

SERVIDOR iFIX® PARA APLICACIONES DISTRIBUIDAS EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL



HORACIO ANDRÉS CORAL ENRÍQUEZ

RODRIGO HERNÁN ORDÓÑEZ HURTADO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

POPAYÁN, NOVIEMBRE DE 2005

**SERVIDOR iFIX® PARA APLICACIONES DISTRIBUIDAS EN AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL**

**HORACIO ANDRÉS CORAL ENRÍQUEZ
RODRIGO HERNÁN ORDÓÑEZ HURTADO**

Trabajo de Grado

Director
OSCAR AMAURY ROJAS
Ingeniero Electrónico Especialista en Informática Industrial

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
POPAYÁN, NOVIEMBRE DE 2005**

*“...Pero yo quiero ser de noche el dueño
de los ojos, de la altura,
y he de fundir la montura
para galopar mi sueño.*

*Volaré, tengo que domar el fuego
para cabalgar seguro
en la bestia del futuro
que me lleve a donde quiero...”*

Silvio Rodríguez

DEDICATORIAS

A Dios: Honor y gloria a ti padre omnipotente por darnos la fuerza y firmeza para vencer los tropiezos, y por llevar a un feliz término nuestra carrera.

A mis padres, Victoria y Horacio, con todo mi amor y admiración, quienes son un gran ejemplo para mí; a ellos debo y agradezco cada uno de mis logros por su grandioso apoyo y amor incondicional. A mi hermano Jaimucho por su gran y especial forma de demostrar su amor hacia mí y nuestra familia.

Horacio Andrés

A mi mamá, María del Socorro, quien, entre muchas otras cosas buenas más, me enseñó el verdadero valor del estudio; a ella le debo todo lo que soy, todo. A mis hermanos, Andrés Fernando y Eduardo José: tenerlos a mi lado ha sido el más lindo regalo de Dios. A Natalia, mi muñequita de trapo; su apoyo y compañía me fortalecieron aún más.

Rodrigo Hernán

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La Universidad del Cauca, Alma Máter que nos acogió durante estos últimos seis años y nos formó como los profesionales que somos hoy.

Oscar Amaury Rojas, Ingeniero Electrónico Especialista en Informática Industrial, Profesor de la Universidad del Cauca y Director del trabajo de grado, por sus valiosas orientaciones, sus aportes y constante motivación en este trabajo.

Toda la comunidad docente del programa Ingeniería en Automática Industrial de la Universidad del Cauca, por su colaboración incondicional.

RESUMEN

En este documento se presenta el desarrollo de una aplicación de control supervisorio bajo un ambiente distribuido elaborada en el software HMI/SCADA iFIX[®]. Esta aplicación contiene las opciones básicas que debe tener un sistema supervisorio para satisfacer las necesidades mínimas en la industria, a saber, manejo de alarmas, datos históricos, tendencias en tiempo real, reportes y seguridad. Además, hace uso de estándares de comunicación abierta para la adquisición de datos y freeware adicional para el manejo de reportes.

ABSTRACT: In this document, the development of a supervisory control application under a distributed environment made on iFIX[®] HMI/SCADA software is presented. This application contains the basic options that a supervisory system must have to satisfy the minimal industrial necessities, such as, alarming, historical data, real time trending, reports and security. In addition, both open communication standards for data acquisition and freeware for report management are used on it.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
0. INTRODUCCIÓN	13
0.1 PRESENTACIÓN DEL TRABAJO	13
0.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	14
0.3 IMPORTANCIA DEL TEMA	14
0.4 SOLUCIÓN PROPUESTA	15
0.5 OBJETIVOS PLANTEADOS	16
0.5.1 OBJETIVO GENERAL	17
0.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
0.6 DIFICULTADES	17
0.7 LIMITACIONES	18
0.8 PRINCIPALES APORTES	18
0.9 ESTRUCTURA DEL TRABAJO PRESENTADO	19
1. BASES TEÓRICAS	20
1.1 SUPERVISORIO Y SERVIDOR BASADO EN iFIX®	20
1.1.1 ARQUITECTURA CLIENTE/SERVIDOR DISTRIBUIDA	21
1.2 MICROSOFT® TERMINAL SERVER	23
2. DEFINICIÓN DE LOS NIVELES ENTRADAS/SALIDAS, Y CAMPO Y PROCESO	24
2.1 INTRODUCCIÓN	24
2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS	24
2.2.1 TANQUES INTERACTUANTES	24
2.2.2 MÓDULO PT326	27
2.3 DISPOSITIVOS DE CONTROL	30
2.3.1 CONFIGURACIÓN DE LOS PLCs	31
2.3.2 LÍNEAS DE CÓDIGO	38
2.3.3 PROGRAMACIÓN DE LOS PLCs	41
3. DEFINICIÓN DEL NIVEL DE CONTROL	43

3.1	INTRODUCCIÓN	43
3.2	LA RED DE DISPOSITIVOS DE CONTROL	43
3.2.1	HARDWARE Y SOFTWARE NECESARIO	43
3.2.2	IMPLEMENTACIÓN DE LA RED	44
3.3	INTERFAZ OPC	47
3.3.1	CONFIGURACIÓN DE LOS SERVIDORES DE OPC EN RSLINX	47
3.3.2	CONFIGURACIÓN DE LA APLICACIÓN CLIENTE DE OPC EN iFIX® OPC POWER TOOL	49
3.4	DESARROLLO DEL SERVIDOR SCADA EN iFIX®	51
3.4.1	CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA	51
3.4.2	DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS DEL PROCESO	57
3.4.3	CONFIGURACIÓN DE ALARMAS	62
3.4.4	CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD	63
3.4.5	CONFIGURACIÓN DE ARCHIVADO DE DATOS	68
3.5	DESARROLLO DEL SISTEMA SUPERVISORIO	70
3.5.1	EL HMI	71
3.5.2	EJECUCIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA SUPERVISORIO	77
3.6	PAQUETE DE INSTALACIÓN	79
4.	DEFINICIÓN DEL NIVEL DE GESTIÓN	80
4.1	INTRODUCCIÓN	80
4.2	DESCRIPCIÓN DE LA RED LAN	80
4.3	DESARROLLO DEL CLIENTE ESTÁNDAR EN iFIX®: iCLIENT	80
4.3.1	CONFIGURACIÓN DEL HMI	80
4.3.2	CONFIGURACIÓN DE ALARMAS	81
4.3.3	CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD	82
4.3.4	CONFIGURACIÓN DE ARCHIVADO DE DATOS	83
4.3.5	SCU: LOCAL STARTUP...	84
4.3.6	NOTAS IMPORTANTES	84
4.3.7	PAQUETE DE INSTALACIÓN	84
4.4	DESARROLLO DEL CLIENTE CON SERVICIOS DE TERMINAL EN iFIX®: iCLIENTS	84
4.4.1	CONFIGURACIÓN DEL AMBIENTE TS	84
4.4.2	CONFIGURACIÓN DEL iCLIENTS	87
4.5	DESARROLLO DEL CLIENTE LIVIANO EN iFIX®: THIN CLIENT	88
4.5.1	INSTALACIÓN DEL CLIENTE DE TERMINAL SERVER SOBRE LA MÁQUINA CLIENTE	88
5.	MANUAL DE USUARIO	89
5.1	NAVEGACIÓN POR LA APLICACIÓN	89

5.1.1	MENÚ PRINCIPAL	90
5.1.2	PROCESO 1	91
5.1.3	PROCESO 2	96
5.1.4	TENDENCIAS	98
5.1.5	ALARMAS	99
5.1.6	HISTÓRICOS	100
5.1.7	REPORTES	106
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
6.1	INTRODUCCIÓN	110
6.2	CONCLUSIONES	110
6.2.1	CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	110
6.2.2	CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO	111
6.3	RECOMENDACIONES	112
	BIBLIOGRAFÍA	113
	ÍNDICE	115

TABLA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 2. NIVELES JERÁRQUICOS EN UNA ARQUITECTURA DE RED INDUSTRIAL.....	15
FIGURA 3. APLICACIÓN PROPUESTA.....	16
FIGURA 4. INTERFAZ GRÁFICA DE IFIX® 3.0.	20
FIGURA 5A. ARQUITECTURA CLIENTE/SERVIDOR. B. ARQUITECTURA CLIENTE/SERVIDOR DISTRIBUIDA.	22
FIGURA 6 DIAGRAMA EN EL ESTÁNDAR ISA A. DE LA PLANTA COMPLETA, B. DE LA CONFIGURACIÓN UTILIZADA.....	24
FIGURA 7. PUNTOS DE CONEXIÓN ELÉCTRICA EN LA PLANTA.....	25
FIGURA 8. RELACIONES ENTRE VARIABLES DE LA PLANTA.....	25
FIGURA 9. ESQUEMA DEL MÓDULO PT326.....	27
FIGURA 10. SENSOR Y CIRCUITO DE ADECUACIÓN (TRANSMISOR DE CORRIENTE).....	28
FIGURA 11. CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO PT326 UTILIZADA.	28
FIGURA 12. EQUIVALENCIA DEL SISTEMA DE CONTROL: $b \approx a$	30
FIGURA 13. SELECCIÓN DEL PROCESADOR.....	31
FIGURA 14. CONFIGURACIÓN DE MÓDULOS I/O.	32
FIGURA 15. CONFIGURACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	33
FIGURA 16. PALABRAS DE CONFIGURACIÓN EXTRA DEL MÓDULO.....	33
FIGURA 17. CONEXIONES DEL MÓDULO 1769-IF4XOF2: A. ENTRADA ANALÓGICA, B. SALIDA ANALÓGICA.....	34
FIGURA 18. CONFIGURACIÓN DEL CANAL 0 Y DEL CANAL 1.....	35
FIGURA 19. AGREGANDO UN BLOQUE DE DATOS PARA LA INSTRUCCIÓN PID.....	37
FIGURA 20. PELDAÑOS PARA LA ADECUACIÓN DE LA SEÑAL DE ENTRADA.....	38
FIGURA 21. PELDAÑO 4: INSTRUCCIÓN PID.....	39
FIGURA 22. PANTALLA DE CONFIGURACIÓN DE LA INSTRUCCIÓN PID.....	39
FIGURA 23. ESCALIZACIÓN DE LA SEÑAL DE SALIDA Y FIN DEL CÓDIGO.....	41
FIGURA 24. LÍNEA PARA EL MANEJO DE LA BOMBA DEL PROCESO DE NIVEL.....	41
FIGURA 25. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AIC+.....	44
FIGURA 26. POSIBLES CONEXIONES PC - AIC+.....	45
FIGURA 27. POSIBLES CONEXIONES PLC - AIC+.....	45
FIGURA 28. CONEXIONES DE LA RED DH-485 UTILIZADAS EN EL PRESENTE PROYECTO.....	46
FIGURA 29. CONEXIÓN DE CABLE SIMPLE BELDEN-M #9842.....	46
FIGURA 30. ADICIÓN DE UN TÓPICO DE OPC EN RSLINX.....	48
FIGURA 31. CONFIGURACIÓN DE UN TÓPICO DE OPC EN RSLINX.....	48
FIGURA 32. I/O DRIVER SERVER CONNECTION.....	49
FIGURA 33. VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE IFIX® OPC POWER TOOL.....	50
FIGURA 34. INTERFAZ DEL SYSTEM CONFIGURATION UTILITY.....	51

FIGURA 35. LOCAL STARTUP DEFINITION.....	52
FIGURA 36. PATH CONFIGURATION.	53
FIGURA 37. NETWORK CONFIGURATION.	53
FIGURA 38. REMOTE NODE CONFIGURATION.	54
FIGURA 39. TASK CONFIGURATION.	55
FIGURA 40. SCADA CONFIGURATION.	56
FIGURA 41. CONFIGURACIÓN DE ÁREAS DE ALARMA EN iFIX®.	62
FIGURA 42. VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE ALARMAS EN iFIX®.	63
FIGURA 43. VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD EN iFIX®.	64
FIGURA 44. ÁREAS DE SEGURIDAD DEL SISTEMA SCADA.	64
FIGURA 45. CUENTAS DE GRUPO Y CUENTAS DE USUARIO.	65
FIGURA 46. CONFIGURACIÓN DE LOGIN AUTOMÁTICO.....	67
FIGURA 47. CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD.....	67
FIGURA 48. CONFIGURACIÓN DE ARCHIVADO DE DATOS HISTÓRICOS.	68
FIGURA 49. ASIGNACIÓN DE GRUPOS PARA EL ARCHIVADO DE DATOS HISTÓRICOS.	69
FIGURA 50. INICIALIZACIÓN DE LA COLECCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS (HTC.)	69
FIGURA 51. COLECCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS (HTC) ACTIVA.	70
FIGURA 52. VENTANA PROCESO 1.....	72
FIGURA 53. VENTANA PROCESO 2.....	72
FIGURA 54. REPRESENTACIÓN DE LOS PROCESOS.....	73
FIGURA 55. VENTANA TENDENCIAS.....	74
FIGURA 56. VENTANA ALARMAS.....	74
FIGURA 57. VENTANA HISTÓRICOS.	75
FIGURA 58. VENTANA REPORTES.....	76
FIGURA 59. MENÚ PRINCIPAL.....	76
FIGURA 60. CONFIGURACIÓN DE LA APLICACIÓN EN MODO RUN Y PANTALLA COMPLETA CUANDO SE INICIE EL WORKSPACE.....	78
FIGURA 61. DEFINICIÓN DE LAS VENTANAS DE USUARIO A ABRIR CUANDO EL WORKSPACE INICIE EN MODO RUN.....	78
FIGURA 62. HERRAMIENTA FIND AND REPLACE DEL WORKSPACE.....	81
FIGURA 63 CONFIGURACIÓN DE LOGIN AUTOMÁTICO.....	83
FIGURA 64. PANTALLA POR DEFECTO AL INICIAR LA APLICACIÓN.....	89
FIGURA 65. VENTANA PROCESO 1: PROCESO DE NIVEL.....	91
FIGURA 66. SISTEMA DE CONTROL, A. EN LAZO CERRADO Y B. EN LAZO ABIERTO.	92
FIGURA 67. PANEL PARA CAMBIAR EL MODO DE OPERACIÓN DEL CONTROLADOR.....	92
FIGURA 68. CAJA DE TEXTO PARA DEFINIR LA SEÑAL DE CONTROL EN MODO MANUAL.....	92
FIGURA 69. PERILLA GIRATORIA PARA DEFINIR LA SEÑAL DE CONTROL EN MODO MANUAL.	93
FIGURA 70. PANEL PARA DEFINIR LAS CONSTANTES DEL CONTROLADOR.....	93
FIGURA 71. CAJA DE TEXTO PARA DEFINIR LA REFERENCIA.....	94
FIGURA 72. PANEL DE MANEJO DE LA BOMBA.....	94

FIGURA 73. PANEL DE MANEJO DE LA VÁLVULA DE CONTROL.	95
FIGURA 74. HERRAMIENTAS PARA VISUALIZAR EL NIVEL MEDIDO.	95
FIGURA 75. HERRAMIENTA PARA VISUALIZAR LA TENDENCIA DEL NIVEL MEDIDO.	96
FIGURA 76. VENTANA PROCESO 2: PROCESO DE TEMPERATURA.	96
FIGURA 77. HERRAMIENTAS PARA VISUALIZAR LA TEMPERATURA MEDIDA.....	97
FIGURA 78. VENTANA TENDENCIAS.....	98
FIGURA 79. BARRA INDICADORA DE LOS VISUALIZADORES.....	99
FIGURA 80. VENTANA ALARMAS.....	99
FIGURA 81. OPCIONES DE ORGANIZACIÓN DE ALARMAS.....	100
FIGURA 82. VENTANA HISTÓRICOS.	101
FIGURA 83. HERRAMIENTA PARA LA ADICIÓN DE PENS.	101
FIGURA 84. HERRAMIENTA PARA CAMBIAR LA DURACIÓN.....	102
FIGURA 85. HERRAMIENTA PARA CAMBIAR COLORES DE PENS, MOSTRANDO LA CAJA DE DIÁLOGO CONFIGURACIÓN DE COLORES.....	103
FIGURA 86. CAJA DE DIÁLOGO CONFIGURACIÓN DE COLORES MOSTRANDO SET COLOR.	103
FIGURA 87. CAJA DE DIÁLOGO CONFIGURACIÓN DE FECHA Y HORA.	104
FIGURA 88. PANEL DE DEFINICIÓN DE HORA DE INICIO.	104
FIGURA 89. PANEL DE CONFIGURACIÓN DE APARIENCIA.....	105
FIGURA 90. BARRA DE NAVEGACIÓN DEL VISUALIZADOR.....	105
FIGURA 91. VENTANA REPORTES.....	106
FIGURA 92. OPCIÓN PARA LA SELECCIÓN DEL PROCESO.....	107
FIGURA 93. ELECCIÓN DE LA TAG A VISUALIZAR DEL PROCESO ACTIVO.	107
FIGURA 94. HERRAMIENTA PARA NAVEGAR ENTRE LAS FILAS DE LA TABLA.....	107
FIGURA 95. EJEMPLO DE UN REPORTE DE DATOS HISTÓRICOS.	108
FIGURA 96. PANEL PROPIEDADES DE LOS REPORTES.....	109

TABLA DE TABLAS

Pág.

TABLA 1. ESPECIFICACIONES BÁSICAS DEL MÓDULO 1769-IF4XOF2.....	32
TABLA 2. CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS 1769-IF4XOF2.....	34
TABLA 3. MAPEO DE DATOS USADOS EN EL ARCHIVO DE DATOS OUTPUT.....	36
TABLA 4. MAPEO DE DATOS USADOS EN EL ARCHIVO DE DATOS INPUT.....	36
TABLA 5. MAPEO DE BITS USADOS EN EL ARCHIVO DE DATOS BIT.....	36
TABLA 6. MAPEO DE DATOS USADOS EN EL ARCHIVO DE DATOS INTEGER.....	37
TABLA 7. INDICADORES DE ESTADO DE LA INSTRUCCIÓN PID PARA AMBOS PROCESOS.....	40
TABLA 8. PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN EN EL SETUP SCREEN.....	40
TABLA 9. HARDWARE NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DH-485.....	43
TABLA 10. SOFTWARE NECESARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DH-485.....	44
TABLA 11. PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE LA APLICACIÓN CLIENTE DE OPC.....	50
TABLA 12. NODOS REMOTOS DE LA RED.....	54
TABLA 13. TAREAS CONFIGURADAS PARA EL ARRANQUE DE iFIX®.....	55
TABLA 14. TAGS AI (ENTRADA ANALÓGICA).....	58
TABLA 15. TAGS AO (SALIDA ANALÓGICA).....	58
TABLA 16. TAGS CA (CÁLCULO).....	59
TABLA 17. TAGS DO (SALIDA DIGITAL).....	59
TABLA 18. TAGS ETR (TENDENCIA EXTENDIDA).....	59
TABLA 19. CONFIGURACIÓN DE ALARMAS EN LA BASE DE DATOS.....	63
TABLA 20. CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENTAS DE GRUPO.....	65
TABLA 21. CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENTAS DE USUARIO.....	66
TABLA 22. ASIGNACIÓN DE ÁREAS DE SEGURIDAD EN TAGS DE LA BASE DE DATOS.....	66
TABLA 23. ASIGNACIÓN DE ÁREAS DE SEGURIDAD EN VENTANAS DE USUARIO.....	66
TABLA 24. RESTRICCIONES DE LAS ÁREAS DE SEGURIDAD.....	67
TABLA 25. OBJETOS DEL MENÚ PRINCIPAL.....	90

TABLA DE ANEXOS

- ANEXO A.** DISEÑO DE UN CONTROLADOR IMC Y SU APROXIMACIÓN A UN PID
- ANEXO B.** PLANOS ESQUEMÁTICOS DE CABLES DE COMUNICACIÓN PROPIETARIOS
- ANEXO C.** CLIENTE DE OPC EN IFIX®
- ANEXO D.** GUÍA DEL INSTRUCTOR DE IFIX® 154
- ANEXO E.** DISEÑO Y EJECUCIÓN DE REPORTES
- ANEXO F.** TERMINAL SERVER

0. INTRODUCCIÓN

Este capítulo introductorio busca dar al lector la motivación necesaria para abordar este trabajo de grado, presentando una visión de aspectos tales como el problema que se pretende solucionar y la respectiva solución planteada. Otros temas a tratar son los objetivos perseguidos, los principales aportes, y la estructura general de la monografía.

0.1 PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

El presente documento, resultado del desarrollo del trabajo de grado “Servidor iFIX® para Aplicaciones Distribuidas en Automatización Industrial” y requisito para la obtención del título de Ingeniero en Automática Industrial por parte de los autores del mismo, se establece como un trabajo original producto del empeño y la dedicación de un grupo de trabajo constituido por los autores y el Director de tesis, Ingeniero Oscar Amaury Rojas, quien durante el desarrollo del proyecto depositó en él toda su confianza y ofreció todo su conocimiento.

Se puede decir que el pilar básico de este documento es la técnica de automatización de alto nivel en procesos industriales denominada SCADA, a pesar que en el trabajo se desarrollaron diferentes temas como son los controladores lógicos programables, interfaces de comunicación abierta (OPC), Arquitectura Cliente/Servidor Distribuida, Servicios de Terminal, entre muchos más, pues a la larga son los elementos que componen un robusto sistema SCADA. Todo ello que constituye este gran sistema, y que fue planeado con lujo de detalles y desarrollado en forma satisfactoria, será descrito más adelante de la mejor manera.

Hablando del enfoque de este trabajo, se puede decir que no es otro que el beneficio y el enriquecimiento informativo (teórico y práctico) de toda la comunidad universitaria que tenga acceso a él, y más específicamente a toda la comunidad “Automática” por así decirlo, ya que en el programa Ingeniería en Automática Industrial es donde se centran la mayoría de beneficios y logros alcanzados por ser el área en donde se desarrolla.

Debido al carácter de todos los aspectos metódicos y técnicos demandados para el buen desarrollo del presente trabajo de grado, fue necesaria la coordinación en la investigación con base a la experiencia en automatización de procesos industriales por parte de los autores, del Director de tesis y de todos aquellos docentes que de alguna manera estuvieron relacionados directa o indirectamente con el trabajo aquí presentado. Con respecto a esto, se agradece la colaboración obtenida de su parte.

Finalmente, al tratarse de un proyecto adelantado en el seno del grupo de I+D en Automática Industrial, su desarrollo desemboca en la aplicación de los resultados obtenidos sobre los procesos industriales de dos plantas ubicadas en el Laboratorio de Control de Procesos del programa Ingeniería en Automática Industrial, obteniendo excelentes resultados.

0.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Universidad del Cauca, en su deber de velar por la buena capacitación, preparación y entrenamiento de sus estudiantes, necesita cubrir las deficiencias presentadas en el programa Ingeniería en Automática Industrial en lo referente a las bases de la tecnología o grupo de tecnologías a aprovechar, la automatización, y en las áreas relevantes del entorno industrial, como lo son: Producción Industrial, Control Automático de Procesos, Redes y Computación Industrial, Gestión y Administración de la Producción, e Integración Total.

La integración de todas las áreas antes mencionadas es un aspecto que debe tener mayor profundización contrario a lo que se puede esperar de un pensum que contiene cursos como "Redes y Sistemas Computarizados" y "CAD/CAM/CIM", pues, a pesar de que cada uno se desarrolla cabalmente, el trecho que queda entre ambos es muy grande y todavía se encuentra en etapa de exploración. Aquella zona gris no es más que la transición entre los conceptos de redes industriales y el modelo CIM (Computer Integrated Manufacturing), y es un cambio brusco al ir de un concepto al otro; si se pretende disminuir dicho trecho lo más viable es realizar una transición gradual que inicie con el estudio de la siguiente temática a tratar después de las redes industriales: los sistemas que supervisan las redes de dispositivos de los niveles más bajos de la arquitectura industrial y que a la vez sirven como plataforma de comunicación e integración con los niveles más altos de tal arquitectura, los sistemas SCADA.

0.3 IMPORTANCIA DEL TEMA

Debido al alto grado tecnológico que demanda actualmente la automatización de procesos productivos, los sistemas de control ya no se limitan a realizar sus tareas básicas que anteriormente correspondían a soluciones de instrumentación y control industrial, sino que también deben integrar funciones de gestión y procesamiento de datos para obtener información relevante del proceso a través de funciones como la predicción de tendencias, evaluación de datos, manejo de reportes y otras, surgiendo de este modo los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition.) Estos sistemas permiten, entre otras cosas, acceder y obtener información valiosa de los distintos procesos productivos e interconectar los diferentes niveles jerárquicos de la

arquitectura de red industrial, mostrados en la Figura 1, mediante el intercambio de dicha información.

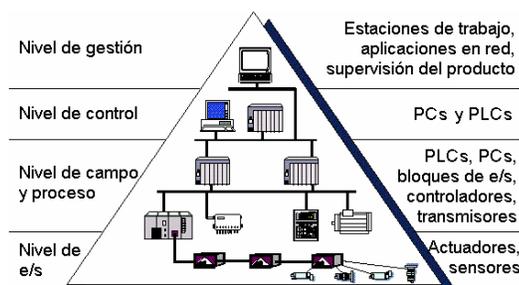


Figura 1. Niveles Jerárquicos en una Arquitectura de Red Industrial.

Estos sistemas SCADA interactuando con los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) componen el nivel de gestión dentro de los niveles jerárquicos de la arquitectura industrial, nivel que se encarga de entregar la información del proceso y de control a los operarios y al personal administrativo. La necesidad de interoperabilidad entre estos subsistemas ha llevado al posicionamiento de estándares que han sido poco difundidos en nuestro medio, tales como OPC (OLE for Process Control), contribuyendo a la solución de automatización dentro de un esquema de apertura y flexibilidad que se exige en la industria moderna.

Como se acaba de aclarar, el impacto que tienen los sistemas SCADA dentro del entorno industrial es muy amplio habiéndose de un ítem casi imprescindible en el camino hacia el logro de los fines que la propia automatización se plantea en cuanto a aspectos técnicos se refiere: las redes de información.

0.4 SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el ánimo de enriquecer y mejorar el programa, el grupo I+D en Automática Industrial evalúa el problema planteado y decide crear una línea de investigación llamada “Aplicaciones Distribuidas para Automatización Industrial” que emprende varios subproyectos relacionados con los sistemas supervisores y que luego puedan ser articulados en un proyecto macro denominado “Convergencia de la Redes Industriales sobre Sistemas SCADA”. La subdivisión del proyecto macro anteriormente citado se presenta como una serie de proyectos propuestos para ser desarrollados a través de trabajos de grado.

En este ámbito, el presente trabajo de grado pretende explorar una de las herramientas software para el desarrollo de sistemas SCADA con mayor posicionamiento en el ámbito industrial nacional, el sistema iFIX® de Intellution®, para de esta forma poder

crear una aplicación potente que permita aprovechar al máximo las capacidades del software HMI/SCADA iFIX® 3.0 mediante su empleo en un caso real de sistemas distribuidos con un servicio de red Cliente/Servidor Distribuido y que sirva como base de una plataforma industrial para prácticas de laboratorio relacionadas con redes industriales y sistemas distribuidos.

A continuación se procede a describir la aplicación propuesta en el presente trabajo de grado. Como primera parte se tienen dos procesos, uno de nivel y otro de temperatura, cada uno de ellos controlado por un PLC. Un PC Servidor SCADA iFIX® es quien se encarga de coleccionar información desde los PLCs, comunicándose con ellos a través de una Red DH-485 y una interfaz de comunicación abierta OPC.

Por otro lado, el nivel de gestión está constituido por una red LAN con protocolo TCP/IP y basada en una Arquitectura Cliente/Servidor Distribuida, que interconecta el Servidor SCADA iFIX® con tres clientes que son:

- Un iClient, cliente estándar de iFIX®;
- Un iClientTS, cliente avanzado servidor de terminal
- Y finalmente un Thin Client, cliente liviano de terminal

El esquema general de la aplicación propuesta se puede ver en la Figura 2.

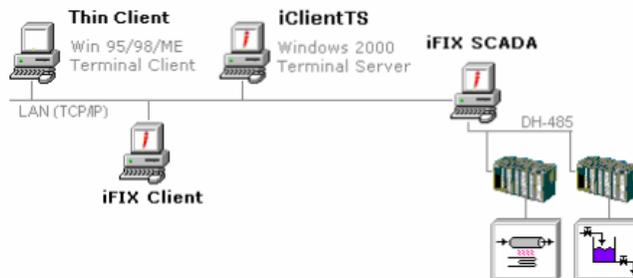


Figura 2. Aplicación propuesta.

0.5 OBJETIVOS PLANTEADOS

La mejor y más fácil manera de no desviarse de la finalidad perseguida en cualquier trabajo es la revisión y análisis constante de los objetivos perseguidos, planteados incluso desde antes de los inicios de cualquier actividad del trabajo. Así, a medida que se avanza en los planes, se tiene un instrumento muy fuerte con el cual se puede evaluar la forma en que se están obteniendo los resultados y se está avanzado en el proyecto, como también la calidad de los resultados obtenidos, y la distancia hasta la meta final.

Desde sus inicios, se pretendió con este trabajo obtener una herramienta que aprovechara la mayor parte de las potencialidades del software iFIX® 3.0 de Intellution® y que sirviera como base de una plataforma industrial para prácticas de laboratorio relacionadas con redes industriales y sistemas distribuidos. Justamente, se pretendía no sólo obtener un resultado de carácter práctico, sino también iniciar la apertura del camino hacia otras investigaciones dentro de la misma área de aplicación.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente descrito, nació la idea que se desarrolló en el presente trabajo, con el horizonte puesto en el objetivo general ya bosquejado, pero mejor definido a continuación.

0.5.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema Cliente/Servidor Distribuido con características de conectividad abierta que permita a diversos operarios controlar y supervisar el correcto funcionamiento de procesos industriales distribuidos, definidos a continuación:

- Control PID del nivel de un tanque.
- Control PID de temperatura en el Módulo PT326.

0.5.2 Objetivos Específicos

- Gestionar cada uno de los niveles jerárquicos aplicados al sistema Cliente/Servidor Distribuido propuesto para el presente proyecto.
- Articular los resultados dentro del proyecto: “Convergencia de las redes industriales sobre sistemas SCADA” al obtener las características particulares de la herramienta iFIX®. (Satisfacer los requerimientos como subproyecto del proyecto “Convergencia de las Redes Industriales sobre Sistemas SCADA”).

0.6 DIFICULTADES

El desarrollo de sistemas SCADA que respondan, sino en tiempo real, en un tiempo adecuado dependiendo de las características de los procesos, demanda entre otras la utilización de equipos computacionales de muy buenas capacidades en cuanto a velocidad de procesamiento de información y retención de datos en la memoria volátil se refiere. Debido a problemas de disponibilidad de equipos a los diferentes tesis del programa Ingeniería en Automática Industrial, los equipos utilizados para el desarrollo del presente trabajo de grado no satisficieron los requerimientos del software. El anterior problema se vió reducido al hacer uso de las técnicas de optimización propuestas en el manual de usuario de iFIX® de Intellution®.

0.7 LIMITACIONES

En la aplicación resultante del presente trabajo de grado se abarcan la mayor parte de los requisitos indispensables para un sistema SCADA en un ambiente industrial. No obstante, por cuestiones de tiempo y licenciamiento, quedan a propósito lejos de los objetivos específicos de esta tesis los siguientes aspectos:

- Manejo de alarmas en bases de datos relacionales
- Uso de Firmas Electrónicas

Otra limitación del presente trabajo de grado concierne a la utilización del software iFIX® de Intellution® bajo el ambiente de Windows® 2000 Server, que es un tanto diferente al manejo del mismo software en un sistema operativo sin servicios de terminal. La diferencia radica en que en el ambiente de servidor entra en juego un tipo diferente de licenciamiento software; la limitación está basada entonces en las prohibiciones que recaen en el servidor al no tener las llaves y permisos requeridos por iFIX®. Windows® 2000 Server permite todo el procedimiento de configuración del servidor y sus respectivos clientes, pero no habilitará la ejecución de iFIX® hasta que se cargue el paquete de licencias de terminal, iClientTS License.

0.8 PRINCIPALES APORTES

Los resultados obtenidos en este trabajo de grado constituyen aportes a la base de conocimientos del programa Ingeniería Automática Industrial, específicamente a los siguientes campos: redes y sistemas computarizados, automatización de procesos e inteligencia de planta. Entre los más importantes aportes se encuentran los siguientes:

- La implementación de una arquitectura de red moderna aplicada al nivel de gestión de una red industrial, la Arquitectura Cliente/Servidor Distribuida.
- La integración e interacción entre diversos programas de fabricantes diferentes.
- Manejo de hardware disponible, no explorado hasta el desarrollo de este trabajo de grado, tales como módulos de PLC e interfaces de conversión avanzadas.
- La implementación y completa documentación de una red de control determinística industrial.
- La implementación de un controlador PID Industrial sobre un PLC sintonizado con una técnica moderna.
- Documentación y planos esquemáticos de construcción de cables de comunicación de uso industrial.
- Una aplicación HM/SCADA que siembra las bases para el desarrollo de prácticas de laboratorio de adquisición de datos y control supervisorio de procesos industriales distribuidos.

- La traducción completa de la Guía del Instructor 154 de iFIX.
- Un esquema de las características mínimas que debe tener un sistema SCADA en un ambiente industrial.
- Un ejemplo de motivación para que los estudiantes de pregrado desarrollen actitudes proactivas en el proceso de investigación de herramientas software, y sean los propios protagonistas de los hechos.

0.9 ESTRUCTURA DEL TRABAJO PRESENTADO

El presente documento se encuentra dividido en 7 capítulos, entre los cuales el último de ellos contiene las respectivas recomendaciones y conclusiones generales del proyecto, aclarando que se trató de documentar las recomendaciones específicas dentro de cada capítulo.

En el Capítulo 1, *Bases Teóricas*, se presenta una visión general de los aspectos más importantes tanto del programa herramienta principal de este trabajo de grado, iFIX® de Intellution®, como de los servicios de terminal bajo Windows® 2000 Server proporcionados por Microsoft®. Los temas tratados en estos capítulos serán abordados de una forma muy general, y servirán para irse adentrando en el desarrollo del proyecto; durante este desarrollo, cada uno de los mencionados aspectos será identificado en una forma mucho más amplia. En cuanto a cuestiones de fondo, se puede decir que este capítulo no presenta aportes, sólo pretende ser la carta de presentación de temáticas que no se han tratado en otros trabajos de grado de la misma área, temáticas en las cuales estarán sentados los verdaderos aportes de este trabajo.

