado semilíquido al exterior y tomar forma de lámina. También se tienen resistencias de calentamiento en forma de placas, distribuidas a lo largo de todo el labio conformando cinco grupos con las termocuplas respectivas que permiten la obtención de la temperatura.

Del labio inyector, el polipropileno pasa a la calandra, que consiste en varios cilindros que reciben el PP y por medio de su rotación le dan forma laminar enfriándolo por el ingreso de agua al interior del cilindro, teniendo a la salida una lámina plana de material.



Figuralll-48. Labio laminador dispuesto de termocuplas en la parte superior
Fuente: Los autores



Figuralll-49. Vistas de ingreso y salida de material de la calandra
Fuente: Los autores

La plancha obtenida pasa luego a un horno de gran proporción provisto en su interior por un tren de moldes, a ésta sección se la conoce como termo formación, dado que la lámina totalmente plana ingresa a éste horno para incrementar su temperatura y someterse a moldes que van a proporcionar la forma sea ondulada o cuadrada requerida, al final de su paso por el tren la lámina vuelve a adquirir consistencia y finalmente es cortada y apilada por un operario.



Figurall-50. Entrada al horno de termo formado
Fuente: Los autores



Figurall-51. Tren de termoformado
Fuente: Los autores

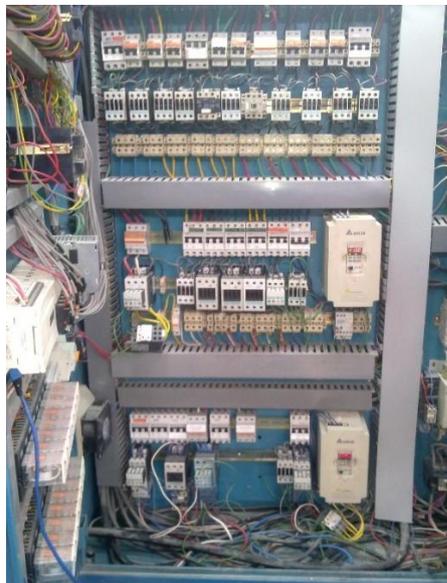
3.3.2. Diseño eléctrico

Para el diseño eléctrico no se ha incursionado más allá de hacer compatible el control mediante PLCs del sistema con la parte de potencia de los tableros eléctricos correspondientes:

Para los tableros eléctricos aparte de la utilización de los distintos elementos antes mencionados también se requirió:

- ✓ Relés de 110 VAC y bases
- ✓ Relés de 24 VDC y bases
- ✓ Porta fusibles y fusibles 2A
- ✓ Switch trifásicos y bifásicos

- ✓ Borneras eléctricas
- ✓ Cable 16 AWG flexible
- ✓ Cable de Termocupla tipo J
- ✓ Marquillas
- ✓ Terminales para ponchado de cable de termocupla
- ✓ Botón Marcha-Paro
- ✓ Luces piloto
- ✓ Seleccionador



Figurall-52. Tablero eléctrico máquina 2
Fuente: Los autores



Figurall-53. Tablero eléctrico de control máquina 1.
Fuente: Los autores



Figurall-54. Tablero eléctrico de control máquina 2
Fuente: Los autores

3.3.3. Diseño de la red industrial

3.3.3.1. Diseño de hardware

La red industrial comprende la operación de los dos autómatas programables Twido y sus respectivas salidas Ethernet.



Figurall-55. Caja de protección del switch industrial
Fuente: Los autores

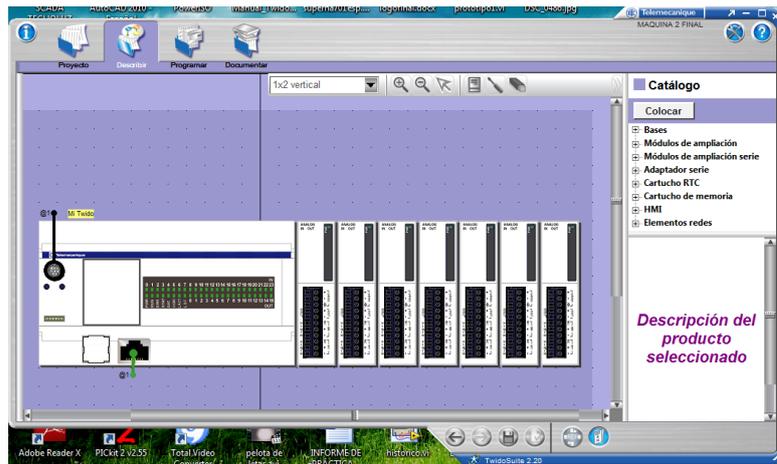
Estas salidas son llevadas a un Switch Industrial Siemens donde se multiplexa la data proveniente de los PLCs a una sola salida que se conectará a la PC. Por lo tanto se gestionará la información de temperatura suministrada desde cada máquina a una sola estación ubicada en el computador bajo el protocolo estándar Ethernet.



FiguraIII-56. Botoneras máquina 1 y máquina 2
Fuente: Los autores

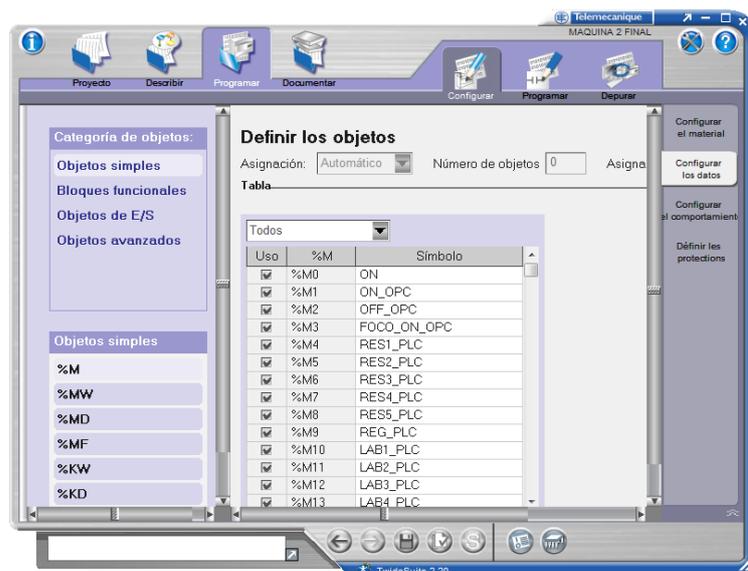
3.3.3.2. Diseño de software

Para el software del sistema, una vez establecidas las entradas se las ubica a nivel de hardware en el PLC y posteriormente en el software correspondiente. Para el caso citado, el programa Twido Suite, proporcionará el entorno donde se desarrollará el programa que gestiona los procesos a llevarse a cabo dentro del autómata.



FiguraIII-57. PLC en entorno Twido Suite
Fuente: Los autores

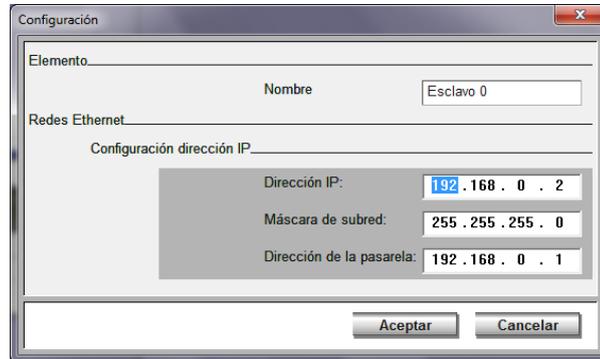
Para definir los objetos o entradas y salidas utilizamos memorias, mismas que deben detallarse en el PLC para su posterior tratamiento.



FiguraIII-58. Definición de objetos
Fuente: Los autores

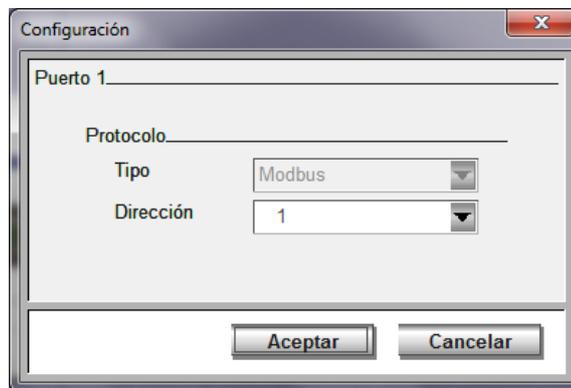
Para configurar la máquina 1 y sabiendas de que para tener salida Ethernet del PLC se debe adaptar un módulo Ethernet, se debe establecer una dirección IP al módulo Ethernet, en éste caso se denominará con la dirección 192.168.0.2 y

como gateway la dirección de la PC (192.168.0.1) tal como se muestra a continuación.

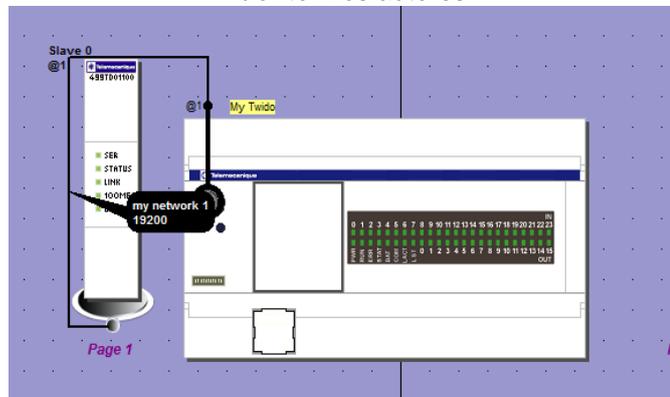


Figurall-59. Configuración IP en módulo Ethernet
Fuente: Los autores

El módulo Ethernet se conecta al puerto RS-485 del PLC, por lo que es importante configurar dicho puerto con protocolo tipo Modbus y la dirección 1 para éste caso donde sólo existe una conexión.

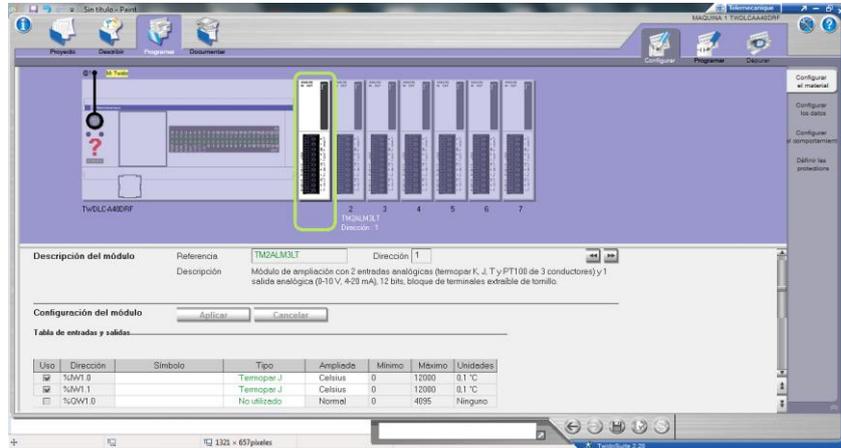


Figurall-60. Configuración puerto RS-485 con Modbus
Fuente: Los autores



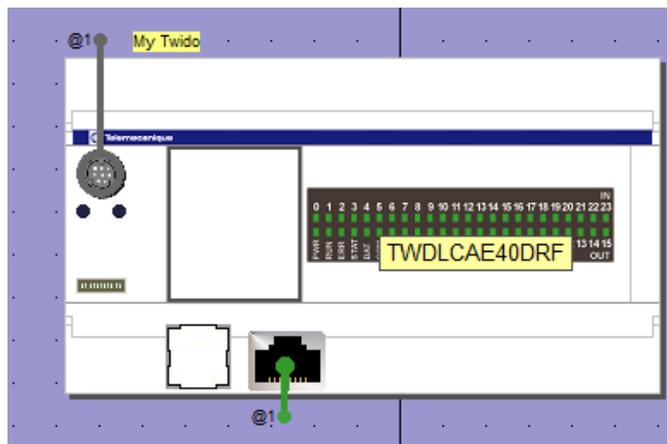
Figurall-61. Red 1 del puerto RS-485 al módulo Ethernet
Fuente: Los autores

Luego se configura el módulo de temperatura, habilitando las entradas y salidas de ser necesario.



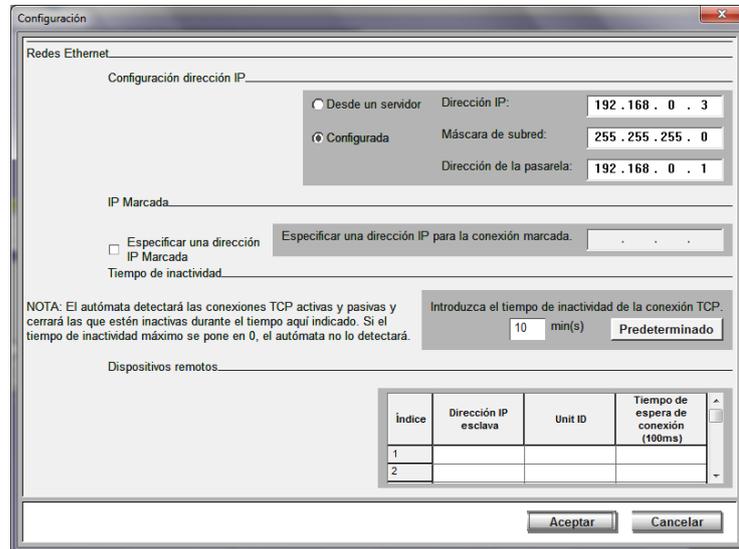
FiguraIII-62. Módulo de temperatura
Fuente: Los autores

Para configurar la máquina 2 el trabajo se reduce dado que el PLC cuenta con puerto Ethernet y la configuración del mismo se hace dando click en el slot correspondiente como se muestra a continuación.



FiguraIII-63. PLC correspondiente a la máquina 2
Fuente: Los autores

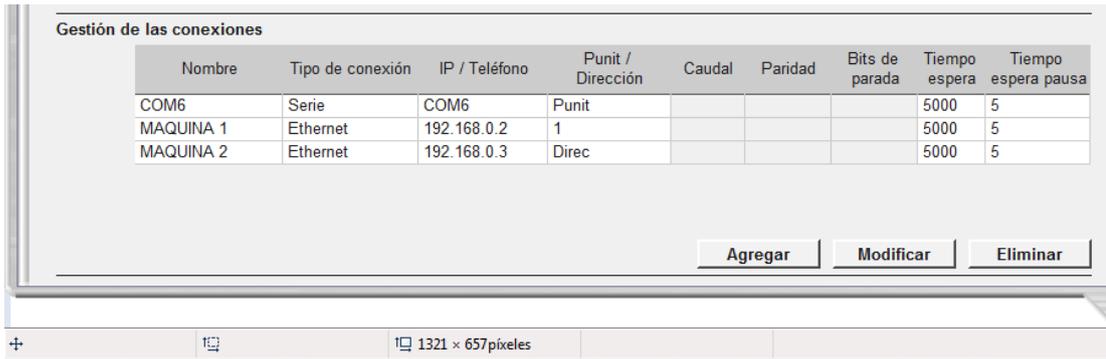
Se procede a configurar la dirección IP de forma similar a como se realizó previamente en el módulo Ethernet. Para éste caso se destina la dirección 192.168.0.3 con gateway 192.168.0.1 correspondiente a la PC.



Figuralll-64. Configuración IP en PLC de máquina 2
Fuente: Los autores

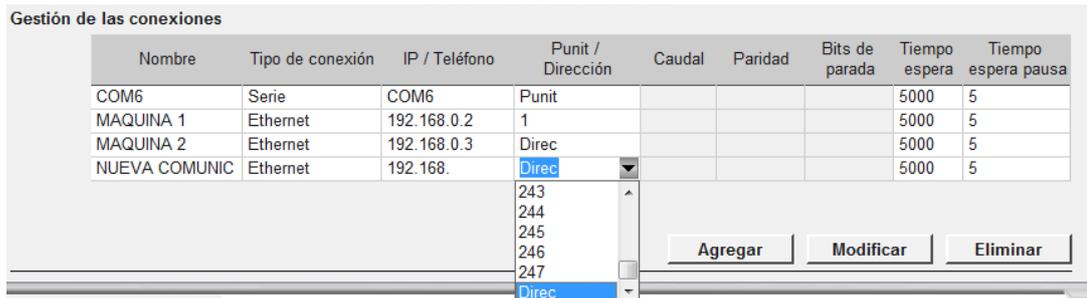
Finalmente para poder acceder a los PLCs por un cable de red en lugar de sólo por el cable de programación y de ésta manera configurar y obtener datos es importante definir las comunicaciones. Se puede configurar los tipos de conexión dirigiéndose a la parte superior derecha en **Herramientas→Gestión de las conexiones→Agregar**.

En ésta sección se especifica la IP, en caso de existir alguna red se indica el número de red de lo contrario se configura como Direc, nótese que para la máquina 1 donde se tiene una red del puerto RS-485 al Módulo Ethernet y para la máquina 2 donde en el PLC viene incorporado el puerto Ethernet se indica Direc para el caso.



Figuralll-65. Configuración de comunicaciones

Fuente: Los autores

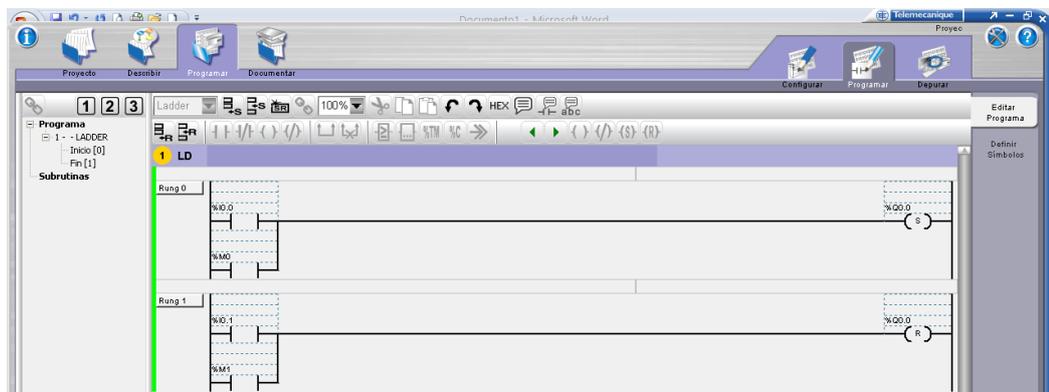


Figuralll-66. Selección de dirección

Fuente: Los autores

Finalizada la programación en el Twido Suite se debe exportar los datos de las memorias del PLC al NI OPC Server para poder conectar el PLC con la interfaz gráfica en LabView. El procedimiento se detalla a continuación:

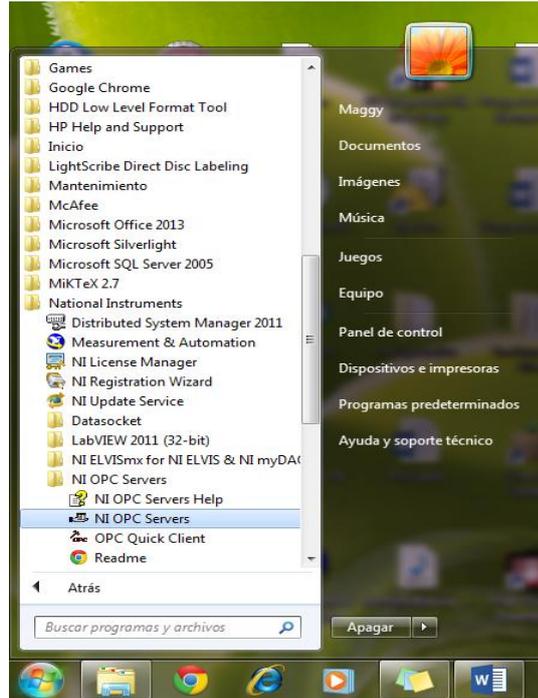
- ✓ Abrir el Twido Suite, crear un programa y transferir al PLC, luego desconectar el PLC del PC.



Figuralll-67. Programa en Twido Suite

Fuente: Los autores

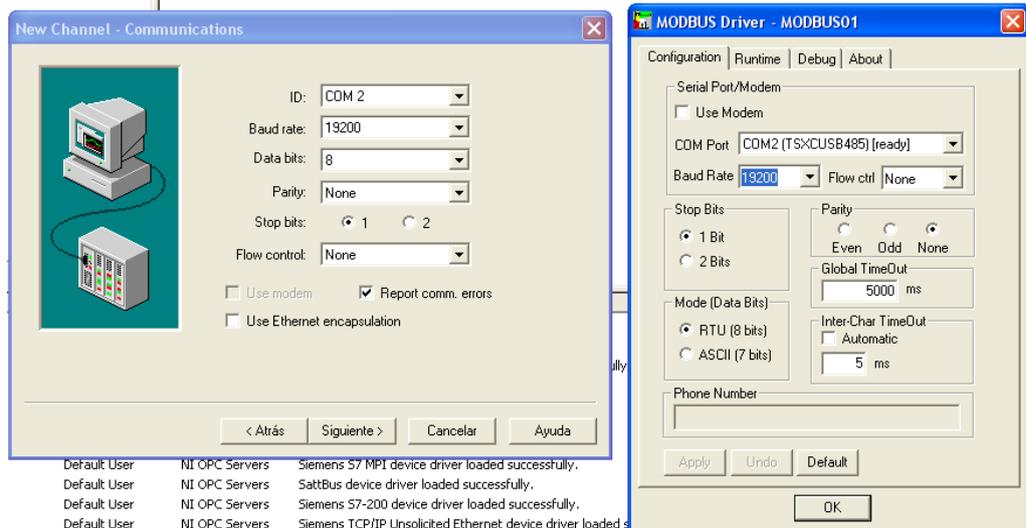
- ✓ Abrir OPC Server de National Instruments.



FiguraIII-68. Selección NI OPC Servers

Fuente: Los autores

- ✓ Para configurar la conexión se debe:
 - Crear un archivo de nueva conexión dentro del OPC Server. Luego poner nombre de aplicación y escoger del Device Driver el tipo Modbus serial.



