



EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO MODBUS Y COMUNICACIÓN INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA ALLEN BRADLEY PARA MONITOREO Y CONTROL LOCAL Y REMOTO DE LAS ESTACIONES DE NIVEL, FLUJO Y PRESIÓN EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”.

GALLO CASTILLO TANNYA LUCÍA

HERRERA ZAMBRANO DAVID RENÉ

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
grado de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AÑO 2013

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

TANNYA LUCÍA GALLO CASTILLO

DAVID RENÉ HERRERA ZAMBRANO

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO MODBUS Y COMUNICACIÓN INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA ALLEN BRADLEY PARA MONITOREO Y CONTROL LOCAL Y REMOTO DE LAS ESTACIONES DE NIVEL, FLUJO Y PRESIÓN EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA*”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Noviembre del 2013

Tannya Lucía Gallo Castillo

David René Herrera Zambrano

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

ESPE

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO

EDWIN PATRICIO PRUNA PANCHI (DIRECTOR)

GALO RAÚL ÁVILA ROSERO (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO MODBUS Y COMUNICACIÓN INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA ALLEN BRADLEY PARA MONITOREO Y CONTROL LOCAL Y REMOTO DE LAS ESTACIONES DE NIVEL, FLUJO Y PRESIÓN EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA*” realizado por Tannya Lucía Gallo Castillo y David René Herrera Zambrano, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a *que constituye un trabajo de alto contenido de investigación y que ayuda a la formación profesional y aplicación de conocimientos Si se recomiendan su publicación.*

El mencionado trabajo consta de 2 documentos empastados y 2 discos compactos el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Tannya Lucía Gallo Castillo y David René Herrera Zambrano que lo entregue al Ing. José Bucheli, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Noviembre del 2013.

Edwin Patricio Pruna Panchi

DIRECTOR

Galo Raúl Ávila Rosero

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
ESPE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Nosotros, *TANNYA LUCÍA GALLO CASTILLO.*

DAVID RENÉ HERRERA ZAMBRANO.

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO PROTOCOLO MODBUS Y COMUNICACIÓN INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA ALLEN BRADLEY PARA MONITOREO Y CONTROL LOCAL Y REMOTO DE LAS ESTACIONES DE NIVEL, FLUJO Y PRESIÓN EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA*”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Noviembre del 2013.

Tannya Lucía Gallo Castillo

David René Herrera Zambrano

DEDICATORIA

Este proyecto esta dedicado a tres personas, por su alentador compromiso para el desarrollo del mismo. En primer lugar a Dios por permitirme empezar de nuevo regalándome todos estos años de mi vida, haciendo que cada día mejore todos los aspectos que con lleva ser una buena profesional. Sin Él nada es posible porque ha sido mi luz, mi camino y mi sabiduría.

En segundo lugar dedico este proyecto a mi hermana Daniela quién significa mucho para mí, a ti todo mi esfuerzo sintetizado en estas líneas gracias por ser mi compañía, mi respaldo y aquella persona que confió en mi.

Finalmente quiero dedicar mi tesis a David Herrera, gracias a Él este proyecto pudo hacerse realidad a sus interminables horas de dedicación y esmero. Quién se ha mantenido enérgico, positivo, animándome y proporcionándome con tacto, respuestas y soluciones al trabajo realizado. A pesar de la considerable cantidad de tiempo, esfuerzo y atención que este proyecto nos ha costado, siempre ha apoyado maravillosamente mi intelecto, tanto con palabras como con acciones.

Lucía.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de creer en lo que soy y en lo que tengo por enviarme a cumplir mis sueños, plasmarlos en este proyecto y tener la libertad de hacer de mi vida lo que quiero ser.

A David Herrera, quién con su esfuerzo y dedicación pudo ayudarme a concretar y realizar este proyecto apoyandomé, siendo siempre el mejor compañero alentandomé y venciendo todas las adversidades Dios le Pague corazón.

A mis padres, quienes me apoyaron económicamente en toda mi carrera Universitaria e inculcaron en mí el poder de la superación.

A mis hermanos, Daniela y Félix a quienes les extraño mucho pero en nuestra convivencia pasamos buenos momentos.

A mi abuelito Luis, quién mediante la lectura me incentivo una cultura de educación y buenos hábitos.

A mi tío Juan, quién en un escritorio mando sus mejores deseos, todas mis tareas las realice en su construcción cumpliendo así un sueño, hoy puedo decir que lo logré.

A la Escuela Politécnica del Ejército, quién puso en mis manos todas las herramientas de aprendizaje, mediante esta entidad se cumple uno de mis anhelos más ambiciosos lo cual considero el primer escalón para una vida llena de éxitos.

Lucía.

DEDICATORIA

El presente proyecto principalmente esta dedicado a Dios por darme la oportunidad de vivir y la fuerza para alcanzar mi sueño de ser ingeniero, a mi abuelita Elsa Rubio el ser más importante en mi vida por su apoyo incondicional, por siempre confiar en mí, a Lucia Gallo quién con su apoyo, comprensión y ayuda nunca desmayo en el proceso de realización de nuestra tesis, a mis padres Rene y Silvia por apoyarme en mis estudios, a mi abuelito Luis Zambrano por ser ejemplo de humildad, a mi hermano Yordano Herrera por ser una inspiración de vida para mí, a toda mi familia Doris, Elsa, Juan, Llallo, Johanna, Cristian, Robert, Andrés, Juan Diego, Anabel, Juan Luis les quiero mucho son la mejor familia que puede existir.

A mis abuelitos Jorge y Laura, a mis primos Adrian Humanante y Adrian Zambrano por desde el cielo enviarme apoyo y mucha fuerza.

DAVID

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por permitirme dar una alegría a mi familia y poder despertar y respirar cada día por sus bendiciones y por estar a mi lado siempre, a mi abuelita Elsa Rubio por siempre estar presente en mi proceso de crecimiento personal, a Lucia Gallo por su comprensión y ayuda, a mis padres por apoyarme en mi educación y a toda mi familia por estar presente en mi vida son lo mejor les quiero.

A los ingenieros Edwin Pruna y Galo Avila que con su paciencia, comprensión y acertada ayuda permitieron que terminemos con felicidad el proyecto.

A todos los docentes de mi vida estudiantil que de alguna manera supieron formarme como persona y me supieron brindar desinteresadamente sus conocimientos.

DAVID

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	ii
CERTIFICADO.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO 1.....	1
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	1
1.1 REDES COMUNICACIONES INDUSTRIALES.....	1
1.1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.2 UN POCO DE HISTORIA.....	2
1.2 BUSES DE CAMPO.....	5
1.2.1 INTRODUCCIÓN.....	5
1.2.2 VENTAJAS DE LOS BUSES DE CAMPO.....	7
1.2.3 ALGUNOS BUSES ESTANDARIZADOS.....	8
1.3 PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE).....	14
1.3.1 INTRODUCCIÓN.....	14
1.4 CONTROL PID.....	16
1.4.1 CONTROLADOR PID.....	16
1.4.2. AJUSTE EMPÍRICO DEL CONTROLADOR PID.....	17
1.5 MODBUS.....	18
1.5.1 INTRODUCCIÓN.....	18
1.6 MODBUS CON RS485.....	21
1.7 ROUTER WIRELESS.....	22
1.8 CARACTERÍSTICAS DE MODBUS.....	23
1.8.1 ESTRUCTURA DE LA RED.....	24
1.9 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	25

1.10 FACTORYTALK VIEW ME.....	26
1.10.1 INTRODUCCIÓN.....	26
1.10.2 RSVIEW32.....	26
1.10.3 FACTORYTALK VIEW SE.....	27
1.10.4 FACTORYTALK VIEW ME.....	27
1.11 ESTACIONES DE PROCESOS.....	32
1.11.1 ESTACIÓN DE FLUJO.....	33
1.11.2 ESTACIÓN DE PRESIÓN.....	35
1.11.3 ESTACIÓN DE NIVEL.....	36
CAPÍTULO 2.....	39
DISEÑO DE LA RED INDUSTRIAL	39
2.1 TOPOLOGÍAS DE RED.....	39
2.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES.....	40
2.3 MÓDULO 1761 NETAIC.....	41
2.3.1 DESCRIPCIÓN.....	41
2.3.2 MODOS DE OPERACIÓN.....	43
2.3.3 CARACTERÍSTICAS.....	43
2.3.4 CONEXIÓN DEL MÓDULO 1761 NET-AIC.....	44
2.3.5 CABLEADO A LOS PUERTOS DE RED.....	45
2.4 ROUTER WIRELESS D-LINK 600.....	48
2.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HARDWARE.....	49
2.4.2 CARACTERÍSTICAS.....	50
2.5 PLC ALLEN BRADLEY COMPACTLOGIX 1769-L32E.....	51
2.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PLC COMPACTLOGIX 1769-L32E.....	51
2.5.2 CARACTERÍSTICAS DEL CONTROLADOR 1769-L32E.....	51
2.6 CABLE Y CONECTORES PARA MODBUS.....	55
2.7 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INDUSTRIAL MODBUS.....	55
2.7.1 PROGRAMACIÓN DE LOS PLCs COMPACTLOGIX L32E.....	56
2.8 CONTROL PID DE LAS ESTACIONES DE PROCESOS.....	66

2.9 MONTAJE DE CABLE PARA RED MODBUS RTU.....	72
2.10 CONFIGURACIÓN MAESTRO-ESCLAVO.....	72
2.10.1 MAESTRO RED MODBUS.....	72
2.10.2 ESCLAVO MODBUS.....	73
2.11 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	73
2.12 SOFTWARE PARA DISEÑO HMI FACTORYTALK VIEW ME.....	75
2.12.1 SELECCIÓN DE LA APLICACIÓN.....	75
2.12.2 DISEÑO HMI.....	77
2.12.3 SERVIDOR DE DATOS.....	80
2.12.4 SERVIDOR DE HISTÓRICOS.....	83
2.12.5 CONFIGURACIÓN DE ALARMAS.....	84
CAPÍTULO 3.....	86
PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	86
3.1 HARDWARE.....	86
3.2 COMUNICACIÓN DEL PLC CON LA COMPUTADORA.....	86
3.2.1 COMUNICACIÓN DEL PLC CON LOS MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA ANALÓGICA.....	87
3.2.2 COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL MÓDULO CONVERSOR 1761 NET-AIC.....	91
3.2.3 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DEL PLC CON LA PC MAESTRA.....	92
3.3 SOFTWARE.....	94
3.4 RED MODBUS.....	99
3.4.1 MAESTRO MODBUS.....	99
3.5 CONTROL PID.....	103
CAPÍTULO 4.....	105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
4.1 CONCLUSIONES.....	105
4.2 RECOMENDACIONES.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Comparaciones entre los principales estándares de 802.11...	23
Tabla 2.1. Conexiones para cable Belden # 3106A.....	47
Tabla 2.2. Conexión con cable UTP.....	47
Tabla 2.3. Definición de bits para los tags de configuración desde el canal 0 al 3.....	62
Tabla 2.4. Configuration DataFile.....	65
Tabla 2.5. Rango de las Estaciones de Procesos.....	66

TABLAS ANEXOS

Tabla B1. Explicación de los diferentes parámetros en el PLC MAESTRO para que administre una RED MODBUS RTU.....	134
Tabla B2. Activación y parametrización de comandos MODBUS.....	135
Tabla B3. Descripción de los comandos MODBUS soportado por el programa.....	136
Tabla B4. Descripción de los parámetros a configurar en el Controlador que servirá como ESCLAVO en la RED MODBUS RTU....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1 Modelo de integración de Schneider Electric.....	1
Figura 1.2 Control Centralizado.....	3
Figura 1.3 Control Distribuido.....	4
Figura 1.4 Arquitectura de un PLC.....	15
Figura 1.5 Secuencia de bits en modo RTU con y sin chequeo de paridad.....	20

Figura 1.6 Trama MODBUS RTU.....	20
Figura 1.7 Tren de pulsos MODBUS RTU.....	21
Figura 1.8 Configuración MODBUS sobre un par de cobre.....	21
Figura 1.9 Selección del tipo de aplicación.....	28
Figura 1.10 Ventana principal de FACTORYTALK VIEW.....	28
Figura 1.11 Toolbars (Barra de herramientas).....	29
Figura 1.12 Barra de herramientas adicionales cuando se abre un gráfico en la pantalla.....	29
Figura 1.13 Pantalla del explorador.....	31
Figura 1.14 Abrir y cerrar carpetas.....	31
Figura 1.15 Estaciones de instrumentación y control de procesos	33
Figura 1.16 Estación de instrumentación y de Procesos de Flujo.....	34
Figura 1.17 Estación de instrumentación y de Procesos de Presión.....	36
Figura 1.18 Estación de instrumentación y de Procesos de Nivel.....	37

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Alternativas de Topología en MODBUS: a) Daisy Chain b) Troncal con derivaciones.....	39
Figura 2.2 Puertos de comunicación del módulo 1761 NET-AIC.....	42
Figura 2.3 Descripción de pines de los diferentes puertos de comunicación del módulo 1769 NET-AIC.....	43
Figura 2.4 Interfaz 1761 NET-AIC y su esquema de conexión.....	45
Figura 2.5 Conexión de la red con el conector PATHCORD PHOENIX...	46
Figura 2.6 Conexión solo del cable.....	46
Figura 2.7 Conexión de cable para múltiples dispositivos.....	46
Figura 2.8 Puentes necesarios en los conectores PHOENIX ubicados en los extremos de la red.....	48
Figura 2.9 Vista frontal del Router.....	49
Figura 2.10 Vista posterior del Router.....	50
Figura 2.11 Características principales del PLC.....	52

Figura 2.12 Configuración en BOOTH-DHCP.....	53
Figura 2.13 Selección del Tipo de Comunicación.....	56
Figura 2.14 Nombre del driver de Comunicación.....	57
Figura 2.15 Configuración del Driver.....	57
Figura 2.16: Visualización de la comunicación con los Controladores.....	58
Figura 2.17: Aplicación BOOTP-DHCP.....	58
Figura 2.18: Parámetros del Nuevo Controlador.....	59
Figura 2.19: Nuevo Módulo de entradas Análogas.....	60
Figura 2.20: Datos del Módulo de entradas Análogas.....	60
Figura 2.21: Tags de configuración del Controlador.....	61
Figura 2.22: Modo de conexión del módulo 1769-IF4 al transmisor del proceso.....	63
Figura 2.23: Selección de módulo 1769 Module Genérico.....	64
Figura 2.24: Propiedades del Nuevo Módulo.....	64
Figura 2.25: Tags de configuración para nuevo módulo de salidas analógicas.....	65
Figura 2.26: Disposición de los Tags en el software RSLogix.....	66
Figura 2.27: Programación en lógica LADDER en la ventana Main Routine.....	67
Figura 2.28: Creación de Tags en RSLogix 5000.....	68
Figura 2.29: Ajuste de PID en la opción Configuración.....	68
Figura 2.30: Valores Máximos y Mínimos para variable del proceso (PV), variable de control (CV), unidad de ingeniería y valor retenid.....	69
Figura 2.31: Creación de nueva rutina.....	70
Figura 2.32: Programa de la Subrutina para escalar variable.....	70
Figura 2.33: Crear nueva tendencia.....	71
Figura 2.34: Asignación de los Tags para graficar en la tendencia.....	71
Figura 2.35: Gráfico de la tendencia del proceso utilidad de RSLogix 5000.....	72
Figura 2.36: Selección del driver de comunicación con RSLinx Classic.....	74

Figura 2.37: Comprobación de la comunicación entre el computador y la red Inalámbrica del Router conectado al controlador.....	74
Figura 2.38: Comunicación del RSLinx Classic al PLC Maestro.....	75
Figura 2.39: Selección del tipo de aplicación Machine Edition.....	76
Figura 2.40: Ventana para desarrollo de HMIs.....	76
Figura 2.41: Crear nueva pantalla HMI.....	77
Figura 2.42: Pantallas prediseñadas de la carpeta Displays.....	78
Figura 2.43: Pantallas prediseñadas de la carpeta LIBRARIES.....	79
Figura 2.44: Crear y configurar Tags.....	80
Figura 2.45: Propiedades de la ventana del servidor OPC.....	81
Figura 2.46: Crear nueva TOPIC CONFIGURATION.....	82
Figura 2.47: Vinculación de los Tags del PLC.....	83
Figura 2.48: Configuración del servidor de históricos DATALOG.....	84
Figura 2.49: Ventana de configuración de Alarmas.....	85

CAPÍTULO 3

Figura 3.1: Comunicación errónea con el Controlador.....	87
Figura 3.2: Leds indicadores de que los módulos están funcionando correctamente.....	88
Figura 3.3: Listado de módulos donde el módulo 1769-OF4 no existe....	88
Figura 3.4: Configuración del Módulo como Genérico.....	89
Figura 3.5: Disposición de los datos WORD (INT).....	90
Figura 3.6. Disposición de los datos en RSLogix 5000.....	90
Figura 3.7: Bits para configurar que el módulo escale y genere la señal deseada.....	91
Figura 3.8: Cableado e indicación de cada led del PLC y el módulo 1769 NETAIC.....	92
Figura 3.9: ROUTER WIRELESS: 1. Led indicador de encendido 2. Led indicador de comunicación inalámbrica activa 3. Led indicador de que un dispositivo ETHERNET está conectado.....	93

Figura 3.10: PING al PLC MAESTRO.....	94
Figura 3.11: Grupos y Usuarios para los HMI en FactoryTalk.....	95
Figura 3.12. Pantalla DIAGNÓSTICO que informa lo que ocurra mientras se ejecuta el proyecto.....	96
Figura 3.13: Pantalla ALARMA que informa que alarma esta ocurriendo.....	96
Figura 3.14: Pantalla que muestra el HISTÓRICO de las alarmas ocurridas y el momento cuando se las reconoció.....	97
Figura 3.15: Maneras de ingresar el SETPOINT.....	98
Figura 3.16: Pantalla TENDENCIA de los procesos.....	98
Figura 3.17: Valores en porcentaje de la variable del Proceso de Presión.....	99
Figura 3.18: Configuración de comando MODBUS en el PLC MAESTRO.....	100
Figura 3.19: Escritura del registro desde el PLC Maestro al esclavo....	101
Figura 3.20. Configuración de comando MODBUS en el PLC Maestro.....	102
Figura 3.21: Lectura del registro desde el PLC Maestro al Esclavo.....	103

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo principal básicamente realizar una RED Industrial MODBUS RTU para recolectar los datos de cada estación de Presión, Flujo y Nivel e inalámbricamente con un HMI en la computadora MAESTRA controlar y monitorear las estaciones de procesos industriales del laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos.

Para el presente proyecto se utilizó PLCs COMPACT LOGIX 1769-L32E que son los dispositivos que principalmente realizan el control PID de cada estación para después mediante el módulo 1761 NET-AIC implementar la RED MODBUS RTU para llevar los datos hacia el PLC MAESTRO donde con la ayuda de una RED INALÁMBRICA creada con un ROUTER WIRELESS permitió de manera remota realizar el control y el monitoreo desde una computadora MAESTRA a través de un HMI diseñado en FACTORYTALK VIEW ME tratando que sea lo más intuitivo posible y de entorpecer las pantallas con elementos no importantes.

Además se verifica que el software propietario permite de una manera sencilla diseñar, implementar y programar los controladores ALLEN BRADLEY, como también la RED MODBUS RTU, para la realización del proyecto se eligió los dispositivos más simple posibles ya que existen módulos que permiten una fácil implementación y configuración de la RED pero son muy costosos como para utilizar de forma didáctica.

La RED INALÁMBRICA mediante ROUTER WIRELESS fue la manera más sencilla y económica de monitorear y controlar remotamente las estaciones de procesos industriales.

ABSTRAC

The principal aim of the project is basically to perform a Industrial Network MODBUS RTU to collect the data of each station pressure, flow and level and wirelessly with a HMI in the MASTER computer achieve control and monitor the Industrial process stations of laboratory of Industrial Network and process control.

For this project we use COMPACT LOGIX 1769-L32E PLC which are devices that primarily perform PID control for each station after using the NET-AIC 1761 RED implement MODBUS RTU to bring data to the PLC MASTER where with the help created a WIRELESS NETWORK WIRELESS ROUTER allowed a remotely perform control and monitoring from a MASTER computer right through an HMI designed FACTORYTALK VIEW ME trying to be as intuitive as possible trying not to hinder the screens with important elements .

Further verified that the proprietary software help us to the simple to desing, implement and program the ALLEN BRADLEY controllers and create MODBUS RTU NETWORK

The WIRELESS NETWORK through WIRELESS ROUTER was the most simple and cheaper way to control and monitor WIRELESSLY the industrial process stations.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. REDES COMUNICACIONES INDUSTRIALES

1.1.1. INTRODUCCIÓN ¹

Desde la primera máquina automatizada a base de componentes electromecánicos hasta las grandes instalaciones compuestas por multitud de máquinas de trabajo coordinado, existe un denominador común que, en mayor o menor medida, siempre ha estado presente: la relación de la máquina con su entorno.

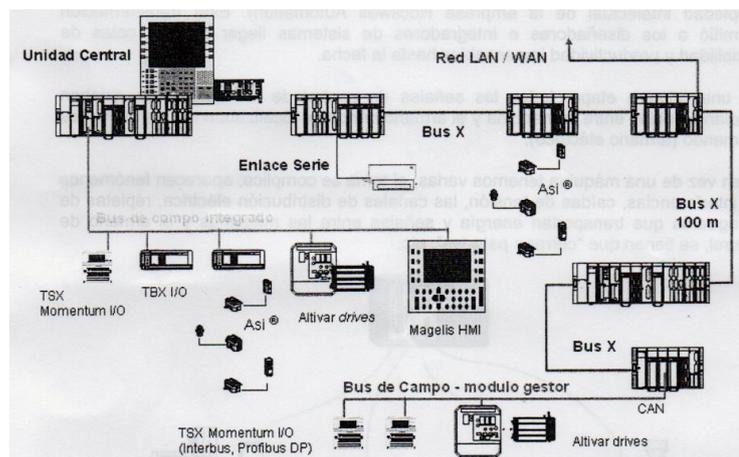


Figura 1.1: Modelo de integración de Schneider Electric.

¹ Tomado del Libro: Comunicaciones Industriales Guía Práctica, A. Rodríguez, Editorial Marcombo, Barcelona, 2008

1.1.2. Un poco de historia

Una máquina aislada no deja de necesitar información de su entorno para poder trabajar correctamente (finales de carrera, detectores, sistemas de medida, etc).

En cuanto se empieza a utilizar señales en un sistema o máquina, será necesario coordinar los diferentes componentes para poder obtener un resultado productivo. Al agrupar varias máquinas para realizar un trabajo determinado, estas deben comunicarse entre sí para conseguir un resultado fruto de ese agrupamiento.

Hasta los años 60, el control industrial se venía realizando mediante lógica cableada a base de relés electromecánicos. Desde entonces, el desarrollo de la electrónica ha hecho posible la implantación de los dispositivos con microprocesador, también llamados Automatas Programables o Controladores Lógicos (las siglas PLC son propiedad intelectual de la empresa Rockwell Automation). Esta transformación permitió a los diseñadores e integradores de sistemas llegar a unas cotas de flexibilidad y productividad impensables hasta la fecha.

En una primera etapa, todas las señales de control de un sistema se guiaban mediante cables entre máquina y el armario donde se localizaban los componentes de mando (armario eléctrico).

Si en vez de una máquina se tiene varias, el tema se complica; aparece fenómenos de interferencias, caídas de tensión, los canales de distribución eléctrica, repletas de mangueras que transportan energía y señales entre máquinas y el armario de control, se vuelve inaccesible, etc.

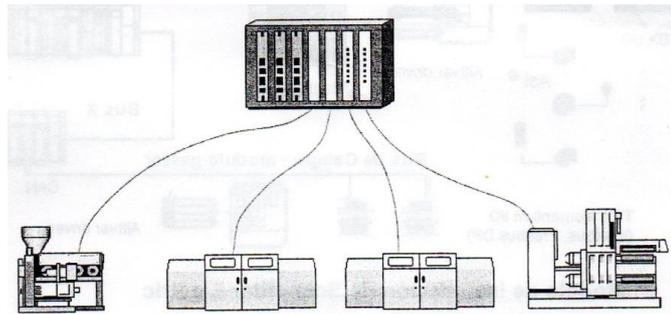


Figura 1.2: Control Centralizado.

Cuando la máquina alcanza una determinada medida, el volumen de cableado y su complejidad empiezan a ser considerables, con todo lo que esto implica, mano de obra, mayor cantidad de material, menor tiempo entre fallos (MTBF, Medium Time Between Fails), mantenimiento más complicado, etc.

El concepto anterior es, a grandes rasgos, lo que se conoce como Control Centralizado; todos los mensajes y las órdenes tienen un punto focal único.

La necesidad de simplificar las instalaciones y de reducir los costos de mantenimiento de las mismas dió lugar a que sistemas de producción complejos se dividiesen en subsistemas más sencillos, dedicados a tareas específicas y gobernadas por controladores propios.

La aparición de los autómatas programables (PLC, Programable Logic Controllers) permitió reducir en gran medida la cantidad de material necesario para conseguir controlar una máquina; los controles se programan en su interior y las modificaciones de funcionamiento no significan necesariamente cambios físicos y, además, el tiempo necesario para el mantenimiento se reduce.

Las señales entre periferia y control, inicialmente de tipo analógico y de punto a punto, gracias al desarrollo de la electrónica digital y el auge de los microprocesadores, se convierten en un conjunto de señales capaces de transportar esa información mediante un único medio de transmisión (Bus de Campo) gracias a un Protocolo de Comunicación que permite que esa señal (por ejemplo, sensor activado) pueda hacerse llegar donde interese.

La posibilidad de conectar los autómatas entre sí, además, permitió eliminar casi todo el cableado de control entre máquinas, quedando solamente una línea de comunicación entre ellas, a través de la cual se podía coordinar el funcionamiento de todos los componentes de un sistema. Otras de las ventajas fueron la posibilidad de la programación a distancia, supervisión remota, diagnósticos de todos los elementos conectados, modularidad, acceso a la información de forma prácticamente instantánea, etc. Todo esto hace que el sistema sea más fiable y menos costoso, pues los elementos de control no necesitan ser tan complejos.

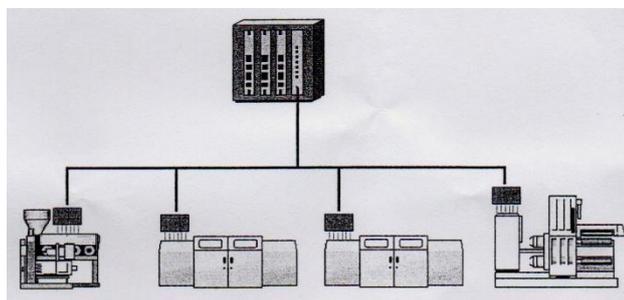


Figura 1.3: Control Distribuido.

Estas líneas de comunicación son lo que se llama Buses de Campo, permiten unir todos los elementos de control necesarios de forma que puedan intercambiar mensajes entre ellos. Esta idea se conoce como control distribuido; un sistema complejo se divide en subsistemas

autónomos con control propio, que se integran gracias a un sistema de comunicación común.

Además, toda la información generada puede almacenarse en bases de datos y ser accesibles a cualquier nivel dentro del organigrama de la empresa, permitiendo planear y evaluar estrategias de manera integral, dentro de los cuales se integran elementos tales como datos de procesos productivos, recursos humanos, tecnologías, logísticas, etc., creándose un nuevo tipo de estructura de producción: el sistema CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Todo esto es posible gracias a que se han determinado toda una serie de reglas para realizar el intercambio de información: el lenguaje debe ser explícito, sin ambigüedades el vocabulario debe ser conocido por todos los interlocutores, y las normas “de cortesía” deben respetarse a cabalidad.

El responsable de esta normalización es la ISO (International Standards Organization), que ha definido toda una serie de normas en el modelo OSI (Open Standards Interconnection).

1.2. BUSES DE CAMPO

1.2.1. INTRODUCCIÓN ²

En la industria actual se llevan a cabo múltiples procesos que si bien algunos pueden llevarse a cabo de manera independiente, existen muchos otros que necesitan de datos correspondientes al mismo sistema por lo que surge la necesidad de la comunicación entre los equipos y con

² Tomado de internet: Protocolo de Comunicación, Interface Hombre Máquina URL: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/171/4/Cap%203.pdf>

el operador. Con la complejidad que adquirieron los procesos fue necesario el intercambio de una mayor cantidad de datos, lo cual hacía inviable la cantidad de elementos (como válvulas o cables). Con el objetivo de simplificar estas comunicaciones y de hacerlas más eficientes se aplicó la idea de los buses de datos, en donde toda la información del sistema viaja en un grupo de conductores en forma de señales digitales.

En principio la limitante de esta clase de comunicaciones se hallaba en la conversión de variables analógicas como presión o temperatura en una señal digital. Con el avance de la tecnología ya se encuentran disponibles en el mercado todos los instrumentos capaces de realizar esta tarea, por lo que la idea de un bus de datos se hace atractiva a la hora de controlar un proceso industrial complejo.

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información que simplifica considerablemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

Estos buses de campo típicamente son digitales, bidireccionales, montadas sobre un bus en serie, en donde se encuentran conectados los diferentes dispositivos. Cada dispositivo será encargado de realizar funciones de auto diagnóstico, monitoreo, control, mantenimiento, así como de comunicarse entre sí por medio del bus de campo. Los requisitos de los distintos buses de campo para la utilización en la industria son: la demanda de alta seguridad, la necesidad o posibilidad de funcionar en área altamente peligrosas así como que sean sistemas abiertos y extendibles.

1.2.2. VENTAJAS DE LOS BUSES DE CAMPO ³

La principal ventaja que ofrecen los buses de campo, y la que los hace más atractivos a los usuarios finales, es la reducción de costos. El ahorro proviene fundamentalmente de tres fuentes: ahorro en costo de instalación, ahorro en el costo de mantenimiento y ahorros derivados de la mejora del funcionamiento del sistema. Una de las principales características de los buses de campo es su significativa reducción en el cableado necesario para el control de una instalación. Cada componente sólo requiere un cable para la conexión de los diversos nodos. Se estima que puede ofrecer una reducción de 5 a 1 en los costos de cableado. En comparación con otros tipos de redes, dispone de herramientas de administración del bus que permiten la reducción del número de horas necesarias para la instalación y puesta en marcha.

El hecho de que los buses de campo sean más sencillos que otras redes de uso industrial como por ejemplo MAP, hace que las necesidades de mantenimiento de la red sean menores, de modo que la fiabilidad del sistema a largo plazo aumenta.

Los buses de campo ofrecen mayor flexibilidad al usuario en el diseño del sistema.

También hay que tener en cuenta que las prestaciones del sistema mejoran con el uso de la tecnología de los buses de campo debido a la simplificación en la forma de obtener información de la planta desde los distintos sensores.

³ Tomado de Internet: Redes locales en entornos industriales Buses de campo, A. Sirgo, URL: <http://www.isa.uniovi.es/docencia/redes/Apuntes/tema9.pdf>

Las mediciones de los distintos elementos de la red están disponibles para todos los demás dispositivos. La simplificación en la obtención de datos permitirá el diseño de sistemas de control más eficientes.

Otra ventaja de los buses de campo es que sólo incluyen 3 capas (Física, Enlace y Aplicación), y un conjunto de servicios de administración. El usuario no tiene que preocuparse de las capas de enlace o de aplicación, sólo necesita saber cual es funcionalidad. Al usuario sólo se le exige tener un conocimiento mínimo de los servicios de administración de la red, ya que parte de la información generada por dichos servicios puede ser necesaria para la reparación de averías en el sistema. De hecho, prácticamente, el usuario sólo debe preocuparse de la capa física y la capa de usuario.

1.2.3. ALGUNOS BUSES ESTANDARIZADOS ⁴

a. PROFIBUS

Profibus se desarrolló bajo un proyecto financiado por el gobierno alemán. Está normalizado en Alemania por DIN E 19245 y en Europa por EN 50170. El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de importantes fabricantes como ABB, AEG, Siemens, Klöckner-Moeller. Existen tres perfiles:

- Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales.

⁴ Tomado de Internet de: Análisis Del Estado Del Arte De Los Buses De Campo Aplicados Al Control De Procesos Industriales, H. Kaschel y E. Pinto, Chile.

- Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 1 15 8-2, seguridad intrínseca).
- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización.

Utiliza diferentes capas físicas. La más importante, en PROFIBUS DP, está basada en EIA RS-485. Profibus PA utiliza la norma IEC 11158-2 (norma de comunicación síncrona entre sensores de campo que utiliza modulación sobre la propia línea de alimentación de los dispositivos y puede utilizar los antiguos cableados de instrumentación 4-20 mA) y para el nivel de proceso se tiende a la utilización de Ethernet. También se contempla la utilización de enlaces de fibra óptica. Existen puentes para enlace entre diferentes medios, además de gateways que permiten el enlace entre perfiles y con otros protocolos.

Profibus DP prescinde de los niveles ISO 3 a 6 y la capa de aplicación ofrece una amplia gama de servicios de diagnóstico, seguridad, protecciones etc. Es una capa de aplicación relativamente compleja debido a la necesidad de mantener la integridad en el proceso de paso de testigo (un y sólo un testigo)

Profibus FMS es una compleja capa de aplicación que permite la gestión distribuida de procesos al nivel de relación entre células dan posibilidad de acceso a objetos, ejecución remota de procesos etc.

Las distancias potenciales de bus van de 100 m a 24 Km (con repetidores y fibra óptica). La velocidad de comunicación puede ir de 9600 bps a 12 Mbps. Utiliza mensajes de hasta 244 bytes de datos.

b. DeviceNet

Bus basado en CAN, su capa física y capa de enlace se basan en ISO 11898, y en la especificación de Bosh 2.0. DeviceNet define una de las más sofisticadas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN.

DeviceNet fue desarrollado por Allen-Bradley a mediados de los noventa, posteriormente pasó a ser una especificación abierta soportada en la ODVA (Open DeviceNet Vendor Association), cualquier fabricante puede asociarse a esta organización y obtener especificaciones, homologar productos, etc.

Es posible la conexión de hasta 64 nodos con velocidades de 125 Kbps a 500 Kbps en distancias de 100 a 500 metros.

Utiliza una definición basada en orientación a objetos para modelar los servicios de comunicación y el comportamiento externo de los nodos. Define mensajes y conexiones para funcionamiento maestro-esclavo, interrogación cíclica, "strobing" o lanzamiento de interrogación general de dispositivos, mensajes espontáneos de cambio de estado, comunicación uno-uno, modelo productor-consumidor, carga y descarga de bloques de datos y ficheros etc.

DeviceNet ha conseguido una significativa cuota de mercado. Existen más de 300 productos homologados y se indica que el número de nodos instalados superaba los 300.000 en 1998. Está soportado por numerosos fabricantes: Allen-Bradley, ABB, Danfoss, Crouzet, Bosh, Control Techniques, Festo, Omron, .etc.

c. FOUNDATION FIELDBUS

Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación (Fisher-Rosemount, Foxboro, etc). En la actualidad existe una asociación de fabricantes que utilizan este bus, que gestiona el esfuerzo normalizador, la Fieldbus Foundation.

En su nivel H1 (uno) de la capa física sigue la norma IEC 11158-2 para comunicación a 31,25 Kbps, es por tanto, compatible con Profibus PA, su principal contendiente. Se soporta sobre par trenzado y es posible la reutilización de los antiguos cableados de instrumentación analógica 4-20 mA. Se utiliza comunicación síncrona con codificación Manchester Bifase.

La capa de aplicación utiliza un protocolo sofisticado, orientado a objetos con múltiples formatos de mensaje. La codificación de mensajes se define según ASN.1.

El nivel H2 (dos) está basado en Ethernet de alta velocidad (100 Mbps) y orientado al nivel de control de la red industrial.

d. LONWORKS

La empresa Echelon comercializa el bus de campo LonWorks basado en el protocolo LonTalk y soportado sobre el NeuronChip. Son dirigidos al mercado del control distribuido en domótica, edificios inteligentes, control industrial etc.