Los Capítulos 2, 3, y 4 contienen el proceso de desarrollo de cada uno de los niveles jerárquicos de la red industrial adelantada en el presente proyecto: en el Capítulo 2 se definen los niveles jerárquicos más bajos, presentando información acerca de las plantas industriales utilizadas (incluyendo entradas/salidas), los elementos de campo (PLCs), y el desarrollo e implementación de los algoritmos de control en los controladores; a continuación, en el Capítulo 3 se define el nivel de control, abarcando temas como la interconexión de los PLCs, y el desarrollo del sistema de control supervisorio; por último, en el Capítulo 4 se abarca la definición del nivel de gestión, en el cual se detalla la configuración de la red LAN que intercomunica los clientes del sistema SCADA, y la implementación y configuración de los mismos.

Ya en el Capítulo 5 se encuentra el manual de usuario de la aplicación desarrollada en los Capítulos 3 y 4 para supervisar los procesos industriales definidos en el Capítulo 2. Por último, como información de respaldo al documento principal, se adicionan los Anexos, los cuales son invocados en cada capítulo donde se necesita una mayor profundización de alguna temática en especial.

1. BASES TEÓRICAS

1.1 SUPERVISORIO Y SERVIDOR BASADO EN IFIX®.

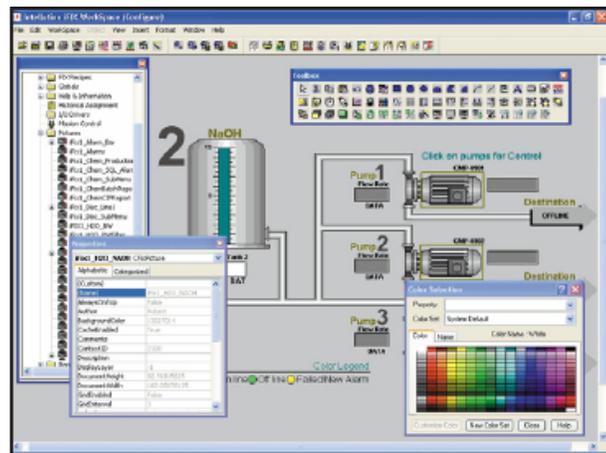


Figura 3. Interfaz Gráfica de iFIX® 3.0.

iFIX® es el software HMI/SCADA de Intellution® y es considerado la principal solución de automatización industrial del mundo, que proporciona visualización de proceso, adquisición de datos y control supervisorio de las operaciones de planta. Un ejemplo de una aplicación en iFIX® y su respectiva interfaz se muestra en la Figura 3.

Este robusto paquete también incluye soluciones de alto desempeño para manejo y control de lotes, datos históricos, control de tiempos muertos, y aplicaciones de Internet. Todos estos componentes pueden ser integrados fácil y transparentemente en una solución sencilla, proporcionando una vista amplia y dinámica de procesos de producción complejos en tiempo real.

Las diferentes características, tanto técnicas como de desempeño, contenidas en este paquete se resumen en los ítems presentados a continuación:

- Facilidad y flexibilidad

Con su biblioteca extensa de herramientas gráficas intuitivas iFIX® permite a los usuarios una ejecución rápida y fácil, construyendo una potente ventana en sus operaciones industriales. Si se está poniendo en práctica una sencilla interfaz

hombre-máquina autónoma, o un sistema de control supervisorio altamente complejo, multi-nodo, multi-sitios y adquisición de datos (SCADA), iFIX® ofrece la funcionalidad que se necesita para desarrollar rápidamente una aplicación de cualquier tipo y tamaño.

- Arquitectura altamente extensible

iFIX® es totalmente distribuido, la Arquitectura Cliente/Servidor provee máxima flexibilidad cuando se está diseñando un sistema. Los Servidores iFIX® conectan puntos físicos I/O y mantienen una sola base de datos del proceso. Las aplicaciones iFIX® incluyen gráficas en tiempo real, tendencias, reportes, lotes, MES (Manufacturing Execution Systems), y muchos otros.

iClient es un cliente estándar de Intellution®. iClientTS es un cliente avanzado y una solución web que hace uso de la tecnología Microsoft® Terminal Server y proporciona todas las capacidades de un iClient. Desde cualquier estación iClientTS los usuarios tienen completo acceso a toda la red de Servidores iFIX® SCADA.

iFIX® posee una arquitectura aventajada: la Arquitectura Cliente/Servidor Distribuida incorpora cualquier combinación de servidores distribuidos (Servidores SCADA) y clientes distribuidos (iClient, iClientTS, y/o iWebServer.) A los ojos de los usuarios, iFIX® aparece como un sistema simple, integrado y de alto desempeño.

- Potencia y conectividad

Ya que iFIX® es un sistema abierto y escalable construido sobre estándares de tecnología industrial (OPC, OBDC/SQL, etc), es un sistema más fácil de desarrollar, integrar y expandir que los sistemas diseñados sobre tecnología propietaria.

1.1.1 Arquitectura Cliente/Servidor Distribuida

La Arquitectura Cliente/Servidor es un modelo para el intercambio de información entre los elementos de una aplicación distribuida, la cual comparte un enlace de comunicaciones. La Arquitectura Cliente/Servidor describe la relación entre dos aplicaciones de computador en la cual una de ellas, el cliente, efectúa un servicio de petición a la otra, el servidor, que cumple la petición. Aunque la idea principal del modelo Cliente/Servidor puede ser usada por programas dentro de un mismo computador, es una idea mucho más importante utilizarlo dentro de una red. En una red, el modelo Cliente/Servidor provee una manera conveniente de interconectar programas que están eficientemente distribuidos a través de diferentes locaciones.

El software iFIX® no cuenta con la Arquitectura Cliente/Servidor tradicional sino con una variación o mejora, que es la Arquitectura Cliente/Servidor Distribuida. Ésta posee las mismas funciones tradicionales y además tiene una característica especial y muy relevante a la hora de evaluar el desempeño de la red: se sitúa parte del procesamiento en las estaciones de trabajo. Un verdadero acercamiento hacia el modelo Cliente/Servidor es distribuir entre las estaciones de trabajo todo tipo de procesamiento no directamente referido a la localización y manipulación de registros de datos reales, tal como la gestión de la interfaz de la aplicación y la presentación de la información. De esta forma el servidor distribuye una parte de su carga permitiendo al sistema llegar a una velocidad de procesamiento cercana a la de las macro computadoras.

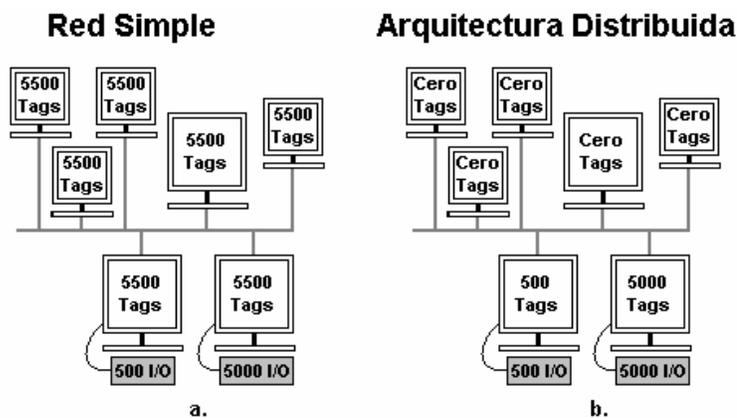


Figura 4a. Arquitectura Cliente/Servidor. b. Arquitectura Cliente/Servidor Distribuida.

La importancia de la Arquitectura Cliente/Servidor de los sistemas de Intellution® sale a flote en el momento que un usuario agrega puntos I/O y/o nodos al sistema, puesto que no necesitará modificar el servidor en forma alguna, cosa que no ocurre en los demás sistemas del mercado cuando se implementan soluciones de acceso remoto con las viejas arquitecturas Cliente/Servidor, pues todas las tags en el Servidor SCADA deben ser duplicadas en cada cliente. Así, si el sistema está accediendo a dos Servidores SCADA (ver la Figura 4), uno de ellos con un total de 5.000 tags y el otro con un total de 500 tags, y está proveyendo a cinco clientes, cada servidor debe continuamente refrescar y servir como mínimo $5500 \text{ tags} \times 5 \text{ clientes} = 27.500 \text{ tags}$, todo esto sin sumar los demás valores, por ejemplo, los provenientes de cálculos. La necesidad de tal duplicación crea un ambiente propicio para errores de datos, desmejora del desempeño del sistema y demoras que pueden llevar a la inconsistencia de datos a través de las computadoras clientes y la base de datos del Servidor SCADA. Este es el motivo real por el cual algunos fabricantes suelen recomendar a los usuarios evitar cualquier intento de acceder datos remotamente, **porque sus sistemas carecen de la Arquitectura Cliente/Servidor Distribuida que hace falta para ello.**

1.2 MICROSOFT® TERMINAL SERVER

Para aprovechar las potencialidades de iFIX® se hace uso de la herramienta Microsoft® Terminal Server. El cliente avanzado de iFIX® (Terminal Server iClient/Thin Client) está soportado en el software Microsoft® Terminal Server sin la necesidad de algún software específico de Intellution® sobre los servicios del cliente.

Los Servicios de Terminal, parte de Microsoft® Windows® 2000 Server, se apoyan sobre una base sólida proporcionada por una aplicación en modo servicio de Windows® 2000 Terminal Services. Los Servicios de Terminal permiten desarrollar aplicaciones basadas en Windows®, o sobre el mismo escritorio de Windows®, para virtualmente cualquier servicio computacional – incluyendo aquellos que no corren bajo Windows®.

Los Servicios de Terminal en Windows® 2000 Server realzan las capacidades de desarrollo software de una empresa para una variedad de escenarios, permitiendo gran flexibilidad en una aplicación y manejo infraestructural. Cuando los usuarios corren una aplicación en el Servidor de Terminal, la ejecución de la aplicación toma lugar en el servidor, y únicamente las acciones del teclado y ratón, y el despliegue de información son transmitidos sobre la red. Cada usuario mira únicamente su sesión individual, la cual es manejada transparentemente por el sistema operativo del servidor, y es independiente de cualquier otra sesión.

Por último, cabe aclarar que la Arquitectura Cliente/Servidor Distribuida, presente en los sistemas de Intellution®, permite también ser aplicada en el desarrollo remoto de sistemas.

2. DEFINICIÓN DE LOS NIVELES ENTRADAS/SALIDAS, Y CAMPO Y PROCESO

2.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo es el primero de una serie de capítulos que abarcan el desarrollo de los diferentes niveles jerárquicos de la red industrial adelantada en este trabajo de grado. En él se definen los dos niveles jerárquicos más bajos, que son el nivel de entradas y salidas, y el nivel de campo y proceso, niveles que abarcan a fondo la descripción y configuración de las plantas y dispositivos de control utilizados.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS

2.2.1 Tanques Interactuantes

En la primera planta utilizada, mostrada en la Figura 5a, se controla el nivel en uno de los tanques de un sistema de tanques interactuantes, donde la configuración utilizada se detalla en la Figura 5b.

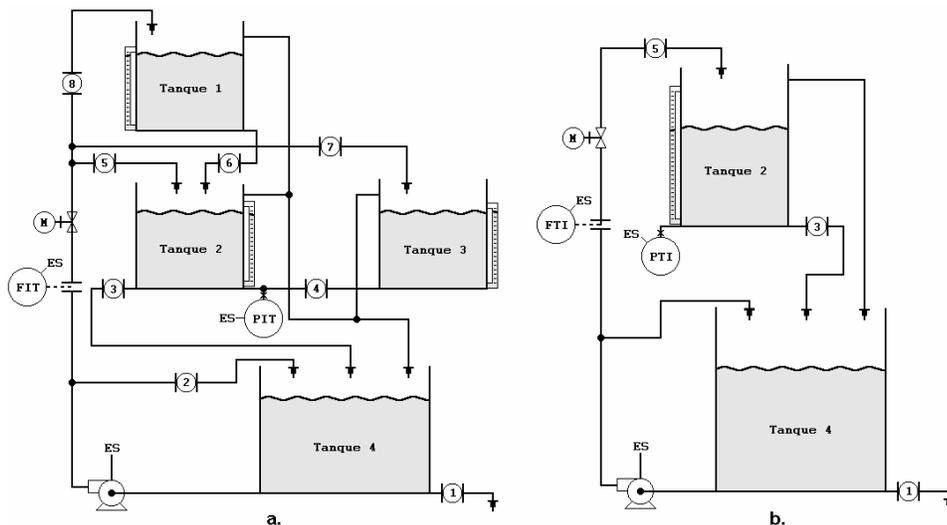


Figura 5 Diagrama en el estándar ISA a. de la planta completa, b. de la configuración utilizada.

La configuración utilizada tiene una bomba que succiona agua desde un tanque de almacenamiento (Tanque 4) y la lleva hasta la boca del tanque de proceso (Tanque 2)

pasando a través de una Válvula de Control Proporcional manipulada por una señal de 4 a 20mA, cuya función es regular el flujo de entrada de agua al Tanque 2. En la parte inferior del tanque de proceso está ubicado un Sensor Transmisor de Presión Diferencial que genera una señal de 4 a 20mA proporcional al nivel de agua en el tanque. Este tanque cuenta con una válvula de desfogue hacia el tanque de almacenamiento. Las conexiones eléctricas de la planta se especifican en la Figura 6.

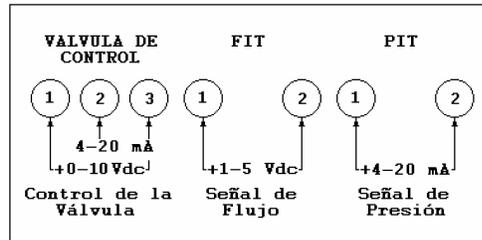


Figura 6. Puntos de conexión eléctrica en la planta.

2.2.1.1 Elementos De La Planta

- 1 tanque para el almacenamiento del agua.
- 3 tanques de proceso.
- 1 Válvula de Control Proporcional.
- 8 válvulas de bola manuales.
- Tubería PVC.
- 1 Transmisor-Indicador de Presión Diferencial.
- 1 Transmisor-Indicador de Flujo.
- 1 Bomba centrífuga de propulsión de agua.

2.2.1.2 Relaciones Entre Variables De La Planta

En la Figura 7 se detalla la correspondencia existente entre las variables de la planta de nivel.

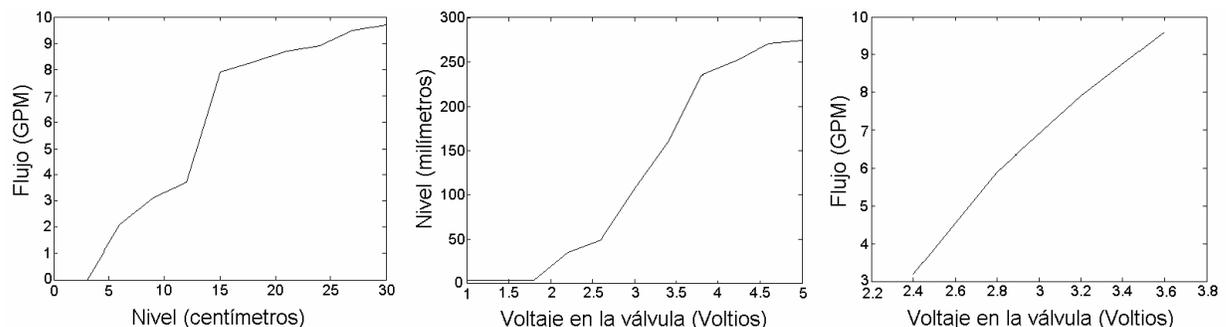


Figura 7. Relaciones entre variables de la planta.

2.2.1.3 Sintonización Del Controlador PID.

Usando únicamente control proporcional, variando la ganancia del controlador y causando un cambio brusco en el setpoint alrededor del punto de operación seleccionado para la sintonización del controlador PID (10cm), se determinó el valor de la ganancia del controlador que causa que el sistema se encuentre en el límite de estabilidad, o sea, se encontró el valor de ganancia que hace que el sistema sea marginalmente estable¹. Esta ganancia lleva como nombre Ganancia Última (K_u). En consecuencia, el periodo de oscilación sostenido obtenido a partir de K_u se denota por P_u . Los valores obtenidos del anterior procedimiento son:

$$K_u = 7$$

$$P_u = 16,22 \text{ seg}$$

$$w_u = 0,06165228 \text{ Hz}$$

Con los valores de K_u y P_u , se utiliza una tabla de sintonización de controladores PID basada en la respuesta de razón de asentamiento de un cuarto mediante el método de la ganancia última² propuesta por Ziegler y Nichols, y se obtiene:

$$K_c = 0,6K_u \approx 4,2$$

$$T_i = P_u/2 \approx 8,11 \text{ seg} = 0,1352 \text{ min}$$

$$T_d = P_u/8 \approx 2,03 \text{ seg} = 0,0338 \text{ min}$$

De esta forma, el controlador PID se describe por la siguiente ecuación:

$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

$$G_c(s) = 4,2 \left(1 + \frac{1}{8,11 s} + 2,03 s \right)$$

¹ Cabe aclarar que a pesar que el sistema se aproxima a uno de primer orden, éste tiene tiempo muerto ocasionado por la tubería y el desgaste de la válvula de control, lo que justifica que el sistema oscile en lazo cerrado.

² SMITH, Carlos A. y CORRIPIO, Armando B. Control Automático de Procesos. Teoría y Práctica. NORIEGA Editores. p. 266-269.

2.2.2 Módulo PT326

La segunda planta utilizada es el Módulo SISO (Single Input – Single Output) PT326 marca Feedback®, cuyo esquema es mostrado en la Figura 8.

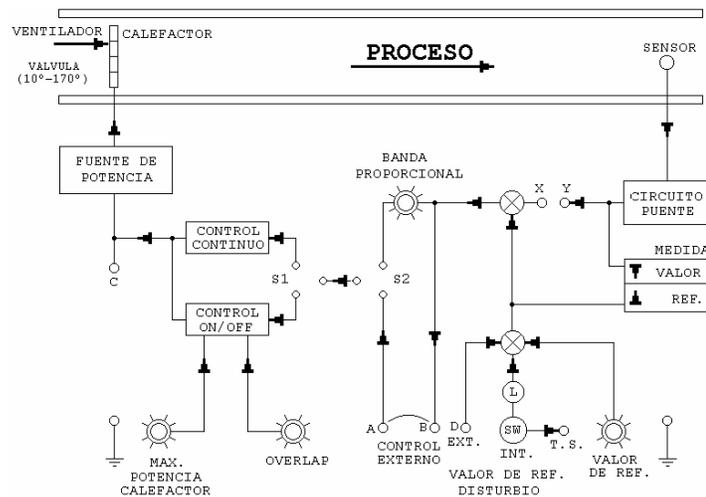


Figura 8. Esquema del Módulo PT326.

En esta planta, el aire se succiona desde la atmósfera a través de una entrada ajustable, se trata mediante una malla de calefacción eléctrica, y se envía hacia la atmósfera a través de un tubo plástico. El problema de control es regular la temperatura del aire saliente. La señal de entrada (Figura 8, Punto A) es un voltaje que produce una corriente a lo largo de la malla de calefacción y la salida es un voltaje proporcional a la temperatura del aire saliente.

El elemento de medición es un LM35³ implantado en un tapón que puede ser colocado en tres diferentes posiciones a lo largo del tubo, lo cual causa diferentes tiempos muertos. Las tres distancias son 1.1 pulgadas (28 mm), 5.5 pulgadas (140 mm) y 11 pulgadas (279 mm) hasta la malla de calefacción. En la Figura 9 se muestra el sensor conectado a un circuito que adecua su salida al rango 0–20 mA proporcionales al rango -29,86 –131,53°C⁴, y es alimentado por una fuente de 24Vdc.

³ El sensor de temperatura por defecto del Módulo PT326 es un termistor no lineal que fue reemplazado por un LM35 para efectos de este trabajo de grado debido a que posee características variables en el tiempo.

⁴ Se aclara que el rango de temperatura en que el proceso opera normalmente está entre T_{ambiente} y 67°C, y su equivalente en amperaje se encuentra dentro del estándar de transmisión 4 – 20 mA.

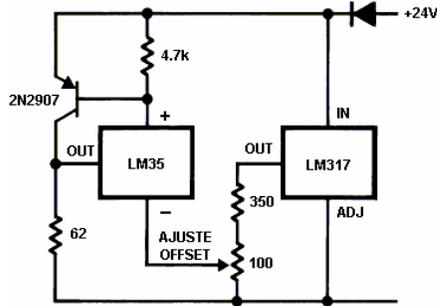


Figura 9. Sensor y circuito de adecuación⁵ (Transmisor de corriente).

Para mostrar los disturbios es posible ajustar el tamaño de la entrada de aire al tubo; esto cambia la velocidad del flujo de aire. Para medir este disturbio es posible leer en cuantos grados de apertura está, medidos entre 10° y 170°.

La configuración del Módulo PT326 utilizada en el presente trabajo de grado se muestra en la Figura 10.

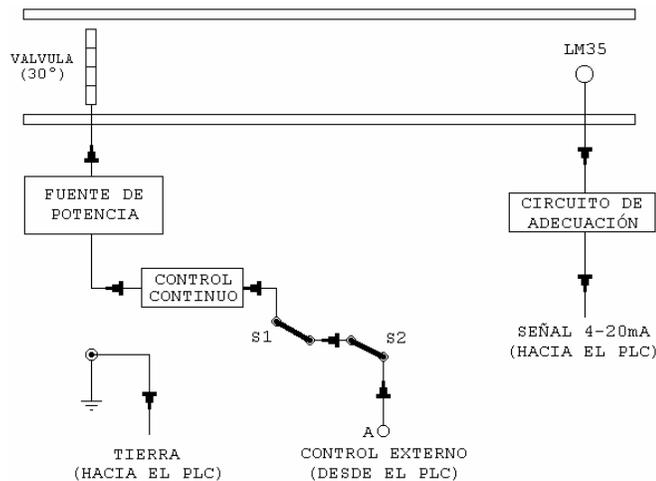


Figura 10. Configuración del Módulo PT326 utilizada.

2.2.2.1 Elementos De La Planta

- 1 tubo de conducción de aire con 3 agujeros
- 1 malla de calefacción eléctrica
- 1 Sensor de Temperatura LM35
- 1 ventilador de 17.000 RPM a 12V

⁵ NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. LM35. Precision Centigrade Temperature Sensors. Noviembre de 2000, p 7. www.national.com.

2.2.2.2 Caracterización Del Proceso

El modelo matemático que representa el proceso de temperatura, proceso en el cual se realiza el intercambio de calor entre una malla de calefacción y el aire, se puede aproximar a un sistema de primer orden con tiempo muerto (POMTM) de la siguiente forma:

$$G(s) = \frac{ke^{-Ls}}{ts+1}$$

Los procedimientos para encontrar los parámetros del modelo anterior, utilizando el método dos de la prueba del proceso de escalón⁶ propuesto por Ziegler y Nichols, se muestran a continuación.

- Ganancia del proceso k

Se determina el valor de la ganancia k a partir de un escalón en la entrada en lazo abierto, colocando la ganancia del controlador en 1 ya que este no puede ser quitado del lazo. Para hallar la ganancia de estado estacionario del proceso se hace uso de la ecuación:

$$k = \frac{\Delta Salida}{\Delta Entrada} = \frac{\Delta y}{\Delta r} = \frac{4.73V - 2.73V}{4.63V - 3.92V} = \frac{2}{0.71} \cong 2.82$$

- Constante de tiempo del proceso t

De acuerdo con la curva de reacción del proceso obtenida del procedimiento anterior, se determina la constante de tiempo del proceso t como el tiempo que tarda el proceso en llegar al 63% del Δ de salida. Se obtuvo $t = 14 \text{ seg}$.

- Tiempo muerto L

De acuerdo con la curva de reacción del proceso, se determina el tiempo muerto L como el tiempo medido entre un cambio a la entrada del proceso y un cambio a la salida. Se obtuvo $L = 1,1 \text{ seg}$.

⁶ SMITH, Carlos A. y CORRIPIO, Armando B. Control Automático de Procesos. Teoría y Práctica. NORIEGA Editores. p. 272-276.

Hallados los valores de los parámetros, el modelo POMTM resulta así:

$$G(s) = \frac{2.82e^{-1.1s}}{14s + 1}$$

2.2.2.3 Sintonización Del Controlador PID

La sintonización del controlador PID se realiza mediante la aproximación de un controlador por modelo interno a un controlador PID (IMC-PID⁷), diseñado a partir del modelo matemático encontrado de la planta. Los parámetros del controlador son:

$$K_c = 0,457$$

$$T_i = 14,055\text{seg} = 0,234258\text{min}$$

$$T_d = 0,054\text{seg} = 0,0009\text{min}$$

2.3 DISPOSITIVOS DE CONTROL

El sistema de control implementado sobre los procesos aplica una estrategia de lazo cerrado con realimentación negativa y un controlador PID mostrado en la Figura 11a. Los elementos utilizados para controlar los procesos descritos y para cerrar el lazo de control son PLCs MicroLogix 1500® LRP Series C, Firmware Versión 9.0, como se muestra en la Figura 11b.

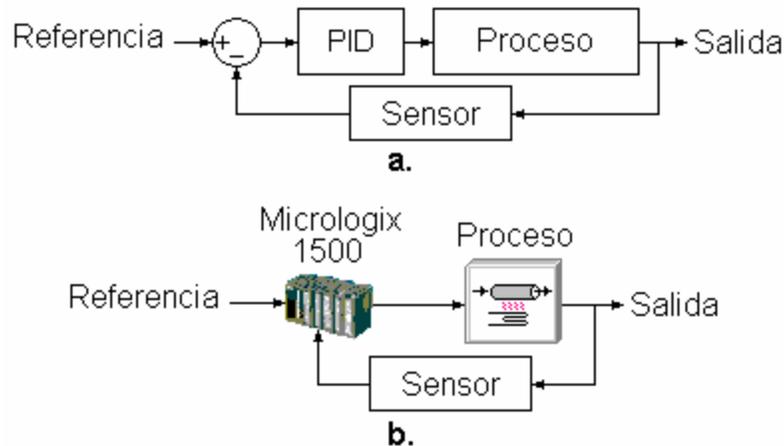


Figura 11. Equivalencia del sistema de control: $b \approx a$.

⁷ El procedimiento para obtener el controlador PID a partir de un controlador por modelo interno IMC se presenta en el Anexo A.

2.3.1 Configuración De Los PLCs

A continuación se presenta la configuración de los Micrologix 1500® LRP Series C haciendo uso de RSLogix, que es el software utilizado para la configuración de los PLCs de Allen Bradley.

2.3.1.1 Procesador

El primer paso a seguir en un proyecto en RSLogix es la selección del procesador a utilizar. Como se muestra en la Figura 12, el presente trabajo se utilizó el *Bul. 1764 Micrologix 1500® LRP Series C* para los dos procesos anteriormente descritos. El nombre del procesador por ahora puede ser el definido por defecto, pero luego se redefinirá en el campo *Processor Name* que se accede dando doble clic en el ítem *Processor* en la ventana *System Tree* (Árbol Jerárquico).

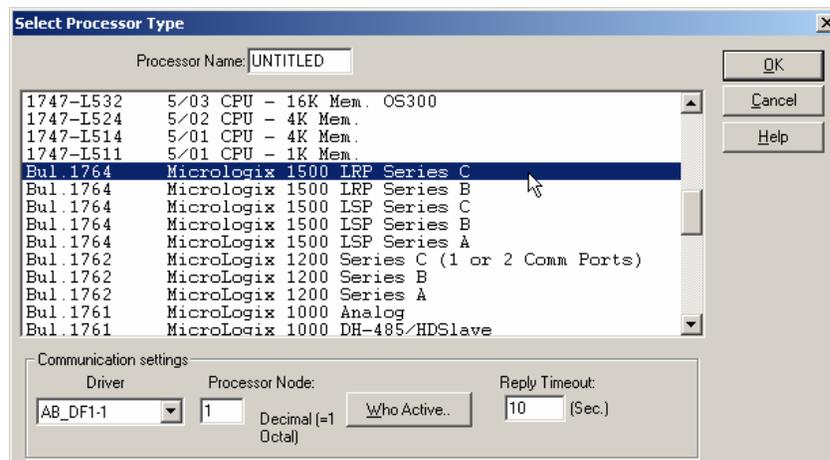


Figura 12. Selección del Procesador.

2.3.1.2 Módulos

Debido a que las señales de los procesos son señales analógicas tanto de entrada como de salida, para su manipulación se necesitan módulos I/O analógicos. El módulo que se utilizó para tal propósito fue el de referencia *1769-IF4XOF2* y sus características generales se muestran en la Tabla 1. La configuración de dicho módulo se presenta de la siguiente manera:

Paso 1. Asegurarse de que el PLC esté en correcto funcionamiento y verificar el buen funcionamiento de sus entradas y salidas discretas.

Paso 2. En la configuración de entradas y salidas (*Árbol Jerárquico / I/O Configuration*) en RSLogix Versión 6.20.00, anexar en el slot 1 el ítem 1769-IF4XOF2 igual que en la Figura 13. Lo anterior es posible sólo para versiones de RSLogix 6.20.00 o superiores, ya que en las versiones anteriores el módulo no se encuentra en la lista de módulos disponibles y se agrega como un ítem *other I/O 1769 module*. El problema de utilizar una versión del RSLogix inferior a la 6.20.00 se centra principalmente en que para la configuración de las entradas y las salidas se deben escribir palabras de configuración dentro de la pestaña *Generic Extra Data Config* definidas en cantidad en el campo *Extra Data Length* de la pestaña *Expansión General Configuration*, pero a pesar de que se introduzcan las palabras adecuadas el módulo no queda configurado correctamente.

Paso 3. Habilitar la entrada analógica 0 y la salida analógica 0, seleccionándolas del menú de cajas de selección tal cual se muestra en la Figura 14, menú que aparece en la pestaña *Analog Configuration* de la caja de diálogo que se accede al dar doble clic en el módulo adicionado.

Tabla 1. Especificaciones básicas del módulo 1769-IF4XOF2.

Especificación	1769-IF4XOF2
Número de Entradas	4 single-ended
Número de Salidas	2 single-ended
Rango de Operación Analógica Normal	Voltaje: 0 – 10V dc Corriente: 0 – 20 mA
Resolución máxima	8 Bits

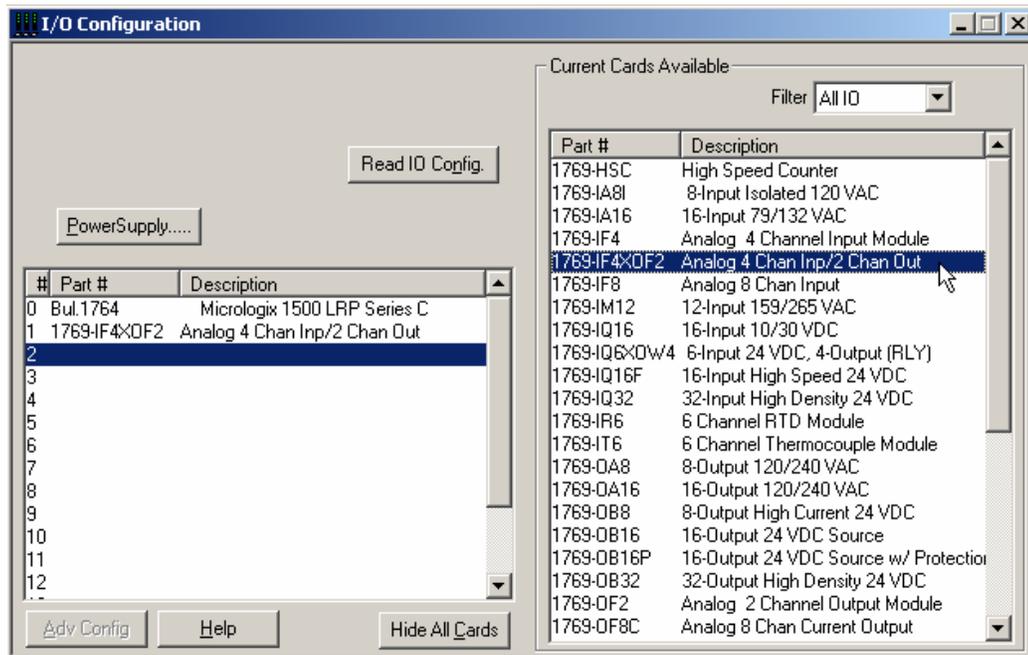


Figura 13. Configuración de módulos I/O.

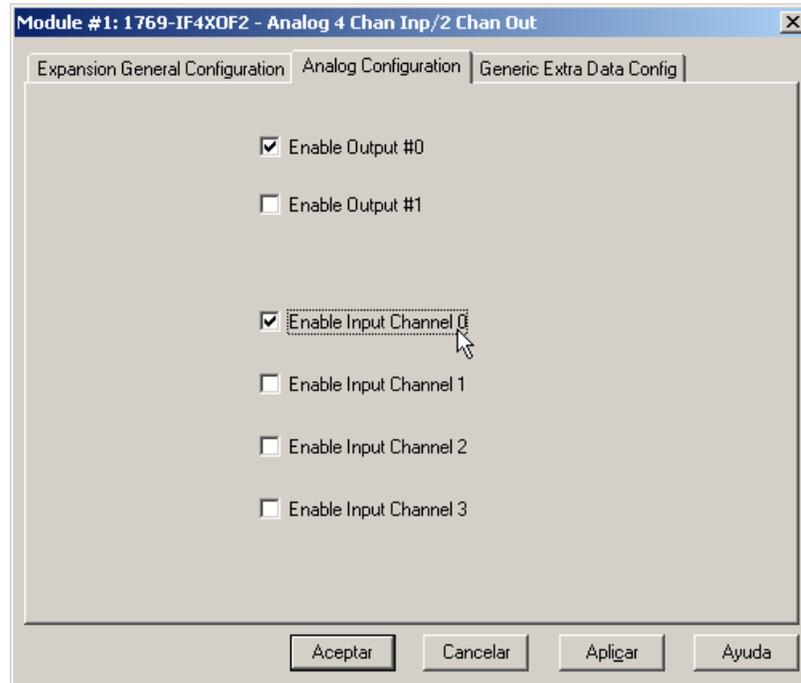


Figura 14. Configuración de entradas y salidas.

Configuration Data File

Word	Bit Position															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0								0	0	0	1	0	0	0	0
1	0								0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0								0	0	0	0	0	0	0
3	0	0								0	0	0	0	0	0	0
4	0	0								0	0	0	0	0	0	0
5	0	0								0	0	0	0	0	0	0

Figura 15. Palabras de configuración extra del módulo.