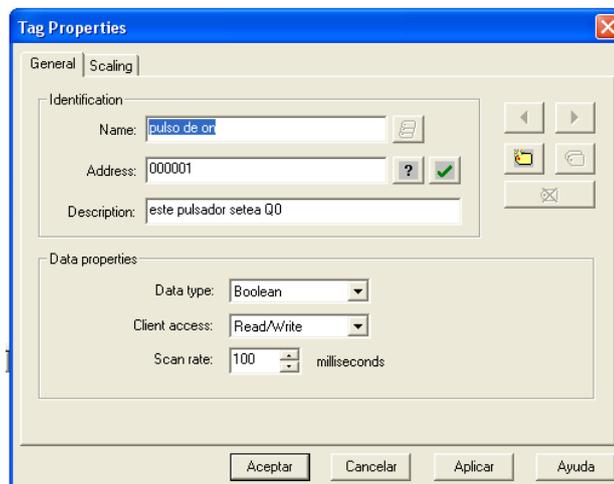
FiguraIII-69. Configuración del canal

Fuente: Los autores

- Escoger el canal de comunicaciones que debe ser el mismo usado para la comunicación entre PLC-PC y establecer los mismos parámetros de comunicación que en el Modbus Driver de Schneider Electric.
 - Optimización de escritura: Escoger escribir todos los valores para todas las etiquetas (las no booleanas sirve para adquirir valores analógicos).
 - Finalizar el asistente de OPC.
- ✓ Para configurar el dispositivo (PLC1 por ejemplo) del tipo de conexión Modbus:
- Establecer como Device ID 1 (corresponde al número del PLC en una red) y decimal para el tipo de número a usar (puede ser octal o hexadecimal).
 - Configura el tiempo de lectura de las variables: 1 sec
 - Auto demotion: nada
 - Database creation: si desea crear base de datos aplicar, caso contrario siga.
 - Data access setting: siguiente
 - Data encoding setting: siguiente
 - Block sizes; siguiente
 - Variable import setting: siguiente (para cargar nombres)
 - Framing : siguiente (Para comunicación TCP/IP)
 - Error handling: siguiente
 - Finalizar la configuración del device.

- ✓ Luego agregar una etiqueta estática dándole un nombre, dirección y descripción. La dirección sigue el siguiente orden:
 - 100001 para lectura, apunta a la memoria 0 del PLC o sea a %M0 como contact
 - 000001 para escritura, apunta a la memoria 0 del PLC o sea %M0 como contact
 - 100002 para lectura, apunta a la memoria 1 del PLC o sea a %M1 como contact
 - 000002 para escritura, apunta a la memoria 1 del PLC o sea %M1 como contact
 - 100003 para lectura, apunta a la memoria 2 del PLC o sea a %M2 como coil (para más memorias ver la caja Hints)

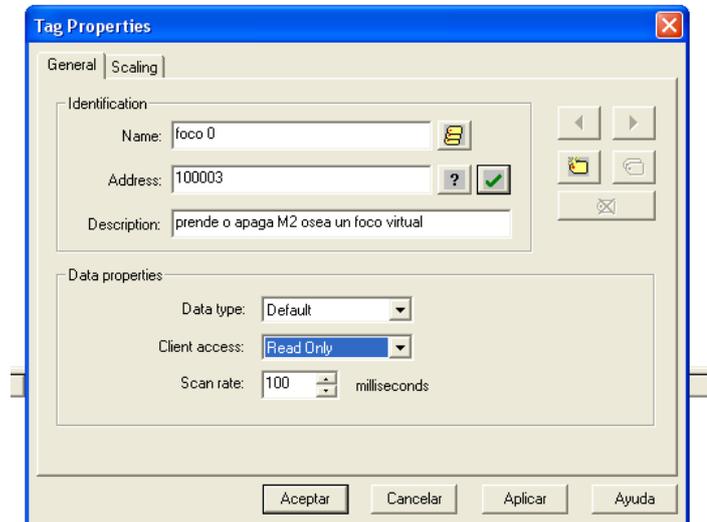
La ficha Scaling permite dar una escala de la lectura analógica de una entrada de este tipo del PLC la cual es leída directamente por Labview y muestra la conversión directamente sin realizar dicha conversión en el PLC.



Figuralll-70. Configuración de una tag

Fuente: Los autores

- ✓ Agregar etiquetas estáticas cuanto sean necesarias como nuevas entradas o salidas que se desean visualizar en Labview como HMI.

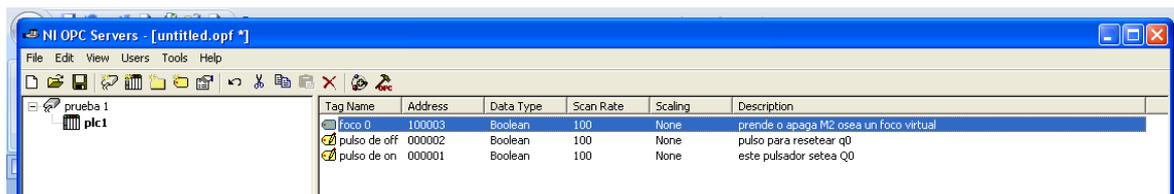


NI OPC Servers SIXNET UDR device driver loaded successfully.

Figuralll-71. Etiquetas
Fuente: Los autores

- ✓ Aplicar y aceptar

Nótese que los gráficos de las etiquetas creadas donde indica etiqueta y lápiz corresponden a lectura y escritura mientras que las que cuentan sólo con etiqueta son de sólo lectura.



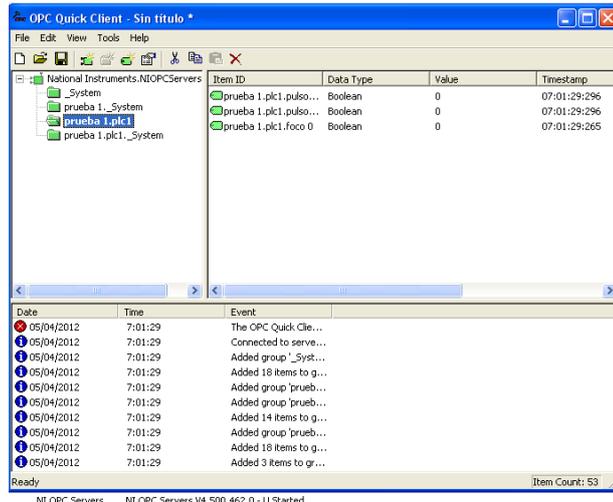
Figuralll-72. Vista de tags en NI OPC Servers
Fuente: Los autores

- ✓ Guardar la configuración de OPC y lanzar el OPC Quick Client.



Se abre la ficha de OPC Quick Client y abrir luego la carpeta verde de la aplicación que se ha configurado (en este caso prueba 1.plc1) y a la derecha

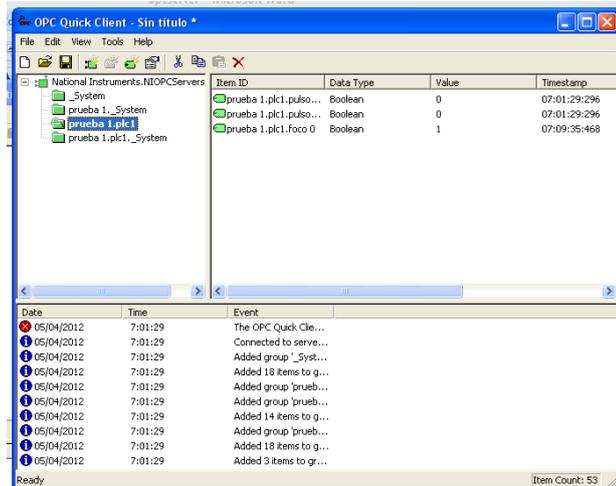
podrá verse el valor de las variables; en la ficha de NI OPC Servers podrá observarse abajo el listado de los eventos, ahí se debe constatar que todos los eventos tengan el ícono con al “i” en azul y confirmar que Modbus está conectado sin problemas y si la versión del OPC es de evaluación dará un mensaje del inicio del tiempo del demo.



FiguraIII-73. Simulación Quick Client

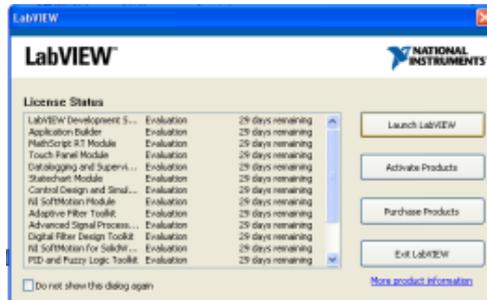
Fuente: Los autores

En esta etapa si al PLC se le da la señal de una de las tags creadas, el valor que ésta toma se reflejará en el OPC Quick Client (en este caso si se pulsa i0.0 del PLC cambiará el valor de q0.0 por lo tanto se lee el estado de las entradas y salidas del programa del PLC).



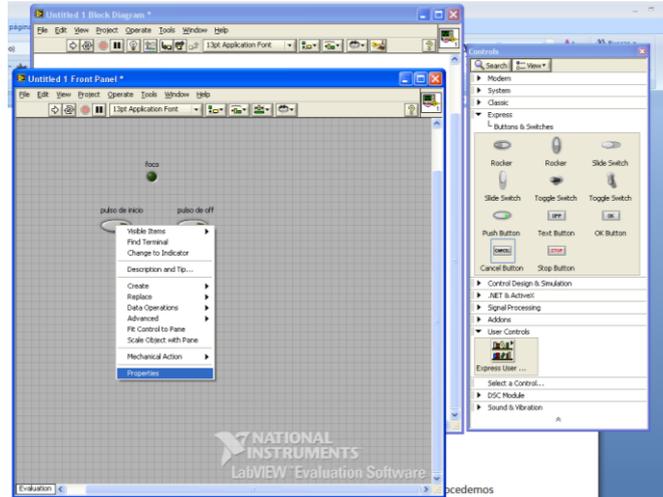
Figuralll-74. Pruebas con OPC Quick Client
Fuente: Los autores

Con todo lo anterior se ha asegurado que la comunicación entre PLC y OPC esté correctamente realizada y configurada. Posteriormente se puede lanzar Labview para crear la aplicación HMI.



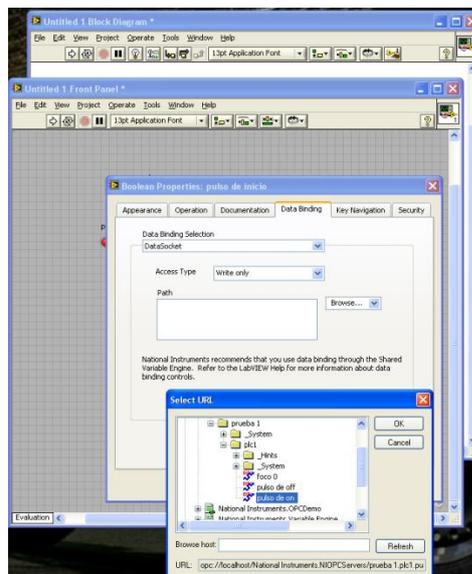
Figuralll-75. Ventana de ingreso a LabView
Fuente: Los autores

- ✓ Se crea un nuevo VI, en el espacio del VI se coloca dos pulsadores de Pulso/Reset y un foco y se procede a su configuración.



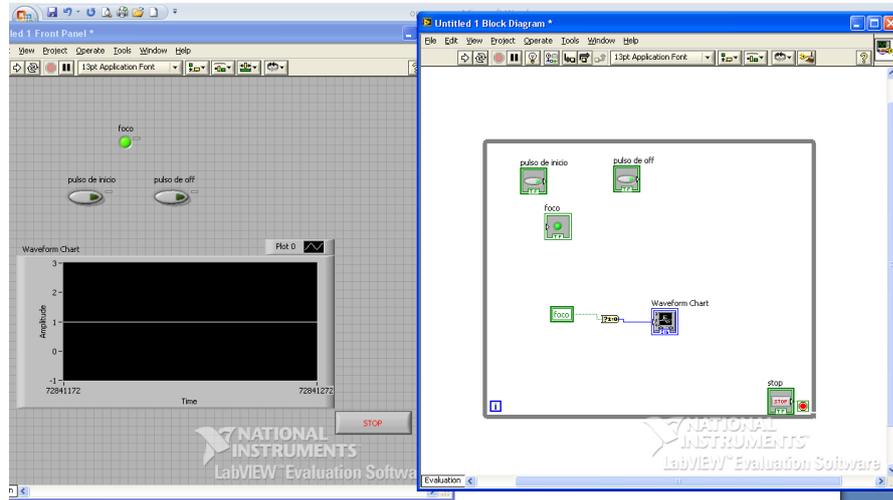
Figurall-76. Configuración propiedades de controles
Fuente: Los autores

- ✓ En la caja de diálogo de propiedades booleanas se puede configurar las propiedades mecánicas del elemento (operación, apariencia, etc.) y su dirección en la ficha Data Binding escogiendo Data Socket y tipo de acceso de escritura únicamente (el pulso On es solo de escritura) y el path de acceso (en DSTP server) de esta etiqueta ubicada en NI OPC Server.



Figurall-77. Ubicación de las tags
Fuente: Los autores

- ✓ Configurados todos los botones de acción, hacer click en Run Continuous y probar el funcionamiento de los tags. Pueden crearse varias opciones para el HMI como por ejemplo trends y charts.



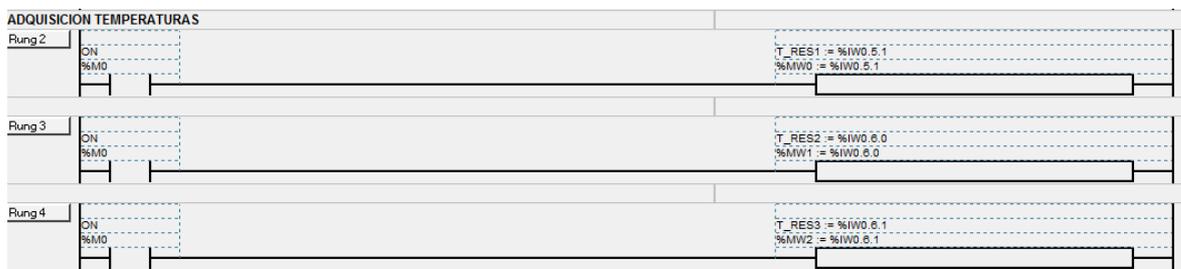
Figuralll-78. Paneles frontal y de bloques del ejemplo
Fuente: Los autores

3.4. Implementación

3.4.1. Red Industrial Ethernet

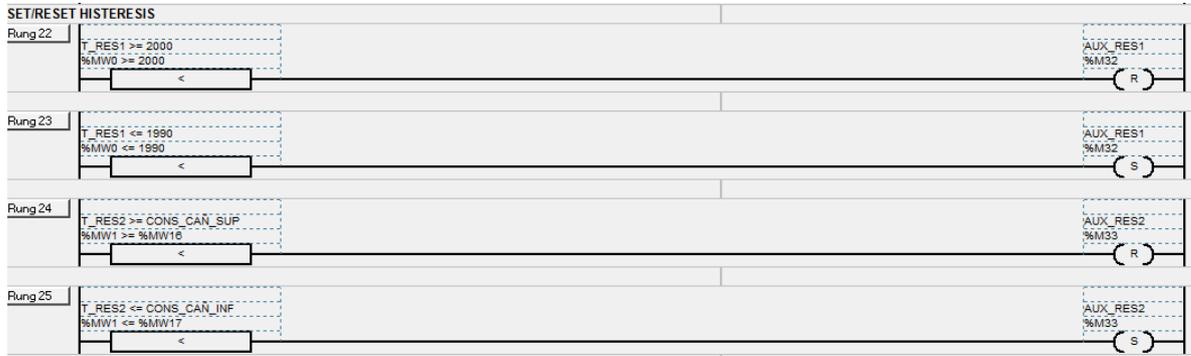
3.4.1.1. TWIDO SUITE

El Twido Suite nos brinda un entorno de programación en ladder bastante amigable y fácil de comprender. Luego de programar las entradas correspondientes para las órdenes de inicio y paro, se procede a la adquisición de las temperaturas desde las entradas analógicas del módulo de temperatura.



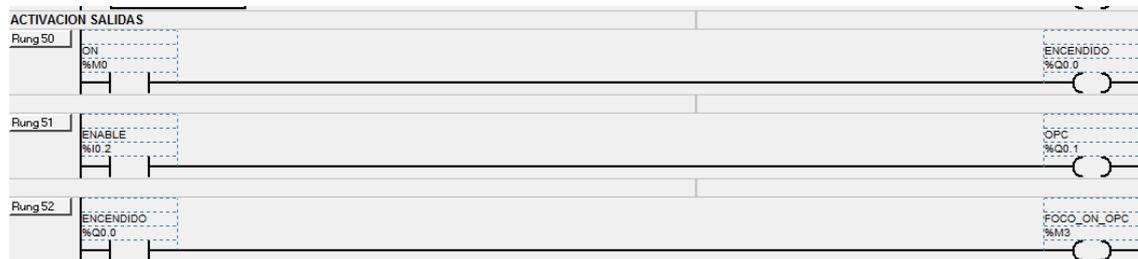
Figuralll-79. Adquisición de temperaturas
Fuente: Los autores

Posteriormente se procede a programar las constantes para comparar las temperaturas con dichos valores y permitir el encendido o apagado de las resistencias en un control ON/OFF sujeto a histéresis.



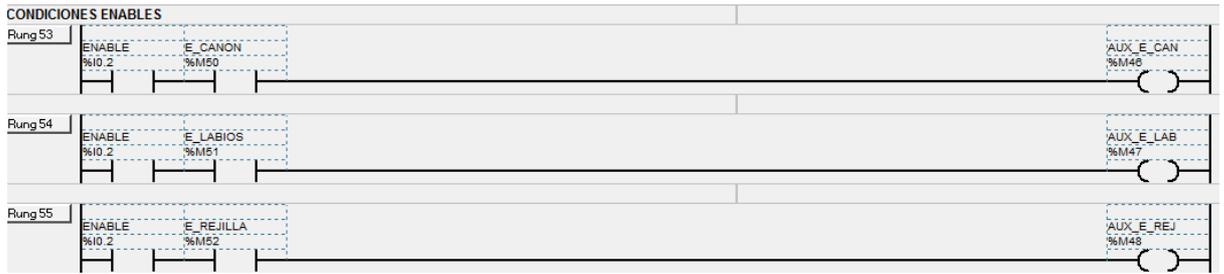
Figuralll-80. Programación de límite sup e inf de temperaturas por resistencia.
Fuente: Los autores

Para permitir que la PC controle a través del uso del OPC Server se tiene una entrada correspondiente al ENABLE misma que activa una salida %Q0.1 en caso de ser accionada.



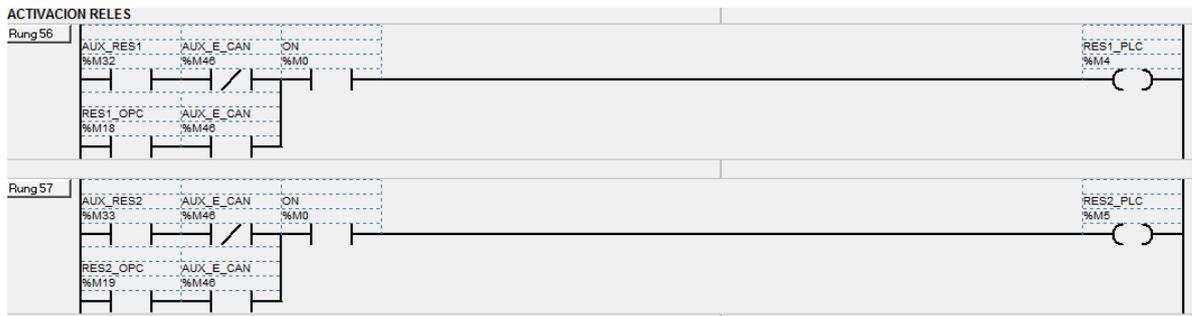
Figuralll-81. Activación de las salidas
Fuente: Los autores

A nivel de HMI se tiene un control enable que permite activar los modos de control o monitoreo de los grupos de resistencias y a nivel de botonera también tenemos un seleccionador para trabajar con el PLC o la PC. Para hacer uso del OPC se ha previsto que dichos enables estén debidamente accionados caso contrario el control lo tomaría el PLC únicamente.



FiguraIII-82. Condiciones Enables
Fuente: Los autores

Por cuanto para la activación de los relés y control a nivel de HMI de cada resistencia e incluso para que sea posible setear una temperatura se ha tomado en cuenta las configuraciones antes mencionadas respecto a los enables y así procurar una mayor seguridad en el sistema.



FiguraIII-83. Activación de los relés
Fuente: Los autores

3.4.1.2. OPC

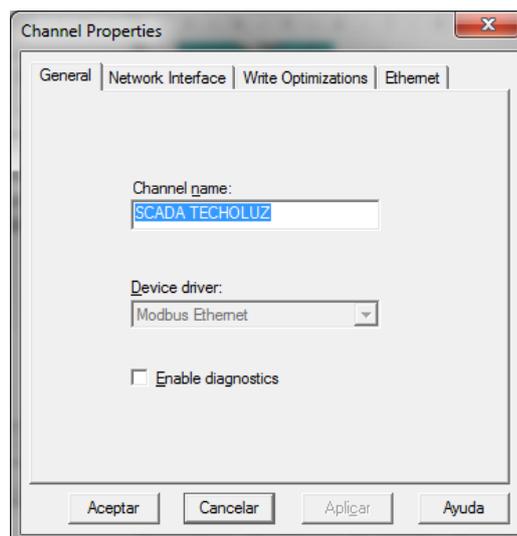
A continuación se procederá a explicar la configuración realizada para el OPC server; en este caso se ha utilizado NI OPC Server de National Instruments, el cual permitirá la comunicación entre el PLC y el HMI.

3.4.1.2.1. Configuración de dispositivos

Se inicia desde la configuración del canal que se va a utilizar. Lo principal de esta configuración, es la selección del tipo de controlador de dispositivos de dicho canal, es decir el tipo de comunicación que se va a emplear en el

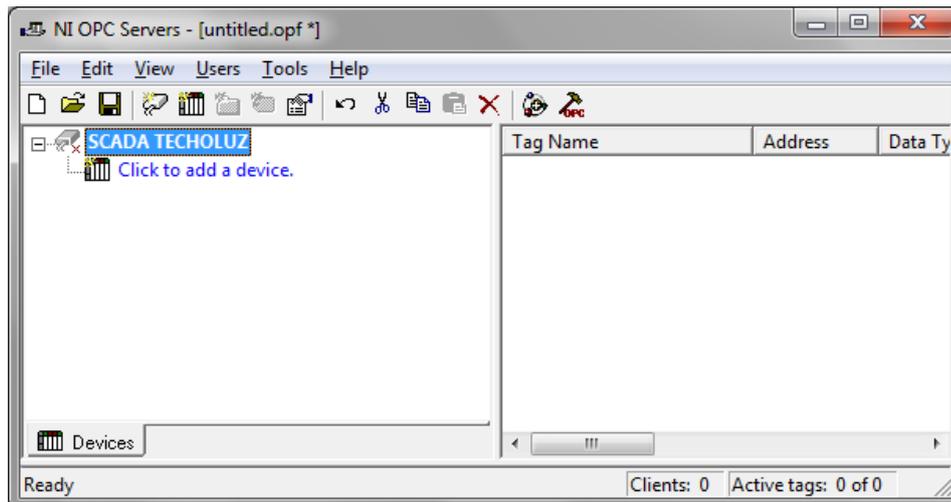
sistema; MODBUS ETHERNET en el presente caso. Si existieran dispositivos que trabajen con otro controlador distinto, se agregaría su respectivo canal de comunicación.