El protocolo LonTalk cubre todas las capas OSI. El protocolo se soporta en hardware y firmware sobre el NeuronChip. Se trata de un microcontrolador que incluye el controlador de comunicaciones y toda una capa de firmware que, además de implementar el protocolo, ofrece una

serie de servicios que permiten el desarrollo de aplicaciones en el lenguaje Neuron C.

La red Lonworks ofrece una variada selección de medios físicos y topologías de red: par trenzado en bus, anillo y topología libre, fibra óptica, radio, transmisión sobre red eléctrica etc. El soporte más usual es par trenzado a 38 ó 78 Kbps.

e. INDUSTRIAL ETHERNET

La norma IEEE 802.3 basada en la red Ethernet de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. En la actualidad se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Es indudable esa penetración. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles superiores. En todo caso se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales:

- El intrínseco indeterminismo de Ethernet se aborda por medio de topologías basadas en conmutadores. En todo caso esas opciones no son gratuitas.
- Se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura etc. La tarjeta adaptadora Ethernet empieza a encarecerse cuando se la dota de robustez para un entorno industrial.

Parece difícil que Ethernet tenga futuro a nivel de sensor, aunque puede aplicarse en nodos que engloban conexiones múltiples de entrada-salida.

Como conclusión Ethernet está ocupando un área importante entre las opciones para redes industriales, pero parece aventurado afirmar, como se ha llegado a hacer, que pueda llegar a involucrarse en los niveles bajos de la pirámide CIM.

f. ASI

AS-I (Actuator Sensor Interface) es un bus de campo desarrollado inicialmente por Siemens, para la interconexión de actuadores y sensores binarios. Actualmente está recogido por el estándar IEC TG 17B.

A nivel físico, la red puede adoptar cualquier tipo de topología: estructura en bus, en árbol, en estrella o en anillo. Permite la interconexión de un máximo de 31 esclavos. La longitud máxima de cada segmento es de 100 metros.

Dispone de repetidores que permiten la unión de hasta tres segmentos, y de puentes hacia redes Profibus. Como medio físico de transmisión, emplea un único cable que permite tanto la transmisión de datos como la alimentación de los dispositivos conectados a la red. Su diseño evita errores de polaridad al conectar nuevos dispositivos a la red. La incorporación o eliminación de elementos de la red no requiere la modificación del cable. El cable consta de dos hilos sin apantallamiento. Para lograr inmunidad al ruido, la transmisión se hace basándose en una codificación Manchester.

g. CONTROLNET

Bus de alta velocidad (5 Mbps) y distancia (hasta 5 Km), muy seguro y robusto promovido por Allen-Bradley. Utiliza cable RG6/U (utilizado en televisión por cable) y se basa en un controlador ASIC de Rockwell.

No es soportado por muchos fabricantes y resulta de elevado precio por nodo. Se ha utilizado para interconexión de redes de PLCs y computadores industriales en aplicaciones de alta velocidad y ambientes muy críticos.

h. HART

Es un protocolo para bus de campo soportado por la HART Communication Foundation y la Fieldbus Foundation, su campo de aplicación básico es la comunicación digital sobre las líneas analógicas clásicas de los sistemas de instrumentación, manteniendo éstas en servicio. Sus prestaciones como bus de campo son reducidas.

Utiliza el bus analógico estándar 4-20 mA. sobre el que transmite una señal digital modulada en frecuencia (modulación FSK 1200-2200 Hz). Transmite a 1200 bps manteniendo compatibilidad con la aplicación analógica inicial y sobre distancias de hasta 3 Km. Normalmente funciona en modo maestro-esclavo.

1.3. PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE) ⁵

1.3.1. INTRODUCCIÓN

Un Controlador Lógico Programable (PLC), es un microprocesador de aplicación específica para el control de procesos industriales.

Un PLC es una unidad de control que incluye total o parcialmente las interfaces con las señales de proceso.

⁵ Tomado de Internet: Introducción a los Controladores Lógicos Programables, URL: http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/digital_I/Apunte_PLC.pdf

Otra característica de un PLC es su hardware estándar con capacidad de conexión directa a las señales de campo (valores de tensión y corriente industriales, transductores, sensores, etc.) y programable por el usuario.

Ventajas:

- Flexibilidad en la implementación (ampliación, modificación y depuración).
- Permite el uso por parte de idóneos (no especialistas).
- Gran rendimiento y sofisticación si lo usan especialistas.
- Comunicación con otros PLCs y con computadoras de procesos.
- Gran robustez para uso industrial (polvo, temperatura, humedad, vibraciones, ruido, etc).

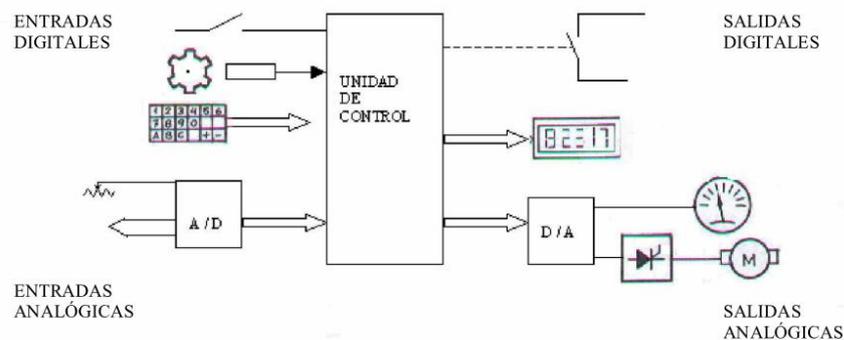


Figura 1.4: Arquitectura de un PLC.

1.4. CONTROL PID⁶

1.4.1. CONTROLADOR PID

Todos los modos de control, tanto como el simple controlador On/Off, usan la misma señal de error. Sin embargo, cada uno de ellos usa diferentes caminos:

- El modo de control On/Off usa información sobre la presencia del error.
- El modo proporcional usa información sobre la magnitud del error.
- El modo integral usa información sobre el error promedio en un período de tiempo.
- El modo derivativo usa información sobre la velocidad en el cambio del error.

En todos los casos, el objetivo es mantener a la variable controlada tan cerca al punto de referencia como sea posible.

Si se puede obtener el modelo matemático del proceso, entonces es posible aplicar varias técnicas para determinar los parámetros de este cumpliendo con las especificaciones transitorias y de estado estacionario del sistema de control de lazo cerrado.

Los miembros de la familia de controladores PID, incluyen tres acciones: proporcional (P), integral (I) y derivativa (D). Estos controladores son los denominados P, I, PI, PD y PID.

⁶ Tomado de Internet: Diseño del Controlador PID, T.Álamo, URL: http://www.esi2.us.es/~alamo/Archivos/Certificaciones/Sec_9_Otras_Publicaciones/Docente/AlamoPIDTotal.pdf

PID: acción de control proporcional-integral-derivativa, esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales.

1.4.2. Ajuste empírico del controlador PID

Una vez que se ha determinado el tipo de controlador que se va a implementar, se debe efectuar el ajuste de los parámetros (sintonía) para que la respuesta del sistema en lazo cerrado tenga unas características determinadas (criterio de sintonía). El ajuste de parámetros se convierte así en una tarea muy frecuente en plantas industriales, no solo en los trabajos de puesta en marcha, sino también cuando se detectan cambios sustanciales de comportamiento en el proceso controlado. En las primeras aplicaciones de control PID, el ajuste se basaba únicamente en la propia experiencia del usuario o en métodos analíticos. En 1942, Ziegler y Nichols propusieron técnicas empíricas que tuvieron buena aceptación, y que han servido de base a métodos más recientes.

Los métodos empíricos o experimentales de ajuste de parámetros están especialmente orientados al mundo industrial, donde existen grandes dificultades para obtener una descripción analítica de los procesos. Estos métodos constan fundamentalmente de dos pasos:

- Estimación de ciertas características de la dinámica del proceso a controlar.
- Cálculo de los parámetros del controlador. Para ello se aplican las fórmulas de sintonía, que son relaciones empíricas entre los parámetros del controlador elegido y las características del proceso estimadas en el paso anterior.

1.5. MODBUS ⁷

1.5.1. INTRODUCCIÓN

Modbus es un protocolo de comunicaciones industriales de capa 7 del modelo OSI, basado en la arquitectura maestro-esclavo, fue diseñada en 1979 por MODICON para una gama de PLC. Convertido en un protocolo estándar dentro de la industria que tiene mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos industriales.

Un sistema del tipo maestro/esclavo tiene un nodo maestro que es encargado de enviar los comandos explícitos a cada uno de los nodos esclavos los cuales procesarán la respuesta requerida. Una característica de este tipo de bus de campo es que los nodos no transmiten información sin una petición del nodo maestro y además no se comunican con los demás nodos esclavos dentro de la red.

En el protocolo de comunicación MODBUS existen dos formas de intercambia la información con los dispositivos de la red estas son:

- Modbus RTU
- Modbus ASCII

En cualquiera de los dos tipos de comunicación el usuario define el tipo de comunicación, así también como de los parámetros de comunicación serial como velocidad, paridad, modo, etc., durante la configuración de cada controlador. Hay que tener en cuenta que el nodo y todos los parámetros seriales deben ser los mismos para todos los dispositivos de una red MODBUS.

⁷ Tomado de Internet: Protocolo de Comunicación, Interface Hombre Máquina URL: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/171/4/Cap%203.pdf>

La selección del modo de comunicación RTU o ASCII solo se refiere a las redes estándar de MODBUS; esta selección define como será empaquetada la información dentro de las tramas de MODBUS y a la vez su decodificación.

a. TRANSMISIÓN EN MODO RTU

Cuando se asigna la configuración de los controladores en modo RTU (terminal de unidad remota), cada 8 bits (byte) en un mensaje, contiene dos caracteres hexadecimales de 4 bits. La ventaja de este modo es que mayor sea la densidad de caracteres permite un mejor rendimiento que los datos ASCII para la misma velocidad de transmisión.

Cada mensaje debe ser transmitido en tramas continuas. El formato para cada byte en modo RTU es:

- 8 bits binarios, hexadecimal 0-9, A-F.
- Dos caracteres hexadecimales contenidos en 8 bits del campo del mensaje.
- Bits por byte:
 - ✓ 1bit de inicio.
 - ✓ 8 bits de datos, los bits menos significativos se envían primero.
 - ✓ 1 bit paridad par/impar, ningún bit para no paridad.
 - ✓ 1 bit stop si la paridad es usada, 2 bits si no hay paridad.
 - ✓ Detección de errores.
 - ✓ Chequeo de redundancia cíclica (CRC).

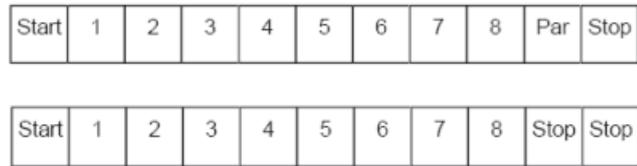


Figura 1.5: Secuencia de bits en modo RTU con y sin chequeo de paridad.

El tamaño máximo de la trama MODBUS en modo RTU es de 256 bytes, a continuación se presenta la estructura de la trama del mensaje en modo RTU:

Slave Address	Function Code	Data	CRC
1 byte	1 byte	0 up to 252 byte(s)	2 bytes <small>CRC Low CRC Hi</small>

Figura 1.6: Trama MODBUS RTU

Un mensaje es colocado por el dispositivo transmisor dentro de la trama de MODBUS que tiene un inicio y final conocido, esto le permite a los dispositivos conocer cuando empezar la transmisión del mensaje y cuando el mensaje ha concluido.

En modo RTU las tramas del mensaje MODBUS está separado por un tiempo silencioso de por lo menos 3,5 tiempos de caracter.

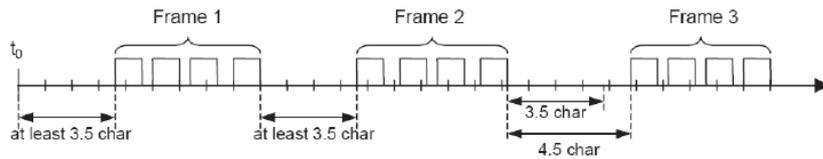


Figura 1.7: Tren de pulsos MODBUS RTU.

1.6. MODBUS CON RS485

Una solución de MODBUS sobre una línea serial es la de implementar dos cables con una interface eléctrica de acuerdo con el estándar EIA/TIA 485.

De hecho se necesita un driver que controle de mejor manera la transmisión dentro del bus, también se requiere de un tercer conductor que conecte a todos los nodos de la red, a este cable se le denomina común.

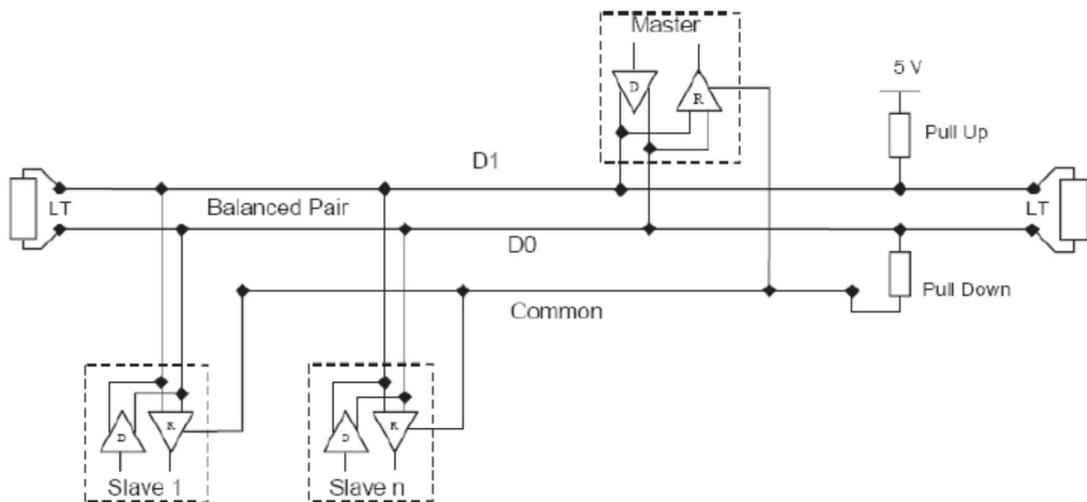


Figura 1.8: Configuración MODBUS sobre un par de cobre.

1.7. ROUTER WIRELESS ⁸

Un ROUTER inalámbrico o ROUTER WIRELESS es un dispositivo de red que desempeña las funciones de un ROUTER pero también incluye las funciones de WAP o AP (WIRELESS ACCESS POINT - punto de acceso inalámbrico). Normalmente se usa para permitir el acceso a Internet o a una red de computadoras sin la necesidad de una conexión con cables.

La mayoría de los ROUTERS inalámbricos tienen las siguientes características:

- **Puertos LAN**, que funcionan de la misma manera que los puertos de un conmutador/interruptor de red.
- **Un puerto WAN**, para conectar a una área más amplia de red. Las funciones de enrutamiento se filtran usando este puerto. Si este no se usa, muchas funciones del ROUTER se circunvalarán.
- **Antena WIRELESS**. Permiten conexiones desde otros dispositivos sin cable como pueden ser las NICs (Network Interface Cards - tarjetas de red), repetidores WIRELESS, puntos de acceso inalámbrico (WAP o AP), y puentes WIRELESS.

Hay varias tecnologías de transmisión inalámbricas que se diferencian entre sí por su potencia, las frecuencias y los protocolos con los que trabajan.

⁸ Tomado de Internet: Que es wireless, URL: <http://www.masadelante.com/faqs/wireless>

Tabla1.1. Comparaciones entre los principales estándares de 802.11.⁹

Estándar	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Frecuencia	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 y 5 GHz
Máxima Velocidad	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	300 a 500 Mbps
Alcance Máximo	23 metros	45 metros	45 metros	Más de 45 metros
Compatibilidad		802.11, 802.11g	802.11b	802.11b, 802.11g
Acceso Público	Disponibilidad limitada	Máxima disponibilidad	Disponibilidad normal	
Comentario	Desplazado por 802.11g debido a no ser compatible con otros estándares.	El más utilizado actualmente.	Puede mezclar equipos 802.11b con 802.11g, pero perderá las velocidades de mayor rendimiento de 802.11g.	Basado en la tecnología MIMO (varios radios para transmitir múltiples transferencias de datos sobre varios canales).

1.8. CARACTERÍSTICAS DE MODBUS ¹⁰

La designación MODBUS Modicon corresponde a una marca registrada por Gould Inc. Como en tantos otros casos, la designación no corresponde propiamente al estándar de red, incluyendo todos los aspectos desde el nivel físico hasta el de aplicación, sino a un protocolo de enlace (nivel OSI 2). Puede, por tanto, implementarse con diversos tipos de conexión física y cada fabricante suele suministrar un software de aplicación propio, que permite parametrizar sus productos.

⁹ Tomado de Internet: Estado del arte 802.11, URL: http://wiki.inf.utfsm.cl/index.php?title=Estado_del_arte_802.11

¹⁰ Tomado de Internet: MODBUS, F. Pascual y M. Pérez, Centro Integrado Politécnico "ETI", URL: <http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/5modbus.pdf>

No obstante, se suele hablar de MODBUS como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

1.8.1. Estructura de la red

a. Medio Físico

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half duplex) (RS485 o fibra óptica) o dúplex (full duplex) (RS422, BC 0-20mA o fibra óptica), la comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 metros sin repetidores.

b. Acceso al Medio

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo.
- Mensajes difundidos. Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

c. Protocolos

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («:»=3A H) y los caracteres CR y LF al final del mensaje.

Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16.

1.9. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA¹¹

En el campo de la industria se ha desarrollado toda una gama de elementos preparados para la comunicación inalámbrica condicionada a la situación propia del ambiente industrial, en el que puede predominar señales denominadas interferencias que puede deteriorar la calidad de las señales en transmisión, porque se originan unas herramientas y técnicas que ayudan a inmunizar los enlaces radio, con el fin de mantener niveles de velocidad, seguridad e integridad de los datos que el proceso productivo precisa.

Las comunicaciones inalámbricas industriales han ofrecido soluciones en varios aspectos tales como: la disminución de los costos de inversión en aumento de señales de campo, mejoras en calidad de los procesos productivos, disminución de fallas a equipos monitoreados, mayor de movilidad y libertad de instalación, entre otras.

¹¹ Tomado de internet: Implementación De Una Plataforma Experimental De Comunicaciones Inalámbricas Con Fpga En Automatización De Procesos Industriales , R. Morales R. Caldera y J. Villa, Universidad Tecnológica de Bolívar.

Muchas entidades de estandarización se han interesado por el desarrollo de la tecnología inalámbrica como solución a problemas de movilidad, acceso y/o ambiente, que han podido dificultar de ciertas formas otras clases de sistemas como es el caso de alambrado de redes, ISA e IEEE han planteado muchos de los estándares ya adoptados en muchas aplicaciones y aportando no solo definiciones a temas de importancia sino también herramientas para la mejora de los enlaces radio, asegurando temas de servicio, calidad, velocidad y seguridad.

1.10. FACTORYTALK VIEW ME ¹²

1.10.1. INTRODUCCIÓN

FactoryTalk View tiene diferentes productos de visualización que ofrece Rockwell Automation.

1.10.2. RSVIEW32

Se trata de un paquete de software integrado de interfaz de operador basado en componentes para la supervisión y control de máquinas y procesos de automatización. Se compone de un paquete de software con un único servidor y un único cliente que se ejecuta en un solo PC, con posibilidad de ampliación a clientes remotos (máx. 20). RSView32 está disponible desde hace más de 10 años y ha sido instalado ampliamente en todo el mundo.

¹² Tomado de Internet: Integración De Factorytalk View SE En Su Arquitectura, URL: [http://www.rockwellautomation.co.uk/applications/gse/emea/GSES.nsf/files/au_es_09_material/\\$file/F_-_S2_-_FT2ES_WBK.pdf](http://www.rockwellautomation.co.uk/applications/gse/emea/GSES.nsf/files/au_es_09_material/$file/F_-_S2_-_FT2ES_WBK.pdf)

1.10.3. FACTORYTALK VIEW SE

FactoryTalk View SE hace referencia a las dos versiones disponibles: Station Edition y Site Edition.

La Station Edition es un sistema autónomo de interfaz de operador para la supervisión y control de procesos o líneas individuales. Todos los componentes se ejecutan en un único PC y no se distribuyen entre varios PC.

La Site Edition es una versión distribuida en la que los servidores de interfaz de operador, los servidores de datos, los clientes y los Studio Editors pueden distribuirse en PC independientes. La tecnología de FactoryTalk permite que el software distribuido funcione como una única aplicación perfecta, de modo que los programadores y los operadores del sistema no tengan que preocuparse de la distribución física del sistema.

1.10.4. FACTORYTALK VIEW ME

Machine Edition es un producto de interfaz de operador a nivel de máquina para el desarrollo y soporte de soluciones de interfaz de operador incrustadas y basadas en PC. Está diseñado como sistema de supervisión y control de máquinas individuales y pequeños procesos.

a. Abrir una aplicación en FactoryTalk View Studio

Al iniciar FactoryTalk View Studio, el cuadro de diálogo para seleccionar el tipo de aplicación se abre.



Figura 1.9: Selección del tipo de aplicación.

b. Partes de la ventana principal FactoryTalk View Studio

Al crear o abrir una aplicación, su contenido será mostrado en la ventana principal de FactoryTalk View.

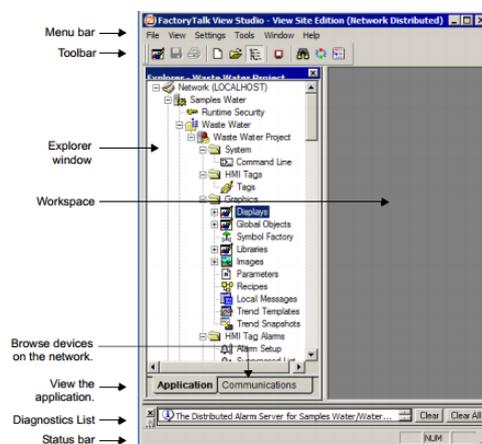


Figura 1.10: Ventana principal de FactoryTalk View.

b.1. Menú bar (Barra de menú)

La barra de menú contiene los elementos de menú de la ventana activa, cada editor tiene su propio conjunto de menú.

b.2. Toolbars (Barras de herramientas)

Las barras de herramientas contienen botones que proporcionan acceso rápido a los elementos de menú de uso común. Cuando señala un botón de barra de herramientas, el nombre del botón aparece en la información sobre cada herramienta. Todos los editores FactoryTalk View usan la barra de herramientas, como se muestra en la Figura 1.11.



Figura 1.11: Toolbars (Barra de herramientas).

El editor de gráficos tiene barras de herramientas adicionales que se muestran cuando se abre un gráfico de pantalla, una visualización del objeto global, o una biblioteca. La siguiente ilustración es de los gráficos y barras de herramientas de los objetos, como se muestra a continuación:

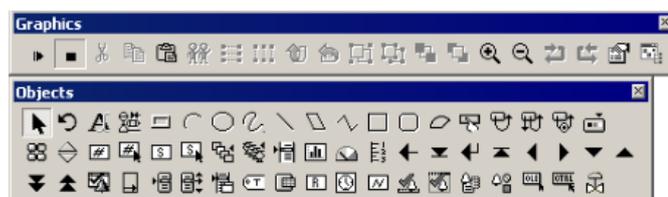


Figura 1.12: Barra de herramientas adicionales cuando se abre un gráfico en la pantalla.

b.3. Explorer window (Ventana del explorador)

La ventana del explorador es la herramienta principal para trabajar en FactoryTalk View Studio. Proporciona acceso a los editores que se utilizan para establecer la aplicación y crear sus componentes.

b.4. Workspace (Espacio de trabajo)

El espacio de trabajo es el área en blanco de la ventana FactoryTalk View Studio. Se puede arrastrar iconos al área de trabajo desde el Explorer, sirve también para abrir los editores y las pantallas gráficas.

b.5. Working in the Explorer window (Trabajando en la ventana del Explorador)

El explorador es la herramienta principal para trabajar en FactoryTalk View Studio. Proporciona acceso a los editores que utilizan para crear una aplicación, y para crear y modificar sus componentes. La siguiente imagen se ilustra cómo se muestra una aplicación en la ventana explorador.

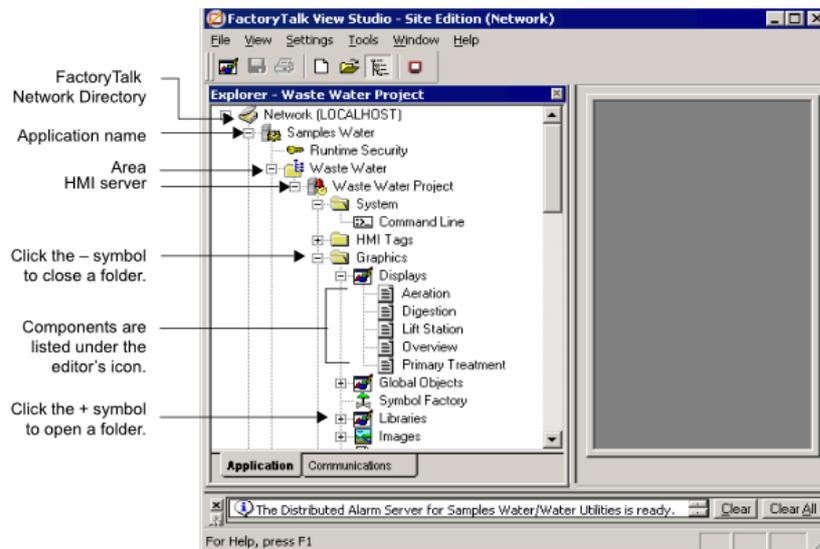


Figura 1.13: Pantalla del explorador.

b.6. Abrir y cerrar carpetas

El explorador utiliza carpetas para organizar los editores, para abrir o cerrar una carpeta, se utiliza uno de los métodos siguientes:

- Se hace click en el símbolo + o - junto al icono de la carpeta.
- Se hace doble click en la carpeta.
- Se hace click en la carpeta y, a continuación, se pulsa Intro para abrir o cerrar la carpeta, dependiendo del estado actual.

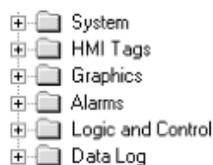


Figura 1.14: Abrir y cerrar carpetas.

b.7. Diagnostics List (lista de diagnóstico).

La lista de diagnóstico muestra información acerca de las actividades del sistema. Está situado encima de la barra de estado en la parte inferior de la ventana principal de FactoryTalk View Studio. Se puede ocultar, mover, cambiar el tamaño y limpiar los mensajes de la lista de diagnósticos. Se utiliza la herramienta de configuración de diagnóstico para seleccionar los tipos de mensajes que se muestran en la lista de diagnóstico. Los avisos de diagnóstico están precedidos por un icono azul, amarillo o rojo. El color azul indica la información, el amarillo indica una advertencia, y el rojo indica un error.

1.11. ESTACIONES DE PROCESOS ¹³

Las estaciones de Instrumentación y Control de Procesos fabricados por Lab-Volt que se muestran en la Figura 1.15, son estaciones de trabajo autónomas diseñadas para la capacitación práctica de las medidas, del control y reparaciones de Presión, Flujo, Nivel, Temperatura. Las estaciones pueden funcionar independientemente o en ciertas combinaciones de configuración simulando procesos complejos. Todos los procesos están diseñados para que el tiempo de retardo y de repuesta del proceso se observen en "tiempo real". La dinámica de los procesos se puede cambiar por varios métodos para conseguir diferentes grados de estabilidad, inestabilidad y amortiguación. Las estaciones de Flujo, Nivel, utilizan agua como medio de proceso, mientras que las estaciones de Presión y Temperatura usan aire.

¹³ Tomado de la Tesis: "MONITOREO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE UNA ESTACIÓN DE PROCESOS UTILIZANDO EL PLC SIMATIC S7-200 Y VISUAL BASIC ", F. Caiza, URL: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3408/1/T-ESPEL-0142.pdf>



Figura 1.15: Estaciones de instrumentación y control de procesos

1.11.1. ESTACIÓN DE FLUJO

La estación de Procesos de Flujo mostrada en la Figura 1.16, tiene un proceso de tuberías de pvc transparente en serie con dos cabezales, un medidor de flujo y un depósito de agua de 20 galones. El cabezal de 12 pulgadas acepta equipo opcional intercambiable para la medida de flujo, tales como placas de orificio, boquillas, tubos Pitot, medidores de flujo de turbina y otros instrumentos para medir el flujo o transmisores. Este cabezal grande permite la medición de la presión diferencial de equipos que sean específicos al cliente, tal como una serie de codos de 90 grados o una tubería de ensanchamiento súbito.



Figura 1.16: Estación de instrumentación del Proceso de Flujo.

A lo largo del sistema de tuberías se encuentran tomas de presión para medir las caídas de presión en diferentes puntos del sistema para evaluar plenamente el comportamiento del sistema en su totalidad. El último elemento de control de este sistema es un accionador de bomba con frecuencia variable. Un conmutador de palanca coloca el mecanismo en control manual o en una señal de comando de 4-20 mA. Un distribuidor de tres válvulas aísla el sensor de flujo en el cabezal de 12 pulgadas del transmisor de presión diferencial montado en la tubería, con las conexiones de suministro y señal terminando en el panel de control principal. El controlador basado en un microprocesador y un registrador gráfico en banda de papel están montados en el panel principal, con todas las conexiones terminando en enchufes tipo banana.

Los acopladores de unión hacen posible enlazar directamente la Estación de Procesos de Flujo con la Estación de Procesos de Nivel, creando así un control de flujo que utiliza una válvula de control accionada por diafragma como elemento de control, o un control de nivel utilizando el mecanismo de bomba con frecuencia variable. El mecanismo de velocidad variable también se puede conectar con la salida de la columna

de nivel (estación de nivel) para crear una gama adicional de velocidades y características de proceso.

Al acoplar las dos estaciones se obtienen los dos transmisores diferenciales necesarios para configurar otros circuitos de control interactivos avanzados, como el control anticipado o en cascada. Un elemento vénturi montado en el cabezal de 12 pulgadas está incluido con la estación. Lab-Volt ofrece una variedad de elementos de flujo opcionales para usar con este entrenador. Estos elementos son tubos Pitot, placas de orificios y tomas de flujo ISA que se pueden montar en los cabezales de 12 pulgadas.

1.11.2. ESTACIÓN DE PRESIÓN

La estación de Procesos de Presión mostrada en la Figura 1.17, tiene un proceso que incluye dos tanques de aire, cada uno con capacidad de dos galones, que se pueden conectar con cordones individualmente, en serie o en paralelo. Cuando se utiliza cualquiera de los dos tanques individualmente, se obtiene un proceso de una sola capacidad con un solo volumen y un retraso de respuesta mínima. Conectando dos tanques en paralelo se obtiene un proceso de una capacidad, con volumen doble; cuando se conectan los tanques en serie, el proceso tiene capacidad doble; ambos tienen un retraso de respuesta con efecto recíproco.

La carga del proceso comprende un equipo completo de tubo de escape con silenciador. Válvulas de aguja en las conexiones del tanque y en el tubo de escape permiten introducir perturbaciones en la demanda y el suministro y permiten variar el grado de restricciones en todas las configuraciones de circuitos cerrados, proporcionando velocidades y respuestas de proceso diversas. Un transformador I/P, un transmisor de presión electrónico y una válvula accionada por un diafragma tienen todas

líneas de suministro y de señal con terminaciones con enchufes de conexión rápida en el panel de control principal.

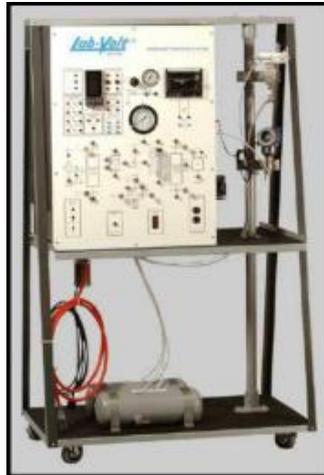


Figura 1.17: Estación de instrumentación del Proceso de Presión.

El controlador basado en un microprocesador, un registrador gráfico en banda de papel, indicadores de presión de 0-100 psi, un medidor de corriente de 0-5 SCFM, un conjunto de orificios y dos indicadores de alarmas están montados en el panel principal.

1.11.3. ESTACIÓN DE NIVEL

El proceso de la estación de Nivel de Lab-Volt que se muestra en la Figura 1.18, es un cilindro de Plexiglass de 8 pulgadas de diámetro y de 36 pulgadas de alto.



Figura 1.18: Estación de instrumentación del Proceso de Nivel.

Toda la tubería de proceso es de PVC transparente. Una válvula de control accionada por un diafragma, un transmisor diferencial montados en la tubería y un transformador I/P montado en el costado del gabinete tienen toda la línea de suministro y de señal con terminaciones de enchufes de conexión rápida en el panel de control principal. El controlador basado en un microprocesador, un registrador gráfico en banda de papel y dos indicadores de alarma están montados en el panel.

El lado del casco del intercambiador de calor se puede conectar de cuatro maneras diferentes:

1. Una cañería matriz de agua fría y desagües para cargar cuando la estación se usa solo para las medidas básicas y el control de la temperatura.
2. La Estación de Nivel como sistema para calentar agua (o como un medio de enfriamiento para el proceso de temperatura).
3. La Estación de Flujo como un sistema para calentar agua (o como un medio de enfriamiento para el proceso de temperatura).

4. A una combinación de las Estaciones de Presión, Flujo y Nivel, donde la combinación puede representar un generador de vapor con nivel de tambor de caldera en la Estación de Nivel, y agua de alimentación de la caldera de la Estación de Intercambiador de Calor, con la Estación de Flujo:

Proporcionando el regreso del condensador a través del casco del intercambiador de Calor como un calentador de agua de alimentación, o preparada como un sistema de inyección de agua de alimentación de urgencia. Finalmente, la Estación de Presión pudiera configurarse como un circuito cerrado de baja presión para simular la presión de vapor en la columna de nivel (tambor de caldera)

Un transformador I/P, RTD a corriente, y transformadores de termopar a corriente, válvula de control accionada por diafragma y accionador de estado sólido, todos tienen líneas de alimentación y de señal terminadas con enchufes de conexión rápida en el panel de control principal. El controlador basado en un microprocesador, dos registradores gráficos en banda de papel y controles de bomba están montados en el panel principal.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA RED INDUSTRIAL

2.1. TOPOLOGÍAS DE RED ¹⁴

La topología que se utiliza en el desarrollo de la RED MODBUS es la recomendada por ROCKWELL AUTOMATION denominada Daisy Chain mostrada en la Figura 2.1a, esta configuración es la más sencilla ya que el final de un dispositivo es el inicio del siguiente, sin embargo también es posible implementar esquemas basados en troncal con derivaciones como el ilustrado en la Figura 2.1b.

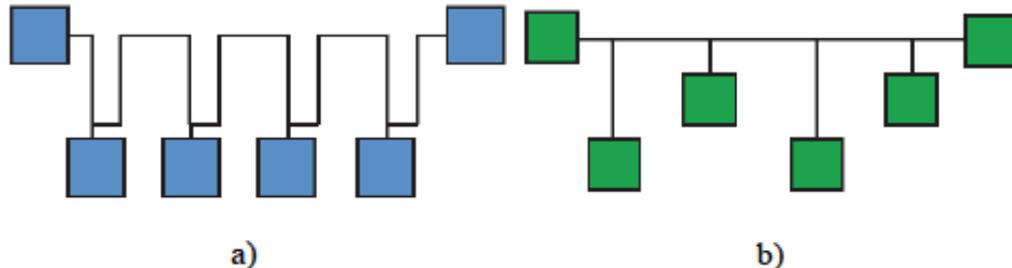


Figura 2.1: Alternativas de Topología en MODBUS: a) Daisy Chain, b) Troncal con derivaciones.