En el archivo de datos de configuración extra del módulo también se ve reflejada la configuración de entradas y salidas mostrada en la Figura 15, siendo la palabra 0 igual a 0000000000010000 (entrada analógica 0 habilitada), la palabra 1 igual a 0000000000010000 (salida analógica 0 habilitada) y las demás palabras en 0. Las funciones *Program/Idle Mode*, *Fault Mode*, *Program to Fault Enable*, se encuentran en cero debido a que el PLC utilizado no las soporta y por consiguiente los valores de configuración de la salidas analógicas en falla o en modo programación (Bits 7-14 Palabras 2-5) también se encuentran en 0.

Paso 5. Cablear en la entrada analógica 0 de cada módulo la señal del sensor proveniente de la respectiva planta, la cual es una señal de corriente dentro del rango permitido 4 –20 mA (ver Figura 16a), y cablear la salida analógica de cada módulo a la respectiva carga de voltaje o corriente (ver Figura 16b). En la Tabla 2 se muestra información acerca de la configuración del módulo de cada PLC del sistema.

Tabla 2. Configuración de los módulos 1769-IF4XOF2.

Módulo	PLC	Elemento	Señal	Pines Usados	Tipo I/O
1769-IF4XOF2	Temp	Sensor de Temperatura	Corriente	I in0+, V/I in0-, ANLG Com	Entrada
		Malla Calefactora	Voltaje	V Out 0+, ANLG Com.	Salida
	Nivel	Sensor de Presión	Corriente	I in0+, V/I in0-, ANLG Com	Entrada
		Válvula de Control	Corriente	I Out 0+, ANLG Com.	Salida

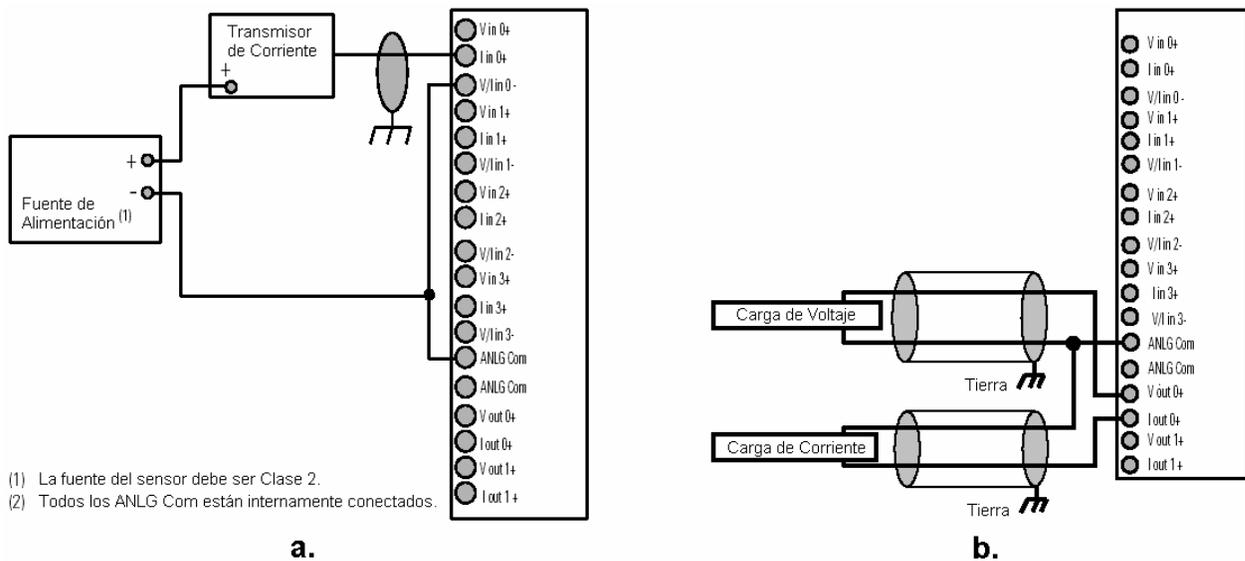


Figura 16. Conexiones del módulo 1769-IF4XOF2: a. entrada analógica, b. salida analógica.

2.3.1.3 Canales De Comunicación

La configuración de los canales de comunicación de los PLCs es parte esencial del proyecto porque comprende, por una parte, la configuración del Canal 0 cuyo propósito es proporcionar una comunicación punto a punto con el computador y lograr la primera descarga del programa hacia los PLCs, y por otra parte la configuración del Canal 1 para proveer una comunicación con el protocolo DH-485, iniciando con su configuración el primer paso para la implementación de la Red DH-485.

Configuración de los Canales

Paso 1: En el *Árbol Jerárquico* ubicado a la izquierda de la pantalla, dar doble clic en la carpeta “Channel Configuration”.

Paso 2: Seleccionar la pestaña *Channel 0*.

Paso 3: Definir el Driver como *DF1 Full Duplex* y dejar las otras opciones por defecto.

Paso 4: Seleccionar la pestaña *Channel 1*.

Paso 5: Definir el Driver como *DH485* y dejar las otras opciones por defecto.

Paso 6: Aplicar y aceptar los cambios.

En la Figura 17 se resumen los pasos 2-6 de la configuración de los canales.

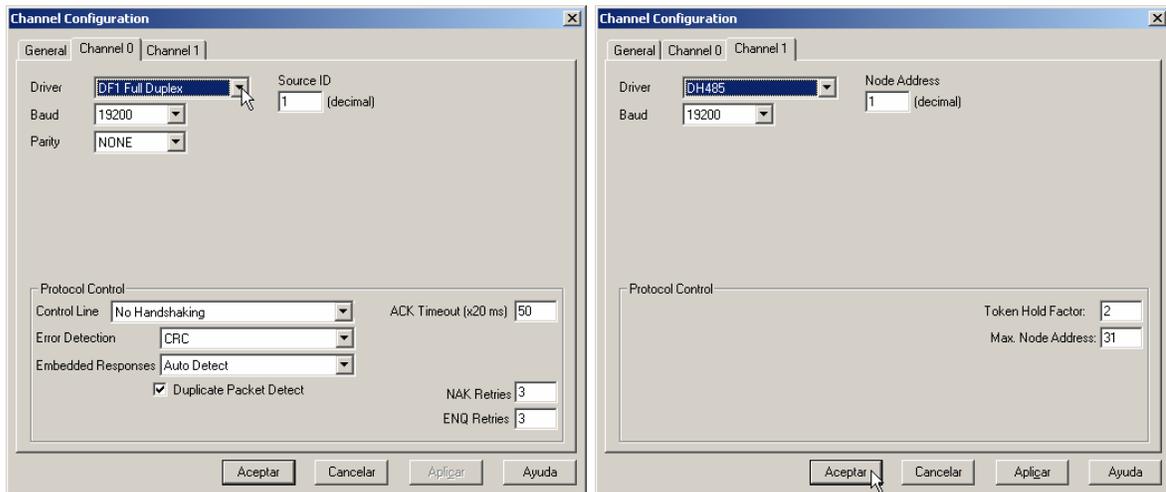


Figura 17. Configuración del Canal 0 y del Canal 1.

2.3.1.4 Archivos De Tablas De Datos

RSLogix reserva un espacio de memoria llamado *Archivos de Tablas de Datos (Data Table Files)* para almacenar información del estado de las I/O externas y todas las demás instrucciones usadas en el archivo de programa principal incluyendo sus subrutinas. Además, estos archivos almacenan información concerniente a la operación del PLC.

A continuación se describe cada tipo de archivo de datos utilizado.

O0 – Output

Este archivo almacena el estado de los terminales de salida del PLC. Aquí se encuentran definidas las 12 salidas discretas de relé que tiene el PLC y las 2 salidas analógicas que aporta el módulo I/O 1769-IF4XOF2. El mapeo de los datos usados en este archivo de datos se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Mapeo de datos usados en el archivo de datos Output.

Dirección	Símbolo	Descripción
O:0/0	BOMBA	Salida discreta que controla la bomba.
O:1.0	SALIDA_0	Salida 0 del módulo analógico.

I1 – Input

Este archivo almacena el estado de los terminales de entrada del PLC. Aquí se encuentran definidas las 12 entradas discretas de 120VCA que tiene el PLC y las 4 entradas analógicas que aporta el módulo I/O 1769-IF4XOF2. El mapeo de los datos usados en este archivo de datos se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Mapeo de datos usados en el archivo de datos Input.

Dirección	Símbolo	Descripción
I:1.0	ENTRADA_0	Entrada 0 del módulo analógico.

B3 – Bit

Este archivo almacena lógica interna de relé. Aquí se encuentran los bits que pueden ser usados en las líneas de código del programa como condiciones de entrada o salida que lleven acabo un objetivo específico del programa. El mapeo de los bits usados en este archivo de datos se muestra en Tabla 5.

Tabla 5. Mapeo de bits usados en el archivo de datos Bit.

Dirección	Símbolo	Descripción
B3:0/0	BIT_BOMBA	Conmutador de la bomba.

N7 – Integer

Este archivo es usado para almacenar valores numéricos. Aquí se almacenaron valores que fueron necesarios para el correcto funcionamiento del programa, como por ejemplo el resultado de las escalizaciones de entrada y de salida, y el valor de salida calculado

por la instrucción PID. El mapeo de los datos usados en este archivo de datos se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Mapeo de datos usados en el archivo de datos Integer.

Dirección	Símbolo	Descripción
N7:0	AI_MASCARA	Entrada analógica con mascara.
N7:1	SENSOR_8BITS	Entrada analógica 0-255.
N7:2	AO_PID	Salida analógica del PID 0-16383
N7:3	AI_PID	Entrada analógica del PID 0-16383

PD9 – PID File

Este archivo de datos o bloque no se encuentra previamente creado en los archivos de datos (Data Files) de un proyecto en RSLogix y es necesario crearlo debido a que en este bloque se almacenan las 23 palabras necesarias para operar la instrucción PID. Para crear el bloque basta con realizar un clic derecho en el folder *Data Files* dentro del *Árbol Jerárquico* y seleccionar *New*. Luego de que aparezca una ventana para crear archivos de datos se selecciona el tipo PID y se acepta para finalizar la operación. Ver la Figura 18 para detalles.

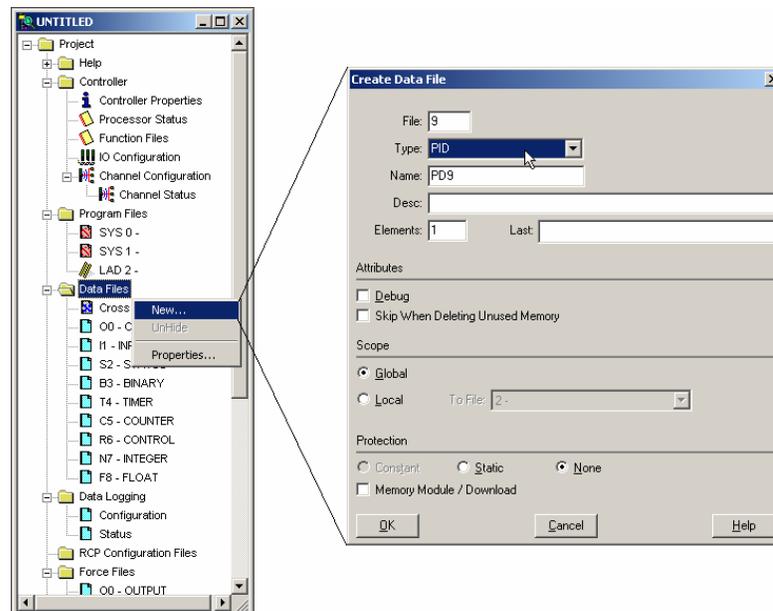


Figura 18. Agregando un bloque de datos para la instrucción PID.

Después de crear el archivo de datos de la instrucción PID, lo único que queda pendiente es asignar la dirección PD9:0 en el campo *PID File* de la instrucción PID en el momento de su configuración.

2.3.2 Líneas De Código

Toda la anterior configuración realizada sobre los PLCs Micrologix 1500® se guarda en un archivo de extensión .rss llamado *PID_Tesis_Base*, el cual es una plantilla donde también se guarda todo el código en escalera utilizado para el manejo de los procesos.

Para el desarrollo del código se utiliza un esquema general en el que se desarrollan los siguientes puntos:

- **Adecuación de la señal de entrada:** Aquí se procesa la señal proveniente del sensor de cada proceso para obtener una señal escalizada compatible con la variable de entrada de la instrucción PID (0 – 16.383), y otra señal escalizada de 0 a 255 para un fácil manejo de señales en el sistema SCADA. Lo anterior se ve reflejado en las líneas 0001, 0002 y 0003 del código en escalera mostradas en la Figura 19.

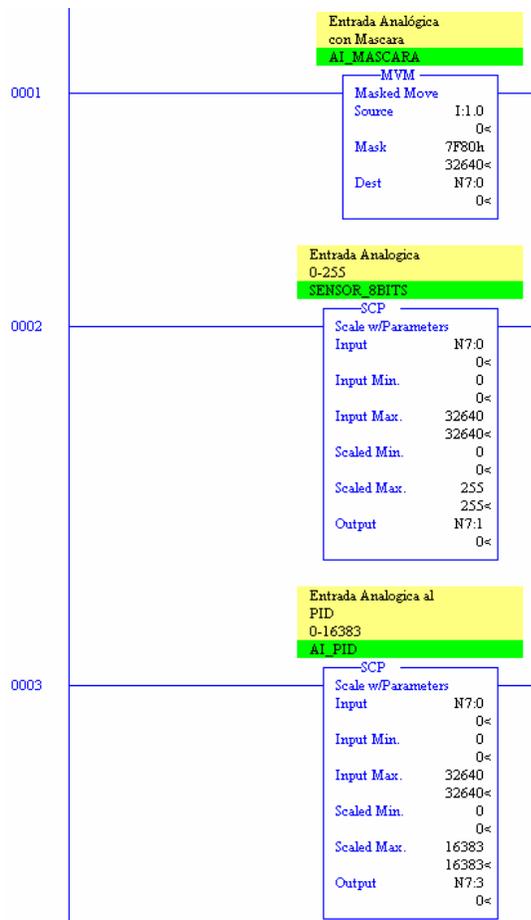


Figura 19. Peldaños para la adecuación de la señal de entrada.

- **Toma de decisiones:** Luego de tener la señal de entrada adecuada se utiliza la instrucción PID, que es el algoritmo que se encarga de cumplir el objetivo de control. El peldaño correspondiente a la instrucción PID es el número 0004 y se muestra en la Figura 20. En la Figura 21 se presenta la pantalla de configuración (*Setup Screen*) donde fueron definidos todos los parámetros de configuración de tal instrucción.

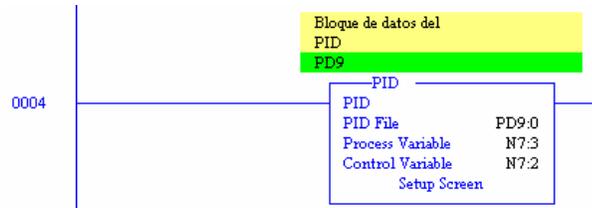


Figura 20. Peldaño 4: Instrucción PID.

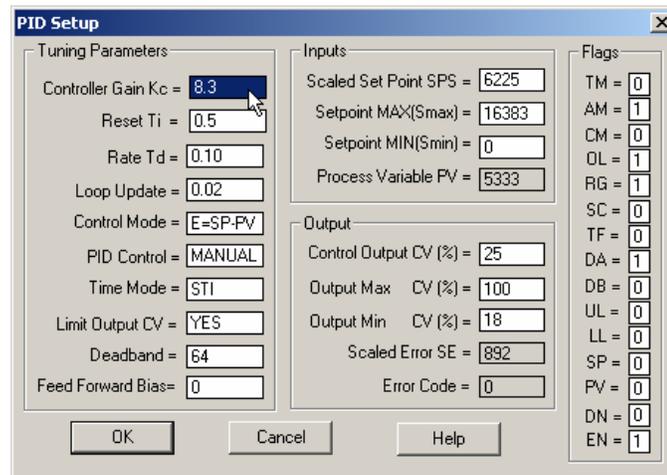


Figura 21. Pantalla de configuración de la instrucción PID.

Dentro de la pantalla de configuración del PID hay cuatro paneles de configuración, los cuales son *Tuning Parameters*, *Inputs*, *Output* y *Flags*. En el primer panel se definen los parámetros de sintonización del controlador; en el segundo panel se definen el Setpoint y los parámetros que detallan su rango, y se muestra la variable de proceso (señal de entrada escalizada al rango 0 – 16.383); en el tercer panel se definen la salida de control (señal de salida escalizada al rango 0 - 16.383) y sus parámetros de limitación, y se visualiza el error escalizado y un código de error si lo hubiera; y en el último panel, ubicado sobre el lado derecho de la ventana PID Setup, están los indicadores de estado asociados con la instrucción PID listados como banderas, cuya configuración se muestra en la Tabla 7. En la Tabla 8 se especifican cada uno de los parámetros de configuración en el *Setup Screen* de la instrucción PID de los primeros 3 paneles, dentro del código de programación del PLC que gobierna cada proceso.

Tabla 7. Indicadores de estado de la instrucción PID para ambos procesos.

Bandera	Descripción	Tipo	Valor
TM	Modo de temporización (STI =0, Timed = 1)	Lectura/Escritura	0
AM	Modo de operación (Automático = 0, Manual =1)	Lectura/Escritura	0/1
CM	Modo de Control (realimentación negativa = 0, positiva = 1)	Lectura/Escritura	0
OL	Limitación de la Salida (deshabilitar = 0, habilitar = 1)	Lectura/Escritura	1
RG	Tasa de Ganancia y Reset (Normal = 0, Ampliada = 1)	Lectura/Escritura	1
SC	Escala de la Referencia (Especificada = 0, No especificada =1)	Lectura/Escritura	0
TF	Tiempo de Actualización del Lazo (Bueno = 0, Muy Rápido = 1)	Lectura	0/1
DA	Acción Derivativa (sobre el error = 0, sobre la salida = 1)	Lectura/Escritura	1
DB	Banda Muerta (Valor fuera del rango = 0, en el rango = 1)	Lectura	0/1
UL	Alarma de Salida por Límite Alto (se supera el límite superior = 1)	Lectura	0/1
LL	Alarma de Salida por Límite Bajo (se supera el límite inferior = 1)	Lectura	0/1
SP	Alarma de la Referencia (referencia dentro del rango = 0)	Lectura	0/1
PV	Alarma de la Variable de Proceso (fuera del rango 16.383 = 1)	Lectura	0/1
DN	PID Done (PID computado = 1)	Lectura	0/1
EN	Habilitar PID (peldaño del PID deshabilitado = 0, habilitado = 1)	Lectura	0/1

Tabla 8. Parámetros de configuración en el Setup Screen.

Parámetro	Descripción	PLC Nivel	PLC Temp
Controller Gain Kc	Ganancia Proporcional (sin unidades)	4,20	0,45
Reset Ti	(1/Ganancia Integral) (1/min)	7,39	4,26
Rate Td	Ganancia derivativa (min)	0,03	0,0009
Loop Update ⁸	Taza de actualización del lazo (seg)	0,02	0,01
Control Mode	Realimentación negativa o positiva	E = SP-PV	E = SP-PV
PID Control	Modo de operación de la salida	AUTO/MANUAL	AUTO/MANUAL
Time Mode	Modo de temporización de la instrucción.	STI	STI
Limit Output CV	Limita o no la señal de salida.	YES	YES
Deadband ⁹	Banda muerta	64	64
Bias	Adicionado a la salida como un OFFSET.	0	0
Setpoint MAX	Límite superior del Setpoint.	16.383	16.383
Setpoint MIN	Límite inferior del Setpoint.	0	0
Output MAX CV (%)	Límite superior de la salida.	100	100
Output MIN CV (%)	Límite inferior de la salida.	18	0

- **Adecuación de la señal de salida:** Finalmente, se realiza una adecuación de la señal entregada por la instrucción PID que corresponda al rango del módulo (0 - 32.640) por medio de una línea de escalización mostrada en la línea 0005 de la Figura 22.

⁸ 10 veces más rápido que la constante de tiempo más lenta del proceso.

⁹ El valor escogido de la banda muerta es el mínimo que puede detectar el convertor A/D en cada proceso.

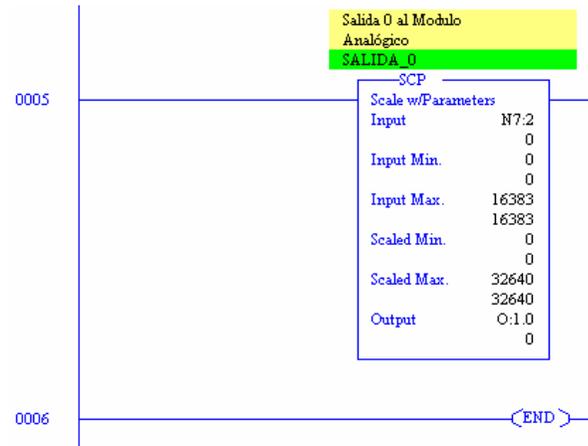


Figura 22. Escalización de la señal de salida y fin del código.

Nota Importante: debido a que en el proceso de nivel se cuenta con un dispositivo que no tiene su contraparte en el proceso de temperatura, la bomba, y que necesita ser manejado, se agrega una línea de código en la plantilla a descargar en el PLC del proceso de nivel para tal fin. Esa línea de código se detalla en la Figura 23.



Figura 23. Línea para el manejo de la bomba del proceso de nivel.

2.3.3 Programación De Los PLCs

Habiendo elegido ya el procesador, configurado las entradas y salidas, y depurado las líneas de código, se procede finalmente a programar los PLCs. Cabe aclarar que como el archivo *PID_Tesis_Base.rss* es un plantilla, el PLC de cada proceso debe tener sus respectivos parámetros antes definidos y además debe poder identificarse su procesador dentro de la futura red de PLCs. Por lo tanto se define para el PLC que gobierna el proceso de nivel, **NIVEL** como el nombre del procesador¹⁰ y Nodo 1 en el campo *Node Address* del Canal 1¹¹, y para el PLC que gobierna el proceso de temperatura, **TEMP** como el nombre del procesador y Nodo 2 en el campo *Node Address* del Canal 1. Con estas últimas aclaraciones, se puede descargar la plantilla a cada PLC con sus respectivas especificaciones.

¹⁰ Véase: 2.3.1.1 Procesador

¹¹ Véase: 2.3.1.3 Canales De Comunicación

Para la descarga del programa a los PLCs se deben seguir los siguientes pasos:

1. Conectar el cable “1761-CBL-PM02” o el “2707-NC10 + conversor DB-9 macho a hembra” entre el Channel 0 del PLC y el COM1 del PC, y suministrar energía al PLC NIVEL. Recordar que el canal del PLC a comunicarse con el puerto serial COM del PC debe estar configurado como “DF1 Full Duplex”.
2. Ejecutar el software RSLinx, dar clic en el menú *Communications* y luego dar clic en *Configure Drivers...*
3. Seleccionar el driver “RS-232 DF1 Devices” que se encuentra en el combo *Available Driver Types*.
4. Dar clic en *Add New* en la siguiente ventana dar clic en *OK*.
5. Seleccionar COM1 del combo *Comm Port* o seleccionar el puerto del PC donde se conectó el PLC NIVEL.
6. Dar clic en *Auto-Configure*. A continuación debe aparecer un mensaje de auto-configuración satisfactoria. Dar clic en *OK*.
7. Cerrar la ventana de configuración de drivers.
8. Volver al software RSLogix 500, y descargar la plantilla al PLC NIVEL asegurándose que el driver a utilizar para la descarga sea el mismo que se creó.
9. Repetir los pasos 1 a 8 para el PLC TEMP.

3. DEFINICIÓN DEL NIVEL DE CONTROL

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se define el nivel de control, el cual abarca en detalle aspectos como la red de dispositivos de control, la interfaz de comunicación abierta entre el software iFIX® y RSLinx, y el desarrollo del Servidor HM/SCADA.

3.2 LA RED DE DISPOSITIVOS DE CONTROL

Para la interconexión de los dispositivos de control (PLCs) que gobiernan los procesos se implementó una red determinística usada en aplicaciones de piso en la industria, altamente difundida en el entorno industrial y con una capacidad de hasta 32 nodos denominada Red DH-485. Las características de este tipo de red, que la ubican en los niveles bajos en la escala de las redes industriales, se acoplan perfectamente a plantas donde los procesos exijan un flujo de datos intermedio, los dispositivos no superen el máximo permitido y su distribución no supere los 4000 pies de distancia en total. Las anteriores condiciones justifican el uso de este tipo de red de dispositivos en el presente proyecto, ya que los procesos con que se trabaja cumplen todos los requerimientos.

El proceso de implementación de la Red DH-485, partiendo desde el hardware necesario hasta las conexiones requeridas para el mismo, se presenta en los siguientes apartados.

3.2.1 Hardware Y Software Necesario

La Tabla 9 y la Tabla 10 presentan información acerca del hardware y software utilizado en la implementación de la Red DH-485.

Tabla 9. Hardware necesario para la implementación de la Red DH-485.

Nombre del Producto	Cantidad	Número de Catálogo	Descripción
MicroLogix AIC+ Advanced Interface Converter	2	1761-NET-AIC	Dispositivo usado de interfaz con un MicroLogix 1500® LRP
MicroLogix 1500® LRP Series C, Firmware Version 9.0 Controller	2	1764-LRP	Dispositivo también conocido como Controlador Lógico Programable
MicroLogix Programming Cable	2	1761-CBL-PM02	Elemento usado para enlazarse con un Controlador MicroLogix (Comunicación y/o programación).

MicroLogix Programming Cable	2	1761-CP3	Elemento usado para enlazarse con un Controlador MicroLogix (Comunicación y/o programación).
Belden-M #9842 Cable	1	Ninguno; Suministrado por el usuario.	Elemento usado para conectar los dos 1761-NET-AIC, que a su vez conforma el bus de la Red DH-485.
Fuente de 24Vdc	1	Ninguno; Suministrado por el usuario.	Dispositivo utilizado para suministrar energía a los dos 1761-NET-AIC.

Tabla 10. Software necesario para la implementación de la Red DH-485.

Nombre del Producto	Número de Catálogo	Versión	Descripción
RSLinx Versión OEM	9355WABOEMENE	2.42.00 o Superior	Es una central de comunicación industrial

3.2.2 Implementación De La Red

El procedimiento para el montaje de la Red DH-485 se resume en los pasos citados a continuación:

1. **Paso 1:** Configuración del Hardware
2. **Paso 2:** Conexión del Hardware
3. **Paso 3:** Validación de la Red

3.2.2.1 Paso 1: Configuración Del Hardware

MicroLogix AIC+ Advanced Interface Converter

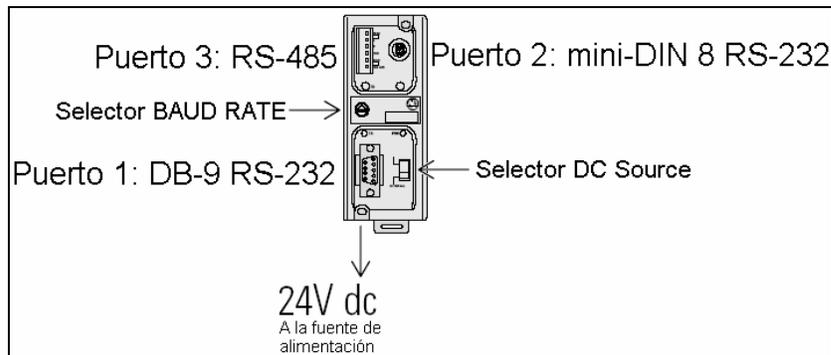


Figura 24. Características físicas del AIC+.

Teniendo en cuenta la Figura 24, seguir los pasos citados a continuación:

1. Conectar la fuente de 24Vdc a los pines 24VDC y DC NEUT.
2. Colocar el selector DC SOURCE en la posición EXTERNAL.
3. Colocar el selector rotatorio BAUD RATE en la posición AUTO.
4. Repetir los pasos anteriores a todos los MicroLogix AIC + que existan en la red.

MicroLogix 1500® LRP Series C, Revision C, Firmware Version 9.0 Controller

Los PLCs ya fueron configurados en secciones anteriores. Para ello refiérase a literal 2.3.1, Configuración De Los PLCs.

3.2.2.2 Paso 2: Conexión Del Hardware

Para ejemplificar la conexión del hardware constitutivo de la Red DH-485 se desarrollaron el grupo de figuras desde la Figura 25 hasta la Figura 28, las cuales se presentan a continuación.

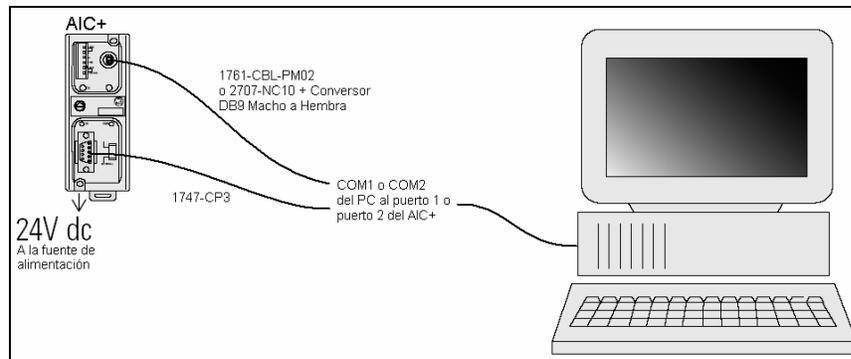


Figura 25. Posibles conexiones PC - AIC+.

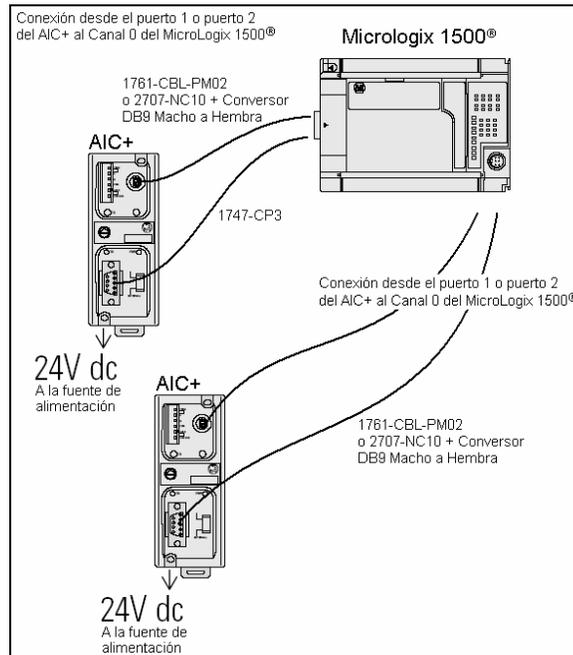


Figura 26. Posibles conexiones PLC - AIC+.

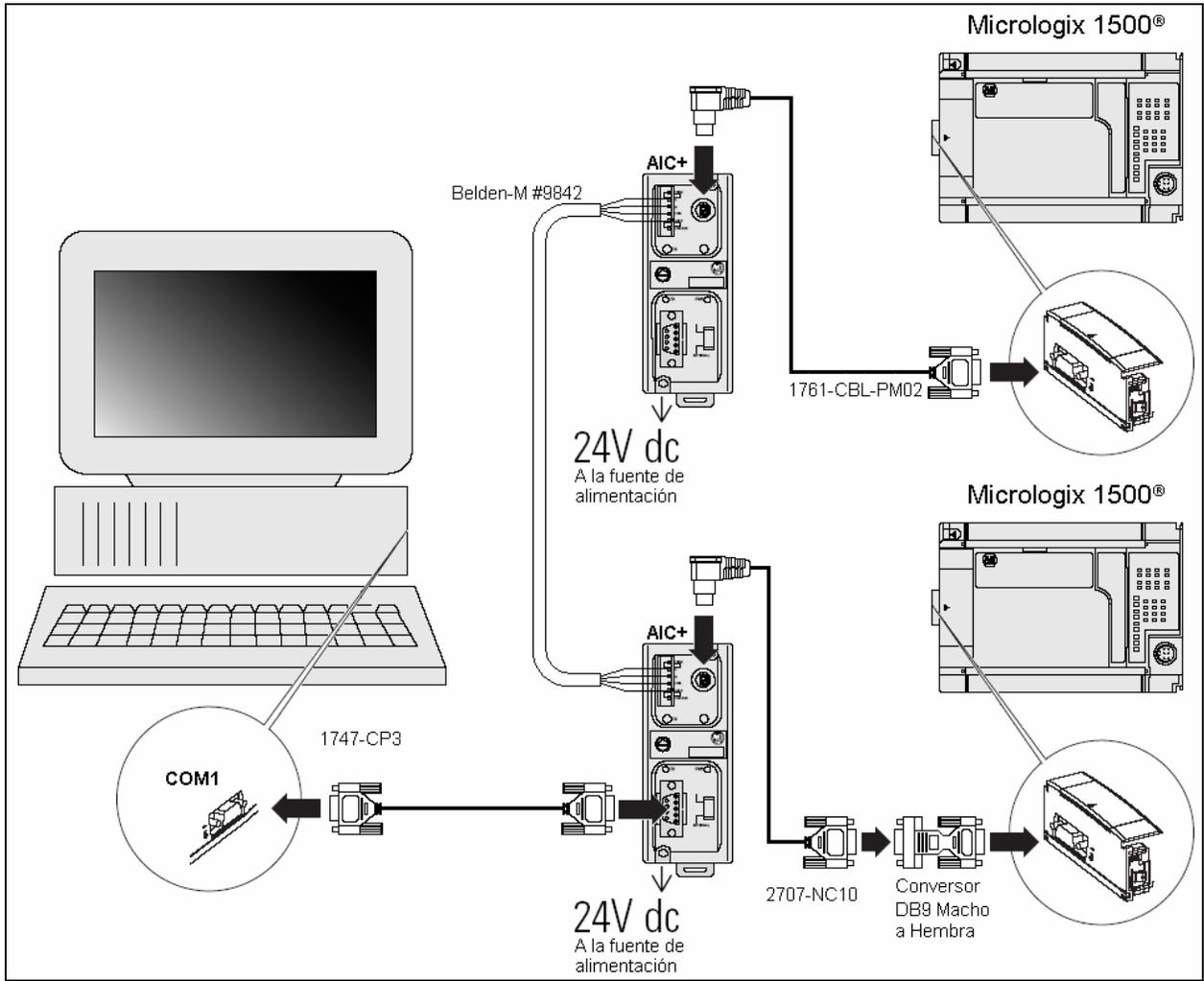


Figura 27. Conexiones de la Red DH-485 utilizadas en el presente proyecto.