También se configura la interfaz de red (por defecto u otra), la forma de escritura de los tags en los dispositivos, el número de sockets por dispositivo, el número de puerto, el protocolo a utilizar (TCP/IP). Todas estas configuraciones se las puede modificar luego a excepción del controlador del dispositivo, dándole doble click en el nombre del canal creado, en la pantalla de propiedades de dicho canal.



Figuralll-84. Propiedades del canal

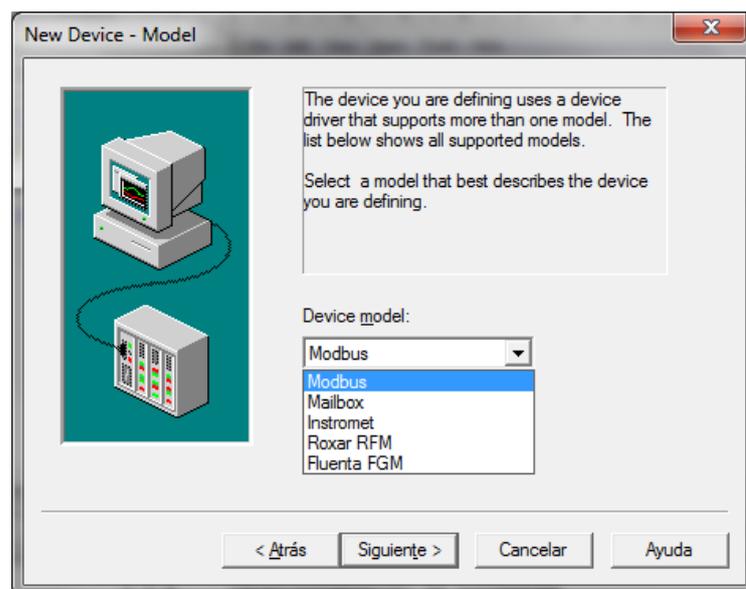
Fuente: Los autores



FiguraIII-85. Configuración de dispositivos
Fuente: Los autores

El siguiente paso es la configuración de los dispositivos, es decir cada uno de los PLCs que se va a utilizar en el SCADA.

Entre los parámetros presentes en esta configuración está el nombre del dispositivo, la selección del tipo controlador específico a utilizar (Modbus), la dirección IP configurada previamente en el dispositivo, entre otras como tiempos de desmontaje, etc., los cuales sus valores por defecto son correctos.

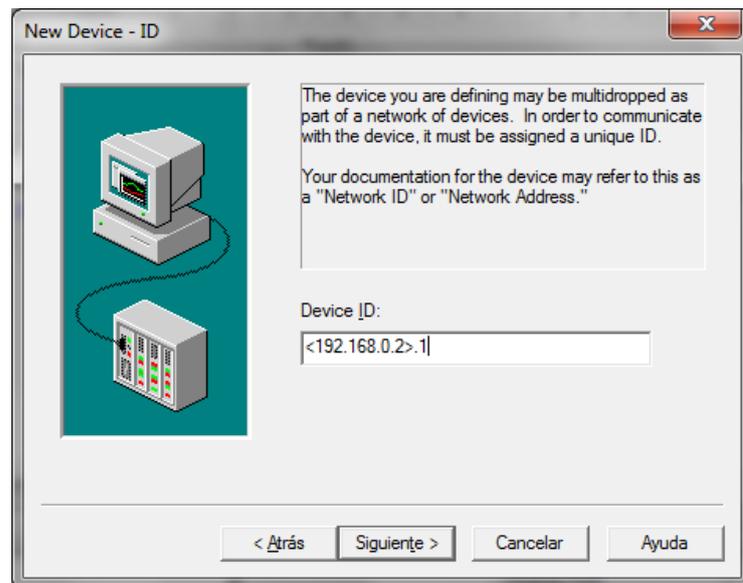


FiguraIII-86. Selección Modbus
Fuente: Los autores

Como se ha mencionado, el sistema consta de dos PLCs:

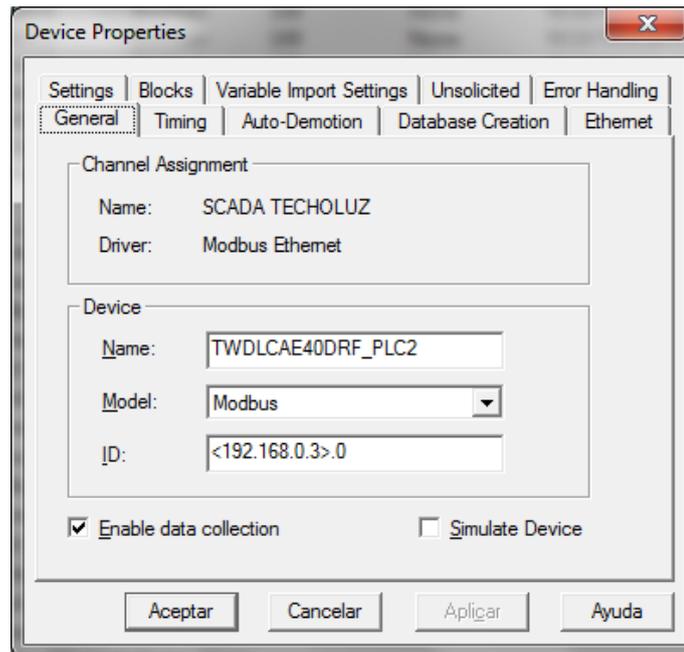
- ✓ TWDLCAA40DRF (sin puerto Ethernet)
- ✓ TWDLCAE40DRF (puerto Ethernet incorporado)

De los cuales al primero se le incorporó el módulo Ethernet, para que se pueda realizar la comunicación, y como se explicó antes, para acoplar el módulo Ethernet con el PLC, se configuró una red Modbus, con su número respectivo de dirección Modbus, 1. Es de vital importancia esta información, pues para que se dé la comunicación, además de la dirección IP configurada en el módulo Ethernet, también va la dirección de la red Modbus configurada en dicho acople.

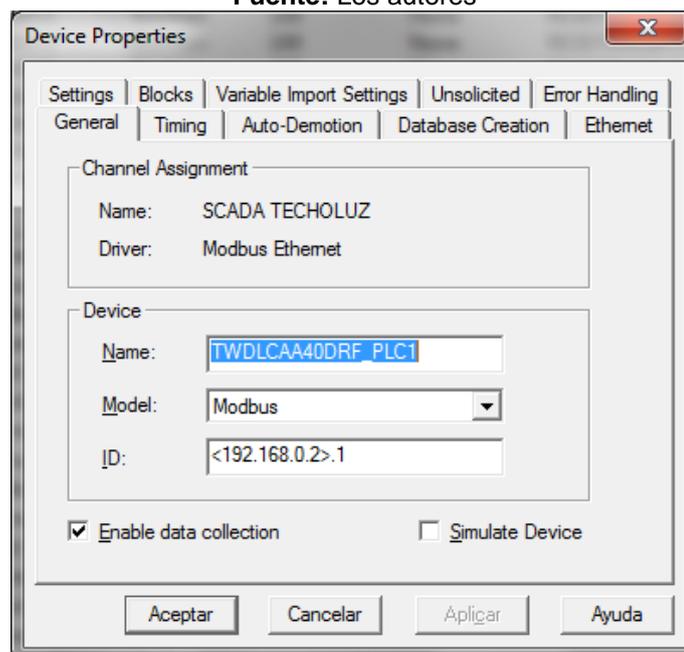


Figuralll-87. Configuración de la dirección IP del PLC TWDLCAA40DRF
Fuente: Los autores

De igual manera, luego se puede cambiar los datos configurados al momento de la creación del dispositivo, en la ventana de propiedades de cada uno de ellos.



Figuralll-88. Propiedades de la configuración del PLC TWDLCAE40DRF
Fuente: Los autores



Figuralll-89. Propiedades de la configuración del PLC TWDLCAA40DRF
Fuente: Los autores

3.4.1.2.2. Direccionamiento de memorias

Realizada la configuración de los dispositivos, es necesario configurar los Tags, para realizar la comunicación de las variables que se desee (memorias). Las direcciones de las memorias del PLC que se desee escribir o leer, en el OPC

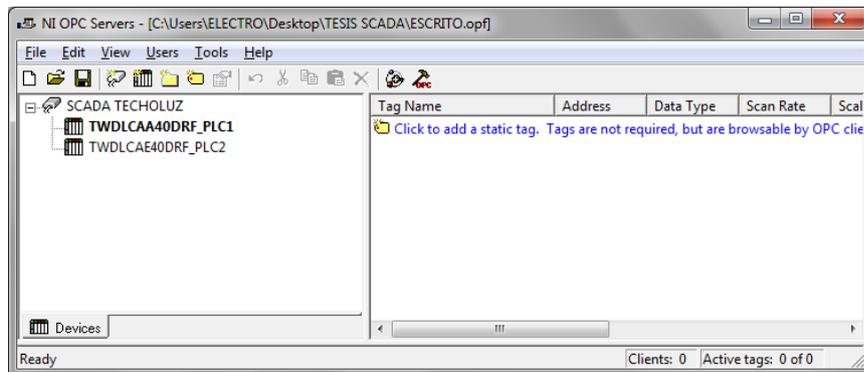
Server se le debe sumar uno; es decir si una memoria booleana en el PLC es 0, en el OPC se la configurará como 1, con su respectiva sintaxis.

El diseño del presente tema, implica el manejo de dos tipos de variables (memorias):

- ✓ Booleanas
- ✓ Word

Las variables booleanas van a ser de lectura y escritura, pues el diseño del SCADA implica el control y monitoreo del sistema, las cuales sirven para la activación de las resistencias de la máquina, y la comprobación del correcto funcionamiento de la misma.

Las variables Word son únicamente de lectura, pues estas contienen los datos adquiridos por los módulos de termocuplas; con esta información se procede al control o monitoreo del sistema.



FiguraIII-90. Configuración de las tags

Fuente: Los autores



FiguraIII-91. Configuración de las tags

Fuente: Los autores

Se pretende controlar el sistema a fin de encontrar las temperaturas a las cuales éste se mantiene estable y la resina adquiere las características ideales dentro de la producción. Luego se programa los valores encontrados de estabilización en calidad de set point, entonces el HMI podría trabajar simplemente para monitoreo y posteriormente, en caso de que se quisiera variar temperaturas para controles más rigurosos.

Al crear o añadir nuevas Tags, siempre se configura los mismos campos: nombre, dirección, descripción, tipo de dato, función del Tag (lectura o escritura) y el tiempo de escaneo. El primer número de la dirección, indica el tipo de dato que se va a utilizar y si el mismo es solo de lectura o lectura y escritura.

Dirección	Tipo
0xxxxx	Booleana lectura y escritura
1xxxxx	Booleana lectura
3xxxxx	Word, dword, float lectura

4xxxxx	Word, dword, float lectura y escritura
--------	--

Tablalll-VII. Tipos de datos OPC

Fuente: Los autores

Las dos máquinas que son objeto de control y monitoreo son similares en su estructura y en la forma de control, por lo que los tags de un dispositivo serán iguales a los del otro. En resumen se tienen tags por cada máquina con las siguientes funciones:

- ✓ 14 tags tipo Word, para la lectura de memorias donde se almacenan los datos de temperatura captados por los módulos de termocuplas.
- ✓ 34 tags tipo booleano para la lectura y escritura de datos en el PLC del sistema de control; de los cuales 14 son para ordenes de encendidos de las resistencias de las máquinas enviados desde el HMI al PLC, 14 para la visualización del estado real de las resistencias (encendidas o apagadas), 3 para habilitación de control o monitoreo de todo el sistema, 2 para el encendido y apagado del sistema en general, y 1 para la visualización del estado del sistema (encendida o apagada).

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
ON	000001	Boolean	100	None	VISUALIZA PROCESO INICIALIZADO
ON_OPC	000002	Boolean	100	None	INICIO DESDE OPC
OFF_OPC	000003	Boolean	100	None	APAGADO DESDE OPC
RES1_OPC	000019	Boolean	100	None	RESISTENCIA 1 OPC ACTIVADA
RES2_OPC	000020	Boolean	100	None	RESISTENCIA 2 OPC ACTIVADA
RES3_OPC	000021	Boolean	100	None	RESISTENCIA 3 OPC ACTIVADA
RES4_OPC	000022	Boolean	100	None	RESISTENCIA 3 OPC ACTIVADA
RES5_OPC	000023	Boolean	100	None	RESISTENCIA 5 OPC ACTIVADA
REG_OPC	000024	Boolean	100	None	REGILLA OPC ACTIVADA
LAB1_OPC	000025	Boolean	100	None	LABIOS 1 OPC ACTIVADOS
LAB2_OPC	000026	Boolean	100	None	LABIOS2 OPC ACTIVADOS
LAB3_OPC	000027	Boolean	100	None	LABIOS 3 OPC ACTIVADOS
LAB4_OPC	000028	Boolean	100	None	LABIOS 4 OPC ACTIVADOS
LAB5_OPC	000029	Boolean	100	None	LABIOS 5 OPC ACTIVADOS
HE_OPC	000030	Boolean	100	None	HORNO DE ENTRADA OPC ACTIVADO
HSS_OPC	000031	Boolean	100	None	HORNO SUPERIOR OPC ACTIVADO
HSL_OPC	000032	Boolean	100	None	HORNO INFERIOR OPC ACTIVADO
E_CANON	000051	Boolean	100	None	HABILITACION OPC CONTROL CAÑON
E_LABIOS	000052	Boolean	100	None	HABILITACION OPC CONTROL LABIOS
E_REG	000053	Boolean	100	None	HABILITACION OPC CONTROL REJILLA Y HORNOS
RES1_PLC	100005	Boolean	100	None	RESISTENCIA 1 ACTIVADA
RES2_PLC	100006	Boolean	100	None	RESISTENCIA 2 ACTIVADA
RES3_PLC	100007	Boolean	100	None	RESISTENCIA 3 ACTIVADA
RES4_PLC	100008	Boolean	100	None	RESISTENCIA 4 ACTIVADA
RES5_PLC	100009	Boolean	100	None	RESISTENCIA 5 ACTIVADA
REG_PLC	100010	Boolean	100	None	REGILLA ACTIVADA
LAB1_PLC	100011	Boolean	100	None	LABIOS 1 ACTIVADOS
LAB2_PLC	100012	Boolean	100	None	LABIOS 2 ACTIVADOS
LAB3_PLC	100013	Boolean	100	None	LABIOS 3 ACTIVADOS
LAB4_PLC	100014	Boolean	100	None	LABIOS 4 ACTIVADOS

Figuralll-92. Tags declarados de la máquina 1

Fuente: Los autores

3.4.1.3. SCADA

3.4.1.3.1. Sistema de monitoreo y control

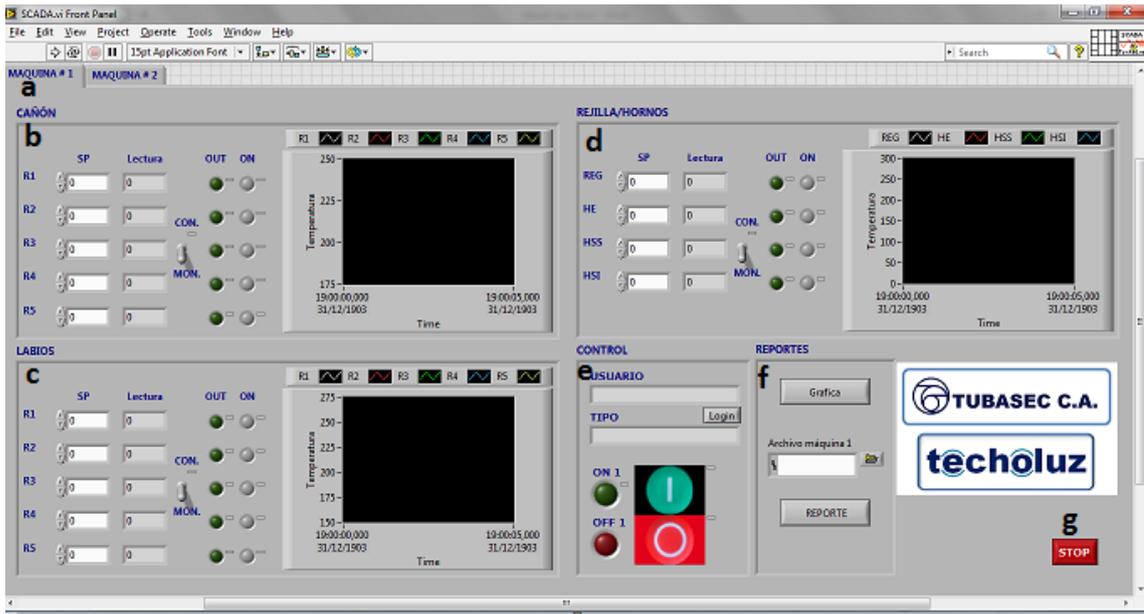
El sistema de control y monitoreo se lo realizó utilizando el software LabVIEW, que como ya se ha menciona sirve para la programación de procesos industriales. Se ha utilizado sus herramientas básicas, así como también los módulos Datalogging and Supervisory Control Module, NI OPC Servers.

3.4.1.3.1.1. Interfaz Hombre Máquina (HMI)

La Interfaz Hombre Máquina es bastante simple y comprensible, pero a la vez poderosa la cual proporciona dos modos de uso:

- ✓ Monitoreo: Visualiza únicamente las temperaturas presentes en el sistema, estas están controladas en el programa del PLC
- ✓ Control: Visualiza y controla temperatura presente en el sistema cuando está activo este modo de funcionamiento, el mismo es el que tiene prioridad sobre la programación presente en el PLC.

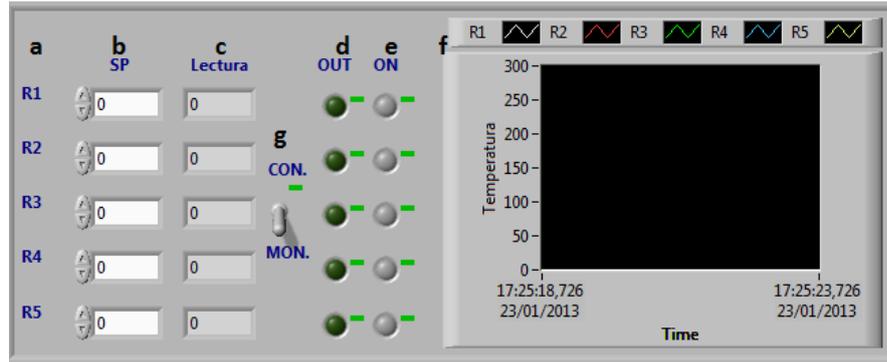
Por cada máquina, existe una ventana de control; las dos interfaces son similares a simple vista. De hecho la programación también es similar. El cambio se produce al momento de configurar los controles con sus respectivos datos del OPC server.



FiguraIII-93. Pantalla principal del HMI
Fuente: Los autores

A continuación se detalla los distintos elementos presentes en el HMI.

- a) Botones seleccionadores: Al presionar uno de ellos, se selecciona la máquina a la cual queremos controlar o monitorear, lo cual no significa que por estar seleccionada una, la otra se haya detenido. Solo muestra los controles y elementos de visualización de una u otra máquina.
- b) Bloque de control y monitoreo del grupo de resistencias presentes en el cañón extrusor.
- c) Bloque de control y monitoreo del grupo de resistencias presentes en los labios inyectores.
- d) Bloque de control y monitoreo de la rejilla y hornos.
- e) Bloque de control de encendido y apagado de la máquina, además de la visualización del usuario y tipo de privilegios que tiene.
- f) Bloque de control de reportes.
- g) STOP: Detiene la ejecución total del sistema de control y monitoreo.



Figuralll-94. Bloque de control de grupo de temperaturas

Fuente: Los autores

Los bloques de control y monitoreo del cañón extrusor, labios inyectoros, rejilla y hornos son similares. La descripción de sus elementos a continuación:

- a) Número de resistencia que está siendo monitorizada o controlada.
- b) SP: Set Point, el valor al cual se quiere que esté controlada la temperatura en cada una de las resistencias, esto cuando está en modo de control.
- c) Lectura: Son los valores de temperatura a los cuales se encuentran cada una de las resistencias.
- d) OUT: Indicador de la respuesta que el sistema entrega al dispositivo, si se enciende o apaga la resistencia.
- e) ON: Indicador del valor real de las resistencias, encendidas o apagadas.
- f) Visualización gráfica de los valores de temperatura presentes en las resistencias.
- g) Selector: la función que se le da a este botón, es el de seleccionar el modo de operación del bloque, MON para monitoreo o

CON para controlar el sistema desde la programación hecha en LabVIEW.

En la función de monitoreo se deshabilita las salidas del control implementado en el LabVIEW.

3.4.1.3.1.2. Implementación del control y monitoreo.

El programa principal, como se ha mencionado antes se encarga de monitorizar o controlar el sistema, así como también el de almacenar datos históricos de las temperaturas promedios durante un tiempo prefijado.

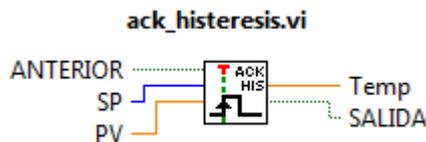
Los datos de las temperaturas presentes en el sistema, se los adquiere mediante los módulos de expansión TM2ALM3LT, a los cuales se les conecta las termocuplas ubicadas en cada una de las resistencias presentes en el mismo. Estas se convierten en las variables del proceso a controlar; sirven para la programación tanto en el PLC como en el SCADA, salvo que para el SCADA se las comunica mediante el uso del OPC Server.

En sí el control de las temperaturas por las características de los actuadores es simple, pues esto se lo ha implementado en el PLC mediante el concepto de histéresis, el mismo concepto se lo ha empleado en la implementación del control del SCADA, es decir, se encenderán las resistencias cuando la temperatura este por debajo de un valor, y se las apagará cuando sobrepase

otro valor, dichos valores serán por defecto (no susceptibles a cambios mientras el programa esté corriendo).

3.4.1.3.1.3. SubVI de histéresis.

Para simplificar la programación en el LabVIEW, y que la misma no se haga tan pesada (visualmente) al momento de realizar algún tipo de cambios, se empleó el concepto SubVI para la programación de la histéresis, así simplemente se llamará a esta programación en el VI principal cada vez que se la necesite (en sí será llamada 14 veces, por las 14 variables del proceso que serán controladas).



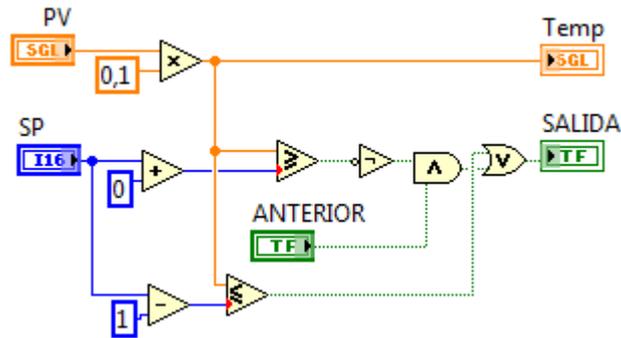
FiguraIII-95. Icono de SubVI de histéresis
Fuente: Los autores

El SubVI tiene tres entradas y dos salidas.