A continuación se resumen algunas características de las alternativas para las dos configuraciones de RED mostradas en la Figura 2.1:

¹⁴ Tomado del internet: PLANEACIÓN CHARLA INDUCTIVA A LAS REDES INDUSTRIALES INSTALADAS EN LOS LABORATORIOS DEL PIAI, Ing. G Camacho, Popayan, Abril 2009.

Troncal con derivaciones:

- Se requiere de PATHCORDS que deben respetar longitudes máximas.
- Cada PATHCORD debe implementar un par de conectores que sirvan de interfaz entre la troncal y el dispositivo RS485.
- Reduce los riesgos a falla de la red. Si falla un PATHCORD, simplemente se desconecta sin que esta acción tenga consecuencias sobre la troncal.

Daisy Chain

- La troncal está formada por los propios PATHCORDS.
- Si uno de los PATHCORDS falla, toda la troncal falla.
- Requiere de menos cableado.
- No necesita de conectores adicionales.

La única restricción en topología es la distancia máxima de la red, la cual no puede superar los 1219 metros (4000 pies).

2.2. SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

Los equipos y materiales que se utilizan en la realización del proyecto se seleccionaron de acuerdo a la disponibilidad, utilidades y prestaciones que se dispuso en la red.

A continuación se enumeran los componentes que integran la red:

1. Módulo 1761 NET-AIC
2. PLC'S COMPACTLOGIX 1769-L32E
3. ROUTER WIRELESS D-LINK DIR 610

4. Cable UTP para cableado de la red
5. Conectores Phoenix de seis terminales

2.3. MÓDULO 1761 NET-AIC.

El módulo 1761 NET-AIC es básicamente un convertidor de interface avanzado por sus siglas en inglés AIC (Advance Interface Convensor), este convertidor proporciona una interfaz entre una red RS485 y una conexión RS232. En algunas configuraciones, el módulo puede ser alimentado de dos formas, la primera desde un controlador MICROLOGIX mediante un cable 1761-CBL-AM00 propio de Allen Bradley que sirve para comunicación RS232, y la segunda manera es mediante alimentación con fuente externa.

2.3.1. DESCRIPCIÓN ¹⁵

El convertidor de interfaz avanzado AIC proporciona un vínculo de comunicación entre varios dispositivos conectados, ya sea esta una red DH485 que es propia de Allen Bradley o una RED MODBUS RTU que es el objetivo del proyecto, el módulo es compatible con una variedad de controladores Allen Bradley como SLC, MICROLOGIX, CompactLogix y periféricos como Panel View.

¹⁵ http://96.61.63.50/techlib/Allen%20Bradley/AB_AdvInterfaceConverter_1761_NET_AIC_user_D498.pdf

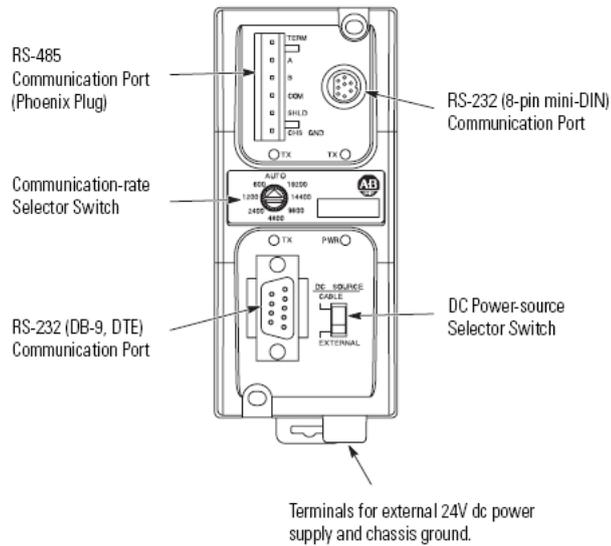


Figura 2.2: Puertos de comunicación del módulo 1761 NET-AIC.

Los controladores MICROLOGIX 1000, 1200 y 1500 proporcionan energía al convertidor de interfaz a través del cable 1761-CBL-AM00 que en sus dos extremos tiene conectores mini-DIN estos son propios de Allen Bradley. Sin embargo, si un controlador no tiene la posibilidad de alimentar al módulo a través del cable, entonces se utiliza una fuente de alimentación externa que cumpla con los requerimientos para que sirva de alimentación externa al convertidor.

La velocidad de comunicación se establece con el SWITCH selector para que coincida con la velocidad de comunicación del puerto RS232 del PLC y a la vez sea la misma velocidad de la comunicación de la RED. En el interruptor es recomendable no cambiar la velocidad de comunicación y se deja por defecto en la posición AUTO en el caso de ambientes de alto ruido eléctrico, el selector de la comunicación debe ser quitado del modo AUTO y se establece la misma velocidad de comunicación con la que se implementa la RED.

2.3.2. MODOS DE OPERACIÓN

El convertidor de interfaz 1769 NET-AIC se puede utilizar en los siguientes modos:

- Aislador conexión punto a punto.
- Aislador de RS232 a RS485.
- Aislador de RS232 HALF-DUPLEX usuario modo ASCII.

La comunicación se establece mediante el intercambio de hardware o de señales de transmisión automática.

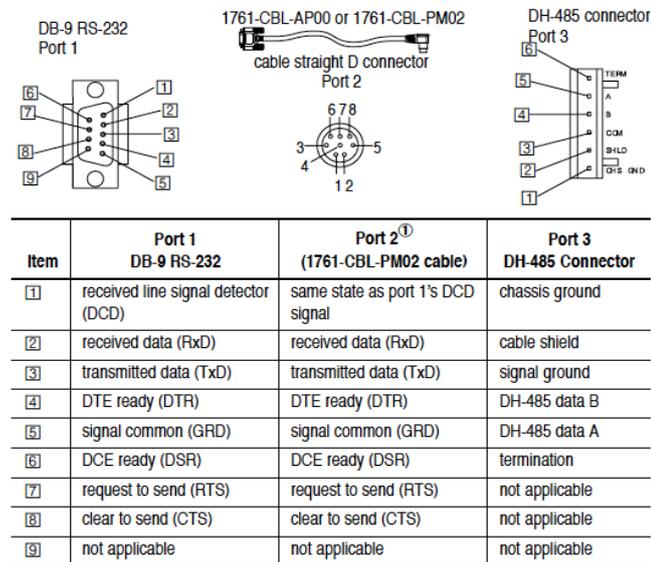


Figura 2.3: Descripción de pines de los diferentes puertos de comunicación del módulo 1769 NET-AIC.

2.3.3. CARACTERÍSTICAS

- Aislador óptico entre los protocolos DF1 (RS232) y DH485.
- Permite conectar un máximo de dos estaciones a la red DH485.

- Puede conectar procesadores SLC500 con el cable apropiado (1761 CBL AS09).
- Funciona como repetidor para extender la red DH485 hasta 2438 metros. (Para esto requiere de un cable Mini Din/Min Din 1761 CBL AM00).
- Se lo puede utilizar como conversor de interface RS232 a RS485 para realizar una RED MODBUS RTU.

2.3.4. CONEXIÓN DEL MÓDULO 1761 NET-AIC

Para conectar un controlador COMPACTLOGIX 1769L32E a la RED MODBUS RTU se requiere de un módulo de interfaz RS232 a RS485. Una alternativa es el módulo 1761 NET AIC. Al conectar el PLC a una RED MODBUS RTU el conexionado es muy similar a una red DH485 para lo cual se procede de la misma manera, ver Figura 2.4.

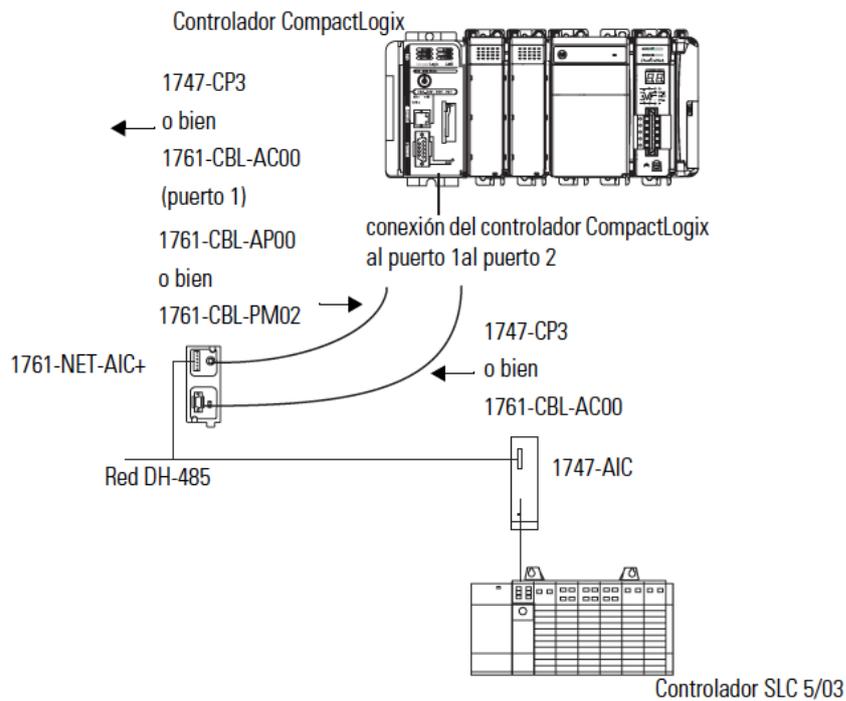


Figura 2.4: Interfaz 1761 NET-AIC y su esquema de conexión.

Este módulo implementa RS485 HALF-DUPLEX como interface física (RS485 es una definición de características eléctricas; no es un protocolo), para una red DH485 permite la conexión de máximo dos estaciones hacia DH485, con direcciones independientes (dos PLCs, un PLC y un PC, dos computadores, dos HMIs, etc). Adicionalmente, puede ser empleado como repetidor para incrementar la longitud de extensión en DH485 hasta 2438 metros.

2.3.5. CABLEADO A LOS PUERTOS DE RED

Para el cableado de la red se utiliza cable Belden y la conexión se realiza como se muestra en la Figura 2.5.

El cableado del conector PATHCORD PHOENIX para el cable de comunicación Belden.

Daisy-chain Network

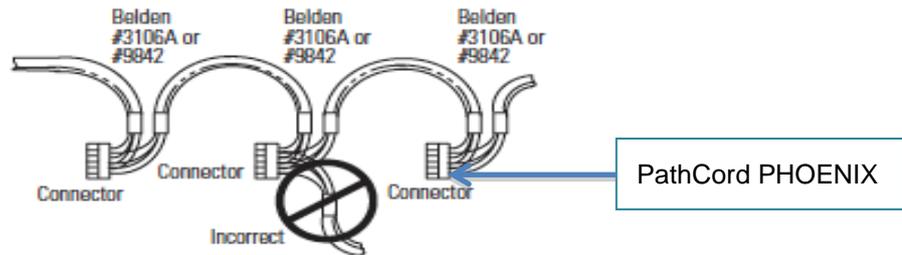


Figura 2.5: Conexión de la red con el conector PATHCORD PHOENIX.

Modo de conexión del conector al cable Belden # 3106A ó # 9842 del cable como se muestra a continuación:

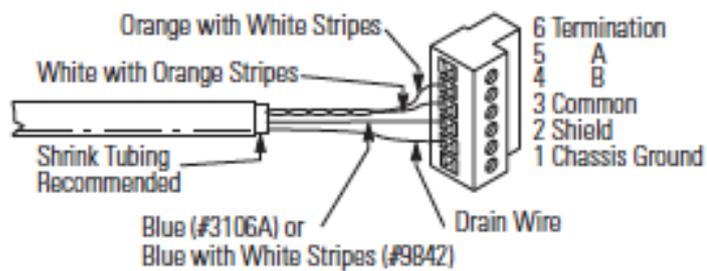


Figura 2.6: Conexión solo del cable.

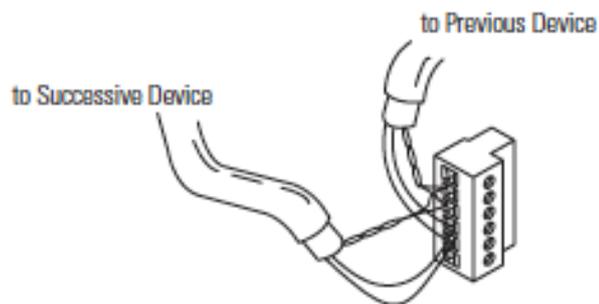


Figura 2.7: Conexión de cable para múltiples dispositivos

Según la especificación para la instalación con cable Belden #3106A es como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Conexiones para cable Belden # 3106A.

For this wire/pair	Connect this wire	To this terminal
Shield/Drain	Non-jacketed	Terminal 2 – shield
Blue	Blue	Terminal 3 – common
White/Orange	White with orange stripe	Terminal 4 – data B
	Orange with White stripe	Terminal – data A

La red MODBUS RTU no se implementa con cable Belden por factores económicos. En su lugar, se utilizó cable UTP Categoría 5E siguiendo la configuración de terminales en la Tabla 2.2:

Tabla 2.2 Conexión con cable UTP.

CONECTE EL CABLE	AL TERMINAL
NARANJA	DATA A (5)
VERDE	DATO B (4)
AZUL	SHIELD (2)
CAFÉ	COMUN (3)

Sólo el último conector en el extremo de la conexión debe tener las terminales 1 y 2 conectados entre sí. Esto proporciona una conexión a tierra para el blindaje del cable de comunicación.

Ambos extremos de la red deben tener los terminales 5 y 6 puenteados juntos. Esto conecta la impedancia de terminación (120 Ω) que integra cada uno de los convertidores de interfaz AIC y que es requerido por la especificación RS485.

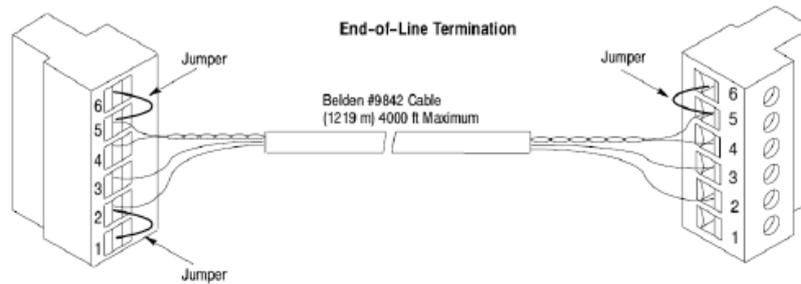


Figura 2.8: Puentes necesarios en los conectores PHOENIX ubicados en los extremos de la red.

2.4. ROUTER WIRELESS D-LINK 600 ¹⁶

El ROUTER WIRELESS D-LINK 610 proporciona la facilidad de configurar una red inalámbrica, que permite realizar control y monitoreo inalámbrico con el PLC MAESTRO de la RED MODBUS.

¹⁶ [ftp://www.dlinkla.com/pub/drivers/DIR-610/DIR-610_A1_Manual_v1.00\(ES\).pdf](ftp://www.dlinkla.com/pub/drivers/DIR-610/DIR-610_A1_Manual_v1.00(ES).pdf)

2.4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HARDWARE

a. PANEL FRONTAL



Figura 2.9: Vista frontal del Router.

1. LED de alimentación: El indicador LED se ilumina en verde fijo para indicar que el dispositivo está encendido.
2. LED de WAN: Una luz fija indica que hay conexión al puerto de Internet. Este LED parpadea durante la transmisión de datos.
3. LED inalámbrico: Una luz fija indica que el segmento inalámbrico está preparado. Este LED parpadea durante la transmisión de datos inalámbrica.
4. LED de LAN (1-4): Un luz fija indica que hay conexión con un ordenador con Ethernet en los puertos 1-4. Este LED parpadea durante la transmisión de datos.

b. PANEL POSTERIOR



Figura 2.10: Vista posterior del Router.

1. Puertos Ethernet (de 1 a 4): Para conectarse a dispositivos Ethernet como ordenadores, conmutadores y terminales.
2. Puerto de WAN: Se conecta a un módem DSL o por cable.
3. Receptor de alimentación: Conector para el adaptador de alimentación suministrado.
4. Restablecer al pulsar el botón Reiniciar: se restablece el Router en sus valores predeterminados de fábrica originales.

2.4.2. CARACTERÍSTICAS

- Conexión en red inalámbrica más rápida: el DIR-610 ofrece hasta 150 Mbps de conexión inalámbrica con otros clientes inalámbricos 802.11n. Esta capacidad permite a los usuarios participar en actividades en línea en tiempo real, como la transmisión de vídeo o audio y los juegos en Internet.
- Compatible con dispositivos 802.11g.

- Modo de sistema de distribución inalámbrica (WDS): el ROUTER admite WDS, en el que puede ampliar la cobertura de red desde otro ROUTER.

2.5. PLC ALLEN BRADLEY COMPACTLOGIX 1769 L32E

2.5.1. Descripción del PLC CompactLogix 1769-L32E ¹⁷

El PLC es el “cerebro” del sistema de automatización, en el se programan todas las rutinas que controlaran los procesos didácticos nivel, presión y flujo, los comandos para realizar la comunicación entre el PLC MAESTRO y los ESCLAVOS en la RED MODBUS. A continuación se describen algunas de sus características, los módulos de entrada y salida conectados al controlador y el software utilizado para su programación.

2.5.2. Características del Controlador 1769-L32E

El controlador COMPACTLOGIX 1769-L32E siempre es el módulo del extremo izquierdo en el sistema. Este debe ubicarse a una distancia de no más de 4 módulos de la fuente de alimentación. Tiene la capacidad de comunicación SERIAL y ETHERNET con otros dispositivos, posee una ranura para tarjeta de memoria flash para actualizaciones del firmware del controlador, por medio de una llave se puede establecer su modo de control y posee LEDs indicadores de estado, tal como se muestra en la Figura 2.11.

¹⁷Tomado de Internet: Sistema de control automático para un horno industrial, J. Arguedas, Tesis Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2010, URL:http://bibliodigital.itcr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/2238/2613/Informe_Final.pdf?sequence=1



Figura 2.11: Características principales del PLC.

a. Puerto Ethernet

El PLC cuenta con un puerto ETHERNET que sirve como puerto de programación y monitoreo, para poder asignar una dirección IP al puerto ETHERNET (Canal 1) se lo realiza mediante la aplicación BOOTP-DHCP para que el controlador se pueda comunicar con la computadora a través de una RED ETHERNET y poder reconocer con RSLinx al PLC COMPACTLOGIX L32E.

A través de este puerto el controlador soporta:

- Control de I/O.
- Comunicación mediante Tags producidos/consumidos y mensajes de instrucción.
- Comunicación con un HMI.
- Configuración, programación, carga y descarga de programas.

Para asignar la dirección IP al puerto ETHERNET se debe realizar lo siguiente:

1. Se inicia la utilidad BOOTP-DHCP.

2. Dar click en Network Settings (configuración de red).
3. Se ingresa la SUBNET MASK y GATEWAY.

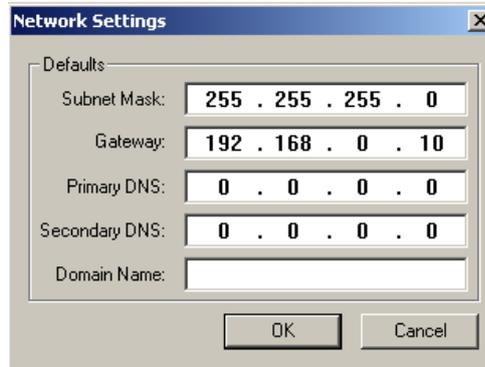


Figura 2.12: Configuración en BOOTH-DHCP

Después se da inicio al software RSLinx para reconocer el PLC.

b. Puerto serial RS232

El controlador posee un puerto serial RS232 macho de 9 pines denominado "Canal 0", que se puede utilizar para conectar el módulo conversor 1761 NET-AIC para comunicar el PLC MAESTRO con los ESCLAVOS en la RED MODBUS.

Además por este puerto se puede configurar la dirección IP del PLC por medio del software RSLinx Classic instalado en la computadora.

c. Módulos de Entrada/Salida CompactLogix

Los Módulos de E/S Compact 1769 pueden ser usados como E/S locales y distribuidas para un controlador COMPACTLOGIX. Cada módulo de E/S incluye un bloque de terminales extraíble (RTB) incorporado con una cubierta con protección contra contacto accidental para conectarlo a

accionadores y detectores de E/S. Existen tres líneas de Módulos Compact I/O que son Analógicos.

d. Digitales, Especiales.

Se dicen especiales ya que son módulos con funciones específicas que simplifican la implementación de proyectos por sus características.

d.1. Módulos de E/S Digitales CompactLogix.

- Módulos de entrada digital AC.
- Módulos de salida digital AC.
- Módulos de entrada digital DC.
- Módulos de salida digital DC.
- Módulos de salida de contacto digital.

d.2. Módulos de E/S Analógicos Compactlogix.

- Los módulos analógicos son de termopares o RTD.
- La mayoría de módulos análogos son de entrada, sólo algunos vienen con entrada y salida integrada.

e. Módulo contador 1769-HSC de alta velocidad

Se puede usar éste módulo cuando se necesite:

- Un módulo contador que puede reaccionar a las señales de entrada de alta velocidad.
- Para generar una velocidad y un intervalo de tiempo entre los datos de los impulsos (intervalo de impulsos).

- Un máximo de 2 canales por cuadratura ó 4 canales de entradas de impulso/contador.

f. Compact I/O a variadores POWERFLEX

Los módulos 1769-SMx proporcionan una conexión directa de la plataforma 1769 a los variadores POWERFLEX.

2.6. CABLE Y CONECTORES PARA MODBUS

La conexión del módulo 1761 NET-AIC con el controlador COMPACTLOGIX 1769-L32E y la red MODBUS RTU necesita de los siguientes elementos:

- PathCord (Cable con conectores Phoenix).
- Fuente de 24 VDC.
- Cable RS232 (Cable con conectores DB9/Mini-DIN) (1747-CP3).
- Cable de red RJ 45.
- Cable UTP Categoría 5E.

2.7. IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INDUSTRIAL MODBUS

Sobre los elementos que componen la red Modbus/RTU se ejecutan diversos programas que son los que proporcionan la funcionalidad al sistema. El desarrollo del proyecto se dividió en las siguientes etapas:

- Programación de PLC Compactlogix.
- Control PID de las estaciones de procesos.
- Configuración MAESTRO-ESCLAVO.
- Diseño HMI utilizando FACTORYTALK VIEW.

2.7.1 PROGRAMACIÓN DE LOS PLCs COMPACTLOGIX L32E

Para la programación de los PLCs se deben utilizar los software RSLinx Classic y RSLogix 5000 propios de ALLEN BARDLEY.

a. RSLINX CLASSIC

El RSLinx Classic permite cargar el driver de comunicación para reconocer el controlador así como también ayuda a crear un servidor OPC para vincular los Tags del controlador con el software HMI.

Una vez instalado el software RSLinx Classic en la computadora, se inicializa, en el menú Communications, seleccionar Configure Drivers, de la lista desplegable se elije EtherNet/IP Driver y dar click en Add New.

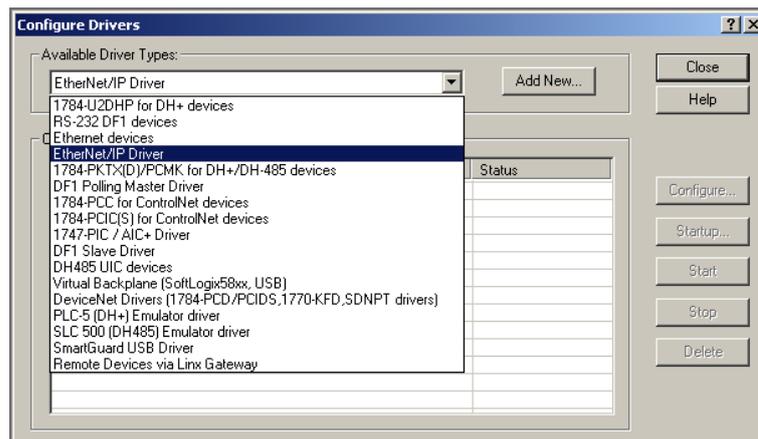


Figura 2.13: Selección del Tipo de Comunicación.

En la ventana que se presenta a continuación Figura 2.14, se escribe el nombre para el driver de comunicación, se puede dejar el nombre que aparece automáticamente AB_ETHP-1, y dar click en la opción OK para aceptar.

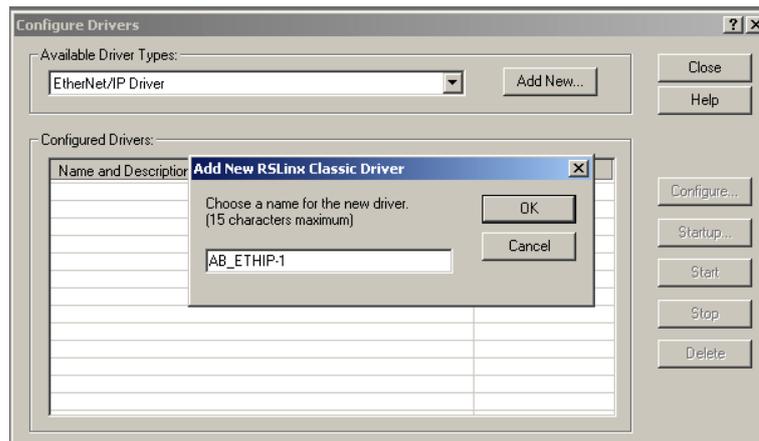


Figura 2.14: Nombre del driver de Comunicación.

A continuación se configura el driver escogiendo la opción Browse Local Subnet y señalar la ruta por la cual se va a comunicar el controlador con el computador mediante la dirección IP.

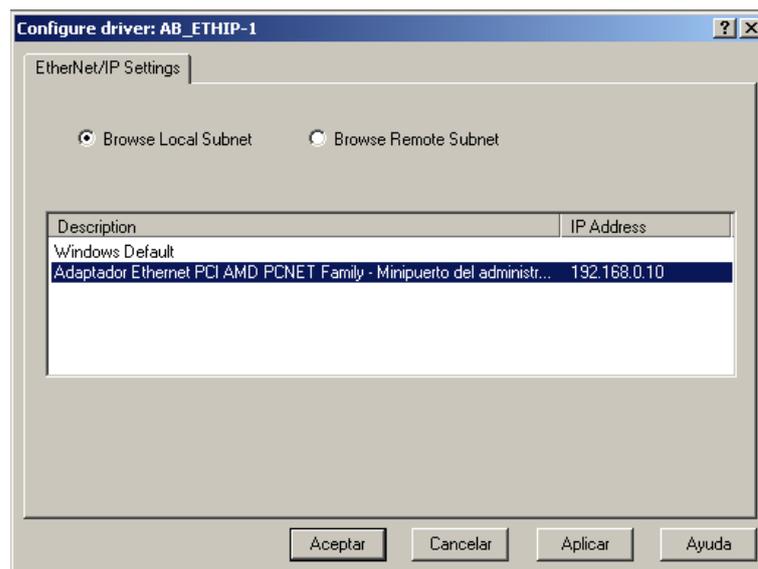


Figura 2.15: Configuración del Driver.

Finalmente se logra enlazar mediante comunicación Ethernet con los controladores, además se visualiza todos los PLCs que se encuentran conectados en la red y con el mismo driver de comunicación.

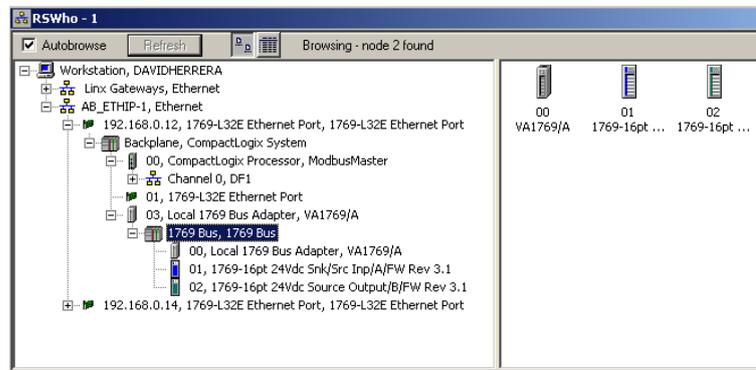


Figura 2.16: Visualización de la comunicación con los Controladores.

En caso de existir algún problema con el reconocimiento del PLC se debe dirigir a la opción Rockwell Software, BOOTP-DHCP Server en donde se desplegará la lista de direcciones IP de los controladores conectados, colocar en una de ellas y se escribe la dirección con la que se trabajará.

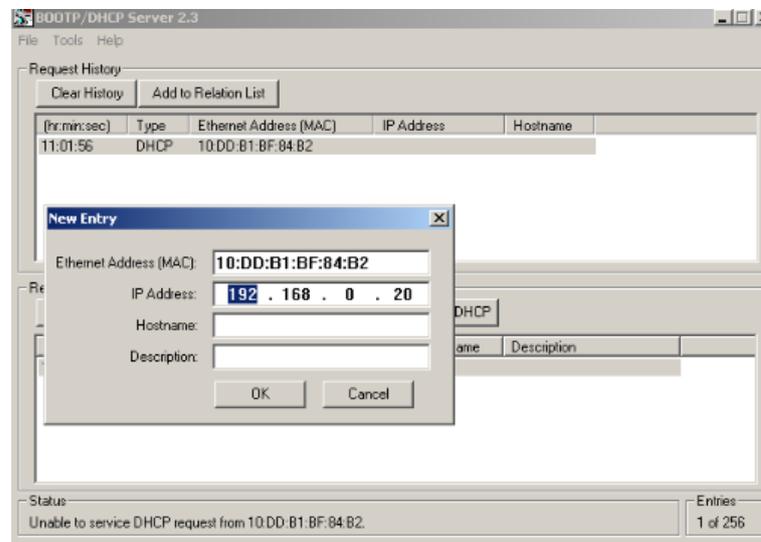


Figura 2.17: Aplicación BOOTP-DHCP.

b. Software RSLogix5000

El software RSLogix5000 básicamente es el que permite la programación de controladores logix mediante lógica escalera.

Una vez instalado el software RSLogix 5000 en el computador se procede a abrir el software, en el menú archivo se selecciona Nuevo, en la pantalla que se muestra en la Figura 2.18, se debe escoger el tipo de controlador en este caso se seleccionó 1769-L32E Controller CompactLogix5332E y click en Ok.

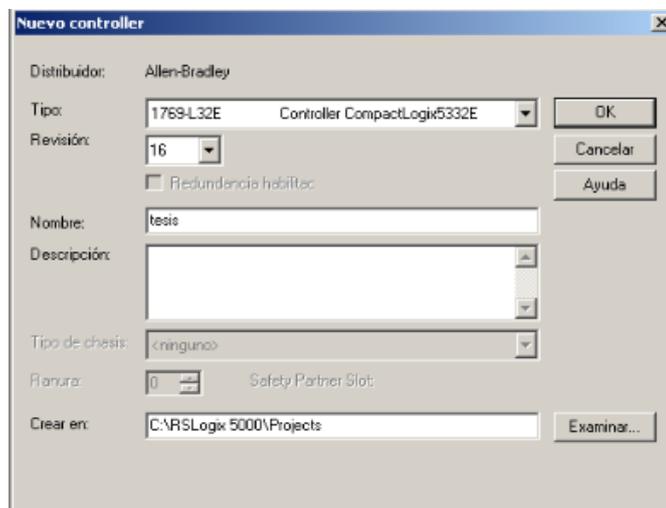


Figura 2.18: Parámetros del Nuevo Controlador.

b.1. Configuración de entradas y salidas analógicas

Se realiza el siguiente procedimiento para configurar el módulo 1769-IF4 y el módulo 1769-OF4 como dispositivos de entradas y salidas analógicas para la aplicación:

En la opción Configuración de I/O se despliega y se busca la opción CompactBus Local en la ventana del proyecto y se selecciona Nuevo Module, buscar el módulo 1769-IF4 en la opción Analógico y click en aceptar.

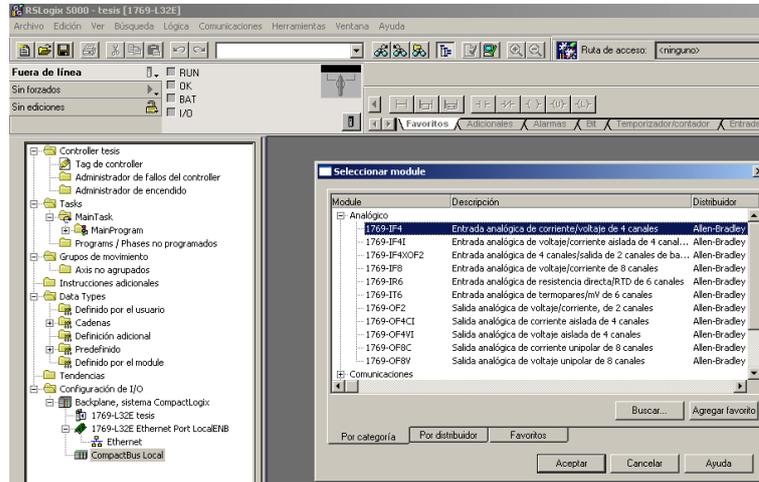


Figura 2.19: Nuevo Módulo de entradas Análogas.

A continuación se digita un nombre, después se selecciona el número de ranura correspondiente y click en Aceptar.

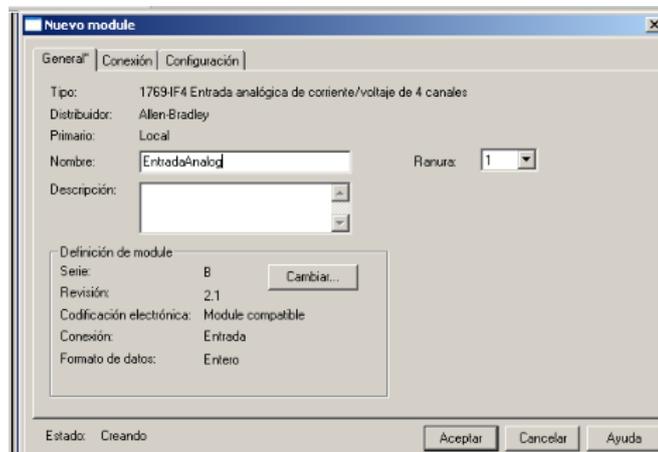


Figura 2.20: Datos del Módulo de entradas Análogas.

b.2. Habilitación del canal del Módulo 1769-IF4

Cuando se añade el nuevo módulo de entradas analógicas, el programador automáticamente creará los Tags propios del Controlador, se da click en ésta selección y se observa las opciones de tags, **Local:1:C** y **Local:1:I** que corresponden a los Tags de configuración y los Tags donde se alojan los datos de entrada respectivamente.