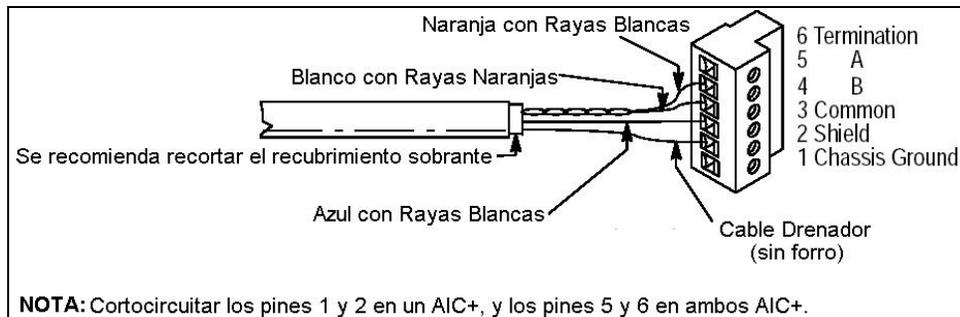


Figura 28. Conexión de cable simple Belden-M #9842.¹²

¹² Allen-Bradley. AIC+ Advanced Interface Converter. User Manual. Número de Catálogo 1761-NET-AIC. Publicación 1761-6.4. Abril 1998. p. 2-5. www.rockwellautomation.com.

3.2.2.3 Paso 3: Validación De La Red

1. Antes de ejecutar RSLinx, asegurarse que éste se encuentre corriendo como una aplicación, ya que el driver que soporta la Red DH-485 no funciona si RSLinx se encuentra corriendo como servicio.
2. Ejecutar RSLinx Version 2.42.00 o superior (para verificar la versión del software, clic en el menú **Help** y la opción **About RSLinx**).
3. Clic en el menú *Communications* y luego clic en *Configure Drivers...*
4. Seleccionar el driver “1747-PIC/AIC+ Driver” que se encuentra en el combo *Available Driver Types* y adicionarlo.
5. En el panel de configuración del driver definir el puerto que comunica la estación con el AIC+, el número de la estación, el Baud Rate y el máximo número de nodo sobre la red¹³, y clic en OK.
6. Cerrar el panel *Driver Configuration*.
7. A partir de este momento cada nodo que sea adicionado a la red será automáticamente reconocido dentro del driver “1747-PIC/AIC+ Driver” en el momento de que dicho nodo sea conectado físicamente.

3.3 INTERFAZ OPC

Debido a que se utiliza software SCADA y PLCs de diferentes fabricantes, la interacción entre el sistema supervisorio y los procesos, más específicamente con los controladores, debe realizarse mediante una conexión diferente a la que se utilizaría en el caso del mismo fabricante que proporcionaría un controlador específico en el SCADA para cada línea de controladores. En este caso se necesita establecer la comunicación aprovechando una característica que contienen estos sistemas, iFIX® de Intellution® para el caso del SCADA, y Rockwell Software que es utilizado para la configuración, programación y monitoreo de los PLCs Micrologix 1500® LRP Series C. Tal característica es la conectividad abierta proporcionada por el estándar de comunicación OPC que provee una interfaz entre el hardware de proceso y el software SCADA.

3.3.1 Configuración De Los Servidores De OPC En RSLinx

Los datos a ser adquiridos por el sistema SCADA necesitan ser suministrados desde RSLinx a través de dos Servidores de OPC. Para poder desarrollar el Servidor de OPC de cada PLC, primero se tuvo que haber implementado la Red DH-485 y estar en funcionamiento, de tal forma que ambos PLCs puedan ser vistos en línea en RSLinx. Partiendo de esto, se siguen los pasos citados a continuación para la configuración de cada Servidor de OPC.

¹³ Para obtener un mejor desempeño del driver es conveniente definir cual es el mayor número de nodo sobre la red, pues así el driver no busca nodos en direcciones que no hayan sido asignadas.

Paso 1: Dar clic derecho sobre el ícono del PLC llamado NIVEL y seleccionar la opción *Configure New DDE/OPC Topic...*

Paso 2: Escribir un nombre al nuevo tópico y dar clic en el botón *Done*. El nombre por defecto que aparece es el mismo nombre del PLC, pero puede ser definido al gusto; para el caso de este proyecto se dejó el nombre por defecto. La Figura 29 y la Figura 30 resumen los pasos de la configuración de un tópico de OPC en RSLinx.

Paso 3: Repetir los pasos 1 y 2 para el caso del PLC TE MP.

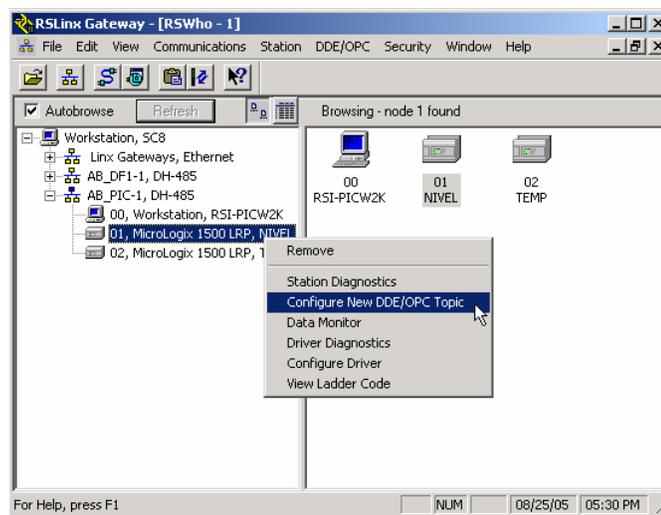


Figura 29. Adición de un tópico de OPC en RSLinx.

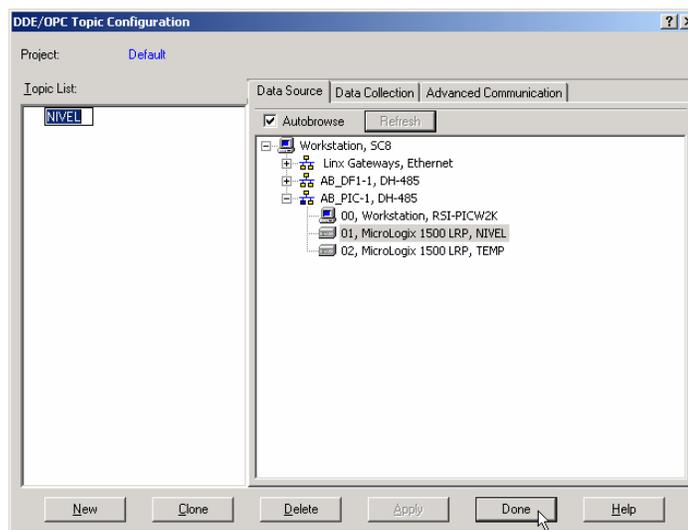


Figura 30. Configuración de un tópico de OPC en RSLinx.

3.3.2 Configuración De La Aplicación Cliente De OPC En iFIX® OPC PowerTool

La herramienta OPC PowerTool, desarrollada por Intellution® para el software HMI/SCADA iFIX®, puede utilizarse como un Servidor de OPC o un Cliente de OPC dependiendo de la necesidad del usuario. En el presente proyecto, esta herramienta se configuró para realizar una aplicación Cliente de OPC, siguiendo los pasos citados a continuación.

Paso 1: Ejecutar la herramienta OPC PowerTool (Inicio/Programas/iFIX®/OPC PowerTool.)

Paso 2: En la ventana *I/O Driver Server Connection*, mostrada en la Figura 31, seleccionar la opción *Use Local OPC Client Driver* puesto que el Cliente de OPC (iFIX®) se encuentra en la misma máquina que el del Servidor de OPC, implementado en RSLinx. A continuación seleccionar *Connect...*

Paso 3: Luego de que la herramienta iFIX® OPC PowerTool se haya conectado al Servidor de OPC local se adicionan los Servidores¹⁴, Grupos e Ítems que recibirán datos relacionados con los procesos. El procedimiento para realizar la adición de servidores, grupos e ítems en la herramienta iFIX® OPC PowerTool se detalla en el Anexo C. En la Figura 32 se muestra la interfaz de la aplicación Cliente de OPC desarrollada en iFIX® OPC PowerTool con los parámetros de configuración mostrados en la Tabla 11.

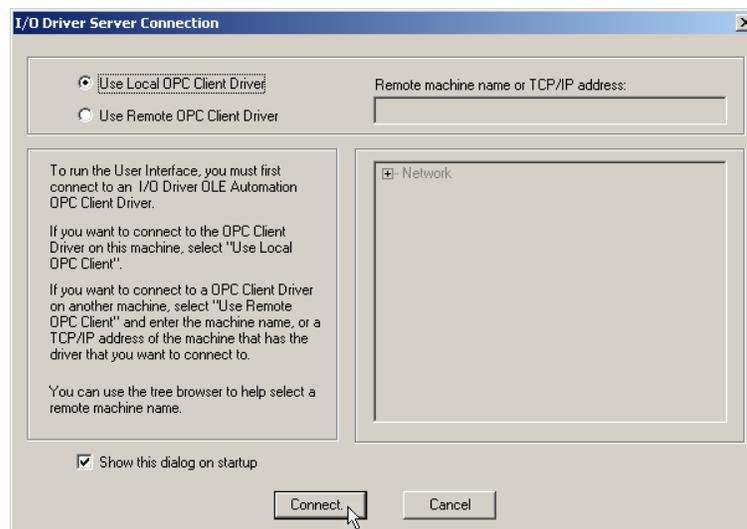


Figura 31. I/O Driver Server Connection.

¹⁴ Los Servidores de OPC deben ser escogidos del tipo RSLinx OPC Server.

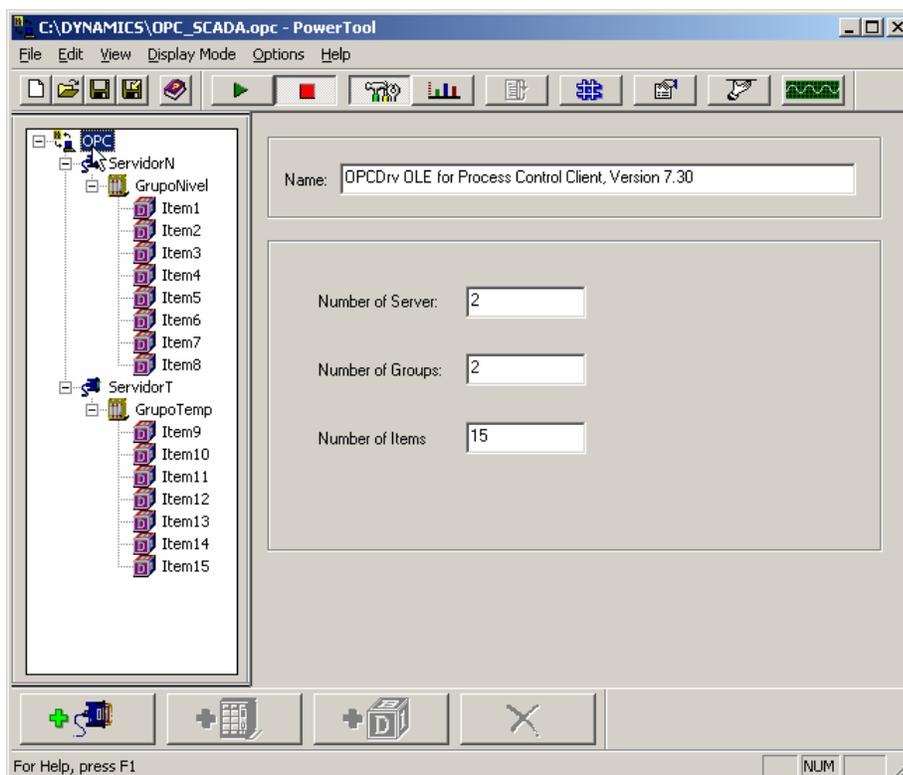


Figura 32. Ventana de configuración de iFIX® OPC PowerTool.

Tabla 11. Parámetros de configuración de la aplicación Cliente de OPC.

Servidor	Grupo	Item ¹⁵	Descripción	Dirección
ServidorN	GrupoNivel	Item1	Entrada Analógica 0 - Nivel Medido	[NIVEL]N7:1
		Item2	Bomba de Agua - Nivel	[NIVEL]B3:0/0
		Item3	SetPoint - Nivel	[NIVEL]PD9:0.SPS
		Item4	Modo de Operación del PID - Nivel	[NIVEL]PD9:0/AM
		Item5	Señal de Control - Nivel	[NIVEL]N7:2
		Item6	Constante Kc del Controlador PID - Nivel	[NIVEL]PD9:0.KC
		Item7	Constante Ti del Controlador PID - Nivel	[NIVEL]PD9:0.Ti
		Item8	Constante Td del Controlador PID - Nivel	[NIVEL]PD9:0.Td
ServidorT	GrupoTemp	Item9	Entrada Analógica 0 - Temperatura Medida	[TEMP]N7:1
		Item10	SetPoint - Temp	[TEMP]PD9:0.SPS
		Item11	Modo de Operación del PID - Temp	[TEMP]PD9:0/AM
		Item12	Señal de Control - Temp	[TEMP]N7:2
		Item13	Constante Kc del Controlador PID - Temp	[TEMP]PD9:0.KC
		Item14	Constante Ti del Controlador PID - Temp	[TEMP]PD9:0.Ti
		Item15	Constante Td del Controlador PID - Temp	[TEMP]PD9:0.Td

¹⁵ Todos los ítems tienen activada la opción *Latch Data*.

3.4 DESARROLLO DEL SERVIDOR SCADA EN IFIX®

Un Servidor SCADA es un nodo¹⁶ que adquiere datos directamente desde el hardware de proceso, y carga y mantiene la base de datos del proceso. Toda la configuración respectiva del Servidor SCADA a utilizar en este trabajo se presenta a continuación de la forma más detallada posible, haciendo énfasis en las cinco partes fundamentales en el desarrollo del mismo que son: Configuración del Sistema, Desarrollo de la Base de Datos del Proceso, Configuración de Alarmas, Configuración de Seguridad y Configuración de Archivado de Datos.

3.4.1 Configuración Del Sistema

Después de instalado, cada vez que iFIX® inicia debe ser cargado un archivo de configuración que contiene información específica acerca de los programas y opciones únicas de ese nodo en particular. Dicha información es definida en el *System Configuration Utility (SCU)*, el cual crea el archivo de configuración denominado *SCU file*. El SCU se encuentra en el grupo de íconos de iFIX®, generalmente definido como Inicio/Programas/iFIX, y su interfaz gráfica se muestra en la Figura 33.



Figura 33. Interfaz del System Configuration Utility.

¹⁶ Un computador corriendo iFIX® es denominado nodo.

A continuación se presenta la información que se define en el SCU, introducida a través de sus diferentes menús.

3.4.1.1 Local Startup...

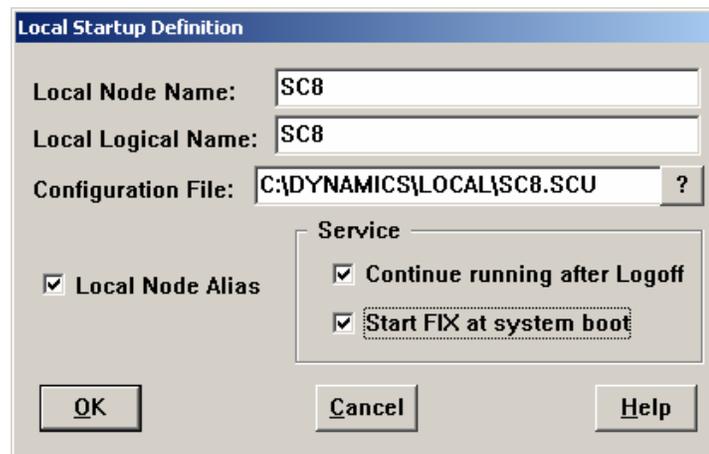


Figura 34. Local Startup Definition.

La caja de diálogo *Local Startup Definition*, mostrada en la Figura 34, se encuentra en la opción *Configure/ Local Startup...*

El nombre del nodo local es el nombre para el nodo iFIX® donde se encuentra el servidor primario, y el nombre lógico local es el nombre de otro nodo iFIX® que se usa para referenciar ese nodo, es decir, es el nombre del equipo que sirve como respaldo del nodo local. Para esta aplicación tanto el nombre del nodo local y el nombre lógico local son definidos con el mismo nombre del equipo (hostname) debido a que no existen varios Servidores SCADA interactuando. La máquina a ser usada como Servidor SCADA en este trabajo de grado es el computador con hostname SC8 ubicado en la Sala de Control del programa Ingeniería en Automática Industrial.

El campo *Configuration File* se utiliza para definir el archivo *SCU file*, que se guarda por defecto en el directorio C:\Dynamics\Local con el mismo nombre del nodo local.

Las opciones *Continue running after Logoff* y *Start FIX at system boot* serán seleccionadas al finalizar el desarrollo del Servidor SCADA porque es conveniente que se ejecute iFIX® al iniciar el sistema operativo (ejecución de iFIX® como servicio) y además continúe ejerciendo como servidor aún sin tener un usuario registrado, pero esto será explicado en secciones posteriores.

3.4.1.2 Paths...

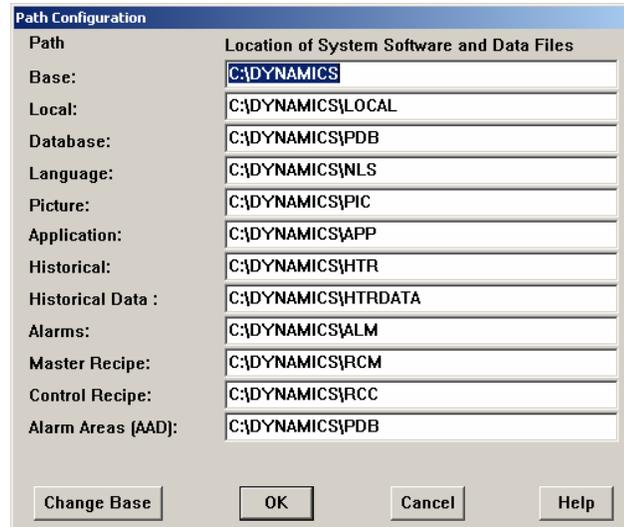


Figura 35. Path Configuration.

Esta caja de diálogo, mostrada en la Figura 35, es usada para especificar los nombres y localizaciones de los directorios usados por iFIX®. En este proyecto no se modificó ninguna ruta, todas se dejaron por defecto.

3.4.1.3 Network...

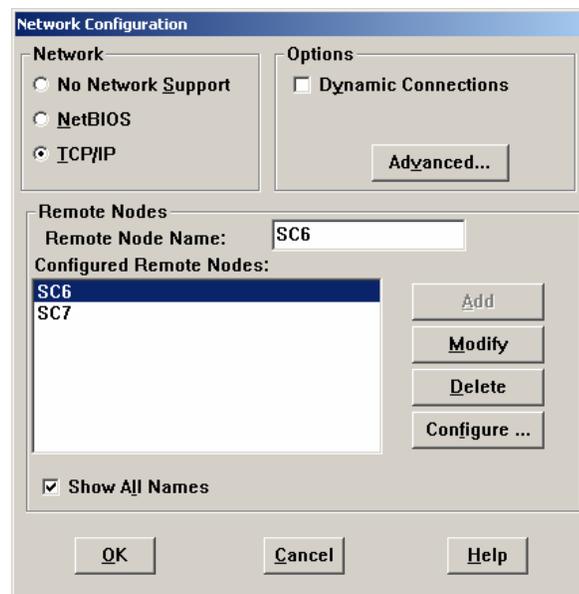


Figura 36. Network Configuration.

Esta caja de diálogo, mostrada en la Figura 36, se usa para configurar la comunicación entre todos los nodos. En el panel *Network* se define el tipo de red utilizada; en este proyecto se utiliza la red TCP/IP que actualmente existe en la Sala de Control de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, y por ello se elige la opción TCP/IP. En el panel *Options* se define si el sistema debe tener conexiones dinámicas o no, que se utilizan cuando un nodo ocasionalmente necesita actualizar el cambio de un objeto; en la presente aplicación no se prevén este tipo de nodos, por lo tanto todos los nodos serán adicionados en panel *Remote Nodes*, los cuales se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Nodos remotos de la red.

Nodo	Función
SC6	Cliente de iFIX® con Servidor de Terminal – iClientTS
SC7	Cliente estándar iFIX® – iClient

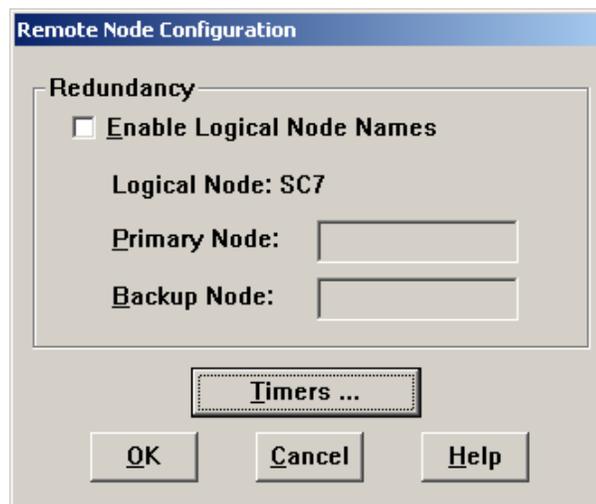


Figura 37. Remote Node Configuration.

La Figura 37 muestra la caja de diálogo Remote Configuration, en la cual se puede configurar redundancia en los nodos remotos para incrementar el nivel de confiabilidad, pero esto significaría usar un computador más por cada nodo remoto redundante. Lastimosamente para este proyecto se tiene limitado el número de computadores y por tanto no se configurará redundancia alguna.

3.4.1.4 Tasks...

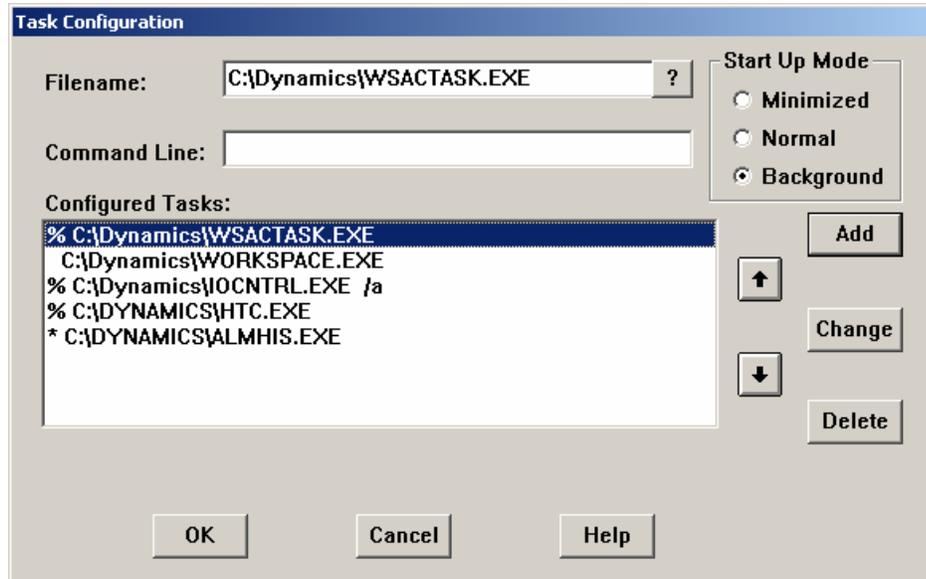


Figura 38. Task Configuration.

En la opción *Tasks...* del menú *Configure* se definen qué archivos se necesitan ejecutar cuando iFIX® inicia a través de la caja de diálogo mostrada en la Figura 38. La ejecución de cada archivo se denomina *tarea* y en este proyecto se encuentran definidas las mostradas en la Tabla 13.

Tabla 13. Tareas configuradas para el arranque de iFIX®.

Tarea	Función
WSACTASK.EXE	Actualiza la Base de Datos por medio de la lectura o escritura desde o hacia la Tabla de Imagen de Datos DIT ¹⁷ .
WORKSPACE.EXE	Area de trabajo de iFIX®.
IOCNTL.EXE	Ejecutor de los drivers definidos en la configuración del sistema SCADA.
HTC.EXE	Colector de datos históricos.
ALMHIS.EXE	Despliega un historial de las últimas alarmas y mensajes que han ocurrido en el sistema SCADA.

¹⁷ Ver el Anexo D, Capítulo 3.

3.4.1.5 SCADA...

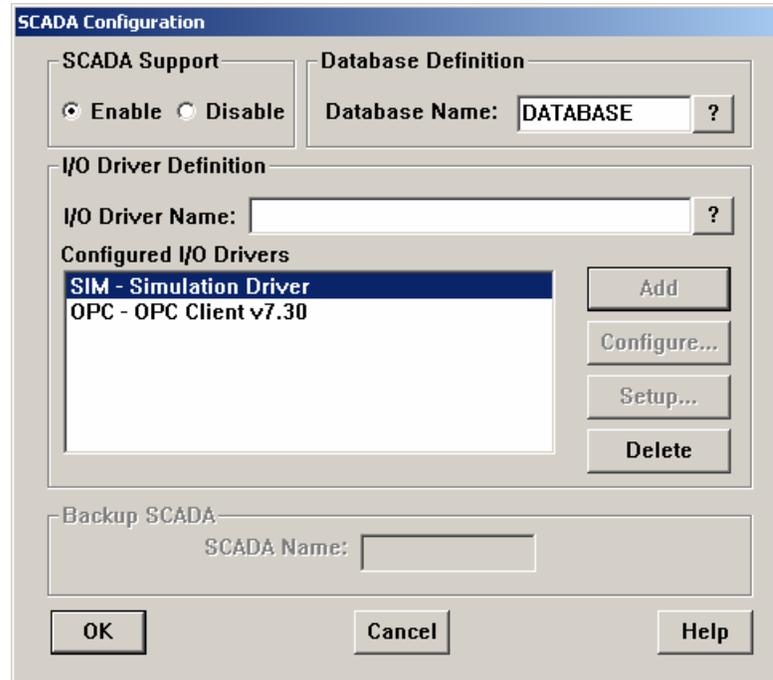


Figura 39. SCADA Configuration.

La caja de diálogo *SCADA Configuration*, mostrada en la Figura 39, se accede a través del menú *SCADA....*

SCADA Support

Esta opción se habilita para hacer uso de la Base de Datos y realizar la carga de los I/O drivers deseados.

Database Definition

Este panel contiene el campo *Database Name* en el cual se define el nombre de la Base de Datos a utilizar; para la presente aplicación se utilizó el nombre por defecto DATABASE.

Configured I/O Drivers

La mayor parte de los datos en el Servidor SCADA provienen de un Driver I/O, el cual es un componente software que permite al sistema SCADA comunicarse con el hardware de proceso usado en la aplicación.

En el panel *Configured I/O Drivers* se definen los drivers a utilizar en la aplicación (a parte del Driver SIM): *OPC Client v7.30*, por medio del cual se adquiere la información que suministra el Servidor de OPC implementado en el software RSLinx. Este driver inicialmente no está instalado, y para su instalación debe referirse al *CD de Intellution® I/O Drivers y OPC Servers*; el procedimiento de instalación de un driver se encuentra en el Anexo D, Capítulo 5.

3.4.2 Desarrollo De La Base De Datos Del Proceso¹⁸

La Base de Datos es la fuente de información de la aplicación desarrollada en el WorkSpace de iFIX® y todos los futuros clientes del Servidor SCADA. De lo anterior se deduce entonces que la Base de Datos es el alma de un sistema desarrollado en iFIX®.

En la Base de Datos se encuentran todos los datos provenientes y enviados desde y hacia el hardware de proceso a través de una interfaz, los cuales se almacenan en bloques de información llamados tags o sencillamente bloques. Existen diferentes tipos de tags que hacen que la Base de Datos desempeñe funciones específicas como:

- Recibir datos del Cliente de OPC;
- Evaluar los datos obtenidos con respecto a los límites y áreas de alarmas;
- Ajustar salidas al proceso dependientes de cálculos predefinidos; y
- Chequear condiciones de seguridad en las solicitudes de escritura hechas por los usuarios.

La Base de Datos del Servidor SCADA está disponible para todos los clientes remotos, es decir, los clientes remotos no deben tener tal Base de Datos en su respectivo PC sino que deben leer y escribir, dependiendo de sus privilegios, desde y hacia la Base de Datos del Servidor SCADA.

Dado que los componentes básicos de la Base de Datos son las tags, a continuación se presenta una descripción detallada de todas y cada una de las tags que constituyen la Base de Datos desarrollada para el Servidor SCADA y su respectiva interacción (cadenas de tags).

¹⁸ Para más detalles ver Anexo D, Capítulo 8.

3.4.2.1 Tags De La Base De Datos Del Proceso

El grupo de tablas desde la Tabla 14 hasta la Tabla 18 presenta todas las características y parámetros definidos en las tags que fueron creadas para este proyecto y que componen la Base de Datos del sistema, organizadas según el tipo de tag.

Tabla 14. Tags AI (Entrada Analógica)¹⁹.

	Tagname	Descripción	I/O Device	I/O Address	ELL	EHL	Units	Signal Conditioning	Next
01	NIVEL	Nivel Actual Medido	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item1	-7,5	30	cm	8AL	45
02	SENALCONTROL_NIVEL	Señal Control Auto Nivel	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item5	0	16383	-	none	30
03	SENALCONTROL_TEMP	Señal de Control Auto Temp	OPC	ServidorT;GrupoTemp;item12	0	16383	-	none	31
04	SP_NIVEL_IN	Lectura SetPoint de Nivel del PLC	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item3	0	16383	-	none	36
05	SP_TEMP_IN	Lectura Setpoint de Temp del PLC	OPC	ServidorT;GrupoTemp;item10	0	16383	-	none	37
06	TEMPERATURA	Temperatura Actual Medida	OPC	ServidorT;GrupoTemp;item9	-29,86	131,53	°C	8AL	50

Tabla 15. Tags AO (Salida Analógica).

	Tagname	Descripción	I/O Device	I/O Address	ELL	EHL	Previous	Next
07	KCP_NIVEL	Kc Deseada hacia el PLC – Nivel	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item6	0	32.767	28	-
08	KCP_TEMP	Kc Deseada hacia el PLC – Temp	OPC	ServidorT;GrupoTemp;item13	0	32.767	29	-
09	KC_NIVEL	Constante Kc del Controlador PID	SIM	0	0	32.767	-	28
10	KC_TEMP	Constante Kc del Controlador PID	SIM	1	0	32.767	-	29
11	SC_MANUAL_NIVEL_P	Señal de Control Manual de Nivel en %	SIM	2	0	100	-	32
12	SC_MANUAL_TEMP_P	Señal de Control Manual de Temp en %	SIM	3	0	100	-	33
13	SENALCONTROLMANUAL_NIVEL	Señal de Control de Nivel en Modo Manual	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item5	0	16.383	32	-
14	SENALCONTROLMANUAL_TEMP	Señal de Control de Temp en Modo Manual	OPC	ServidorT;GrupoTemp;item12	0	16.383	33	-
15	SPP_NIVEL	Nivel Deseado hacia el PLC	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item3	0	16.383	34	-
16	SPP_TEMP	Temp Deseada hacia el PLC	OPC	ServidorT;GrupoTemp;item10	0	16.383	35	-
17	SP_NIVEL	Nivel Deseado	SIM	4	0	30	-	34
18	SP_TEMP	Temp Deseada	SIM	5	0	100	-	35
19	TDP_NIVEL	TD Deseada hacia el PLC – Nivel	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item8	0	32.767	38	-
20	TDP_TEMP	TD Deseada hacia el PLC – Temp	OPC	ServidorT;GrupoTemp;item15	0	32.767	39	-
21	TD_NIVEL	Constante Td del Controlador PID	SIM	6	0	100	-	38
22	TD_TEMP	Constante Td del Controlador PID	SIM	7	0	100	-	39

¹⁹ Todas las tags AI tienen el mismo tiempo de SCAN, y está fijado a 1.

23	TIP_NIVEL	Ti Deseada hacia el PLC – Nivel	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item7	0	32.767	40	-
24	TIP_TEMP	Ti Deseada hacia el PLC – Temp	OPC	ServidorT;GrupoTemp;item14	0	32.767	41	-
25	TI_NIVEL	Constante Ti del Controlador PID	SIM	8	0	100	-	40
26	TI_TEMP	Constante Ti del Controlador PID	SIM	9	0	100	-	41
27	USUARIOS	Usuarios conectados al sistema SCADA	SIM	10	0	255	-	-

Tabla 16. Tags CA (Cálculo).

	Tagname	Descripción	Previous (A)	Next	B	C	Output	ELL	EHL
28	KCC_NIVEL	Kc del Controlador PID acomodada al PLC	09	07	100	-	(A*B)	0	32.767
29	KCC_TEMP	Kc del Controlador PID acomodada al PLC	10	08	100	-	(A*B)	0	32.767
30	SC_AUTO_NIVEL_CA	Señal de Control Auto Nivel 0-100	02	46	100	16.383	((A*B)/C)	0	100
31	SC_AUTO_TEMP_CA	Señal de Control Auto Temperatura % CA	03	47	100	16.383	((A*B)/C)	0	100
32	SC_MANUAL_N_CA	Señal de Control Manual Nivel 0-100	11	13	100	16.383	((A*C)/B)	0	16.383
33	SC_MANUAL_T_CA	Señal de Control Manual Temperatura % CA	12	14	100	16.383	((A*C)/B)	0	16.383
34	SPC_NIVEL	Bloque de Calculo de Nivel 0-16383	17	15	30	16.383	((A*C)/B)	0	16.383
35	SPC_TEMP	Bloque de Calculo de Temp 0-16383	18	16	101,5104	3.031,2	((A*B)+C)	0	16.383
36	SP_NIVEL_IN_CA	Lectura SetPoint Nivel Escalizado	04	48	30	16.383	((A*B)/C)	0	30
37	SP_TEMP_IN_CA	Referencia de Temperatura ETR	05	49	0,0156	64	((A*B)-C)	0	100
38	TDC_NIVEL	Td del Controlador PID acomodada al PLC	21	19	100	-	(A*B)	0	32.767
39	TDC_TEMP	Td del Controlador PID acomodada al PLC	22	20	100	-	(A*B)	0	32.767
40	TIC_NIVEL	Ti del Controlador PID acomodada al PLC	25	23	60	100	((B/A)*C)	0	32.767
41	TIC_TEMP	Ti del Controlador PID acomodada al PLC	26	24	60	100	((B/A)*C)	0	32.767

Tabla 17. Tags DO (Salida Digital).