Entradas:

- ✓ Anterior: Dato salida de la iteración anterior que se necesita que reingrese al programa para la programación de la histéresis.
- ✓ SP: Set Point, valor deseado al que se quiere mantener la variable del proceso.
- ✓ PV: Variable de proceso.
- ✓ Salidas:
- ✓ Temp: Temperatura a la que se encuentra la variable del proceso.

- ✓ Salida: Valor booleano que determina si la resistencia se enciende o se apagan.



FiguraIII-96. Programación del SubVI de histéresis
Fuente: Los autores

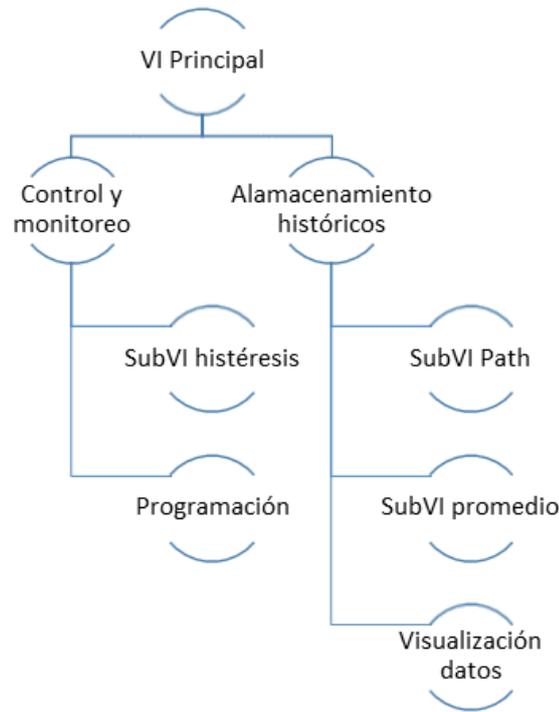
En la programación al valor del Set Point se le suma y resta una constante deseada, para crear el intervalo de funcionamiento de la histéresis; mediante la comparación de este intervalo con la variable del proceso, se obtiene la respuesta del sistema (encendido o apagado de la resistencia). El intervalo se lo puede modificar, pero en este caso un intervalo de 1, es el que ha hecho que el sistema se mantenga más estable.

Como se observa, a la variable de proceso se la multiplica por una constante de 0.1, esto se debe al tipo de información que se obtiene en el PLC en los módulos de expansión, ya que el rango de precisión de estos es de 0.1 °C, con 12000 contadores para la obtención de la temperatura (esto es propio de los módulos y está configurado en el PLC), es decir que si el dato del obtenido y transmitido mediante el OPC es 1000, esto significa que en realidad se tiene 100 °C.

3.4.1.3.1.4. Programa principal

El programa principal, o VI principal está compuesto por dos partes principales:

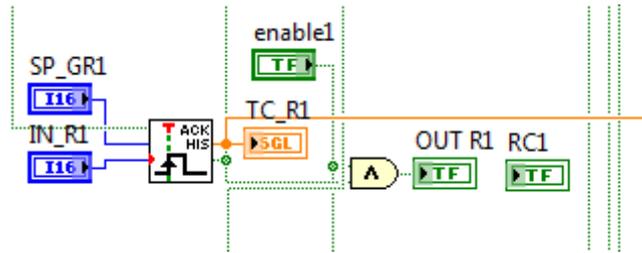
- ✓ Control y monitoreo del sistema
- ✓ Almacenamiento de datos históricos de temperaturas.



Figuralll-97. Composición del VI principal
Fuente: Los autores

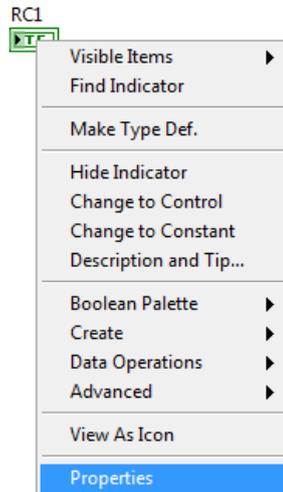
3.4.1.3.1.5. Control y monitoreo

En esta programación lo que se realiza es la vinculación de las variables del SCADA con las variables del OPC server, y así poder tener o no control en las memorias del PLC que se emplean en la programación para la activación de las salidas, en conjunto con el SubVI de histéresis.



Figuralll-98. Programación del control de la variable del proceso
Fuente: Los autores

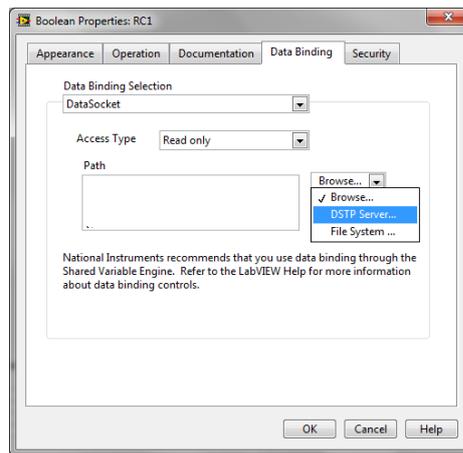
En la figura se muestra la programación del control de una de las variables del proceso (temperaturas de las resistencias), misma que es similar para las demás variables. Como ya se explicó, se utiliza el SubVI de histéresis creado, para simplificar la programación, las variables creadas en LabVIEW, están enlazadas con las variables creadas en el OPC server. Para el dato denominado “anterior” que se necesita como entrada del SubVI, se lo obtiene mediante un Shift Register (bandera), en cual su valor inicial será de falso, y su entrada será la variable de respuesta del sistema.



Figuralll-99. Vinculación de las variables de LabVIEW con OPC Server
Fuente: Los autores

Dentro de las propiedades de cada una de las variables del LabVIEW, se puede configurar el enlazamiento con una variable de cualquier OPC server

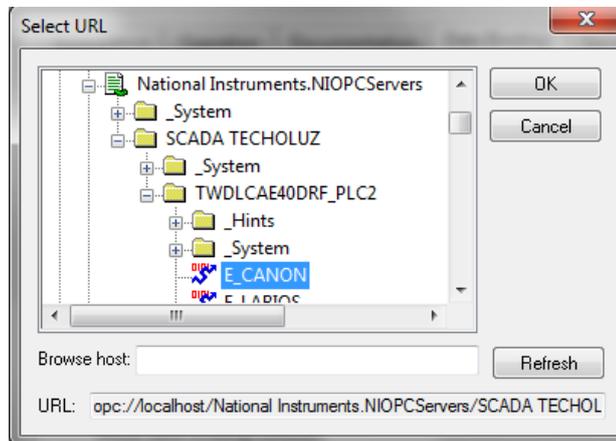
presente en la máquina. En Data Binding, seleccionamos Data Socket, y se busca el servidor dentro de DSTP Server. Se abrirá una pantalla en la que debemos seleccionar el OPC server utilizado, el proyecto, y el dispositivo y la variable configurados previamente.



FiguraIII-100. Configuración de Data Binding

Fuente: Los autores

Al realizar esta configuración, se direcciona la variable para que actúe con la memoria del PLC configurada previamente.

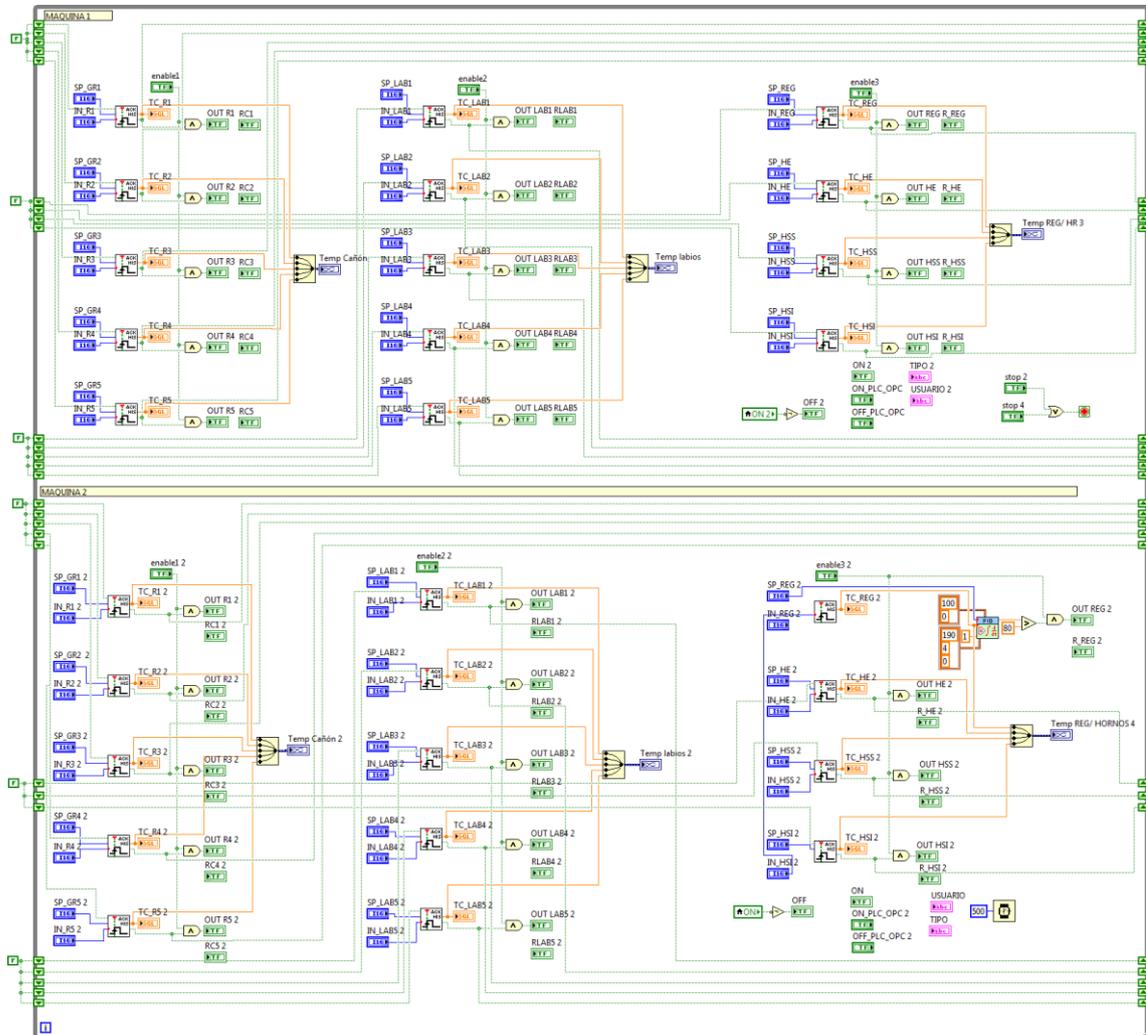


FiguraIII-101. Selección de la variable dentro del OPC server.

Fuente: Los autores

Toda la programación principal se la realiza de la misma forma. Se configura la variable de lectura de temperatura, la salida en respuesta al sistema, y la variable de lectura del estado de la resistencia (activado o desactivado), esto

para cada una de las variables de proceso que deseamos controlar, además de otras variables de habilitación, que permite que el sistema esté solo monitorizando, o también lo controle.



Figuralll-102. Estructura general de control de temperaturas

Fuente: Los autores

Hay que tener en cuenta, que para que el SCADA funcione en modo de control, debe estar habilitado el selector del tablero (posición 2). Esta es una seguridad que se ha agregado al sistema, para evitar que cuando se presente posibles fallas o caídas de la comunicación (casi nulas), se pierda el control de las máquinas, se eleve o caiga la temperatura, y por lo tanto se desestabilice el

sistema. Una vez es selector este en la otra posición 1, el PLC tomará el 100% del control, con los valores previamente cargados en el mismo.

Cuando se haya solucionado los problemas presentados en SCADA, hay que poner el selector nuevamente en posición 2, sino aunque el sistema se encuentre funcional, este simplemente no adquirirá el control, y por más que se controle y esté dando respuestas al sistema, no tendrán efecto al momento de la activación de salidas.

Por la cantidad de datos que procesa el SCADA, se ha visto conveniente que el tiempo de procesamiento del control y monitorización, sea de 500 milisegundos, con lo que se ayuda a tener un mejor control y comunicación de datos.

3.4.1.3.1.6. Almacenamiento de históricos

Además del control del proceso, también es de vital importancia el almacenamiento de datos históricos del comportamiento de las variables del proceso (temperaturas). Anteriormente se toman muestras de las mismas cada hora, sin embargo estos datos no representan el comportamiento de la maquina durante todo ese tiempo, puesto que en cualquier parte de ese periodo de tiempo pudo haberse perdido el control de la misma.

Una de las funcionalidades del SCADA, es precisamente el almacenar datos históricos de comportamiento de las variables del proceso cada hora, pero la gran diferencia con lo que se hacía anteriormente, es que el dato almacenado es el producto del promedio de varias muestras tomadas durante ese tiempo,

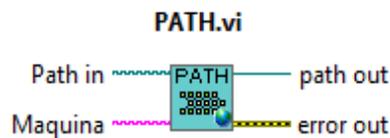
teniendo de este modo datos históricos más precisos y reales del comportamiento de las máquinas durante todo su tiempo de funcionamiento.

Los archivos están ordenados en carpetas, teniendo el siguiente orden: máquina (número de máquina), año, mes. Dentro de la última se crean archivos por cada día de funcionamiento, los mismos que contiene la fecha y hora en la los datos de todas las variables del proceso han sido guardadas.

Para lograr este requerimiento del SCADA se han empleado 2 SubVIs, con el propósito de simplificar la programación.

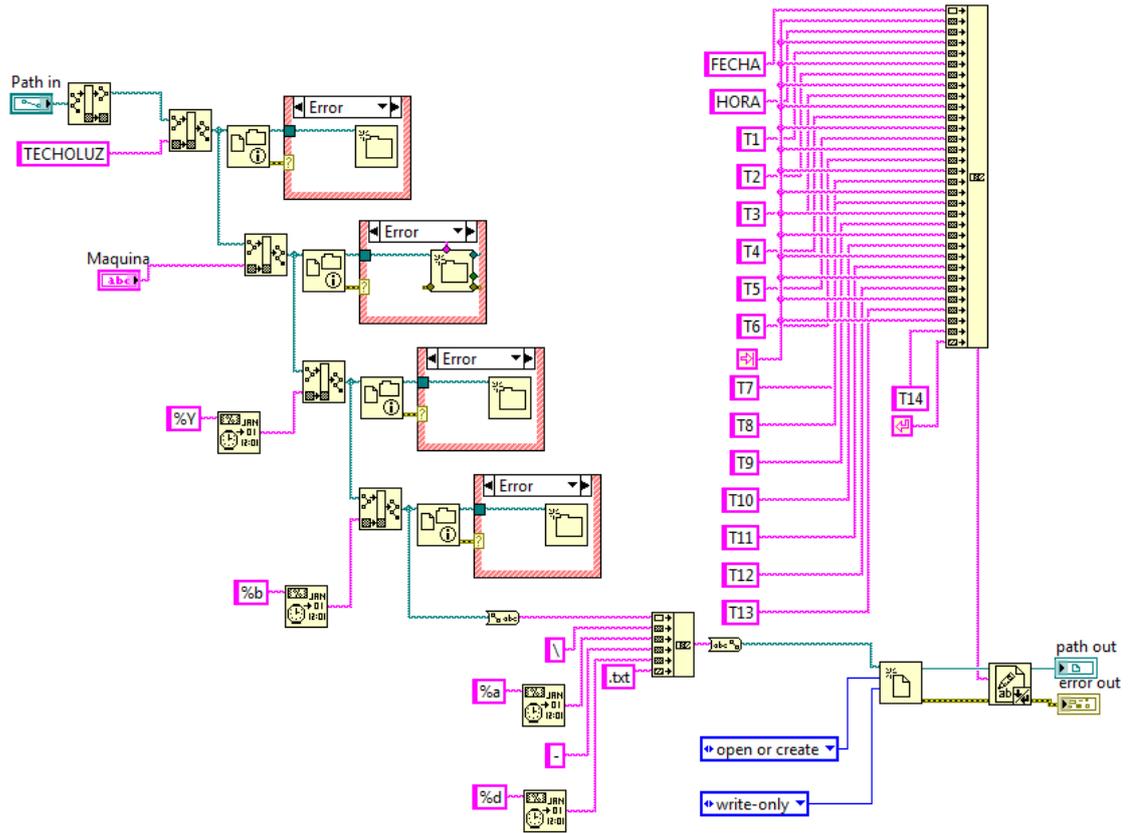
- ✓ SubVI de PATH
- ✓ SubVI de promedio

3.4.1.3.1.7. SubVI de PATH



Figuralll-103. Entradas y salidas del SubVI Path
Fuente: Los autores

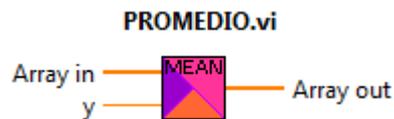
Ayuda a la creación de los archivos y crea las carpetas en las que están ordenados los mismos. La función del SubVI en si comprueba si existen las carpetas, si es así no las crea, caso contrario lo hace además toma como datos la fecha y la hora del sistema operativo por lo que hay que percatarse que siempre sea correcto el mismo.



Figurall-104. Programación SubVI Path
Fuente: Los autores

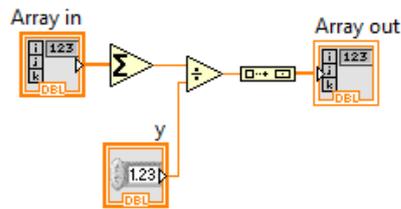
El SubVI ha sido diseñado de manera que sea flexible en su utilización. En una de las entradas se pone el nombre de la máquina, por lo cual se lo podría utilizar para N máquinas si ese fuera el caso.

3.4.1.3.1.8. SubVI promedio



Figurall-105. Icono SubVI Promedio
Fuente: Los autores

Los datos que se escribirán en el archivo, son el resultado del promedio de varias muestras tomadas en un periodo de tiempo. Este SubVI nos permite realizar esto, pues los datos de las muestras, se las ha almacenado en arrays. Se tiene como entrada el array correspondiente del que se quiere sacar el promedio, y también un número que representa la cantidad de datos para el que hay que hacer el promedio. La salida será el promedio del array.

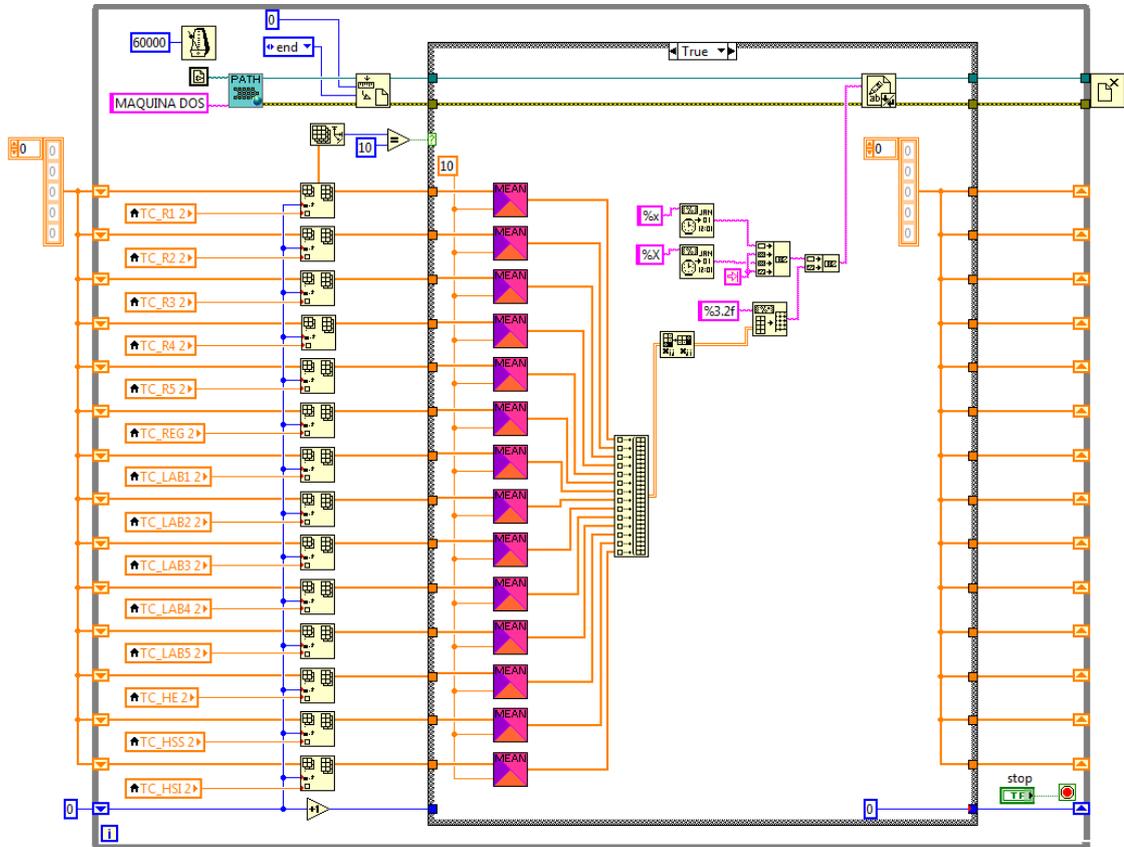


FiguraIII-106. Programación SubVI promedio
Fuente: Los autores

Contando con estos SubVIs, la programación de los históricos queda de la forma como se verá en la figura.

En la misma se ha llamado a los dos SubVIs, Promedio y Path. Se ha empleado Shift Registers, para almacenar los datos provisionales de los arrays, y la herramienta de insertar elementos en un array, para guardar cada muestra de los mismos. Una vez llegue a la cantidad deseada del número de muestras, mediante un Case, se realiza el promedio y se almacena ese dato en el documento correspondiente. Para las muestras correspondientes, se ha empleado variables locales para cada una de las variables del proceso, que se está ejecutando en una estructura de programación paralela (while). Se tiene un control de tiempo, que hace que cada cierta cantidad de segundos, se

ejecute todo el código, es decir que cada cierta cantidad de tiempo se tome las muestras.