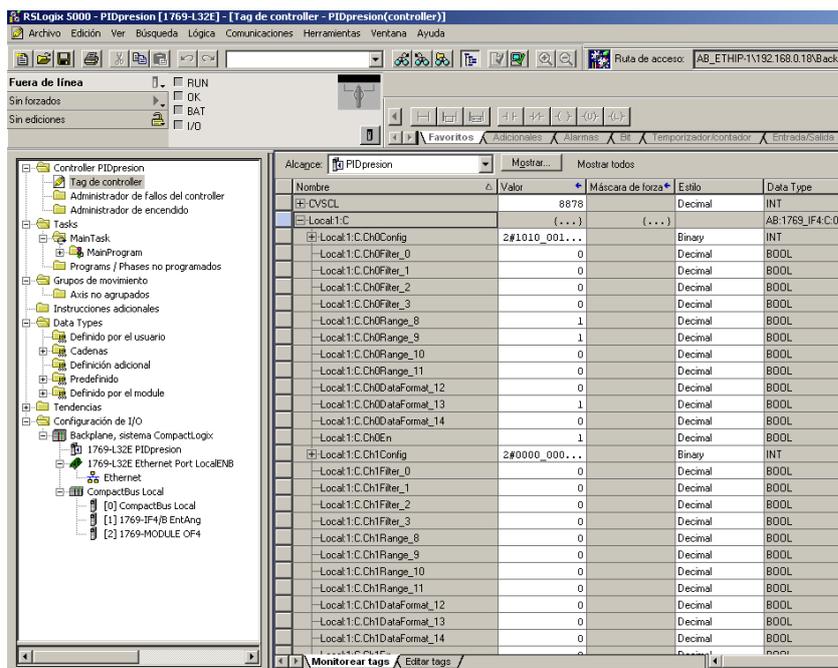


Figura 2.21: Tags de configuración del Controlador

Se despliega el tag **Local:1:C** y de acuerdo a la Tabla 2.3 se realiza la configuración requerida:

Tabla 2.3. Definición de bits para los tags de configuración del módulo ¹⁸

Bit(s)	Define	Estas selecciones de bits														Indican esto			
		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2		1	0	
0 a 3	Selección de filtro de entrada													0	0	0	0	60 Hz	
															0	0	0	1	50 Hz
															0	0	1	0	No se usa
															0	0	1	1	250 Hz
															0	1	0	0	500 Hz
																			No se usa ⁽¹⁾
4 a 7	Reservado																Reservado ⁽²⁾		
8 a 11	Selección de tipo de entrada/rango					0	0	0	0									-10 a +10 VCC	
						0	0	0	1									0 a 5 VCC	
						0	0	1	0									0 a 10 VCC	
						0	0	1	1									4 a 20 mA	
						0	1	0	0									1 a 5 VCC	
						0	1	0	1									0 a 20 mA	
																	No se usa ⁽¹⁾		
12 a 14	Selección de formato de datos de entrada		0	0	0													Datos sin procesar/proporcionales	
			0	0	1													Unidades de ingeniería	
			0	1	0													Escalado para PID ⁽²⁾	
			0	1	1													Rango de porcentaje	
																	No se usa ⁽¹⁾		
15	Habilitación canal	1																Habilitado	
		0																Inhabilitado	

Para la conexión del módulo de entradas analógicas al transmisor del proceso se realiza la siguiente conexión según sea el caso Figura 2.22.

¹⁸ http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um002_-es-p.pdf

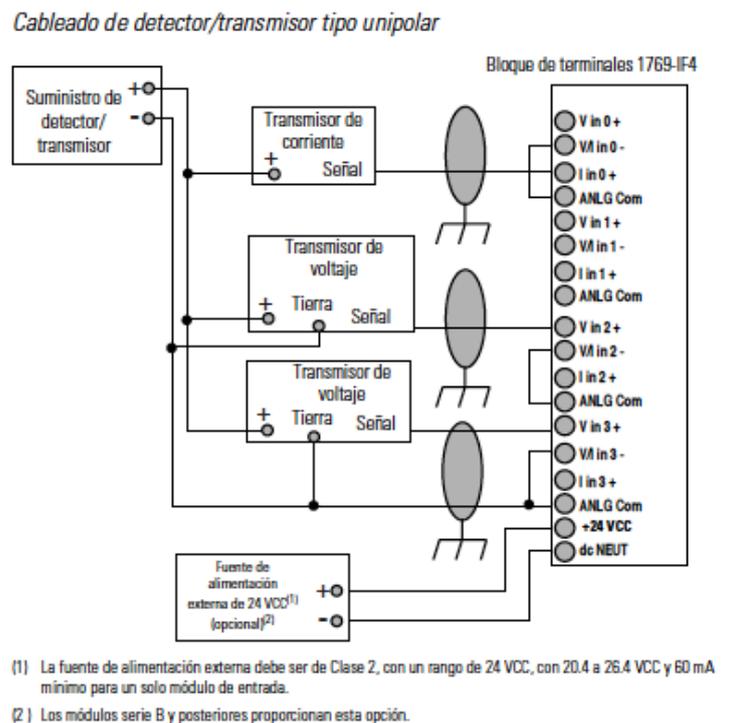


Figura 2.22: Modo de conexión del módulo 1769-IF4 al transmisor del proceso ¹⁸

b.3. Configuración del módulo de salidas analógicas 1769-0F4.

En la opción Configuración de I/O se despliega y se busca la opción CompactBus Local en la ventana del proyecto y se selecciona Nuevo Module; en la opción otros se escoge 1769-MODULE click en aceptar.

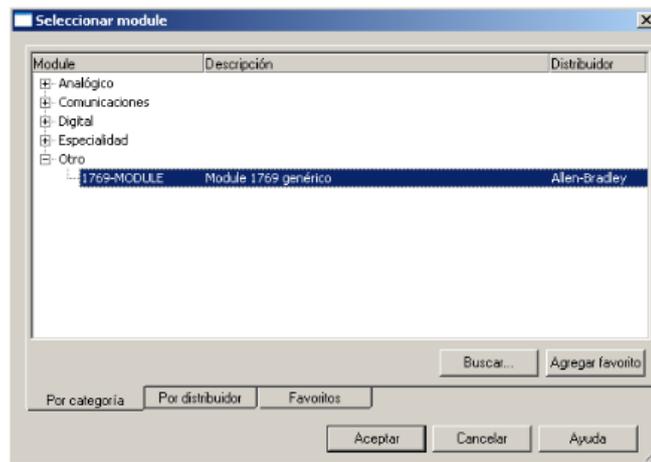


Figura 2.23: Selección de módulo 1769 Module Genérico.

Se digita un nombre, el número de ranura correspondiente y los parámetros de conexión de acuerdo a la Figura 2.24 y click en aceptar.

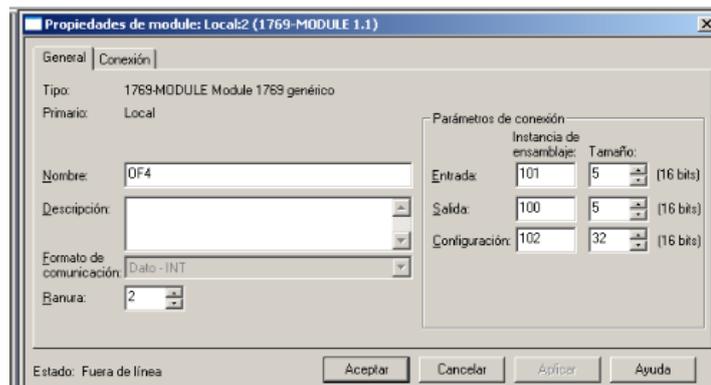


Figura 2.24: Propiedades del Nuevo Módulo.

b.4. Habilitación del canal del Módulo 1769-OF4

Al igual que el módulo de entradas analógicas al agregar el nuevo módulo 1769-OF4 el programador automáticamente crea los **Tag de Controller** se da click en esta elección y se observa las opciones de tags:

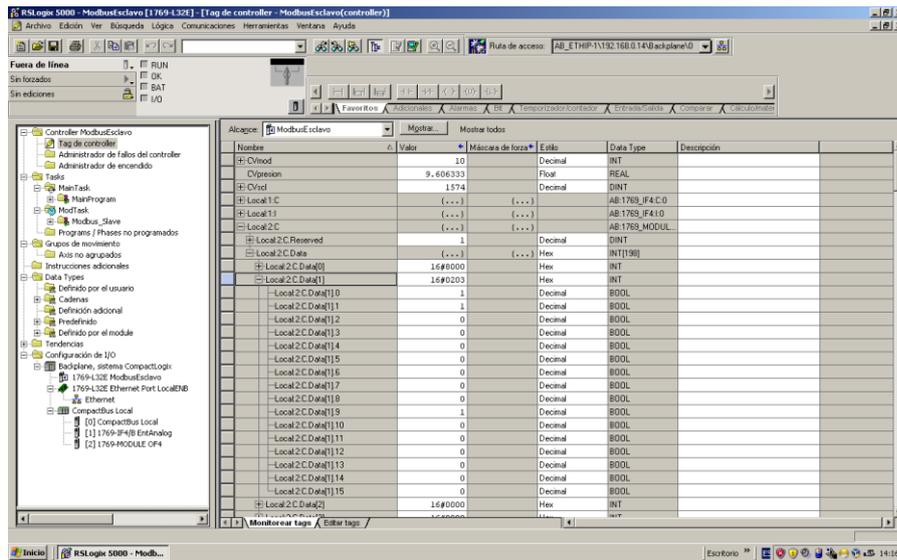


Figura 2.25: Tags de configuración para nuevo módulo de salidas analógicas.

Se despliega el Tag **Local:2:C** y de acuerdo al la Tabla 2.4, la disposición de los bits es la siguiente:

Tabla 2.4. Configuration DataFile¹⁹

Bit Definitions for Type/Range and Data Format Configuration Words																	
Define	To choose	Make these bit settings															
		15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
Type/Range Select	-10...10V DC													0	0	0	0
	0...5V DC													0	0	0	1
	0...10V DC													0	0	1	0
	4...20 mA													0	1	0	0
	1...5V DC													0	1	0	0
	0...20 mA												0	1	0	1	
Data Format Select	Raw/Proportional Counts						0	0	0								
	Engineering Units						0	0	1								
	Scaled for PID						0	1	0								
	Percent Range						0	1	1								

Los datos correspondientes en RSLogix5000 se observa en la figura 2.26.

¹⁹ http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um020_-en-p.pdf

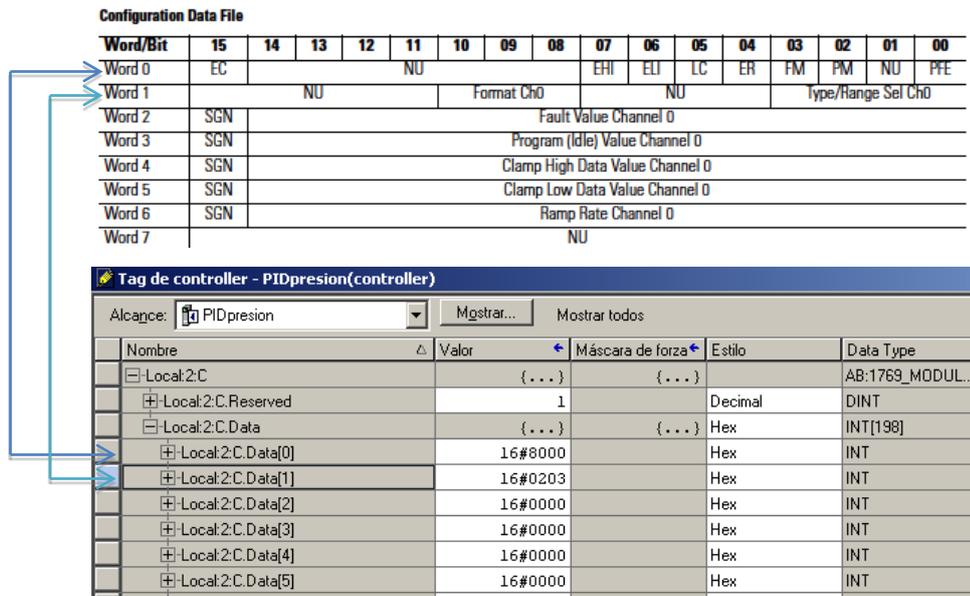


Figura 2.26: Disposición de los Tags en el software RSLogix ¹⁹

2.8. CONTROL PID DE LAS ESTACIONES DE PROCESOS

Es el algoritmo de lógica de control que se utiliza para comandar los procesos manteniéndolos en los SETPOINTS o puntos de ajuste (Tabla 2.5) deseados, la configuración que se realiza se indica a continuación:

Tabla 2.5. Rango de las Estaciones de Procesos

ESTACIÓN DE PROCESOS	RANGO DE OPERACIÓN	ENTRADA EN BITS
PRESIÓN	10 a 30 PSI	0 a 16383
NIVEL	-3,6 a 6,1 InH2O	0 a 16383
FLUJO	10 a 30 InH2O	0 a 16383

Se procede a realizar el control PID de las estaciones utilizando el software RSLogix5000 primero en la carpeta Task y luego en

MainProgram se crea una nueva MainRoutine donde se programa el diagrama ladder para la ejecución del PID, se selecciona las siguientes funciones y se programa el diagrama ladder como se muestra en la Figura 2.27.

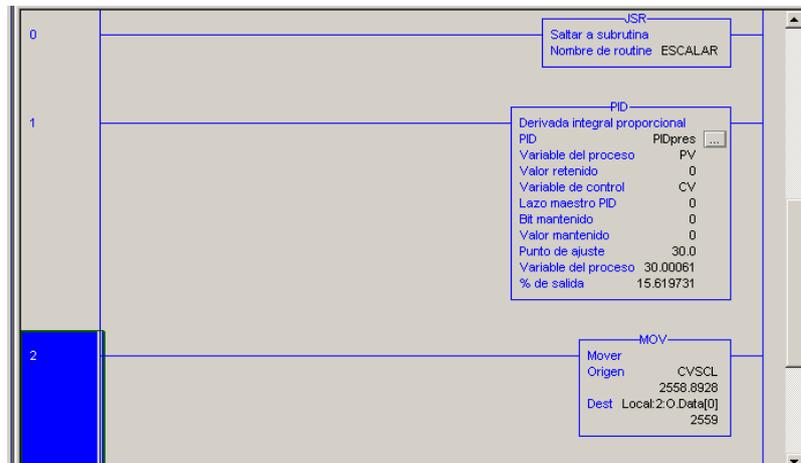


Figura 2.27: Programación en lógica LADDER en la ventana MainRoutine.

A continuación se crea un Tag para el controlador en EDITAR TAG con el nombre que se desee y se selecciona el tipo de dato como PID como se muestra en la Figura 2.28, el software RSLogix5000 permite crear Tags fácilmente ya que al seleccionar el tipo de dato se crean automáticamente todas las demás variables correspondientes para que el algoritmo PID funcione adecuadamente como por ejemplo el SETPOINT, las constantes KP, KI, KD, etc.

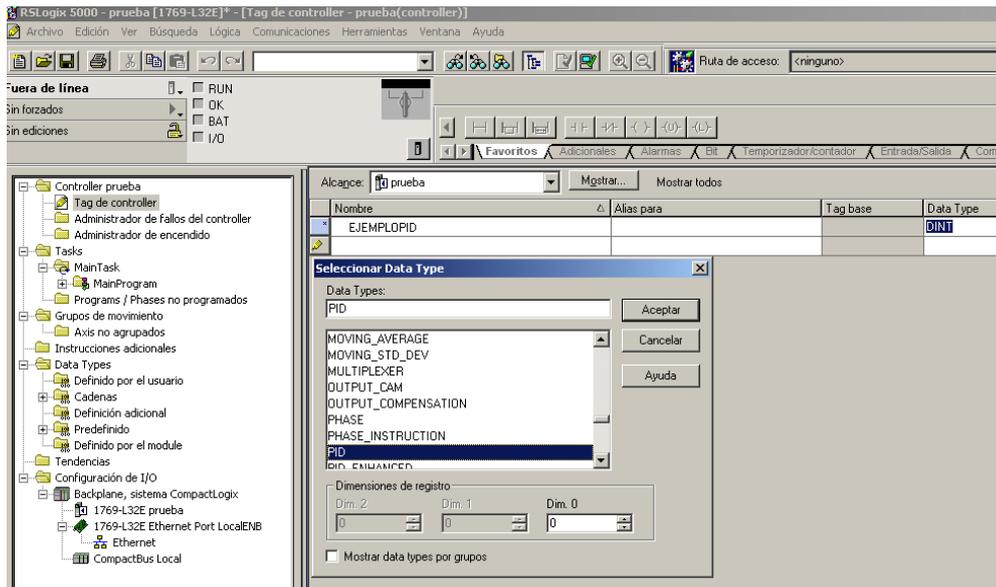


Figura 2.28: Creación de Tags en RSLogix 5000

Luego en la función PID se selecciona con click en la parte superior derecha aparecerá la ventana de Configuración de la función PID y se coloca lo siguiente, como se observa en la Figura 2.29.

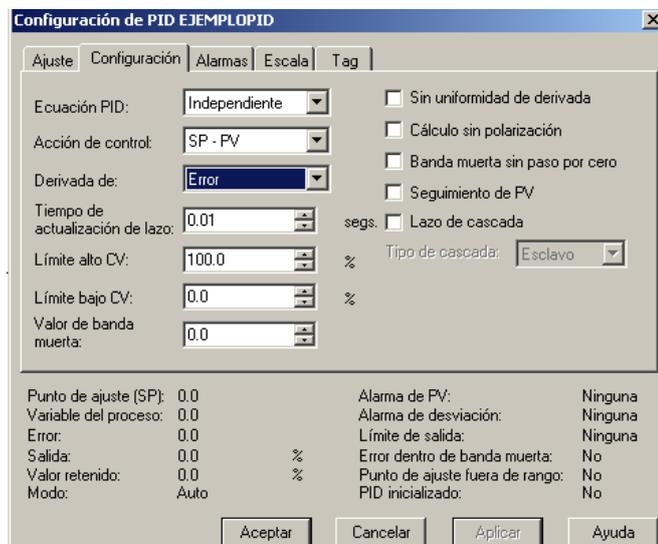


Figura 2.29: Ajuste de PID en la opción Configuración.

En la misma ventana de Configuración de PID en la pestaña Escala se colocan los valores máximos y mínimos tanto para las variables del proceso(PV), variables de control (CV), unidades de ingeniería y valor retenido, respectivamente para el caso descrito es el siguiente, Figura 2.30:

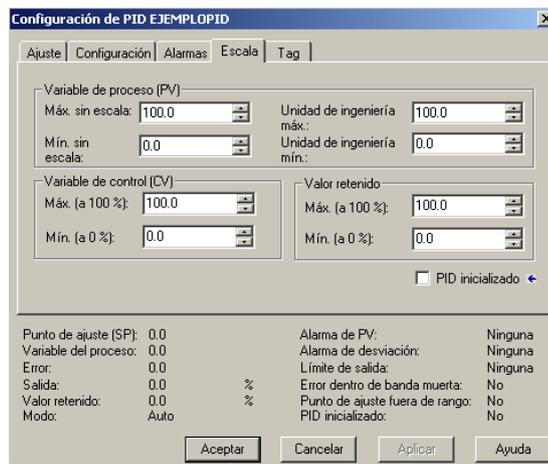


Figura 2.30: Valores Máximos y Mínimos para variable del proceso (PV), variable de control (CV), unidad de ingeniería y valor retenido.

Se aplica y luego se acepta las configuraciones, los módulos de entradas y salidas analógicas está configurado para que los datos que ingresen estén escalados de 0 a 16383 entonces para que estos parámetros estén de acuerdo a la configuración de escala escrito en el paso anterior se debe crear una nueva rutina, para esto se da click derecho sobre la carpeta MAINPROGRAM, se selecciona nueva rutina después aparece una ventana donde se ingresa el nombre de la rutina y el tipo como se muestra en la Figura 2.31.

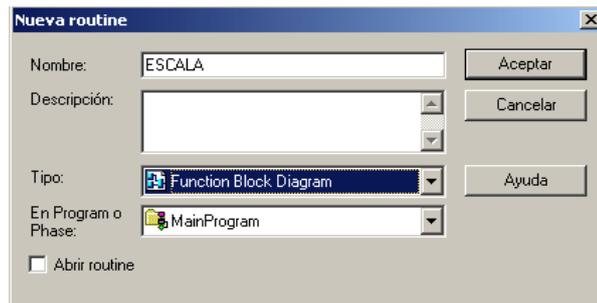


Figura 2.31: Creación de nueva rutina.

En la nueva rutina se programa el escalamiento de la entrada y salida analógicas para lo cual se añade las funciones SCL (bloque de escalamiento para los Tags del controlador) en donde se ingresa las salidas y las entradas correspondientes que se desea escalar y se configura el escalado de los Tags seleccionados como se muestra en la Figura 2.32.

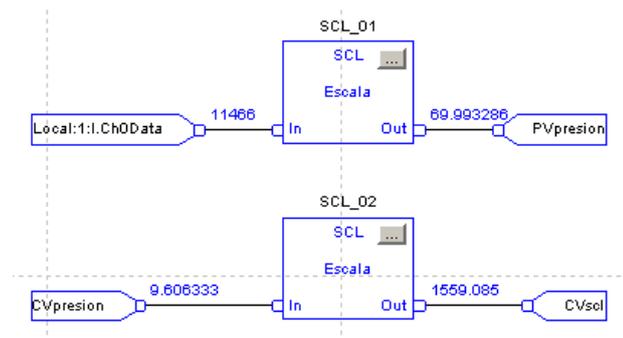


Figura 2.32: Programa de la Subrutina para escalar variables.

Después para que se pueda observar cómo reacciona el proceso cuando se disponga a sintonizar las ganancias de las constantes del control se ayudará con un gráfico que muestra la tendencia del proceso, en la carpeta Tendencia se da click para crear una nueva tendencia aquí se coloca un nombre como se muestra en la Figura 2.33 y se da click en siguiente.

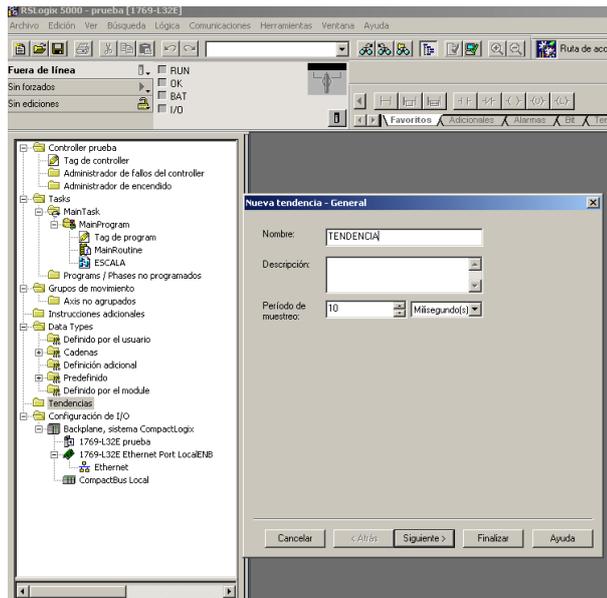


Figura 2.33: Creación de una nueva tendencia.

Se escoge los Tags que se graficará en la tendencia para que se pueda sintonizar manualmente el proceso, como se muestra en la Figura 2.34 en este caso CONTROL VALUE, PROCESS VALUE y SET POINT.

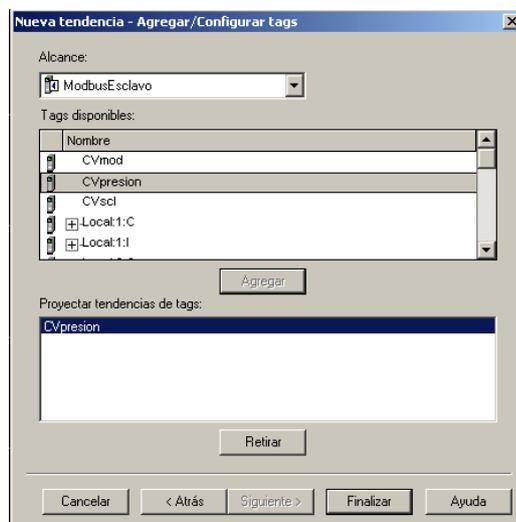


Figura 2.34: Asignación de los Tags para graficar en la tendencia.

Finalmente se sintoniza manualmente los diferentes procesos industriales, se muestra la respuesta en el gráfico Figura 2.35, de tendencia de cada tags que se agregó para conocer la respuesta del proceso.

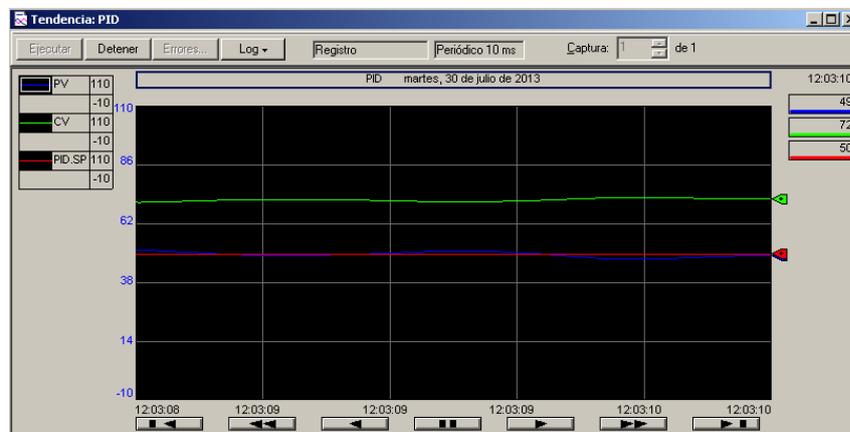


Figura 2.35: Gráfico de la tendencia del proceso utilidad de RSLogix 5000.

2.9. MONTAJE DE CABLE PARA RED MODBUS RTU.

El montaje del cable se realiza teniendo en cuenta que se utiliza cable UTP se debe separar 4 colores diferentes ya que se conecta 4 terminales de cada módulo, uno a continuación de otro a cada PLC.

2.10. CONFIGURACIÓN MAESTRO-ESCLAVO

2.10.1. MAESTRO RED MODBUS

Para la configuración del controlador como MAESTRO dentro de una RED MODBUS primeramente se debe descargar de la página de ROCKWELL AUTOMATION los programas ladder que proporciona a los usuarios como ejemplos donde brinda una solución para que el PLC COMPACT LOGIX L32E pueda añadirse en una RED MODBUS tanto como MAESTRO o ESCLAVO de la misma, lo único que se debe hacer

para utilizar esta solución es abrir el programa ladder en el software RSLOGIX 5000.

Los parámetros importantes que se debe tomar en cuenta para configurar el controlador se detallan en el ANEXO B Tabla B1.

Para que el controlador ejecute los comandos MODBUS se toma en cuenta la Tabla B2 del ANEXO B donde se describe que función tiene cada etiqueta.

En la Tabla B3 del ANEXO B se muestra una breve descripción de los diferentes códigos de funciones MODBUS que el MAESTRO puede ejecutar para comunicarse con los controladores ESCLAVOS.

2.10.2. ESCLAVO MODBUS.

En la Tabla B4 en el ANEXO B se indica los diferentes parámetros que se toma en cuenta para que un PLC COMPACT LOGIX L32E se pueda añadir a una RED MODBUS RTU como ESCLAVO de la misma, para aquello se describe cada parámetro dando una breve explicación de cada uno.

2.11. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

La comunicación inalámbrica entre la PC central y el controlador Maestro MODBUS se realiza conectado al PLC un ROUTER INALÁMBRICO, en RSLinx Classic la forma en que el PLC se reconoce es transparente porque lo único que interesa es que se elige el medio por el cual el driver establece comunicación con el controlador, al conectar la computadora a la RED INALÁMBRICA se escoge el adaptador de la antena WIRELESS de la computadora central como se indica la Figura 2.36.

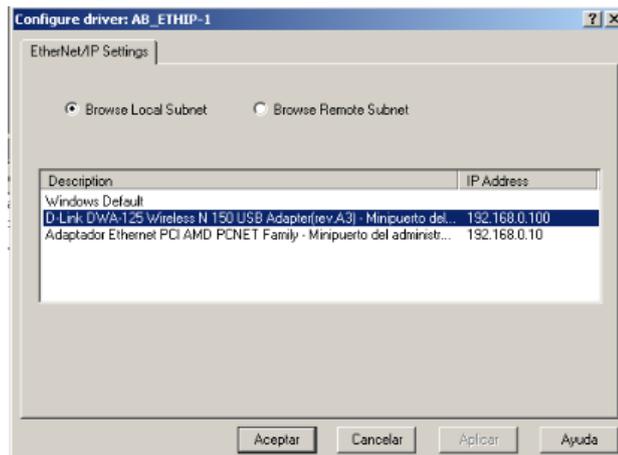


Figura 2.36: Selección del driver de comunicación con RSLinx Classic.

A continuación se debe conectar la computadora a la red del ROUTER INALÁMBRICO se comprueba que la conexión es la correcta haciendo PING como se muestra en la Figura 2.37.

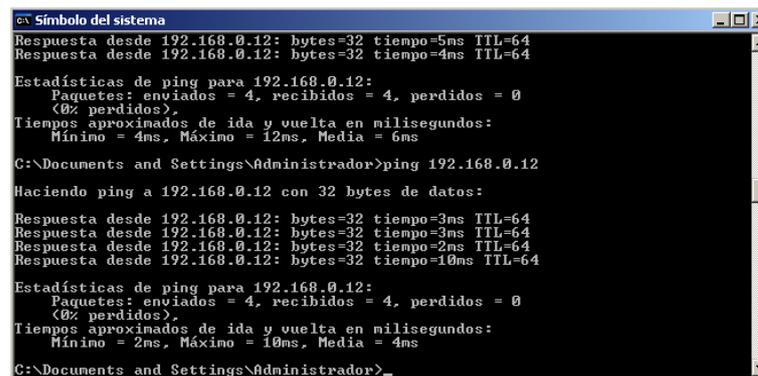


Figura 2.37: Comprobación de la comunicación entre el computador y la red Inalámbrica del Router conectado al controlador.

Seguidamente se reconoce el PLC MAESTRO de la RED MODBUS con el software RSLinx Classic como se muestra a continuación en la Figura 2.38.

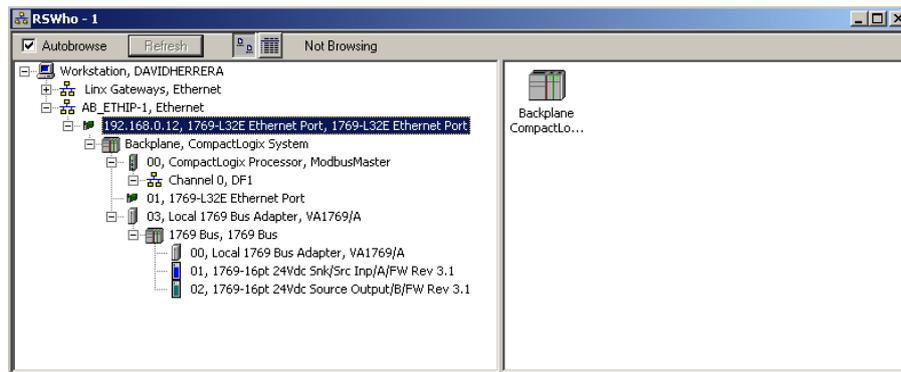


Figura 2.38: Comunicación del RSLinx Classic al PLC MAESTRO.

2.12. SOFTWARE PARA DISEÑO HMI FACTORY TALK VIEW ME

2.12.1. Selección de la aplicación

Después de haber instalado todo el paquete de software en una computadora se procede a ejecutar el programa FACTORY TALK VIEW STUDIO, como se observa en la Figura 2.39 que a continuación se indica; al ingresar se mostrará la ventana principal en la cual se indica los tipos de aplicación que se pueden crear, tales como: Site Edition Local o Network y Machine Edition, se selecciona Machine Edition para que se pueda ejecutar los HMIs en la computadora que se requiera.

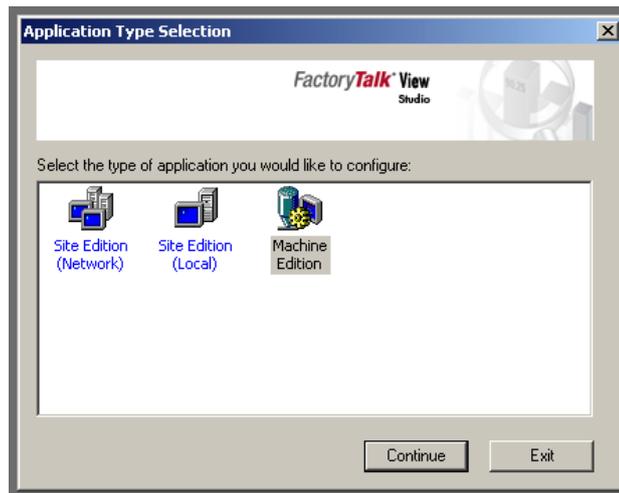


Figura 2.39: Selección del tipo de aplicación Machine Edition.

A continuación de haber seleccionado la aplicación, se ingresará a la pantalla principal de FactoryTalk View Estudio Machine Edition como se muestra en la Figura 2.40. En la pantalla principal se procederá a crear las diferentes aplicaciones como las pantallas de los HMIs, HISTÓRICOS, ALARMAS, SEGURIDADES, TAGs, TENDENCIAS y todo lo que se necesite para dar solución a los requerimientos del sistema al cual se va a comandar.

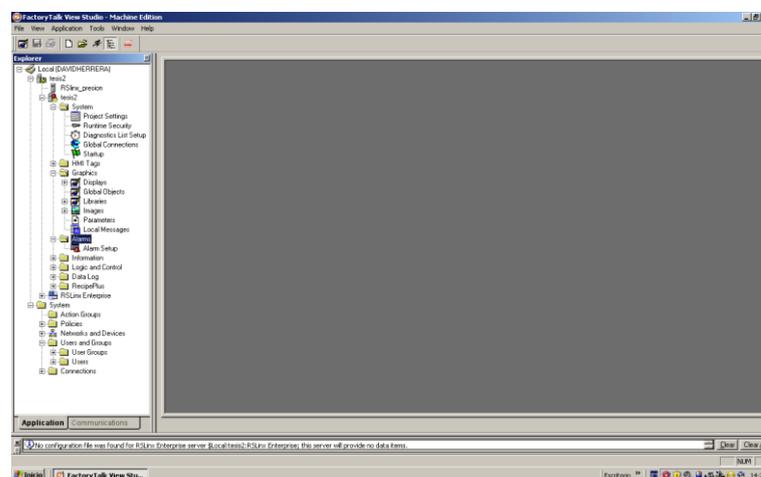


Figura 2.40: Ventana para desarrollo de HMIs.

2.12.2. Diseño HMI

Es la aplicación principal de FactoryTalk, donde se desarrolla y posteriormente se ejecuta los HMIs que contienen los diseños de las pantallas y las interfaces que interactúan con el usuario.

a. Creación de las pantallas HMIs

Para crear las pantallas de los HMIs se da doble click sobre la carpeta GRAPHICS en la cual se desplegará una lista, aquí sobre la opción DISPLAYS se da click izquierdo y se selecciona NEW como se muestra en la Figura 2.41.

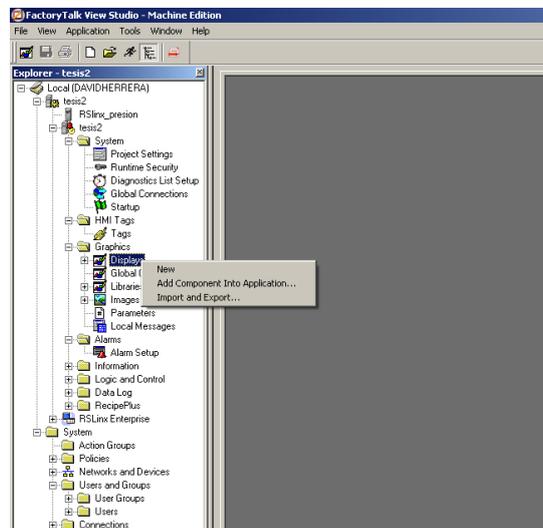


Figura 2.41: Crear nueva pantalla HMI.

Una vez creadas las pantallas para los HMIs, se desarrollará las diferentes interfaces y servicios que permitirán monitorear los procesos.

FactoryTalk View permite crear ventanas que sirven para navegar dentro del HMI, estas ventanas contienen objetos con diferentes animaciones

que sirven para visualizar, interactuar con el proceso e ingresar datos al mismo, crear las ventanas de los HMIs es muy simple ya que existe un gran número de displays que están prediseñados denominados LIBRARIES Y DISPLAYS.

- Dentro de la carpeta GRAPHICS se tiene las ventanas (displays) como se muestra en la Figura 2.42, las cuales proporcionan las opciones de pantallas prediseñadas para alarmas, tendencias, históricos, etc, que son de uso general, a las que se debe solo animarles y asignar Tags.