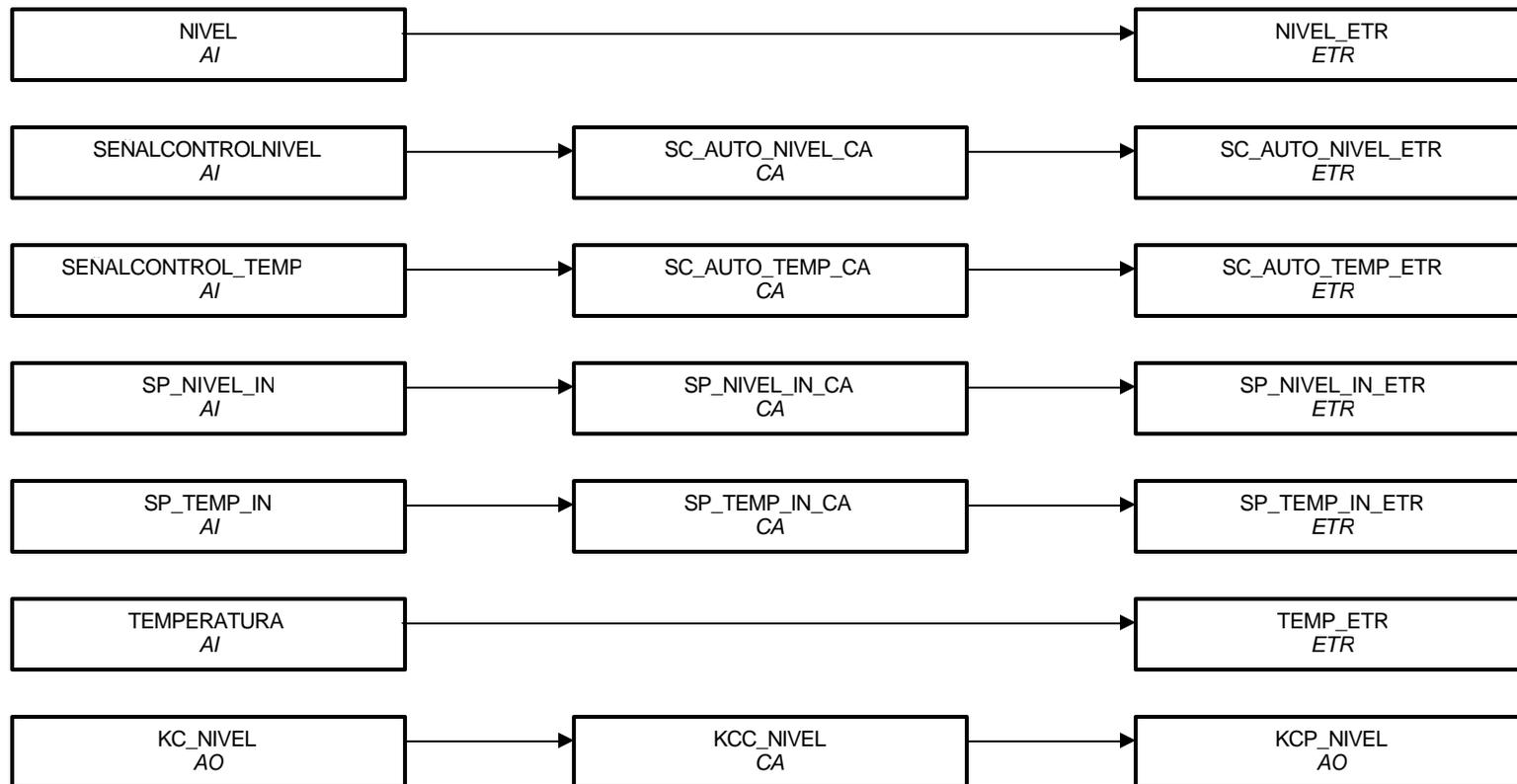
	Tagname	Descripción	I/O Device	I/O Address	Label Open	Label Close
42	BOMBA	Inicia o Suspende la Bomba de Agua	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item2	DESACTIVADA	ACTIVADA
43	MODO_NIVEL	Cambia de Modo Automático <-> Manual	OPC	ServidorN;GrupoNivel;item4	AUTOMATICO	MANUAL
44	MODO_TEMP	Cambia de Modo Automático <-> Manual	OPC	ServidorT;GrupoTemp;item11	AUTOMATICO	MANUAL

Tabla 18. Tags ETR (Tendencia Extendida).

	Tagname	Descripción	Previous	ELL	EHL	Units
45	NIVEL_ETR	Nivel Actual Medido en Bloque ETR	01	0	30	cm
46	SC_AUTO_NIVEL_ETR	Señal de Control Auto % ETR	30	0	100	%
47	SC_AUTO_TEMP_ETR	Señal de Control Auto Temperatura % ETR	31	0	100	%
48	SP_NIVEL_IN_ETR	Lectura SetPoint de Nivel ETR	36	0	30	cm
49	SP_TEMP_IN_ETR	Referencia de Temperatura en ETR	37	0	100	°C
50	TEMP_ETR	Temperatura Medida en Bloque ETR	06	0	100	°C

3.4.2.2 Representación Gráfica De Las Cadenas De Tags

Como se pudo ver en las tablas de la sección inmediatamente anterior, muchas de las tags de la Base de Datos forman cadenas, las cuales pueden ser mejor representadas de forma gráfica como se presentan a continuación.





3.4.3 Configuración De Alarmas²⁰

Para la configuración de alarmas se usó una estrategia que definió cómo la información de alarmas sería distribuida a los nodos y a las aplicaciones de iFIX®. Esta estrategia consistió en los pasos citados a continuación.

3.4.3.1 Definir Las Áreas De Alarma En La Base De Datos De Áreas De Alarma.

Al crear áreas de alarma se tiene la ventaja de que si se presenta una alarma se puede saber fácilmente donde se generó. Las áreas de alarmas se definen en la caja de diálogo *Edit Alarm Area Database* que aparece al acceder a la opción *Alarm Área Database* del menú *Configure* del *SCU*.

Un área de alarma es una división funcional o física de la planta, de tal forma que un área de alarma funcional podría ser un atributo del proceso y un área de alarma física sería un espacio físico de la planta. De acuerdo con lo anterior, en la Base de Datos de áreas de alarma se crearon dos áreas físicas, *ProcesoNivel* y *ProcesoTemp*, como se muestra en la Figura 40. La primera representa el área física de la planta donde está ubicado el proceso de nivel, y la segunda representa el área física de la planta donde está ubicado el proceso de temperatura.

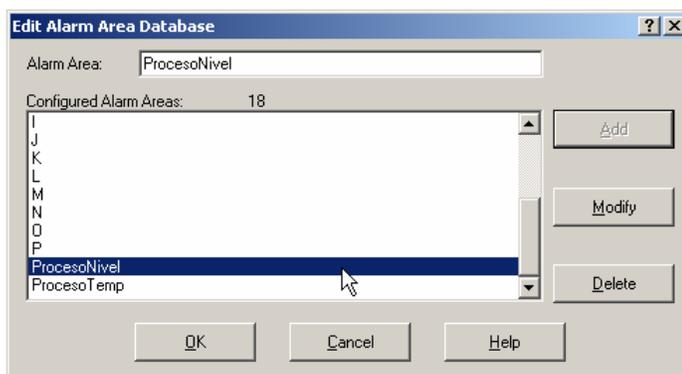


Figura 40. Configuración de áreas de alarma en iFIX®.

3.4.3.2 Configurar Las Tags En La Base De Datos Del Servidor SCADA

La configuración de alarmas en las tags de la Base de Datos comprende la habilitación de la alarma en la tag, la asignación de áreas de alarma, la selección de la prioridad de la alarma y la definición de los límites de la alarma. La Tabla 19 muestra la información

²⁰ Para más detalles ver Anexo D, Capítulo 18.

solicitada de las tags que pertenecen a una determinada área de alarma, y la Figura 41 muestra la interfaz de definición de dicha información.

Tabla 19. Configuración de alarmas en la Base de Datos.

Tag	Áreas de Alarma	Prioridad	Límites de la Alarma					
			Low Low	Low	High	High High	Rate of Change	Dead Band
NIVEL	ProcesoNivel	High	0	5	25	30	0	0
TEMPERATURA	ProcesoTemp	High	25	27	60	67	0	0
SP_NIVEL_IN	ProcesoNivel	Medium	0	0	16383	16383	0	0
SP_TEMP_IN	ProcesoTemp	Medium	0	0	16383	16383	0	0
SENALCONTROL_NIVEL	ProcesoNivel	Low	0	0	16383	16383	0	0
SENALCONTROL_TEMP	ProcesoTemp	Low	0	0	16383	16383	0	0

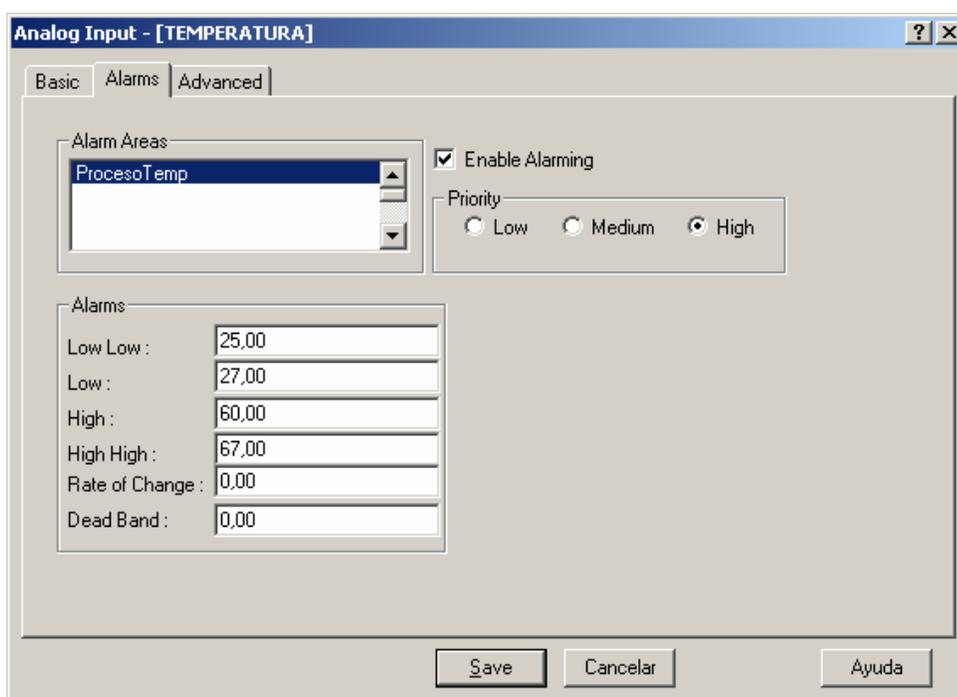


Figura 41. Ventana de configuración de alarmas en iFIX®.

3.4.4 Configuración De Seguridad²¹

La configuración de seguridad se crea para brindarle a los procesos y al flujo de información un nivel de confianza tal que nadie sin una respectiva autorización o privilegio pueda realizar cambios. La interfaz para la configuración de seguridad en iFIX® se muestra en la Figura 42. Para implementar la estrategia de seguridad del sistema SCADA se siguieron los pasos numerados a continuación.

²¹ Para más detalles ver Anexo D, Capítulo 23.



Figura 42. Ventana de configuración de seguridad en iFIX®.

3.4.4.1 Definir Las Áreas De Seguridad

Se crearon en total nueve áreas de seguridad, como se muestra en la Figura 43, que corresponden a dos áreas físicas referentes a los dos procesos y siete áreas funcionales referentes al manejo de la Base de Datos, visualización de ventanas de interfaz, generación de reportes, visualización de datos históricos, visualización y manejo de alarmas, y visualización de tendencias. De este modo se asegura tener todo el sistema SCADA bajo seguridad controlada.

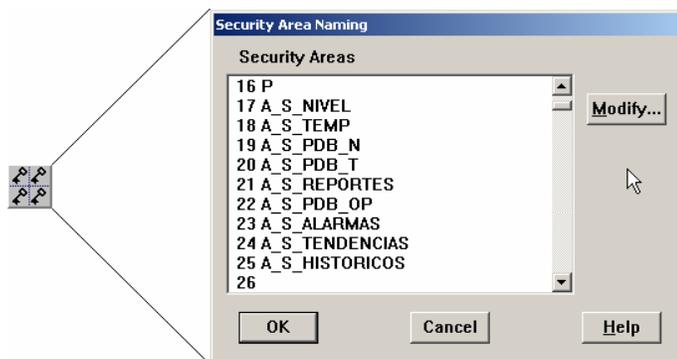


Figura 43. Áreas de seguridad del sistema SCADA.

3.4.4.2 Crear Cuentas De Usuario Y Grupo

En iFIX® existen dos tipos de cuentas, las de usuario y las de grupo. Las cuentas de grupo sirven para definir un conjunto de privilegios, ya sean privilegios de áreas de

seguridad o privilegios de aplicación, que luego se asignan a los usuarios para que hereden los privilegios. Las cuentas de usuario son en sí los usuarios que van a interactuar con el sistema SCADA; dichos usuarios pueden tener una contraseña, un tiempo limitado para estar conectado en el sistema, pueden pertenecer a uno o más grupos, pueden tener privilegios adicionales y hasta pueden tener un sobrenombre.

Las cuentas definidas en este proyecto y sus privilegios fueron creadas basándose en los procesos existentes y en la importancia de las variables accesibles por los usuarios que pueden modificar el funcionamiento de los procesos. A partir de este hecho, se crearon tres cuentas de grupo que son el Grupo Nivel (G_NIVEL), el Grupo Temperatura (G_TEMP) y el Grupo Operarios (G_OPER), en donde se encuentran definidos los privilegios en común para los usuarios pertenecientes a cada grupo. También se crearon cinco cuentas de usuario que interactúan con el sistema SCADA a diferentes niveles de seguridad. Lo anteriormente descrito se muestra en la Figura 44. En la Tabla 20 se detallan las características de las cuentas de grupo y en la Tabla 21 se detallan las características de las cuentas de usuario.

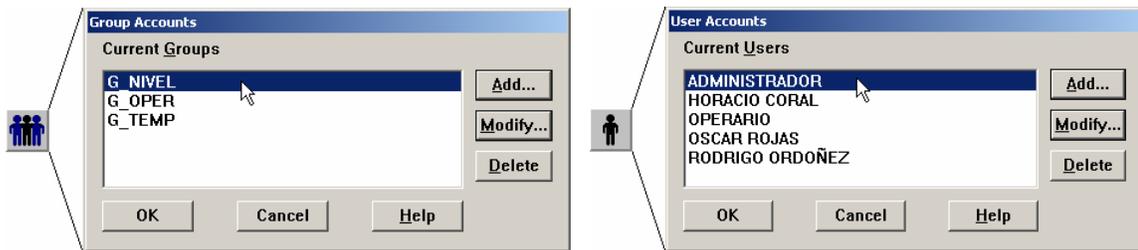


Figura 44. Cuentas de grupo y cuentas de usuario.

Tabla 20. Características de las cuentas de grupo.

Grupo	Privilegios	
	En las Áreas de Seguridad	...Y en las aplicaciones
G_NIVEL	<ul style="list-style-type: none"> A_S_NIVEL A_S_REPORTES A_S_ALARMAS A_S_TENDENCIAS A_S_HISTORICOS A_S_PDB_N 	<ul style="list-style-type: none"> WorkSpace en Runtime System User Login System User Logout
G_TEMP	<ul style="list-style-type: none"> A_S_TEMP A_S_REPORTES A_S_ALARMAS A_S_TENDENCIAS A_S_HISTORICOS A_S_PDB_T 	<ul style="list-style-type: none"> WorkSpace en Runtime System User Login System User Logout
G_OPER	<ul style="list-style-type: none"> A_S_PDB_OP A_S_NIVEL A_S_TEMP A_S_TENDENCIAS 	<ul style="list-style-type: none"> WorkSpace en Runtime System User Login System User Logout

Tabla 21. Características de las cuentas de usuario.

Usuario	Login	Clave	Grupo	En las Áreas de Seguridad	Privilegios
					...Y en las aplicaciones
ADMINISTRADOR	ADMIN	ADMIN	-	Todas	Todas
HORACIO CORAL	HACE	HACE	G_NIVEL	De G_NIVEL	De G_NIVEL
OPERARIO	OPER	OPER	G_OPER	De G_OPER	De G_OPER
RODRIGO ORDONEZ	RHOH	RHOH	G_TEMP	De G_TEMP	De G_TEMP
OSCAR ROJAS	OROJAS	OROJAS	G_NIVEL, G_TEMP y G_OPER	De todos los grupos	De todos los grupos más WorkSpace Runtime Exit y Enable Task Switching.

3.4.4.3 Asignar Las Áreas De Seguridad Al Sistema SCADA

La asignación de las áreas de seguridad se realiza en las tags de la Base de Datos que pueden ser modificadas directamente por los usuarios y en ventanas de usuario (Proceso 1, Proceso 2, etc) para tener una restricción de lectura de forma independiente. La Tabla 22 y la Tabla 23 muestran la configuración de las áreas de seguridad.

Tabla 22. Asignación de áreas de seguridad en tags de la Base de Datos.

Tag	Areas de Seguridad Asignadas
KC_NIVEL	A_S_PDB_N
KC_TEMP	A_S_PDB_T
SC_MANUAL_NIVEL_P	A_S_PDB_N, A_S_PDB_OP
SC_MANUAL_TEMP_P	A_S_PDB_T, A_S_PDB_OP
SP_NIVEL	A_S_PDB_N, A_S_PDB_OP
SP_TEMP	A_S_PDB_T, A_S_PDB_OP
TD_NIVEL	A_S_PDB_N
TD_TEMP	A_S_PDB_T
TI_NIVEL	A_S_PDB_N
TI_TEMP	A_S_PDB_T
BOMBA	A_S_PDB_N
MODO_NIVEL	A_S_PDB_N, A_S_PDB_OP
MODO_TEMP	A_S_PDB_T, A_S_PDB_OP

Tabla 23. Asignación de áreas de seguridad en ventanas de usuario.

Archivo	Area de Seguridad Asignadas
grfControlNivel	A_S_NIVEL
grfControlTemp	A_S_TEMP
grfTendencias	A_S_TENDENCIAS
grfAlarmas	A_S_ALARMAS
grfHistoricos	A_S_HISTORICOS
grfReportes	A_S_REPORTES

La Tabla 24 muestra las restricciones subsecuentes cuando se asigna un área de seguridad a una tag o a una ventana de usuario.

Tabla 24. Restricciones de las áreas de seguridad.

Cuando un área de seguridad es asignada a una...	Se restringe...
Tag	El acceso de escritura. El acceso de lectura siempre está disponible.
Ventana de usuario	El acceso de lectura del archivo (no hay visualización de la ventana).

3.4.4.4 Configurar El Login Automático

Cuando el software iFIX® se inicia como servicio al encender el computador para comenzar una sesión como cliente del sistema, es necesario que un usuario se conecte al sistema mientras el software está cargando para lograr que la aplicación inicie, de lo contrario iFIX® generará un mensaje que indica la falta de privilegios debido a que no se conectó ningún usuario a la aplicación. Para asegurarse de que no hayan este tipo de inconvenientes se especificó un usuario a conectarse automáticamente (automatic login) al iniciar iFIX® de tal forma que cada cliente del Servidor SCADA pueda tener un usuario por defecto al iniciar. El usuario automático que se definió para el nodo SCADA fue HACE y su configuración se puede observar en la Figura 45.

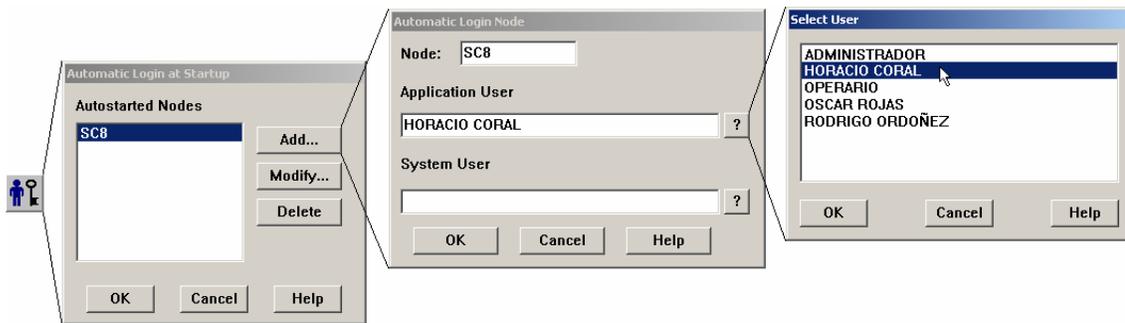


Figura 45. Configuración de login automático.

3.4.4.5 Habilitar La Seguridad En El Servidor SCADA Y Guardar La Configuración De Seguridad

Finalmente, para dar inicio a la seguridad de la aplicación, esta se habilita con la opción *Enable User Based Security* en la caja de diálogo Configuración de Seguridad, tal como se observa en la Figura 46.

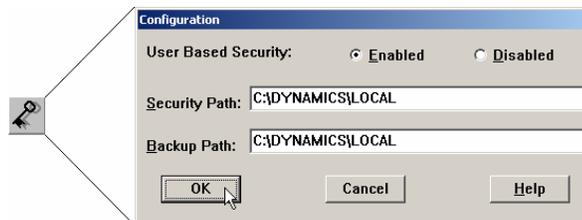


Figura 46. Configuración de seguridad.

3.4.5 Configuración De Archivado De Datos²²

El archivado de datos es un aspecto muy relevante en un sistema SCADA, debido a que con los datos históricos que se almacenen día tras día se pueden desarrollar diversos estudios como análisis estadísticos, análisis de tendencias, análisis de productividad, evaluación de las metas de productividad, comparaciones en lotes de producción, rediseño de estrategias de control, redefinición de los algoritmos de sintonización de los controladores, etc., con el fin de optimizar los recursos e incrementar la calidad.

La configuración del archivado de datos se hizo en dos pasos:

Paso 1: Seleccionar los datos a coleccionar con *Historical Assign*. Los datos a coleccionar se seleccionaron en base a la importancia que tienen en el proceso y en el sistema de control. En la herramienta *Historical Assign (HTA)* se configuraron los archivos históricos de 24 horas cada uno y se crearon dos grupos de tags para la colección, uno con tags concernientes al proceso de nivel y el otro con tags concernientes al proceso de temperatura. En la Figura 47 se observa la pantalla principal de la herramienta *Historical Assign* donde se crean los grupos y se configura el tamaño de los archivos, y en la Figura 48 se observa el contenido de cada grupo.

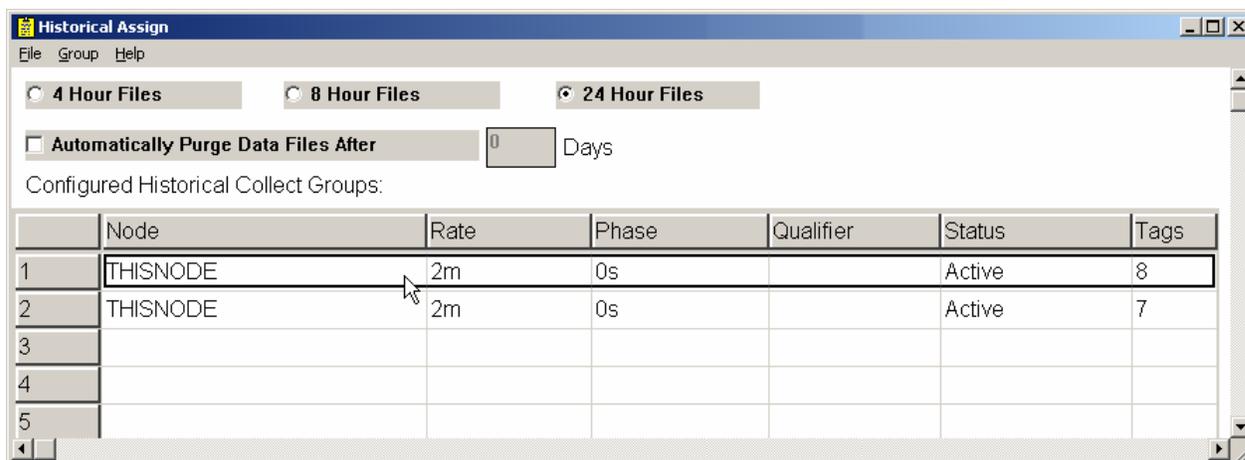


Figura 47. Configuración de archivado de datos históricos.

²² Para más detalles ver Anexo D, Capítulo 21.

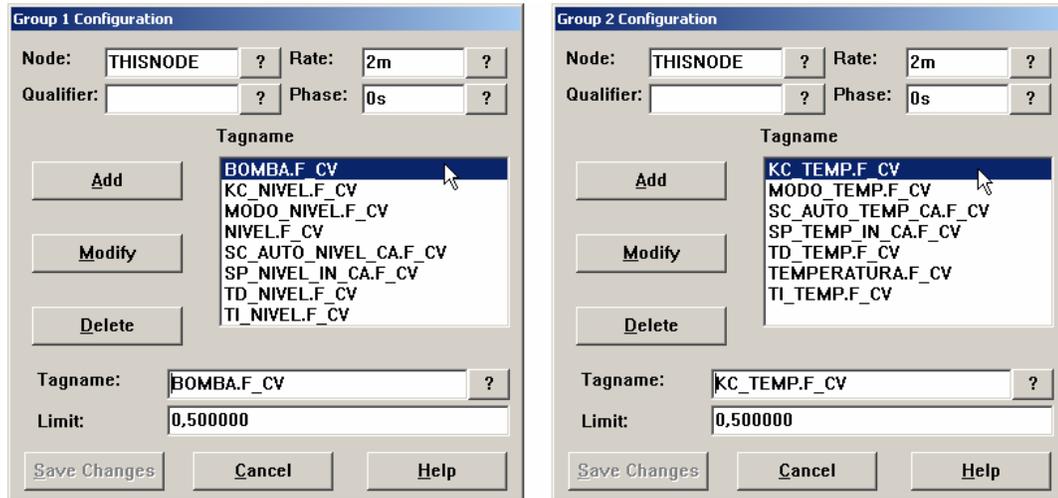


Figura 48. Asignación de grupos para el archivado de datos históricos.

Paso 2: Iniciar la colección de datos con *Historical Collect*. Luego de haber configurado la colección de datos en *Historical Assign* sólo queda iniciar dicha colección, que se consigue a través de una herramienta que posee iFIX® llamada *Misión Control*. Ahí se da clic en el botón *start* ubicado en la pestaña *HTC*, y también se da clic en *start* sin entrar ningún parámetro en la ventana de parámetros adicionales que aparece, como se detalla en la Figura 49. Lo anterior hace que la herramienta *Historical Collect (HTC)* empiece a coleccionar datos.

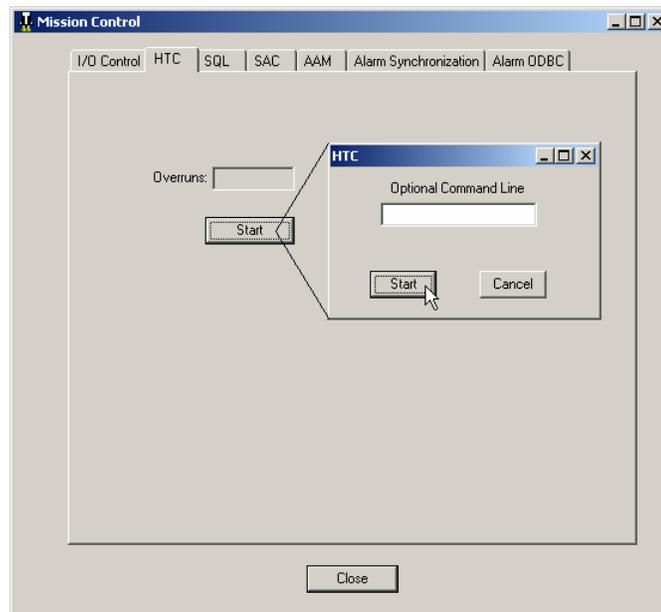


Figura 49. Inicialización de la colección de datos históricos (HTC.)

La Figura 50 muestra el HTC colectando los datos configurados en el *Historical Assign*.

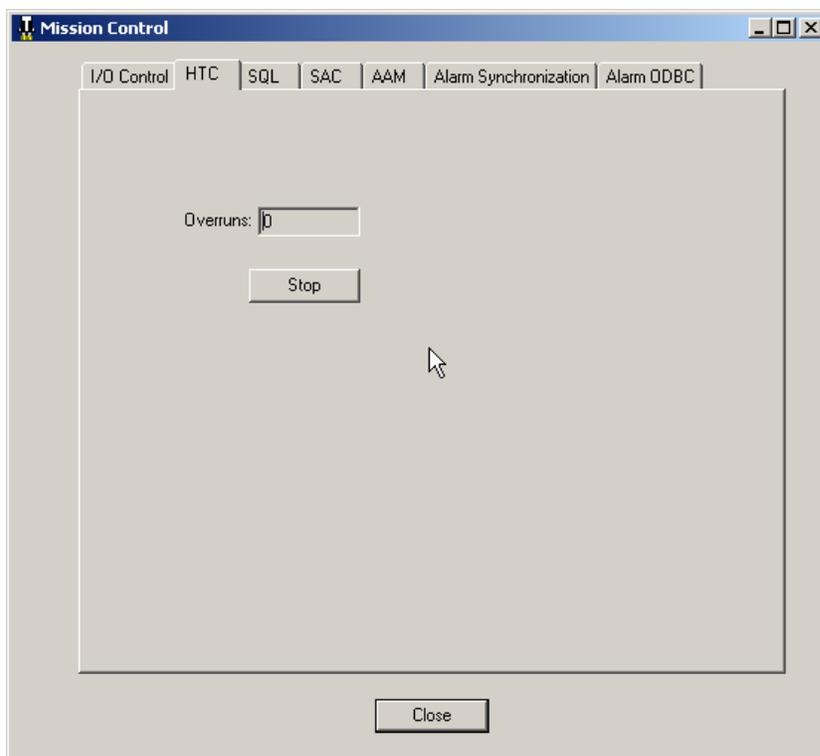


Figura 50. Colección de datos históricos (HTC) activa.

3.5 DESARROLLO DEL SISTEMA SUPERVISORIO

El sistema supervisorio para los procesos de nivel y temperatura es una aplicación desarrollada en el WorkSpace de iFIX® con base a la guía del Instructor de iFIX® 3.0. Esta aplicación resume toda una "Sala de Control y Operaciones" en una simple interfaz gráfica (HMI²³) en un PC con las mismas funciones que tuviese tal sala: definir parámetros en el sistema de control, adquirir datos y supervisar el proceso.

La interfaz gráfica es la esencia de un verdadero control supervisorio, pues existen por ejemplo Servidores SCADA Ciegos (sin HMI) que impiden visualizar información de proceso en el mismo PC donde se encuentra configurado el Servidor, y entonces el control supervisorio tendría que ser realizado en los clientes del Servidor SCADA. En el presente trabajo, el Servidor SCADA tiene la posibilidad de realizar control supervisorio, y la interfaz que se diseñó para éste será la misma que tengan todos y cada uno de sus clientes. El primer paso para empezar a desarrollar el HMI es desarrollar la Base de

²³ Interfaz Hombre-Máquina

Datos del sistema, para a continuación poder presentar toda la información necesaria al usuario en pantalla. Ya habiendo configurado previamente la Base de Datos del sistema en secciones anteriores, se procede entonces a desarrollar el HMI.

3.5.1 El HMI

Para el desarrollo de la Interfaz Hombre-Máquina se parte de la idea de utilizar imágenes previamente desarrolladas y acompañarlas de objetos dinámicos facilitados por el WorkSpace de iFIX® que se encuentren estrechamente relacionados principalmente con las tags de la Base de Datos, pero también con diferentes fuentes de datos como objetos globales, el valor de una gráfica o la propiedad de otro objeto, y Servidores de OPC. Todas las características y propiedades de los objetos adicionados al HMI pueden ser definidas y modificadas en el menú emergente que aparece al dar doble clic sobre cada objeto o en la opción *Animations* del menú contextual de cada objeto; la animación en un objeto hace que éste sea más articulado, y por consiguiente se consiga una interfaz gráfica más agradable a los usuarios.

La Interfaz Hombre-Maquina del sistema supervisorio del presente trabajo está constituida por 6 pantallas o ventanas accedidas mediante un menú principal, las cuales son:

- Proceso 1
- Proceso 2
- Tendencias
- Alarmas
- Históricos
- Reportes

A continuación se presenta la descripción de las 6 ventanas constitutivas de la interfaz gráfica, y la barra de menú.

3.5.1.1 Ventanas Proceso 1 Y Proceso 2

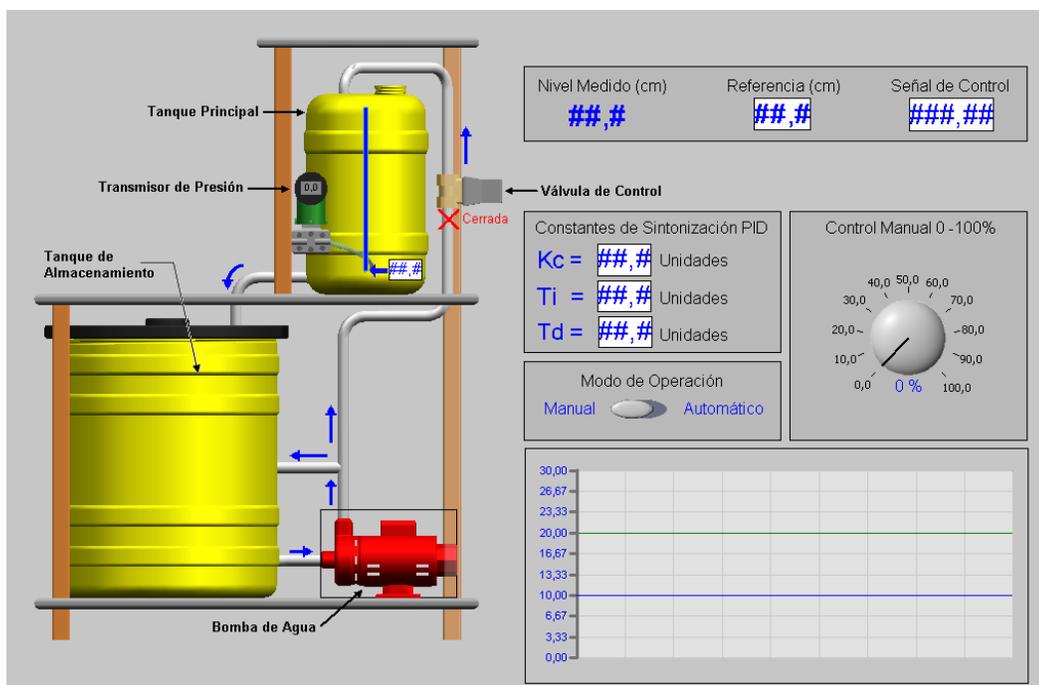


Figura 51. Ventana Proceso 1.