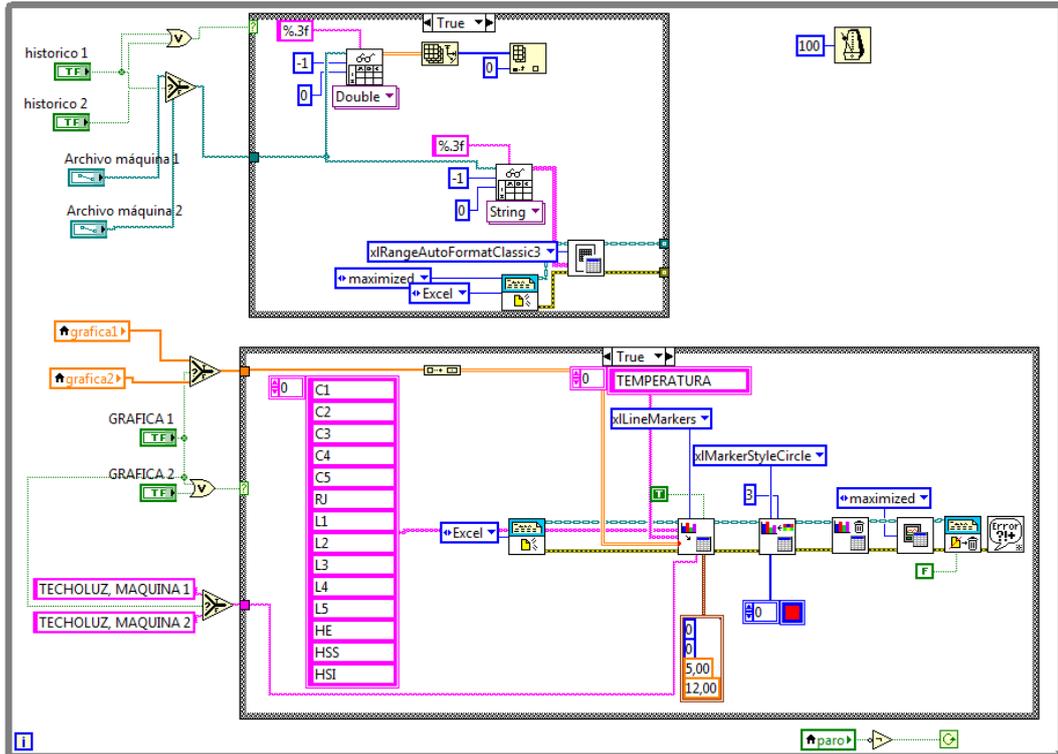


Figuralll-107. Programación de históricos de máquina 2
Fuente: Los autores

3.4.1.3.1.9. Presentación de datos

Para la presentación de datos, también se ha realizado una programación aparte, utilizando el Toolkit de Generación de Reportes para Microsoft Office.

La programación está realizada de manera que el usuario seleccione el archivo que desee abrir y al presionar el botón de Reporte, una ventana de Excel se abrirá instantáneamente con los datos tabulados. Se puede abrir varios archivos a la vez, esto no es un impedimento.



Figuralll-108. Presentación de datos
Fuente: Los autores

También se tiene la funcionalidad de generación de una gráfica en Excel de las temperaturas instantáneas teniendo una apreciación resumida de las catorce temperaturas a las que está operando la máquina. Para acceder a ello basta hacer click en el botón Gráfica que se encuentra en la pantalla.

3.4.1.3.1.10. Usuarios

Como todo sistema, este debe ser utilizado solo por personal autorizado y calificado. Para esta programación, se ha usado las herramientas de seguridad que proporciona DSC Module.

Primero se procedió a la creación de un dominio, para lo cual se abrió el Domain Account Manager, que se encuentra en: **Tools»Security»Domain Account Manager**

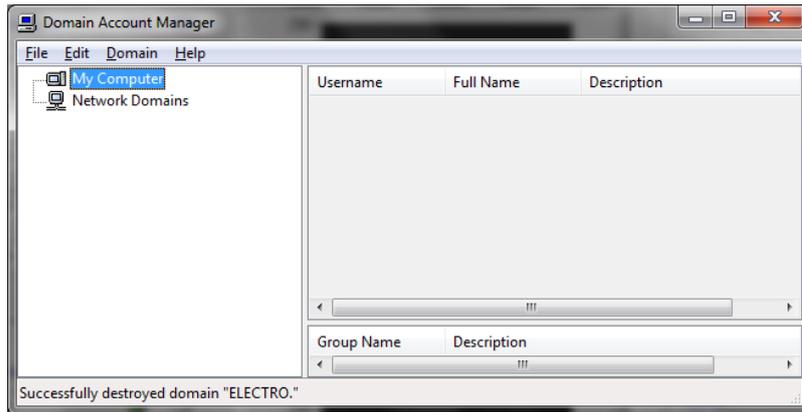


Figura III-109. Domain Account Manager
Fuente: Los autores

Se selecciona **File»New»Local Domain**. El cuadro de propiedades de dominio aparece.

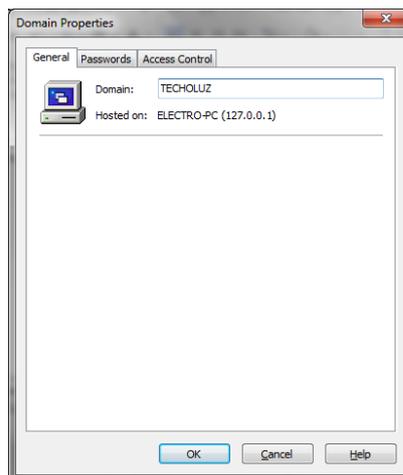
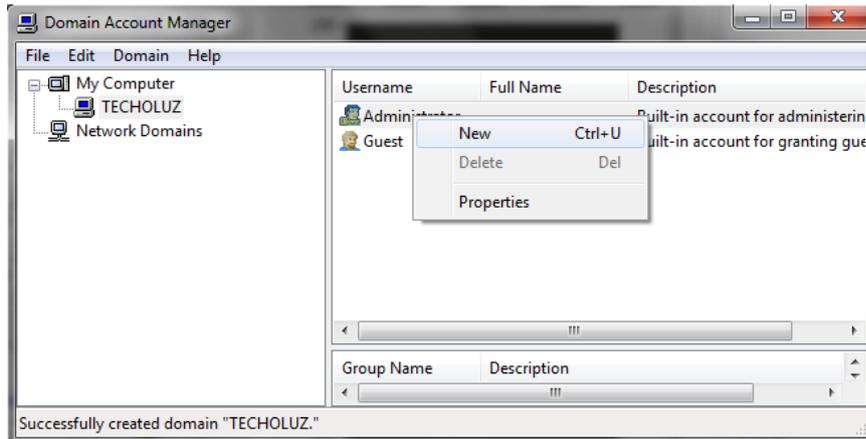


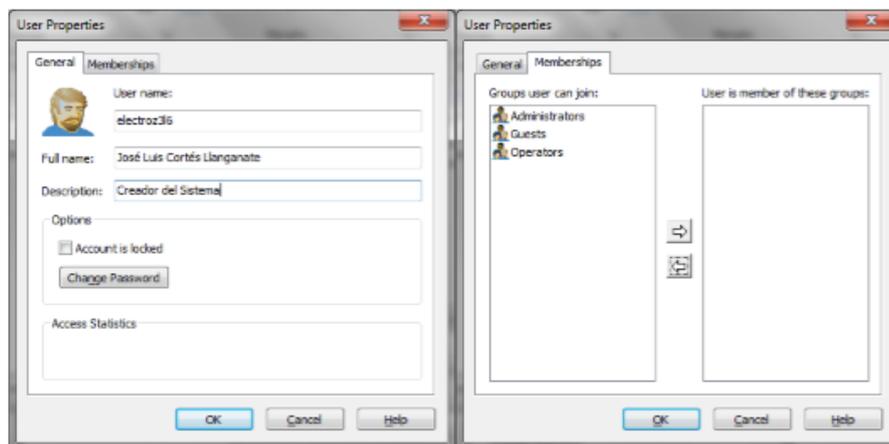
Figura III-110. Propiedades de dominio
Fuente: Los autores

Al presionar OK, aparece una ventana, en la que se solicita introduzca la contraseña para el administrador del dominio. Posteriormente se regresa a la pantalla del Domain Account Manager, con la diferencia, que un dominio ya está creado y presenta tanto una cuenta de administrador como de invitado:



Figuralll-111. Domain Account Manager, crear usuario.
Fuente: Los autores

La creación de usuarios es la parte importante de la configuración, pues a estos se les dará los distintos permisos. Para la creación de usuarios se dirige a **File»New»User**, o a su vez se da clic derecho en la parte derecha de la pantalla, y se selecciona nuevo. Aparecerá la ventana de propiedades de usuario.

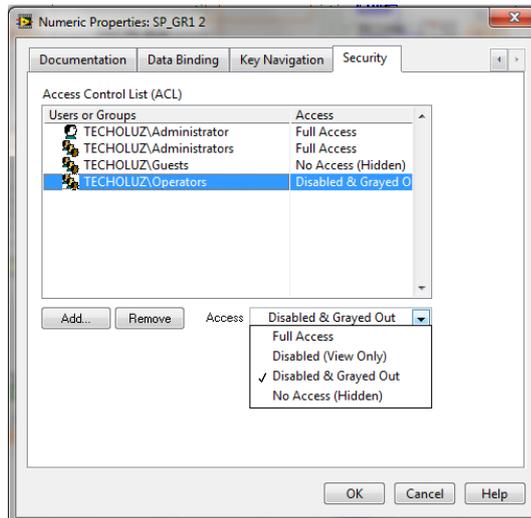


Figuralll-112. Propiedades del usuario
Fuente: Los autores

En la misma se configura el nombre del usuario (alias), nombre completo, descripción, contraseña y posiblemente a que grupo de usuarios pertenece (en

caso de serlo). Se puede configurar nuevos grupos de trabajo a más de los existentes. Una vez creado los usuarios, hay que configurar las seguridades en la aplicación.

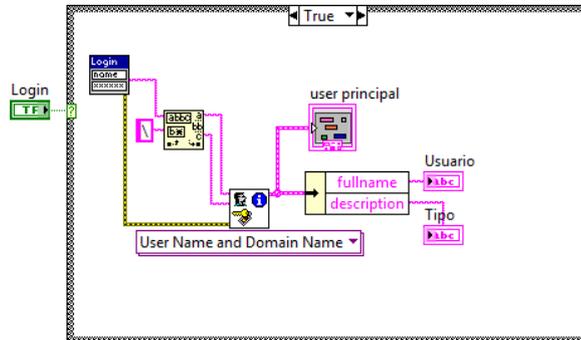
Los elementos esenciales a los que se dio privilegios de usuarios fueron a los bloques de Set Point, pues de estos son los valores deseados de temperatura, y el sistema tratará de mantenerlos en estos valores. Por lo tanto solo personal calificado debe manipular estos valores. En las propiedades de los objetos mencionados, en la sección de seguridad se configuró esta disposición.



Figuralll-113. Propiedades de seguridad del Set Point.
Fuente: Los autores

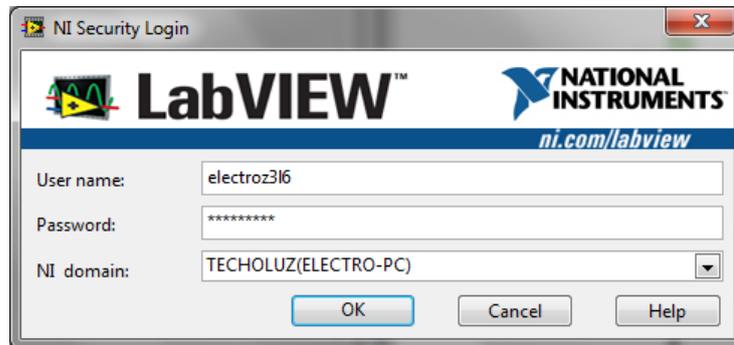
Así solo los administradores del sistema tienen acceso a estos, mientras que los demás podrán verlos, pero no modificar su información, por lo tanto el sistema se mantendrá funcionando con los datos que haya ingresado el administrador. En las opciones de seguridad se puede modificar el tipo de acceso que los usuarios tendrán a esos botones.

La programación para que se abra la ventana de cambio de usuario, se lo realizó dentro de una estructura case.



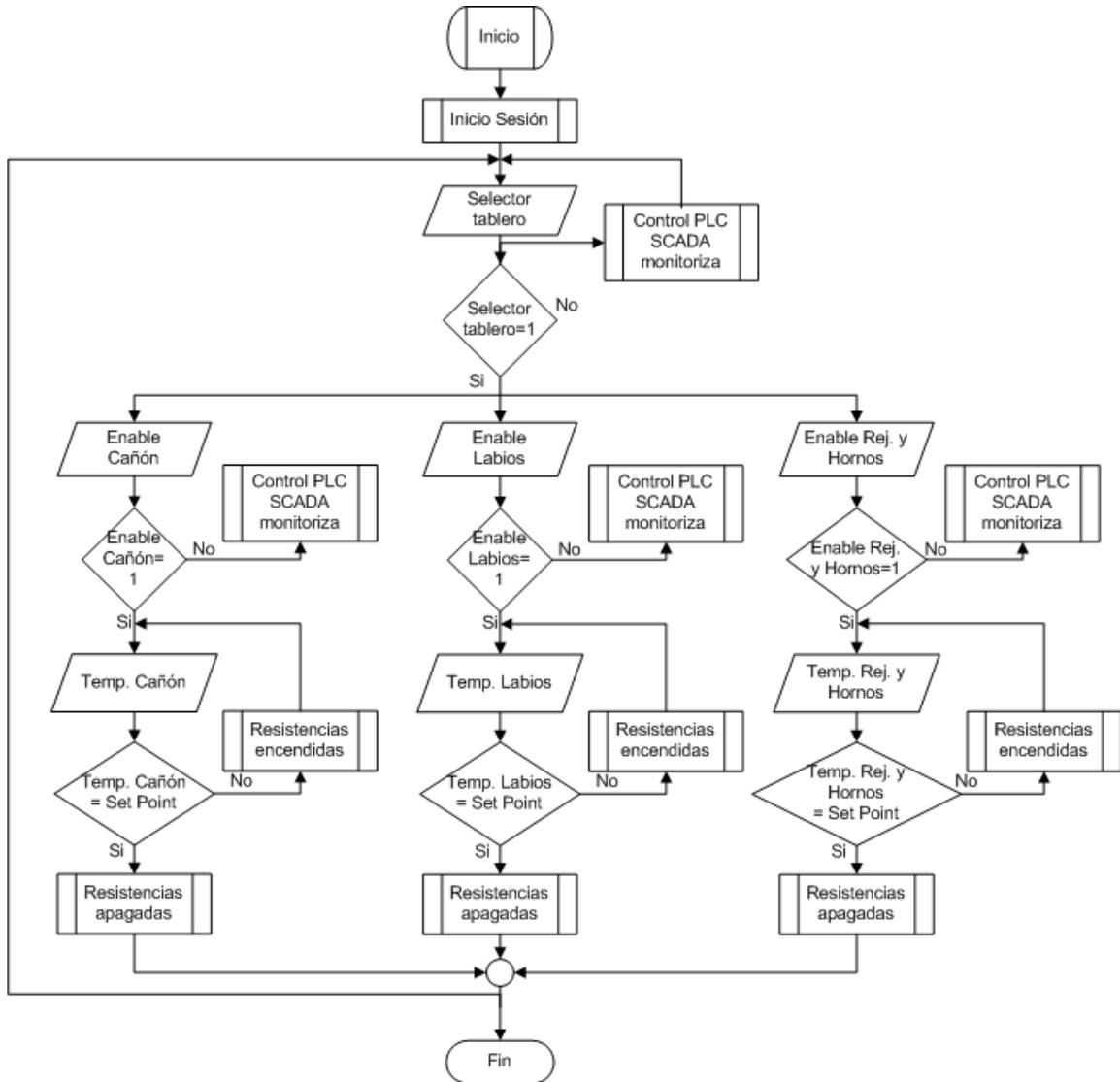
Figuralll-114. Programación para iniciar sesión
Fuente: Los autores

Cuando se presiona el botón Login presente en el HMI, se abre una ventana para iniciar sesión.



Figuralll-115. Ventana de inicio de sesión
Fuente: Los autores

3.4.2. Diagrama de flujo



Figuralll-116. Diagrama de flujo del proceso
Fuente: Los autores

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1. Definición del ámbito

La temperatura de la resina de polipropileno al someterlo a un proceso de calentamiento puede constatarse fácilmente por el aspecto que toma cuando se inyecta a la calandra ser crucial para la obtención de la lámina de techo traslúcido de calidad, puesto que de ello depende su resistencia y durabilidad aprovechando al máximo las características de la materia prima y también dotándole de un aspecto liso y uniforme en textura y color.

Por ello Techoluz hace onerosos esfuerzos abriendo oportunidades a la innovación para lograr un producto de calidad, en base a los estándares nacionales en los cuales se sustenta la optimización de recursos en la fabricación y finalmente la satisfacción de sus clientes.

4.2. Pruebas mecánicas

De la puesta en marcha de la máquina se ha podido determinar que la temperatura de la resina debe estar a una temperatura apropiada que permita el movimiento normal dentro del extrusor hacia su salida, cuando la temperatura es demasiado baja bloquea el movimiento y da lugar a un torque en la zona de los labios.

Dependiendo del número de ondas se adecúa la parte de los labios inyectoros para que se reduzca el ancho de la salida de flujo, eso repercute también en una variación de las temperaturas de ese grupo de resistencias para obtener las características de flujo deseado.

En función de la salida de flujo, cuanto más estable sea la temperatura, el flujo mejora y da lugar a un aumento de la velocidad de los cilindros de la calandra haciendo más efectivos los tiempos de producción.

4.3. Pruebas eléctricas

El tablero cuenta con las seguridades debidas a fin de evitar cortocircuitos, la parte de control por PLC también cuenta con las protecciones eléctricas a fin de evitar sobretensiones maliciosas. Los cables de termocupla son llevados al tablero en una canaleta exclusiva a fin de evitar daños de los mismos e interferencias por encontrarse aledaños a los cables de potencia a fin de afianzar la seguridad de las lecturas de las termocuplas.

De las pruebas realizadas se determinó la importancia de ubicar adecuadamente las bases para las termocuplas, dado que en ciertas

termocuplas que mantenían cercanía a la resistencia, cuándo ésta se encontraba sujeta a calentamiento y con ello paso de corriente, se producía interferencia en las lecturas alterando vertiginosamente la estabilidad del sistema; por lo tanto la termocupla se debe ubicar en una posición donde la radiación del calor al objeto se pueda sentir sin tener contacto directo con la resistencia de calentamiento.

El ponchado de los cables tiene que ser bastante seguro a fin de evitar desconexiones y pérdida de información. La disminuida flexibilidad del cable STP para conducirse dentro de la canaleta dio lugar a que se pierda la fijación de los cables dentro de los terminales RJ-45, razón por la cual se tuvo que utilizar cable UTP para las pruebas y la facilidad de alojarlo dentro de la canaleta.

Se adecuó también un selector de dos posiciones para que los usuarios del sistema tengan la libertad de trabajar controlando el sistema con ayuda de la computadora y por ende del OPC o simplemente permitir al PLC controlar el sistema de manera autónoma en función de los valores de temperatura que se encontraron y programaron previamente.

4.4. Pruebas de software

Los problemas de interferencia que se mencionó en el apartado anterior se pudieron visualizar a nivel de software en las lecturas notándose la grave alteración de la estabilidad de las mismas.

Debe destacarse también la importancia de mantener una buena conexión a nivel físico para la visualización óptima de los datos a nivel de HMI.

El programa tarda un tiempo determinado en el procesamiento de las instrucciones y cuando se trabaja a un tiempo cercano al tiempo de máquina se produce una sobre posición de datos, para solucionar éste inconveniente se optó por programar un delay en el while del programa correspondiente a 500 ms suficiente para poder visualizar los datos sin problemas de colisiones ni sobre posiciones.

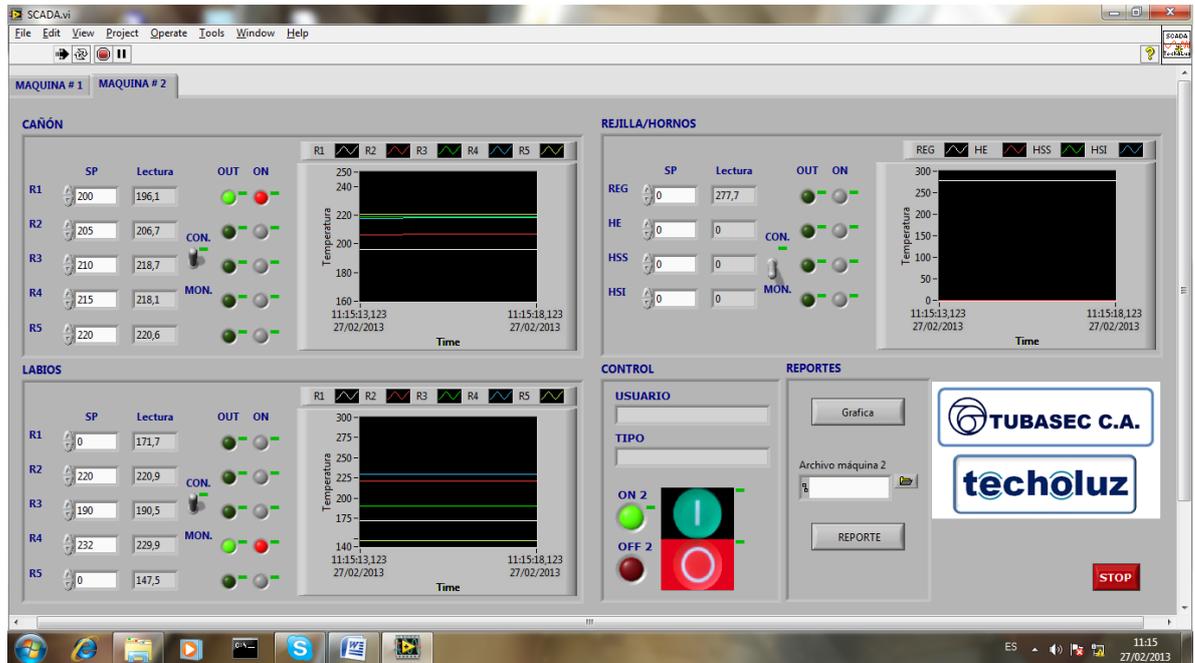


Figura IV-117. Pantalla del Sistema con temperaturas estables

Fuente: Los autores

De tal manera, cuando se realizaron las pruebas de campo, habiendo corregido los errores antes mencionados se tuvo lecturas certeras y el control con histéresis permitió tener temperaturas estables y cada vez más cercanas a la temperatura seteada cuando se realiza control. La generación de reportes

también se desempeñó de manera óptima almacenando un valor cada 10 min y permitiendo visualizar en Excel la información.

4.5. Pruebas de control de temperaturas

Para llegar a tener una aproximación a los valores de temperaturas con los cuales la resina tiene características suficientes para considerarse óptima, se permitió trabajar al sistema en condición de monitoreo, de ésta manera se podía hacer la lectura de temperaturas para generar una base sobre la cual guiarnos para un control posterior.