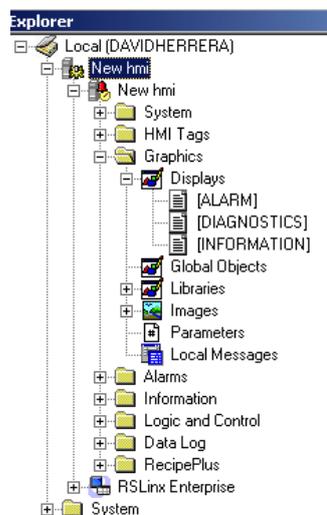


Figura 2.42: Pantallas prediseñadas de la carpeta Displays.

- Dentro de la carpeta GRAPHICS se encuentra LIBRARIES como se muestra en la Figura 2.43, esta contiene diferentes elementos que sirven para poder añadir estética a los HMIs que se crea, por ejemplo aquí se encontrará tanques, válvulas, tuberías, indicadores, etc, que ayuda en el diseño de los HMIs.

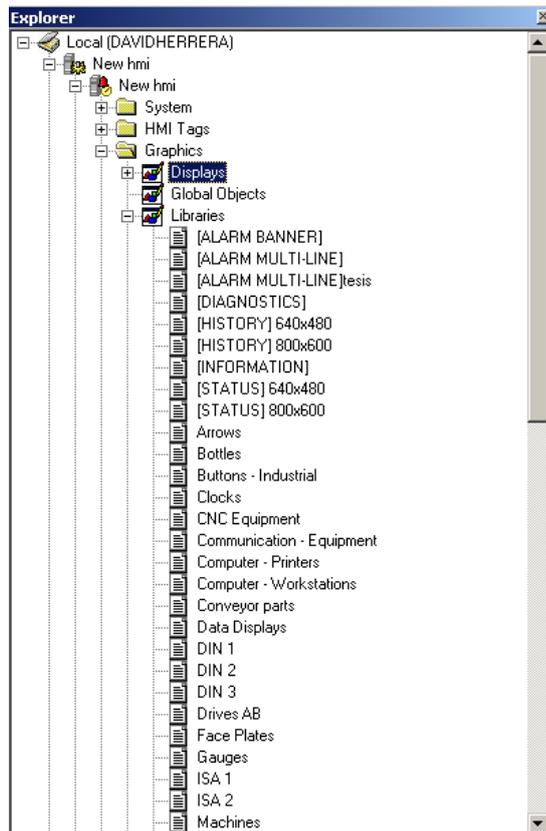


Figura 2.43: Pantallas prediseñadas de la carpeta LIBRARIES

b. Crear Tags

Dentro de la carpeta con el nombre del proyecto se da click, luego se encontrará la carpeta HMI Tags donde se da doble click y aparece la ventana que se muestra en la Figura 2.44, donde se alojan los Tags del proyecto y se puede añadir o borrar Tags.

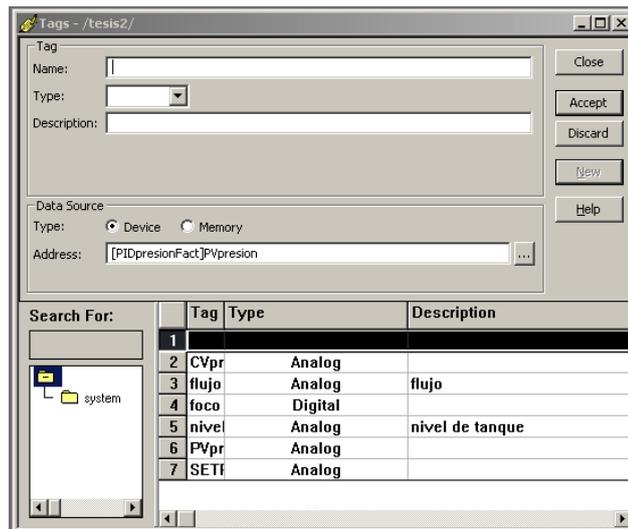


Figura 2.44: Crear y configurar Tags.

Aquí se puede crear un Tag cuando se da click en New posteriormente se define las características del Tag tales como nombre, tipo de dato, el tipo de la fuente del dato desde un dispositivo o desde la memoria y se da una descripción, etc.

Si el dato es desde un dispositivo es necesario definir la dirección de donde proviene dicho dato.

2.12.3. Servidor de datos

Para añadir un servidor de datos ROCKWELL AUTOMATION proporciona dos servicios el RSLinx Enterprise y RSLinx Classic, estos son los encargados de leer los datos desde los PLCs hacia los HMIs y estar disponibles para el resto de opciones de FactoryTalk haciendo simple vincular los Tags o variables del PLC en los HMIs.

a. Crear servidor de datos

Para crear el servidor de datos se da click derecho sobre el nombre del proyecto en la ventana EXPLORER, se escoge la opción ADD NEW SERVER/OPC DATA SERVER, después se despliega una ventana como se muestra en la Figura 2.45, en la cual se debe ingresar un nombre para el servidor, una descripción y en la pestaña Browse se escoge el tipo de data server que se quiere utilizar.

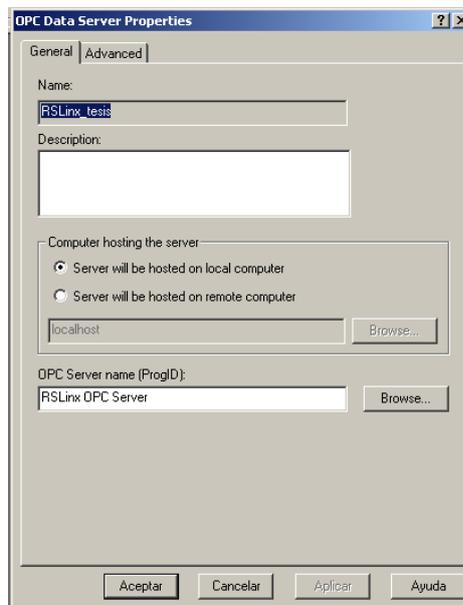


Figura 2.45: Propiedades de la ventana del servidor OPC.

Para vincular los Tags al HMI del proyecto se debe crear un servidor DDE/OPC para esto se abre el software RSLinx Classic se selecciona la pestaña DDE/OPC y se abre TOPIC CONFIGURATION, se despliega una ventana como se muestra en la Figura 2.46, donde se crea el tópic de comunicación, se da click en la pestaña NEW y se renombra.

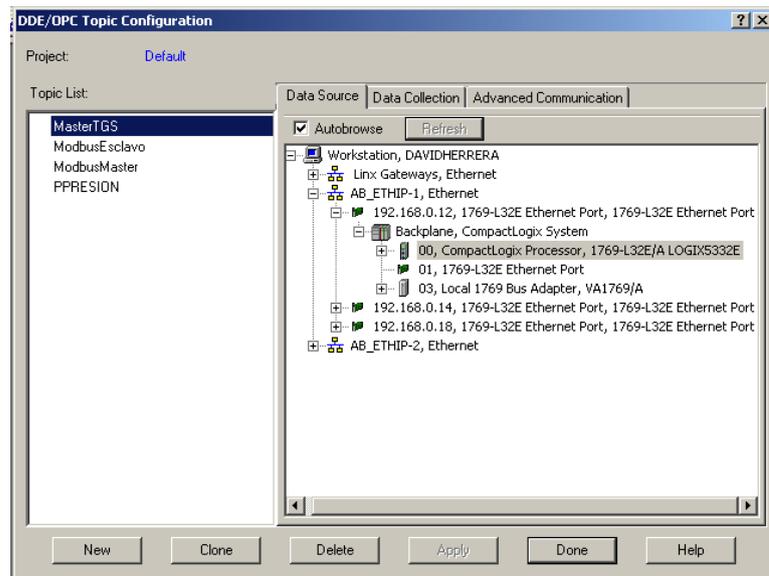


Figura 2.46: Crear nueva TOPIC CONFIGURATION.

Como se observa en la Figura 2.46, se debe seleccionar la ruta del controlador del cual se quiere obtener los Tags que vinculará al nuevo proyecto en las pantallas del HMI.

Luego de crear el servidor, dentro de los Tags se debe actualizar las carpetas que contienen los servidores OPC con los Tags del PLC para poder apuntar a la variable que se desee vincular con las pantallas del HMI mostrada en la siguiente Figura 2.47.

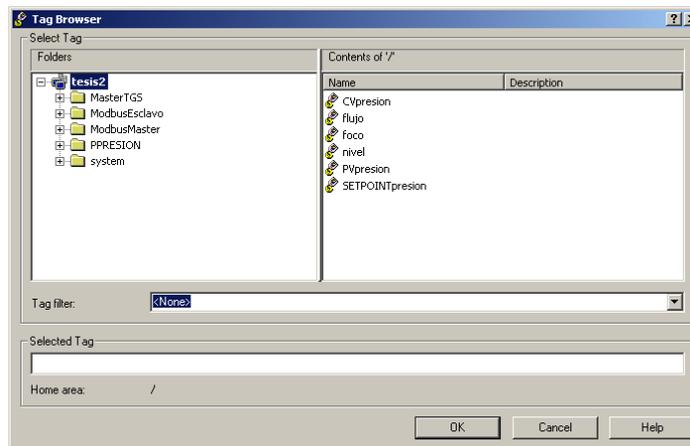


Figura 2.47: Vinculación de los Tags del PLC.

Como se observa en la Figura 2.47, en el navegador de Tags están todas las carpetas de Tags una de ellas son los Tags del PLC Maestro MODBUS en dicha carpeta se alojan todos los Tags que se crea en el controlador.

2.12.4. SERVIDOR DE HISTÓRICOS

El servidor de históricos es otra funcionalidad que presenta la plataforma FACTORYTALK VIEW esta característica del software permite almacenar en cualquier dirección de un disco duro externo o interno en la computadora, todos los valores de los Tags que se requieran guardar para utilizar posteriormente y crear reportes.

El servidor de históricos se configura en la ventana EXPLORER a la carpeta DATA LOG aquí se puede parametrizar un nuevo DATA LOG mostrado en la Figura 2.48, los parámetros a ingresar en esta configuración es una breve descripción, un Path o dirección en donde se guardarán los históricos o simplemente en la dirección que presenta por defecto, los Tags que se van a guardar en el DATA LOG y por último la

forma de almacenamiento de los datos puede ser en forma periódica cada cierto intervalo de tiempo o cuando se presente un evento.

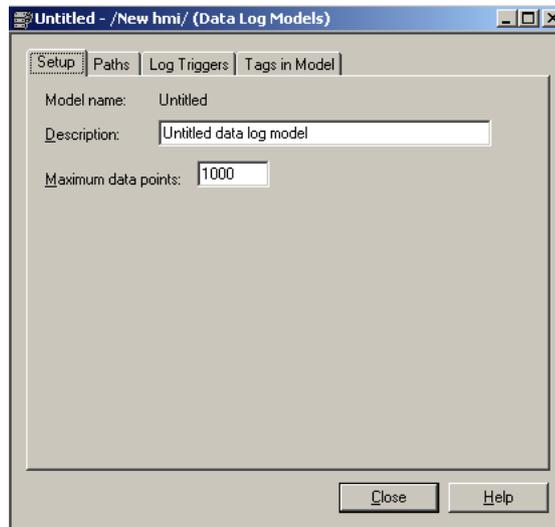


Figura2.48: Configuración del servidor de históricos DATALOG

2.12.5. CONFIGURACIÓN DE ALARMAS

Para configurar alarmas en el proyecto a estas se las asignan a un Tag específico que se requiera informar al usuario sobre los eventos del Tag, el sistema de alarmas permite configurar diferentes parámetros como por ejemplo un mensaje de visualización, ingreso, salida, reconocimiento de alarma y además configurar en que pantalla se las presentará. Esta opción se encuentra en la ventana EXPLORER mostrada en la Figura 2.49.

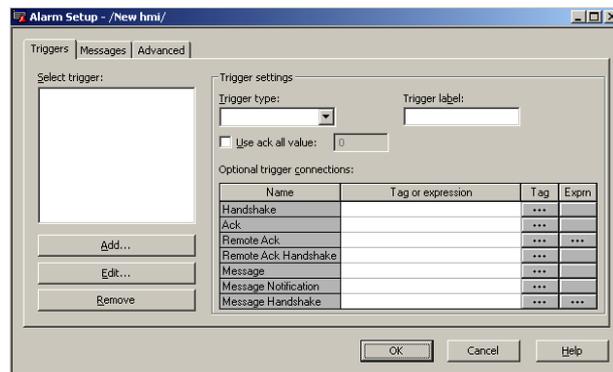


Figura 2.49: Ventana de configuración de Alarmas.

CAPÍTULO 3

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de los resultados obtenidos con la implementación del proyecto se establecieron pruebas para cada parte de la implementación por separado que constituyen el proyecto total, para al final con la unión de todos los procesos verificar que todo el proyecto funciona a la perfección, tanto para recepción y para envío de los diferentes registros o variables establecidas en la aplicación, para su correcto funcionamiento, hasta que por último se comprobó que la comunicación inalámbrica con la PC maestra funcione sin problema.

3.1. HARDWARE

Las pruebas de hardware se realizan para verificar que todos los dispositivos funcionen correctamente como el PLC con sus módulos de entradas y salidas analógicas, el módulo 1761 NET-AIC que básicamente es un conversor de RS232 a RS485, el ROUTER WIRELESS, los cables que conectan los dispositivos en la red MODBUS RTU.

3.2. COMUNICACIÓN DEL PLC CON LA COMPUTADORA

La prueba para verificar la correcta comunicación de la computadora con el controlador se la realiza con la ayuda del software RSLinx Classic y un cable de RED ETHERNET común para computadoras que puede ser directo o cruzado, el PLC lo detecta automáticamente lo único que se debe asegurar es que el cable funcione correctamente, para observar si el PLC es reconocido por el computador, se debe tener cuidado al elegir el

driver y la ruta de comunicación, ya que la selección errónea proseguirá con el no reconocimiento del controlador.

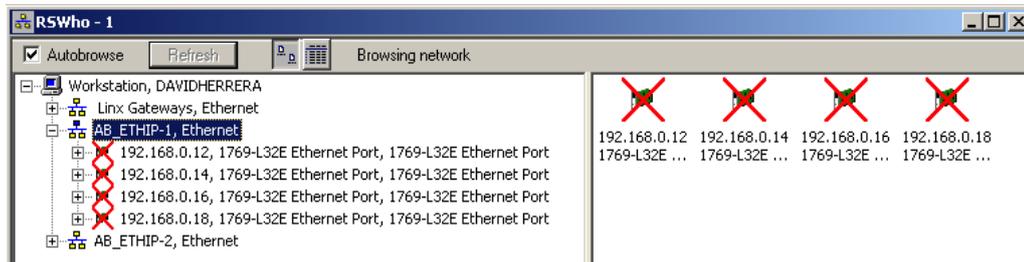


Figura 3.1: Comunicación errónea con el Controlador.

3.2.1. COMUNICACIÓN DEL PLC CON LOS MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA ANALÓGICA

Después que en el Capítulo 2, donde se indica la implementación de la red se explica cómo configurar los módulos tanto de entradas como de salidas analógicas para que funcionen sin ningún tipo de error, siguiendo al pie de la letra las configuraciones de los módulos funcionarán a la perfección, se debe tener cuidado con el archivo de configuración ya que tiene disposiciones de bits que sirven para dar diferentes configuraciones a los módulos como pueden ser diferentes tipos de rangos de entradas, de escalamientos, de salidas en el caso del módulo de salidas analógicas. Al realizar todo correctamente se podrá observar que el módulo indica un led de OK encendido en verde.



Figura 3.2: Leds indicadores de que los módulos están funcionando correctamente.

El único problema que ocurre es con el reconocimiento del módulo de salidas analógicas 1769-OF4 ya que en el software RSLogix 5000 no se puede agregar directamente porque este módulo no viene en el listado de módulos donde se puede añadir y configurar rápidamente.

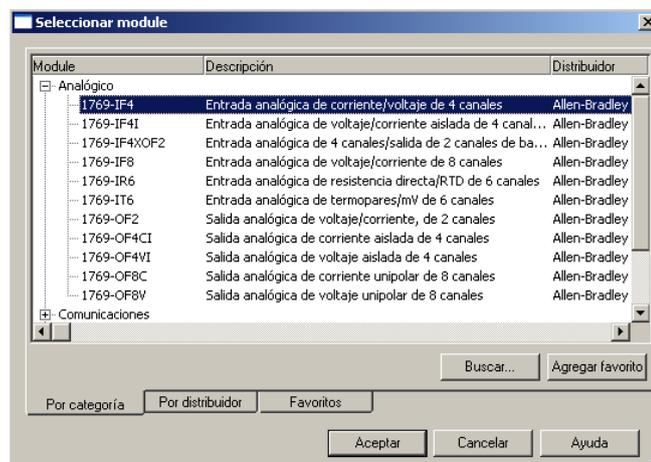


Figura 3.3: Listado de módulos donde el módulo 1769-OF4 no existe.

La solución es que se debe añadir como un módulo genérico en el mismo listado se encuentra la opción OTRO donde se adiciona un módulo genérico esto ocurre porque el FIRMWARE del software RSLogix 5000 es de versión 16, no está añadido este módulo para encontrarlo directamente se debe actualizar a la versión 19 del FIRMWARE donde ya viene para agregarlo directamente, para que funcione el módulo se debe configurar tal y como se muestra en la Figura 3.4:

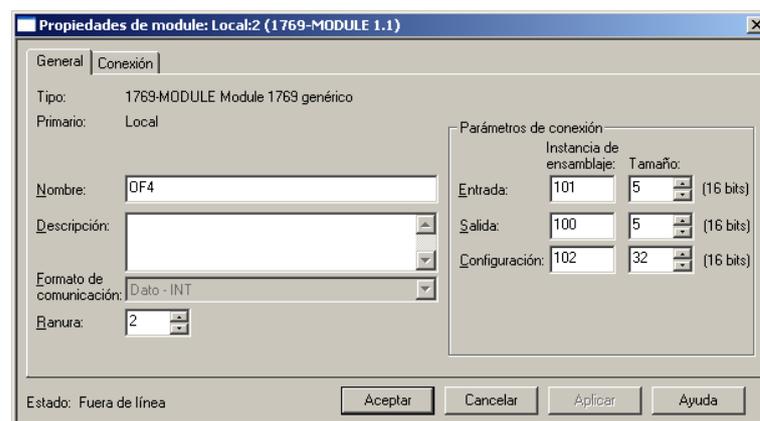


Figura 3.4: Configuración del Módulo como Genérico.

El último problema que se presentó fue al identificar los archivo de configuración donde por medio de bits se establece que tipo de señal va a generar ya sea corriente o voltaje y el rango de la señal para que el módulo funcione perfectamente.

Configuration Data File

Word/Bit	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00	
Word 0	EC	NU							EHI	ELI	LC	ER	FM	PM	NU	PFE	
Word 1	NU				Format Ch0				NU				Type/Range Sel Ch0				
Word 2	SGN	Fault Value Channel 0															
Word 3	SGN	Program (Idle) Value Channel 0															
Word 4	SGN	Clamp High Data Value Channel 0															
Word 5	SGN	Clamp Low Data Value Channel 0															
Word 6	SGN	Ramp Rate Channel 0															
Word 7	NU																

Figura 3.5: Disposición de los datos WORD (INT) ¹⁹.

Los archivos mostrados en la Figura 3.5, corresponden a los dos primeros datos WORD (INT), de la siguiente Figura 3.6.

Nombre	Valor	Máscara de fuerza	Estilo	Data Type	Descripción
Local2.C	{...}	{...}		AB:1769_MODUL...	
Local2.C.Reserved	1		Decimal	DINT	
Local2.C.Data	{...}	{...}	Hex	INT[198]	
Local2.C.Data[0]	16#8000		Hex	INT	
Local2.C.Data[1]	16#0203		Hex	INT	
Local2.C.Data[2]	16#0000		Hex	INT	

Figura 3.6. Disposición de los datos en RSLogix 5000.

Se da click en el signo "+" y se debe colocar los bits que sirven para configurar y habilitar el módulo, del DATA[0] el bit 15 está especificado para habilitar "1" y deshabilitar "0" el canal por el cual se genera la salida analógica y en el DATA[1] como se muestra en Figura 3.7, se colocan los bits de tal manera que el módulo escale y genere la señal deseada.

Define	To choose	Make these bit settings															
		15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
Type/Range Select	-10...10V DC													0	0	0	0
	0...5V DC													0	0	0	1
	0...10V DC													0	0	1	0
	4...20 mA													0	0	1	1
	1...5V DC													0	1	0	0
	0...20 mA													0	1	0	1
Data Format Select	Raw/Proportional Counts						0	0	0								
	Engineering Units						0	0	1								
	Scaled for PID						0	1	0								
	Percent Range						0	1	1								

Figura 3.7: Bits para configurar que el módulo escale y genere la señal deseada ¹⁹.

3.2.2. COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL MÓDULO CONVERTOR 1761 NET-AIC

La prueba para saber que los módulos funcionan correctamente es sencilla al ser módulos que básicamente convierten de RS232 comunicación nativa del controlador COMPACTLOGIX L32E a comunicación RS485, comunicación mediante la cual MODBUS se interconecta entre los diferentes dispositivos de la red simplemente se debe fijar que los leds de transmisión estén parpadeando, esto demuestra que el módulo 1769 NET-AIC está trabajando adecuadamente.

El módulo 1769 NET-AIC, para mostrar que hay un problema con la transmisión a través de un canal específico se apaga el led de dicho canal, por ejemplo esto puede suceder cuando el maestro no está habilitado para transmitir datos MODBUS.

Los leds del módulo 1769 NET-AIC y el led del puerto serial del PLC deben estar parpadeando cuando están transmitiendo correctamente, otro problema es que al PLC se debe colocar en modo marcha con esto se asegura que se está transmitiendo satisfactoriamente y el interruptor de

selección de fuente para el módulo 1769 NET-AIC se debe colocar en fuente externa, en la siguiente Figura 3.8, se muestra los leds de transmisión que se menciona.

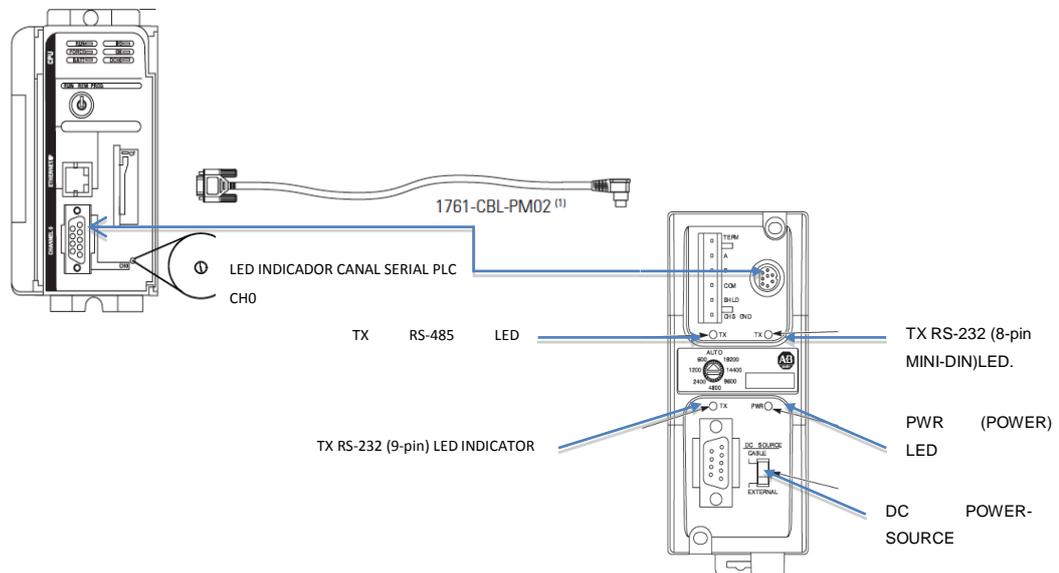


Figura 3.8: Cableado e indicación de cada led del PLC y el módulo 1769 NET-AIC.

3.2.3. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DEL PLC CON LA PC MAESTRA

Para comprobar que la comunicación inalámbrica entre la PC y el PLC MAESTRO se observa que el PLC está conectado desde su puerto ETHERNET mediante un cable RJ45 hasta un puerto ETHERNET libre del ROUTER se observa que las luces indicadoras están encendidas completamente, en la siguiente Figura 3.9, se indica que representa cada led.

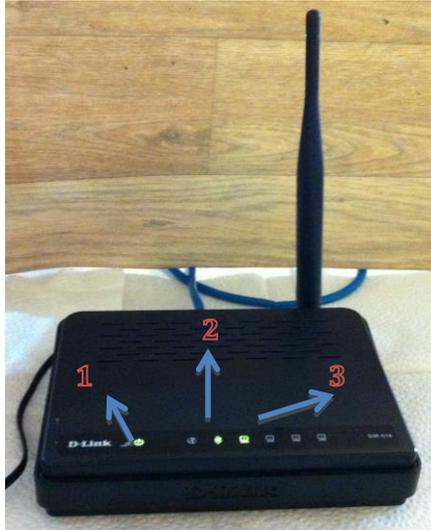


Figura 3.9: ROUTER WIRELESS: 1. Led indicador de encendido 2. Led indicador de comunicación inalámbrica activa 3. Led indicador de que un dispositivo ETHERNET está conectado.

Después de observar que todo está correctamente conectado y verificar que los leds de comprobación están encendidos se sabrá que el PLC está conectado mediante cable RJ45 a la "REDPLC" ahora lo que falta por constatar es que la computadora MAESTRA se conecte al ROUTER inalámbricamente a la "REDPLC" mediante la tarjeta WIRELESS, la comprobación se realiza con la ayuda del programa CMD de la computadora aquí se realiza un PING a la dirección IP del PLC MAESTRO con el objetivo de comprobar que hay transmisión entre estos dispositivos.

```

C:\> Símbolo del sistema
Respuesta desde 192.168.0.12: bytes=32 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.12: bytes=32 tiempo=4ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.12:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 4ms, Máximo = 12ms, Media = 6ms

C:\Documents and Settings\Administrador>ping 192.168.0.12
Haciendo ping a 192.168.0.12 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.12: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.12: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.12: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.12: bytes=32 tiempo=10ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.12:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 10ms, Media = 4ms

C:\Documents and Settings\Administrador>

```

Figura 3.10: PING al PLC MAESTRO.

3.3. SOFTWARE

Las pruebas en software se realizó a todas las pantallas del HMI diseñado en FactoryTalk y todos los elementos adicionados en las interfaces tales como los usuarios con acceso total o limitado a los procesos, alarmas, tendencias de cada estación monitoreada, el servidor OPC y el historial.

Para el diseño de la Interfaz Humano Máquina (HMI) primeramente se eligió que grupos serán creados y que usuarios serán agregados a los mismos, esta lógica se hace muy sencilla de adoptar ya que los grupos son los que tienen los niveles de acceso y los usuarios simplemente se agregan a cada grupo.

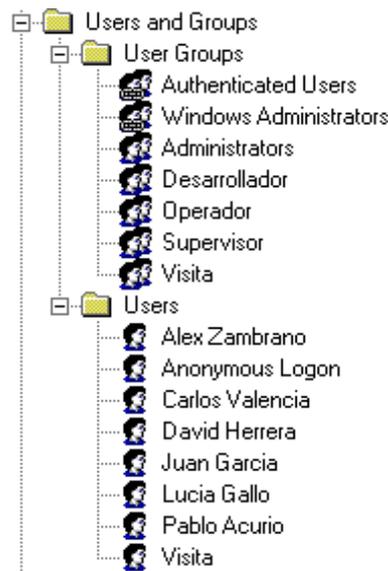


Figura 3.11: Grupos y Usuarios para los HMI en FactoryTalk.

Para la creación de los grupos se tomó en cuenta que clase de privilegios se va a otorgar a cada uno de ellos para acceder a las diferentes opciones de cada pantalla del HMI. Por ejemplo el privilegio que tiene el usuario DESARROLLADOR es que solo los usuarios pertenecientes a este grupo son los que pueden detener el HMI, esto es para simular que si necesitan realizar ya sea mantenimiento, agregar o editar pantallas, agregar o editar configuraciones, etc, únicamente los desarrolladores del proyecto son los que podrán detener la aplicación. Otro ejemplo sería que solo el grupo SUPERVISOR es quien puede reconocer (acknowledge) las alarmas ocurridas en los diferentes procesos del proyecto.

Las opciones y botones de cada pantalla del HMI que se han propuesto utilizar se han diseñado tratando de dar la mayor comodidad e intuitividad a los usuarios que utilizan los HMIs de este proyecto, para de esta forma hacer lo más simple posible el uso, también se trató de no exceder con botones o invadir la pantalla de muchos gráficos para que de esta forma sea más rápida la selección del acceso al que se desea ingresar.

Todo lo que ocurre cuando se esté ejecutando se presentará en una pantalla llamada DIAGNÓSTICO aquí informa si el usuario que ingresó es o no el correcto, si tiene el suficiente privilegio para acceder a una pantalla en específico, también informa cuando se cambió de usuario, etc.

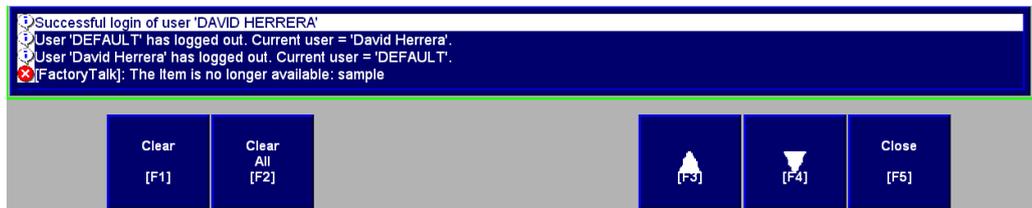


Figura 3.12. Pantalla DIAGNÓSTICO que informa lo que ocurra mientras se ejecuta el proyecto.

Esta pantalla se diseñó de tal manera que se pueda visualizar siempre que ocurra algún evento para dar información al usuario sobre lo que suceda en el mismo, además también se agregó un botón para acceder a esta pantalla, el mismo concepto se tomó al diseñar la pantalla para observar cuando una alarma ocurre, aquí se observa cuando la alarma está ocurriendo en tiempo real para que el usuario sepa en qué proceso está sucediendo alguna clase de alarma ya sea baja o alta.



Figura 3.13: Pantalla ALARMA que informa que alarma esa ocurriendo.

Además de dar un acceso rápido a las alarmas que ocurren en el momento es decir, en tiempo real se agregó otra pantalla que permite observar que alarmas han ocurrido con el HISTORIAL DE ALARMAS y cuando se ha reconocido las mismas.

Alarm History		
Alarm time	Acknowledge time	Message
* 05/10/2013 17:09:15	05/10/2013 17:09:26	PRESION Warning_Upper
* 05/10/2013 16:59:18	05/10/2013 17:06:56	NIVEL Warning_Upper
05/10/2013 16:50:23		PRESION Warning_Upper
* 05/10/2013 16:40:42	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 16:37:37	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 16:20:58	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:33:25	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:58	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:53	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:04	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:04	05/10/2013 16:41:19	PRESION Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:04	05/10/2013 16:41:19	NIVEL Warning_Lower

Ack Alarm	Silence Alarms	▲	▲	▲	Print History	Alarm Status	Close
Ack All	Clear All	▼	▼	▼		Sort Alarms	

Figura 3.14: Pantalla que muestra el HISTÓRICO de las alarmas ocurridas y el momento cuando se las reconoció.

Al momento de querer seleccionar el SETPOINT de alguna variable de cualquier estación de PRESIÓN, FLUJO y NIVEL, se diseñó de manera que tenga dos formas de ingresar el valor, ya sea por teclado, por panel de números seleccionándolos o a través de una selección por desplazamiento SLIDER como se indica en la Figura 3.15.



Figura 3.15: Maneras de ingresar el SETPOINT.

Otra opción que se diseñó en las pantallas del HMI fue que se puede indicar la tendencia del proceso, es decir, se grafica de forma continua como actúa el proceso: SETPOINT (SP), el PROCESSVALUE (PV), y el CONTROLVALUE (CV).

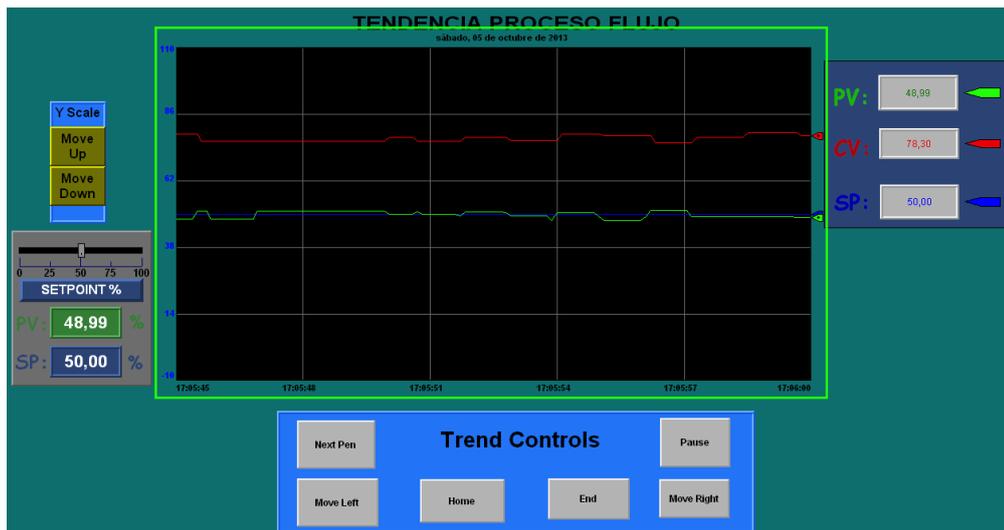


Figura 3.16: Pantalla TENDENCIA de los procesos.

También se optó por ingresar y escalar los valores de cada variable en porcentaje ya que todas las personas estarán familiarizadas y será intuitivo saber que se está ingresando el 50 % de alguna variable, antes

que decir que se está ingresando 20 PSI o 6 pulgadas de agua, en este último caso solo algunos estarán familiarizados con la cantidad que en realidad es lo que se ingresa.



Figura 3.17: Valores en porcentaje de la variable del Proceso de Presión.

3.4. RED MODBUS

Las pruebas para la RED MODBUS se realizó tomando en cuenta que su estructura lógica es del tipo MAESTRO-ESCLAVO es decir, el MAESTRO envía una petición o comando y el ESCLAVO responde a la orden, hay que tomar en cuenta también que es una RED mono maestro quiere decir que el PLC MAESTRO es quién recolecta todos los datos de la red, es quién comanda la misma y el que establece el control de acceso al medio.

3.4.1. MAESTRO MODBUS

El PLC MAESTRO de la RED MODBUS es el que se debe configurar y programar para poder recolectar los datos de cada ESCLAVO y para enviar los comandos característicos del protocolo MODBUS, la

característica del programa descargado de la página de ROCKWELL AUTOMATION soporta los comandos MODBUS indicados en el ANEXO B Tabla B3.

Para enviar un comando MODBUS desde el PLC MAESTRO hasta el PLC ESCLAVO se debe configurar con los pasos indicados en el Capítulo 2, ahora lo que se va a comprobar es que efectivamente el PLC MAESTRO escribe y lee los registros escogidos al ESCLAVO deseado; en la siguiente Figura 3.18, se indica la configuración en el PLC MAESTRO con los parámetros más importantes.

Mod_Commands[0]	{...}	
Mod_Commands[0].Enable	1	Bit para habilitación del comandos MODBUS
Mod_Commands[0].EchoReceived	1	
Mod_Commands[0].ScanNumber	12	
Mod_Commands[0].AddressOffsetin...	0	
Mod_Commands[0].SlaveAddress	1	Número del ESCLAVO al que se va a enviar la petición
Mod_Commands[0].FunctionCode	6	Código de la acción que se desea ejecutar
Mod_Commands[0].StartingAddress	0	
Mod_Commands[0].NumberOfPoints	1	
Mod_Commands[0].Spare1	0	
Mod_Commands[0].Spare2	0	

Figura 3.18: Configuración de comando MODBUS en el PLC MAESTRO.