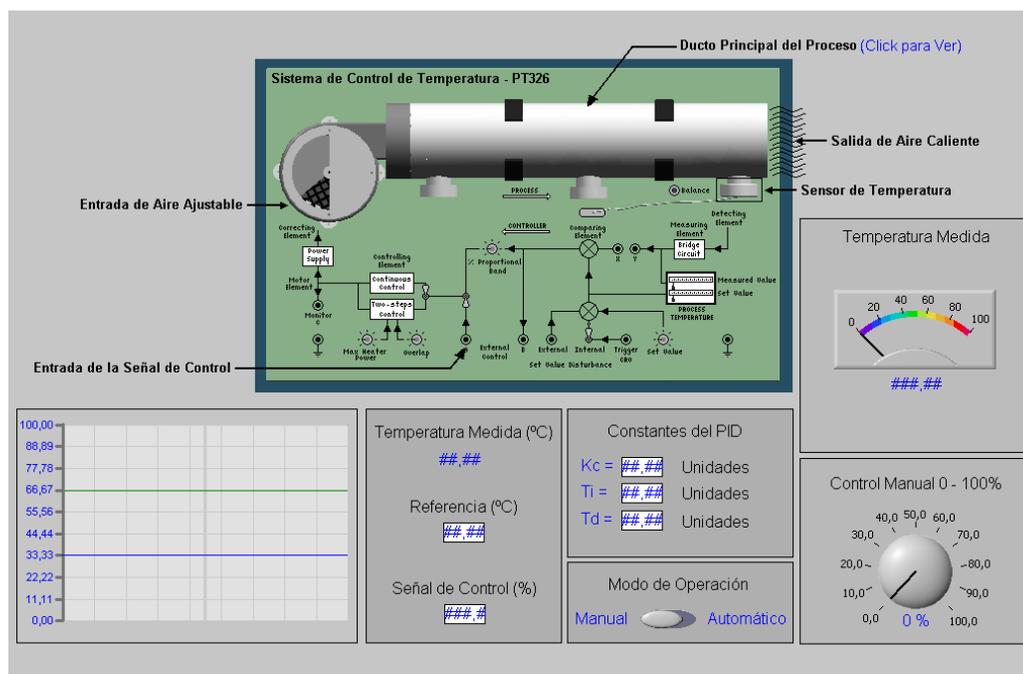


Figura 52. Ventana Proceso 2.

Los Procesos

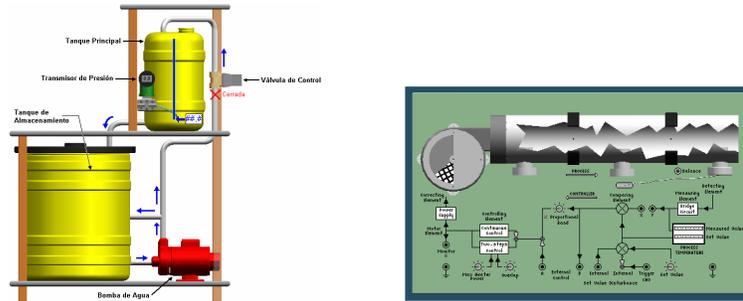


Figura 53. Representación de los procesos.

Para la representación de los procesos se realizó un modelo virtual de las plantas reales en el software CAD (Computer Aided Design) SolidEdge como se muestra en la Figura 53. Tal representación detalla en casi todos los aspectos de las plantas reales, aunque no era necesario que fuera así. En los dibujos desarrollados se presentan características como los elementos y los soportes, y además se agregan etiquetas de visualización de nombres de componentes y valores actuales de las señales involucradas en los procesos. Las animaciones presentes en los dibujos se centran en las características y el valor de la variable de proceso, y en el estado de algunos elementos (bomba, ventilador).

Los Paneles

Tanto la ventana *Proceso 1* como la ventana *Proceso 2*, mostradas en la Figura 51 y la Figura 52 respectivamente, cuentan también con un panel para mostrar los valores de las diferentes variables involucradas en el proceso, y para permitir definir los valores de parámetros como las constantes de sintonización de los controladores PID y la referencia del proceso. El modo de operación del controlador (Automático/Manual), incluyendo la señal de control en modo manual, también se pueden definir en dicho panel de control.

3.5.1.2 Ventana Tendencias

En la ventana Tendencias sólo se realiza un monitoreo de los últimos valores de las señales más relevantes en los procesos: la referencia, el valor actual medido de la variable de proceso y el valor de la señal de control. Para lo anteriormente descrito la ventana se divide en 2 partes, una llamada “Sistema de Control de Nivel” y otra llamada “Sistema de Control de Temperatura”, donde cada una de las cuales contiene dos graficadores (objetos chart) para mostrar el valor actual y la referencia, y el valor de la señal de control respectivamente.

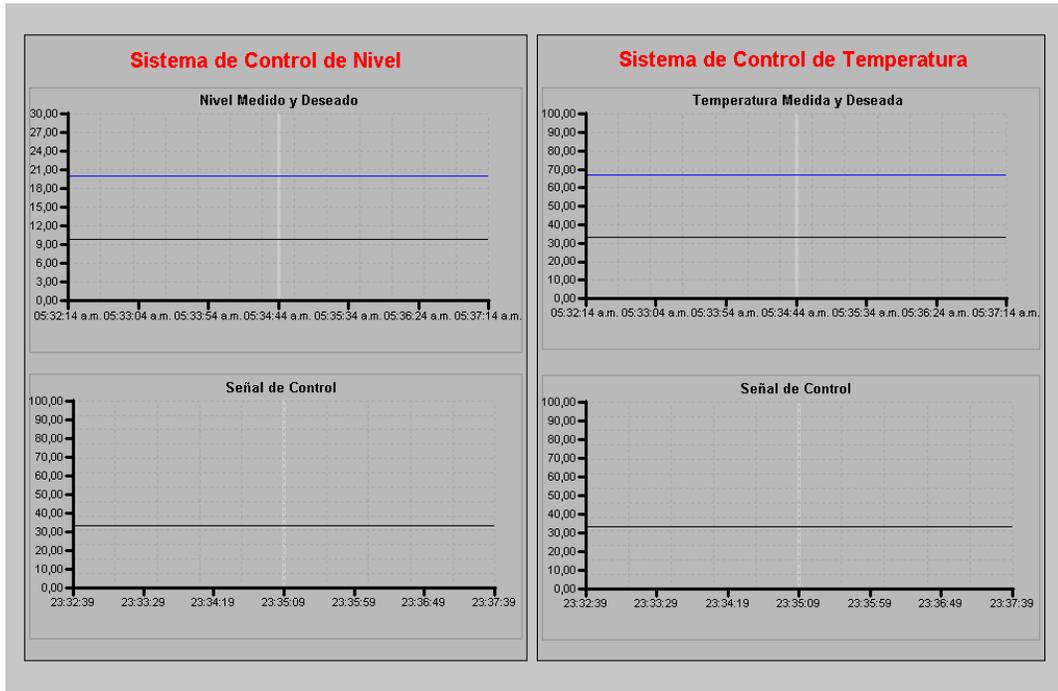


Figura 54. Ventana Tendencias.

3.5.1.3 Ventana Alarmas

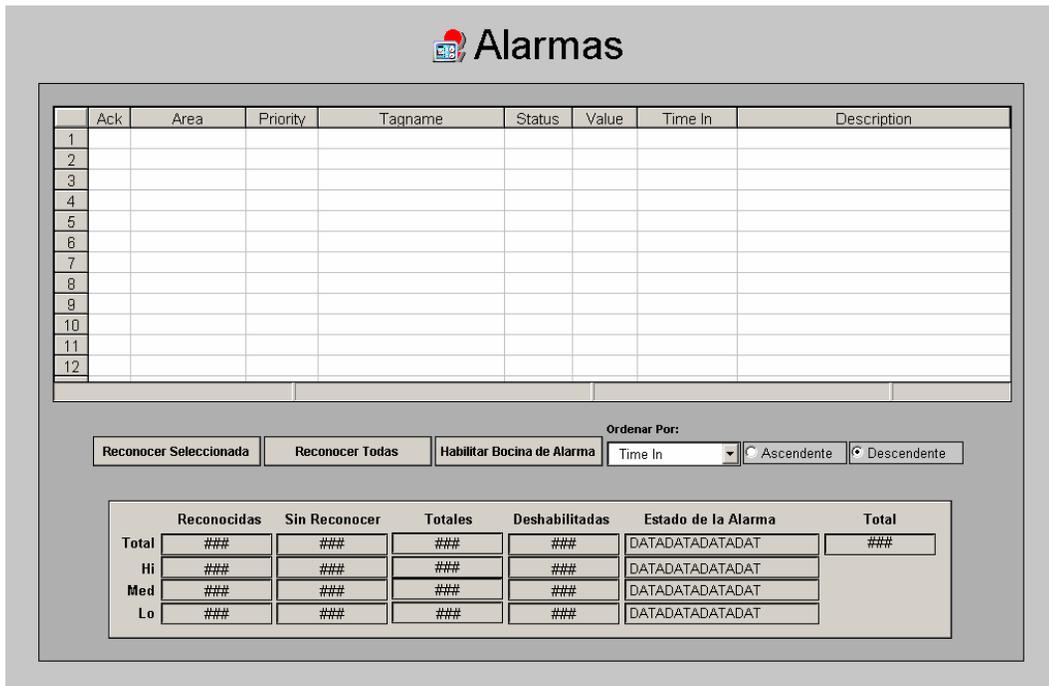


Figura 55. Ventana Alarmas.

La ventana Alarmas, mostrada en la Figura 55, está constituida por una tabla, un panel de control y un panel de monitoreo. La función de la tabla es la de mostrar todas las alarmas pendientes (sin reconocimiento) de ambos procesos, el de nivel y el de temperatura. Las funciones del panel de control están relacionadas con las propiedades de la tabla y de las alarmas como son la organización de los elementos de la tabla, tipos de reconocimiento de las alarmas, y habilitar/deshabilitar la bocina de aviso de alarmas pendientes. Por último, el panel de monitoreo tiene como función llevar un registro de todas las alarmas (reconocidas y no reconocidas), presentando información adicional como el estado de la alarma y la prioridad (alta, media y baja).

3.5.1.4 Ventana Históricas

La información definida para ser recolectada y almacenada en archivos, puede ser recuperada en cualquier momento y ser utilizada para fines como la generación de reportes o visualización de información del proceso de tiempos anteriores. Esta última opción citada, la de visualización de datos históricos, es el principal objetivo de la ventana Históricas (ver Figura 56), para lo cual se hace uso de las herramientas apropiadas como son un *Dynamo Set de datos históricos*²⁴ y un panel de control que sirve para modificar las características de visualización de la información en el Dynamo: estilo, apariencia, duración, entre otras.

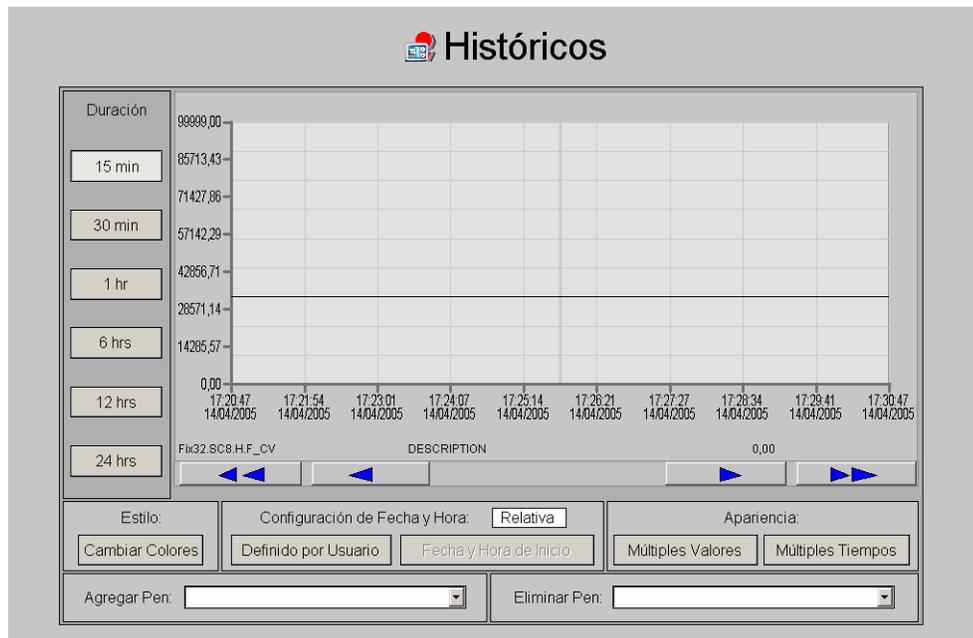


Figura 56. Ventana Históricas.

²⁴ Es un conjunto de dibujos predefinido en el SCADA configurado para realizar la función específica de visualizar información de datos históricos.

3.5.1.5 Ventana Reportes

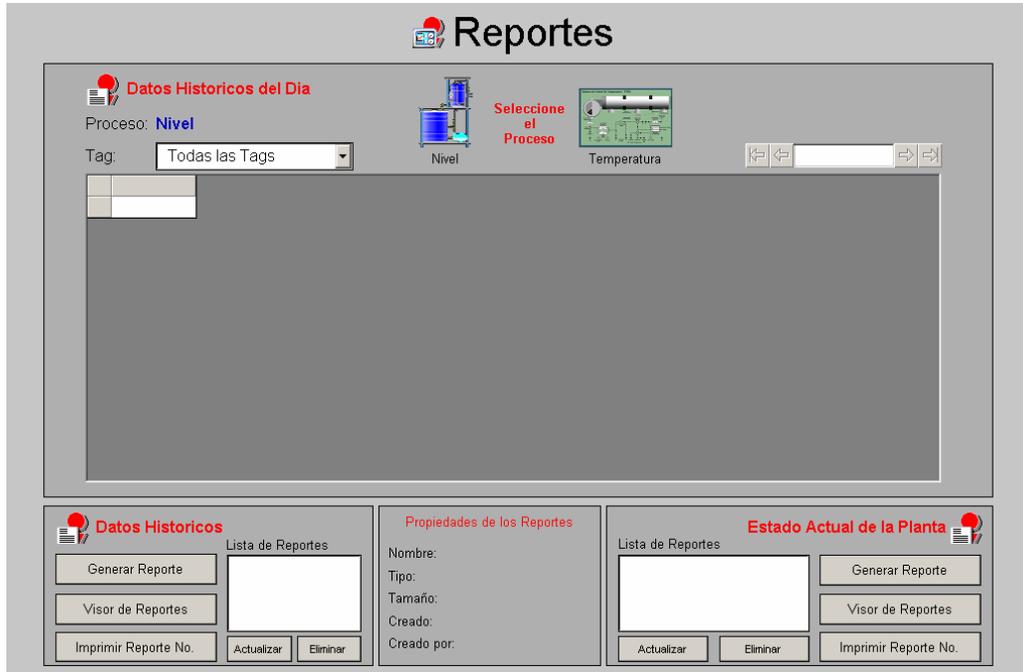


Figura 57. Ventana Reportes.

Tanto la opción de generar reportes de datos históricos como la de generar otros tipos de reportes están dispuestas en la ventana Reportes, mostrada en la Figura 57. Esta ventana cuenta con una tabla de visualización de la información del día, un panel de selección del proceso y la tag deseada, y un panel de control para la configuración y generación de reportes del proceso seleccionado, todo esto dispuesto como se muestra en la Figura 57. La herramienta software utilizada para el diseño, generación y visualización de reportes en iFIX® es el Report Manager²⁵.

3.5.1.6 Menú Principal



Figura 58. Menú Principal.

Para realizar la navegación entre las diferentes ventanas que constituyen el HMI se diseñó una barra de navegación siempre visible y en la misma posición, la cual contiene

²⁵ El diseño de los diferentes tipos de reportes utilizados en la aplicación y su ejecución en VBA, son abordados en el Anexo E.

vínculos estándar que representan cada ventana de usuario. Dentro de esta barra, mostrada en la Figura 58, también se cuenta con dos botones adicionales de los cuales uno sirve para cambiar de usuario (refiérase al literal 3.4.4, *Configuración De Seguridad*) y el otro para salir de la aplicación. Las animaciones de este menú están centradas en el botón que representa la ventana de alarmas, que cambia de color y muestra un mensaje cada vez que hay alarmas sin reconocer.

3.5.2 Ejecución y Operación del Sistema Supervisorio

Para poder ejecutar el HMI se precisa cambiar el modo de operación del *WorkSpace* de iFIX[®] a *Run Mode* (Modo Run); hecho esto, el sistema supervisorio comienza su operación. Cabe decir que tanto el *Servidor SCADA* como los *iClients* fueron previstos como nodos *run-time*²⁶, pero en cualquier caso el usuario Administrador puede utilizarlo como *Nodo de Desarrollo*²⁷.

Para que todos los nodos sean *run-time* se debe configurar la aplicación a iniciarse en Modo Run cuando arranque iFIX^{®28}. Dicha configuración se realiza a través de los siguientes pasos:

10. Acceder al menú *WorkSpace* en la barra de menús de la herramienta *WorkSpace* y dar clic en *User Preferences...*
11. En la ventana *User Preferences*, elegir la pestaña *General* y marcar las opciones *Start WorkSpace in Run mode* y *Full Screen in Run mode* tal como se muestra en la Figura 59. Cuando se haya finalizado exitosamente la configuración anterior, se procede a definir qué ventanas de usuario se van a cargar cuando el *WorkSpace* inicie en Modo Run.

²⁶ Nodo que permite a los usuarios monitorear el proceso, cambiar la configuración del proceso, reconocer las alarmas y generar reportes, pero no permite modificar el despliegue gráfico o la base de datos.

²⁷ Esto no es recomendado puesto que la aplicación ya fue previamente depurada y finalizada con éxito y no se necesita cambiar la aplicación a modo *Configure*.

²⁸ iFIX[®] siempre iniciará como servicio al encender cada PC, como fue definido en *Local Startup...* en 3.4.1 *Configuración Del Sistema*.

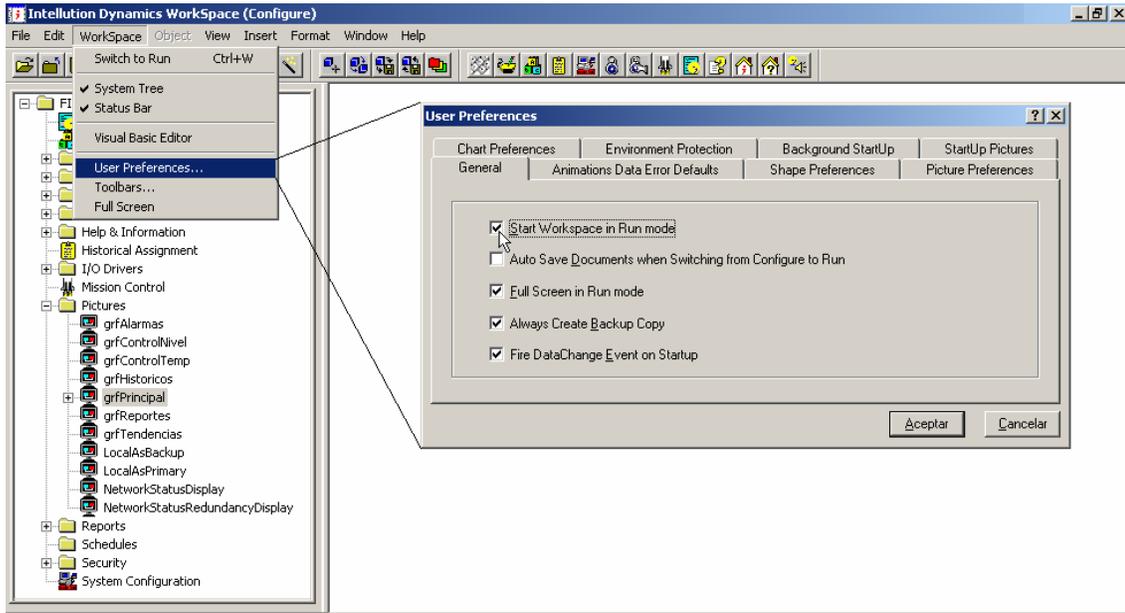


Figura 59. Configuración de la aplicación en Modo Run y Pantalla Completa cuando se inicie el WorkSpace.

12. En la pestaña *StartUp Pictures* definir los archivos *grfPrincipal* y *grfTendencias*, que representan el Menú Principal y la ventana Tendencias respectivamente, como las ventanas de usuario a cargarse cuando se inicie el WorkSpace. Este procedimiento se detalla en la Figura 60.

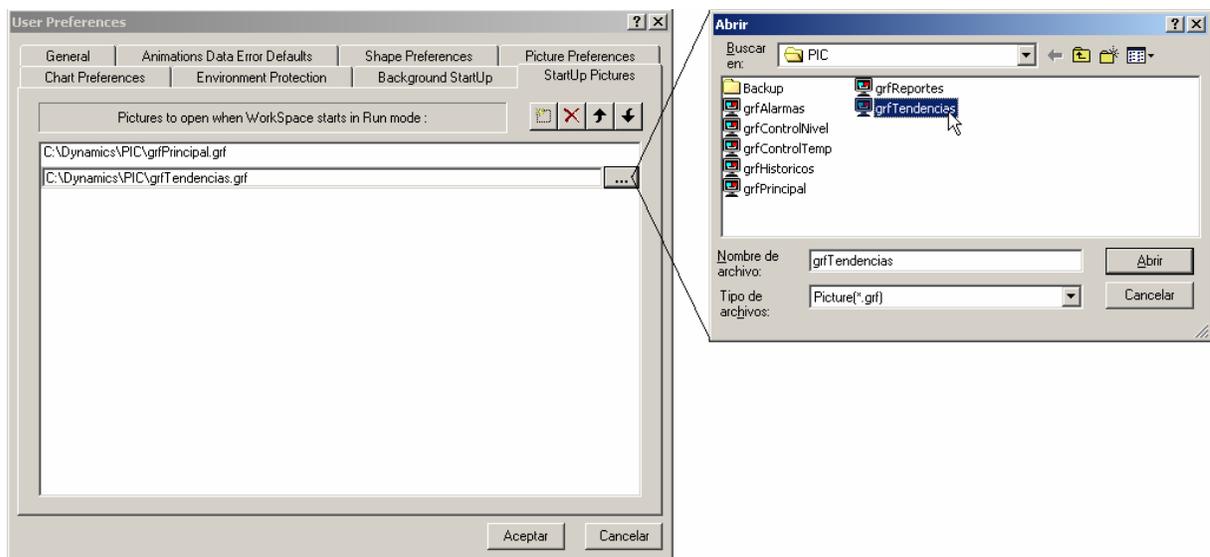


Figura 60. Definición de las ventanas de usuario a abrir cuando el WorkSpace inicie en Modo Run.

Con las especificaciones anteriormente descritas, cada vez que se inicie iFIX® aparecerá el Menú Principal acompañado de la ventana *Tendencias* debido a que esta ventana puede ser accedida por cualquier usuario. De ahí en adelante cada usuario puede navegar por la aplicación accediendo a las ventanas que tenga permiso y cambiar de usuario cada vez que lo necesite.

3.6 PAQUETE DE INSTALACIÓN

Después de configurar el Servidor y desarrollar el HMI, todos los archivos de configuración de la aplicación HMI/SCADA no necesitan ninguna modificación adicional. Por lo tanto, para una futura instalación de la aplicación sin necesidad de realizar su configuración paso a paso, se creó un instalador que contiene todos esos archivos en un paquete de instalación, y que al ejecutarse sobre cualquier máquina deseada (no solamente SC8) con iFIX® previamente instalado, implanta la aplicación y la configura para correr en él de una forma rápida y sencilla.

El instalador creado para la aplicación del Servidor SCADA, requisito definido en las condiciones de entrega del anteproyecto de este trabajo de grado, es una de las opciones del archivo ejecutable SHMA.exe, que fue desarrollado en Visual Basic v6.0 y forma parte del paquete a entregar junto con la monografía y los anexos.

4. DEFINICIÓN DEL NIVEL DE GESTIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta el desarrollo del más alto nivel de la red industrial adelantada en este trabajo de grado, que consta de la descripción de la red LAN a usar y el desarrollo de todos los clientes del Servidor SCADA.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA RED LAN

En este proyecto se utiliza una subred de la red LAN de la Universidad del Cauca que trabaja bajo el protocolo TCP/IP en una topología física en estrella, con dirección de servidor proxy proxy.unicauca.edu.co y número de puerto 3128. Dicha subred abarca los computadores de los docentes del Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control, la Sala de Control, la Sala de Automática, y la Sala de Tesistas del programa Ingeniería en Automática Industrial de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.

La subred tiene como nombre AUTOMATICA, nombre que usan los PCs en ella como su grupo de trabajo, y la máscara de subred utilizada es 255.255.0.0. Cada PC puede detectar la configuración de la red en forma automática. Su medio de transmisión es cable UTP categoría cinco, con una velocidad de transmisión máxima de 100Mbps.

4.3 DESARROLLO DEL CLIENTE ESTÁNDAR EN iFIX®: iCLIENT

La máquina a ser iClient debe tener instalado previamente el software iFIX® de Intellution® para poder comenzar con la configuración del cliente estándar. Durante el proceso de instalación hay que tener en cuenta dos cosas: primero, definir el campo *Local Node Name* como SC7; y segundo, deshabilitar la opción *SCADA Support*, pues el nodo actual no tiene Base de Datos local ni tampoco cuenta con Drivers I/O debido a que es un nodo visor en *run-time*, que obtiene y envía información directamente desde y hacia la Base de Datos del Servidor SCADA.

4.3.1 Configuración Del HMI

Una vez instalado iFIX® el primer paso a seguir es establecer el HMI en el presente nodo, lo cual se logra copiando el contenido de la carpeta C:\Dynamics\PIC del Servidor

SCADA a la carpeta equivalente en el nodo iClient. Todos los archivos .grf contenidos en dicha carpeta están por defecto configurados a trabajar en referencia al alias del nodo local (THISNODE), pero como lo que se necesita es que estos archivos en el nodo iClient estén referenciados al nodo SC8 (Servidor SCADA) es necesario reemplazar todas las referencias THISNODE por SC8. Lo anterior se logra buscando la palabra “THISNODE” dentro de cada una de las ventanas que conforman el HMI y reemplazándola por la palabra “SC8”; hay que aclarar que las referencias “THISNODE” no sólo se encuentran en los objetos de cada ventana y sus respectivas propiedades, sino que también pueden estar dentro de los scripts de VBA, Fuentes de Datos y variables globales, por lo cual es necesario hacer uso de la herramienta *Find and Replace...* del menú **Edit** en el Workspace de iFIX® como se muestra en la Figura 61. Para el caso de la búsqueda y reemplazo de palabras dentro de una ventana es conveniente buscar y reemplazar por opciones de búsqueda individuales, es decir, primero buscar y reemplazar en la ventana sin ninguna opción seleccionada, luego hacer lo mismo sólo con la opción *Match Case* seleccionada, luego sólo con la opción *Whole Word Only* seleccionada y así sucesivamente hasta haber encontrado y reemplazado la palabra deseada en todo el proyecto.

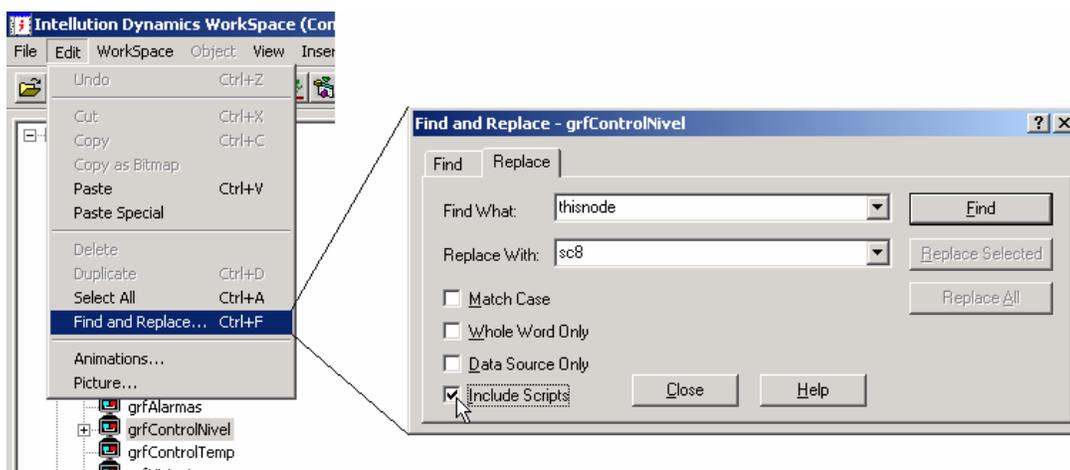


Figura 61. Herramienta Find and Replace del Workspace.

Finalmente se siguen los pasos para la configuración de un nodo como *run-time*, dispuestos en el literal 3.5.2, *Ejecución y Operación del Sistema Supervisorio*.

4.3.2 Configuración De Alarmas

Debido a que el nodo iClient accede directamente a la información de la Base de Datos del Servidor SCADA, no se necesita configurar alarmas en este nodo pues las tags de la Base de Datos ya tienen definida la configuración de alarmas y la función del nodo cliente es simplemente visualizar y reconocer las alarmas generadas en las tags.

4.3.3 Configuración De Seguridad

La estrategia de seguridad en el cliente estándar iClient es la misma que la del Servidor SCADA. Por ello, se necesitan repetir los mismos pasos realizados sobre el Servidor SCADA para este propósito pero resumidos en los pasos a continuación:

Paso 1: En el Servidor SCADA ingresar a la herramienta *SCU* y elegir el menú *Configure*, opción *Security...* En la ventana *Security Configuration* que aparece, ingresar en el menú *File* y dar clic en la opción *Export...* Lo anterior hace que la configuración de seguridad incluyendo grupos, usuarios y áreas de seguridad del Servidor SCADA sean guardados en un archivo llamado por defecto *Security.RPT* en la carpeta *C:\Dynamics\LOCAL*. A continuación dar clic en *Guardar*, salir de la ventana *Security Configuration*, y cerrar la ventana *SCU Configuration*.

Paso 2: Copiar la carpeta *C:\Dynamics\LOCAL* del nodo SCADA a su equivalente en el nodo cliente y asegurarse de reemplazar en los nombres de archivo la palabra “SC8” por “SC7”.

Paso 3: En la máquina iClient ingresar a la herramienta *SCU* y elegir el menú *Configure*, opción *SCADA...* En la ventana *SCADA Configuration* que aparece, deshabilitar la opción *SCADA Support* que se habilitó al copiar la carpeta local del Servidor SCADA. Clic en *OK*.

Paso 4: Elegir la opción *Network...* del menú *Configure*. En la ventana *Network Configuration* que aparece, configurar como nodos remotos solamente el nodo SC8, que corresponde al Servidor SCADA. Clic en *OK*.

Paso 5: Elegir la opción *Security...* del menú *Configure*. En la ventana *Security Configuration* que aparece, ingresar en el menú *File* y dar clic en la opción *Import...* Lo anterior hace que la configuración de seguridad incluyendo grupos, usuarios y áreas de seguridad sean llamadas de un archivo RPT; aquí se selecciona entonces el archivo *Security.RPT* de la carpeta *C:\Dynamics\LOCAL* y se da clic en la opción **Abrir**. Hecho esto aparece una ventana emergente que avisa que se van a importar cuentas de usuario que podrían no tener contraseñas y si se desea continuar de todas maneras; en esta ventana se da clic en *continuar* para aceptar la importación del archivo *Security.RPT*. A continuación aparece otra ventana emergente que pregunta si se desea reemplazar la configuración existente o si se desea adicionar la configuración importada a la configuración actual; entonces se presiona el botón **REPLACE** para reemplazar la configuración.

Paso 6: Guardar cambios y salir de la ventana *Security Configuration*. Por último, salir de la ventana *SCU Configuration*.

4.3.3.1 Configurar El Login Automático

El usuario automático que se definió para el nodo iClient fue el usuario RHOH y su configuración se puede observar en la Figura 62.

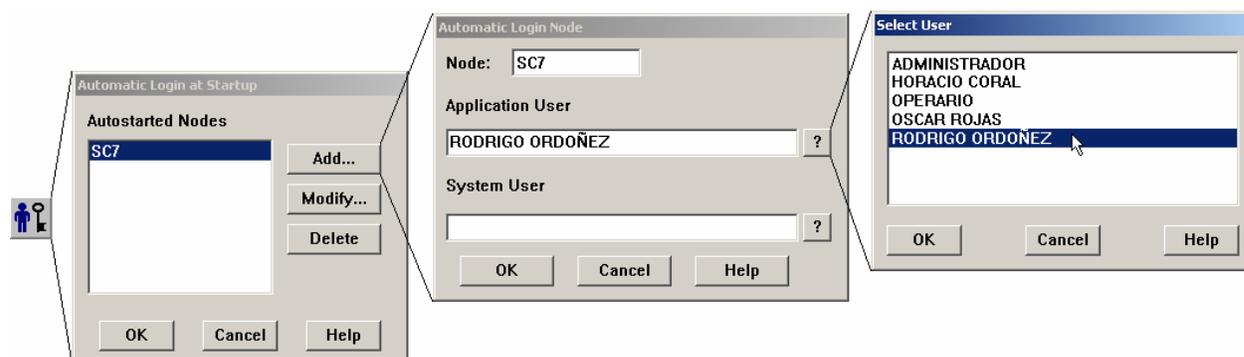


Figura 62 Configuración de login automático

4.3.4 Configuración De Archivado De Datos

La adquisición de datos es realizada por el Servidor SCADA, pero su manejo es realizado directamente por los clientes. Dentro del manejo de dicha información, depositada en la Base de Datos, se encuentra el archivado de datos. En conclusión, esta función debe ser configurada en todos los clientes remotos a diferencia de la configuración de alarmas que sólo se hace en el Servidor SCADA. Los pasos para esta configuración son los mismos realizados sobre el nodo HMI/SCADA, y se resumen con el siguiente procedimiento:

Paso 1: Copiar la carpeta C:\Dynamics\HTR ubicada en el Servidor SCADA a su equivalente en el nodo cliente.

Paso 2: Abrir la herramienta *Historical Assing* (HTA) en el Workspace del nodo iClient. Dar doble clic en cada grupo y reemplazar “THISNODE” por “SC8” en el campo *node*.

Paso 3: Guardar los cambios y salir del HTA.

Paso 4: En la herramienta *SCU* menú *Configure*, opción *Task Configuration...*, escribir “C:\Dynamics\HTC.exe” en el campo *Filename*, y en el panel *Startup Mode* escoger la opción *background*. Hecho lo anterior, adicionar la tarea presionando el botón *Add*.