Adquiridos los datos, se cambiaría la condición de monitoreo por control y se seteaba un valor de temperatura deducido en función de la toma de datos anterior. Para éste efecto se utilizó los archivos históricos a fin de tener una consideración de las medias de temperatura y encontrar los valores adecuados, dichos valores pueden ser visualizados tras dar click en el botón Reporte de la pantalla HMI.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	FECHA	HORA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	
2	28/02/2013	0:04:50	200,69	206,88	213,51	217,48	218,55	272,03	170,48	217,4	185	231,81	147,3	0	0	
3	28/02/2013	0:14:50	202,99	205,48	215,28	216,94	218,65	274,85	170,14	217,1	184,82	231,48	147,1	0	0	
4	28/02/2013	0:24:50	204,52	206,75	211,98	216,42	218,39	276,37	169,46	217,02	184,88	231,37	146,53	0	0	
5	28/02/2013	0:34:50	201,49	206,05	211,8	218,43	218,45	275,79	169,38	217,41	185,19	231,62	146,4	0	0	
6	28/02/2013	0:44:50	200,9	206,56	215,84	217,12	218,64	274,38	169,55	217,32	185,1	231,61	146,54	0	0	
7	28/02/2013	0:54:50	204,46	205,84	212,36	216,41	218,59	274,56	169,73	217,2	184,89	231,35	146,8	0	0	
8	28/02/2013	1:04:50	203,43	207,16	211,34	217,83	218,46	274,25	169,68	217,04	185,09	231,44	146,73	0	0	
9	28/02/2013	1:14:50	200,93	206,43	215,96	217,2	218,7	276,02	169,73	217,45	184,87	231,74	146,84	0	0	
10	28/02/2013	1:24:50	202,54	206,35	212,91	216,17	218,47	276,79	169,77	217,38	185,33	231,61	146,99	0	0	
11	28/02/2013	1:34:50	204,2	207,06	211,11	217,51	218,23	279,44	169,34	217,08	184,88	231,34	146,54	0	0	
12	28/02/2013	1:44:50	202,22	205,68	215,79	217,3	218,48	273,03	169,3	217,05	185,16	231,68	146,45	0	0	
13	28/02/2013	1:54:50	200,61	206,96	213,28	216,27	218,31	276,22	169,09	217,34	184,83	231,44	146,14	0	0	
14	28/02/2013	2:04:50	204,12	205,93	210,84	217,01	218,3	286,9	168,92	217,34	185,3	231,27	146,09	0	0	
15	28/02/2013	2:14:50	203,78	206,33	215,38	216,97	218,72	272,08	169,71	217,19	185,12	231,48	146,81	0	0	

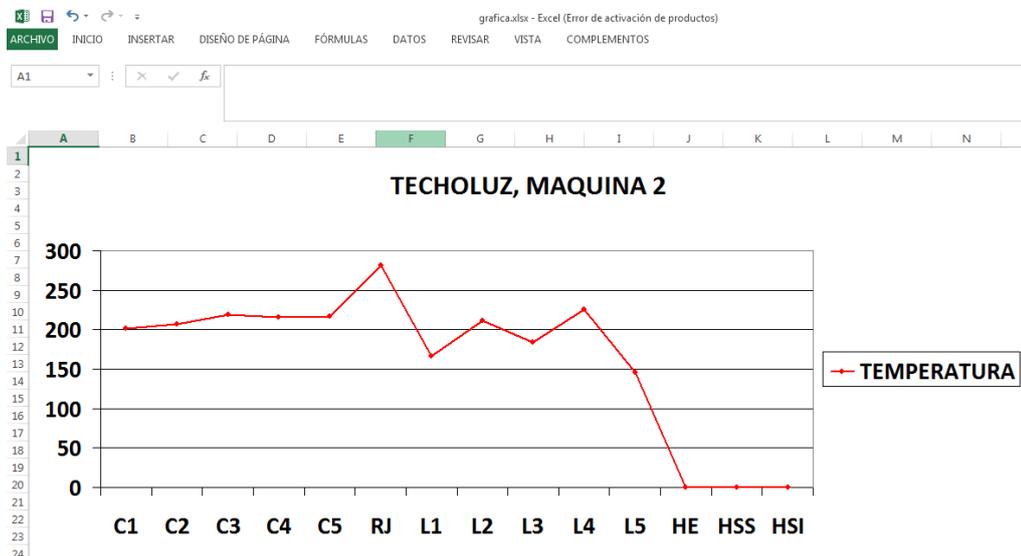
FiguraIV-118. Presentación de históricos

Fuente: Los autores

A partir de ello se llevó a cabo el proceso de control ayudándose por la comprobación del aspecto de la resina de polipropileno y la buena textura de la lámina, consiguiendo una estandarización de los valores de temperatura en lo posible y encontrando las temperaturas adecuadas para cada grupo de resistencias.

Finalmente se programa el PLC con los valores encontrados de temperatura para que el sistema pueda actuar independientemente de la computadora en caso de no requerir un control.

Para que el sistema arranque sólo se debe dar un pulso en el botón de inicio de la interfaz o el botón de marcha en el tablero, se setean los valores de temperaturas y se deja que el sistema actúe.



FiguraIV-119. Presentación de temperaturas instantáneas de toda la máquina
Fuente: Los autores

Para visualizar las temperaturas a las que opera la máquina en su totalidad, la herramienta de Gráfica que se presenta en el HMI, permite tener una vista

resumida de todas las temperaturas, a fin de tener una curva de representación global de la máquina para información gerencial.

4.6. Prueba de hipótesis

4.6.1. Tipo de investigación

La investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

Se trata de un experimento porque precisamente los investigadores provocan una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por ellos, para controlar el aumento o disminución de esa variable y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego hace observaciones de lo que sucede en situaciones controladas.

La investigación de campo permitió el contacto directo con la situación e involucramiento dentro de la planta, así como del proceso que se realiza y es objeto de indagación.

La recolección de datos toda vez implementado el sistema en fase de prueba se obtuvo de los archivos históricos que presentan la información de las

temperaturas durante las fechas establecidas de funcionamiento de la máquina.

4.6.2. Métodos de estudio

Para el proceso de investigación se aplicaron métodos generales o lógicos:

- ✓ Inductivo.- En la investigación se aplica el método inductivo porque éste permite llegar a las conclusiones de carácter general, siguiendo todos los pasos desde aspectos de carácter particular y puntual, no sólo para la tabulación y análisis sino también para estructurar los demás capítulos, como el marco teórico, la propuesta y muy particularmente para las conclusiones.
- ✓ Deductivo.- Se aplica éste método en la investigación porque la misma se sustenta en teorías, modelos y corrientes que son analizados desde sus aspectos más generales hasta llegar cronológicamente a aplicar, relacionar y puntualizar en aspectos de carácter particular.
- ✓ Síntesis.- Este método ayudó a establecer la información pertinente y relevante de la propuesta, organizando ideas, hechos, experiencias que facilitan la interpretación y análisis.

4.6.3. Técnicas e instrumentos de investigación

La observación se consideró un medio para obtener información ya que al conocer el sistema de control con que se contaba y posteriormente el

implementado como propuesta de innovación se pudo percatar las diferencias, ventajas y la efectividad del sistema.

4.6.4. Fuentes de información

Los archivos históricos almacenados permitieron contar a posteriori con la información necesaria para la comprobación de la hipótesis y para llegar a conclusiones. La sistematización de la información facilitó, el análisis y aplicación de principios estadísticos y fundamentos en el desarrollo de la investigación.

4.6.5. Unidad de análisis

Para este caso la unidad de análisis que nos facilitará la información sujeta a evaluación es el registro de la temperatura en una unidad de tiempo.

4.6.6. Población

La población se calcula dentro del protocolo de producción regular de las máquinas de producción de techo traslúcido, mismo que generalmente está comprendido en 15 días y traducido al tiempo en que se toma datos para fines de reportes dentro del software (10 min) constituye un total de 3600.

4.6.7. Muestra: tipo de cálculo

La porción o muestra tomada para el estudio es de 360 lecturas de los datos de temperatura registrados, que constituye el 10% del total o universo

poblacional registrado y cumple con las características de probabilidad y tamaño requeridas.

$n =$ *Tamaño de la muestra*

$N =$ *Población o universo*

$E =$ *Error admisible, determinado por el investigador para el estudio*

$$n = \frac{N}{(E^2(N - 1)) + 1}$$

$$n = \frac{3600}{(0,05^2(3600 - 1)) + 1}$$

$$n = \frac{3600}{(0,0025 * (3600 - 1)) + 1}$$

$$n = \frac{3600}{9,9975}$$

$$n = 360,0900$$

Por tanto la muestra es de 360 lecturas de temperatura.

4.6.8. Comprobación de hipótesis

La hipótesis planteada cita *“la implementación del sistema SCADA para el proceso de producción de láminas de traslúcido en la planta "TECHOLUZ" de TUBASEC C.A., mantiene controlada la temperatura de las resistencias de calentamiento en un rango de $\pm 3^\circ\text{C}$ de la temperatura programada”*.

Para la comprobación de la hipótesis en función de la información obtenida se han calculado varios parámetros estadísticos para reconocer qué tanto se dispersan los datos alrededor del punto central, es decir nos indican cuánto se

desvían las observaciones o lecturas alrededor de su promedio aritmético (media) y si éste coincide con el valor de temperatura seteado para efectos de control en el sistema. Este tipo de valores de los datos se reparten a través de eje X, mediante un valor numérico que representa el promedio de dispersión de los datos. Las medidas de dispersión más importantes y las más utilizadas son la Varianza y la Desviación Estándar.

La varianza según González (2), es una medida que permite identificar la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su media.

La desviación estándar es una medida que permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media.

Calculamos la varianza y desviación estándar de las temperaturas registradas de la termocupla de la R2 del cañón.

$$Xm = \frac{\sum \text{datos}}{n \text{ datos}}$$

$$Xm = 227,86$$

$$s^2 = \frac{\sum Xi^2 - (\sum Xi)^2/n}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{18692941,35 - 18691597,33}{359}$$

$$s^2 = 3,744$$

$$s = \sqrt{3,744}$$

$$s = 1,935$$

Obteniendo la desviación típica de las medias se espera que esta variación sea menor que la existente entre las observaciones individuales, estas son:

$$s_x = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{1,935}{\sqrt{360}} = 0,102$$

El coeficiente de variación es una medida relativa de variabilidad independiente de las unidades de medida, en contraste con la desviación típica, la que se expresa en las mismas unidades de medida de las observaciones, que establece el grado de homogeneidad. Mide el grado de precisión del diseño y de la conducción del experimento y es la desviación típica de la muestra expresada en porcentaje de la muestra.

$$C.V. = \frac{s}{Xm} (100) = \frac{1,935}{227,86} (100) = 0,849$$

Haciendo que el sistema mantenga la probabilidad de que la temperatura se encuentre comprendida entre los límites superior e inferior con un nivel de confiabilidad del 95%

$$t_{0,05}(\infty g. de l) = 1.960$$

$$P(Xm - t_{0,05} * s_x < \mu < Xm + t_{0,05} * s_x) = 0.95$$

$$(227,86 - 1.960 * 0,102 < \mu < 227,86 + 1.960 * 0,102)$$

$$(227,66 < \mu < 228,06)$$

A un 95% de confianza los datos fluctúan entre 228,06 y 227,66, manteniendo un rango de 0,4 grados, para comprobar lo antes mencionado, encontramos que los datos comprendidos en éste rango de la totalidad de la muestra (360) son 164.

Para ésta comprobación, la temperatura seteada es de 228 grados, la media calculada es de 227,86 manteniéndose muy aproximado al valor seteado. Las

lecturas comprendidas entre el rango de ± 3 de la media constituyen un total de 354, que corresponde al 98,33% de la muestra, con lo cual se valida la hipótesis.

Para hacer un análisis más profundo y establecer diferencias entre el sistema de control anterior y el actual, realizamos el mismo proceso con el sistema de pirómetros en la temperatura correspondiente a la rejilla donde tenemos:

$$Xm = \frac{\sum \text{datos}}{n \text{ datos}}$$

$$Xm = 279,21$$

$$s^2 = \frac{\sum Xi^2 - (\sum Xi)^2/n}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{28114606 - 28065971,43}{359}$$

$$s^2 = 135,47$$

$$s = \sqrt{135,47}$$

$$s = 11,63$$

$$s_x = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{11,63}{\sqrt{360}} = 0,613$$

$$C.V. = \frac{s}{Xm} (100) = \frac{11,63}{279,21} (100) = 4,16$$

$$(279,21 - 1.960 * 0,613 < \mu < 279,21 + 1.960 * 0,613)$$

$$(278,012 < \mu < 280,417)$$

Al 95% de confianza el rango en el que se encuentran fluctuando las temperaturas es de 2,40°C, determinándose que apenas 89 lecturas de la totalidad de la muestra se enmarcan dentro de éste rango.

Para ésta comprobación, la temperatura seteada es de 260 grados, la media calculada es de 279,21 que se puede distinguir dista por varios grados al valor seteado y las lecturas comprendidas entre el rango de ± 3 de la media constituye un total de 196 que corresponde al 54,44% con lo cual se corroboran ciertas debilidades del sistema de pirómetros que ha sido utilizado.

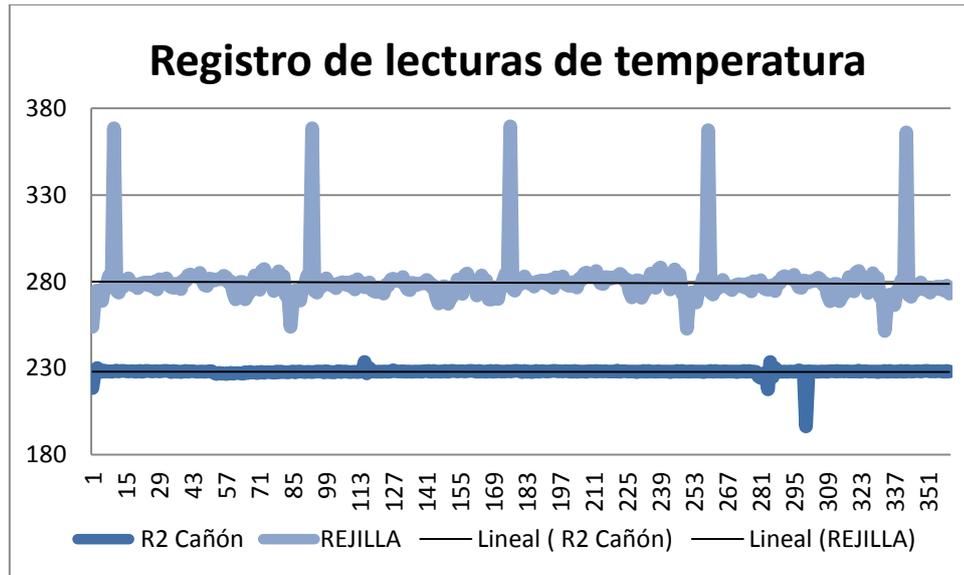


Gráfico IV-1. Comparación de la estabilidad de los dos sistemas
Fuente: Los autores

Con el fin de sustentar aún más la hipótesis validada, se aplica también la prueba T de Student de dos colas con dos muestras de datos de lecturas de temperaturas, como se detalla a continuación:

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	227,8620278	279,215028
Varianza	3,743790584	135,472381
Observaciones	360	360
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	379	
Estadístico t	-82,57949578	
P(T<=t) una cola	1,0696E-244	
Valor crítico de t (una cola)	1,648884031	

P(T<=t) dos colas	2,1391E-244
Valor crítico de t (dos colas)	1,966242972

Tabla IV-VIII. Prueba t de Student

Fuente: Los autores

La prueba t de Student también permite ratificar la comprobación de la hipótesis planteada para el sistema porque dicho cálculo determina un valor muy aproximado a 0 ($2,1391 \times 10^{-244}$), lo cual permite afirmar que la implementación del sistema SCADA para el proceso de producción de láminas de traslúcido en la planta "TECHOLUZ" de TUBASEC C.A., mantiene controlada la temperatura de las resistencias de calentamiento en un rango de $\pm 3^\circ\text{C}$ de la temperatura programada.

Con ayuda nuevamente de Excel corroboramos los cálculos obtenidos:

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	360,000	82030,330	227,862	3,744
Columna 2	360,000	100517,410	279,215	135,472

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	474683,510	1,000	474683,510	6819,373	0,000	3,854
Dentro de los grupos	49978,606	718,000	69,608			
Total	524662,115	719,000				

Tabla IV-IX. Cálculo de Varianzas

Fuente: Los autores

4.7. Resultados

- ✓ El sistema SCADA mantiene controladas las temperaturas con un rango de variación menor que $\pm 3^{\circ}\text{C}$, tendiendo a $\pm 1^{\circ}\text{C}$, lo cual es favorable y de bastante trascendencia puesto que ayuda a mantener las características mecánicas de la materia prima (PP).
- ✓ El sistema SCADA realiza un control de temperatura mucho más preciso que el sistema de pirómetros que se tenía implementado.
- ✓ El sistema SCADA ayuda a los operarios a la detección de fallas de hardware en la máquina mucho más oportunamente.
- ✓ Se contribuye al ahorro de energía puesto que las temperaturas se estabilizan de mejor manera y no se requiere cambios abruptos para mejorar la calidad de la resina en contraposición a los hábitos adquiridos con el sistema anterior.
- ✓ La temperatura ambiente no afecta a las temperaturas de las resistencias puesto que el sistema se encarga de compensar esas perturbaciones, dado que los operarios no tienen la necesidad de modificar los valores de temperaturas seteadas durante la noche o en presencia de lluvia.
- ✓ La generación de reportes colabora a la comprobación de los datos y de manipulación de históricos a fin de encontrar estándares de temperatura y memoria de los daños o falencias en la manipulación del sistema.
- ✓ Se puede mejorar tiempos de producción dado que al estabilizar las temperaturas del cañón como de los labios se puede hacer girar más

rápido la calandra y con ello se mejora de un 7 al 15% del tiempo de producción por lámina.

- ✓ La red industrial permite ahorrar recursos tecnológicos puesto que se puede centralizar los procesos en una sólo PC en lugar de tener computadoras dedicadas a cada máquina, dado que los tiempos de respuesta casi instantáneos se tiene procesos controlados en tiempo real.
- ✓ Manejar Modbus Ethernet hace mucho más fácil y económica la adquisición de equipos para la implementación de la redes industrial y con ello se puede tener un sistema eficiente en cuanto a la parte funcional como la económica.

CONCLUSIONES

- ✓ La topología de red en estrella, es la topología más idónea para la implementación de la red, puesto que resultará cómodo el agregar equipos a la misma en un futuro.
- ✓ Debido al ambiente de trabajo en el cual se implementó el SCADA, la red Ethernet para el mismo se montó con equipos industriales, Switch y cable STP, puesto que estos cuentan con protecciones para minimizar las posibles alteraciones en la información provocadas por campos electromagnéticos de las líneas de alta tensión.
- ✓ El HMI ayuda a determinar de forma más rápida los daños en los elementos de las máquinas como las termocuplas, de esta forma se tiene un mejor control y monitoreo de las mismas.
- ✓ El establecimiento de privilegios para el control y monitoreo fue de vital importancia, debido a que solo personal calificado debe manipularlo, con esto se limitó que personas sin la suficiente capacitación controle el sistema, evitando que el mismo se desestabilice por motivos que no sean netamente técnicos.
- ✓ Con el almacenamiento de los históricos, se tiene una fuente de información más confiable del desenvolvimiento de la máquina, puesto que los mismos son el resultado del promedio de varias muestras tomadas a lo largo de un periodo de tiempo. Colabora a la comprobación de los datos a fin de encontrar estándares de temperatura y memoria de los daños o falencias en la manipulación del sistema.
- ✓ Con el SCADA se logró minimizar el rango de variación de temperatura a menos de ± 3 °C, mejorando de esta manera el control de las temperaturas de las variables del proceso.

RECOMENDACIONES

- ✓ Socializar con los operarios las bondades de implementar un nuevo sistema a fin de evitar la reaciosidad de los mismos a su uso.
- ✓ Realizar un mantenimiento preventivo de los tableros eléctricos, específicamente mediante la limpieza de los contactos de los elementos.
- ✓ Impulsar la construcción de una cabina para refugio de la computadora del sistema SCADA a fin de proteger de polvo y suciedad y con ello evitar la disminución del tiempo de vida del equipo.
- ✓ Existe dos resistencias (rejillas) en el sistema que no reaccionan de forma ideal al controlarlas por histéresis, pues el rango de variación de temperatura de estas es mayor al de las demás. Se recomienda estudiar el diseño de otro tipo de control para estas dos, de manera que su comportamiento se asemeje al de las demás resistencias.
- ✓ Si las lecturas de las termocuplas varían bruscamente en más de 1 °C, revisar que estas no se estén rozando con otras, pues esto introduce ruido a las lecturas.
- ✓ Siempre antes de poner en funcionamiento el sistema, comprobar que los dos PLC estén encendidos, y que haya comunicación con la PC.
- ✓ Si el sistema se cae por cualquier razón, poner el selector del tablero de control en PLC, de esta manera el sistema mantiene su estabilidad, pues el PLC tomará el control total del mismo con las temperaturas previamente encontradas y programadas en el mismo.
- ✓ Dejar que las temperaturas del cañón extrusor, las controle el PLC, pues éstas siempre serán constantes sin importar el tipo de lámina que se produzca.

RESUMEN

Diseño e implementación de un Sistema SCADA para el monitoreo de máquinas del proceso de producción de traslúcido para "TECHOLUZ" de TUBASEC C.A., empresa localizada en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. La finalidad es controlar la temperatura de funcionamiento de las máquinas en una sola estación de trabajo.

Se ha empleado el método experimental debido a la necesidad de modificar la programación del Sistema para mantener la variación de temperaturas de funcionamiento en ± 3 °C. Para implementar el sistema se ha utilizado el software Industrial LabVIEW; y adecuando la programación de cada uno de los Controladores Lógicos Programables (PLC), se ha implementado una red industrial Ethernet con equipos robustos, permitiendo interactuar al Sistema de Adquisición de Datos y Control Supervisor (SCADA) con las máquinas de forma segura. NI OPC Servers, es el OLE para Control de Procesos (OPC) que comunica el SCADA con los PLCs. El control de las temperaturas se ha realizado mediante histéresis. El Sistema incorpora un almacenamiento de históricos de las temperaturas presentes en las máquinas, datos que serán utilizados a nivel de gerencia.

Se ha empleado los conceptos estadísticos de varianza, dispersión y la prueba t de Student para la comprobación de hipótesis, los mismos que demostraron que la variación se mantiene en un rango ± 0.4 °C de la media que se asemeja a la temperatura deseada.

La implementación del SCADA, facilitó el monitoreo de las dos máquinas de producción de TECHOLUZ y controló las temperaturas de funcionamiento de mejor manera.

Se recomienda el mantenimiento preventivo de los componentes eléctricos de las máquinas y sensores para tener un óptimo funcionamiento.

SUMMARY

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) System Design and Implementation for machinery monitoring of translucent production process of “TECHOLUZ” in TUBASEC C.A. enterprise, located at Riobamba city, Chimborazo Province, Ecuador. The purpose of this investigation is to control machinery functioning temperature in a single work station.

Due to the need of modifying the system programming, an experimental method has been used in order to maintain functioning temperature variation on ± 3 °C. In order to implement such a system the LabVIEW industrial software was used adapting each PLC (Programmable Logic Controller) an industrial Ethernet net was implemented by means of strong equipment which permitted the SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) System to interact with the machinery safely. NI (National Instruments) OPC (OLE for Process Control) Servers, is the OLE for Process Control which communicates SCADA with PLCs. Temperature control has been conducted by means of hysteresis. The Systems incorporates a historic storage of temperatures which are in the machines; the data will employed at managerial level.

In order to prove the hypothesis variance, statistical concepts, dispersion and t Student prove were employed to demonstrate that the temperature variation remains in a range of ± 0.4 °C of the media which resembles the desired temperature.

The SCADA implementation eased the “TECHOLUZ” production machinery monitoring and controlled the functioning temperature in a better way.

In order to get an optimum functioning, it is recommended machinery electric components and sensors preventive.

GLOSARIO

ETHERNET

Ethernet es un estándar de comunicación para redes LAN (Local Area Network; En español, red de área local) desarrollado por dos empleados de la empresa Xerox. Las redes Ethernet han sido las más utilizadas en el ámbito corporativo y sirvieron como base para el estándar IEEE 802.3.

HMI

Human Machine Interface, que se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas; Aplicable a sistemas de Automatización de procesos

LABVIEW

Acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench. LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas estos lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

MODBUS

Modbus es un protocolo de comunicación serie desarrollado y publicado por Modicon en 1979. En su origen el uso de Modbus estaba orientado exclusivamente al mundo de los controladores lógicos programables o PLCs de Modicon. El protocolo Modbus es el protocolo de comunicaciones más común utilizado en entornos industriales, sistemas de telecontrol y monitorización. Lo que implica de forma implícita que: tanto a nivel local como a nivel de red, en su versión TCP/IP, seguirá siendo uno de los protocolos de referencia en las llamadas Smart Grids, redes de sensores, telecontrol y un largo etc de sistemas de información.

OLE (Object Linking and Embedding)

Tecnología de Microsoft para compartir información entre distintas aplicaciones de Windows. Permite la creación de documentos o programas incorporando elementos de otros. Para la ejecución de dicho programa/documento deben existir los archivos o programas necesarios para ejecutarlos.

OPC (OLE for Process Control)

OPC corresponde a un conjunto de especificaciones basadas en los estándares de Microsoft (COM, DCOM, OLE Automation y Active X) que cubren los requerimientos de comunicación industrial entre aplicaciones y dispositivos, especialmente en lo que se refiere al tiempo real

PLC

Programmable Logic Controller o Controlador lógico programable. Dispositivo electrónico muy usado en automatización industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de maquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control.

SCADA

SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition. Un sistema SCADA está basado en computadores que permiten supervisar y controlar a distancia una instalación, proceso o sistema de características variadas. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es generalmente cerrado por el operador.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Corrales, L.**, *Interfaces de comunicación industrial.*, s. ed., Quito-Ecuador., EPN., 2007., Pp. 38-48.
2. **González, G.**, *Métodos Estadísticos y Principios de Diseño Experimental.*,
2a. ed., Quito-Ecuador., Universidad Central del Ecuador.,
1985., Pp. 23-51.
3. **Rodríguez, A.**, *Sistemas SCADA.*, 2a. ed., Barcelona-España.,
Marcombo S.A., 2007., Pp. 1-144.
4. **Mendiburu, H.**, *Automatización Ambiental.*, s.ed., Lima-Perú., s.e.,
2003., Pp. 1-25.
5. **Otín, A.**, *SCADA basado en LabView para el laboratorio de control de ICAI.*,
Proyecto de fin de carrera., Ingeniería Industrial., Universidad
Pontificia Comillas., Madrid-España., 2007., Pp. 4-65.

6. AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS

<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
2013-01-30

7. EQUIPOS SCHNEIDER ELECTRIC

www.schneiderelectric.es
2012-11-21
<http://mecatronicaymas.blogspot.com>
2012-11-21

8. NI LABVIEW

<http://www.ni.com/gettingstarted/labviewbasics/esa/>

2012-12-18

<http://sine.ni.com/nips>

2012-12-12

<http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

2013-02-12

9. POLIPROPILENO

www.textoscientificos.com

2013-01-24

10. RESISTENCIAS CALENTADORAS

www.jmi.com.mx

2013-01-19

11. SCALANCE X005 SWITCH INDUSTRIAL

<http://support.automation.siemens.com>

2012-11-21

12. SISTEMAS SCADA

<http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>

2012-12-03

13. TERMOCUPLAS

www.sapiensman.com

2012-12-13

14. TIPOS DE CONTROL

www.oocities.org

2012-11-21

ANEXOS

ANEXO I
MANUAL DE USUARIO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

MANUAL DE USUARIO

SISTEMA SCADA TECHOLUZ

RIOBAMBA – ECUADOR

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	GENERALIDADES DEL SISTEMA	3
2.1.	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE HARDWARE.	3
2.2.	REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE	3
3.	MANUAL DEL HMI (SCADA)	3
3.1.	COMPONENTES DEL HMI	3
3.2.	EJECUCIÓN	6
3.3.	ENCENDIDO Y APAGADO DEL SISTEMA, INICIO DE SESIÓN.	8
3.4.	CONTROL Y MONITOREO	10
3.4.1.	<i>Monitoreo</i>	11
3.4.2.	<i>Control</i>	12
3.5.	REPORTES	14
3.5.1.	<i>Presentación de Históricos</i>	14
<i>Figura 20.</i>	<i>Carpetas de almacenamiento de los archivos históricos por cada máquina</i>	14
3.5.2.	<i>Grafica de la curva de funcionamiento.</i>	16
4.	POSIBLES FALLAS Y SOLUCIONES	17
4.1.	LECTURA DE TEMPERATURAS ERRÓNEAS.	17
4.2.	SE ENFRÍAN LAS RESISTENCIAS AUNQUE ESTÉN ACTIVADAS LAS SALIDAS.	18
4.3.	EL SISTEMA NO REACCIONA.	18
5.	RECOMENDACIONES	19

MANUAL DE USUARIO SCADA TECHOLUZ

1. INTRODUCCIÓN

Bienvenidos al manual de usuario del Sistema SCADA de TECHOLUZ, en el presente documento se detallará el funcionamiento del Sistema de control y monitoreo de las máquinas de producción de traslúcido, sistema cuya función principal es el de controlar y monitorizar las temperaturas de funcionamiento de dichas máquinas.

2. GENERALIDADES DEL SISTEMA

2.1. Requerimientos mínimos de hardware.

PC donde se ejecutará el programa

- Procesador Core I5 a 2.5 Ghz o superior
- 3 Gigabytes de memoria RAM
- 1 Gigabyte de espacio en Disco Duro
- 2 Tarjetas de red

2.2. Requerimientos de software

- Sistema Operativo Microsoft Windows 7 Ultimate (64 bits o 32bits)
- LabVIEW 2011 (32 bits)
 - Datalogging and Supervisory Control Module (2011)
 - NI OPC Servers
 - Report Generation Toolkit for Microsoft Office
 - PID and Fuzzy Logic Toolkit
 - Internet Toolkit
- Microsoft Office 2007 o superior.

3. MANUAL DEL HMI (SCADA)

3.1. Componentes del HMI

Antes de conocer acerca del funcionamiento del Sistema, es necesario que Ud. señor usuario conozca los componentes del mismo.

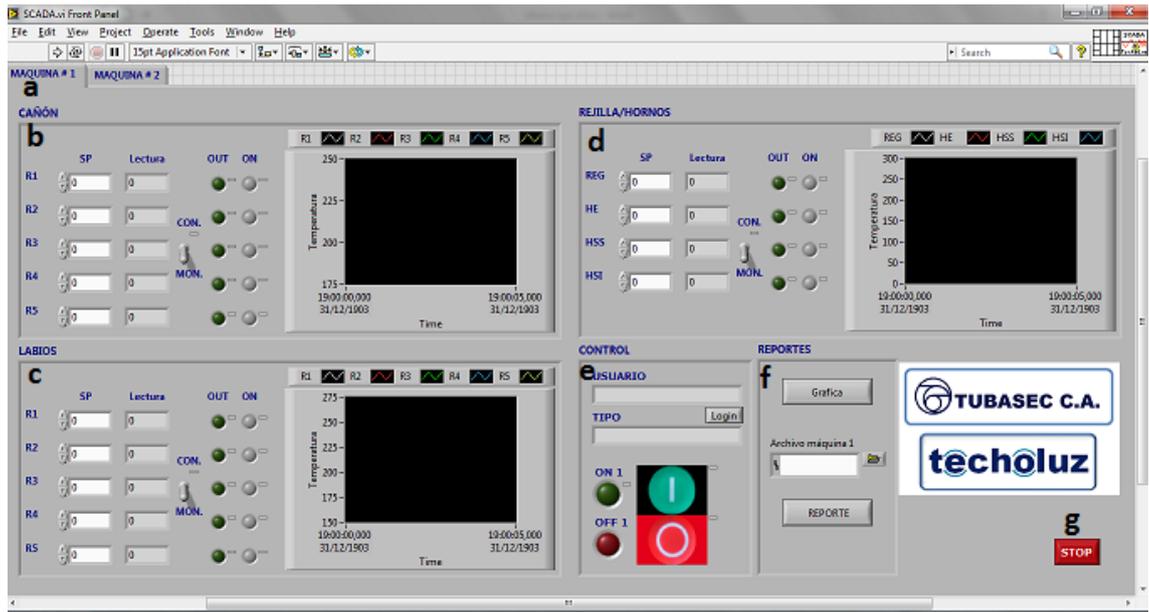


Fig. 1. Componentes principales del sistema

Por cada máquina, existe una ventana de control; las dos interfaces son similares.

A continuación se detalla los distintos elementos presentes en el HMI, figura 1.

- h) Botones seleccionadores: Al presionar uno de ellos, se selecciona la máquina a la cual queremos controlar o monitorear, lo cual no significa que por estar seleccionada una, la otra se haya detenido. Solo muestra los controles y elementos de visualización de una u otra máquina.
- i) Bloque de control y monitoreo del grupo de resistencias presentes en el cañón extrusor.
- j) Bloque de control y monitoreo del grupo de resistencias presentes en los labios inyectores.
- k) Bloque de control y monitoreo de la rejilla y hornos.
- l) Bloque de control de encendido y apagado de la máquina, además de la visualización del usuario y tipo de privilegios que tiene.
- m) Bloque de control de reportes.
- n) STOP: Detiene la ejecución total del sistema de control y monitoreo.

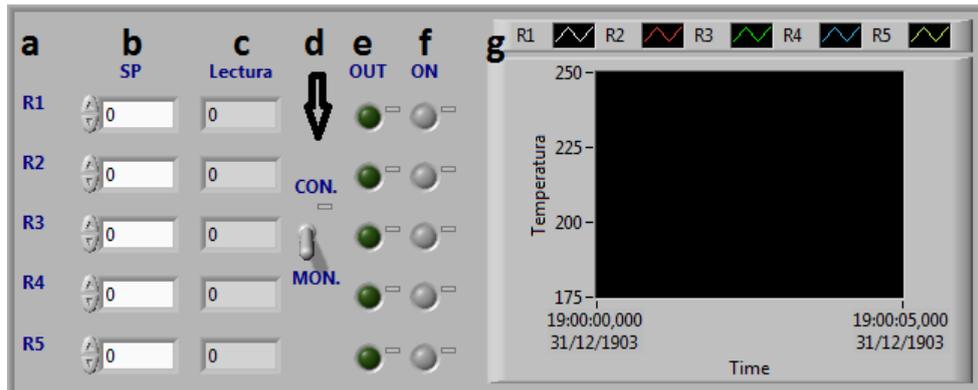


Fig. 2. Componentes del Bloque de control y monitoreo en general
En la figura 2, se detalla cada una de las pantallas de control y monitoreo (cañón, labios, rejilla y hornos). La descripción de sus elementos a continuación:

- a) Número de resistencia que está siendo monitorizada o controlada.
- b) SP: Set Point, el valor al cual se quiere que esté controlado la temperatura en cada una de las resistencias, esto cuando está en modo de control.
- c) Lectura: Son los valores de temperatura a los cuales se encuentran cada una de las resistencias.
- d) Seleccionador: la función que se le da a este botón, es el de seleccionar el modo de operación del bloque, MON para monitoreo o CON para controlar el sistema desde la programación hecha en LabVIEW.
- e) OUT: Indicador de la respuesta que el sistema entrega al dispositivo, si se enciende o apaga la resistencia.
- f) ON: Indicador del valor real de las resistencias, encendidas o apagadas.
- g) Visualización gráfica de los valores de temperatura presentes en las resistencias.



Fig. 3. Componentes del bloque de control

En la figura 3, se detalla el bloque de control

- a) Nombre de usuario que ha iniciado sesión

- b) Tipo de usuario que es (administrador, operario)
- c) Botón de log in, sirve para que inicie sesión un usuario.
- d) Indicador que el sistema está funcionando, de color verde claro cuando esta de esa forma.
- e) Indicador que el sistema está detenido, de color rojo cuando esta de esa forma
- f) Botón de inicio, al presionarlo, pone en marcha el PLC, y el sistema en sí.
- g) Botón de paro, al presionarlo, detiene todo el sistema en sí.

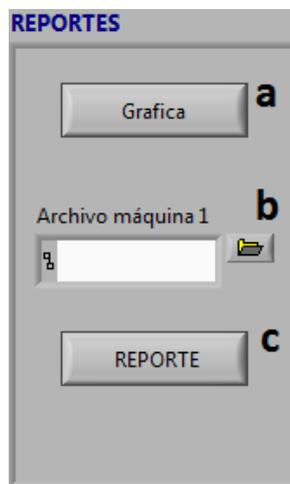


Fig. 4. Componentes del bloque de reportes

En la figura 4, se describe el bloque de reportes.

- a) Botón para la generación de la gráfica de la curva de funcionamiento.
- b) Botón para la selección del archivo de históricos a abrir.
- c) Botón para abrir archivos históricos.

3.2. Ejecución

Para ejecutar el HMI del SCADA de TECHOLUZ, ingresar a la ruta C:\SCADA y ejecutar el archivo SCADA.vi como se observa en la Figura 5. O a su vez ejecute el acceso directo que se encuentra en el escritorio.

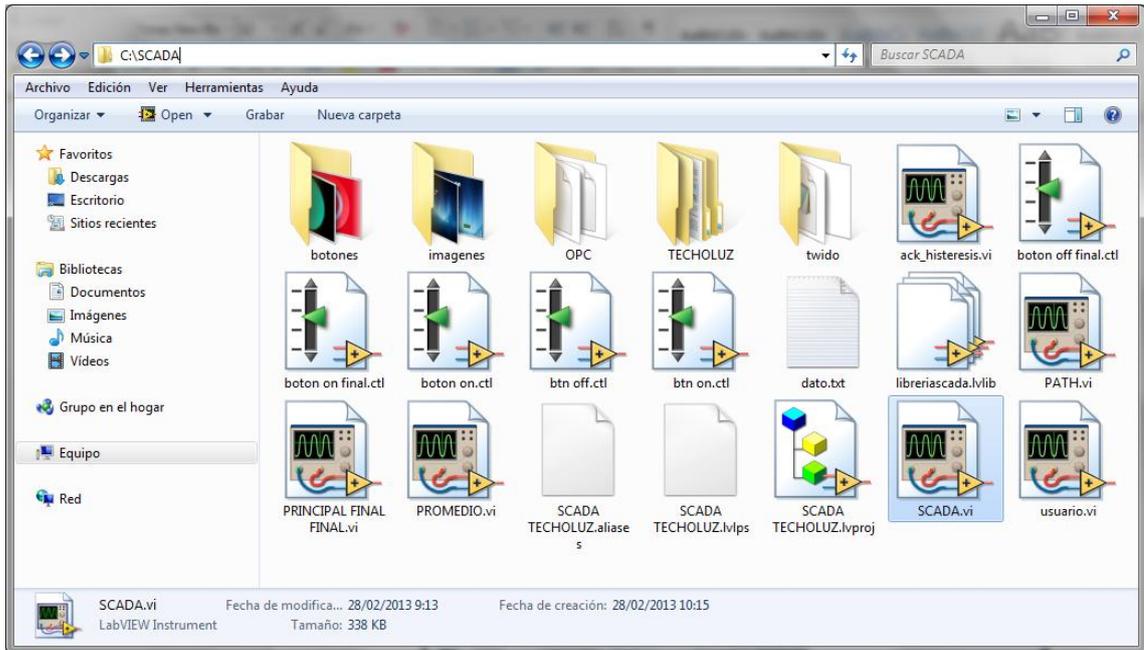


Fig. 5. Archivo del HMI (SCADA)

Si todos los componentes se encuentran presentes, el HMI se iniciará satisfactoriamente, y se verá como en la Figura 6, si no es así, póngase en contacto con el Departamento de Construcción y Maquinaria.

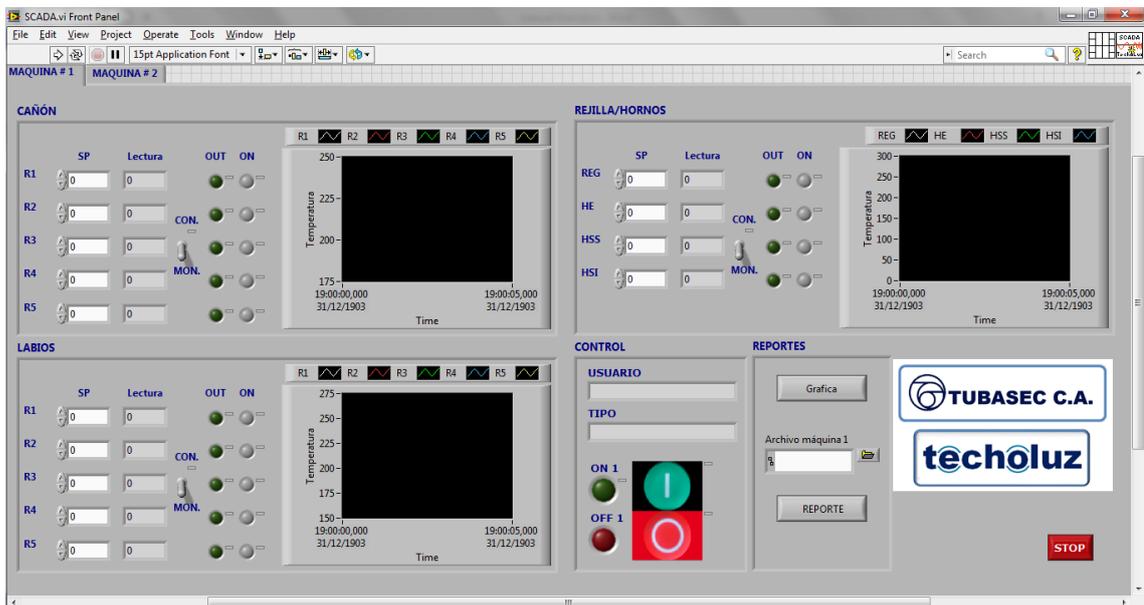


Fig. 6. HMI (SCADA)

Para poner en ejecución el archivo, presione sobre el icono Run, ubicado en la parte superior izquierda, como se observa en la figura 7.

NOTA: Antes de realizar esta acción, comprobar que los dos PLCs de las máquinas estén encendidos, caso contrario el programa no reaccionará, y se colgará.

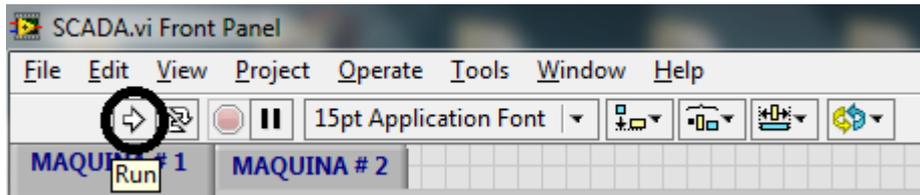


Fig. 7. Ejecutar el programa.

Para detener la ejecución del programa, basta con presionar Abortar ejecución, icono rojo, en la barra de tareas que se muestra en la figura 8.

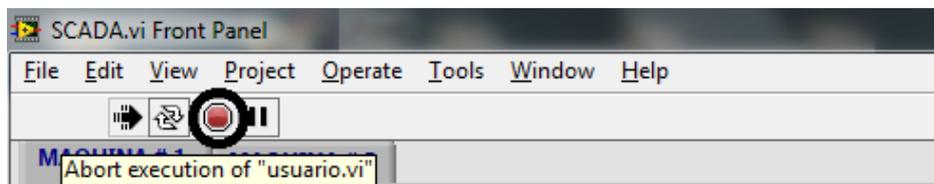


Fig. 8. Detener el programa.

NOTA: Detener el programa de esta forma, solo en caso que las máquinas (todas) se vayan a apagar, o en caso que se indique más adelante en el presente manual.

Ojo: Que el programa se esté ejecutando, no necesariamente significa que el Sistema esté en funcionamiento.

3.3. Encendido y apagado del Sistema, Inicio de sesión.

Una vez el programa se esté ejecutando, se va a iniciar sesión. Esto siempre se lo debe realizar, para tener acceso a los permisos que cada usuario tiene configurado. Esto se lo realiza al presionar el botón Login, que se encuentra en la parte superior derecha. Figura 9.



Fig. 9. Botón Login

Una vez presionado, se abrirá una ventana auxiliar, figura 10, en la que se deberá introducir el nombre de usuario, con su respectiva contraseña, y presionar el botón OK.

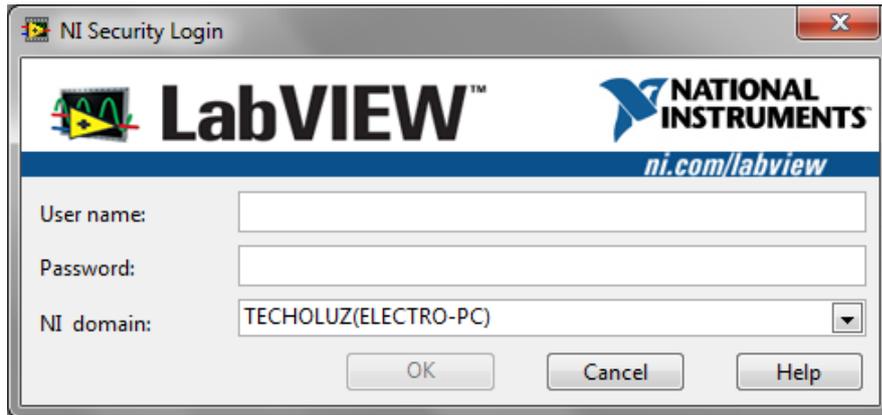


Fig. 10. Ventana de inicio de sesión

NOTA: En cada turno deberá iniciar sesión la persona que estará encargada de controlar el sistema.

Luego de Iniciar sesión, se va a encender el Sistema. Esto se lo puede realizar de dos formas:

- Por medio de la botonera del tablero de control.
- Por medio del HMI.

Mediante la botonera de control, se presiona el pulsador de inicio (botón verde de la botonera marcha/paro), mediante el cual envía una orden al PLC para que entre en funcionamiento (indicador luminoso se enciende en el tablero) y el sistema está listo para ser controlado o monitorizado. Figura 11.



Fig. 11. Botonera de encendido del PLC

Se puede realizar y enviar la orden anterior al PLC, mediante el HMI, presionando el pulsador de encendido (centro verde), el indicador verde con la etiqueta ON se encenderá, figura 12.

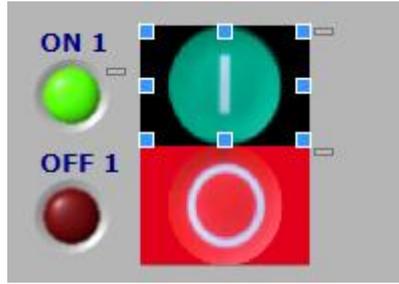


Fig. 12. Encendido del Sistema.

Cualquiera sea la forma del encender el sistema, los dos indicadores (del HMI como del tablero de control) se encenderán al instante.

Para detener el Sistema, también se lo puede realizar de las dos formas expuestas anteriormente (HMI, tablero de control), al presionar el pulsador rojo, los indicadores luminosos rojos tanto del tablero de control como del HMI se encenderán. Figura 13

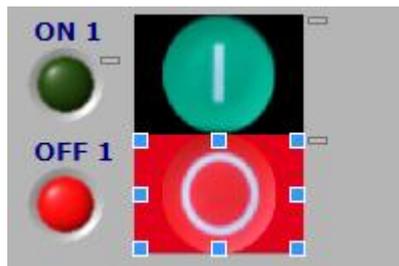


Fig. 13. Apagado del Sistema

Al momento de apagar el sistema, todas las resistencias se apagarán, y por lo tanto la máquina comenzará el proceso de enfriamiento.

3.4. Control y Monitoreo

La interfaz Hombre Máquina HMI (programa) tiene dos modos de funcionamiento:

- Modo Monitoreo: Solo visualiza las temperaturas a las que las máquinas están trabajando.
- Modo Control: Controla las temperaturas a las que funcionan las máquinas.

NOTA: La funcionalidad de los bloques de control y monitoreo pueden estar alternados, por ejemplo: el cañón en modo monitoreo, los labios en modo control, rejilla y hornos en modo control, etc.

No olvidarse, que en el tablero de control, existe un selector que sirve para habilitar los dos modos de funcionamiento, figura 14.



Fig. 14. Selector de habilitación.

Cuando este indicando PC significa que la PC podrá tener el control, caso contrario, en PLC indica que el mismo (PLC) es el único que tendrá control, y la PC únicamente podrá monitorizar.

Existen tres bloques bien definidos, destinados al control y monitoreo de las temperaturas de las máquinas:

- Cañón
- Labios
- Rejilla y hornos

3.4.1. Monitoreo

Para habilitar al HMI en modo de monitoreo, el seleccionador (selector) del bloque o bloques de control y monitoreo debe estar en MON, figura 15 (el seleccionador cambia de posición al pulsar sobre el).



Fig. 15. Seleccionador en modo MON (monitoreo)

Los bloques de control y monitoreo se comportaran como en la figura 16. En ella se observa que aunque se tenga un dato de Set Point (valor deseado de temperatura), el sistema no ofrece una respuesta (OUT en la figura). Únicamente

se visualiza las temperaturas presentes en las resistencias (debajo de Lectura) de las máquinas, y si las mismas (resistencias) están encendidas o apagadas en ese instante (ON), con indicadores rojos. Las temperaturas están controladas por el PLC.

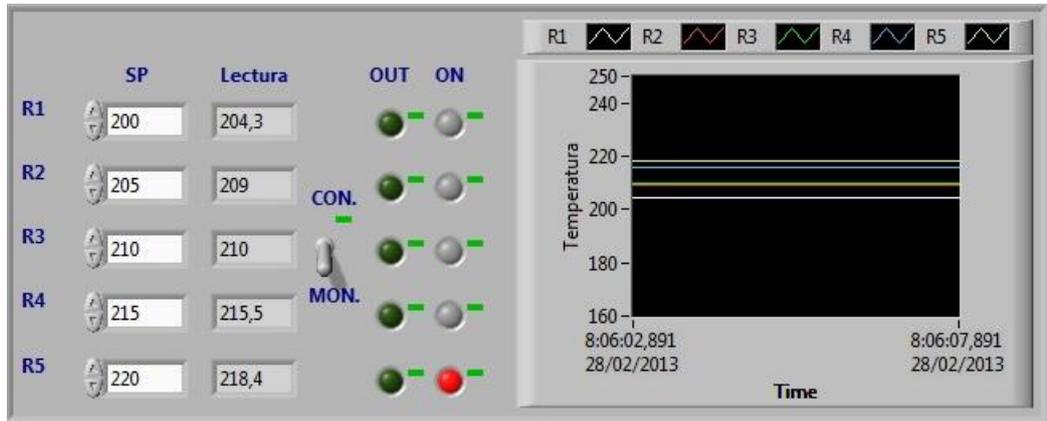


Fig. 16. Comportamiento de los bloques de control y monitoreo en modo monitoreo (MON)

Si las temperaturas están bajas, y los indicadores ON se encuentran activados (de color rojo), revisar el tablero eléctrico, pues seguramente debe estar averiado, y realizar lo siguiente:

- Comprobar que esté llegando alimentación al breaker principal del tablero de control implementado.
- Comprobar que los fusibles del tablero de control (PLC) no estén quemados.
- Comprobar si las resistencias están alimentadas (medir consumo de corriente).
- Comprobar que exista voltaje en los terminales de 440V.
- Comprobar que en el tablero de potencia, todos los componentes que sirven para la activación de la resistencia o resistencias no se hayan dañado.
- Comprobar que la resistencia no se ha dañado.

3.4.2. Control

Para habilitar al HMI en modo de control, el selector (selector) del bloque o bloques de control y monitoreo debe estar en CON, figura 17.



Fig. 17. Selector en modo CON (control)

En los cuadros numéricos debajo de las letras SP (Set Point) el usuario debe insertar los valores de temperaturas a los que desea que el sistema se mantenga, al lado derecho de estos debajo del texto Lectura, se encuentran los cuadros numéricos con los valores reales de temperaturas presentes en cada una de las resistencias, Figura18.

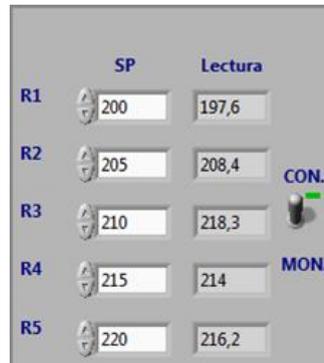


Fig. 18. Valores de Set Point introducidos por el usuario, y lectura de las temperaturas presentes en el Sistema.

Debajo de las letras OUT (salida), se encuentran los indicadores luminosos de color verde, los cuales muestran la respuesta que la programación del HMI da al sistema, es decir si las resistencias se deben encender o apagar.

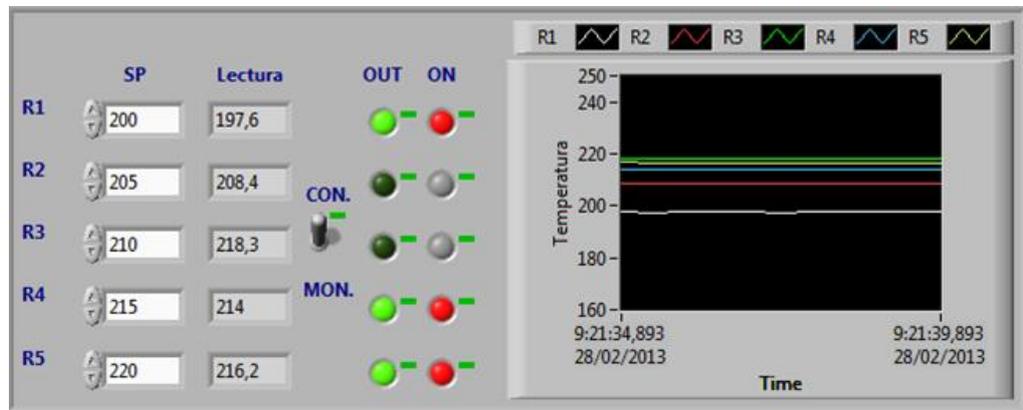


Fig. 19. Comportamiento general del bloque de control y monitoreo en modo CON (control).

Debajo de las letras ON (encendido), se muestra las resistencias que están encendidas (salidas del PLC para activar contactores), Figura 19. Tanto los indicadores OUT como ON (rojos y verdes) deben estar encendidos o apagados al mismo tiempo (en realidad existe un pequeño desfase de tiempo no mayor a un segundo), esto es indicativo de que el sistema está correcto, caso contrario se debe revisar el mismo, lo más seguro es que el sistema presenta fallas, revisar la sección de fallas y soluciones.

De igual manera, si las temperaturas de las resistencias están bajas, y las salidas del sistema están activadas, realizar el mismo proceso de comprobación explicado en la sección de monitoreo.

3.5. Reportes

El sistema presenta dos tipos de reportes:

- Históricos de las temperaturas, que se van guardando cada determinado tiempo
- Gráfica de la curva de funcionamiento de las temperaturas en un instante.

3.5.1. Presentación de Históricos

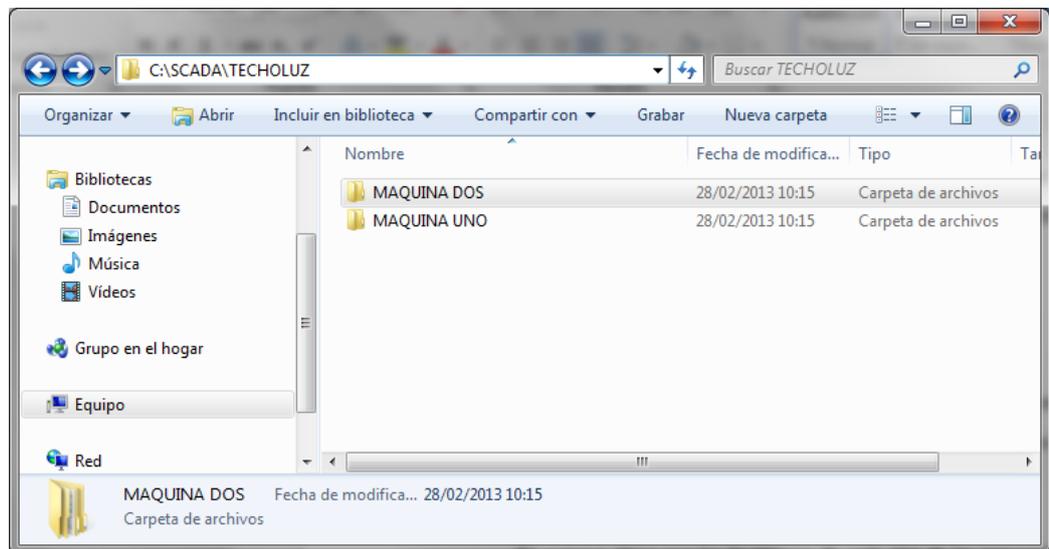


Fig. 20. Carpetas de almacenamiento de los archivos históricos por cada máquina

El sistema almacena los históricos de cada una de las temperaturas presente en la máquina a la cual está funcionando en el transcurso del tiempo. Se crea un

archivo por cada día de funcionamiento. A la vez estos archivos están ordenados en carpetas de la siguiente forma: TECHOLUZ>>MAQUINA #>>AÑO>>MES. Es decir por cada máquina se crea una carpeta, dentro de la cual hay carpetas por año, y dentro de estas carpetas por mes. Figura 20. La carpeta de Techoluz, se crea dentro de la carpeta que contiene en si todo el proyecto.

En el HMI en la parte inferior derecha se encuentra el bloque de los reportes. De estos elementos, los dos inferiores sirven para mostrar el archivo del reporte. Figura 21.



Fig. 21. Elementos para la visualización de los históricos.

Primero hay que seleccionar el archivo que se desea mostrar. Para realizar esto dar clic en el icono con dibujo de carpeta (encerrado en un círculo en la figura 21). Se abrirá una ventana exploradora como se muestra en la figura 22. En ella hay que navegar dentro de la carpeta TECHOLUZ, y luego buscar dentro de las demás subcarpetas el archivo en específico que se desee abrir.

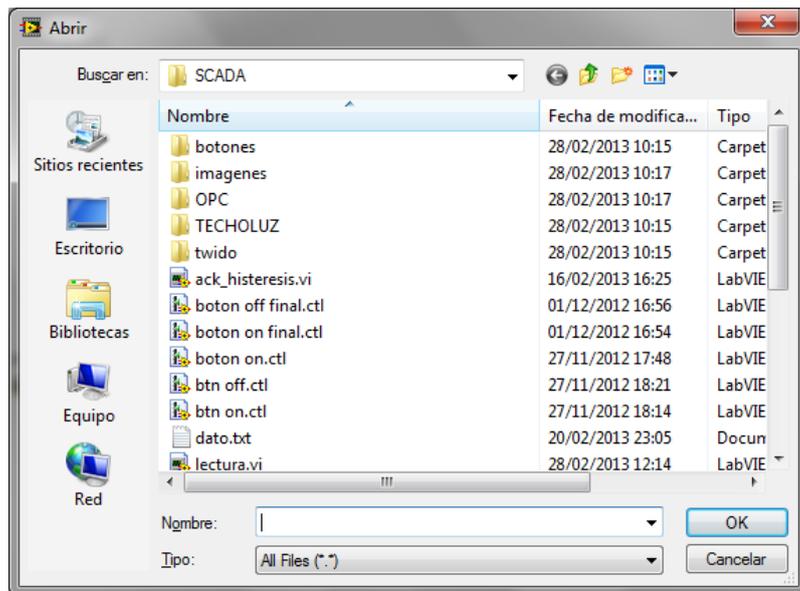


Fig. 22. Ventana exploradora de archivos.

Una vez encontrado el archivo, presionar Ok. Se regresará a la pantalla principal del HMI. Finalmente para visualizarlo presionar el botón con el nombre

REPORTE (figura 21). Se abrirá una ventana de Excel con los datos históricos, figura 23, la ventana de Excel se abrirá en segundo plano, por lo que habrá que maximizarla.

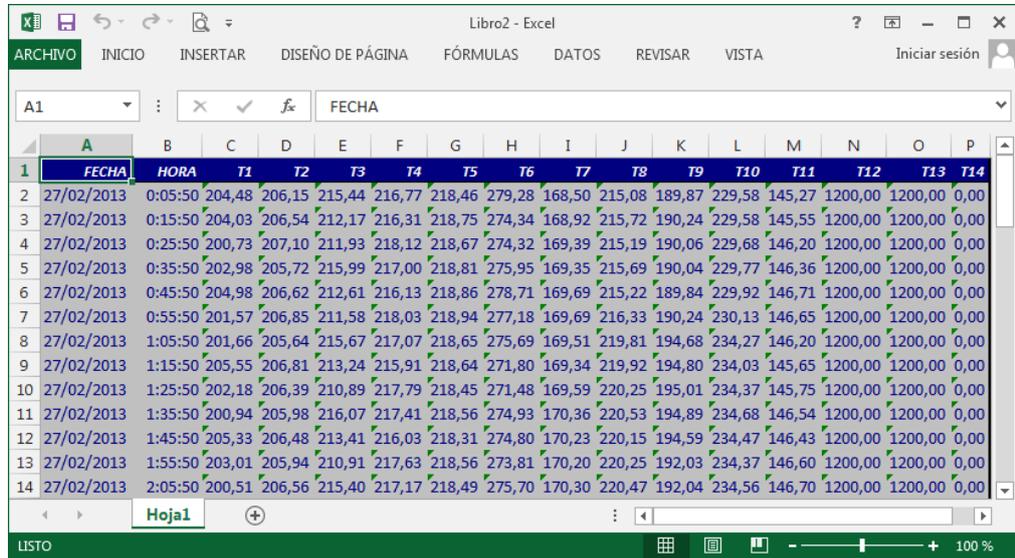


Fig. 23. Ventana de Excel con los datos de históricos.

Nota: Si los datos presentados en Excel, desea utilizarlos y transportarlos a otra máquina, debe guardarlos desde Excel.

3.5.2. Grafica de la curva de funcionamiento.

El otro reporte que muestra, es la curva de funcionamiento de temperaturas en el instante que se lo solicita. Es decir, muestra la curva formada por las temperaturas presentes en aquel instante en las resistencias. Para mostrar dicha curva, basta con presionar el botón Gráfica en el bloque de reportes en la parte superior, figura 24.

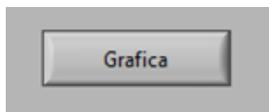


Fig. 24. Botón gráfica, que visualiza curva de funcionamiento.

De igual manera se abrirá en segundo plano una ventana de Excel que contiene la gráfica solicitada. Figura 25. De igual manera, si se desea conservar esta información, hay que guardar la gráfica desde Excel.

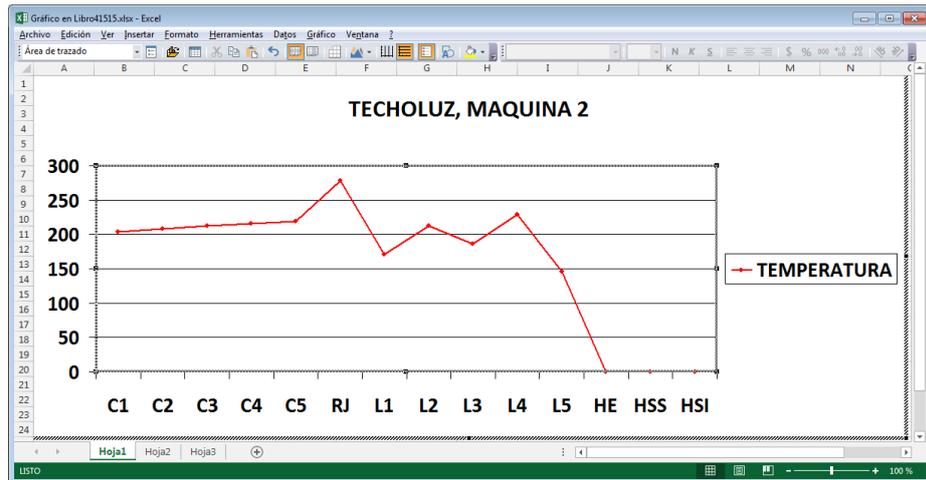


Fig. 25. Gráfica de la curva de funcionamiento de las temperaturas.

4. POSIBLES FALLAS Y SOLUCIONES

En condiciones ideales, y si el usuario maneja el programa tal y como se lo ha detallado anteriormente, no habrá ningún tipo de dificultades. Nunca debemos olvidar que para que el Sistema funcione correctamente se deben dar las siguientes condiciones:

- Tener encendido los dos PLCs de las máquinas.
- Si se desea controlar o monitorizar una máquina, presionar el botón de inicio del sistema. (ver Encendido y apagado del Sistema.)
- Tener en cuenta el selector del tablero de control, debe estar en PC para poder controlar el sistema desde el HMI.

IMPORTANTE: Si por alguna razón, se va a apagar el PLC de cualquiera de las máquinas, y la otra va a quedar en funcionamiento, póngase en contacto con el departamento de Construcción y Maquinaria. Ellos tomarán las medidas necesarias para que el sistema funcione para la máquina en específico.

4.1. Lectura de temperaturas erróneas

Problema: Las lecturas que se tiene de las variables del sistema varían notoriamente en más de 1°C de un instante a otro.

Solución: Verificar que los recubrimiento metálico de la termocupla, no se esté rozando con otras, pues esto induce ruido a las misma, provocando errores de lectura en los módulos del PLC.

Problema: La lectura que se tiene de la termocupla, marca 0 o 1200 °C

Solución: Si la termocupla marca 1200 °C, significa que la misma no está conectada en la bornera, conéctela. Si las termocuplas marcan 0 °C, significa que la termocupla está conectada inversamente (mal polarizada), conéctela correctamente.

Problema: La lecturas se elevan demasiado rápido, fuera de lo normal

Solución: Lo más probable, es que la termocupla se haya averiado, cámbiela.

Problema: La lecturas se elevan demasiado lento (1 °C en 8 minutos o más)

Solución: Comprobar que la termocupla esté en perfectas condiciones. Medir corriente en las alimentaciones de la resistencia, para ver si está alimentada o existe algún desperfecto. Comprobar las conexiones de potencia. Cambiar la resistencia, posiblemente este dañada.

4.2. Se enfrían las resistencias aunque estén activadas las salidas.

Solución: Revisar las alimentaciones del tablero de control, una de las fases se pudo dañar. Revisar la alimentación de alta tensión.

4.3. El sistema no reacciona.

Este será un problema poco común, que sin embargo puede darse. Se dice que el sistema no reacciona, cuando ninguno de las elementos del mismo reacciona, es decir no permite poner datos numéricos, las temperaturas se quedan estáticas siempre y no varían aunque pase un lapso considerable de tiempo, y ni si quiera permite abortar la ejecución.

Solución: La solución a este problema debe cumplir con los siguientes pasos:

- Poner el selector del tablero de control en PLC, de esta manera las temperaturas serán controladas por el mismo, mientras se soluciona el problema con el sistema. Realizar esto en las dos máquinas.

- Si permite el programa, cerrarlo, volverlo a abrir y arrancarlo.
- Reiniciar la PC.
- Comprobar que el cable de comunicación esté conectado en las dos máquinas.
- Una vez reiniciada la PC, abrir nuevamente el programa y arrancarlo como se cita en los programas.
- Comprobar que exista comunicación entre los dos PLC, mediante ping (para esto llamar al departamento de Construcción y Maquinaria.)
- Apagar y encender cada uno de los PLC

Al terminar todo esta lista de pasos, el problema se habrá solucionado.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento preventivo de todo los elementos eléctricos de potencia de las máquinas, limpieza de contactos y demás
- Variar los valores de temperaturas solo cuando sea necesario.
- Permitir el acceso al sistema solo a personal calificado y entrenado.
- Cuando se quiera variar las temperaturas en un rango alto, hacerlo gradualmente, es decir, subir o bajar entre 2 y 3 °C estabilizarlo en ese valor, e irle bajando hasta llegar al valor deseado.
- Darle mantenimiento a la PC, pues en el ambiente en que se desenvuelve, si no se lo hace, se acortará su tiempo de funcionamiento.
- Si no logran resolver rápidamente algún inconveniente con el Sistema, ponerse en contacto con el departamento de Construcción y Maquinaria, pues el departamento está en la capacidad de resolver cualquier problema.

ANEXO II
PROGRAMACIÓN DEL PLC MODIFICADA