En la configuración indicada en la Figura 3.18, lo que se está enviando es el código de función 6 que quiere decir según la Tabla B3 en el ANEXO B, que se está escribiendo un solo Holding Register en la estación remota ESCLAVO número 1 en la primera localidad, ya que en el AddressOffseting se muestra en 0 y el StartingAddress se muestra en 0, esto quiere decir que se está escribiendo en la localidad 40001 de la tabla MODBUS para comprobar el envío y la recepción de los datos en MODBUS se utiliza un simulador en una computadora con puerto serial

donde se simula que el ESCLAVO 1 se escribe el dato 3456 como se observa en la Figura 3.19.

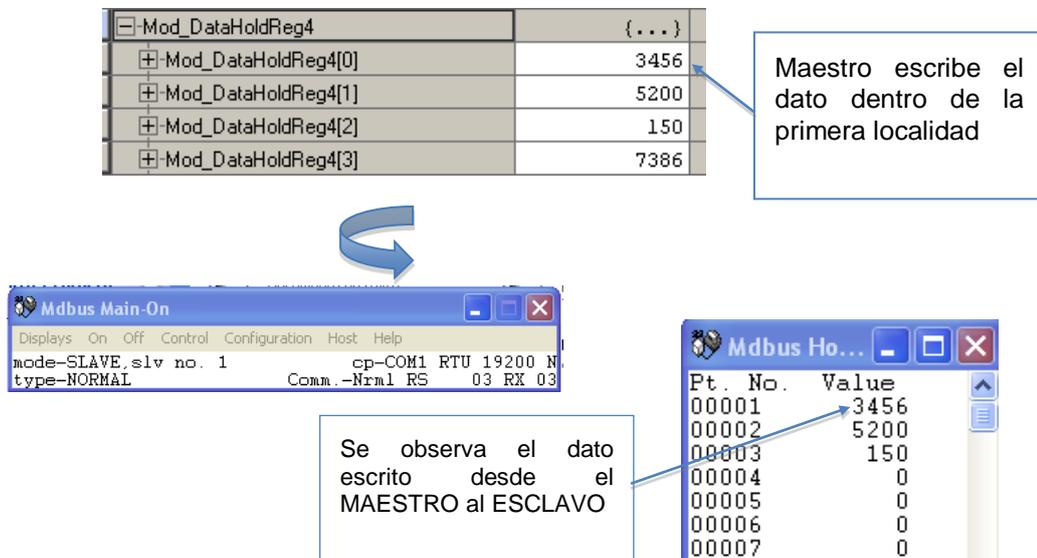


Figura 3.19: Escritura del registro desde el PLC maestro al esclavo

Ahora para el envío del código de función 3 que según la Tabla B3 en el ANEXO B, sirve para leer un solo Holding Register como se puede observar en la Figura 3.20, en este comando MODBUS se configuró que se escriba en la tercera localidad por esa razón se encuentra el AddressOffseting en 0 y el StartingAddress en 2.

Mod_Commands[2]	{...}
+ Mod_Commands[2].Enable	1
+ Mod_Commands[2].EchoReceived	1
+ Mod_Commands[2].ScanNumber	12
+ Mod_Commands[2].AddressOffsetin...	0
+ Mod_Commands[2].SlaveAddress	1
+ Mod_Commands[2].FunctionCode	3
+ Mod_Commands[2].StartingAddress	2
+ Mod_Commands[2].NumberOfPoints	1
+ Mod_Commands[2].Spare1	0
+ Mod_Commands[2].Spare2	0

Bit de habilitación del comando MODBUS

Número de esclavo al que se va a enviar la petición

Código de la acción que se desea ejecutar

Figura 3.20. Configuración de comando MODBUS en el PLC Maestro.

Para comprobar que el PLC Maestro en realidad está leyendo del ESCLAVO 1 la tercera localidad, osea se esta leyendo la localidad 40003 de la tabla MODBUS para comprobar el envío y la recepción de los datos en MODBUS se utiliza un simulador en una computadora con puerto serial donde se simula que es el ESCLAVO 1 que escribe el dato 150 y el MAESTRO lee el dato como se observa en la Figura 3.21.

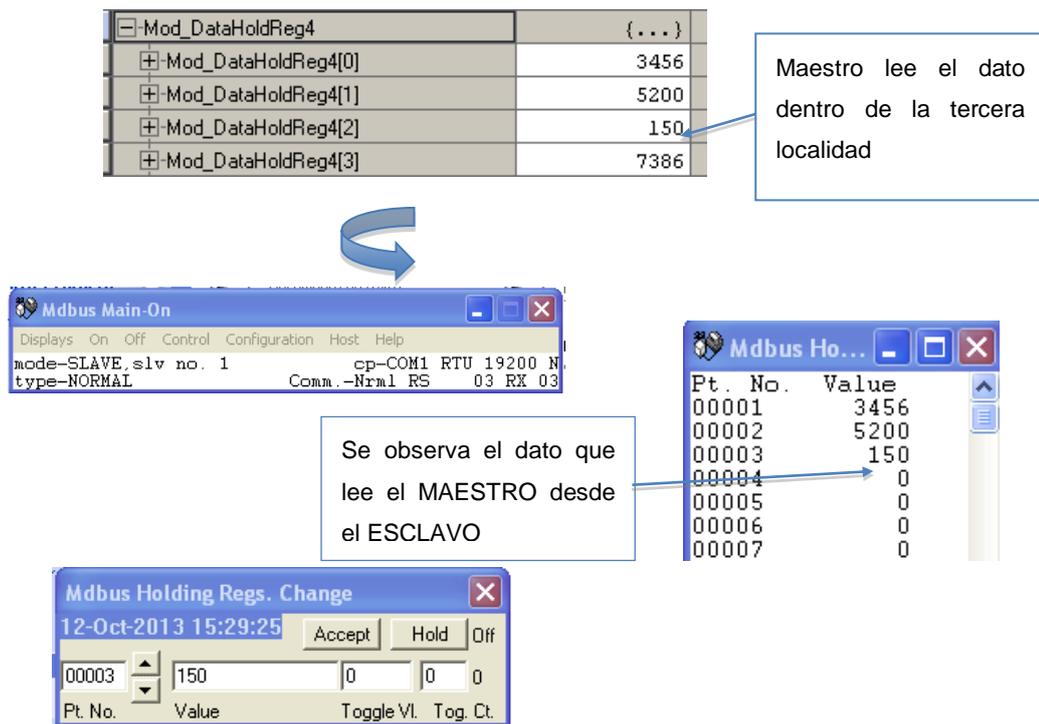


Figura 3.21: Lectura del registro desde el PLC Maestro al Esclavo.

Como se constata en las pruebas anteriores el PLC MAESTRO está dentro de una RED MODBUS, es quién comanda la red y recolecta todos los datos de los dispositivos remotos, al ser una red de lógica tipo MAESTRO-ESCLAVO, el MAESTRO es quién escribe o lee los datos desde los ESCLAVOS esto quiere decir que es el único que puede escribir una localidad cuando la función código es 6 y es el único que puede leer una localidad cuando la función código es 3.

3.5. CONTROL PID

El control PID es uno de los controles más usados en la industria por sus grandes resultados y prestaciones, en el proyecto las estaciones de presión, flujo y nivel del laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos, cada estación está comanda por un PLC ESCLAVO el cual

mediante la RED MODBUS RTU se comunica con el PLC MAESTRO donde se recolecta los datos de cada dispositivo remoto, en cada PLC ESCLAVO se ejecuta un control PID para cada estación, el control se sintonizó manualmente mediante ajuste empírico, es decir se siguen unos pequeños pasos para sintonizar, primero se incrementa solo la constante de la ganancia PROPORCIONAL hasta que la respuesta del proceso se haga oscilatoria pero con oscilación sostenida, después se incrementa razonablemente la ganancia de la constante DERIVATIVA para reducir el sobreimpulso de la respuesta del proceso para que por último se incremente la constante de ganancia INTEGRAL de manera que se elimine el error en estado estable.

Después de realizar la sintonización de cada estación de procesos industriales se procede a perturbar las variables controladas con el propósito de observar si en verdad se está controlando el proceso, al sintonizar manualmente se puede comprender el principio de funcionamiento de cada elemento que compone el proceso industrial, tanto el sensor con su respectivo transmisor como el actuador, al finalizar se debe comprobar que el algoritmo PID de cada estación se ejecuta con éxito ya que el error en estado estable en cada proceso se eliminó en su totalidad.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se verificó que el diseño e implementación de una red industrial utilizando protocolo MODBUS RTU tiene las características necesarias para monitorear y controlar las estaciones de procesos de nivel, flujo y presión en el laboratorio de redes industriales y control de procesos de la ESPE extensión LATACUNGA.
- Se comprobó que MODBUS RTU al ser un protocolo abierto se puede comunicar entre dispositivos de cualquier fabricante siempre y cuando tengan como especificación técnica que puede comunicarse en una RED MODBUS RTU serial y que se tenga presente las localidades de la tabla MODBUS de los dispositivos.
- Se verificó que la implementación lograda con los módulos conversores 1761 NET-AIC es la más económica ya que existen módulos simples de configurar pero muy costosos en el mercado ayudando de esta manera a que sea una implementación viable como una aplicación didáctica.
- Se observó que el PLC MAESTRO COMPACTLOGIX L32E se puede comunicar inalámbricamente por medio de un ROUTER WIRELESS y la tarjeta wifi del computador maestro siendo una comunicación rápida y en tiempo real permitiendo monitorear el PLC y cargar en línea el programa ladder en el controlador

principal y actualizar la programación o mejorarla según sea el caso.

- La utilización de las estaciones de nivel, flujo y presión del laboratorio de redes digitales y control de procesos de la ESPE extensión LATACUNGA permiten de forma didáctica familiarizar al estudiante con procesos similares a los que existen en la industria ya que las variables son las más utilizadas en el ámbito profesional.
- Se comprobó que la utilización de software RSlinx, RSLogix 5000 y FactoryTalk view como también el hardware como controlador Compact Logix L32E de la familia Allen Bradley se complementan de tal forma que al usuario que los utiliza le simplifican enormemente las comunicaciones, la programación y minimiza errores.
- Se constató que los PLC COMPACTLOGIX L32E al ser controladores modulares tienen una capacidad de integración y escalabilidad abismal en la industria.
- Se diseñó pantallas de los HMIs muy intuitivas para el operador, tratando de no entorpecer las pantallas ni la experiencia del usuario con excesivos elementos en cada interfaz.
- Se vinculó con gran facilidad los Tags del controlador con los HMIs mediante la utilización del RSLinx que añade el OPC para comunicar las variables del PLC con las animaciones creadas en las pantallas en FactoryTalk View.

- Se maniobró y programó PLC Allen Bradley CompactLogix 1769 L32E con sus respectivos módulos de entradas y salidas analógicas.
- Se comprobó que la sintonización manual de las estaciones de presión, flujo y nivel ayuda al estudiante a comprender de mejor manera el principio de funcionamiento de cada elemento que compone los procesos industriales del laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la ESPE extensión LATACUNGA.
- El uso de un ROUTER WIRELESS es la manera más sencilla y económica de comunicar el PLC inalámbricamente con una computadora con esto se puede disminuir el cableado y se puede hacer más accesible a un controlador que se encuentre en una locación remota.

4.2. RECOMENDACIONES

- Familiarizarse y estudiar previamente sobre el uso de todos los elementos que se utilizó en la red de comunicación para minimizar al máximo los errores por manipulación indebida y evitar fallos y daños en los equipos.
- Tener cuidado al momento del conectar los módulos de entrada y salidas analógicas ya que si no se tiene un conocimiento previo del cableado se puede provocar daños en los módulos
- Verificar que las configuraciones de los módulos para adquirir o generar algún tipo de señal son las correctas ya que si se adquiere una señal con un tipo de variable física diferente los módulos se pueden averiar.
- Verificar las conexiones eléctricas de los PLC y sus fuentes de poder para que no exista ningún tipo de fallo o posible daño a las mismas.
- Mientras se conecta y desconecta la red industrial se debe utilizar las herramientas adecuadas para reducir al mínimo las probabilidades de causar daños a los dispositivos que conforman la red.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ ANTONIO CREUS SOLÉ, "Instrumentación Industrial".
- ✓ AQUILINO RODRÍGUEZ PENIN, "Comunicaciones Industriales", Barcelona, 2008.
- ✓ DAVID ROLDAN, "Comunicaciones Inalámbricas".
- ✓ Protocolo de Comunicación, Interface Hombre Maquina, <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/171/4/Cap%203.pdf>
- ✓ J. A. Sirgo, "Redes locales en entornos industriales Buses de campo", <http://www.isa.uniovi.es/docencia/redes/Apuntes/tema9.pdf>
- ✓ Protocolo de Comunicación, Interface Hombre Máquina, <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/171/4/Cap%203.pdf>
- ✓ Que es wireless, <http://www.masadelante.com/faqs/wireless>.
- ✓ Fernando Pascual, Moises Pérez, MODBUS, [http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/5m odbus.pdf](http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/5m%20odbus.pdf)
- ✓ USER'S GUIDE, Allen Bradley, Rockwell Automation, http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewse-um006_-en-e.pdf
- ✓ Franklin Caiza, tesis: "MONITOREO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE UNA ESTACIÓN DE PROCESOS UTILIZANDO EL

PLC SIMATIC S7-200 Y VISUAL BASIC ”,
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3408/1/T-ESPEL-0142.pdf>

- ✓ Manual ROUTER WIRELESS d-link dir 610,
[ftp://www.dlinkla.com/pub/drivers/DIR-610/DIR610_A1_Manual_v1.00\(ES\).pdf](ftp://www.dlinkla.com/pub/drivers/DIR-610/DIR610_A1_Manual_v1.00(ES).pdf)
- ✓ AIC+ Advanced Interface Converter Catalog Number 1761-NET-AIC,
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1761-um004_-en-p.pdf
- ✓ Manual del usuario de los controladores CompactLogix 1769
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011_-es-p.pdf
- ✓ Using Logix5000 Controllers as Masters or Slaves on Modbus
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/cig-ap129_-en-p.pdf
- ✓ Módulos analógicos Compact™ E/S Números de catálogo 1769-IF4 Serie B y 1769-OF2 Serie B,
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um002_-es-p.pdf
- ✓ Compact I/O Analog Output Module Catalog Number 1769-OF4 User Manual,
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um020_-en-p.pdf

ANEXOS

ANEXO A

MANUAL DE LA APLICACIÓN QUE SOLUCIONA EL USO DE CONTROLADORES LOGIX5000 COMO MAESTROS O ESCLAVOS MODBUS RTU

ANEXO B

TABLAS DE DESCRIPCIÓN DE LOS TAGS QUE SE CREAN CUANDO SE COPIA LA SOLUCIÓN PROPORCIONADA POR ROCKWELL AUTOMATION

ANEXO C

PROGRAMACIÓN EN RSLOGIX 5000

ANEXO D

PROGRAMACIÓN HMI EN FACTORY TALK VIEW ME

ANEXO E

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ANEXO A

MANUAL DE LA APLICACIÓN QUE SOLUCIONA EL USO DE CONTROLADORES LOGIX5000 COMO MAESTROS O ESCLAVOS MODBUS RTU

INTRODUCCIÓN

Para la utilización de la solución que propone ROCKWELL AUTOMATION para controladores LOGIX5000, que es solo compatible para el modo de transmisión MODBUS RTU tanto como MAESTRO o ESCLAVOS de la RED.

Antes que nada primero se debe obtener los archivos del proyecto ModbusMaster.ACD y ModbusSlave.ACD en RSLogix5000, se recomienda que utilizar la versión 13 de RSLogix5000 o mayor, estos archivos se pueden encontrar en:

- Allen Bradley canal extranet - descargar el archivo del canal extranet de Estado Unidos
- Acceder a los proyectos de ejemplo en la ayuda de RSLogix5000.

Se debe utilizar un convertidor de interfaz avanzado AIC (1769 NET-AIC) para poder conectar el controlador LOGIX5000 a la RED RS485.

Los archivos ACD le dan a los controladores:

- Las etiquetas del controlador
- Las tareas periódicas
- Los tipos de datos definidos para la RED MODBUS RTU (solo en el archivo ModbusMaster.ACD).

Se debe copiar al proyecto en RSLogix5000 para comunicarse con los controladores LOGIX5000 a través de MODBUS RTU con sus respectivos códigos de función soportados observar ANEXO B Tabla B3 (códigos de funciones MODBUS).

1. USO DE CONTROLADORES LOGIX5000 COMO MAESTROS MODBUS RTU

El archivo ModbusMaster.ACD ayuda a utilizar un controlador Logix5000 como MAESTRO MODBUS. El archivo ACD contiene.

- Once tags de controlador.
- Una tarea periódica.
- Tipos de datos definidos por el usuario.

Para la utilización de esta solución con un controlador Logix5000 como MAESTRO MODBUS se debe realizar los siguientes pasos:

1.1. Copiar los datos definidos por el usuario del archivo ModbusMaster.ACD del proyecto en RSLogix5000.

Para copiar los datos definidos por el usuario a partir del archivo ModbusMaster.ACD al proyecto a realizar se debe seguir los pasos que se presentan a continuación:

- Iniciar RSLogix5000, crear un nuevo proyecto y colocar los siguientes parámetros como el nombre del proyecto que se realizará, la revisión y el tipo de controlador.

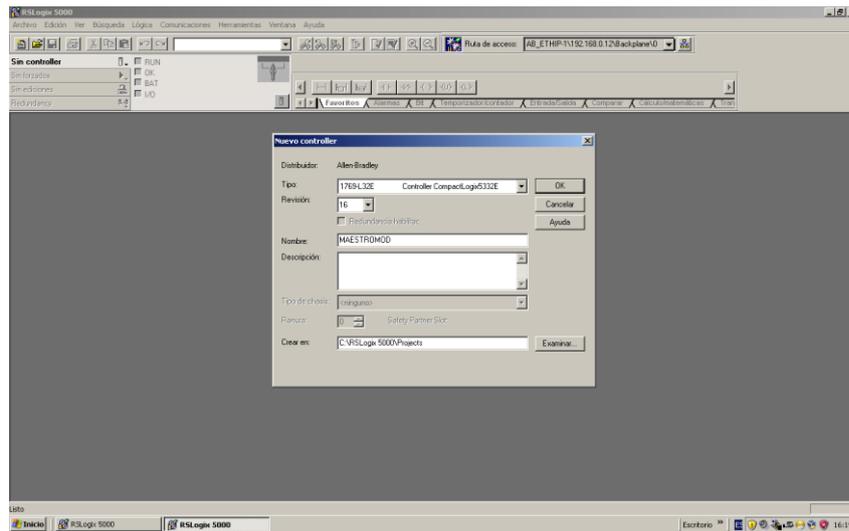


Figura A1: Creación de nuevo proyecto en RSLogix5000.

- Abrir el archivo ModbusMaster.ACD, abrir el proyecto en una segunda ventana de RSLogix5000 para poder copiar los archivos que se necesiten en el nuevo proyecto.
 - ✓ Allen Bradley extranet descargando el archivo.
 - ✓ Acceder al PDF a través del menú de ayuda en RSLogix5000-PDF de ejemplos de proyectos.

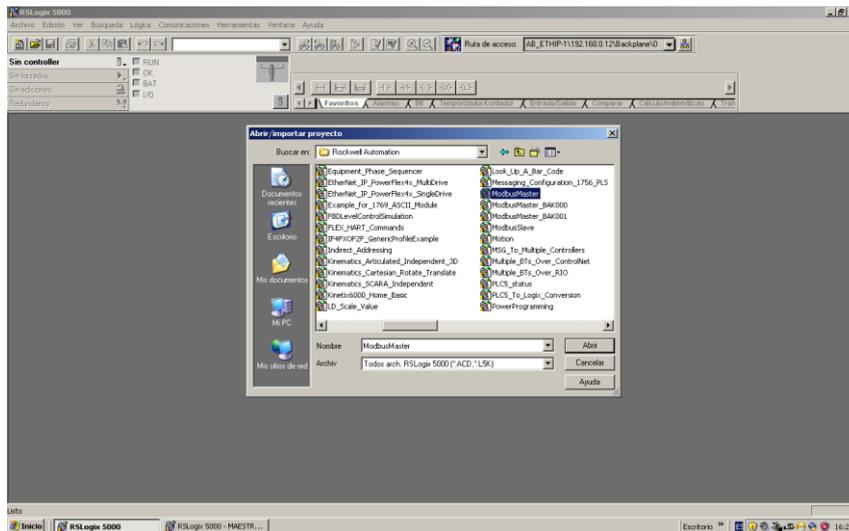


Figura A2: Abrir el ejemplo ModbusMaster.ACD.

- Copiar los siguientes tipos de datos definidos por el usuario (UDP):
 - ✓ Mod_Command_Structure
 - ✓ Mod_Status

No se puede copiar los dos datos de una sola vez, se recomienda que se copie los datos uno a la vez.

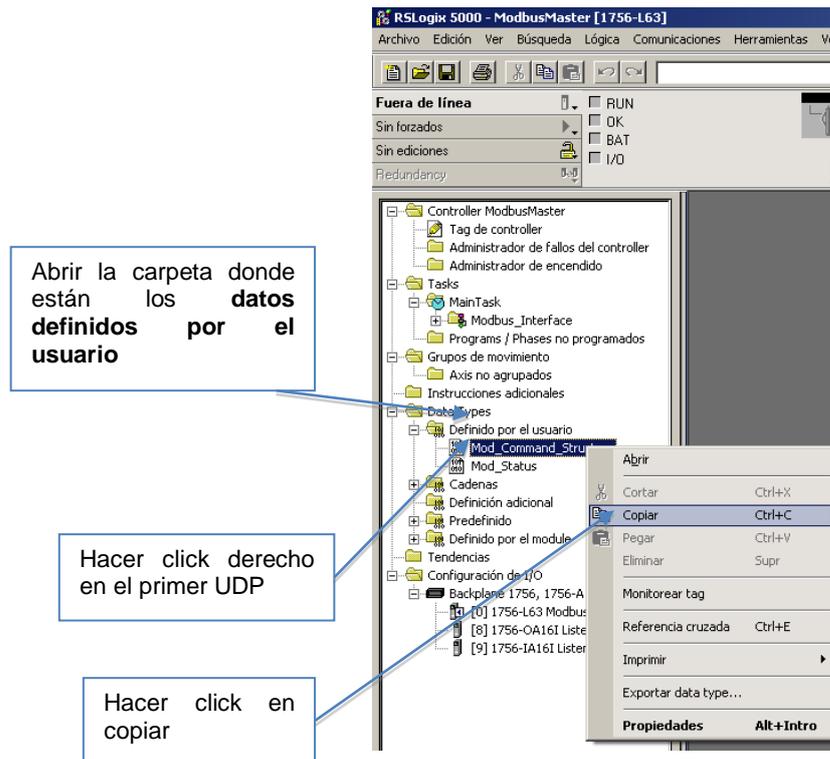


Figura A3: Copiar el tipo de dato definido por el usuario.

- Pegar el UDP copiado en el nuevo proyecto para el controlador COMPACTLOGIX L32E.

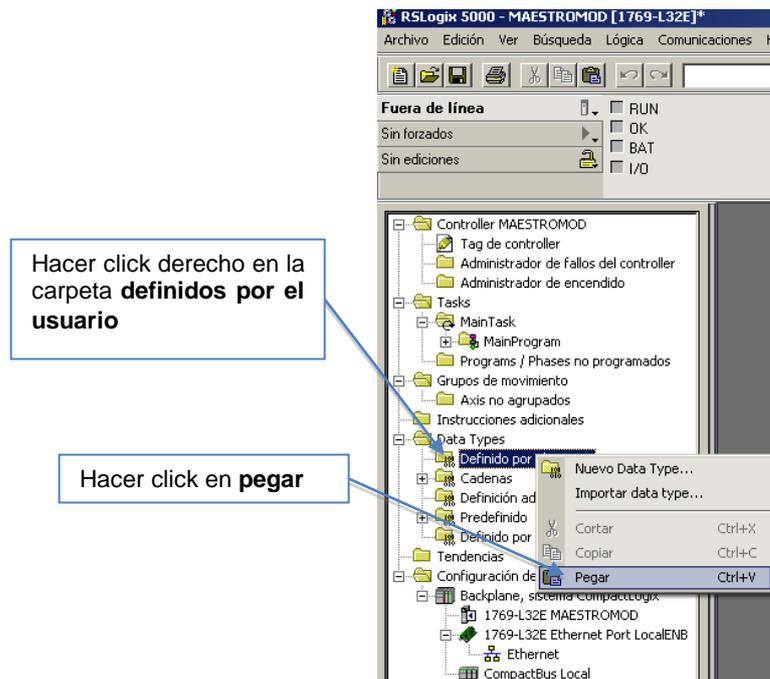


Figura A4: Pegar en la carpeta definido por el usuario.

Solo se puede pegar un UDP copiado a la vez.

- Repetir el paso previo Copiar/Pegar con el segundo UDP.

1.2. Copiar los tags del controlador desde ModbusMaster.ACD al nuevo proyecto creado en RSLogix5000.

Continuando con los pasos que se sigue para habilitar el controlador COMPACTLOGIX L32E se procede a copiar los tags del controlador en el nuevo archivo para el controlador.

- Copiar los tags del controlador desde ModbusMaster.ACD

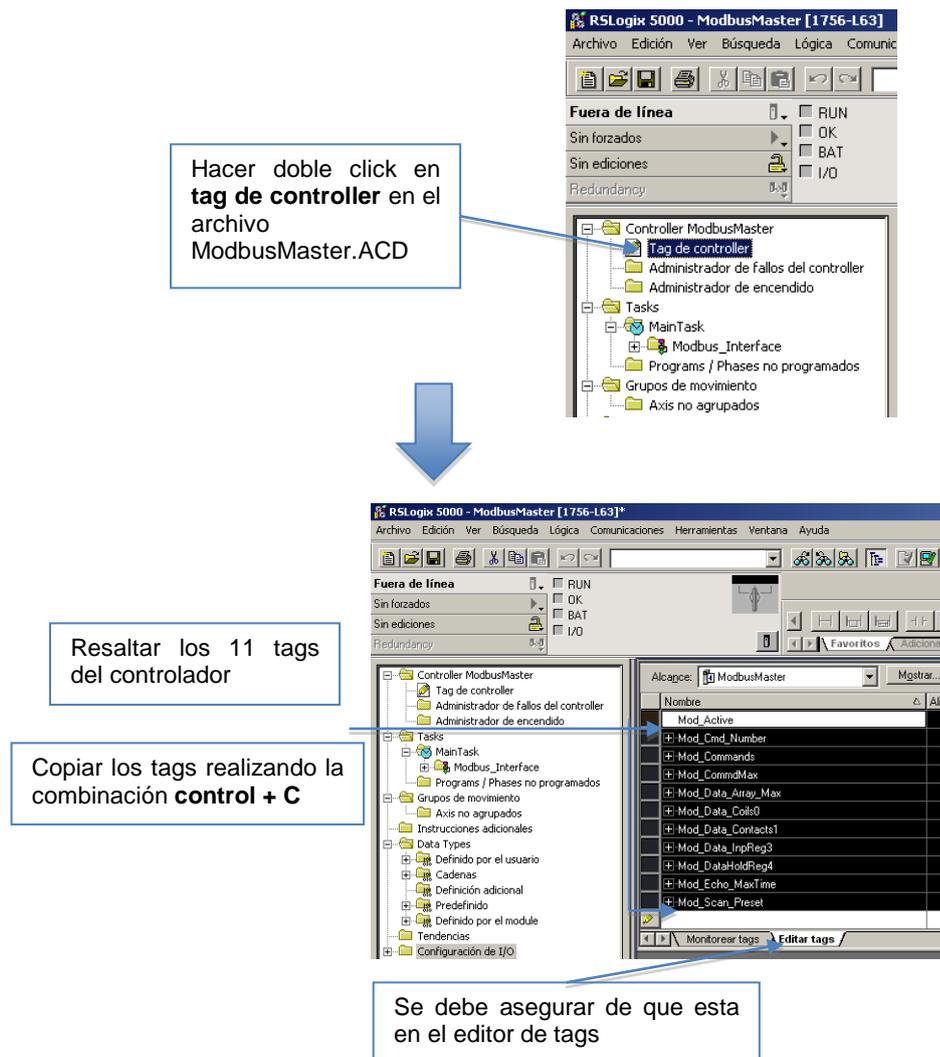


Figura A5: Abrir y copiar los tags del controlador del archivo ModbusMaster.ACD.

- Pegar los tags en el nuevo proyecto creado para el controlador COMPACTLOGIX L32E

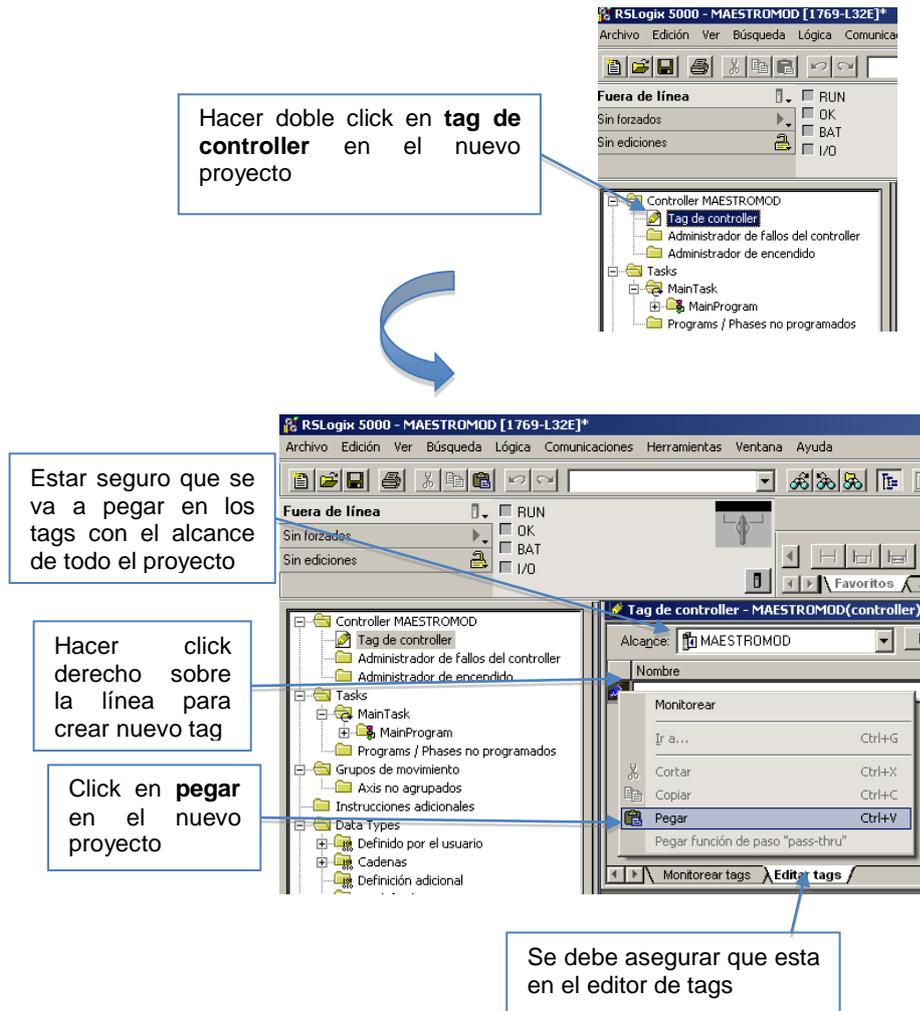


Figura A6: Pegar los tags del controlador en el nuevo proyecto.

- Por último comprobar que los tags se copiaron con éxito y se verifica que RSLogix5000 mantiene los nuevos tags juntos en el nuevo proyecto para el controlador 1769-L32E ya que las 11 etiquetas tienen el prefijo "Mod_" como se muestra en la Figura A7.

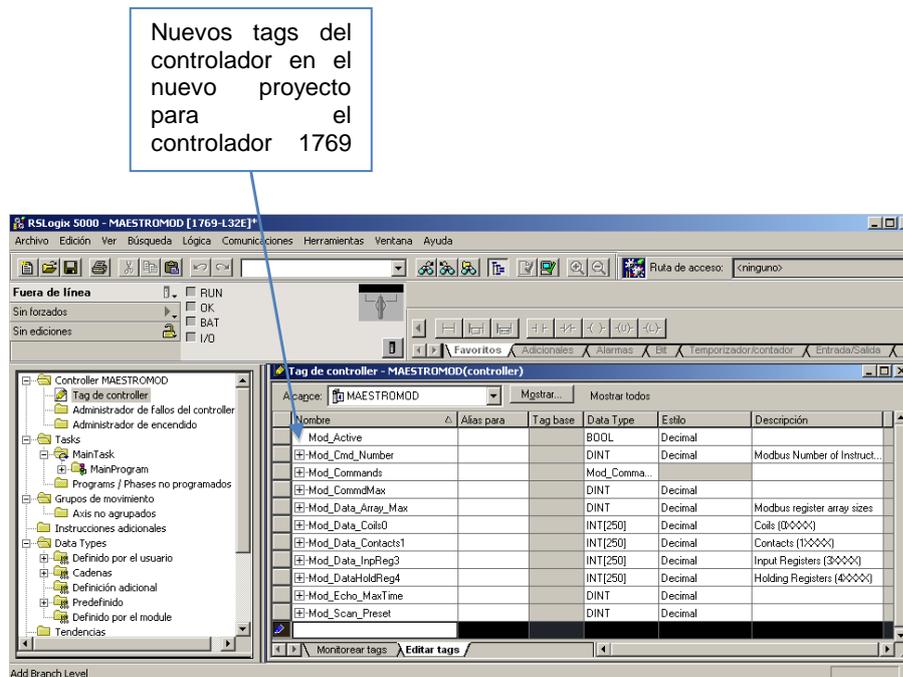


Figura A7: Nuevos tags del controlador para el nuevo proyecto.

1.3. Copiar ModTask desde el archivo ModbusMaster.ACD al nuevo proyecto creado en RSLogix5000.

Después de haber copiado los nuevos UDT y los tags del controlador en el nuevo proyecto en RSLogix5000, se debe copiar la tarea MainTask y el programa Modbus_Interface correspondiente a la solución en RSLogix 5000.

Es muy importante configurar el MainTask como una tarea periódica con un período de 9 milisegundos. Este período es determinado por ROCKWELL AUTOMATION para permitir el mejor rendimiento de la solución. Si se desea utilizar menos recursos del controlador se debe aumentar el período.

Para copiar MainTask se realiza los siguientes pasos:

- Copiar la tarea MainTask desde el archivo ModbusMaster.ACD al nuevo proyecto creado.

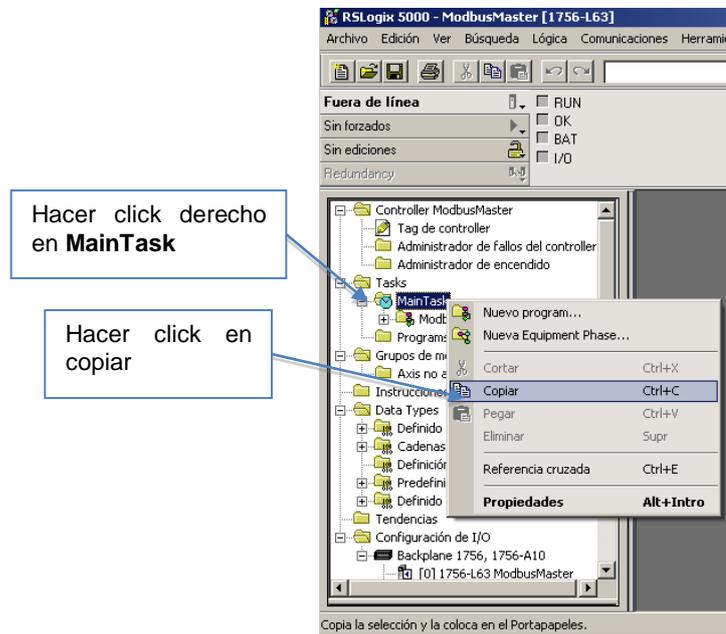


Figura A8: Copiar MainTask desde archivo ModbusMaster.ACD.