Paso 4: Dar clic en *OK* y salir del *SCU* guardando los cambios.

4.3.5 SCU: Local Startup...

Las opciones *Continue running after Logoff* y *Start FIX at system boot* de esta opción del *SCU* se seleccionan para que se ejecute iFIX® al iniciar el sistema operativo (ejecución de iFIX® como servicio).

4.3.6 Notas Importantes

Todas las opciones del *SCU* que se definieron en la configuración del Servidor *SCADA* y no fueron tratadas en la configuración del *iClient*, deben ser dejadas como iFIX® las configura por defecto en el momento de su instalación.

4.3.7 Paquete De Instalación

Después de configurar el *iClient*, todos los archivos de configuración de la aplicación *HMI* no necesitan ninguna modificación adicional. Por lo tanto, para una futura instalación de la aplicación cliente sobre cualquier máquina a la que se le pueda redefinir el *hostname* sin necesidad de realizar su configuración paso a paso, se creó un instalador que contiene todos esos archivos en un paquete de instalación, y que al ejecutarse sobre esa máquina con iFIX® previamente instalado, implanta la aplicación y la configura para correr en ella de una forma rápida y sencilla.

El instalador creado para la aplicación Cliente del Servidor *SCADA*, requisito definido en las condiciones de entrega del anteproyecto de este trabajo de grado, es otra de las opciones del archivo ejecutable *SHMA.exe*.

4.4 DESARROLLO DEL CLIENTE CON SERVICIOS DE TERMINAL EN IFIX®: ICLIENTTS

El *iClientTS* es un cliente del Servidor *SCADA* y a la vez es un Servidor de Datos a los clientes livianos, *Thin Clients*, que tienen la característica de no tener instalado el software iFIX® en la máquina local. El *iClientTS* trabaja en un ambiente *Terminal Server (TS)* proporcionado por *Windows® 2000 Server*.

4.4.1 Configuración Del Ambiente TS

La configuración de este ambiente puede ser agrupada dentro de estos tres conjuntos generales de tareas:

- Creación de cuentas de usuario de Windows[®] 2000
- Configuración de Windows[®] 2000 Server para Terminal Services
- Instalación y Configuración de iFIX[®] sobre la máquina Terminal Server

4.4.1.1 Creación De Cuentas De Usuario De Windows[®] 2000

Estando en una sesión Administrador, se debe crear la cuenta de usuario para los clientes livianos que se vayan a conectar con el iClientTS. Aquí se creó una única cuenta de usuario con nombre de usuario *ClienteL* y contraseña *Thin* de la forma convencional en que son creadas las cuentas de usuario de Windows[®]²⁹.

4.4.1.2 Configuración De Windows[®] 2000 Para Terminal Services

Este proceso se encuentra detallado paso a paso en el Anexo F, en las páginas 8 a 10, y contiene los siguientes pasos:

1. Habilitación de Windows[®] 2000 Terminal Services
2. Habilitación de Licenciamiento de Terminal Server
3. Activación de una Licencia de Servidor a través de Internet
4. Entrar a un Terminal Server Usando Remote Desktop Protocol (RDP)
5. Configuración de Dirección IP para Cada Cliente

A continuación se presenta información específica que debe ser definida en los pasos que así lo requieran.

Habilitación de Licenciamiento de Terminal Server

Para esto se debe seleccionar la opción **Your Domain or Workgroup** en una de las pantallas de configuración de la caja de diálogo Terminal Services Licensing Setup debido a que se quiere mantener una licencia separada para cada dominio. Paso seguido se escribe el nombre del grupo de trabajo AUTOMATICA en el correspondiente campo.

Activación de una Licencia de Servidor a través de Internet

Este paso constituye el principal inconveniente en el desarrollo del Cliente con Servicios de Terminal, pues a pesar de que se instala la licencia del servidor a través de

²⁹ No se presentan detalles de este procedimiento ni en el documento principal ni en los anexos, pues se considera conocimiento básico en el manejo de Windows. De todas maneras, la Ayuda de Windows proporciona una guía si no se tiene el conocimiento.

Microsoft® Clearinghouse exitosamente, no se puede instalar el paquete de claves de licencias de iFIX® (iClientTS License) sobre la licencia del servidor pues no se cuenta con ese paquete.

NOTA IMPORTANTE: No obstante el impedimento anterior, se procede con el resto de los pasos que puedan ser realizados sin haber instalado un paquete iClientTS License, para que en el momento de su consecución e instalación la configuración del iClientTS esté muy avanzada.

Entrar al Terminal Server usando Remote Desktop Protocol (RDP)

Siguiendo los pasos en el documento anexo, defina *ClienteL* como la cuenta de usuario que puede entrar como un cliente Windows® NT Terminal Server.

Configuración de Dirección IP en cada cliente (Thin Client)

La máquina definida a ser el cliente liviano (cualquier PC de la subred AUTOMATICA) ya tiene configurada la Dirección IP ; sin embargo, si debiera ser definida, su dirección IP está anotada en una etiqueta pegada en la CPU de la misma.

4.4.1.3 Instalación Y Configuración De iFIX® Sobre La Máquina Terminal Server

Este proceso se encuentra detallado paso a paso en el Anexo F, en las páginas 10 a 16, y contiene los siguientes pasos:

1. Instalar iFIX® sobre el servidor
2. Configuración de Cuentas de Usuario
3. Configurar las cuentas de usuario
4. Configurar cuentas de usuario de SCU para iFIX®
5. Determinar los tipos de cuentas de usuario y directorios que necesitan ser únicos para los usuarios
6. Crear archivos SCU para cada usuario
7. Configuración de cuentas de usuario para iFIX®
8. Crear un acceso directo a Launch.exe para cada usuario

A continuación se presenta información específica que debe ser definida en los pasos que así lo requieran.

Instalar iFIX® sobre el Servidor

Durante el proceso de instalación hay que tener en cuenta definir el campo *Local Node Name* como SC6, y no habilitar la opción *SCADA Support*, pues esta opción no está soportada bajo ambiente Terminal Server, y además el nodo iClientTS debe ser un nodo runtime.

Configurar las cuentas de usuario

Se determina que el usuario *ClienteL* debe compartir las mismas preferencias de un iClient.

Determinar los tipos de cuentas de usuario y directorios que necesitan ser únicos para los usuarios

Se determina que el usuario *ClienteL* es un nodo Run Time, por lo tanto de deben compartir todos los directorios excepto LOCAL.

Crear archivos SCU para cada usuario

Los pasos detallados aquí no pueden ser desarrollados puesto que no se tiene acceso al archivo SCU del nodo local hasta que no se instale el paquete de claves iClientTS License.

Configuración de cuentas de usuario para iFIX®

Desarrollar los pasos citados para el usuario *ClienteL*, y seguir los pasos *H* e *I* de la página 15 del Anexo F con respecto a este mismo usuario.

Crear un acceso directo a Launch.exe para cada usuario

Los pasos aquí citados se hacen con referencia a la única cuenta de usuario creada, *ClienteL*.

4.4.2 Configuración Del iClientTS

Los pasos para la configuración del iClientTS son los mismos que para el iClient³⁰, teniendo en cuenta que el nombre de la maquina iClientTS es SC6, y no SC7. Algunos

³⁰ 4.3 Desarrollo Del Cliente Estándar En iFIX®: iClient

de los pasos a seguir en esta configuración solo se podrán realizar cuando se active la licencia de Servicios de Terminal de iFIX®.

4.5 DESARROLLO DEL CLIENTE LIVIANO EN IFIX®: THIN CLIENT

4.5.1 Instalación Del Cliente De Terminal Server Sobre La Máquina Cliente

Hay dos opciones disponibles para el acceso de un Thin Client al Terminal Server:

- Terminal Services Full Client
- Control ActiveX (OCX), TSAC– Terminal Services Advanced Client

De las dos opciones posibles, se escogió trabajar con el control ActiveX, el cual permite a los clientes livianos ingresar al Servidor a través de Internet Explorer 5.0, y no se necesita instalar software adicional a parte de los requerimientos del cliente.

El proceso de instalación para la opción de acceso escogida se encuentra detallado paso a paso en el Anexo F, literal C, páginas 18 a 20.

5. MANUAL DE USUARIO

5.1 NAVEGACIÓN POR LA APLICACIÓN

Al acceder a la aplicación se muestra por defecto la ventana Tendencias acompañada del Menú Principal como se muestra en la Figura 63, donde este último contiene un conjunto de botones asociados a cada una de las ventanas que componen el HMI para acceder a ellas en el momento que sea necesario, siempre y cuando se tengan los privilegios pertinentes. Cabe aclarar que independientemente de la máquina en que se inicie la aplicación (SCADA, iClient, iClientTS o Thin Client) la pantalla inicial es la misma, sin importar el usuario a iniciarse por defecto.

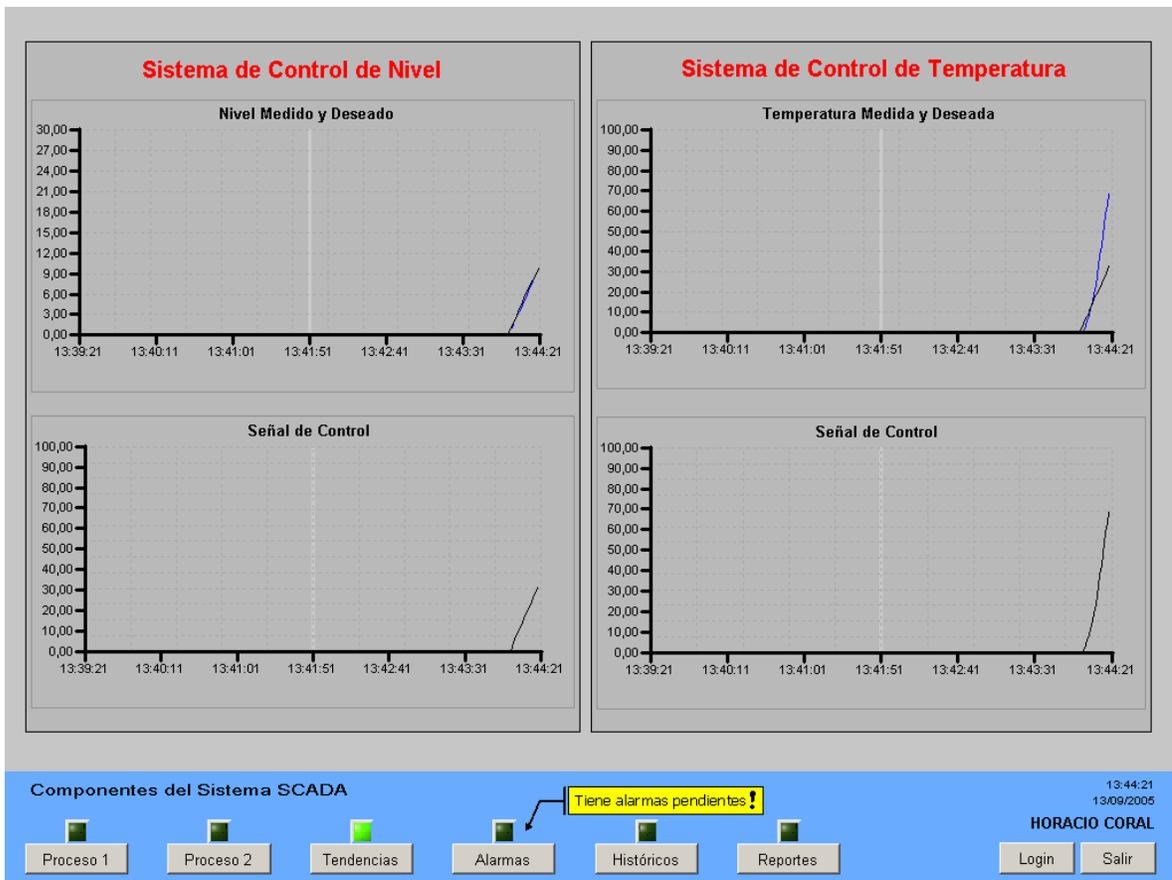
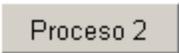
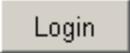
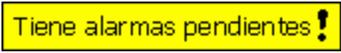
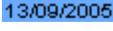


Figura 63. Pantalla por defecto al iniciar la aplicación.

5.1.1 Menú Principal

En la Tabla 25 se listan los objetos del Menú Principal con su respectiva descripción, las cuales constituyen la herramienta de navegación a través de la aplicación.

Tabla 25. Objetos del Menú Principal.

Objeto	Tipo	Función
	Botón	Acceder a la ventana del Proceso de Nivel
	Botón	Acceder a la ventana del Proceso de Temperatura
	Botón	Acceder a la ventana Tendencias
	Botón	Acceder a la ventana Alarmas
	Botón	Acceder a la ventana Históricos
	Botón	Acceder a la ventana Reportes
	Botón	Acceder a la caja de diálogo Administrador de Usuario.
	Botón	Salir de la aplicación.
	Imagen animada	Dar aviso de alarmas pendientes.
	Imagen animada	Indicar la ventana activa actualmente.
	Etiqueta	Informar el usuario actualmente registrado en el sistema.
	Etiqueta	Mostrar la hora actual.
	Etiqueta	Mostrar la fecha actual.

5.1.2 Proceso 1

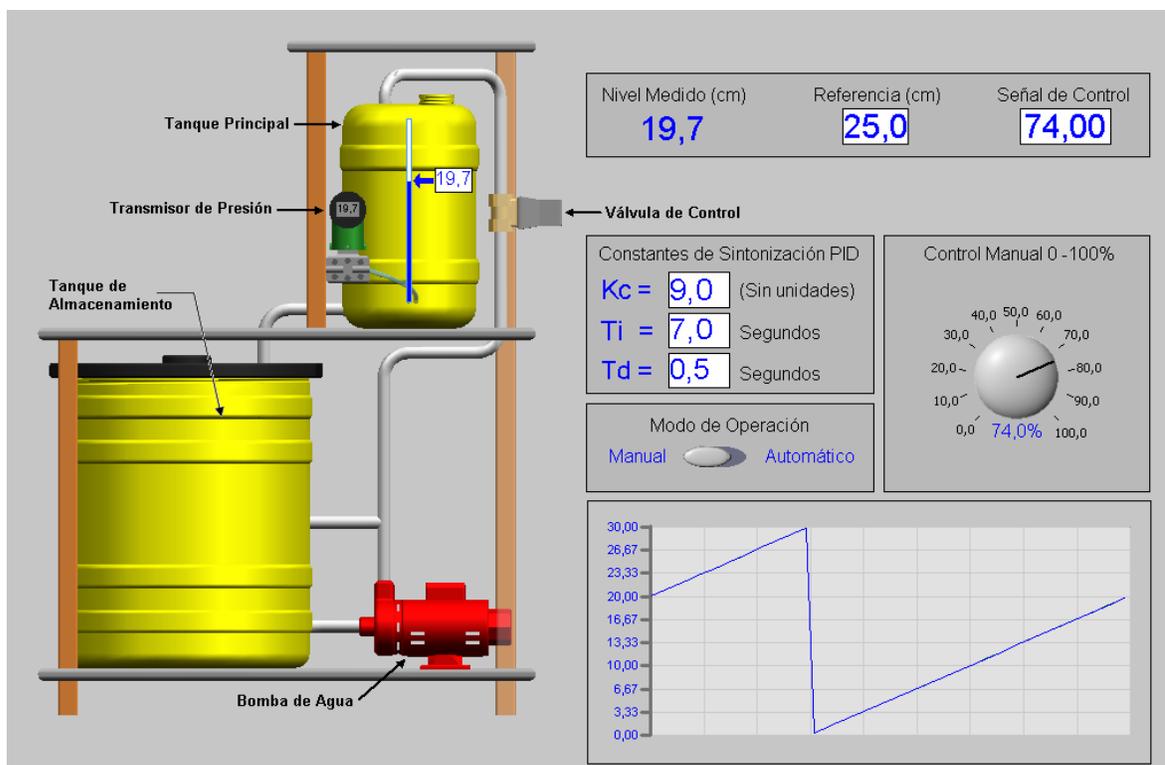


Figura 64. Ventana Proceso 1: Proceso de Nivel.

El botón del Menú Principal etiquetado *Proceso 1* accede a la ventana mostrada en la Figura 64, en la que se muestra un Gráfico representando virtualmente el proceso de nivel y una “sala de operaciones”. Desde esta ventana se pueden realizar diferentes acciones, todas ellas relacionadas completamente con el sistema de control de nivel. La mayoría de cambios realizados sobre esta ventana tienen que ver con la redefinición de parámetros que afectan directamente el desempeño del controlador del lazo, pero también se pueden ejecutar acciones referentes al despliegue de información de los elementos del proceso, y al manejo de la bomba de alimentación y la válvula de control.

5.1.2.1 Modos De Operación Del Controlador

Como es bien sabido en el área de control de procesos, todo controlador montado sobre un lazo debería tener la posibilidad de trabajar en lazo abierto o en lazo cerrado, o lo que es igual, trabajar en modo automático o en modo manual³¹. Para el caso del modo automático, el controlador mantiene balanceado el lazo cerrado modificando la variable manipulada y en consecuencia la variable controlada en respuesta de la

³¹ Por ejemplo, se puede requerir trabajar en modo manual para resintonizar el controlador.

desviación de una referencia definida por el usuario; lo anterior se traduce en que la salida del controlador en modo automático está en función de la diferencia entre el valor actual de la variable controlada y la referencia, no depende de nada más. Para el caso del modo manual, el controlador sigue aún en serie con el proceso pero la variable de proceso no retorna al controlador (se abre el lazo); lo anterior hace que el algoritmo de control no se ejecute y entonces la salida del controlador depende del valor que el usuario decida establecer entre el máximo y el mínimo permitido. Las configuraciones del lazo de control de nivel se muestran en la Figura 65.

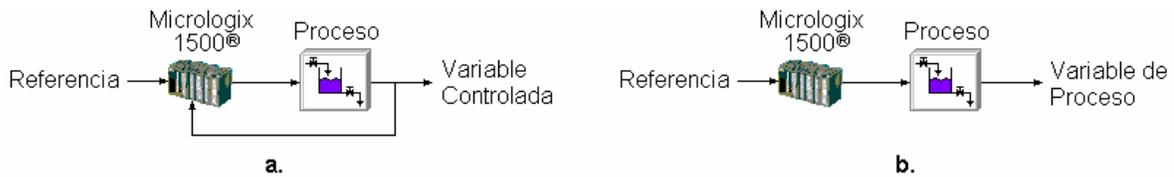


Figura 65. Sistema de control, a. en lazo cerrado y b. en lazo abierto.

La herramienta de la ventana Proceso 1 que permite conmutar el modo de operación de manual a automático y viceversa se muestra en la Figura 66, y su accionamiento se reduce a un simple clic que sobre el interruptor central que lo ubica en la posición contraria a la actual. ®

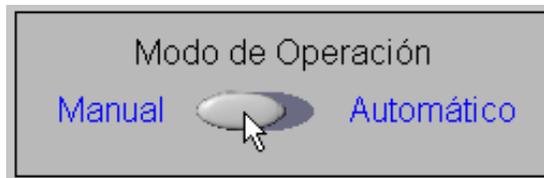


Figura 66. Panel para cambiar el modo de operación del controlador.

5.1.2.2 Cambio De La Señal De Control En Modo Manual

Cuando el controlador se encuentra en modo de operación manual se activan las dos formas de introducir el valor de la señal de control deseada, las cuales son una caja de texto y un perilla giratoria como se muestra en la Figura 67 y la Figura 68.



Figura 67. Caja de texto para definir la señal de control en modo manual.

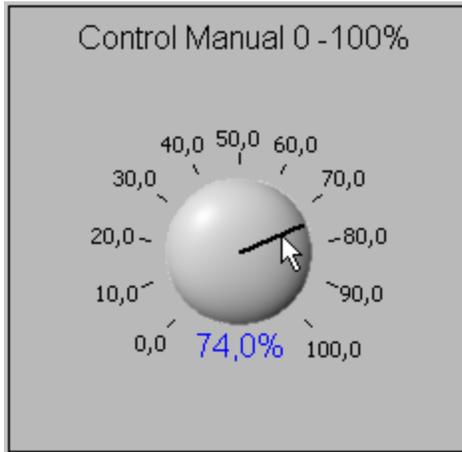


Figura 68. Perilla giratoria para definir la señal de control en modo manual.

Para definir un nuevo valor de la señal de control haciendo uso de la caja de texto se hace un simple clic sobre la misma y a continuación se escribe el valor deseado, el cual está entre 0% y 100%. Para aceptar el nuevo valor se presiona la tecla Enter.

Para definir un nuevo valor de la señal de control haciendo uso de la perilla giratoria, primero se hace clic sobre la barra indicadora que nace en el centro de la perilla y se arrastra hasta obtener el valor deseado que se muestra en la etiqueta azul ubicada en la parte inferior. Después del procedimiento anterior, se suelta la barra y el valor de la señal de control es actualizado.

5.1.2.3 Cambio De Las Constantes De Sintonización Del Controlador

En el panel mostrado en la Figura 69 se muestran los campos utilizados para definir las constantes de sintonización del controlador, las cuales se definen de igual forma que se define la señal de control en modo manual en la caja de texto como se vió anteriormente.

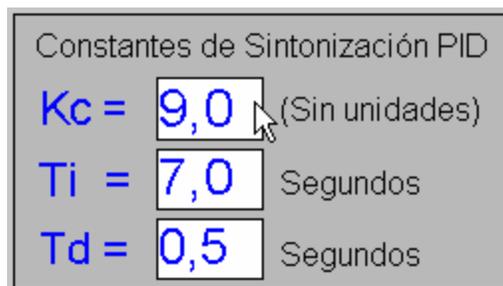


Figura 69. Panel para definir las constantes del controlador.

5.1.2.4 Cambio De La Señal De Referencia

La señal de referencia, al igual que las constantes de sintonización del controlador, también se define a través de una caja de texto, como se muestra en la Figura 70, en un rango de 0 – 30 cm.



Figura 70. Caja de texto para definir la referencia.

5.1.2.5 Manejo De La Bomba De Agua

El manejo de la bomba impulsora de agua se refiere al encendido y apagado de la misma. El acceso al panel que sirve para manejar la bomba (ver Figura 71) se logra haciendo un clic sobre la imagen de la bomba. Una vez aparezca el mencionado panel, estará seleccionada automáticamente la opción inversa al estado de la bomba, es decir, si la bomba está apagada aparecerá seleccionada la opción Encender y viceversa. Para aceptar el cambio de estado de la bomba basta entonces hacer clic sobre el botón aceptar.



Figura 71. Panel de manejo de la bomba.

Para reflejar el estado de funcionamiento de la bomba se creó una animación en la que se puede observar un movimiento similar a la vibración generada por la bomba de agua en la planta real. Esta animación puede ser controlada, es decir, la animación puede ser habilitada o deshabilitada por el usuario haciendo clic derecho sobre la imagen de la bomba.

5.1.2.6 Manejo De La Válvula De Control

Al hablar del manejo de la válvula de control se habla de especificar el estado de la misma, que puede ser abierta, cerrada o cualquier punto intermedio. Se accede al panel de manejo de la válvula de control haciendo clic sobre la imagen de la válvula, y en este aparecen las opciones a elegir clasificadas mediante botones de selección, como se muestra en la Figura 72. Después de seleccionar la opción deseada, se da clic en el botón Aceptar. Hay que aclarar que solamente se puede manejar la válvula cuando el controlador está en modo manual.



Figura 72. Panel de manejo de la válvula de control.

5.1.2.7 Visualización Del Nivel Medido

Para la visualización del nivel medido existen cuatro herramientas, de las cuales tres muestran el valor numérico como se ve en la Figura 73. La cuarta herramienta de visualización del nivel medido no solamente muestra el valor actual, sino que también muestra cual ha sido su tendencia en los últimos instantes comparándola con la tendencia de la referencia (ver Figura 74).

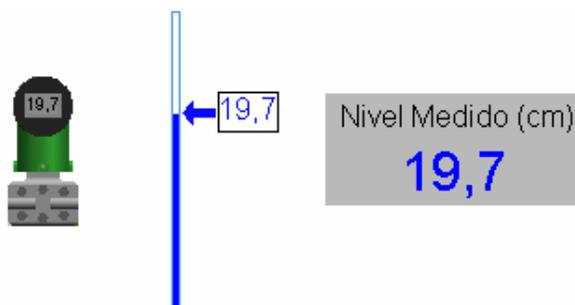


Figura 73. Herramientas para visualizar el nivel medido.

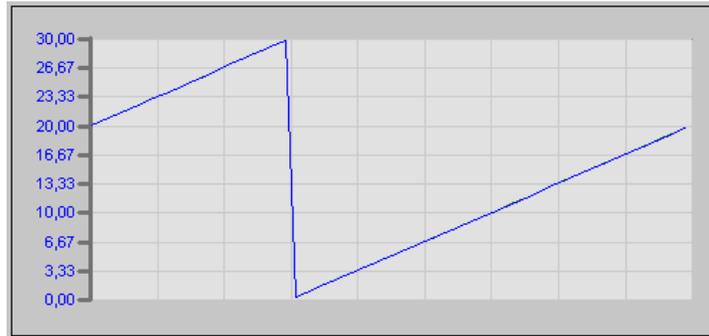


Figura 74. Herramienta para visualizar la tendencia del nivel medido.

5.1.2.8 Visualización De La Información Del Sensor

Al hacer clic en el gráfico en el punto donde está localizado el Sensor Diferencial de Presión aparece una caja de diálogo que muestra la información general de este elemento.

5.1.3 Proceso 2

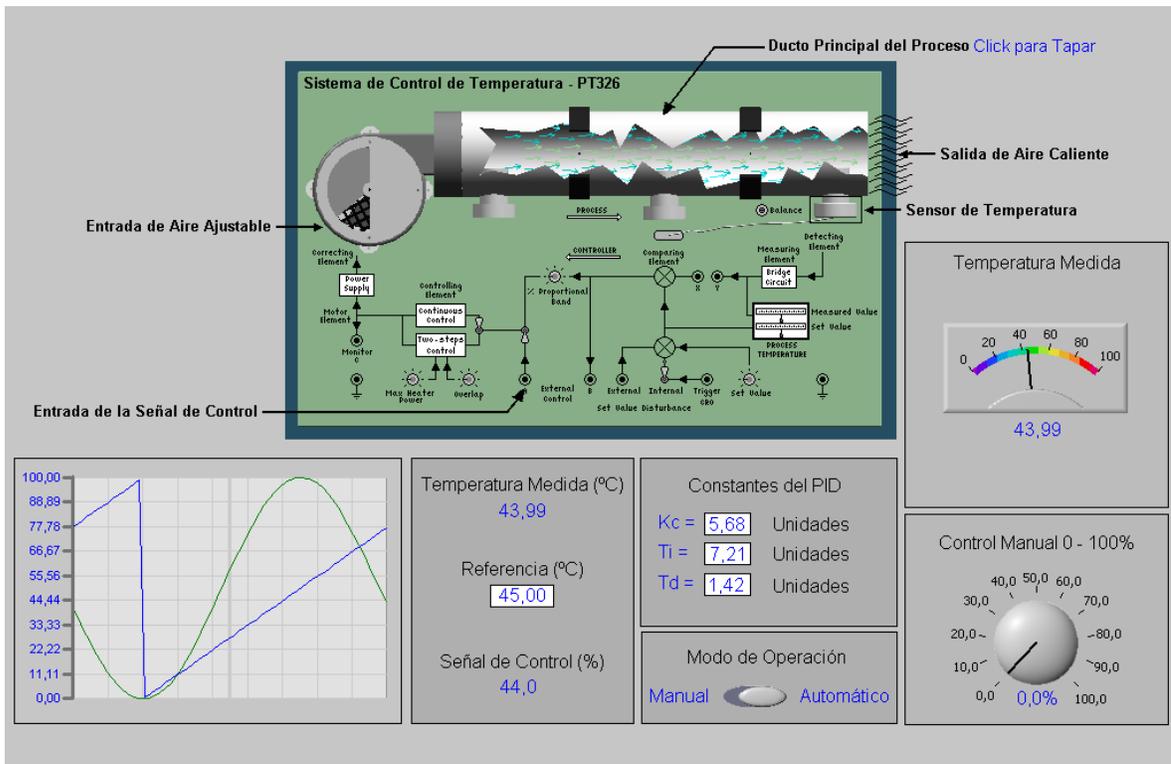


Figura 75. Ventana Proceso 2: Proceso de Temperatura.

El botón del Menú Principal etiquetado *Proceso 2* accede a la ventana mostrada en la Figura 75, en la que se muestra un Gráfico representando virtualmente el proceso de temperatura y una “sala de operaciones”. El manejo de las opciones de esta ventana es análogo al de la ventana del Proceso 1, por lo que sus características de funcionamiento se mostrarán de forma más resumida. Los ítems *Modos de Operación del Controlador*, *Cambio de la señal de control en modo manual*, *Cambio de las constantes de sintonización del controlador*, y *Cambio de la señal de referencia* se desarrollan igual que en la ventana Proceso 1.

5.1.3.1 Visualización De La Temperatura Medida

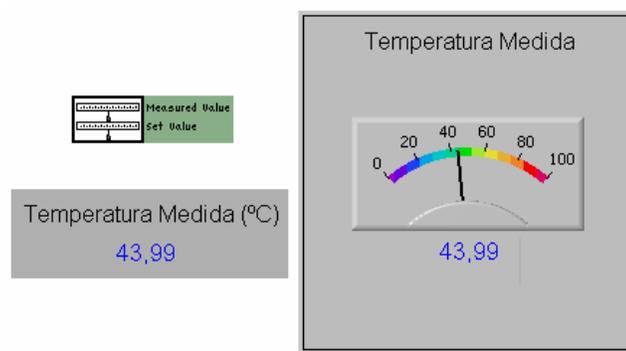


Figura 76. Herramientas para visualizar la temperatura medida.

Para la visualización de la temperatura medida existen cuatro herramientas que muestran la información en diferentes formas, de las cuales tres de ellas se muestran en la Figura 76. La primera muestra la temperatura comparándola con la señal de referencia por medio de una escala sin valores; la segunda muestra el valor numérico de la temperatura medida; la tercera muestra la temperatura medida combinando un despliegue del tipo “tacómetro” con una etiqueta; y finalmente la cuarta presenta la tendencia de la temperatura medida y la señal de referencia en los últimos instantes al igual que en la ventana Proceso 1.

5.1.3.2 Visualización De La Información Del Sensor

Al hacer clic en el gráfico en el punto donde está localizado el sensor de temperatura aparece una caja de diálogo que muestra la información general de este elemento.

5.1.3.3 Visualización De La Animación Del Flujo De Aire

Existe la posibilidad de echar un vistazo al interior del tubo por el que fluye el aire. Dicha visualización es posible a la reproducción virtual del proceso y sirve para tener una idea más gráfica del flujo del aire y su temperatura en la escala de colores. Para acceder a la

animación del flujo de aire es necesario hacer clic izquierdo sobre la imagen que representa el tubo; si se quiere ocultar la animación sólo hay que volver a hacer clic izquierdo sobre el tubo.

5.1.4 Tendencias

La ventana Tendencias, mostrada en la Figura 77, aparece al hacer clic sobre el botón del Menú Principal etiquetado como *Tendencias*. Las herramientas que se presentan en esta ventana están orientadas hacia la visualización de las variables de proceso, referencia y señal de control de ambas plantas, la de nivel y la de temperatura. En esta ventana no hay ninguna opción configurable, por lo que la apariencia de la ventana siempre es la misma.

Cada uno de los visualizadores cuenta con opciones propias del mismo, tales como el zoom y una barra indicadora del valor se la señal en el punto donde esta se intersecta con la barra. Para hacer uso de la herramienta zoom es preciso realizar un cuadro de selección con el ratón en el área que se quiere ampliar. Para hacer uso de la barra indicadora hay que dar clic sobre ella y arrastrarla hasta la posición deseada, y en los puntos de intersección con la señal aparece una etiqueta que indica su valor y el tiempo de ocurrencia de ese valor, igual como se aprecia en la Figura 78.

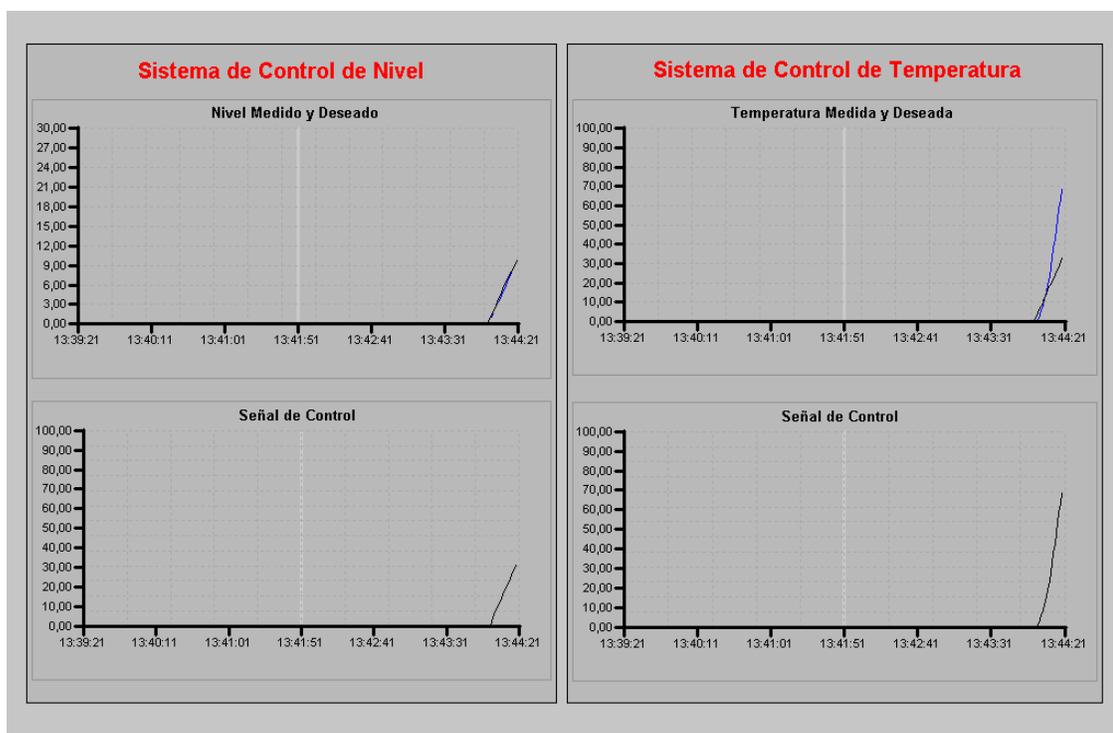


Figura 77. Ventana Tendencias.

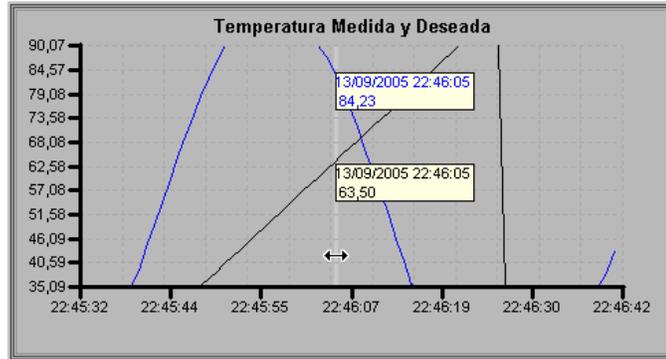


Figura 78. Barra indicadora de los visualizadores.

5.1.5 Alarmas

El botón del Menú Principal etiquetado *Alarmas* abre la ventana mostrada en la Figura 79. Desde esta ventana se pueden realizar acciones que tendrán efecto sobre el Sumario de Alarmas (reconocer y ordenar alarmas) y sobre los avisos sonoros acerca de la existencia de alarmas. Las herramientas que componen esta ventana son: dos botones para reconocer las alarmas, un botón para manejar la bocina de alarma, opciones para ordenar las alarmas, un visualizador de conteo de alarmas, y un Sumario de Alarmas.


Alarmas

	Ack	Area	Priority	TagName	Status	Value	Time In	Description
1		ProcesoTemp	MEDIUM	SP_TEMP_IN	HI	1.215	10:40:39,040	Lectura del Setpoint de Temp en PLC
2		ProcesoNivel	MEDIUM	SP_NIVEL_IN	HI	1.215	10:40:39,040	Lectura SetPoint de Nivel del PLC
3		ProcesoTemp	LOW	SEÑALCONTROL_TEMP	LO	591	10:40:39,040	Señal de Control Auto Temp
4	✓	ProcesoTemp	HIGH	TEMPERATURA	LO	9	10:40:32,040	Temperatura Actual Medida
5		ProcesoNivel	HIGH	NIVEL	LO	19	10:39:28,040	Nivel Actual Medido
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Total Alarms: 5 Filter: Area In "ProcesoNivel" OR Area In "ProcesoTemp" Sort: Time In, Descending Run

Ordenar Por:

Time In
 Ascendente
 Descendente

	Reconocidas	Sin Reconocer	Totales	Deshabilitadas	Estado de la Alarma	Total
Total	1	4	5	0	Alarmas con ACK y sin ACK	49
Hi	1	1	2	0	Alarmas con ACK y sin ACK	
Med	0	2	2	0	Solo Alarmas sin ACK	
Lo	0	1	1	0	Solo Alarmas sin ACK	

Figura 79. Ventana Alarmas.

5.1.5.1 Reconocimiento De Alarmas

Para reconocer alarmas existen dos formas: la primera es hacer doble clic en la fila de la alarma en el Sumario de Alarmas que se quiere reconocer; la segunda es haciendo uso de los botones etiquetados *Reconocer Seleccionada* y *Reconocer Todas*, donde el primero requiere seleccionar la fila de la alarma a reconocer previamente, y el segundo reconoce todas las alarmas del Sumario de Alarmas sin estar estas seleccionadas.

5.1.5.2 Organización De Alarmas En El Sumario De Alarmas

Las opciones de organización de alarmas sobre el visualizador son vistas en la Figura 80. Para hacer uso de ellas no es necesario haber seleccionado alarmas en el Sumario de Alarmas, solamente basta con escoger el modo de organización de la lista desplegable y definir sobre los botones de opción si se quiere ordenar ascendente o descendientemente.



Figura 80. Opciones de organización de alarmas.

5.1.5.3 Manejo De La Bocina De Alarma

La bocina de alarma tiene como función dar aviso de alarmas existentes sin reconocer, siempre y cuando esta esté habilitada. Al iniciar la aplicación la bocina aparece deshabilitada por defecto, pero puede ser manejada con el botón etiquetado *Habilitar Bocina de Alarma*, etiqueta que cambia a *Deshabilitar Bocina de Alarma* cuando el botón se presiona y viceversa.

5.1.6 Históricos

El botón del Menú Principal etiquetado *Históricos* abre la ventana mostrada en la Figura 81. Desde esta ventana se pueden visualizar los datos históricos de las señales que fueron definidas en la aplicación a ser colectadas y almacenadas. Cada una de estas señales, denominadas aquí como *pens*, tiene la posibilidad de ser visualizada u ocultada, modificada en su apariencia, expandida o reducida, y ser mostrada de forma independiente.



Figura 81. Ventana Históricos.

5.1.6.1 Adición Y Eliminación De Pens

Al iniciar la aplicación, el visualizador de pens aparece vacío y para poder empezar a visualizar los datos históricos de una pen es necesario agregarla primero. El procedimiento para agregar una pen es sencillo, y hace uso de la herramienta *Agregar Pen* que contiene la lista de todas las pens que se pueden agregar, como puede verse en la Figura 82.

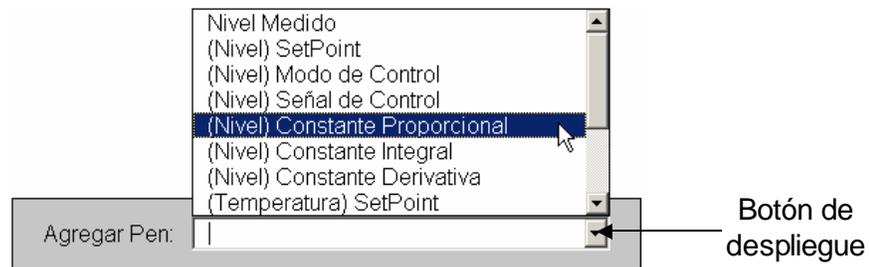


Figura 82. Herramienta para la adición de pens.

El primer paso al agregar una pen es desplegar la lista usando el botón de despliegue; luego, se busca la pen a seleccionar en la lista usando la barra de desplazamiento si es

necesario; por último, se da clic sobre la pen deseada y esta aparecerá automáticamente en el visualizador, se eliminará de la lista de pens a agregar y se adicionará en la lista de pens a eliminar. El paso anterior se puede repetir hasta haber agregado 10 pens de toda la lista de pens a agregar (el máximo permitido), sin importar el orden o el proceso al que pertenezcan, y en este preciso momento la lista de agregar pens se deshabilita. Para mantener habilitada tal lista es necesario que en el visualizador no haya más de 9 pens, por lo que se puede hacer uso de la herramienta *Eliminar Pens* para moderarlas en cantidad en el visualizador.

El procedimiento para eliminar pens del visualizador es análogo al proceso de agregar pens, aclarando que en este caso la pen seleccionada de la lista de pens a eliminar se quitará del visualizador, se eliminará de la lista de pens a eliminar y se adicionará a la lista de pens a agregar.

5.1.6.2 Cambio De La Duración Del Visualizador

La duración es el intervalo de tiempo en el cual son mostrados los datos históricos en el visualizador. En esta aplicación, esta propiedad puede ser modificada haciendo uso de los botones ubicados a la izquierda de la ventana, donde cada uno de ellos tiene en su etiqueta el valor de la duración que se establece al ser seleccionado, como se puede ver en la Figura 83.



Figura 83. Herramienta para cambiar la duración.

5.1.6.3 Cambio Del Color De Una Pen En El Visualizador

Cada pen adicionada en el visualizador tiene asignado un color específico, característica que la permite diferenciar e identificar entre todas las demás pens visualizadas, puesto que la etiqueta de cada pen también lleva el mismo color. Esta característica de las pens visualizadas puede ser accedida y modificada mediante la herramienta *Estilo*, que consiste de un botón de acceso a la caja de diálogo *Configuración de Colores*. El campo *Cambiar color a:* de esta caja de diálogo permite escoger una pen entre las actualmente visualizadas, pen sobre la cual se quieran realizar cambios de color (ver Figura 84); después de haber sido seleccionada la pen, se procede a definir el color a utilizar haciendo clic sobre el botón con la muestra del color a escoger que llama a la caja de diálogo *Select Color* (ver Figura 85) para

establecer el color deseado; finalmente, se da clic en el botón OK para actualizar el color en el botón de muestra y clic en el botón *Cambiar* de la caja de diálogo *Configuración de Colores* para aceptar el cambio de color. Si se desea cambiar el color de otra pen se repiten los pasos anteriores, o de lo contrario se da clic en el botón *Salir*.



Figura 84. Herramienta para cambiar colores de pens, mostrando la caja de diálogo Configuración de Colores.

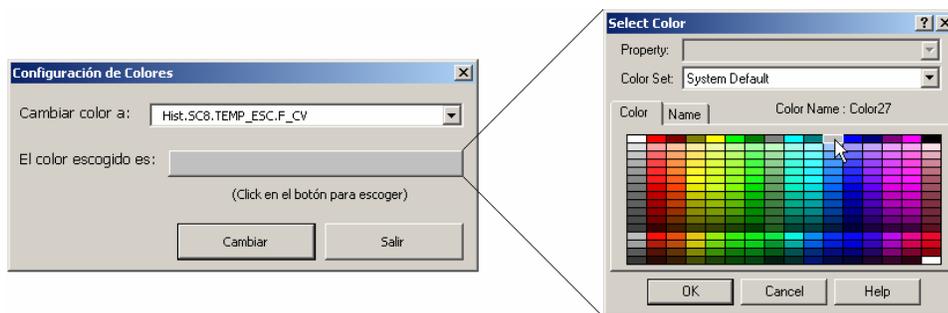


Figura 85. Caja de diálogo Configuración de Colores mostrando Set Color.

5.1.6.4 Configuración De Fecha Y Hora

La fecha y hora en las que el visualizador de pens empieza a mostrar datos y a partir de la cual inicia la duración del pen puede ser definida por el usuario o ser relativa³². Cualquiera que sea la configuración escogida, por defecto *Relativa*, siempre se visualiza en una etiqueta del panel de configuración de fecha y hora. Para cambiar de configuración se utiliza el primer botón del panel que dependiendo de la configuración actual mostrará la opción contraria, es decir, si la configuración actual es *Relativa* este botón mostrará la opción *Definida por Usuario* y viceversa.

En el momento que sea escogida la configuración *Definida por Usuario* se activará el botón etiquetado *Fecha y Hora de Inicio*, cuya función es llamar a la caja de diálogo *Configuración de Fecha y Hora* para definir la fecha y hora en las cuales se desea que

³² *Relativa* hace referencia a que cada vez que se adiciona una pen, la fecha y hora de inicio de esa pen son las del momento de ser adicionada.

inicien las gráficas de todas las pen mostradas en el visualizador como se ve en la Figura 86.



Figura 86. Caja de diálogo Configuración de Fecha y Hora.

El manejo de la caja de diálogo *Configuración de Fecha y Hora* es muy sencillo: para definir la fecha se utiliza el calendario dinámico del panel *Fecha de Inicio* escogiendo el mes y el año de los menús desplegables, y definiendo el día en la tabla de días; para definir la hora se utiliza el panel *Hora de Inicio* (ver Figura 87) haciendo uso de los botones spin de la Hora, Minutos y Segundos. Finalmente la fecha y hora escogidas pueden visualizarse en una etiqueta que se actualiza dinámicamente, todo esto antes de aceptar o cancelar los cambios con los botones *Aceptar* y *Cancelar* respectivamente.

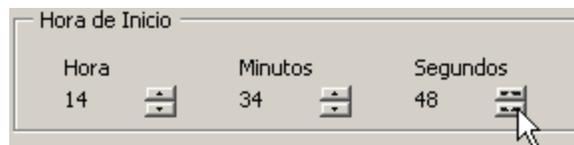


Figura 87. Panel de definición de Hora de Inicio.

5.1.6.5 Definición De Múltiples Valores Y Múltiples Tiempos

Debido a que el visualizador tiene la posibilidad de presentar varias pens al mismo tiempo, para complementar esta característica también existe la posibilidad de mostrar los ejes de la gráfica de cada pen por separado: el eje vertical es el que muestra los valores y el eje horizontal es aquel que muestra los tiempos de ocurrencia de los valores. Tanto los ejes verticales como los horizontales pueden ser mostrados independientemente haciendo uso de los botones etiquetados *Múltiples Valores* y *Múltiples Tiempos* ubicados en el panel *Apariencia*, como se muestra en la Figura 88.

Hay que tener en cuenta que para el caso de la visualización de los ejes por separado se presenta más información en pantalla y el espacio de visualización de las gráficas se reduce. Por lo anterior solo es posible permitir múltiples valores hasta para 7 pens y múltiples tiempos hasta para 4 pens, valores en los cuales se desactiva el respectivo botón.



Figura 88. Panel de configuración de Apariencia.

5.1.6.6 Navegación Por El Visualizador De Pens

Para realizar la navegación por todos los valores posibles a mostrar en el visualizador de pens se hace uso de la Barra de Navegación situada justo debajo del mismo, la cual contiene 4 botones: los dos botones internos (con flechas sencillas) desplazan un 25% de la duración del visualizador hacia delante y hacia atrás respectivamente; y los dos botones externos (con flechas dobles) desplazan un 50% de la duración del visualizador hacia delante y hacia atrás respectivamente. La Barra de Navegación del visualizador se muestra en la Figura 89.



Figura 89. Barra de Navegación del visualizador.

5.1.7 Reportes

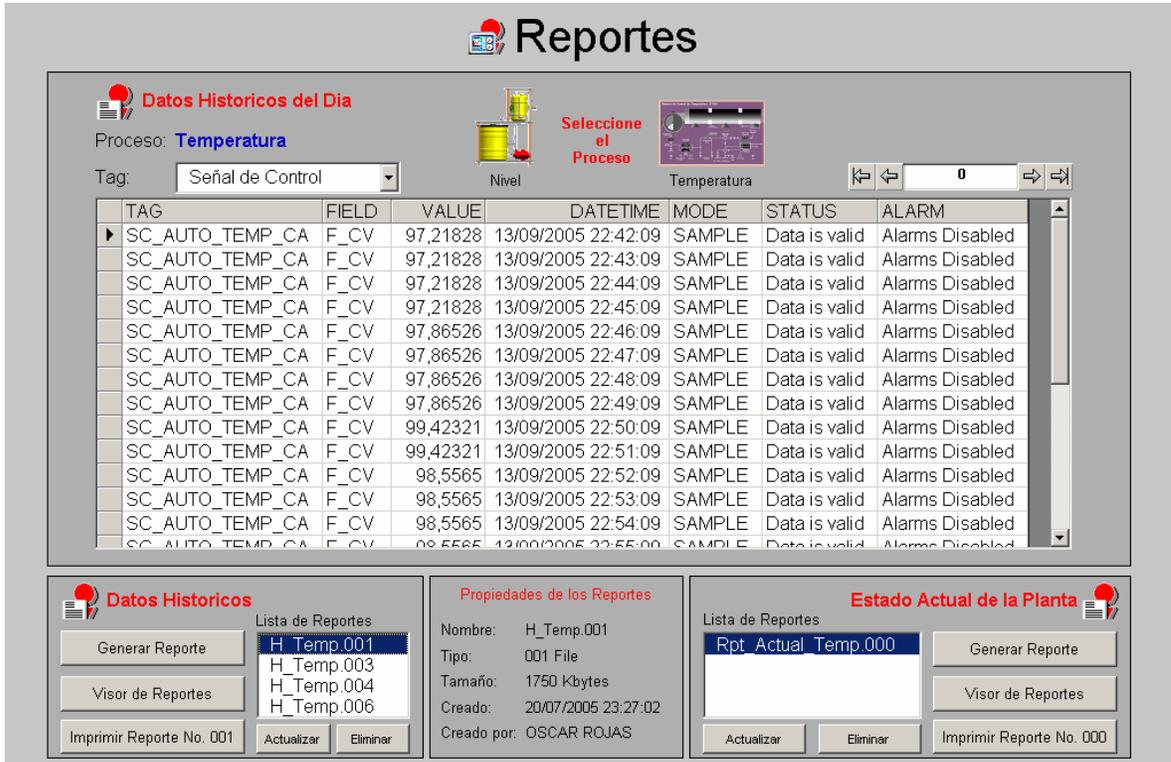


Figura 90. Ventana Reportes.

El botón del Menú Principal etiquetado *Reportes* abre la ventana mostrada en la Figura 90. La ventana Reportes contiene cuatro paneles dedicados a la visualización de datos históricos del día, Manejo de Reportes Históricos, Manejo de Reportes del Estado Actual de las Plantas, y la visualización de las propiedades de los reportes generados.

5.1.7.1 Elección Del Proceso Con El Que Se Desea Trabajar

Todas las opciones de manejo de reportes pueden realizarse sobre un proceso a la vez, por lo cual la ventana de reportes cuenta con una opción para seleccionar el proceso con el que se desea trabajar, acción que se realiza a través de dos botones que representan cada proceso con su imagen característica (ver Figura 91).



Figura 91. Opción para la selección del proceso.

Una vez se selecciona el proceso deseado, los paneles cambian para reflejar la información del proceso escogido.

5.1.7.2 Visualización De Datos Históricos Del Día

El panel de Datos Históricos del Día cuenta con una tabla que muestra los datos históricos de una tag del proceso activo, la cual se selecciona del menú desplegable mostrado en la Figura 92 que contiene todas las tags disponibles del proceso y está ubicado justo encima de la tabla.



Figura 92. Elección de la tag a visualizar del proceso activo.

En la esquina superior derecha de la tabla se encuentra un objeto que permite desplazarse por las filas de la tabla usando los botones marcados con flechas, o ir directamente a una fila deseada ingresando su número en el campo central. Este objeto se muestra en la Figura 93.



Figura 93. Herramienta para navegar entre las filas de la tabla.

5.1.7.3 Manejo De Reportes De Datos Históricos

Los Reportes de Datos Históricos creados para esta aplicación son un compendio de información colectada de cada proceso desde una fecha predefinida por el administrador³³ y almacenada en un archivo de texto enriquecido con características de

³³ Debido a las limitaciones del software que genera los reportes, Report Manager, esta opción no puede ser modificada desde la aplicación en Modo Run. Es el usuario administrador entonces quien debe

formato predefinidas. Además, estos reportes contienen datos tales como el proceso seleccionado, la fecha de petición del reporte, número del reporte, y valores actuales de la planta, entre otros. La Figura 94 muestra un ejemplo de un Reporte de Datos Históricos para el Proceso de Temperatura.



Fecha de Petición del Reporte: **jueves, 21 de julio de 2005 08:45:56**
 Reporte Numero: **H_Temp.003**

Valores Actuales

⇒ SetPoint (°C) **98,7**
 ⇒ Temperatura (°C) **0,5**
 ⇒ Modo de Operación **MANUAL**
 ⇒ Señal de Control (%) **66,7**
 ⇒ Cte. Proporcional Kc **55,0**
 ⇒ Cte. Integral Ti (min) **65,0**
 ⇒ Cte. Derivativa Td (min) **87,0**

Datos Históricos

Date	Time	Set Point	Temperat	Modo	SControl	Kc	Ti	Td
26/06/05	15:00:00	78,42	46,34	1,00	58,49	0,00	0,00	0,00
26/06/05	15:02:00	78,42	47,12	1,00	30,26	0,00	0,00	0,00
26/06/05	15:04:00	78,42	47,65	1,00	72,62	0,00	0,00	0,00
26/06/05	15:06:00	78,42	48,17	1,00	35,82	0,00	0,00	0,00
26/06/05	15:08:00	78,42	48,69	1,00	68,86	0,00	0,00	0,00
26/06/05	15:10:00	78,42	49,22	1,00	47,33	0,00	0,00	0,00
26/06/05	15:12:00	78,42	49,74	1,00	73,35	0,00	0,00	0,00
26/06/05	15:14:00	78,42	50,26	1,00	25,63	0,00	0,00	0,00
26/06/05	15:16:00	78,42	50,79	1,00	59,43	0,00	0,00	0,00
26/06/05	15:18:00	78,42	51,31	1,00	56,56	0,00	0,00	0,00

Diseño y Desarrollo

⇒ **Horacio Coral**
 ⇒ **Rodrigo Ordóñez**

--- Fin del Reporte ---

Figura 94. Ejemplo de un Reporte de Datos Históricos.

Para el manejo de reportes de datos históricos existe el panel Datos Históricos desde el cual se pueden generar, visualizar, imprimir, y eliminar reportes de datos históricos del proceso activo usando los botones *Generar Reporte*, *Visor de Reportes*, *Imprimir Reporte N° ###* y *Eliminar*:

- Para crear un reporte se da clic en el botón *Generar Reporte*. Los reportes generados se muestran en la *Lista de Reportes*, lista que debe actualizarse manualmente con el botón *Actualizar*.

redefinir tal fecha desde la aplicación en Modo Configuración. Ver el Anexo E para conocer este procedimiento.

- Para obtener una vista previa de los reportes se da clic en el botón *Visor de Reportes*. El reporte que aparece por defecto en el visor es el último generado, pero se pueden visualizar los demás en la misma pantalla.
- Para imprimir un reporte, primero se debe seleccionar de la *Lista de Reportes* y luego dar clic en el botón *Imprimir Reporte N° ###*. Al dar clic en un reporte de la lista, inmediatamente el botón de imprimir toma en número del reporte a imprimir.
- Para eliminar un reporte, primero se elige de la Lista de Reportes y luego se da clic en *Eliminar*.

5.1.7.4 Manejo De Reportes Del Estado Actual De Las Plantas

Los Reportes del Estado Actual de las Plantas contienen información colectada de cada sistema de control incluyendo información detallada de la planta, valores de los parámetros más relevantes del controlador PID, el estado de los sensores y actuadores, y fecha de petición del reporte, entre otros.

El manejo de este tipo de reportes se realiza a través del panel Estado Actual de la Planta, que contiene las mismas herramientas del panel Datos Históricos y funcionan de la misma manera.

5.1.7.5 Visualización De Las Propiedades De Los Reportes Generados

Esta característica se logra mediante el uso del panel llamado *Propiedades de los Reportes*. En este panel se muestran las propiedades más importantes de los archivos que contienen los reportes, ya sean de datos históricos o del estado actual de la planta, para lo cual es indispensable elegir primero un reporte de cualquiera de las dos listas de reportes. La Figura 95 muestra un ejemplo de lo anteriormente descrito.

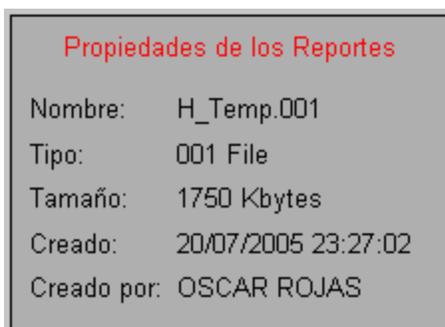


Figura 95. Panel Propiedades de los Reportes.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan las conclusiones finales y las recomendaciones generales producto del desarrollo del presente trabajo de grado.

6.2 CONCLUSIONES

6.2.1 Conclusiones de los resultados obtenidos

- Se practicó el desarrollo de sistemas HMI/SCADA en el software iFIX® de Intellution® de lo cual se obtuvo una aplicación HMI/SCADA para dos procesos industriales gobernados por PLCs de Allen Bradley.
- El sistema HMI/SCADA adelantado en iFIX® consta de un Servidor HMI/SCADA, un cliente estándar iClient, un cliente avanzado servidor de terminal iClientTS, y un cliente liviano Thin Client. El desarrollo del cliente estándar se concluyó satisfactoriamente, cosa que no ocurrió con el cliente avanzado, pues a pesar de configurarlo casi en su totalidad, no se contó con una licencia para Servicios de Terminal del software iFIX® (iClientTS Licence) que permitiera la ejecución de iFIX® en la máquina iClientTS. El cliente liviano se configuró en su totalidad, pero no se puede conectar al sistema hasta no activar la licencia del iClientTS; se comprobó su funcionamiento al acceder a través del Internet Explorer a otras aplicaciones en la máquina iClientTS diferentes a iFIX®, como el caso de Microsoft® Word 2000.
- Se implementó una aplicación HMI muy completa, que además de la supervisión de los procesos permite visualización de tendencias de variables, colección de datos históricos, manejo de alarmas, y generación de reportes, todo esto controlado por un sistema de seguridad muy depurado que hace uso de cuentas de usuario con diferentes privilegios. Para esta aplicación HMI se desarrolló su respectivo manual de usuario, con explicaciones detalladas de todo lo que se puede hacer en ella.
- Se estableció un enlace de comunicación entre iFIX® y los PLCs a través del driver OPC Server v7.0 de Intellution® y RSLinx de Rockwell Software.
- Se utilizaron PLCs Micrologix 1500® LRP Series C para controlar los procesos utilizados. Con el estudio de estos dispositivos se llegó a la conclusión de que tienen muchas facilidades de manejo e intercambio de datos con el PC incluso a través de interfaces de comunicación abierta (OPC), que cuentan con protocolos

de comunicación flexibles, y que poseen diversas y muy potentes instrucciones para la ejecución de tareas específicas.

- Se utilizaron módulos analógicos I/O 1769-IF4XOF2 para la adquisición de datos de los procesos y el envío de señales a los actuadores. Se descubrió que estos módulos no funcionan correctamente si no son configurados bajo una versión de RSLogix 6.20.00 o superior. Una característica desfavorable que presentaron estos módulos es que poseen un rango de conversión de datos muy bajo: la resolución máxima de su conversor A/D es de 8 bits, lo cual hace que la información finalmente esté representada en sólo 256 niveles.
- Se desarrollaron algoritmos de control, implementados en los PLCs Micrologix 1500[®] LRP series C, para cada uno de los dos procesos industriales utilizados. En los algoritmos desarrollados se utilizó la instrucción PID, que cuenta con características robustas como Anti-windup y Bumpless.
- Se desarrolló una red de dispositivos de control, Red DH-485, que a su vez permite la comunicación entre estos dispositivos y el PC, haciendo uso de la interfaz de conversión avanzada AIC+. La experiencia adquirida indicó que la documentación existente respecto a la implementación de este tipo de red con los dispositivos utilizados en este trabajo de grado es bastante confusa y parcial, por lo cual en el presente trabajo se incluyó una guía completa para su implementación.
- Se estudiaron dos procesos industriales: un proceso de nivel, representado por dos tanques interactuantes; y un proceso de temperatura, representado por el Módulo PT326 de Feedback[®]. Estos dos procesos fueron a los que estuvo dirigido el sistema HMI/SCADA.

6.2.2 Conclusiones generales del proyecto

- Debido a que en las industrias el uso de sistemas HMI/SCADA es casi imprescindible, el desarrollo de este tipo de sistemas marca la diferencia entre la simple supervisión de procesos y la inteligencia de planta.
- iFIX[®] demostró efectivamente ser una herramienta potente para desarrollar sistemas HMI/SCADA.
- El Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control cuenta con muchas herramientas software y hardware basadas en tecnología más moderna que la se está usando actualmente, y sin embargo, muchas de esas herramientas permanecen guardadas y/o subutilizadas.
- Se comprobó, gracias a la experiencia personal por parte de los autores de este trabajo de grado, que efectivamente la formación del estudiante del programa Ingeniería en Automática Industrial en el área *integración piso – techo en la industria* es muy básica y teórica, y puede llegar a ser un inconveniente incluso en el caso de desarrollar una red industrial pequeña, como la aquí adelantada.

- Finalmente se concluye que el estudiante del programa Ingeniería en Automática Industrial debe poder acceder a un mayor entrenamiento práctico en los aspectos referentes a la implementación de una red industrial en todos sus niveles, debido a que esto es con lo que muy probablemente se va a encontrar en su mundo laboral.

6.3 RECOMENDACIONES

Para ampliar los resultados obtenidos en un futuro, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Establecer el manejo de alarmas en bases de datos relacionales haciendo uso de Microsoft® Access, SQLServer y/o MySQL.
- Hacer uso de la funcionalidad ofrecida por las Firmas Electrónicas para aumentar el nivel de seguridad en el sistema HMI/SCADA.
- Gestionar un cliente liviano en una máquina no Microsoft®.
- Adicionar configuración en Modo Ejecución a los usuarios de la aplicación HMI. Por ejemplo, que el usuario administrador pueda en modo de ejecución definir cuáles cuentas de usuario pueden tener acceso múltiple.
- Implementar un servicio de recepción y envío de datos al HMI a través de tecnología inalámbrica. Por ejemplo: un Servidor WAP, Cliente del Servidor SCADA, que pueda recibir información de un teléfono celular y enviarla a la Base de Datos del sistema, y viceversa.

BIBLIOGRAFÍA

Allen-Bradley. AIC+ Advanced Interface Converter. User Manual. Número de Catálogo 1761-NET-AIC. Publicación 1761-6.4. Abril 1998. 40 p. www.rockwellautomation.com.

Allen-Bradley. Compact® 8-Bit Low Resolution Analog I/O Combination Module. User Manual. Número de Catálogo 1769-IF4XOF2. Publicación 1769-UM008A-EN-P. Noviembre 2001. 104 p. www.rockwellautomation.com.

Allen-Bradley. Micrologix 1500® Programable Controllers. User Manual. Boletín 1764. Publicación 1764-UM001B-EN-P. Abril 2002. 174 p. www.rockwellautomation.com.

GE Fanuc Automation. 154 Student Guide. iFIX® Fundamentals. 2003. 732 p.

GE Fanuc Automation. 254 Student Guide. Advanced iFIX® Development. 2003. 526 p.

ICONTEC. Guía para numeración de divisiones y subdivisiones en documentos escritos. Norma Técnica Colombiana 1075 (Segunda actualización). Bogotá, octubre de 1994.

ICONTEC. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Norma Técnica Colombiana 1486 (Quinta actualización). Bogotá, septiembre de 2002. 149 p.

iFIX® V3.0. iFIX® Automation VBA Help.

Microsoft®. VBA Help.

Microsoft®. Windows® 2000 Terminal Services. <http://www.Microsoft.com/Windows2000/technologies/terminal/default.mspx>.

NATIONAL SEMICONDUCTOR COPORATION. LM35. Precision Centigrade Temperature Sensors. Noviembre de 2000, p 7. www.national.com

Rockwell Automation. Literature Library. <http://literature.rockwellautomation.com/>.

Rockwell Software. RSLogix Help.

SMITH, Carlos A. y **CORRIPIO,** Armando B. Control Automático de Procesos. Teoría y Práctica. NORIEGA Editores. p. 272-276.

URIGO-INTELLUTION®. Soluciones de Automatización. CD del V Congreso de la ACA. Medellín, Julio 2003.

ÍNDICE

A

AIC, 43, 44, 45, 47
Ambiente industrial, 18, 19
Aplicación propuesta, 16
Área
 de alarma, 57, 62, 63
 de seguridad, 64, 65, 66, 67, 82
Arquitectura
 Cliente/Servidor, 21, 22
 Cliente/Servidor Distribuida, 13, 18, 21, 22

B

Base de datos
 de áreas de alarma, 62
 del proceso, 21, 22, 51, 57, 58, 60, 62, 63, 64, 66, 71, 80, 81, 83
Belden, cable, 44, 46
Bit, 32, 33, 36
Bocina, 75, 99, 100
Bomba, 25, 50, 59, 94
Botón, 69, 77, 82, 83, 89, 91, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109
Bus, 44

C

Cadena, 57, 60
Canal de comunicación, 34, 42
CIM, 14
Circuito, 27, 28
Cliente
 de OPC, 49, 50, 57
 estándar, 16, 21, 23, 54, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 89
 servidor de terminal, 16, 18, 21, 54, 84, 85, 86, 87, 89
Colección de datos, 69
Controlador, 26, 30, 43, 44, 50, 58, 59, 91, 93, 97
Cuentas de usuario, 64, 82, 85, 86, 87

D

Dirección IP, 85, 86
Distribuido(a)
 aplicación, 13, 15, 21
 proceso industrial, 17, 18
 sistema, 16, 17

E

Eje, 105
Electrónicas
 Firmas, 18, 112

Eliminar
 Pens, 102
 Reportes, 108, 109
Emergente
 menú, 71
 ventana, 82
Entrada, 25, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 39
ERP, 15
Error, 39, 40

F

Fecha y Hora, 103, 104
Firmware, 30, 43, 45
Fuente, 27, 44, 57
Función, 25, 75, 81, 83, 92, 100, 103

G

Ganancia, 26, 29
Generar
 reporte, 108
 reportes, 76

H

HMI, 16, 18, 20, 43, 49, 70, 71, 76, 77, 79, 80, 83, 84, 89, 110, 111, 112

I

I/O, 21, 22, 31, 32, 34, 35, 36, 49, 56, 57, 58, 59, 80, 111, 113
IMC, 30
Indicadores de estado, 39
Instrucción, 37, 38, 39, 40, 111
Inteligencia de planta, 18, 111
Interfaz, 16, 20, 22, 43, 47, 49, 51, 57, 63, 64, 70, 71, 111
Internet, 20, 85, 88, 110
ISA, 24

J

Jerárquicos
 Niveles, 14, 15, 17, 19, 24

L

Laboratorio, 16, 17, 18
Lazo
 Abierto, 29, 91, 92
 Cerrado, 26, 30, 91, 92
Licencia, 85
Login, 65, 66, 67, 83

M

Menú, 32, 42, 47, 52, 55, 56, 62, 71, 77, 81, 82, 83, 104, 107

Modelo

- CIM, 14
- Cliente/Servidor, 21, 22
- matemático, 29, 30
- POMTM, 30

Muerto

- tiempo, 26, 29

N

Nodo, 21, 22, 43, 47, 51, 52, 54, 62, 67, 77, 80, 81, 82, 83, 87

O

OBDC, 21

Operativo

- Sistema, 18, 23, 52, 84

P

PID, 17, 18, 26, 30, 37, 38, 39, 40, 41, 50, 58, 59, 73, 109

Planta, 18, 20, 24, 25, 27, 30, 34, 62, 94, 108, 109, 111

R

Red

DH-485, 16, 34, 43, 44, 45, 46, 47, 111

Industrial, 15, 18, 19, 24, 80, 111, 112

LAN, 16, 19, 80

S

SCADA

Servidor, 16, 21, 22, 51, 52, 57, 62, 67, 70, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 112

Sistema, 13, 18, 19, 38, 47, 55, 57, 59, 63, 64, 65, 68

Sensor, 25, 28, 34, 96, 97

Servidor

de OPC, 47, 49, 57, 71

Supervisorio, 18, 19, 20, 21, 47, 70, 71, 77

T

Tag, 22, 57, 58, 60, 62, 63, 66, 68, 71, 76, 81, 107

U

Usuario, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 44, 49, 52, 57, 64, 65, 66, 67, 71, 77, 78, 79, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 94, 103, 107, 110, 112