- Pegar la tarea MainTask en el nuevo proyecto creado en RSLogix5000 para el controlador 1769 L32E.

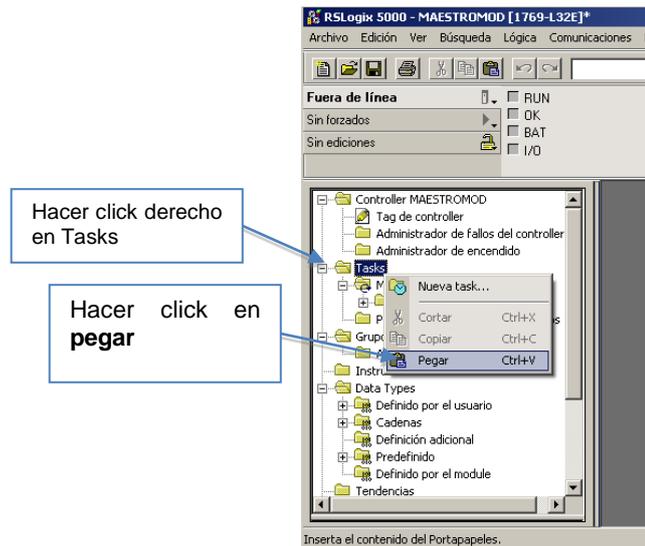


Figura A9: Pegar MainTask en el nuevo proyecto creado en RSLogix5000.

- Copiar el programa Modbus_Interface del archivo ModbusMaster.ACD

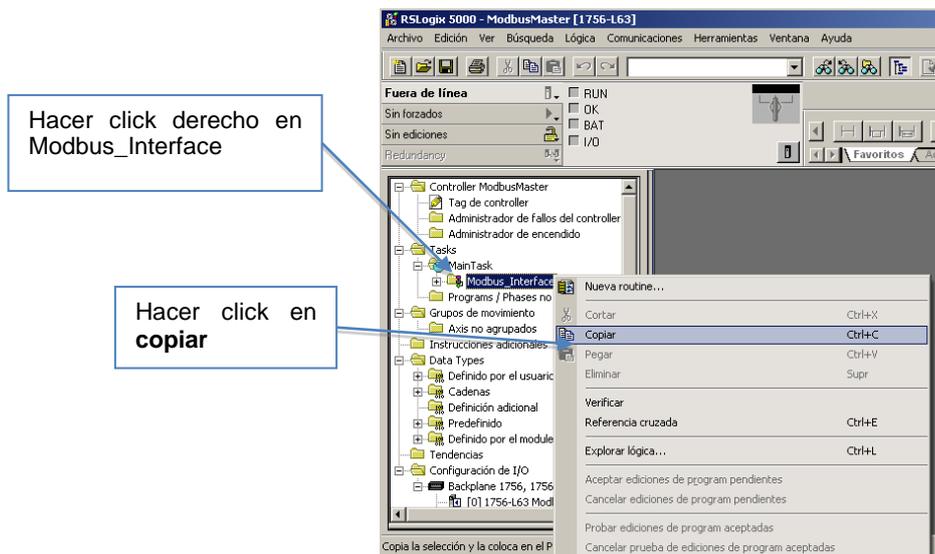


Figura A10: Copiar Modbus_Interface.

- Pegar el programa Modbus_Interface en la tarea MainTask1 del nuevo proyecto para el controlador 1769 L32E.

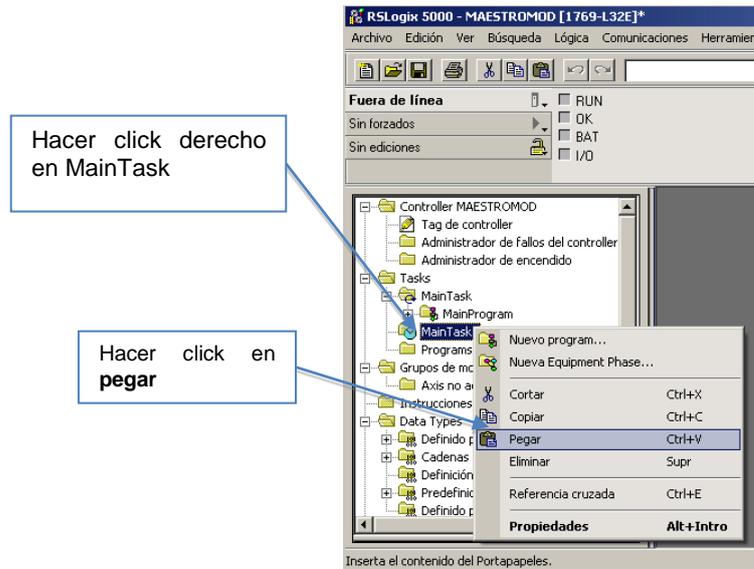


Figura A11: Pegar Modbus_Interface.

1.4. Configurar el puerto de comunicación del controlador COMPACTLOGIX L32E.

Después de copiar los nuevos UDT, los tags del controlador, la tarea MainTask y el programa Modbus_Interface en el nuevo proyecto en RSLogix 5000, se prosigue en configurar el puerto de comunicación para el controlador Logix5000 en el nuevo Proyecto en RSLogix 5000. Se debe realizar los siguientes pasos para configurar el puerto de comunicación del controlador:

- Acceder a las propiedades del nuevo proyecto para el controlador COMPACTLOGIX L32E.

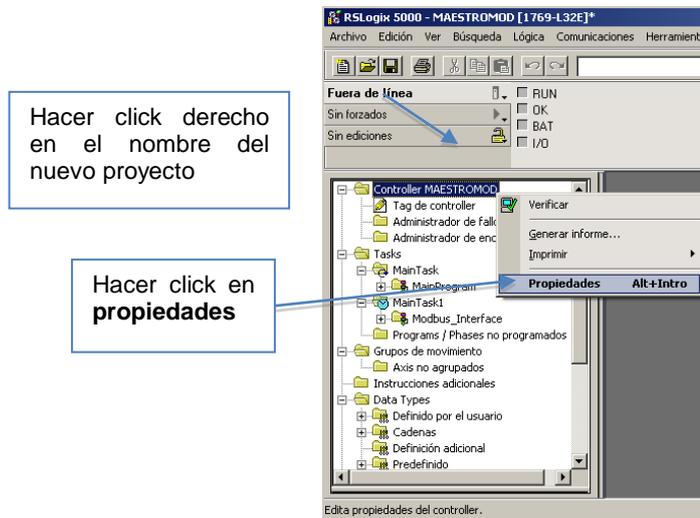


Figura A12: Acceder a las propiedades del controlador.

- Seleccionar la pestaña Puerto en serie para configurar el puerto. Realizar la configuración igual a la mostrada en la Figura A13.

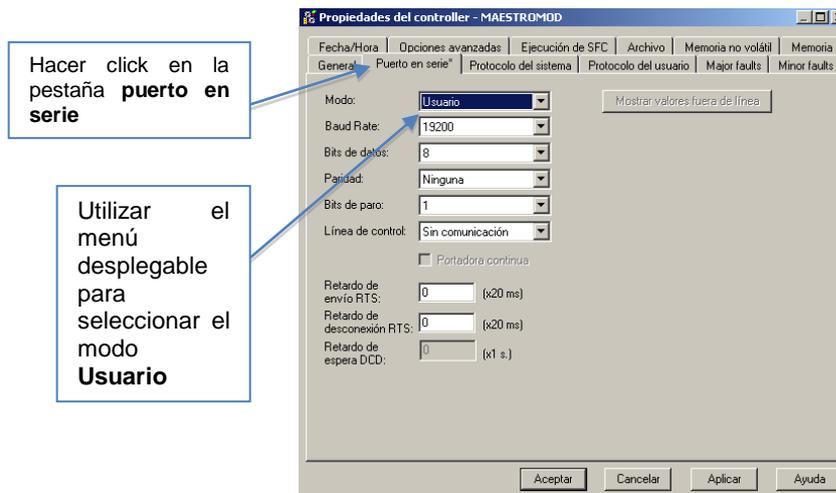


Figura A13: Configuración del puerto serie del controlador.

- Dar click en aplicar y aceptar.

2. USO DE CONTROLADORES LOGIX5000 COMO ESCLAVOS MODBUS RTU

El archivo ModbusSlave.ACD ayuda a utilizar un controlador LOGIX5000 como esclavo en una RED MODBUS. El archivo ACD contiene:

- ✓ 10 tags del controlador
- ✓ 1 tarea periódica

Para utilizar la solución de aplicación MODBUS ESCLAVO en un controlador LOGIX5000 se debe realizar las siguientes tareas:

2.1. Copiar los tags del controlador desde el archivo ModbusSlave.ACD a un nuevo proyecto en RSLogix5000.

Se debe seguir los pasos que a continuación se indica para copiar los tags del controlador al nuevo proyecto para ESCLAVO MODBUS.

- Iniciar RSLogix 5000 crear un nuevo proyecto y colocar los siguientes parámetros como el nombre del proyecto que se realizará, la revisión y el tipo de controlador.

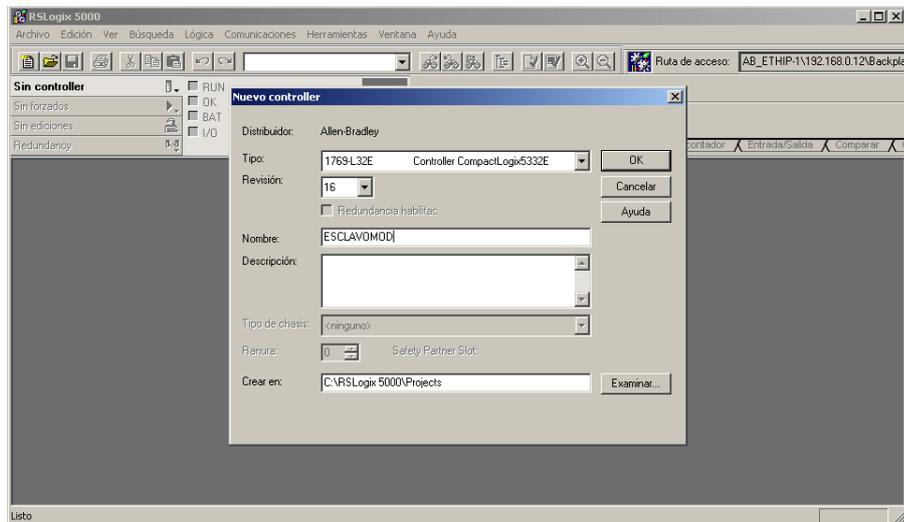


Figura A14: Crear nuevo proyecto en RSLogix5000.

- Abrir el archivo ModbusSlave.ACD, abrir el proyecto en una segunda ventana de RSLogix5000 para poder copiar los archivos que se necesitan en el nuevo proyecto.

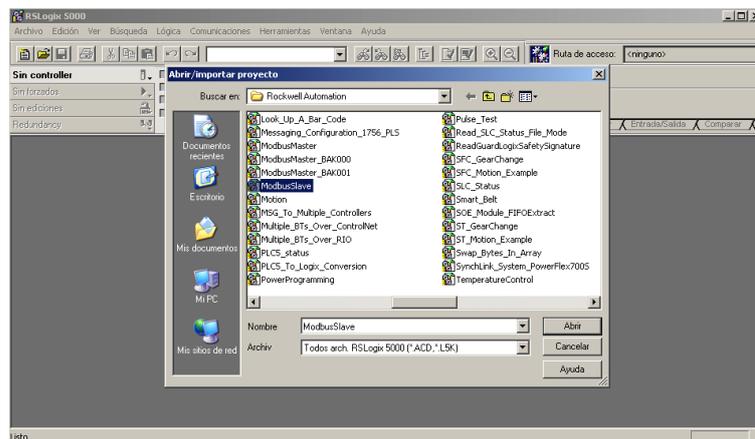


Figura A15: Abrir proyecto ModbusSlave.ACD.

- Copiar los tags del controlador desde el archivo ModbusSlave.ACD

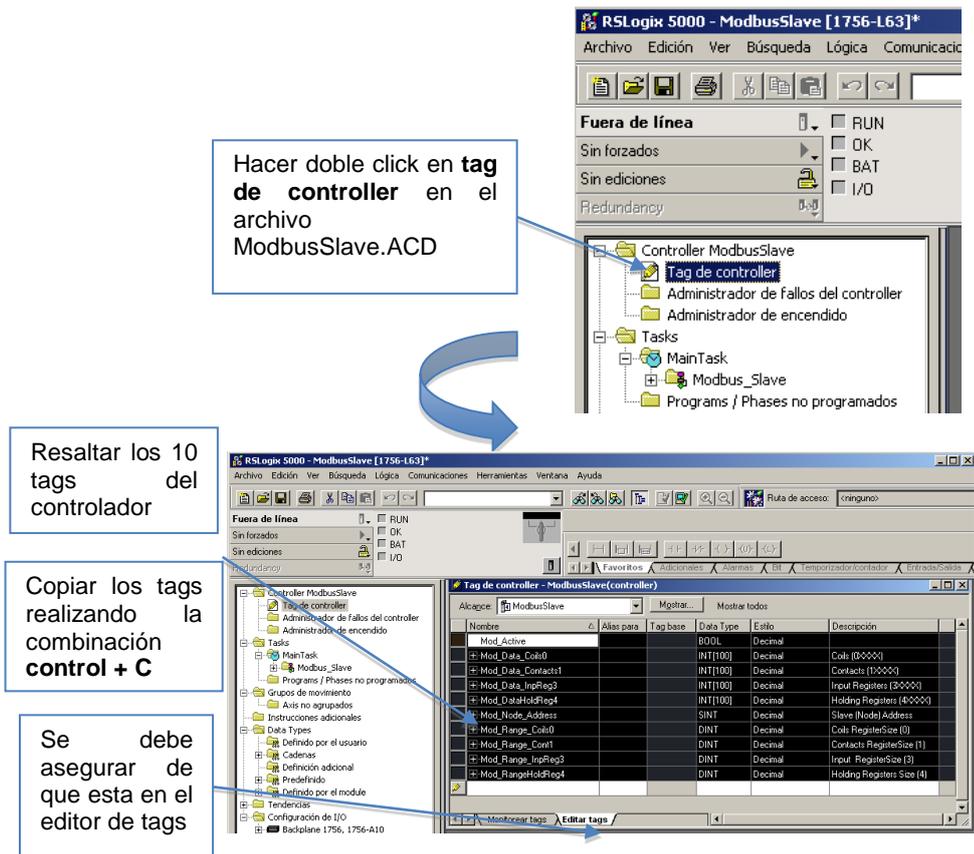


Figura A16: Abrir y copiar los tags del controlador desde el archivo ModbusSlave.ACD.

- Pegar los tags del controlador en el nuevo proyecto creado en RSLogix5000.

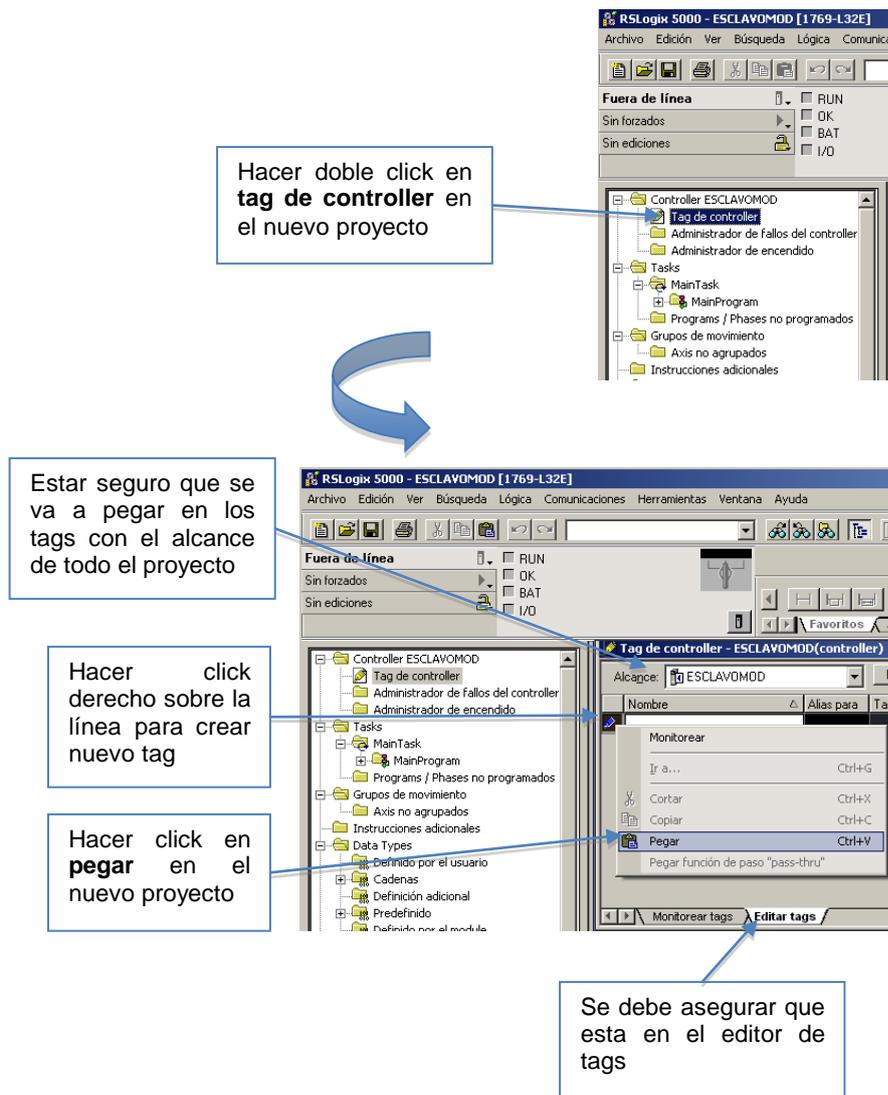


Figura A17: Pegar los tags del controlador en el nuevo proyecto.

- Por último, comprobar que los tags se copiaron con éxito y se verifica que RSLogix5000 mantiene los nuevos tags juntos en el nuevo proyecto para el controlador 1769-L32E ya que las 11 etiquetas tienen el prefijo "Mod_" como se muestra en la Figura A18.

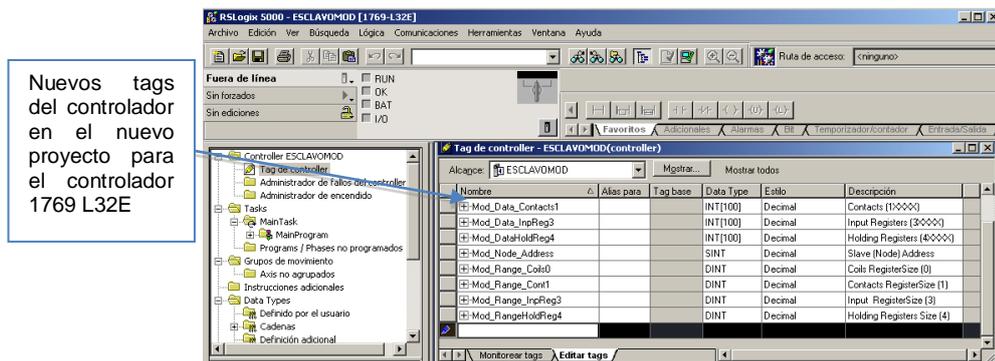


Figura A18: Nuevos tags del controlador para el nuevo proyecto.

2.2. Copiar ModTask desde el archivo ModbusSlave.ACD al nuevo proyecto creado en RSLogix5000.

Después de copiar los tags del controlador desde el archivo ModbusSlave.ACD en el nuevo proyecto RSLogix5000, se procede a copiar la tarea ModTask y su programa correspondiente el nuevo proyecto. Seguir estos pasos para copiar la tarea ModTask al nuevo proyecto creado en RSLogix5000.

- Copiar la tarea MainTask desde el archivo MosbusSlave.ACD al nuevo proyecto creado.

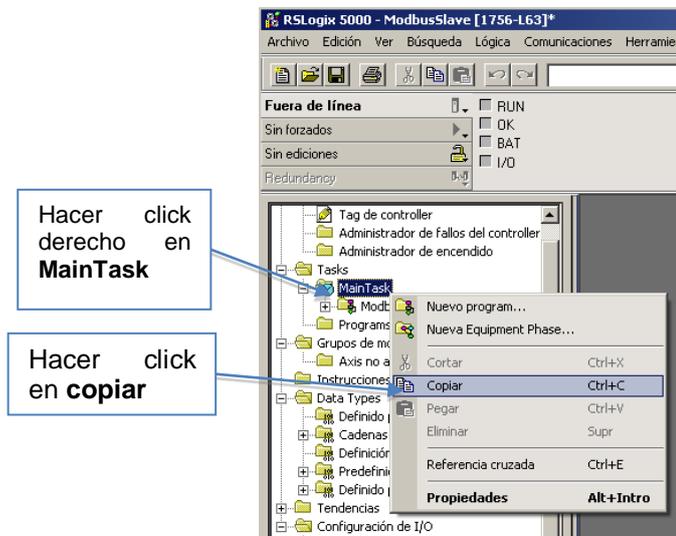


Figura A19: Copiar MainTask desde archivo ModbusSlave.ACD.

- Pegar la tarea MainTask en el nuevo proyecto creado en RSLogix5000 para el controlador 1769 L32E.

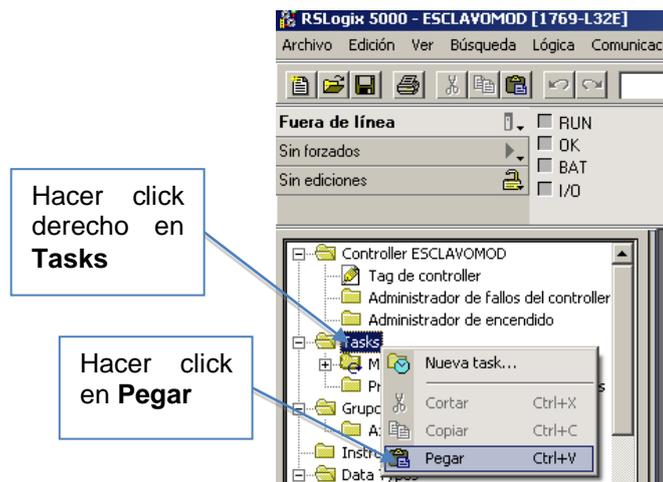


Figura A20: Pegar MainTask en el nuevo proyecto creado en RSLogix5000.

- Copiar el programa Modbus_Slave del archivo ModbusSlave.ACD

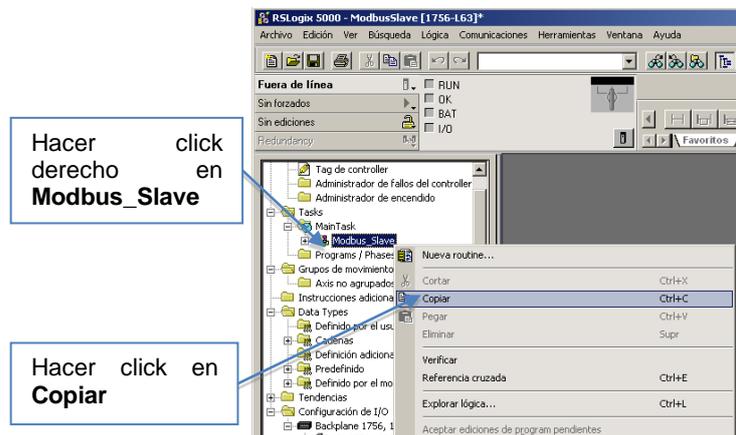


Figura A21: Copiar Modbus_Slave.

- Pegar el programa Modbus_Slave en la tarea MainTask1 del nuevo proyecto para el controlador 1769 L32E.

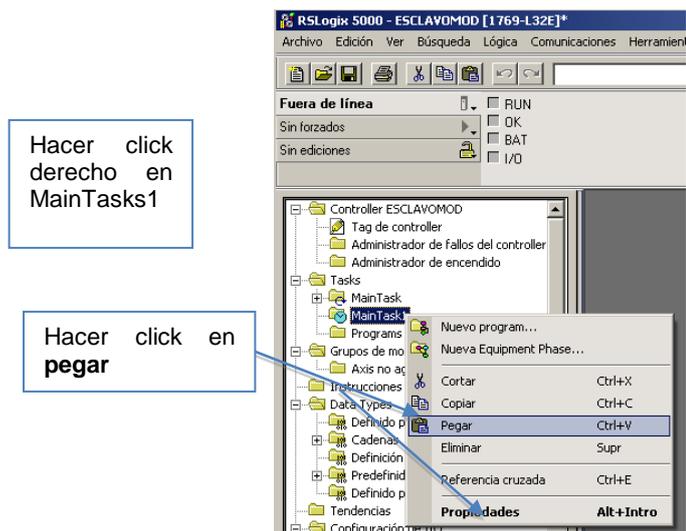


Figura A22: Pegar Modbus_Slave.

ANEXO B

**TABLAS DE DESCRIPCIÓN DE LOS TAGS
QUE SE CREAN CUANDO SE COPIA LA
SOLUCIÓN PROPORCIONADA POR
ROCKWELL AUTOMATION**

Tabla B1. Explicación de los diferentes parámetros en el PLC Maestro para que administre una RED MODBUS RTU.

Nombre de etiqueta	Tipo de etiqueta	Descripción	Valores validos
Mod_Active	BOOL	Esta instrucción determina si el proyecto se ejecuta	0 = no se ejecuta el programa (por defecto) 1 = Ejecute el programa
Mod_Cmd_Number	DINT	Número de elementos de comandos (es decir, Tag Mod_Commands) escaneado. Para ejemplo, si se establece este tag = 5, el controlador sólo analiza los comandos del 0 al 4 e ignora los elementos de comando 5-39 Este número debe coincidir con el número de elementos de comandos utilizados en el proyecto	Cualquier valor de 1 a 40
Mod_Commands	Comands[40]	Archivo de comandos que contiene múltiples parámetros configurables por el usuario, se describe a continuación en la siguiente tabla	
Mod_CommandMax	DINT	Máximo número de comandos que se puede utilizar en su programa	Por defecto son 40
Mod_Data_Array_Max	DINT	Tamaño Modbus_Data registers	Tamaño Modbus_Data registers
Mod_Data_Coils0	INT[20]	Registro de bit de salida modbus que el maestro envía al esclavo	
Mod_Data_Contacts1	INT[20]	Registro de bit de entrada modbus que el maestro recibe del esclavo	
Mod_Data_InputReg3	INT[20]	Registro de bit de entrada modbus que el maestro recibe del esclavo	
Mod_Data_HoldReg4	INT[20]	Registro de bit de salida modbus que el maestro envía al esclavo	
Mod_Echo_MaxTime	DINT	Máximo tiempo (milisegundos) que el maestro esperara hasta que un eco de una esclavo llegue, antes de determinar que el nodo esclavo no se encuentra	Se recomienda que establezca este tiempo mayor que el tiempo que se tarda en enviar el MSG más largo de su proyecto
Mod_Scan_Preset	DINT	Número de búsquedas que el maestro deberá llevar a cabo	De 0 hasta 40 Se recomienda más de 2

Tabla B2. Activación y parametrización de comandos MODBUS.

Nombre de Etiqueta	Tipo de etiqueta	Descripción	Valores válidos
Mod_Commands[x]. Enable	INT	Determina si está activado el comando	0=Comando Deshabilitado 1=Comando habilitado siempre 2=Comando habilitado cuando el controlador alcanza el número de barrido escrito en la etiqueta Mod_Commands[x].ScanNumber 3=Comando habilitado solo en el primer escaneo
Mod_Commands[x]. EchoReceived	INT	El controlador maestro escribe un número en este campo si el comando se ha ejecutado correctamente. El número que se haya escrito en la etiqueta Mod_Commands[x].Enable. Por ejemplo, si se establece en la etiqueta Mod_Commands[x].Enabled=3, el controlador escribe un 3 en este campo si el elemento de mando era ejecutado con éxito	0 = el comando esta deshabilitado o no se ejecuto con éxito 1, 2 o 3 = el comando fue ejecutado con éxito, por lo general este valor es 1 debido a que la etiqueta Mod_Commands[x].Enable es típicamente = 1. Escriba 0 en este campo antes de activar las instrucciones para monitorear el cambio, después de que el comando se ejecute.
Mod_Commands[x]. ScanNumber	INT	Determina en que escaneo el esclavo ejecuta el comando. Por ejemplo, si escribe un 3 en esta etiqueta, el esclavo sólo ejecutara este comando en el escaneo 3 (de un total de 10). Esto se utiliza sólo si la etiqueta Mod_Commands [x]. Enable = 2. Si la etiqueta Mod_Commands [x]. Enable = 0 o 1, se ignora esta etiqueta.	Cualquier valor entre 0 a 12 por defecto 12
Mod_Commands[x]. AddressOffsetin Master	INT	Establece un desplazamiento en la tabla de datos del controlador cuando una lectura o escritura se ejecuta. Este valor se añade al valor de la etiqueta Mod_Commands[x].Starting Address para determinar dónde el maestro empieza a leer o escribir datos en su tabla de datos.	0 = Sin desplazamiento Número positivo distinto de cero = con desplazamiento
Mod_Commands[x]. SlaveAddress	INT	Designa el número de nodo del esclavo, donde escribe el controlador datos y los lee.	0 a 255
Mod_Commands[x]. FunctionCode	INT	Designa el código de la función de un comando modbus	Codigos de funciones en nivel bits 01=Lee estado de una bobina 02=lee estado de entrada 05=escribe una bobina 15=escribe múltiples bobinas Codigos de funciones en nivel de word 03=lee holding registers 04=lee registros de entrada 06=escribe un register 16=escribe múltiples registers. Ver tabla
Mod_Commands[x]. StartingAddress	INT	Este valor se añade a la dirección desplazamiento (es decir, a la etiqueta Mod_Commands [x]. AddressOffsetinMaster) para determinar la dirección inicial cuando el maestro lee o escribe en su tabla de datos. Dependiendo del comando del código de función, este valor puede ser en bits o palabras. Para ejemplo, si esta etiqueta = 5 y el comando utiliza el código de la función 01 (código de nivel de bit - Leer bobinas), la dirección de desplazamiento es aumentado en 5 bits. Sin embargo, si el comando utiliza el código de la función 03 (código de nivel - leer holding registers), la dirección de desplazamiento se incrementa en 5 palabras.	Aplicación específica
Mod_Commands[x]. Numberofpoints	INT	Designa el número de puntos que el controlador debe leer o escribir. Dependiendo del comando del código de la función, este valor puede ser en bits o palabras. Por ejemplo, si esta etiqueta = 10 en un comando que utiliza el código de función 03 (código de nivel word- leer Holding Registers), el controlador lee 10 palabras.	Aplicación específica
Mod_Commands[x]. Spare1	INT	No se usa	No se usa
Mod_Commands[x]. Spare2	INT	No se usa	No se usa

Tabla B3. Descripción de los comandos MODBUS soportado por el programa.

Código de la función	Nombre	Nivel Datos	Descripción
1	Leer bobina	Bit	Este código de función se utiliza para leer el estado de varias bobinas contiguas en un dispositivo remoto. 0=OFF 1=ON
2	Leer entradas discretas		Este código de función se utiliza para leer el estado de varias entradas digitales contiguas en un dispositivo remoto 0=OFF 1=ON
5	Escribe solo una bobina		Este código de función se utiliza para escribir una sola salida a ON o OFF en un dispositivo remoto 0=OFF 1=ON
15	Escribe múltiples bobinas		Este código de función se utiliza para escribir varias bobinas en secuencia de bobinas a ON o OFF en un dispositivo remoto 0=OFF 1=ON
3	Leer Holding Registers	Word (16-Bits)	Este código de función se utiliza para leer el contenido de un holding registers en un dispositivo remoto
4	Leer Input registers		Este código de función se utiliza para leer la entrada de registros contiguos en un dispositivo remoto
6	Escribir un solo registro		Este código de función se utiliza para escribir un solo holding registers en un dispositivo remoto
16	Escribir múltiples registros		Este código de función se utiliza para escribir varios registros contiguos en un dispositivo remoto

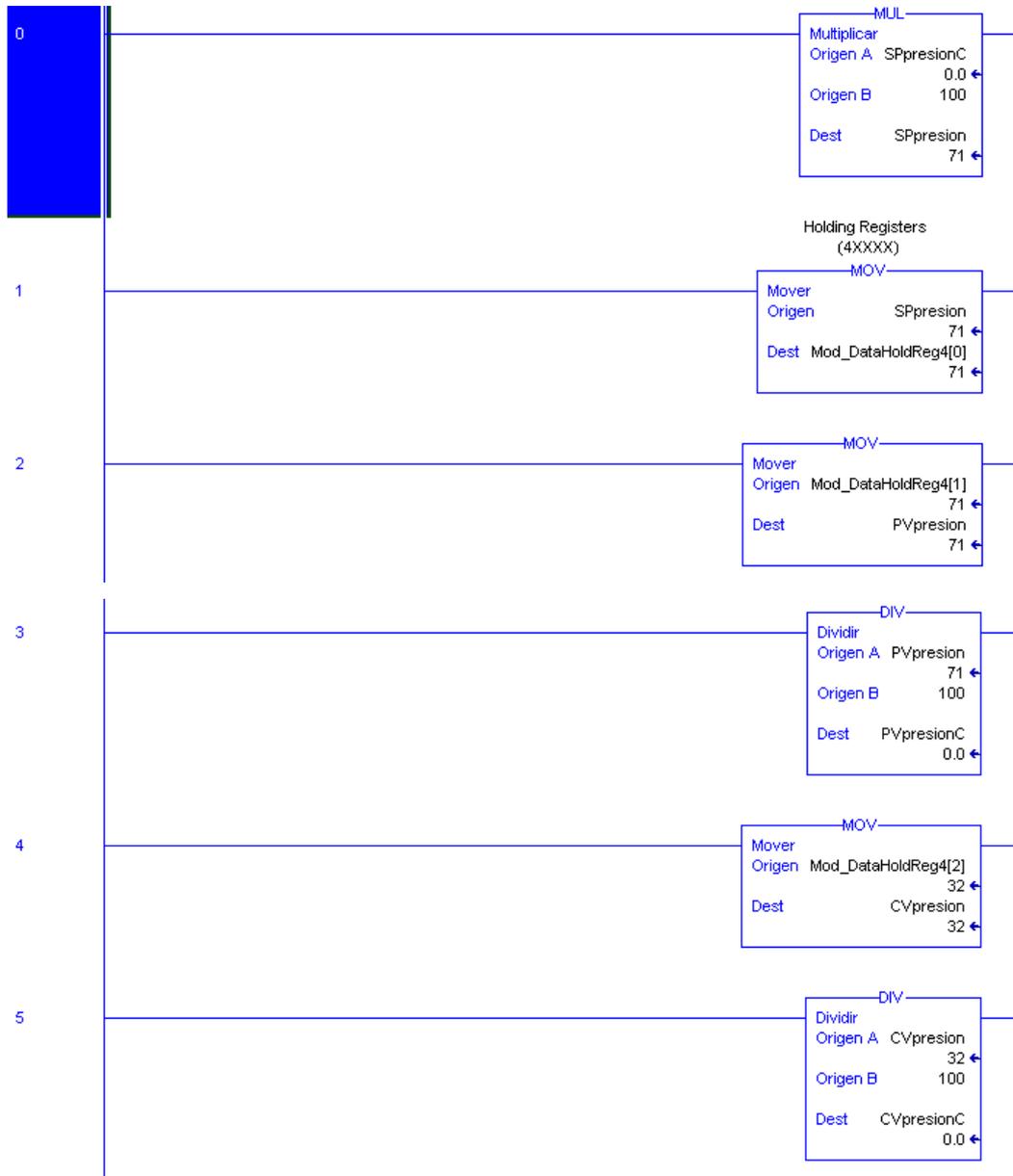
Tabla B4. Descripción de los parámetros a configurar en el Controlador que servirá como Esclavo en la RED MODBUS RTU.

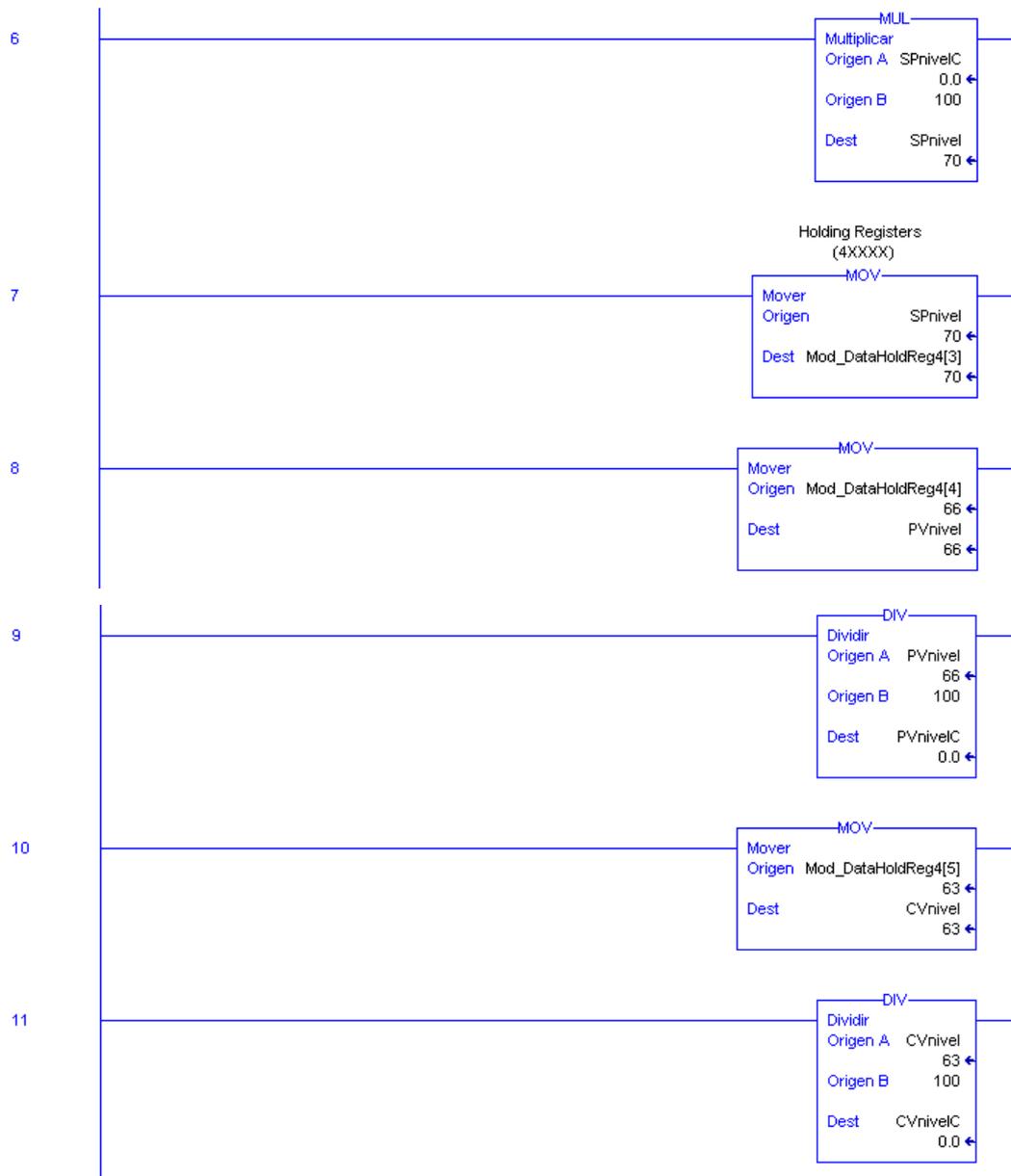
Nombre Etiqueta	Tipo Etiqueta	Descripción	Valores Validos
Mod_Active	BOOL	Esta etiqueta determina si su proyecto ejecuta el nuevo programa en un controlador RSLOGIX 5000. Esta etiqueta=0 (es decir, la solución esta desactivada) esta de forma predeterminada y se debe cambiar a 1 para ejecutar la solución	0=No se ejecuta el programa (por defecto)
Mod_Data_Coils0	INT	Registros de datos MODBUS - Bits de salida de datos que el maestro MODBUS escribe	
Mod_Data_Contacts1	INT	Registro de datos MODBUS - Bits de entrada de datos que el maestro MODBUS lee	
Mod_Data_InpReg3	INT	Registro de datos MODBUS - Registros de entrada de datos que el maestro MODBUS lee	
Mod_Data_HoldReg4	INT	Registro de datos MODBUS - Registros de salida de datos que el maestro MODBUS escribe	
Mod_Node_Address	SINT	Dirección (Nodo) del esclavo MODBUS representa la dirección del nodo del esclavo MODBUS	0-255
Mod_Range_Coils0	DINT	Tamaño del registro MODBUS que supervisa el tamaño de la matriz Mod_Data_Coils0. El tamaño por defecto es de 100 words, es decir, el Mod_Data_Coils0 se limita a 100 datos word. Solo tiene que cambiar el tamaño de esta etiqueta si cambia el tamaño de la etiqueta que controla. Por ejemplo, si cambia el tamaño de la etiqueta Mod_Data_Coils0 a 50 words, debe cambiar el tamaño de la etiqueta a 50 words o menos.	
Mod_Range_Contacts1	DINT	Tamaño del registro MODBUS que supervisa el tamaño de los datos utilizados en la etiqueta Mod_Data_Contacts1. El tamaño predeterminado para esta variable es de 100 words, es decir, la etiqueta Mod_Data_Contacts1 esta limitada a 100 words de datos. El tamaño de la etiqueta es 2 palabras menor que la etiqueta que controla esto es para prevenir el desbordamiento de la matriz. Solo tendrá de cambiar el tamaño de esta etiqueta si desea cambiar el tamaño de la etiqueta que controla.	
Mod_Range_HoldReg4	DINT	Tamaño del registro MODBUS que supervisa el tamaño de los datos utilizados en la etiqueta Mod_Data_HoldReg4. El tamaño predeterminado para esta variable es de 100 words de datos. Solo tiene que cambiar el tamaño de esta etiqueta si desea cambiar el tamaño de la etiqueta que controla	
Mod_Range_InpReg3	DINT	Tamaño del registro MODBUS que supervisa el tamaño de los datos utilizados en la etiqueta Mod_Data_InpReg3. El tamaño predeterminado para esta variable es 100 words de datos, es decir, la etiqueta Mod_Data_InpReg3 es limitado a 100 words de datos. Solo tiene que cambiar el tamaño de esta etiqueta si desea cambiar el tamaño de la etiqueta que controla.	

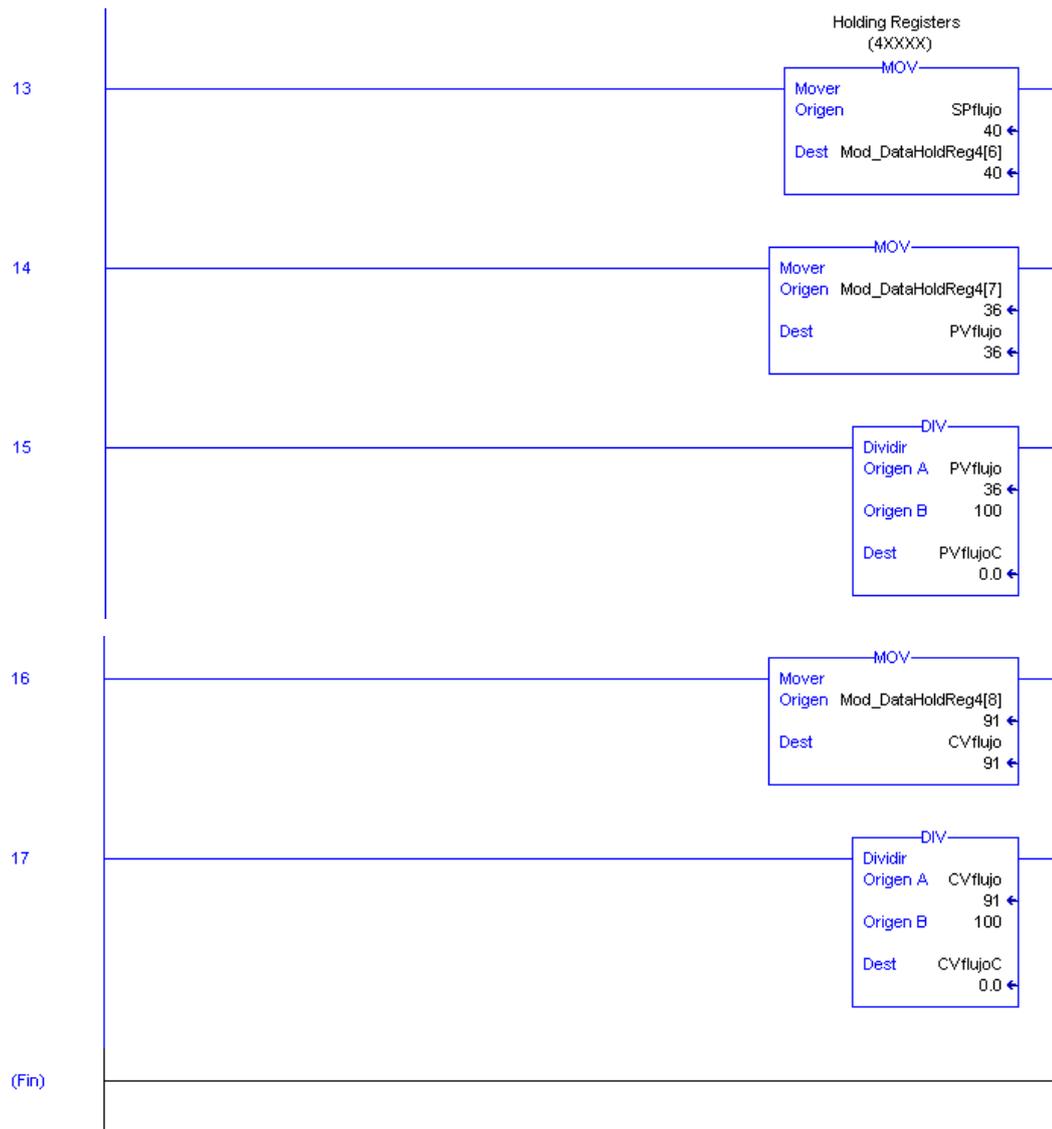
ANEXO C

PROGRAMACIÓN EN RSLOGIX 5000

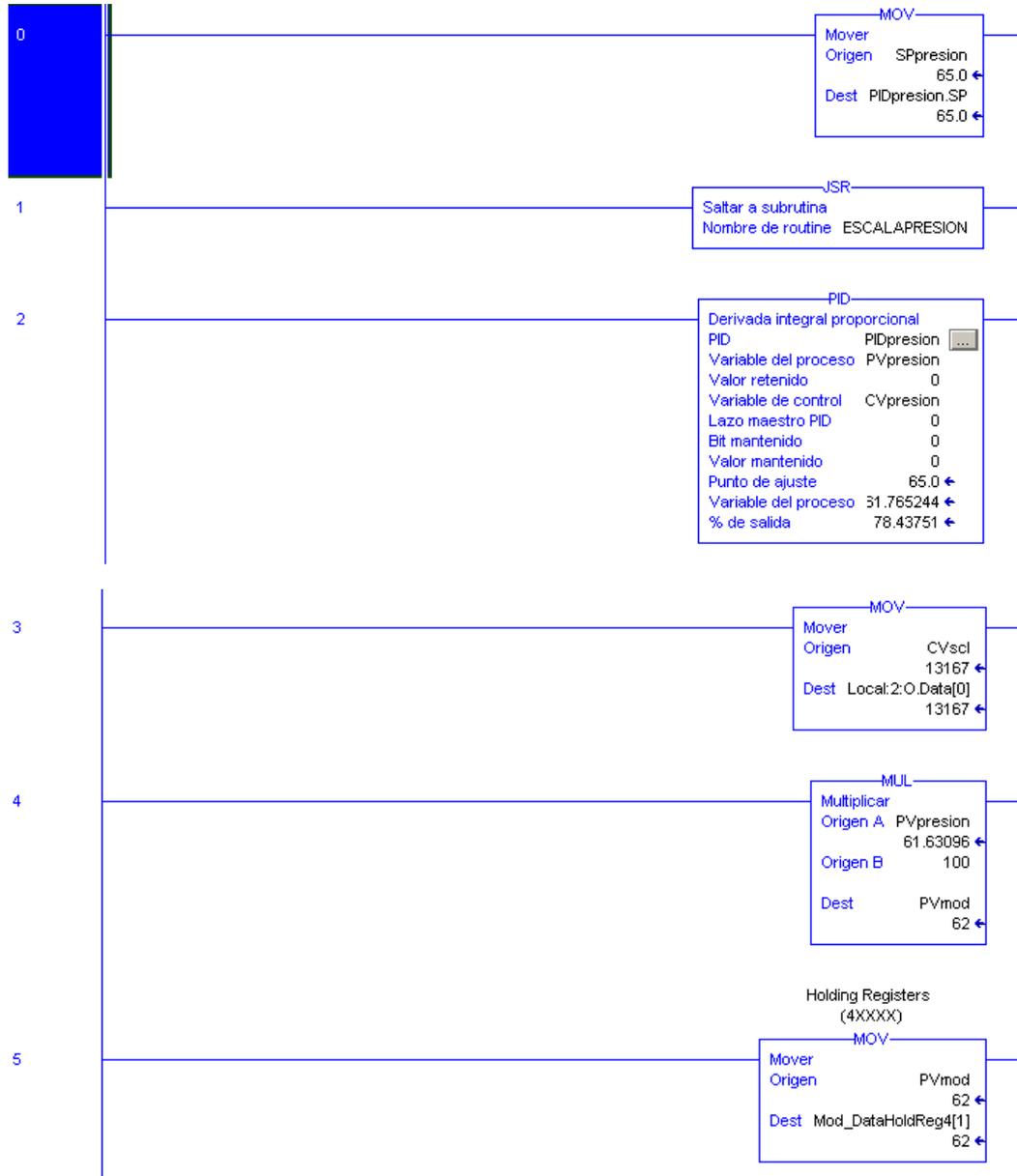
DIAGRAMA LADDER PLC MAESTRO

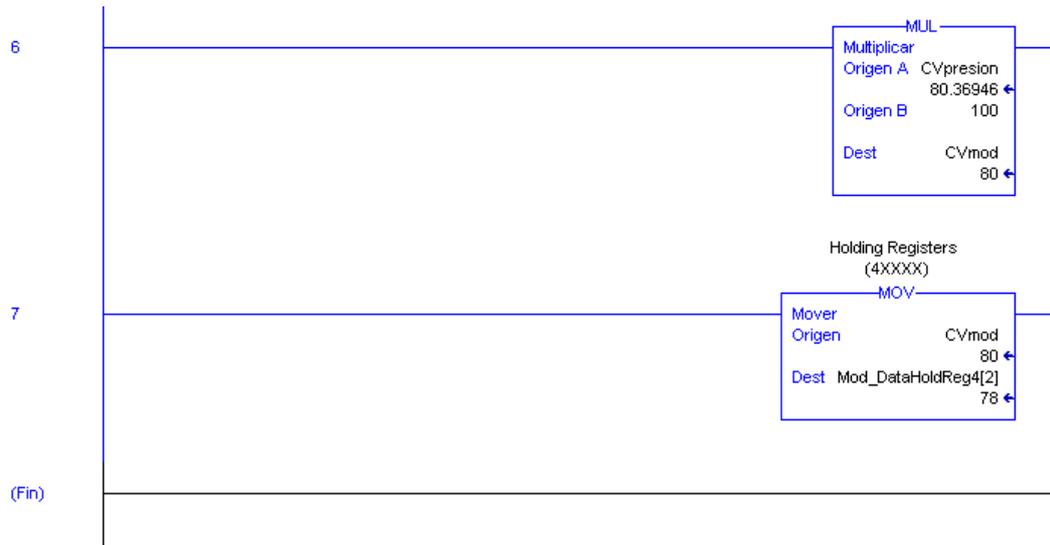






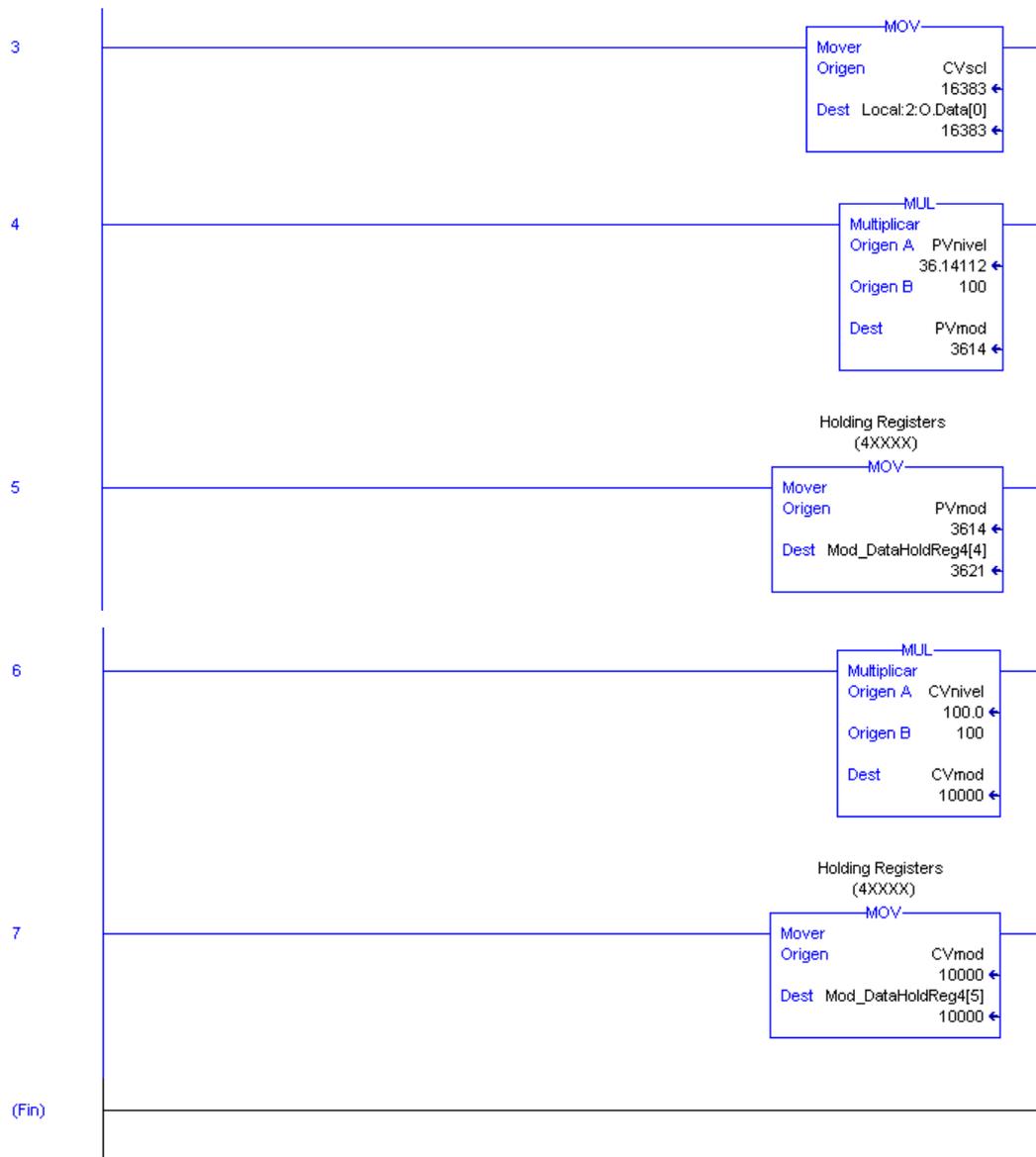
ESTACIÓN DE PRESIÓN DIAGRAMA LADDER



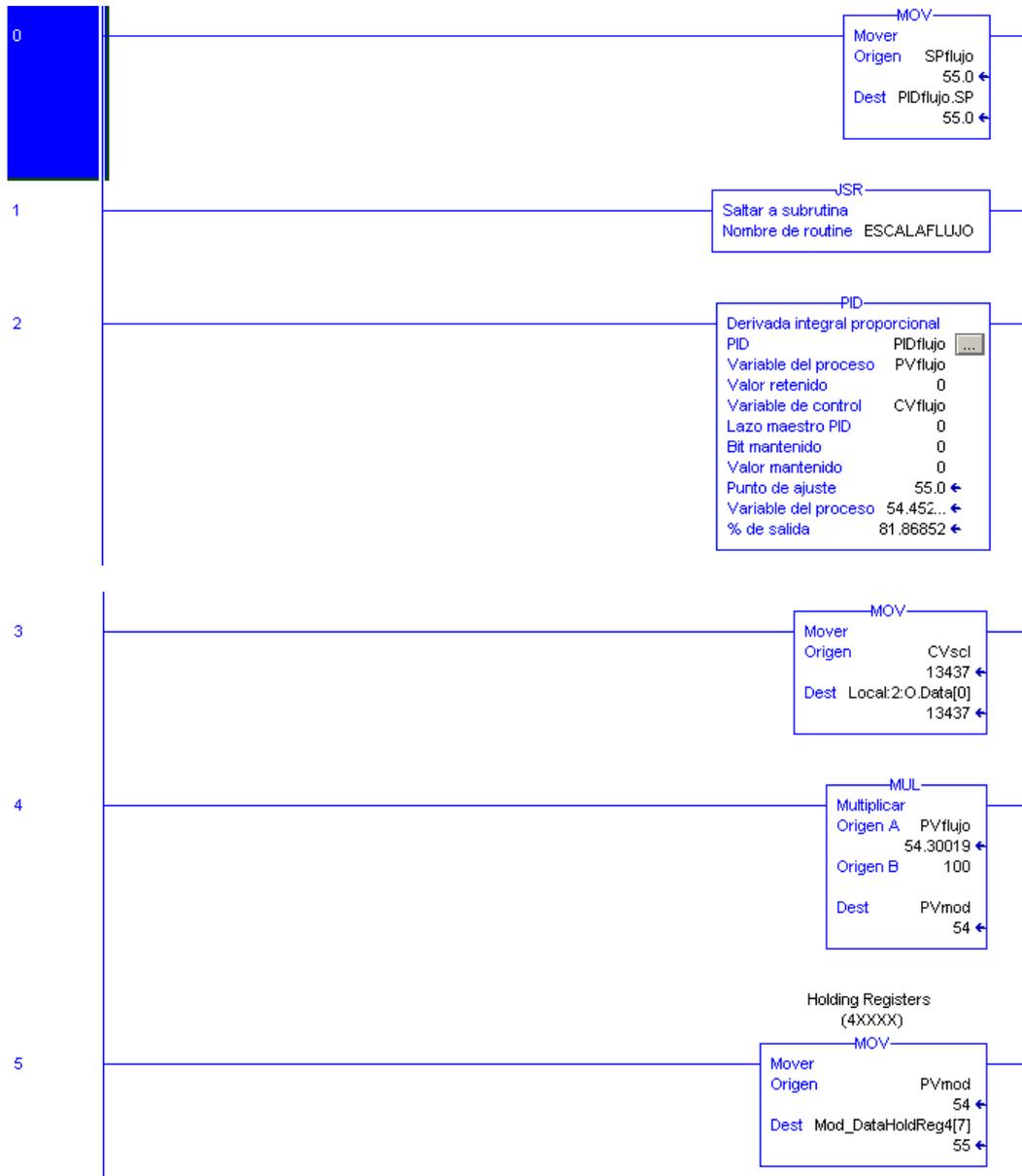


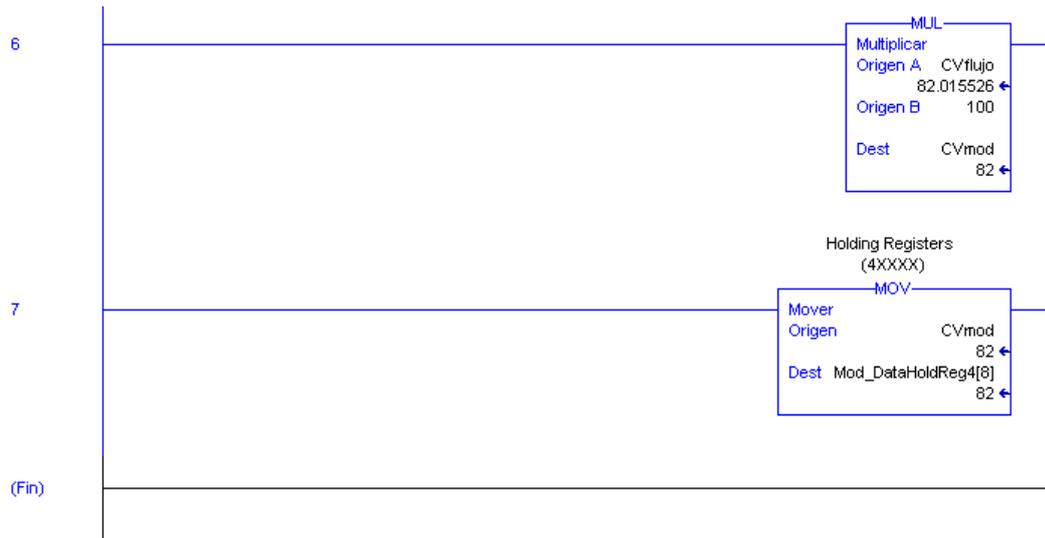
ESTACIÓN DE NIVEL DIAGRAMA LADDER





ESTACIÓN DE FLUJO DIAGRAMA LADDER



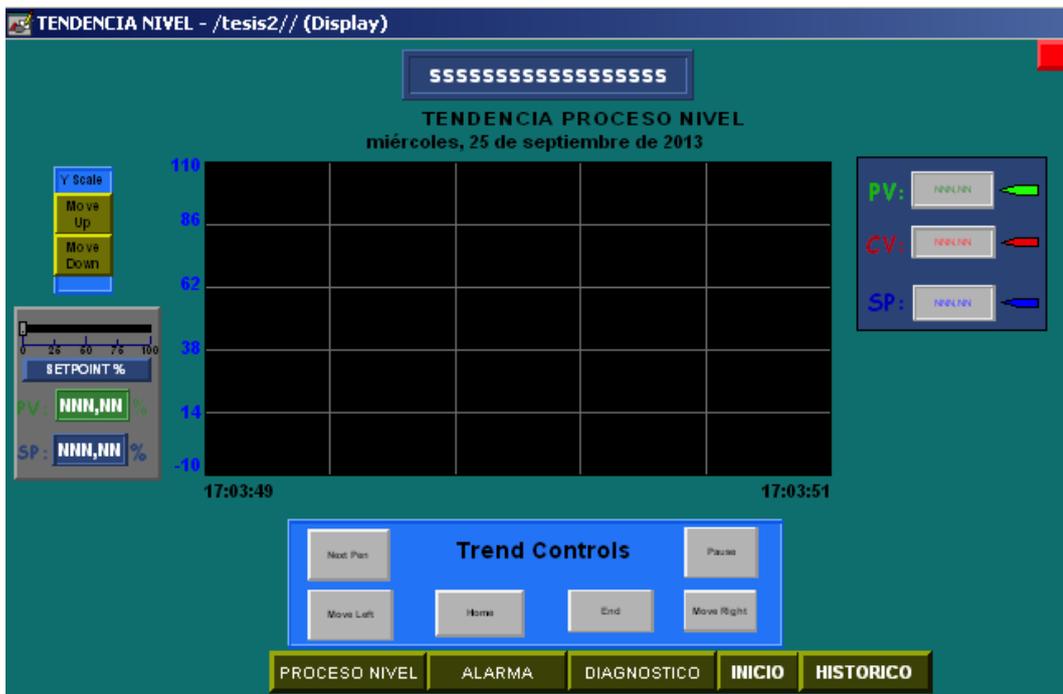
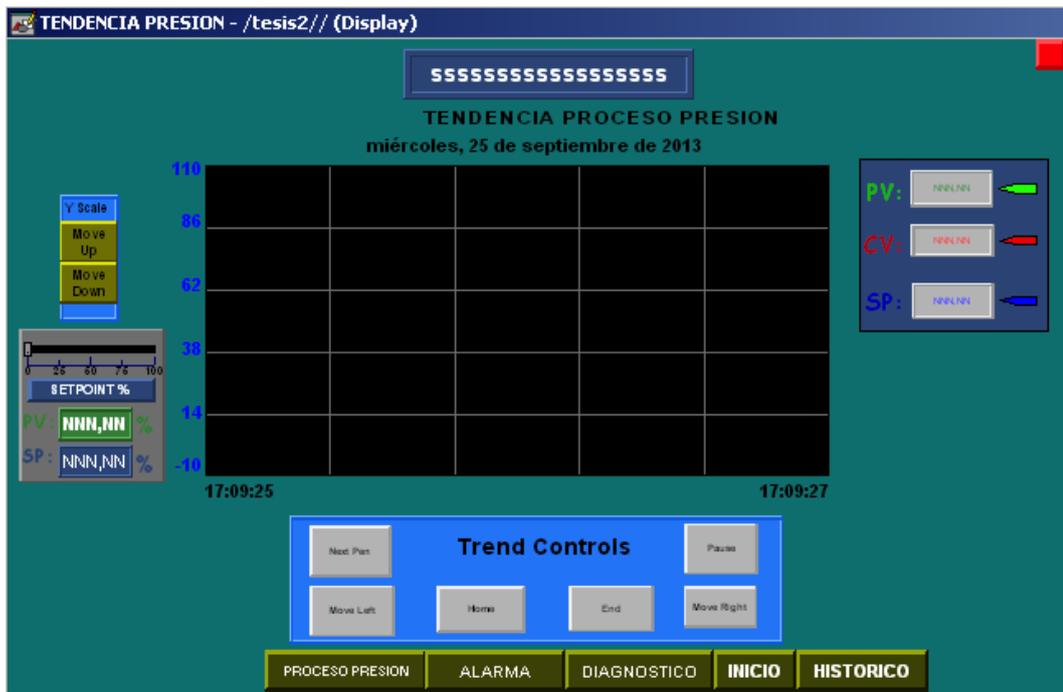


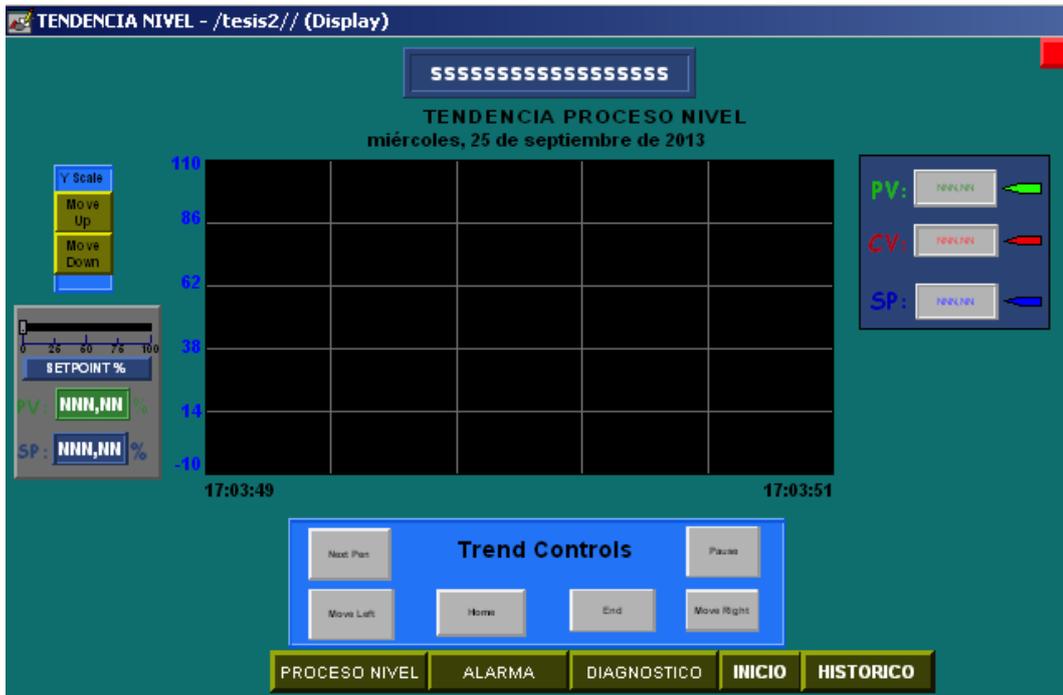
ANEXO D

PROGRAMACIÓN HMI EN FACTORY TALK VIEW ME









Alarm History

Alarm time	Acknowledge time	Message
* 05/10/2013 16:59:18	05/10/2013 17:06:56	NIVEL Warning_Upper
05/10/2013 16:50:23		PRESION Warning_Upper
* 05/10/2013 16:40:42	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 16:37:37	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 16:20:58	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:33:25	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:58	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:53	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:04	05/10/2013 16:41:19	FLUJO Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:04	05/10/2013 16:41:19	PRESION Warning_Lower
* 05/10/2013 14:29:04	05/10/2013 16:41:19	NIVEL Warning_Lower

Ack Alarm	Silence Alarms	▲	▲▲	▲▲▲
Ack All	Clear All	▼	▼▼	▼▼▼

Print History	Alarm Status	Close
	Sort Alarms	

ANEXO E

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AIC (Advance Interface Convesor), es un conversor de interfaz avanzado y proporciona una interfaz entre una red RS-485 y una conexión RS-232.

DF1 es un protocolo asíncrono orientado a bytes que se utiliza para comunicarse con la mayoría de los módulos de interfaz RS232 de Allen Bradley.

DSL (siglas de Digital Subscriber Line, "línea de suscripción digital") es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2.

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs).

Daisy Chain es la topología que utilizaremos en el desarrollo de la red Modbus es la recomendada por Rockwell Automation esta configuración es la más sencilla ya que el terminal de un dispositivo es el inicio del siguiente dispositivo

BELDEN es un cable que contiene internamente cuatro pares de cables mas pequeños y que deben cumplir con estandares internacionales de fabricación para poder estar dentro de una categoría lo cual los diferencia en calidad. Es usado para redes y comunicaciones electrónicas para transferir datos en altas velocidades de un dispositivo electrónico a otro.

PLC (Programmable Logic Controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar

procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

HMI (Human Machine Interface) que se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas. Aplicable a sistemas de Automatización de procesos. La interfaz de usuario es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo. Normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

Wireless (inalámbrico o sin cables) es un término usado para describir las telecomunicaciones en las cuales las ondas electromagnéticas (en vez de cables) llevan la señal sobre parte o toda la trayectoria de la comunicación.

Router es un dispositivo que proporciona conectividad a nivel de red o nivel tres en el modelo OSI. Su función principal consiste en enviar o encaminar paquetes de datos de una red a otra, es decir, interconectar subredes, entendiendo por subred un conjunto de máquinas IP que se pueden comunicar sin la intervención de un enrutador (mediante bridges), y que por tanto tienen prefijos de red distintos.

Latacunga, Noviembre del 2013.

AUTORÍA

ELABORADO POR:

Tannya Lucía Gallo Castillo

CI: 1804154233

David René Herrera Zambrano

CI: 0503029589

APROBADO POR:

Ing. José Bucheli.

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICADO POR:

Dr. Rodrigo Vaca

**SECRETARIO ACADÉMICO
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO**