

**INTEGRACIÓN A TRAVÉS DEL PROTOCOLO MODBUS DE LOS SISTEMAS
AUXILIARES AL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS I/A FOXBORO)
DE LA PLANTA DE PARAFINAS Y BASES LUBRICANTES DE LA GERENCIA
*COMPLEJO BARRANCABERMEJA EN ECOPETROL S.A.***

**DAVID AFANADOR DÍAZ
DIANA ASTRID FAJARDO SUA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2006

**INTEGRACIÓN A TRAVÉS DEL PROTOCOLO MODBUS DE LOS SISTEMAS
AUXILIARES AL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS I/A FOXBORO)
DE LA PLANTA DE PARAFINAS Y BASES LUBRICANTES DE LA GERENCIA
*COMPLEJO BARRANCABERMEJA EN ECOPETROL S.A.***

**DAVID AFANADOR DÍAZ
DIANA ASTRID FAJARDO SUA**

**Trabajo para optar el título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Director:

M.I.(c) José Alejandro Amaya Palacio

Codirector:

M.P.E. Daniel Alfonso Sierra Bueno

Aileen Diane Pusey Mitchell

Ingeniera Electrónica ECOPETROL S.A.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2006

DEDICATORIA

A mis padres Alberto y Carlina porque lo que soy y tengo se lo debo a ellos. Por su esfuerzo y apoyo invaluable.

A mis hermanos.

A Luzdary.

DAVID AFANADOR DÍAZ

DEDICATORIA

A Dios por que siempre esta en mi camino.

A mis padres Luis y Graciela por su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanas Leidy, Angela y Laura por llenar mi vida de alegría.

A Helber por permitirme hacer parte de su vida.

A mis amigos y compañeros por los incontables buenos momentos.

DIANA ASTRID FAJARDO SUA

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Ecopetrol S.A. por la oportunidad de aprender, por permitirnos realizar este proyecto en sus instalaciones y aportar la mayor parte del material requerido, a la ingeniera Aileen Diane Pusey Mitchel por su apoyo, comprensión y temperamento en los momentos difíciles, al ingeniero Edison Augusto Castellanos Olarte por su tiempo e invaluable ayuda, a la ingeniera Merly Rocío Mantilla Hernández por su gestión, confianza y apoyo, al profesor José Alejandro Amaya Palacio por la asesoría y colaboración brindada.

Finalmente agradecemos a todo el personal administrativo y operativo de la planta de Parafinas y Bases Lubricantes y de los departamentos de Apoyo Técnico a la Producción y Mantenimiento Taller de La Gerencia Complejo Barrancabermeja.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. SISTEMAS INTEGRADOS.....	3
1.1 SISTEMA DE TELEMETRÍA DE TANQUES MARCA <i>ENRAF</i>	3
1.1.1 Características del sistema.	3
1.1.2 Comunicación.	4
1.1.3 Descripción general del sistema de telemetría utilizado.	5
1.2 SISTEMA DE GOBERNADORES ELECTRÓNICOS PARA TURBINAS DE VAPOR MARCA <i>WOODWARD</i>	8
1.2.1 Características del sistema.	8
1.2.2 Comunicación.	10
1.2.3 Descripción general de los Gobernadores utilizados.	11
1.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN DE VÁLVULAS MOTORIZADAS MARCA <i>EIM</i>	11
1.3.1 Características del sistema.	11
1.3.2 Comunicación.	14
1.3.3 Descripción general del sistema de válvulas motorizadas utilizado.	14
2. SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO.....	15
2.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE DE LA SERIE I/A	15
2.1.1 Dispositivos de la serie I/A.	15
2.1.2 Módulos de la serie I/A.	17
2.2 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE LA SERIE I/A	20
2.2.1 Software de la serie I/A.....	20
2.2.2 Recursos del software.	22
2.2.3 Foxdraw.	23
2.2.4 Clases de usuarios de la serie I/A.....	25
2.2.5 Descripción de la estrategia de control..	25
2.2.6 Descripción de compuestos y bloques	26

2.3	INTEGRADOR.....	27
2.3.1	Integrador 30.	28
3.	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	37
3.1	REQUISITOS PARA REALIZAR LAS PRUEBAS	39
3.1.1	Computador y Simulador Modbus.	39
3.1.2	Cableado requerido.	39
3.1.3	Convertidor RS232/RS485..	43
3.2	PRUEBAS DE COMUNICACIÓN CON LOS SISTEMAS	44
3.2.1	Pasos a seguir para las pruebas.	44
3.2.2	Pruebas realizadas con el Sistema de Telemetría de Tanques	46
3.2.3	Pruebas realizadas con el Sistema de Gobernadores Electrónicos.....	58
3.2.4	Pruebas realizadas con el Sistema de Protección de Válvulas Motorizadas.....	68
3.2.5	Pruebas realizadas con el Sistema de Control Distribuido.....	74
4.	INTEGRACIÓN	86
4.1	RED.....	86
4.2	INTERFAZ GRAFICA.....	90
4.2.1	Sistema de telemetría de tanques.	91
4.2.2	Sistema de gobernadores electrónicos para turbinas de vapor.....	94
4.2.3	Sistema de protección de válvulas motorizadas.....	99
5.	CONCLUSIONES	104
6.	RECOMENDACIONES.....	107
	GLOSARIO	109
	BIBLIOGRAFÍA	115
	ANEXOS	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía de Instrumentación de campo	6
Figura 2. Diagrama de puertos de comunicación de las CIUs	6
Figura 3. Fotografía de CIU Prime & CIU Plus	7
Figura 4. Imagen de la Turbina controlada por el Gobernador.....	8
Figura 5. Panel de control de un Gobernador marca <i>Woodward</i>	9
Figura 6. Turbina de vapor típica de una o dos entradas	10
Figura 7. Fotografía de las Válvulas MOVs en campo.....	12
Figura 8. Fotografía de la Estación Maestra	12
Figura 9. Diagrama esquemático del sistema completo MOV'S.....	13
Figura 10. Configuración típica de un sistema de control I/A.....	19
Figura 11. Ejemplo de Display en FoxDraw.....	23
Figura 12. Descripción de compuestos y bloques.....	27
Figura 13. Modulo Integrador 30.....	28
Figura 14. Conexión al integrador	29
Figura 15. Switch selector <i>P0970VB</i>	30
Figura 16. Interconexiones posibles en el switch selector.....	30
Figura 17. Fotografías pasos para acceder al ICC	31
Figura 18. Pantalla inicial del ICC.....	32
Figura 19. Parámetros del bloque <i>ECBPG</i>	33
Figura 20. Parámetros del bloque <i>ECB16</i>	34
Figura 21. Parámetros del bloque <i>MDSCAN</i>	35
Figura 22. Gráfico explicativo del proyecto	38
Figura 23. Numeración de pines en los conectores DB-25 y DB-9.....	40
Figura 24. Pinout para el cable 1.....	41
Figura 25. Pinout para el cable 2.....	41
Figura 26. Pinout para el cable 3.....	41

Figura 27. Pinout para el cable 4.....	42
Figura 28. Pinout para el cable 5.....	42
Figura 29. Pinout para el cable 6.....	42
Figura 30. Fotografía del convertidor empleado en la planta	43
Figura 31. Icono del software Ensite Pro.....	47
Figura 32. Ventana Principal Ensite Pro.....	47
Figura 33. Puertos de la CIU Plus.....	48
Figura 34. Configuración Parámetros de Transmisión Puerto Host	49
Figura 35. Construcción del Mapa Modbus.....	50
Figura 36. Selección de Tanques para el Mapa Modbus	50
Figura 37. Selección de datos por tanque	51
Figura 38. Mapa Modbus.....	52
Figura 39. Pantalla principal de la opción “Download configuration”.....	52
Figura 40. Fotografía de CIU PLUS	53
Figura 41. Pines del terminal a la salida de la CIU PLUS.....	54
Figura 42. Ilustración para la prueba 1 de Telemetría	55
Figura 43. Ilustración para la prueba 2 de Telemetría	56
Figura 44. Resultados obtenidos al leer los registros.....	58
Figura 45. Fotografía de los Gobernadores.....	60
Figura 46. Puerto de comunicación número 1 de los gobernadores	61
Figura 47. Ilustración para la prueba 1 del Sistema de Gobernadores.....	61
Figura 48. Ilustración para la prueba 2 del Sistema de Gobernadores.....	62
Figura 49. Ilustración para la prueba 3 del Sistema de Gobernadores.....	63
Figura 50. Construcción de la red.....	64
Figura 51. Ilustración para la prueba 4 del Sistema de Gobernadores.....	64
Figura 52. Resultados al leer los bits para el Gobernador de la turbina NP1203	67
Figura 53. Resultados al leer los registros para el Gobernador de la turbina NP1203	68
Figura 54. Pinout del puerto de comunicación Modbus de la Estación Maestra.....	70
Figura 55. Ilustración para la prueba 1 del Sistema MOVs.....	70

Figura 56. Ilustración para la prueba 2 del Sistema MOVs	71
Figura 57. Fotografía del estado de las válvulas en el momento de la lectura del mapa de memoria	73
Figura 58. Datos del PC al consultar la Estación Maestra	73
Figura 59. Pantalla del ICC con la lista de esclavos de GW_1202.....	75
Figura 60. Gráfica de la red Modbus vista en el DCS.	76
Figura 61. Pantalla de la lista de compuestos	77
Figura 62. Pantalla de configuración del bloque MDSCAN	78
Figura 63. Lista de bloques creados para la lectura de registros en la Telemetría.....	78
Figura 64. Lista de bloques creados para la lectura de bits en las MOV's.	79
Figura 65. Pantalla de configuración del bloque AIN y bloques creados para la lectura de registros.	80
Figura 66. Fotografía de la lista de los bloques creados para la lectura de bits.	80
Figura 67. Letterbug.....	81
Figura 68. Enclouser	81
Figura 69. Modulo integrador	82
Figura 70. Conexión física del integrador.....	82
Figura 71. Posición Switchs.....	83
Figura 72. Conexión interna obtenida.....	83
Figura 73. Conexión del cable 7 con el bus del integrador.....	84
Figura 74. Fotografía del switch selector.....	84
Figura 75. Ilustración para la prueba 1 con el DCS	85
Figura 76. Gabinete de las CIUs	87
Figura 77. Borneras de conexión de los sistemas	87
Figura 78. Red Modbus integrada.....	88
Figura 79. Arquitectura actual del DCS de la planta de Parafinas y Bases Lubricantes	89
Figura 80. Indicación de la condición de llenado del tanque.....	91
Figura 81. Pantalla general del Sistema de Telemetría.....	92
Figura 82. Pantalla de información del tanque K_0647	92

Figura 83. Pantalla de proceso del sistema de telemetría	93
Figura 84. Pantalla de información del tanque K_1296	94
Figura 85. Pantalla general del sistema de aceite caliente	95
Figura 86. Display de la información general de la turbina.....	95
Figura 87. Información de la turbina NP1006 traída desde el gobernador	96
Figura 88. Código de colores para conocer la activación	96
Figura 89. Pantalla general de la sección de enfriamiento de solvente.....	97
Figura 90. Display de la información general de la turbina.....	98
Figura 91. Información de la turbina NP1202 traída desde el gobernador	98
Figura 92. Información de la turbina NP1203 traída desde el gobernador	99
Figura 93. Indicación del estado en forma grafica.....	99
Figura 94. Indicación del estado de la válvula en forma grafica	100
Figura 95. Pantalla general del Tratamiento Cera.....	100
Figura 96. Pantalla general de las MOVs del Tratamiento Cera y pantalla de información de las alarmas de la válvula MOV_11201	101
Figura 97. Pantalla general del Tratamiento Naftenico	101
Figura 98. Pantalla general de las MOVs del Tratamiento Naftenico y pantalla de información de las alarmas de la válvula MOV_11103.....	102
Figura 99. Pantalla general del Tratamiento Parafinico.....	102
Figura 100. Pantalla general de las MOVs del Tratamiento Parafinico y pantalla de información de las alarmas de la válvula MOV_11002.....	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de objetos	24
Tabla 2. Códigos de función Modbus que soporta el integrador 30	29
Tabla 3. Función de los pines.....	40
Tabla 4. Parámetros de comunicación configurados a la red.....	45
Tabla 5. Pinout cable interno CIU PLUS.....	54
Tabla 6. Dirección Modbus de los registros para cada tanque.....	57
Tabla 7. Mapa de memoria para los primeros dos tanques	57
Tabla 8. Parámetros de configuración para la comunicación con los Gobernadores.....	60
Tabla 9. Datos (bits) necesarios en el DCS.....	66
Tabla 10. Datos (registros) necesarios en el DCS.....	67
Tabla 11. Parámetros por defecto del Sistema de Válvulas Motorizadas	69
Tabla 12. Información requerida de cada válvula.....	72
Tabla 13. Posición de cada válvula dentro del mapa de memoria.	72
Tabla 14. Estado de las válvulas según lo leído del PC.....	74

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Ecopetrol S.A.	118
Anexo B. Comunicación Modbus.....	126
Anexo C. Instructivo para el empleo del simulador de protocolo Modbus (Mdbus rev. 2.01) para windows	135
Anexo D. Estándares de comunicación RS-485 Y RS-232	150
Anexo E. Convertidor ADAM 4520/4522	155
Anexo F. Instructivo de la herramienta ENSITE PRO.....	157
Anexo G. Configuración del Sistema de Gobernadores.....	182
Anexo H. Mapa de memoria del Sistema de Gobernadores.....	194
Anexo I. Mapa de memoria del Sistema de Válvulas Motorizadas.....	210

RESUMEN

1. TITULO

INTEGRACIÓN A TRAVÉS DEL PROTOCOLO MODBUS DE LOS SISTEMAS AUXILIARES AL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS I/A FOXBORO) DE LA PLANTA DE PARAFINAS Y BASES LUBRICANTES DE LA *GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA EN ECOPETROL S.A.**

2. AUTORES

DAVID AFANADOR DÍAZ

DIANA ASTRID FAJARDO SUA**

3. PALABRAS CLAVES

Integración, Modbus, Sistema de Control Distribuido, Red, Protocolo.

4. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

El trabajo desarrollado consiste en el establecimiento de la comunicación, por medio del protocolo Modbus, entre sistemas electrónicos de distintos fabricantes, hecho conocido como integración. En la actualidad existe gran variedad de dispositivos y sistemas electrónicos en muchas áreas de la industria y el control de procesos. Estos sistemas

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.
Director José Alejandro Amaya Palacio.

electrónicos son diseñados y construidos por diversos fabricantes. Debido a la complejidad de los procesos, hoy en día el sistema de control principal de una planta es un Sistema de Control Distribuido (DCS), ya que permite que la planta continúe expandiéndose sin tener que realizar cambios sustanciales en el sistema de control y sin afectar el proceso que se está desarrollando. Un objetivo importante en la industria es poder comunicar el sistema de control principal de la planta con los demás sistemas que existen en ella.

Este proyecto se llevó a cabo en la planta de Parafinas y Bases Lubricantes de la Gerencia Complejo Barrancabermeja, en Ecopetrol S.A. y consistió en la integración del Sistema de Telemetría de Tanques que monitoriza variables del producto almacenado en tanques, el Sistema de Gobernadores Electrónicos que controla la velocidad de turbinas de admisión de vapor, el Sistema de Protección de Válvulas Motorizadas que controla la apertura y cierre de válvulas y el DCS que controla la mayor parte de la planta y donde se requiere tener a disposición la información relevante de estos sistemas. Para entablar la comunicación entre estos sistemas se construyó una red, se configuró los parámetros de comunicación y se desarrolló una interfaz gráfica en el DCS.

Como resultado de este proyecto se logró tener en el DCS la información más importante de cada uno de estos sistemas que es visualizada por medio de la interfaz gráfica desarrollada. Actualmente se encuentra en operación en la Refinería de Ecopetrol en Barrancabermeja.

ABSTRACT

1. TITLE

INTEGRATION THROUGH THE MODBUS PROTOCOL OF THE AUXILIARY SYSTEMS INTO THE DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM (DCS I /A) OF THE PARAFFIN AND LUBRICANT BASES PLANT AT *LA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA EN ECOPETROL S.A.**

2. AUTHORS

DAVID AFANADOR DÍAZ

DIANA ASTRID FAJARDO SUA**

3. KEY WORDS

Integration, Modbus, Distributed Control System, Network, Protocol

4. CONTENT DESCRIPTION

The project developed consisted on the establishment of communication, through the Modbus protocol, between the electronic systems from different makers in a particular plant, fact which is known as Integration. Nowadays, there is a huge variety of devises and electronic systems in many areas of the industry and control processes, which are designed

*Senior Project.

** Faculty of Physics–Mechanics Engineering. School of Electric, Electronics and Telecommunications Engineering. Director José Alejandro Amaya Palacio.

and made by different makers. Due to the complexity of processes, the main control system of a plant used nowadays is the Distributed Control System (DCS), since it allows the plant to continue expanding without doing any change in the control system and without affecting the process which is being carried out. A very important objective in an industry is to be able to communicate its main system with the other systems within the plant.

This project was carried out at the Paraffin and Lubricant Bases Plant at la Gerencia Complejo Barrancabermeja, en Ecopetrol S.A. and consisted on the integration of systems. The systems involved were the Telemetry Tanks System, which monitors the variables of products stored in tanks, the Electronic Governing System, which controls the speed of the steam entrance turbines, the Motorized Valves Protection System, which controls the opening and closing of valves, and the Distributed Control System which controls the main part of the plant and which requires to have the relevant information of the other systems. To establish communication between those systems, a network was constructed, the parameters of communication were configured, and a graphical interface was developed in the DCS.

As a result of this project, it was possible to have into the DCS the most important information from each of those systems. This information is visualized through the graphical interface developed. Nowadays, this project is functioning at la Refinería de Ecopetrol en Barrancabermeja.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe gran variedad de dispositivos y sistemas electrónicos en muchas áreas de la industria y el control de procesos. Estos sistemas electrónicos son diseñados y construidos por diversos fabricantes quienes les imprimen características propias.

Los procesos en la industria son complejos y los sistemas no controlan partes aisladas de estos, sino que deben estar en continuo intercambio de información para lograr un control óptimo, motivo por el cual se hace necesario mantener en comunicación dispositivos o sistemas de diversos fabricantes.

Al proceso de lograr la comunicación entre sistemas de diversos fabricantes se denomina Integración.

Debido a la complejidad de los procesos, hoy en día el sistema de control principal de una planta es un Sistema de Control Distribuido ó DCS, ya que permite que la planta continúe expandiéndose sin tener que realizar cambios sustanciales en el sistema de control y sin afectar el proceso que se está desarrollando.

Un objetivo importante en la industria es poder comunicar el sistema de control principal de la planta con los demás sistemas que existen en ella.

Este documento presenta el desarrollo del proyecto de integración de sistemas realizado en la Planta de Parafinas y Bases Lubricantes de la Gerencia Complejo Barrancabermeja, Ecopetrol S.A.

El objetivo principal de este proyecto consistió en llevar datos principales de sistemas de control y medición al Sistema de Control Distribuido de la Planta para que el operador

pueda determinar las condiciones operacionales de proceso y mantener la ejecución de las unidades de la planta dentro de los parámetros de calidad y seguridad adecuados.

Con la integración de estos sistemas se busca el mejoramiento de las condiciones operacionales de la Planta de Parafinas y Bases Lubricantes y se encamina a conseguir en el futuro la integración de todos los sistemas auxiliares al Sistema de Control Distribuido, con el fin de monitorizar y controlar todos los procesos de la planta desde el sistema de control principal.

La información que aparece en este documento fue autorizada por la empresa, Ecopetrol S.A.

1. SISTEMAS INTEGRADOS

En la planta de Parafinas y Bases Lubricantes de la Gerencia Complejo Barrancabermeja, operan varios sistemas de control y monitorización.

Este capítulo presenta una breve descripción de tres sistemas que se manipularon e interconectaron al Sistema de Control Distribuido (Distributed Control System - DCS)* en el proyecto de integración de la planta de Parafinas y Bases Lubricantes. Estos sistemas son: Telemetría de Tanques marca *Enraf*, Gobernadores Electrónicos para Turbinas de Vapor marca *Woodward* y Protección de Válvulas Motorizadas marca *EIM*.

En este documento, siempre que se mencione Planta, se estará haciendo referencia a la planta de Parafinas y Bases Lubricantes. DCS se referirá al Sistema de Control Distribuido marca *Foxboro* serie I/A. Telemetría denotará al Sistema de Telemetría de Tanques marca *Enraf*, Gobernadores designará el Sistema de Gobernadores Electrónicos para Turbinas de Vapor marca *Woodward* y MOV's ó Válvulas indicará a las Válvulas Motorizadas.

1.1 SISTEMA DE TELEMETRÍA DE TANQUES MARCA *ENRAF*¹

1.1.1 Características del sistema. El Sistema de Telemetría de tanques consta de las siguientes partes modulares:

¹ Información de esta Sección obtenida de: ENRAF B.V. "Installation guide 880 CIU Prime/CIU Plus". Version 1.3. Delft. The Netherlands, 2000 y ECOPETROL GCB. Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

*Sistema de Control Distribuido Marca *FOXBORO* serie I/A (Intelligent Automation).

- **Instrumentación de campo**
- **CIU Prime**
- **CIU Plus**
- **Entis Pro**

La **Instrumentación de Campo** se encarga de recolectar datos de nivel, temperatura, densidad y/o presión de los tanques que luego son transmitidos a la CIU Prime por medio de un protocolo propietario.

La **CIU Prime** es una interface entre la instrumentación de campo y un sistema de inventario de tanques, como la CIU Plus, un PLC, etc.

La **CIU Plus** es la unidad encargada de realizar cálculos a partir de datos obtenidos de la CIU Prime y luego presenta estos cálculos a un sistema de inventario de tanques, el Entis Pro, para su visualización por medio de ventanas, gráficos y tablas o a un sistema más complejo como un DCS, SCADA, etc.

El **Entis Pro** es un software que permite visualizar datos calculados de la CIU Plus. Corre bajo Windows NT y muestra los datos en ventanas, tablas, gráficos, etc.

1.1.2 Comunicación. Para que este sistema pueda comunicarse con otros, como por ejemplo un DCS, debe configurarse la comunicación de la CIU Plus. Esta tiene disponible todos los datos del sistema, por lo tanto es la unidad más útil al momento de requerir información del Sistema de Telemetría y presenta varios puertos configurables que emplean el protocolo Modbus RTU.

La configuración se realiza por medio de un Software llamado Ensite Pro, que permite seleccionar un puerto de la CIU Plus con el cual se realiza la comunicación llamado Puerto de Host, así como los parámetros de comunicación tales como paridad, bit de parada,

estándar físico y velocidad de transmisión. Además permite construir el Mapa de Memoria Modbus de acuerdo a lo requerido.

Cada CIU (Communications Interface Unit) presenta dos tipos de puertos, de Campo (Field Port) y de Host (Host Port). Los Puertos de Campo son aquellos por donde la unidad (CIU) recibe la información y los Puertos de Host son aquellos por donde la transmite.

Para ver con mas de detalle los pasos de configuración de la Telemetría, remítase al Anexo F.

1.1.3 Descripción general del sistema de telemetría utilizado. En la Planta de Parafinas y Bases Lubricantes, existen 52 tanques de almacenamiento de materias primas y productos, 36 de los cuales se encuentran monitorizados con el sistema de telemetría. Es necesario estar continuamente monitorizando el contenido de cada uno de estos tanques por razones de seguridad y abastecimiento, tanto a otras secciones de la planta como para la venta al público.

Instrumentación de campo en la planta de parafinas y bases lubricantes. Las magnitudes físicas medidas en los tanques de la planta son el nivel y la temperatura del producto almacenado en ellos. El nivel se mide por medio de sensores tipo radar y la temperatura con una RTD (Resistive Temperature Detectors). Estas variables son enviadas a la Unidad de Control que recibe toda la información del tanque.

Figura 1. Fotografía de Instrumentación de campo

Medidor en el tanque



Unidad de Control para cada tanque

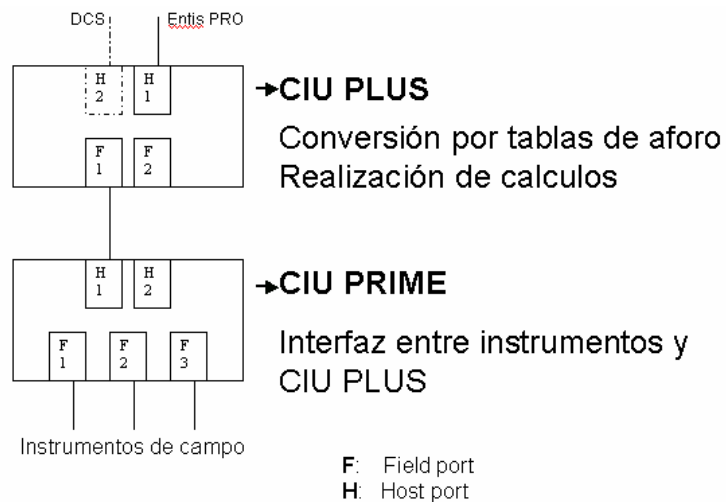


Fuente: Autores del proyecto

CIU Prime. Los datos son enviados, desde cada Unidad de Control, a la CIU Prime, por medio de un bus de campo.

La CIU Prime presenta 3 Puertos de Campo por donde recibe la información de los tanques y la almacena para luego enviarla a la CIU Plus por medio de uno de los dos Puertos de Host que posee.

Figura 2. Diagrama de puertos de comunicación de las CIUs



Fuente: Autores del proyecto.

CIU Plus. La información proveniente de la CIU Prime es recibida en la CIU Plus por medio del Puerto de Campo número 1. Esta unidad presenta dos Puertos de Campo y un Puerto de Host, aunque tiene la capacidad para albergar hasta cuatro Puertos de Host.

Figura 3. Fotografía de CIU Prime & CIU Plus



Fuente: Autores del proyecto

Entis Pro. Este software está instalado en un PC* que se encuentra conectado a la CIU Plus de donde recibe la información.

Diversas pantallas están disponibles para la administración del inventario; este incluye gráficos de barras, tablas de datos, gráficos de tanques y una amplia gama de posibilidades.

Los módulos CIU se encuentran localizados en el cuarto de control principal.

*PC: Personal Computer (computador).

1.2 SISTEMA DE GOBERNADORES ELECTRÓNICOS PARA TURBINAS DE VAPOR MARCA *WOODWARD*¹

1.2.1 Características del sistema. El Gobernador está basado en un microprocesador diseñado para controlar turbinas de vapor de uno o dos accionadores. Utiliza un software controlado por menús para dar instrucciones a los ingenieros de proceso sobre la programación del control para una aplicación específica. El Gobernador puede configurarse para que funcione como una unidad autónoma o conjuntamente con el sistema de control distribuido de una central.

Figura 4. Imagen de la Turbina controlada por el Gobernador



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

Panel de control del operador. El Gobernador es un dispositivo de control para turbinas de vapor configurable en obra y un panel de control del operador integrado en un solo conjunto. El panel de control del operador incluye una pantalla de dos líneas (24 caracteres cada una) y un conjunto de 30 botones.

¹ Información de esta Sección obtenida de: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. “Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores”. Manual 85017V1A. Fort Collins Colorado. USA, 1997. VOLUMEN 1 y ECOPEPETROL GCB. Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

Figura 5. Panel de control de un Gobernador marca *Woodward*



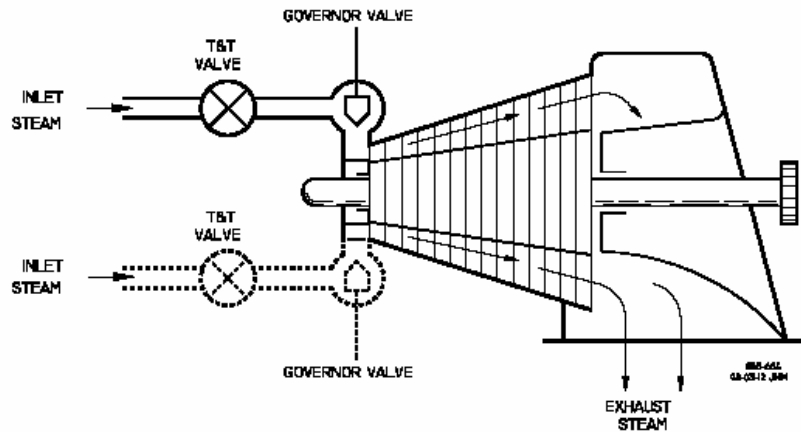
Fuente: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. Manual 85017V1A. "Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores".

Este panel de control del operador se utiliza para configurar el control, para realizar ajustes del programa en línea y para hacer funcionar la turbina/sistema.

Instrucciones fáciles de seguir se presentan en inglés a través de la pantalla de control y los operadores pueden ver los valores reales y los puntos de consigna.

Parámetros de control de la turbina. El Gobernador se puede comunicar con una o dos válvulas para controlar un parámetro en la turbina a la vez y limitar un parámetro adicional, si se desea. El parámetro controlado es típicamente la velocidad (o la carga), sin embargo, el control puede utilizarse para controlar o limitar cualquier otro parámetro de proceso relacionado con la turbina.

Figura 6. Turbina de vapor típica de una o dos entradas



Fuente: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. Manual 85017V1A. “Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores”.

Arquitectura del programa. Los procedimientos operativos están divididos en dos secciones: el *Program Mode* (modo de programa) y el *Run Mode* (modo de funcionamiento).

El *Program Mode* se utiliza para seleccionar las opciones necesarias para configurar el control de acuerdo con la aplicación específica de la turbina. Una vez configurado el control, el *Program Mode* no se vuelve a utilizar a menos que cambie el funcionamiento de la turbina. Una vez configurado, el *Run Mode* se utiliza para hacer funcionar la turbina desde la puesta en marcha hasta la parada; además, es posible hacer ajustes en línea utilizando el *Service Mode* (modo de servicio).

1.2.2 Comunicación. El Gobernador se puede comunicar directamente con los sistemas distribuidos de control de equipos y/o paneles de control del operador con monitor existentes en la central, a través de dos puertos de comunicaciones Modbus. Estos puertos permiten comunicaciones RS-232, RS-422 o RS-485 utilizando protocolos de transmisión Modbus ASCII o RTU. Las comunicaciones entre el Gobernador y un DCS pueden realizarse también a través de conexiones por cableado permanente.

Para visualizar el Mapa De Memoria remítase al Anexo H.

1.2.3 Descripción general de los Gobernadores utilizados. En la planta de Parafinas y Bases Lubricantes, en el cuarto satélite sur, se encuentran localizados los tres Gobernadores Electrónicos de interés en la integración a realizar. Estos Gobernadores controlan las velocidades de las turbinas de admisión de vapor que tienen por nombre interno* NP1006A, NP1202B y NP1203B. Cada una de estas turbinas mueve una bomba que impulsa solvente a diversas partes de la planta.

Los datos obtenidos de los Gobernadores sobre el funcionamiento de las turbinas se pueden visualizar en un cuarto alterno de la planta llamado cuarto satélite sur, sitio donde se encuentran ubicados.

La turbina NP1006A se encuentra en el sistema de aceite caliente, en el control de los hornos con ALC (Aceite Liviano de Ciclo).

Las turbinas NP1202B y NP1203B se encuentran en la sección de enfriamiento de solvente.

1.3 SISTEMA DE PROTECCIÓN DE VÁLVULAS MOTORIZADAS MARCA *EIM*¹

1.3.1 Características del sistema. El Sistema de Protección de Válvulas Motorizadas (MOV's) controla la apertura y cierre de válvulas de seguridad que permiten el paso de fluidos a secciones críticas del proceso.

¹ Información de esta Sección obtenida de: ECOPETROL GCB. Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

*Nombre interno: Nomenclatura utilizada por ECOPETROL para designar equipos y elementos de una planta.

Figura 7. Fotografía de las Válvulas MOVs en campo



Fuente: Autores del proyecto

Las válvulas pueden ser controladas desde una unidad principal llamada Estación Maestra, desde donde se pueden cerrar, abrir o detener (a mitad de camino) por medio de un panel de botones.

En la Estación Maestra (Controlinc Network Master) se puede visualizar el estado de las válvulas y diversas alarmas (Figura 8).

Figura 8. Fotografía de la Estación Maestra



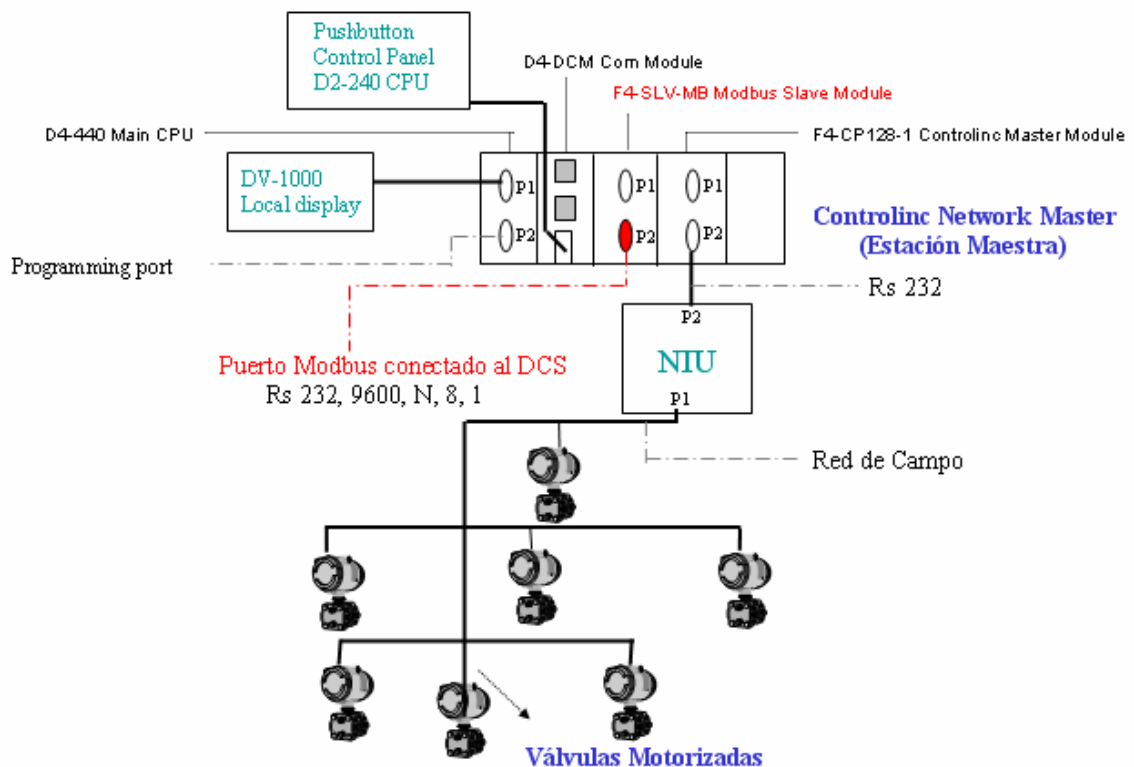
Fuente: Autores del proyecto

El diagrama esquemático de la interconexión de las válvulas y la estación maestra, así como los diferentes puertos de entrada y salida, se observa en la figura 9.

Las válvulas están conectadas en una red de campo y se comunican por medio de una interfaz de red (Network Interface Unit - NIU) con la estación maestra, utilizando un protocolo propietario llamado Controlinc.

El control es realizado por un Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller- PLC) ubicado en la estación maestra y que está conectado a módulos de entrada y salida, los cuales permiten comunicarse con otros sistemas.

Figura 9. Diagrama esquemático del sistema completo MOV'S



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes

1.3.2 Comunicación. La estación maestra se puede comunicar con equipos Host* empleando el protocolo Modbus RTU por medio de un módulo de comunicaciones (F4-SLV MB), que se indica con color rojo en la figura 9. Este módulo presenta dos puertos de comunicaciones denominados p1 y p2 y se conecta internamente al PLC quien es el encargado de realizar la estrategia de control sobre las válvulas.

Los parámetros de comunicación se pueden configurar si es necesario ó se puede establecer la comunicación con sus valores por defecto.

Para visualizar el Mapa De Memoria remítase al Anexo I.

Hay dos herramientas para realizar la programación del PLC, El programa DirectSoft32 y el dispositivo programador D4-HPP-1, con los cuales se pueden configurar los parámetros de comunicación.

1.3.3 Descripción general del sistema de válvulas motorizadas utilizado. En la planta de Parafinas y Bases Lubricantes existen nueve válvulas controladas por una estación maestra ubicada en el cuarto de control principal.

La estación maestra esta compuesta por el PLC DL405 y el PLC DL205 Marca *KOYO*. Presenta tres módulos de comunicación. El módulo empleado con el DCS es el F4-SLV MB**.

Estas son válvulas de seguridad y hay tres por cada hidrot ratamiento***. Ellas controlan el flujo de Hidrógeno, una hacia el horno, otra hacia el reactor y otra hacia la tea.

*Equipo Host: Equipo que administra la red y en el cual corren las aplicaciones.

**Si se desea mas información remítase al manual Modbus Slave F4-SLV-MB de FACTS Engineering Inc., Automationdirect.com.

***Hidrot ratamiento: Proceso de hidrogenación catalítica, que busca mejorar la calidad de los aceites y las parafinas.

2. SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

El Sistema de Control Distribuido I/A es un sistema industrial abierto (Open Industrial System - OIS) que integra y automatiza las operaciones de fabricación y proceso. Es un sistema distribuido expansible que permite que una planta siga creciendo dependiendo de los requerimientos de proceso.

En este documento el término I/A se refiere al Sistema de Control Distribuido de la serie I/A marca *Foxboro*.

El DCS I/A funciona como una red Ethernet de 10Mbps que conecta diversos componentes quienes poseen funciones específicas. Estos componentes son llamados estaciones y se comunican entre si por medio de un bus denominado Nodebus (Bus de Nodo). El Nodebus provee comunicaciones de alta velocidad, redundantes, punto a punto.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE DE LA SERIE I/A¹

Una ventaja de un sistema industrial abierto es que diversos módulos tienen responsabilidades específicas. Se comunican unos con otros aunque puedan estar ubicados en diversos sitios.

2.1.1 Dispositivos de la serie I/A.

Estación de trabajo (Workstation Processor - WP). La estación de trabajo es una terminal gráfica que los operadores usan para: Monitorear y controlar variables de proceso, recibir y

¹ Información de esta Sección obtenida de: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. "Mantenimiento del sistema en los sistemas de la serie I/A". Argentina, 1998.

responder a notificaciones de alarmas, tomar acciones para remediarlas, monitorear el estado del hardware del sistema y mostrar datos históricos de proceso.

El ambiente* de ingeniería usa la terminal WP para operar los diversos configuradores, construir estrategias de control y displays especiales, crear y ejecutar programas y realizar reportes.

Estación de trabajo personal (Personal Workstation - PW). Una computadora personal basada en Intel puede ser conectada a un sistema I/A y desempeñar la mayoría de las funciones del I/A. Mas comúnmente se usa como una estación de trabajo, pero también puede proveer funciones de almacenamiento, servir como interface con la impresora, e incluso asumir funciones de Host y procesador para sistemas de procesos pequeños. La PW también puede ser usada como una estación stand-alone de trabajo del ingeniero para configuración del proceso off-line y programación.

Dispositivo de almacenamiento. Es usado para proveer almacenamiento permanente de programas de software y datos. Los discos rígidos son considerados dispositivos de almacenamiento On-line, porque los programas almacenados en los discos rígidos son accedidos continuamente y cargados en la memoria activa de la computadora para la ejecución con su procesador. También, el disco rígido provee un lugar para almacenar datos de proceso que son continuamente recogidos por el software de históricos del I/A. Otros dispositivos de almacenamiento que pueden conectarse al sistema son las unidades de diskette, unidades de cinta y unidades de CD-ROM.

Estos dispositivos proveen la opción de copiar y/o cargar archivos, datos históricos, instalación de programas, hacer backup** y restaurar contenidos enteros de discos rígidos.

*Ambiente: Clase de usuario del I/A con permisos de software específico.

**Backup: Copia de la configuración.

Integradores (Puertas o Traductores). Puesto que el I/A es un sistema industrial abierto, puede conectarse a otras redes I/A o a otros sistemas diferentes al I/A. Esto se efectúa mediante el uso de estaciones especiales conocidas como integradores que contienen algoritmos de traducción compatibles con el I/A y el dispositivo o red conectado. Dispositivos típicos que requieren el uso de los integradores son: PLCs, sistemas de control diferentes al I/A y sistemas computacionales de terceros.

Conexiones al proceso. El sistema I/A se conecta al proceso mediante módulos especiales que proveen conexión a los dispositivos del campo. Estos módulos realizan las siguientes funciones:

- Recogen datos de proceso y los hacen disponibles para el software de control, para los displays del WP del operador y para la base de datos histórica.
- Automáticamente controlan el proceso usando estrategias de control definidas por el ingeniero de proceso.
- Proveen los medios para cambiar el set point* de las variables de proceso según el requerimiento del operador.

Impresoras. Las impresoras se conectan a la red del I/A, ya sea a las PWs o mediante los procesadores de comunicación, para proveer notificación de las condiciones de alarma y para producir reportes sobre papel.

2.1.2 Módulos de la serie I/A. Hay varias familias de módulos de la serie I/A, cada uno equipado para realizar tareas específicas. Los dos tipos básicos son: Módulos Procesadores y Módulos de Bus de Campo (Fieldbus Module – FBM).

*Set-Point: Punto de referencia de una variable.

- **Módulos Procesadores.** Se denominan comúnmente como estaciones e incluyen los siguientes:

Procesador de aplicaciones (Application Processor, AP). Actúa como un servidor de archivos o Host en el Bus de Nodo. Como tal, es responsable de almacenar y suministrar información cuando es requerido por las otras estaciones. En suma, el AP lleva a cabo funciones de computación intensivas requeridas por las aplicaciones del software de la Serie I/A.

Procesador de la estación de trabajo (Workstation Processor, WP). Actúa como la interface humana, suministrando un vínculo entre el usuario y las funciones del sistema. Un WP controla las terminales graficas y sus dispositivos periféricos, como los teclados anunciadores, mouse y teclado alfanumérico.

Procesador de aplicación/estación de trabajo (Application/ Workstation Processor, AW). Combina la funcionalidad del AP y el WP en una sola unidad. Es un WP completamente funcional, con la capacidad de ser el Host del Nodebus.

Procesador de control (Control Processor, CP). Contiene la inteligencia o estrategia de control automático del proceso, configurada por los ingenieros de proceso. Un CP controla las variables de proceso usando algoritmos matemáticos que desempeñan funciones específicas. Un CP se comunica con el proceso mediante un conjunto de Módulos de Bus de Campo (FieldBus Module - FBM).

Procesador de comunicaciones (Communications Processor). Provee un punto de conexión y controla las comunicaciones con dispositivos como impresoras y módems.

Integrador ó procesador de puertas (Gateway Processor). Es una estación que provee la interface entre el I/A y una red o dispositivo no I/A, como un Controlador Lógico

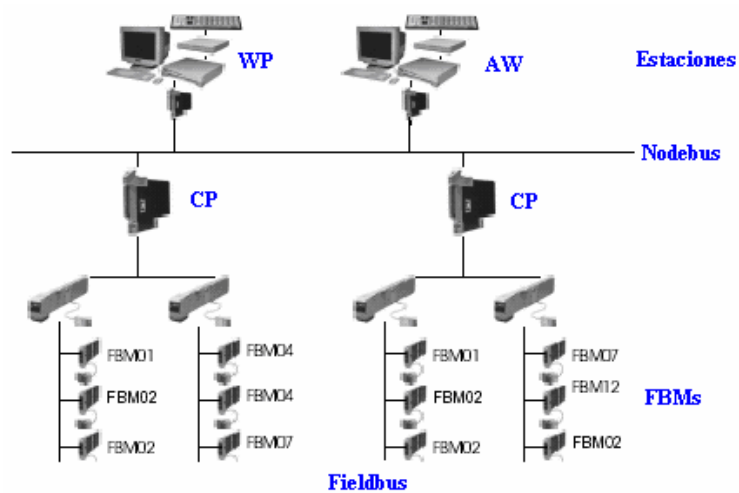
Programable (PLC). Se disponen de varias puertas para interactuar con los diversos equipos no I/A.

- **Módulos de Bus de Campo (Fieldbus Module – FBM).** Un Procesador de Control envía señales hacia el proceso y recibe señales desde el proceso mediante Módulos de Bus de Campo (FBMs). Pero los FBMs no son estaciones. Físicamente son más pequeños que las estaciones y se encuentran en un bus de comunicaciones distinto del Nodebus llamado Fieldbus (Bus de Campo).

Existe un CP por cada Fieldbus y los FBMs conectados a este Fieldbus se comunican sólo con él y se seleccionan de acuerdo al tipo de control requerido.

Los FBMs se conectan directamente a los elementos del proceso como válvulas de control, transmisores y termocuplas.

Figura 10. Configuración típica de un sistema de control I/A



Fuente: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. “Mantenimiento del sistema en los sistemas de la serie I/A”.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE LA SERIE I/A¹

El I/A es un sistema de control basado en computadora, con bases de datos de software y programas especiales que contienen la inteligencia necesaria para monitorear y controlar los equipos de proceso. El software también provee a los usuarios del sistema, información visual en tiempo real y capacidad de alarma para una detección temprana de condiciones anormales.

2.2.1 Software de la serie I/A. El sistema I/A es una combinación sofisticada de software y hardware que provee un control de proceso óptimo y capacidad para un amplio rango de aplicaciones. Es configurable para cumplir requerimientos específicos y necesidades de manejo de la planta y permite la distribución de funcionalidad y poder computacional a una amplia área geográfica.

Debido a la gran cantidad de software de I/A, este se clasifica en categorías según su funcionalidad, así:

- Interface humana (Estación de trabajo)
- Control integrado (Operación de proceso)
- Manejo del sistema y de la red (Mantenimiento de los equipos del I/A)
- Redes y puertas
- Herramientas de configuración
- Sistema Operativo
- Aplicaciones Industriales (*Foxboro & Terceros*)
- Control de producción y Administración

¹ Información de esta Sección obtenida de: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. “Mantenimiento del sistema en los sistemas de la serie I/A”. Argentina, 1998.

Algunos aspectos del software del I/A son:

- Interface humana amistosa, que emplea menús, gráficos personalizados y cuadros de dialogo fáciles de usar.
 - Gráficos y herramientas para construir gráficos interactivos de control y administración.
 - Herramientas integradas de control para construir esquemas de control del proceso que proveen al operador actualizaciones visuales en tiempo real de los parámetros operativos.
 - Un grupo sofisticado de herramientas de configuración de alarmas que vinculan parámetros de proceso inválidos con gráficos designados de la estación de trabajo, teclados anunciadores y dispositivos de bocina externos.
 - Software de históricos que automáticamente recoge, almacena y archiva datos de proceso designados.
 - Acceso de servicio en campo a controladores, medidores y transmisores inteligentes.
 - Control de producción y aplicaciones de manejo de información.
 - Ayuda en línea sobre instrucciones para realizar tareas que se estén llevando a cabo.
 - Software de manejo de red y del sistema I/A para la monitorización de todo el sistema, diagnóstico y corrección de fallas.
 - Sistema operativo basado en plataforma universal, industrial estándar UNIX*.
 - Facilidad de conexión y operabilidad de equipos *Foxboro* y sistemas de computadores de terceros.
 - Habilidad para correr Aplicaciones de software de terceros
- Tecnología X-Windows, para capacidad multi-ventanas, edición avanzada de textos y fácil manejo de archivos.

*Unix: Sistema operativo que controla recursos en una computadora. Marca registrada de *The Open Group*.

2.2.2 Recursos del software. Se tiene acceso a cinco clases generales de software de la serie I/A:

Displays de manejo del sistema. Para monitorizar el estado del hardware de la serie I/A y para tomar acciones correctivas apropiadas cuando ocurre un mal funcionamiento.

Displays Historian. Para mostrar datos de proceso históricos, como tendencias o datos para ser enviados a los reportes.

Displays de proceso. Para monitorizar operaciones del proceso, arrancar y detener equipos de proceso y cambiar parámetros operativos.

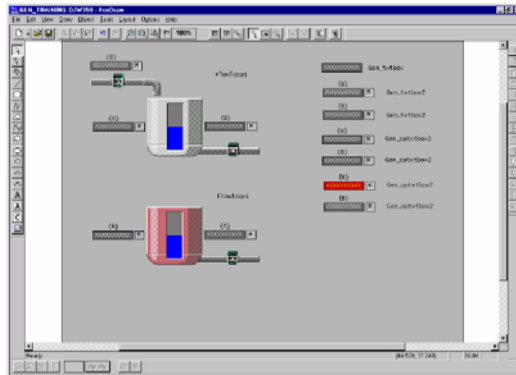
Displays de configuración. Se utilizan para:

- Especificar completamente todos los componentes de hardware y software de la serie I/A previo a la instalación.
- Desarrollar la estrategia de control para los procesos.
- Definir datos de procesos y frecuencia de muestreo para adquirir datos históricos y definir como van a ser almacenados.
- Definir clases de usuarios y ambientes de los usuarios, para asegurar que sólo personal calificado tenga acceso a recursos de software apropiados.
- Crear displays gráficos inteligentes, especiales para que los operadores monitoricen y controlen los procesos.
- Definir cómo y donde son presentadas las alarmas de proceso y de sistema.

Herramientas de programación. Para que los usuarios desarrollen e implementen programas especiales y reportes personalizados.

2.2.3 Foxdraw. El software de aplicación “FoxDraw” es un editor de displays gráficos que permite al usuario crear y mantener los displays para observar las variables de control de proceso.

Figura 11. Ejemplo de Display en FoxDraw



Fuente: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. “Mantenimiento del sistema en los sistemas de la serie I/A”

Un display es un archivo que se construye y configura para ser visto en una ventana de FoxView* o una ventana de display de administrador. Un display puede representar una planta, un área de proceso o una porción detallada de un proceso. Este puede ser configurado para permitir la interacción del operador con el proceso, moviendo los objetos o tecleando las entradas, suministrando una visión dinámica e interactiva del proceso y los medios para monitorizarlo y controlarlo.

Después de construir el display, este se guarda como archivo y luego se conecta a los compuestos y bloques que ejercen el control.

Un display está compuesto de objetos donde cada uno puede configurarse con atributos. El atributo determina la apariencia estática y dinámica del objeto y las acciones que un operador puede ejecutar al emplearlo.

*FoxView: Interface de usuario para los displays de proceso del I/A.

El término “objeto” incluye las formas primitivas (líneas, rectángulos, círculos y texto), librería de objetos y mapas de bits (logotipos, fotografías). Los objetos de la librería incluyen los símbolos y gráficos proporcionados por *Foxboro* y aquellos construidos por el usuario.

En la tabla 1 se describen los tipos de objetos.

Tabla 1. Tipos de objetos

ITEM	DESCRIPCIÓN
Mapa de bit (bitmap)	Puede incluir uno o más archivos. Los usos típicos incluyen un logotipo de la compañía o cuadros de la planta.
Tendencia	Se incluye una tendencia para supervisar el comportamiento de una o más variables de proceso en el tiempo.
Faceplates	Muestra los parámetros críticos para un bloque particular.
Objeto primitivo	Los objetos primitivos incluyen líneas, rectángulos, polígonos, curvas, círculos, pasteles, sectores, texto, entre otros.
Librería de Objetos	Se refiere a los objetos elaborados que FoxDraw tiene almacenados.

Fuente: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. “Mantenimiento del sistema en los sistemas de la serie I/A”

Cada objeto del display puede configurarse con atributos que influyan en su presentación (aparición y movimiento). Los objetos se clasifican en dos tipos: los objetos elegibles y los no elegibles.

Los objetos elegibles permiten al operador manipular la variable que corresponde a ese objeto, por ejemplo cambiar el set-point o ejecutar una función correspondiente como encender o apagar una bomba, creando una conexión interactiva entre el objeto del display y el operador.

Los objetos no elegibles son aquellos cuyo comportamiento cambia de acuerdo al valor de una variable (variable de proceso), renovándose automáticamente al cambiar el valor del parámetro asociado. Un buen ejemplo es un setpoint de alarma. Cuando el parámetro

alcanza el valor de setpoint de alarma, causa la activación de la alarma asociada y provee alguna indicación en el display del operador; o cuando el nivel en un tanque crece o decae, los contenidos del display del tanque también indican un nivel creciente o decreciente.

2.2.4 Clases de usuarios de la serie I/A. El DCS I/A define Ambiente como un usuario que tiene recursos limitados de software dentro del sistema. Por esta razón, se puede establecer seguridad de modo que un número de estos displays y a su turno el software asociado con ellos, están reservados para ciertos grupos o clases de usuarios (por ejemplo. Un ingeniero, operador, administrador).

Los ambientes mas importantes son el de operador de proceso y el de ingeniería.

Usualmente un operador de proceso requiere acceso a los displays de manejo de sistema, históricos y proceso, mientras que el ingeniero de proceso requiere acceso a todos los tipos de display.

2.2.5 Descripción de la estrategia de control. El software de control de proceso en un sistema I/A corre en el Procesador de Control (Control Processor - CP). Varios esquemas de control desarrollados con el configurador de control, son diseñados para proveer control automático de lazos de procesos individuales. Los CPs interactúan con los dispositivos de medición y control del proceso físico por medio del Bus de Campo (Fieldbus) y los módulos de Bus de Campo (Fieldbus Module - FBM). Los FBMs están equipados con bloques terminales con los cuales los dispositivos reales de campo están conectados. Las señales hacia y desde los dispositivos de campo pasan a través de los FBMs y el Bus de Campo hasta el CP (Figura 10).

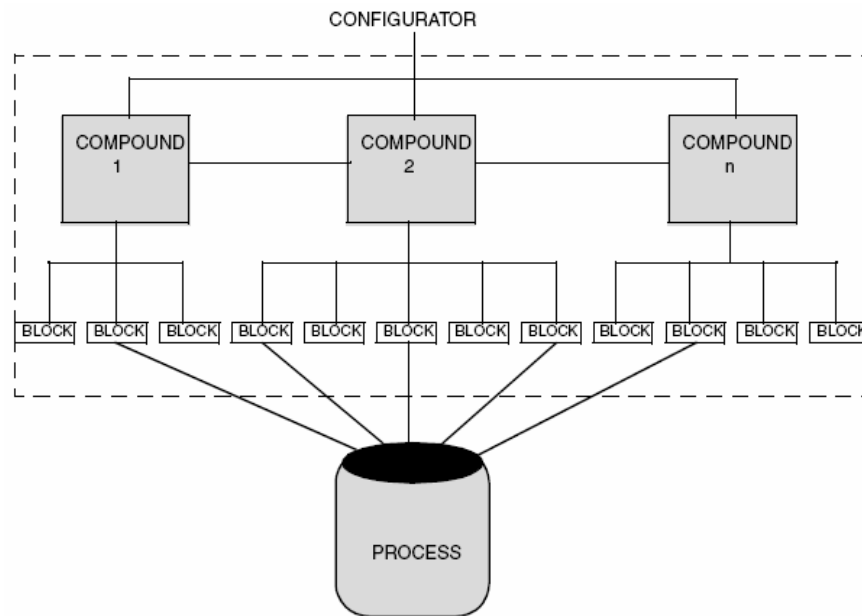
2.2.6 Descripción de compuestos y bloques

Compuestos. Las estrategias de control están arregladas en agrupaciones llamadas compuestos. Cada compuesto en una instalación I/A tiene un único nombre, de hasta 12 caracteres de largo. Estos comprenden algoritmos específicos de control llamados bloques, que desempeñan las funciones requeridas por el lazo del proceso que el compuesto va a controlar. Los compuestos son almacenados en la memoria de los CPs durante la operación, y corren mediante su procesador. Estos pueden activarse (on) o desactivarse (off).

Bloque. Los segmentos individuales que constituyen los compuestos son llamados bloques. Se dispone de diversos bloques de Foxboro como parte del software de la serie I/A, los cuales son luego especializados para interactuar con dispositivos de hardware específicos, desempeñar algoritmos de control seleccionados y operar dentro de un rango especificado. Al igual que los compuestos, los bloques tienen un nombre de 12 caracteres (máximo) y los nombres de bloques dentro de un compuesto deben ser únicos. Estos tienen dos estados on u off.

Parámetro. Las entradas y salidas específicas de los bloques son llamados parámetros. Para conectar bloques, la entrada de un bloque debe referirse a la salida del bloque al cual esta conectado. Un compuesto debe contener al menos un bloque para ser válido y los bloques dentro de un compuesto pueden recibir entradas desde bloques que corren en otros compuestos. La sintaxis para que el sistema reconozca declaraciones de parámetros es:
Compuesto: Bloque. Parámetro.

Figura 12. Descripción de compuestos y bloques



Fuente: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. “Mantenimiento del sistema en los sistemas de la serie I/A”

2.3 INTEGRADOR¹

Para comunicar el I/A con dispositivos ajenos a este, se utiliza como interface un Integrador.

Existen varios Integradores disponibles en el I/A y para determinada aplicación, el Integrador seleccionado depende de las características del dispositivo a comunicar.

El I/A posee tres Integradores para comunicar equipos por medio del protocolo Modbus. Ellos son el Gateway, el Integrador 30 y el Integrador para Modbus Plus. De los tres, el Gateway y el Integrador 30 soportan el protocolo Modbus estándar. Como su nombre lo indica, el Integrador para Modbus Plus soporta el protocolo Modbus Plus.

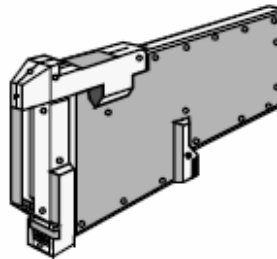
¹ Información de esta Sección obtenida de: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. “I/A Series Integrator for Modbus and Modbus Plus Devices”. Marzo 30, 2001

De los integradores para Modbus estándar se mencionarán algunas características del Integrador 30 debido a que es el dispositivo utilizado en el proyecto de integración; este fue seleccionado ya que cuenta con mayor capacidad de memoria que el Gateway.

2.3.1 Integrador 30. Sus características principales son: arquitectura basada en un microprocesador 80386, memoria de 64 KBytes de EEPROM y 4 Mbytes de DRAM, dos puertos seriales de comunicación RS-232-C (Recomended Standard 232, tercera revisión), soporta el protocolo Modbus y puede comunicarse a velocidades hasta de 19.2 Kbaudios.

Para fines prácticos, El integrador 30 será llamado Integrador en todo este documento.

Figura 13. Modulo Integrador 30



Fuente: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. "I/A Series Integrator for Modbus and Modbus Plus Devices"

- **Comunicación del Integrador 30.** Este Integrador soporta cierto número de funciones Modbus que se observan en la tabla 2.

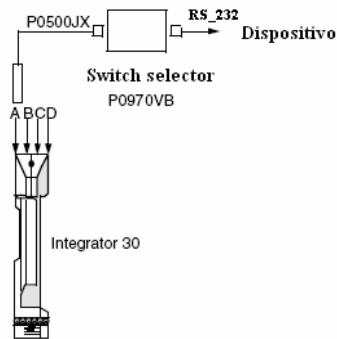
Tabla 2. Códigos de función Modbus que soporta el integrador 30

Código	Función
01	Lee bits de retención*
02	Lee bits de entrada**
03	Lee registros de retención
04	Lee registros de entrada
05	Escribe en un bit
06	Escribe en un registro
08	Diagnósticos
15	Escribe en múltiples bits
16	Escribe en múltiples registros
20	Lee referencia general
21	Escribe referencia general

Fuente: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. “I/A Series Integrator for Modbus and Modbus Plus Devices”

Para realizar la conexión del Integrador se requiere un cable *P0500JX* (Número de serie dado por el fabricante), un switch selector *P0970VB* y un cable que varia de acuerdo al dispositivo al que va a conectarse, como se observa en la figura 14.

Figura 14. Conexión al integrador



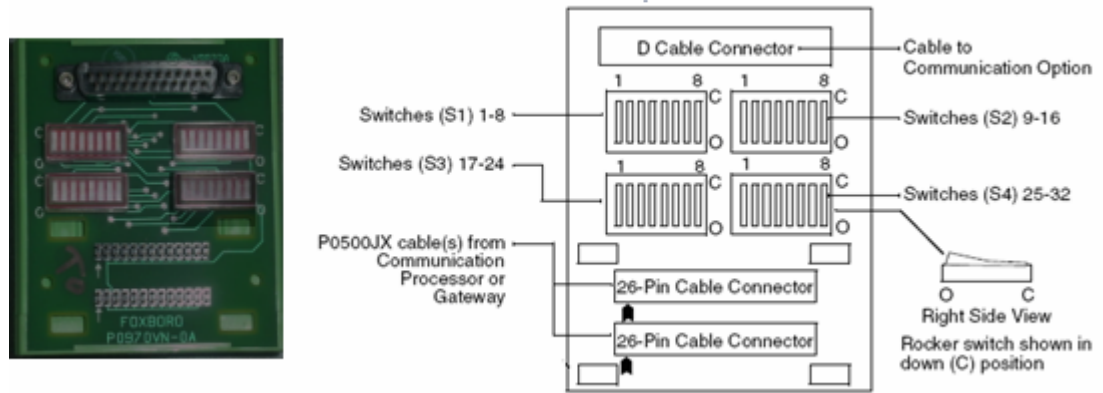
Fuente: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. “I/A Series Integrator for Modbus and Modbus Plus Devices”

*Bits y registros de retención: Posiciones de memoria (bits o registros) de lectura/escritura.

**Bits y registros de entrada: Posiciones de memoria (bits o registros) de sólo lectura.

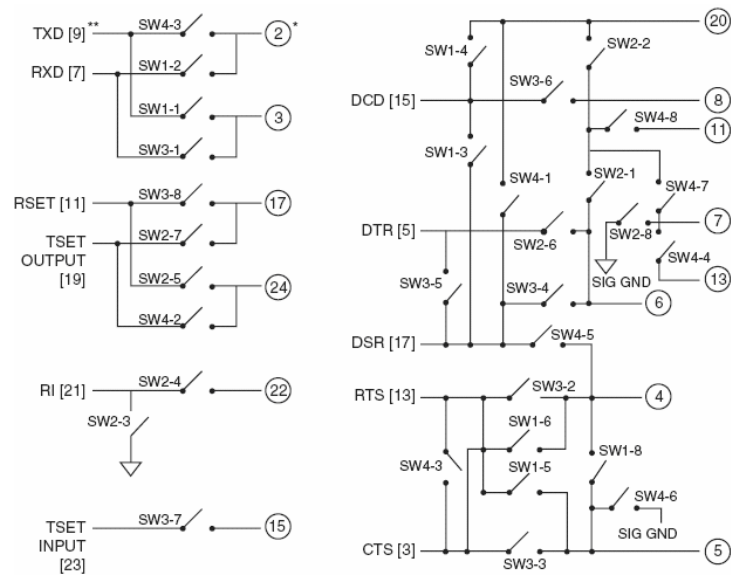
El switch selector consiste en 32 switches organizados en 4 grupos, la selección de la configuración de los switches depende de la forma como se desee realizar la comunicación que viene dada por la aplicación específica.

Figura 15. Switch selector *P0970VB*



Fuente: FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. "I/A Series Integrator for Modbus and Modbus Plus Devices"

Figura 16. Interconexiones posibles en el switch selector



Fuente. FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. "I/A Series Integrator for Modbus and Modbus Plus Devices"

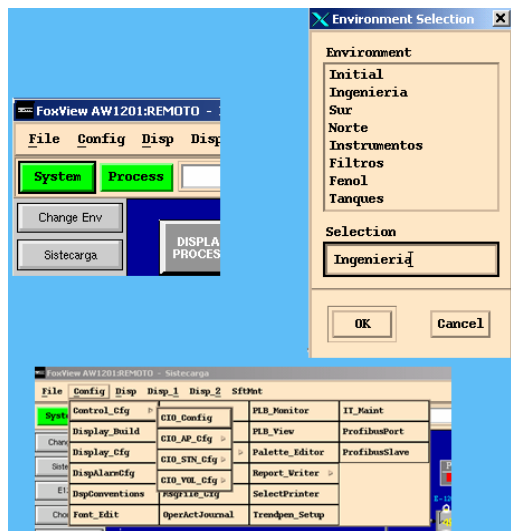
- **Integrated Control Configurator (ICC).** El ICC es un editor y configurador de compuestos y bloques. Como configurador permite agregar ó modificar datos de bloques de control cuando sea necesario. Como editor de compuestos y bloques, el ICC provee plantillas para construir compuestos y bloques con una amplia variedad de funciones para editar.

Con el ICC se puede:

- Crear e integrar bloques continuos y secuencias de bloques dentro de un único compuesto.
- Crear, agrupar y conectar compuestos y bloques.
- Modificar, copiar y borrar compuestos y bloques.
- Asignar esquemas de control a las estaciones en un ambiente de proceso distribuido.

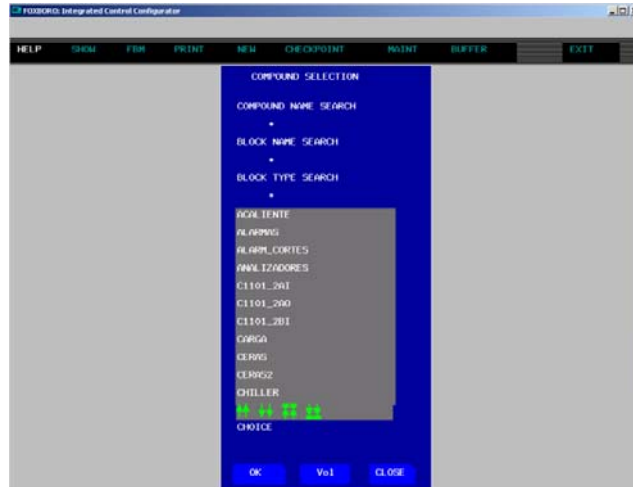
Para ingresar a la opción ICC se debe seleccionar Sys en la barra del menú del display inicial, luego se realiza un cambio de ambiente hacia el ambiente de ingeniería con la opción Change_Environment y su respectivo password, finalmente en los nuevos display habilitados se selecciona la opción CIO_Config como se observa en la figura 17.

Figura 17. Fotografías pasos para acceder al ICC



Fuente: Autores del proyecto

Figura 18. Pantalla inicial del ICC



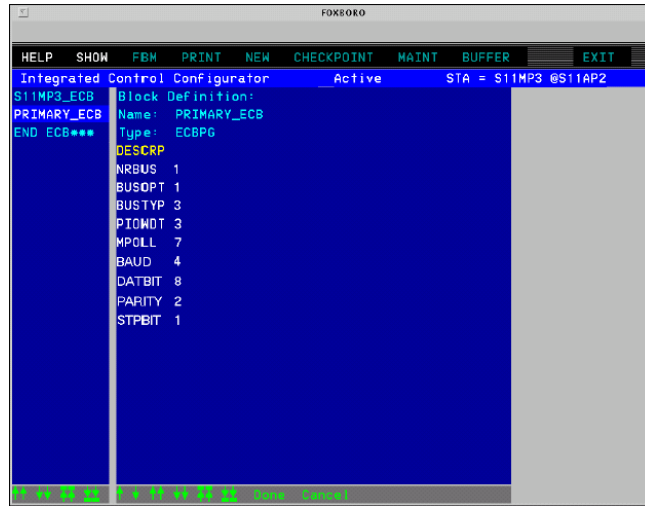
Fuente: Autores del proyecto

Los bloques más importantes del Integrador para configurar en el ICC son, en su orden de configuración: los bloques de control *ECBPG*, *ECB16*, *MDSCAN* y bloques de entrada/salida como *AIN*, *CIN*, *MCIN*.

Bloques de control del equipo.

ECBPG. El *ECBPG* describe los parámetros de comunicación del integrador y los puertos con los cuales se comunicará.

Figura 19. Parámetros del bloque *ECBPG*



Fuente: Autores del proyecto

El significado de los parámetros más importantes del bloque *ECBPG* son:

NRBUS: Define el número de puertos activos del Integrador.

BUSOPT: Define el puerto o puertos del Integrador que serán utilizados.

BUSTYP: Número de intentos que realiza el Integrador en caso de falla en la comunicación.

PIOWDT: Máximo número de segundos permitidos para que el dispositivo responda a un comando.

BAUD: Número que representa la velocidad de transmisión de datos.

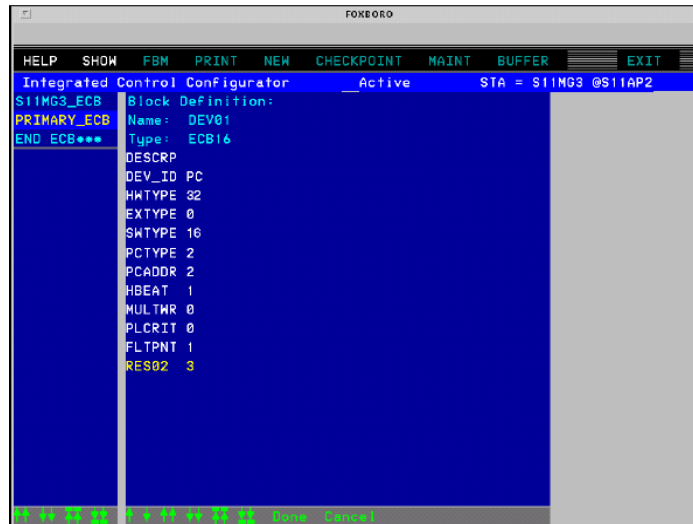
DATBIT: Número de bits de datos por caracter.

PARITY: Paridad. 0 = No paridad, 1 = Impar, 2 = Par.

STPBIT: Número de bits de paro.

ECB16. El *ECB16* es utilizado exclusivamente para la definición de un dispositivo a ser accesado por el integrador.

Figura 20. Parámetros del bloque *ECB16*



```
FOXBORO
HELP SHOW FBW PRINT NEW CHECKPOINT MAINT BUFFER EXIT
Integrated Control Configurator Active STA = S11MG3 @S11AP2
S11MG3_ECB Block Definition:
PRIMARY_ECB Name: DEV01
END ECB*** Type: ECB16
DESCRP
DEV_ID PC
HWTYPE 32
EXTYPE 0
SWTYPE 16
PCTYPE 2
PCADDR 2
HBEAT 1
MULTWR 0
PLCRIT 0
FLTPNT 1
RES02 3
```

Fuente: Autores del proyecto

El significado de los parámetros más importantes del bloque *ECB16* son:

DEV_ID: Texto que identifica el bloque *ECB16*.

PCTYPE: Tipo de dispositivo a ser accedido.

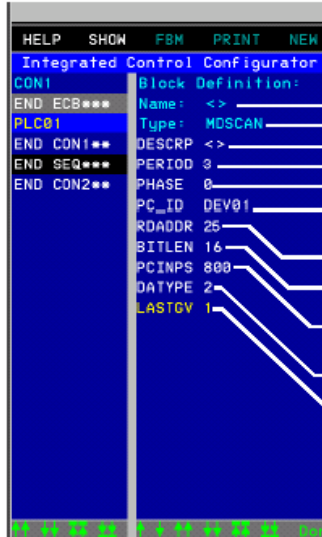
PCADDR: Dirección Modbus del dispositivo en la red.

HBEAT: Selecciona la opción de diagnóstico.

MULTWR: Código de función Modbus (Indica la posición de memoria a ser accedida).

MDSCAN. El bloque *MDSCAN* define cuales datos serán leídos y cuándo ocurrirá esta lectura para determinado dispositivo.

Figura 21. Parámetros del bloque *MDSCAN*



Fuente: Autores del proyecto

El significado de los parámetros más importantes del bloque *MDSCAN* son:

PERIOD: Selecciona la frecuencia de ejecución del bloque.

PC_ID: Nombre del bloque *ECB16* a ser accedido.

RDADDR: Número de la dirección del primer dato a ser leído del dispositivo, por este bloque *MDSCAN*.

BITLEN: Número de bits leídos para cada valor análogo (registro).

PCINPS: Número total de elementos contiguos (bits ó registros) que serán accedidos.

DATYPE: Tipo de dato a ser accedido en el dispositivo.

Bloques entrada/salida. Los bloques de entrada/salida disponibles en el Integrador son:

AIN	Analog Input
AOUT	Analog Output
CIN	Contact Input
COUT	Contact Output
GDEV	Generic Device

MAIN	Multiple Analog Input
MCIN	Multiple Contact Input
MCOUT	Multiple Contact Output
MOVLV	Motor-Operated Valve Block
MTR	Motor Block
VLV	Valve Block

3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

El proyecto que se describe en este documento surgió al dar solución a dos problemas que se presentaban en la planta de Parafinas y Bases Lubricantes de la Gerencia Complejo Barrancabermeja, Ecopetrol S.A.

El primero de ellos, consistía en que los operadores debían abandonar su puesto de trabajo, en los monitores del DCS, para desplazarse hasta el sitio donde se encuentran la Estación Maestra de las Válvulas Motorizadas y los Gobernadores Electrónicos, con el fin de observar ciertos parámetros y alarmas importantes. Por tal razón los operadores descuidaban el proceso que supervisaban en ese momento y además, la respuesta ante emergencias en estos sistemas no se podía realizar a tiempo.

El otro problema surgió de la necesidad de tener a disposición de la red que se maneja a nivel de gerencia, los datos de la Telemetría; además, para llevar los datos a esta red, se necesitaba tener los datos en el DCS; Esto permitiría aumentar la seguridad en la visualización de la información de los tanques, ya que si se presentaba algún fallo en el PC del Entis Pro (visualizador de tanques), los datos se encontrarían disponibles en el DCS.

Ya que la solución a estos dos problemas era similar, llevar los datos al DCS, se propusieron soluciones.

La solución propuesta por ingenieros de Ecopetrol consistía en realizar una integración de sistemas, al DCS, conectando los sistemas implicados por medio de un Bridge Mux (multiplexor) controlado por un Integrador.

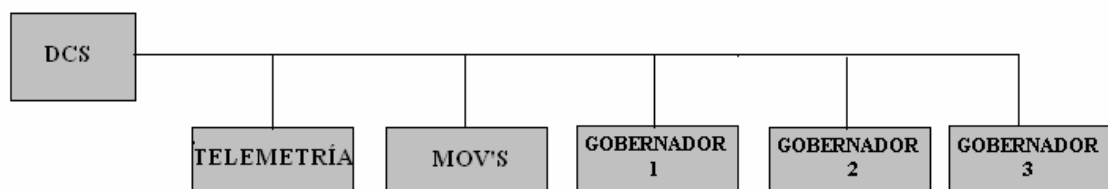
Con esto en mente, se decidió consultar las características de comunicación de cada uno de los sistemas y de esta manera proponer la mejor solución al problema de la integración.

Luego de estudiar posibilidades se decidió diseñar y construir una red para solucionar el problema, ya que los sistemas tenían la opción de comunicarse por medio del protocolo Modbus y además se contaba con un Integrador que poseía gran capacidad de memoria y de esta manera se evitaría la compra del multiplexor (Bridge Mux).

Este documento muestra las características del proyecto que llevó a la solución de los problemas descritos anteriormente y cuyo objetivo fue integrar al Sistema de Control Distribuido mediante el protocolo Modbus, los sistemas de Telemetría de Tanques, el Sistema de Gobernadores Electrónicos para Turbinas de Vapor y el Sistema de Protección de Válvulas Motorizadas de la planta de Parafinas y Bases Lubricantes. Para ello se requería la instalación de una nueva estación que sirviera de interface entre los sistemas mencionados y el DCS I/A de la planta, la construcción de una red que permitiera establecer la comunicación, la configuración de los parámetros de comunicación de los sistemas auxiliares y el DCS y finalmente la realización de la interfaz gráfica para visualizar los datos provenientes de los sistemas integrados.

Para llevar a cabo la integración se realizaron varias pruebas de comunicación que permitieron establecer y verificar la configuración de los parámetros de comunicación de cada sistema a integrar y el DCS, antes de realizar la conexión de la red y leer los datos en el Sistema de Control Distribuido.

Figura 22. Gráfico explicativo del proyecto



Fuente: Autores del proyecto

3.1 REQUISITOS PARA REALIZAR LAS PRUEBAS

3.1.1 Computador y Simulador Modbus. Se requirió un computador que tuviese instalado un simulador del protocolo Modbus cuyas características de software permitieran simular un dispositivo maestro y/o un dispositivo esclavo. Adicionalmente el computador debía tener un puerto serial para establecer la comunicación.

En nuestro caso el software empleado fue Mdbus de *Modicon, An AEG Company*. Para este simulador en particular, se requiere cualquier computador *IBM* o compatible que tenga un microprocesador 386 o superior y que posea *Windows 3.1* o una versión más reciente.

Para conocer el uso del simulador Mdbus, diríjase al Anexo C.

3.1.2 Cableado requerido. Para realizar la conexión de los equipos fue necesario utilizar cables de comunicación serial apropiados.

Cabe aclarar que debido a que el conexionado de los cables es específico para cada sistema, el cableado presentado a continuación fue elaborado por los autores.

En las gráficas se indicará que tipo de cable se emplea, así:

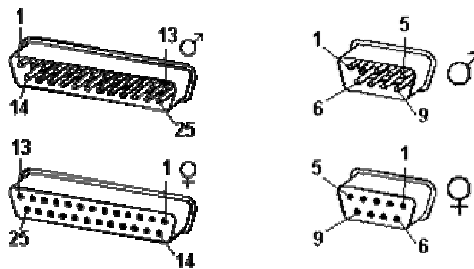
- Cable 1: Terminales DB-9
- Cable 2: Terminales DB-9
- Cable 3: Terminales DB-9
- Cable 4: Terminales DB-9
- Cable 5: Terminal DB-9 y DB-25
- Cable 6: Terminal DB-9 y DB-25
- Cable 7: P0500JX, con terminales de 26 pines, conexión uno a uno.

Tabla 3. Función de los pines

PIN	FUNCIÓN
TXD	Transmitir Datos
RXD	Recibir Datos
DTR	Terminal de Datos Listo
DSR	Equipo de Datos Listo
RTS	Solicitud de Envío
CTS	Libre para Envío
DCD	Detección de Portadora
Signal Ground	Conexión de tierra

Fuente: Autores del proyecto

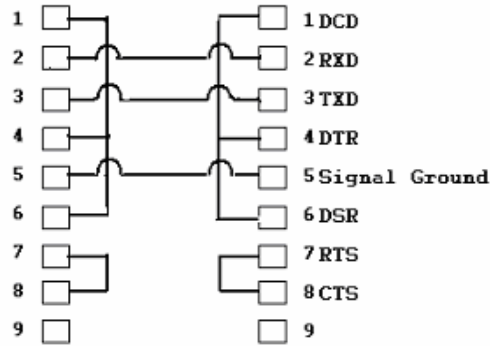
Figura 23. Numeración de pines en los conectores DB-25 y DB-9.



Fuente: <http://www.sinopticos.com/html>

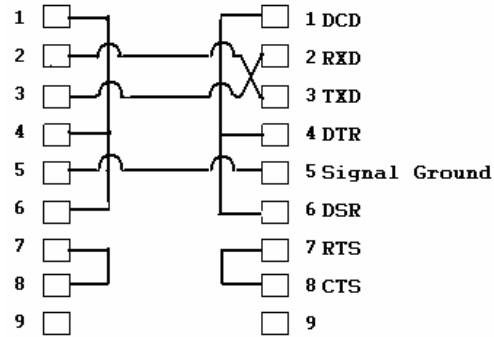
A continuación se especifica la relación entre pines de los terminales de cada cable empleado.

Figura 24. Pinout* para el cable 1



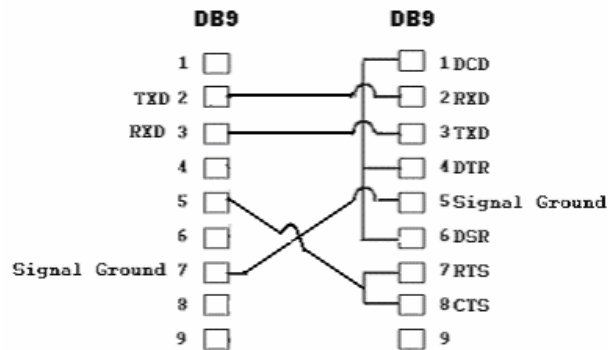
Fuente: Autores del proyecto.

Figura 25. Pinout para el cable 2



Fuente: Autores del proyecto

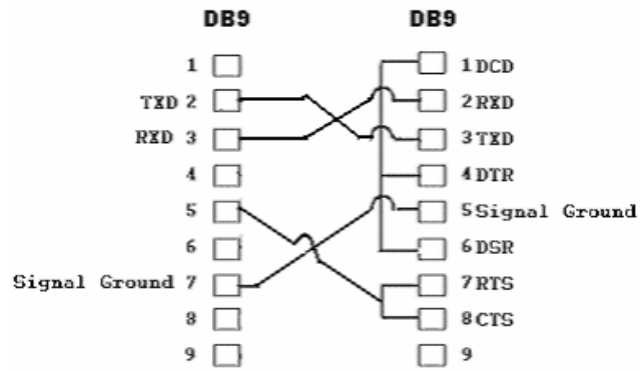
Figura 26. Pinout para el cable 3



Fuente: Autores del proyecto

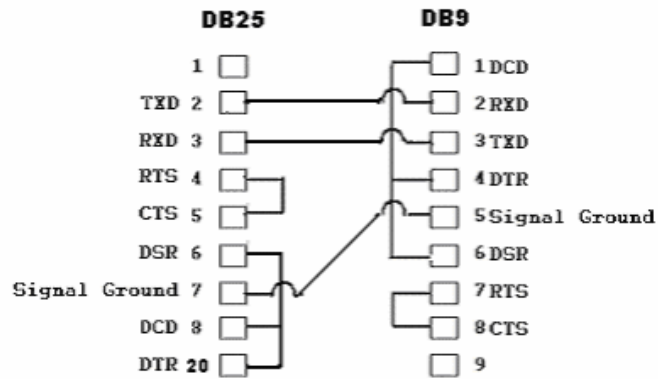
*Pinout: Relación entre pines de los terminales de un cable

Figura 27. Pinout para el cable 4



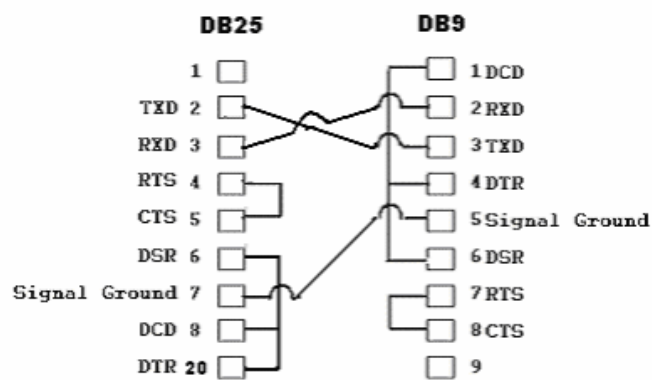
Fuente: Autores del proyecto

Figura 28. Pinout para el cable 5



Fuente: Autores del proyecto

Figura 29. Pinout para el cable 6



Fuente: Autores del proyecto

3.1.3 Convertidor RS232/RS485. Para los dispositivos cuyos puertos de comunicación utilizan el estándar físico RS-232, fue necesario cambiar este estándar físico a RS-485 por medio de un convertidor RS232/RS485.

Para mas información sobre RS-232 y RS-485, diríjase al Anexo D.

Tanto en las pruebas como en la aplicación se empleó el convertidor ADAM 4520/4522. Este convertidor permite obtener las ventajas del estándar físico RS-485 en los sistemas originalmente equipados con RS-232. Posee unos *jumbers** que se activan de acuerdo a requerimientos en la comunicación.

Para obtener más información sobre el convertidor ADAM 4520/4522 remítase al Anexo E.

Figura 30. Fotografía del convertidor empleado en la planta



Fuente: Autores del proyecto

*jumper: Es un puente de conexión.

3.2 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN CON LOS SISTEMAS

3.2.1 Pasos a seguir para las pruebas. Estos son los pasos que se siguieron al realizar las pruebas de comunicación con cada uno de los sistemas.

Configurar parámetros de comunicación para la red. Antes de iniciar la comunicación se debió configurar en el respectivo sistema, los parámetros de comunicación.

La selección de estos parámetros para la red Modbus se basó en:

La imposibilidad de configurar los parámetros de comunicación para el sistema de válvulas motorizadas ya que era necesario el software *DirecSoft32*, propiedad de *EIM CONTROLS*, que no estaba disponible en la refinería y su consecución a corto plazo no era posible. Por esta razón se decidió tomar los parámetros de comunicación que el sistema de las MOV's tenía por defecto, como los parámetros de la red Modbus (excepto para el estándar físico).

En lo referente al número de esclavo, el sistema de válvulas motorizadas tenía por defecto el número uno. En los demás sistemas se seleccionó el número de esclavo así: 2, 3 y 4 para los gobernadores, según la posición que tienen físicamente en el cuarto satélite sur y finalmente el esclavo número 5 se asignó al sistema de telemetría de tanques.

El estándar físico RS-485 se seleccionó teniendo en cuenta que las distancias manejadas en el proyecto (300 metros, aproximadamente) imposibilitaban la comunicación por medio de RS-232.

En la tabla 4, se presentan los parámetros de comunicación seleccionados para la red Modbus.

Tabla 4. Parámetros de comunicación configurados a la red

PARÁMETRO	CONFIGURACIÓN DE RED
Velocidad en baudios	9600
Bits de parada	1 bit de parada
Paridad	Ninguna
Estándar físico	RS-485
MODO MODBUS: ASCII o RTU	RTU
Número de Esclavo	
<i>Sistema de Protección de Válvulas Motorizadas</i>	1
<i>Sistema de Gobernadores Electrónicos para Turbinas de Vapor</i>	2, 3 y 4
<i>Sistema de Telemetría de Tanques</i>	5

Fuente: Autores del proyecto

Establecer la comunicación. Esta prueba de comunicación se realizó en el mismo sitio donde estaba ubicado el dispositivo esclavo con ayuda del PC y el software simulador Mdbus.

Tendido del cable de la red. Después de ejecutar satisfactoriamente las pruebas de comunicación citadas anteriormente, se procedió a realizar el tendido del cable de la red Modbus para el esclavo respectivo.

Prueba final de comunicación. Luego de realizar el tendido del cable de red para cada esclavo, se estableció comunicación con el esclavo respectivo. Esto se realizó con el objetivo de comprobar el buen funcionamiento del cable y verificar la veracidad de las lecturas obtenidas.

3.2.2 Pruebas realizadas con el Sistema de Telemetría de Tanques

- **Cables requeridos**

Cable 1: Para comunicar el computador con puerto serial RS-232 y el convertidor RS232/RS485.

Cable 2: Para comunicar el computador con puerto serial RS-232 y la tarjeta Host de la CIU Plus.

- Cable 1
- Cable 2

- **Configuración de los parámetros de comunicación.** Al configurar los parámetros de comunicación en el Sistema de Telemetría, se tomó como estándar físico el RS-232 debido a necesidades operacionales. En caso de ocurrir un fallo en la red Modbus, este sistema podría conectarse directamente al integrador y de esta manera continuaría enviando la información al DCS.

- Para comprender la configuración del dispositivo maestro remítase al Anexo C.
- Para realizar la configuración de parámetros de comunicación en el sistema de Telemetría de tanques, se debe emplear el software llamado *Ensité Pro*, en el cual se define todo lo requerido para realizar las pruebas de comunicación.

Por medio del siguiente icono se accedió al menú principal de *Ensité Pro*, luego de introducir el password de administrador correspondiente.

Figura 31. Icono del software Ensiste Pro

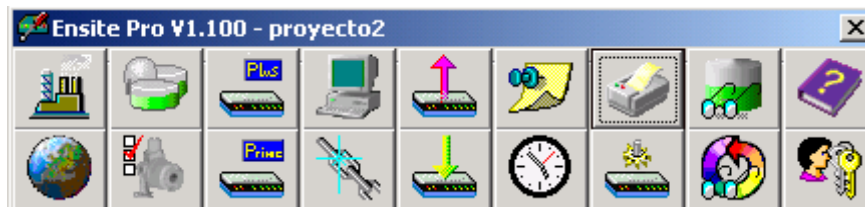


Ensiste Pro.exe

Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

El menú principal se indica en la figura 32.

Figura 32. Ventana Principal Ensiste Pro



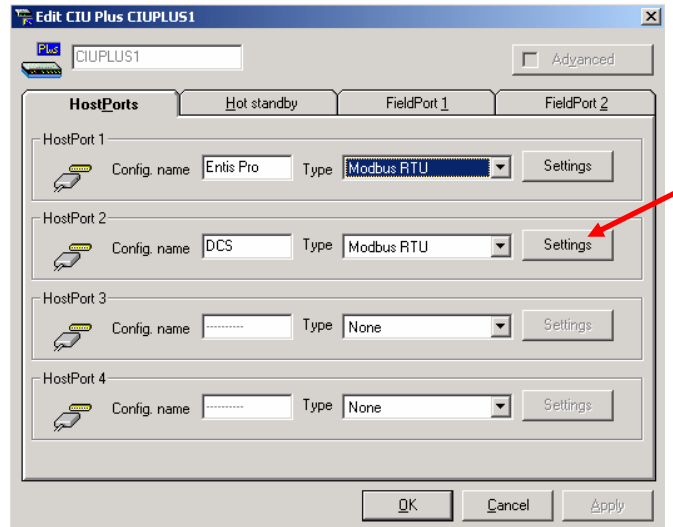
Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

Para establecer la comunicación, se requirió configurar e instalar un nuevo puerto de Host en la CIU PLUS.

Debe tenerse presente que la configuración de un puerto es independiente de la configuración de los demás puertos.

Una vez digitado el nombre y el tipo de puerto, se definieron los parámetros de transmisión del puerto de Host (puerto que comunica con un sistema de alto nivel) al seleccionar la opción *Settings* (flecha roja) como se indica en la figura 33.

Figura 33. Puertos de la CIU Plus



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

Los parámetros de transmisión se seleccionaron en la ventana mostrada en la figura 34.

Estos son:

Dirección RTU: 5

Velocidad de transmisión: 9600

Al seleccionar la opción “*Advanced*”, permitió configurar parámetros de comunicación así:

Estándar físico: RS 232

Paridad: Ninguna

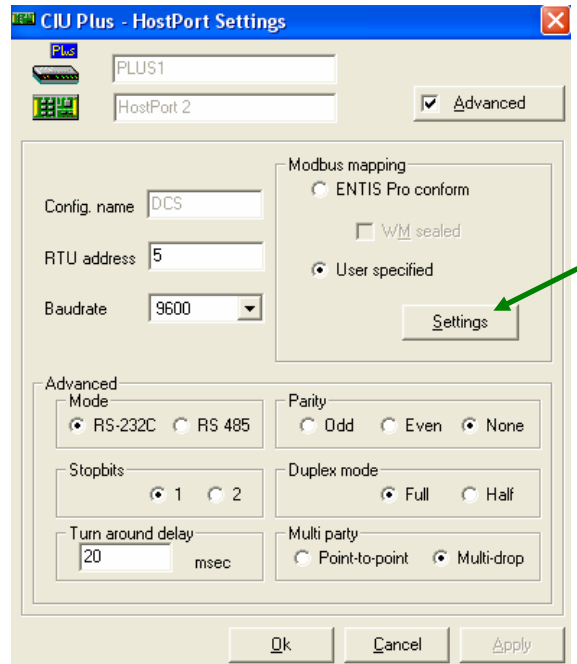
Bits de parada: 1

Modo duplex: Full

Tiempo de retardo: 20

Multy party: Multi-drop

Figura 34. Configuración Parámetros de Transmisión Puerto Host

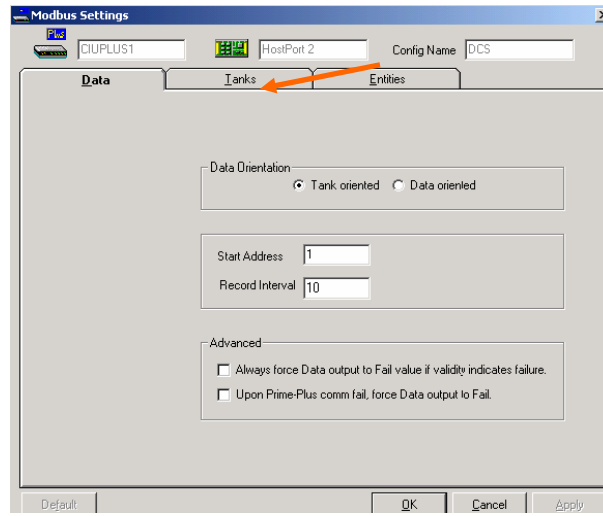


Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

Luego se accedió a la opción de configurar el mapa Modbus de acuerdo a lo requerido, haciendo clic en *Settings* (flecha verde) como se muestra en la figura 34.

En la nueva ventana se seleccionó por tanques el orden de los datos en el mapa Modbus, además se escogió la dirección 1 como el comienzo de las direcciones Modbus y una cantidad de 10 registros por cada tanque (figura 35).

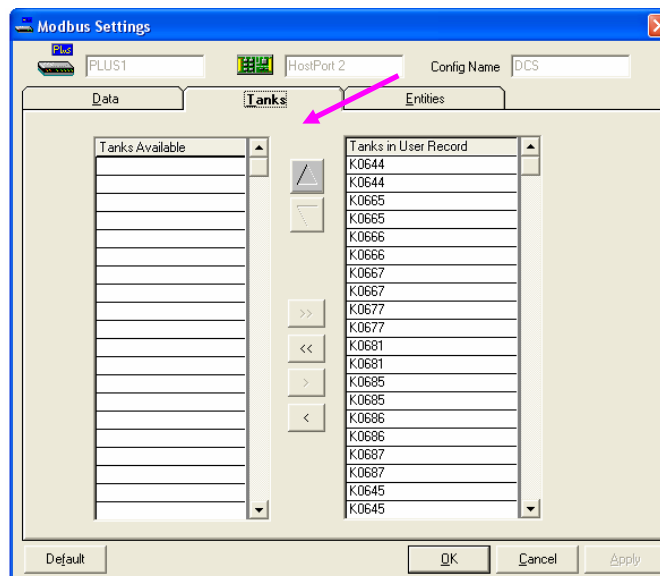
Figura 35. Construcción del Mapa Modbus



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

Luego de seleccionar *tanks*, se escogieron los tanques cuyos datos deberían aparecer en el mapa Modbus de la Telemetría; en este caso son 36 tanques. Estos se seleccionaron con ayuda de la ventana mostrada en la figura 36. Los tanques que aparecen en el mapa Modbus son aquellos que se encuentran en la columna *Tanks in User Record*.

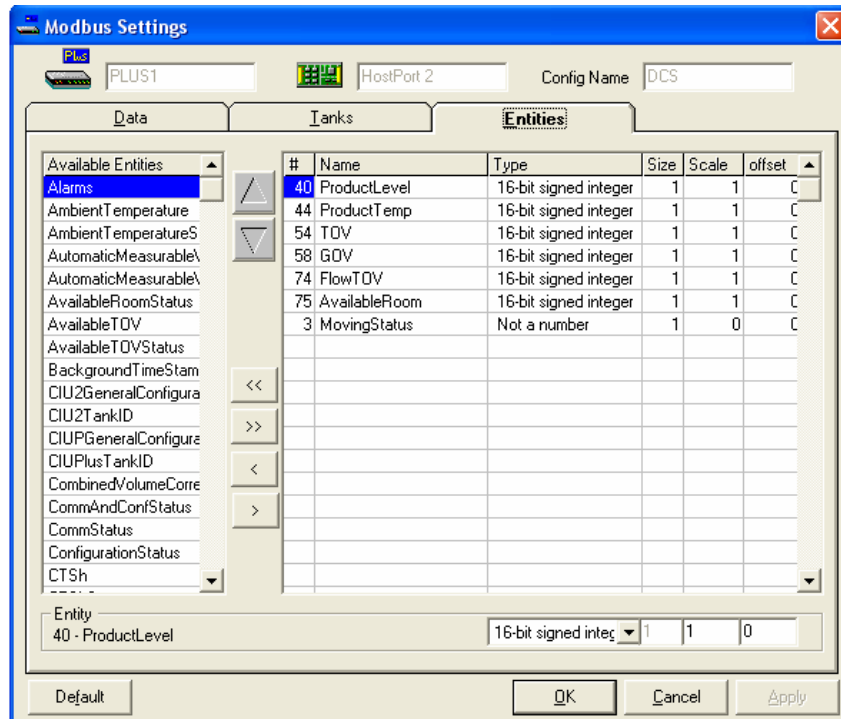
Figura 36. Selección de Tanques para el Mapa Modbus



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

Finalmente se seleccionaron los datos deseados en el mapa Modbus, para cada tanque, al hacer clic en **Entities**. Estos aparecen en la columna derecha con sus respectivas características, como se observa en la figura 37.

Figura 37. Selección de datos por tanque



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

Finalmente el mapa Modbus configurado presenta la forma que se muestra en la Figura 38.

Figura 38. Mapa Modbus

ENRAF		Ensite Pro		Modbus Mapping		Site: Proyecto1		Print date: 12 May 2005	
								Print time: 02:39:25p.m. Page 1 of 8	
CIU: CIUPLUS1		HostPort: 1							
Entity Name	Addr. Dec	Addr. Hex	Reg. Type	Length	Offset	Scaling			
105 CIUPlusTankID	0	0000	Fixed number	01	0	0			
77 VerificationSignature	1	0001	Fixed number	01	0	0			
21 ProductName	2	0002	ASCII string	0A	0	0			
124 VCF	12	000C	32-bit signed integer	02	0	100000			
125 VCFStatus	14	000E	Not a number	01	0	0			
30 ProductDRef	15	000F	32-bit signed integer	02	0	100			
31 ProductDRefStatus	17	0011	Not a number	01	0	0			
32 SedAndWater	18	0012	16-bit unsigned integer	01	0	100			
33 ProductTC	19	0013	32-bit signed integer	02	0	1000			
34 ProductTCSStatus	21	0015	Not a number	01	0	0			
35 LinVolRatio	22	0016	16-bit unsigned integer	01	0	100			
38 DisplacerPosition	23	0017	32-bit signed integer	02	0	10			
39 DisplacerPositionStatus	25	0019	Not a number	01	0	0			
40 ProductLevel	26	001A	32-bit signed integer	02	0	10			
41 ProductLevelStatus	28	001C	Not a number	01	0	0			
42 WaterLevel	29	001D	32-bit signed integer	02	0	10			
43 WaterLevelStatus	31	001F	Not a number	01	0	0			
44 ProductTemp	32	0020	16-bit unsigned integer	01	4000	10			
45 ProductTempStatus	33	0021	Not a number	01	0	0			
46 VapRoomTemp	34	0022	16-bit unsigned integer	01	4000	10			
47 VapRoomTempStatus	35	0023	Not a number	01	0	0			
48 VapRoomPress	36	0024	16-bit unsigned integer	01	0	100			
49 VapRoomPressStatus	37	0025	Not a number	01	0	0			
50 DObs	38	0026	32-bit signed integer	02	0	100			
51 DObsStatus	40	0028	Not a number	01	0	0			
52 ForegroundTimeStamp	41	0029	Time stamp	03	0	0			
53 BackgroundTimeStamp	44	002C	Time stamp	03	0	0			
54 TOW	47	002F	32-bit signed integer	02	0	1000			

Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

Luego de realizar la configuración deseada se procedió a descargar la configuración a la CIU PLUS.


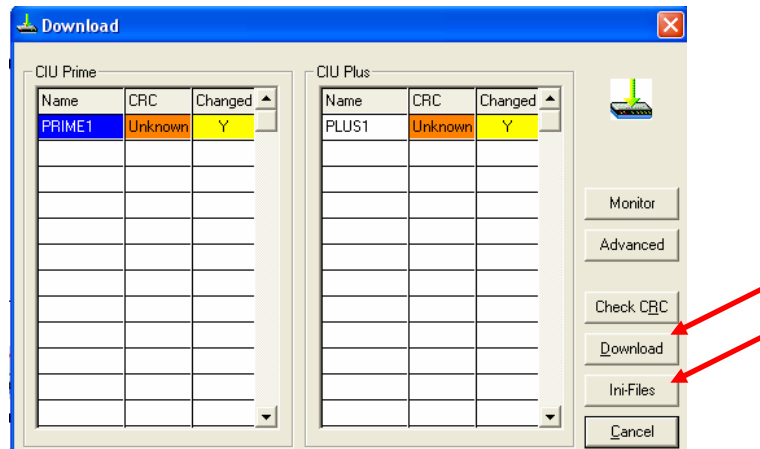
Al hacer clic en la opción  *Download configuration* del menú principal, se abrió la ventana mostrada en la figura 39.

Figura 39. Pantalla principal de la opción “Download configuration”



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

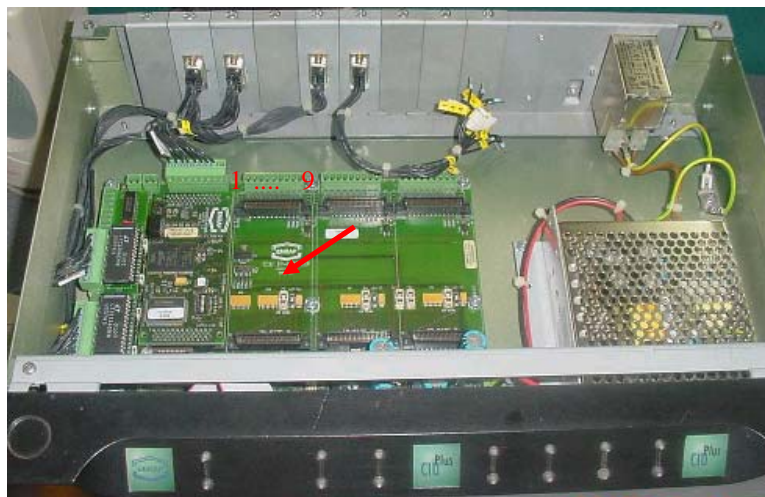
Al seleccionar el icono *Download*, la configuración realizada se descargó a la CIU PLUS. Finalmente al hacer clic en *Ini-Files*, se creó un archivo para que el programa administrador de inventario de tanques, llamado Entis Pro, visualizara los datos en un PC.

- **Puertos.** Remítase a la figura 2 para observar el diagrama de puertos de comunicación de las CIUs.

Para realizar la comunicación con este sistema se requería emplear un puerto de Host de la CIU PLUS.

El Sistema de Telemetría de la planta de Parafinas y Bases Lubricantes tenía un solo puerto de Host que se empleaba para comunicar con el Entis Pro. Por esta razón se consiguió otro puerto de Host y se instaló en uno de cuatro espacios disponibles para dicho puerto en la CIU PLUS como se observa en la figura 40.

Figura 40. Fotografía de CIU PLUS



Fuente: Autores del proyecto.

La conexión necesaria de la tarjeta al terminal DB-9 en la parte interna de la CIU PLUS es como se observa en la Tabla 5. Se debe tener en cuenta la nomenclatura del bornero como se indica en la figura 40 (números rojos).

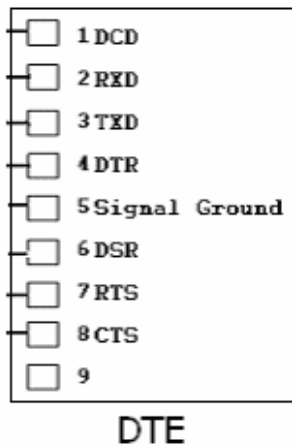
Tabla 5. Pinout cable interno CIU PLUS

Terminal DB-9	Bornero CIU PLUS
1	1
2	3
3	5
4	7
5	8
6	2
7	4
8	6
9	Ninguno

Fuente: Autores del proyecto.

Los pines del terminal DB-9 disponible en la parte externa de la CIU PLUS, tiene las características que se muestran en la figura 41.

Figura 41. Pines del terminal a la salida de la CIU PLUS



Fuente: Autores del proyecto.

- **Pruebas realizadas**

Prueba 1: Comunicación entre el computador (maestro) y el sistema de Telemetría (esclavo) con estándar físico RS-232. El maestro y el esclavo en el mismo sitio (Cuarto de Control Principal).

Figura 42. Ilustración para la prueba 1 de Telemetría



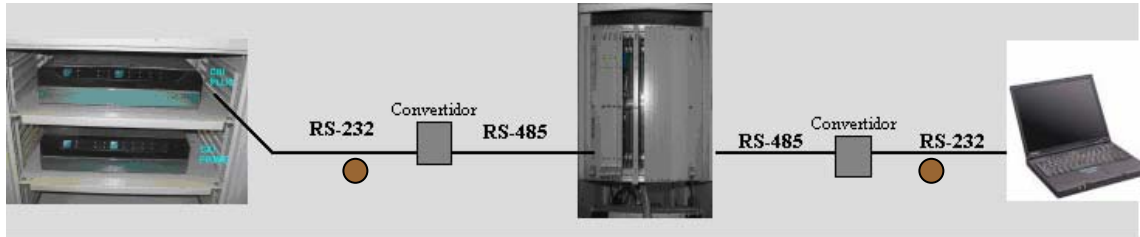
Fuente: Autores del proyecto.

Puertos conectados: Puerto serial RS-232 del computador con el puerto Host número 2 de la CIU PLUS.

El objetivo de esta primera prueba fue verificar el establecimiento de la comunicación en forma satisfactoria entre el maestro (PC) y el esclavo (sistema de telemetría). Esto permitió constatar que la instalación de la nueva tarjeta Host en la CIU PLUS y la configuración de los nuevos parámetros de comunicación, se realizaron en forma correcta.

Prueba 2: Comunicación entre el PC (maestro) y la CIU PLUS (esclavo) con estándar físico RS-485. El PC ubicado en el gabinete que albergará al Integrador (Gabinete del Integrador). PC y CIU PLUS ubicados en el cuarto de control principal de la planta separados una distancia aproximada de 4 metros.

Figura 43. Ilustración para la prueba 2 de Telemetría



Fuente: Autores del proyecto.

 Convertidor RS232/RS485

En esta prueba se utilizaron dos convertidores RS232/RS485 tal como lo indica la figura 43.

Puertos conectados: Puerto serial RS-232 del PC con el puerto de Host número 2 de la CIU PLUS.

El objetivo de esta prueba fue verificar el establecimiento en forma satisfactoria de la comunicación entre el PC (maestro) y la CIU PLUS (esclavo) con la ubicación que tendría cada uno en la red Modbus.

- **Datos a leer del sistema de Telemetría.** Los datos a leer del sistema de Telemetría fueron seleccionados de acuerdo a la prioridad de los ingenieros de proceso y se organizaron como se observa en la Tabla 6, donde aparecen solo los primeros siete tanques (son 36 tanques en total).

Tabla 6. Dirección Modbus de los registros para cada tanque

TANQUE	Dirección Modbus de los registros para cada tanque.
TK_0644	1 – 10
TK_0645	11 - 20
TK_0646	21 - 30
TK_0647	31 – 40
TK_0648	41 – 50
TK_0649	51 – 60
TK_0663	61 - 70

Fuente: Autores del proyecto

Los datos leídos son mostrados en la tabla 7 para los dos primeros tanques.

Tabla 7. Mapa de memoria para los primeros dos tanques

TANQUE	POSICIÓN EN MEMORIA	ENTIDAD
TK_0644	1	Nivel
	2	Temperatura
	3	TOV*
	4	GOV**
	5	Flujo del TOV
	6	Capacidad disponible
	7	Estado de movimiento
	8	Libre
	9	Libre
	10	Libre
TK_0645	11	Nivel
	12	Temperatura
	13	TOV
	14	GOV
	15	Flujo del TOV
	16	Capacidad disponible
	17	Estado de movimiento
	18	Libre
	19	Libre
	20	Libre

Fuente: Autores del proyecto

*TOV: Total Observed Volume

**GOV: Gauge Observed Volume

- **Resultados obtenidos.** Se comparó los datos leídos en el PC (simulador Mdbus) con los datos visualizados por el sistema de inventario de tanques (Entis Pro) y se comprobó la equivalencia de los datos.

La figura 44 muestra los datos que se obtuvieron en el PC, para los tres primeros tanques.

Figura 44. Resultados obtenidos al leer los registros

Pt. No.	Value
00001	1881
00002	92
00003	1180
00004	1180
00005	0
00006	5413
00007	0
00008	0
00009	0
00010	0
00011	7604
00012	18
00013	7605
00014	7605
00015	32
00016	7572
00017	0
00018	0
00019	0
00020	0
00021	1335
00022	91
00023	1756

Fuente: Autores del proyecto

3.2.3 Pruebas realizadas con el Sistema de Gobernadores Electrónicos

- **Cables requeridos**

Cable 1: Para comunicar el computador con puerto serial RS-232 y el convertidor RS232/RS485.

Cable 2: Para comunicar el computador con puerto serial RS-232 y el Gobernador.

- Cable 1
- Cable 2

- **Configuración de los parámetros de comunicación**

Para comprender la configuración del dispositivo maestro remítase al Anexo C.

Para realizar la configuración de los gobernadores se siguió las instrucciones del Anexo G.

Ya que las turbinas no estaban en funcionamiento y se estaban configurando los parámetros de control, la configuración de los gobernadores se pudo realizar por medio del Modo de Programación (*Program Mode*).

Una vez ubicados en el bloque de comunicación, en el menú que se despliega en el display del gobernador, se debió introducir los valores de los parámetros establecidos con anterioridad para la red Modbus de la siguiente manera:

USE COMMUNICATIONS?	<i>Yes</i>
USE MODBUS PORT 1?	<i>Yes</i>
MODE: ASCII OR RTU	<i>2</i>
MODBUS DEVICE NUMBER	<i>2, 3 ó 4 (uno para cada Gobernador)</i>
COMMUNICATIONS MODE	<i>3</i>
Port1 BAUD RATE	<i>8</i>
PORT 1 STOP BITS	<i>1</i>
PORT 1 PARITY	<i>1</i>

Tabla 8. Parámetros de configuración para la comunicación con los Gobernadores

PARÁMETRO	INTERVALO DE AJUSTE	PROYECTO
Velocidad en baudios	110 a 57600 (1 a 11)	9600 (8)
Bits de parada	1 (1), 1.5 (2) o 2 (3)	1 bit de parada (1)
Paridad	Ninguna (1), Impar (2) o Par (3)	Ninguna (1)
Controlador (Driver)	RS 232 (1), RS422 (2) o RS 485 (3)	RS 485 (3)
ASCII o RTU	ASCII = 1 o RTU = 2	RTU (2)
# Esclavo	1 a 247	2, 3 o 4

Fuente: Autores del proyecto.

El número de esclavo respectivo de cada uno de los gobernadores, se observa en la figura 45.

Figura 45. Fotografía de los Gobernadores



ESCLAVO 2: NP1006A

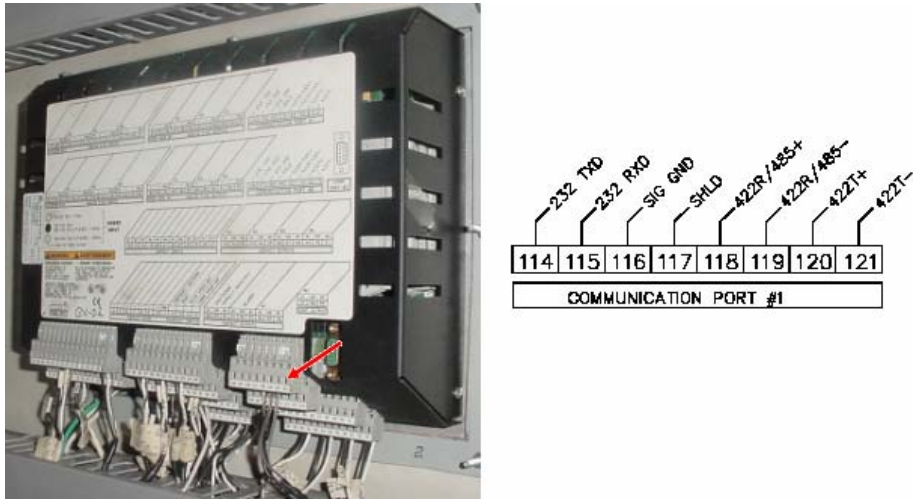
ESCLAVO 3: NP1202B

ESCLAVO 4: NP1203B

Fuente: Autores del proyecto.

- **Puertos.** En esta prueba, el dispositivo esclavo fue un Gobernador. En él, los puertos se encuentran en la parte posterior del display, es decir, en la parte interna del gabinete que los contiene (figura 46). Se utilizó el puerto número 1 (flecha roja).

Figura 46. Puerto de comunicación número 1 de los Gobernadores

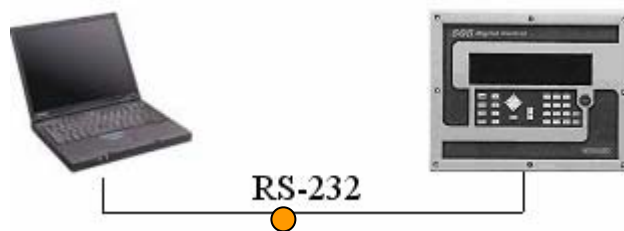


Fuente: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. Manual 85017V1A. “Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores”.

- **Pruebas realizadas**

Prueba 1: Comunicación entre el PC (maestro) y el Gobernador (esclavo) por medio del estándar físico RS-232, con el PC y el Gobernador en el mismo sitio (cuarto satélite sur).

Figura 47. Ilustración para la prueba 1 del Sistema de Gobernadores



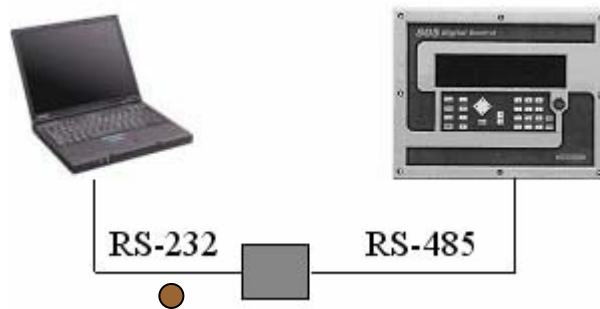
Fuente: Autores del proyecto.

Puertos conectados: Puerto serial RS-232 del PC conectado al puerto de comunicación número 1 del Gobernador, empleando los pines 114, 115 y 116. El Gobernador configurado en RS-232.

El objetivo de esta primera prueba fue poder verificar el establecimiento de la comunicación en forma satisfactoria entre el maestro (PC) y el esclavo (Gobernador), para comprobar que la configuración del Gobernador fue realizada correctamente.

Prueba 2: Comunicación entre el PC (maestro) y el Gobernador (esclavo) por medio del estándar físico RS-485. Con el maestro y el esclavo en el mismo sitio (cuarto satélite sur).

Figura 48. Ilustración para la prueba 2 del Sistema de Gobernadores



Fuente: Autores del proyecto.

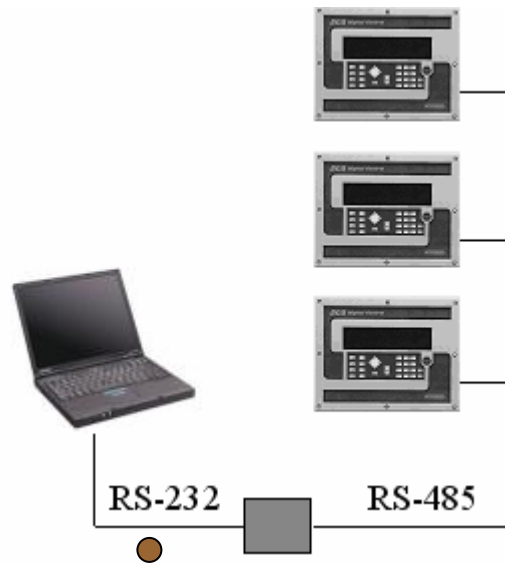
 Convertidor RS232/RS485

Puertos conectados: El puerto serial RS-232 del computador conectado al convertidor y este conectado con el puerto de comunicación Nro. 1 del Gobernador, empleando los pines 118 y 119. El Gobernador configurado en RS-485.

El objetivo de esta prueba consistió en verificar que se estableciera la comunicación empleando RS-485 con ayuda de un convertidor RS232/RS485

Prueba 3: Comunicación entre el PC (maestro) y los tres Gobernadores (esclavos) empleando RS-485. El PC y los Gobernadores situados en el cuarto satélite sur.

Figura 49. Ilustración para la prueba 3 del Sistema de Gobernadores



Fuente: Autores del proyecto.

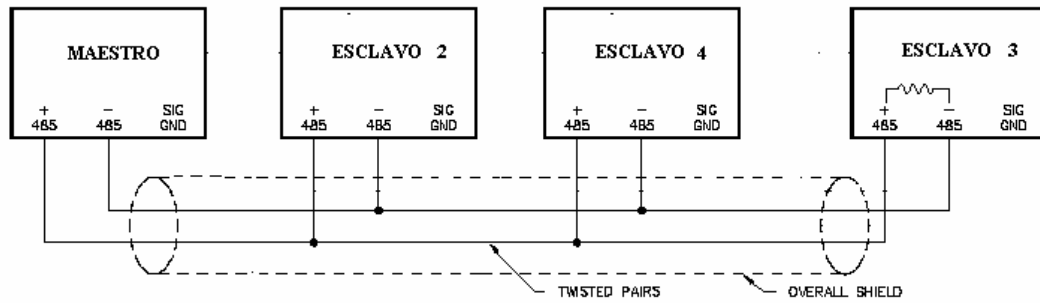
■ Convertidor RS232/ RS485

Puertos conectados: El puerto serial RS-232 del PC conectado al convertidor y el puerto RS-485 del convertidor conectado al cable de la red, que se conectaba a los pines 118 y 119 de cada Gobernador. Los Gobernadores configurados en RS-485.

El objetivo de esta prueba fue verificar el establecimiento en forma satisfactoria de la comunicación entre el PC (maestro) y los Gobernadores (esclavos) conectados en red, además se tomaron lecturas de datos para observación de sus mapas de memoria.

Como la red Modbus requería de una resistencia terminadora de red como se indica en la figura 50, se seleccionó al Gobernador con número de esclavo 3 para que cumpliera esta función. Esto se logró al mover un jumper presente en su interior siguiendo el procedimiento recomendado por el fabricante.

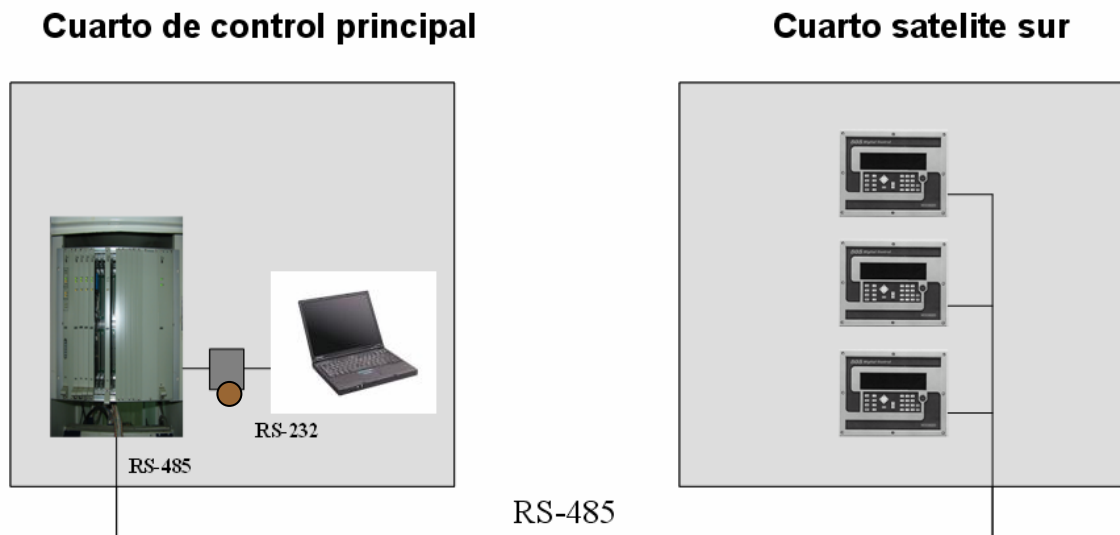
Figura 50. Construcción de la red



Fuente: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. Manual 85017V1A. “Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores”.

Prueba 4: Comunicación entre el PC (maestro) y los tres Gobernadores (esclavos) con RS-485. El PC (maestro) ubicado en el cuarto de control principal y los Gobernadores (esclavos) en el cuarto satélite sur. Esta distancia es aproximadamente de 300 metros.

Figura 51. Ilustración para la prueba 4 del Sistema de Gobernadores



Fuente: Autores del proyecto.

 Convertidor RS232/RS485

Los puertos conectados son los mismos que en la prueba 3. La única diferencia es la distancia manejada.

El objetivo de esta prueba fue verificar el establecimiento en forma satisfactoria de la comunicación entre el PC (maestro) y los Gobernadores (esclavos) conectados en red y comprobar el tendido realizado del cable. Se tomaron lecturas de ciertos parámetros y se compararon con los datos visualizados en el display del Gobernador respectivo.

- **Datos a leer del sistema de Gobernadores.** Los datos a leer del sistema de Gobernadores fueron seleccionados por los Ingenieros de proceso de la planta y aparecen en la Tabla 9.

El mapa de memoria completo de cada Gobernador se puede observar en el Anexo H.

Tabla 9. Datos (bits) necesarios en el DCS

DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1:0001	Alarma en sensor de velocidad
1:0003	Alarma-Presión descarga de la bomba
1:0007	Alarma-Presión de admisión de vapor
1:0008	Alarma-Falla de velocidad remota
1:0012	Alarma-Falla en el actuador
1:0018	Alarma por disparo en la turbina
1:0020	Alarma por sobrevelocidad
1:0042	Disparo-Paro de emergencia desde el controlador
1:0043	Disparo por sobrevelocidad
1:0044	Disparo por falla en la señal de velocidad
1:0045	Disparo por falla en el actuador 1
1:0048	Disparo switch de la trip abierto en campo
1:0049	Disparo-Paro de emergencia desde DCS
1:0056	Disparo-Paro manual desde controlador
1:0064	Maquina en shutdown
1:0065	Habilitación para reconocer shutdown
1:0071	Estado bajo calentamiento 1000rpm
1:0072	Rampa hacia alto calentamiento
1:0073	Estado alto calentamiento 1500 rpm
1:0074	Rampa hacia Rated
1:0075	Estado Rated
1:0076	Estado de control de velocidad
1:0080	Estado prueba de velocidad
1:0081	Estado en rango de gobernación
1:0083	Habilitación del setpoint remoto
1:0084	Set point activo

Fuente: Autores del proyecto.

El gobernador de la turbina NP1006 requiere la lectura de un bit adicional debido a que posee un sensor de velocidad secundario.

continuación tabla 9

DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1:0002	Falla en sensor de velocidad 2

Tabla 10. Datos (registros) necesarios en el DCS

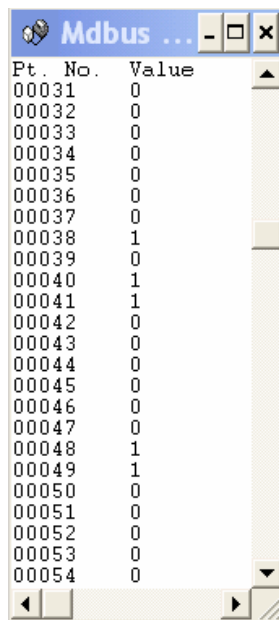
DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
3:0001	Parámetro de control
3:0002	Velocidad actual de la turbina
3:0007	Velocidad Setpoint
3:0024	Horas de funcionamiento
3:0084	Salida actuador 1
3:0086	Ultimo disparo

Fuente: Autores del proyecto.

- **Resultados obtenidos.** Para verificar que los datos leídos por el PC (maestro) eran efectivamente los valores reales, se compararon estas lecturas con la información suministrada por cada Gobernador donde se verificó la coincidencia de los datos.

Algunos de los resultados al leer el mapa de memoria para el Gobernador de la turbina NP1203 cuando se encontraba fuera de servicio, se muestran en las figuras 52 y 53.

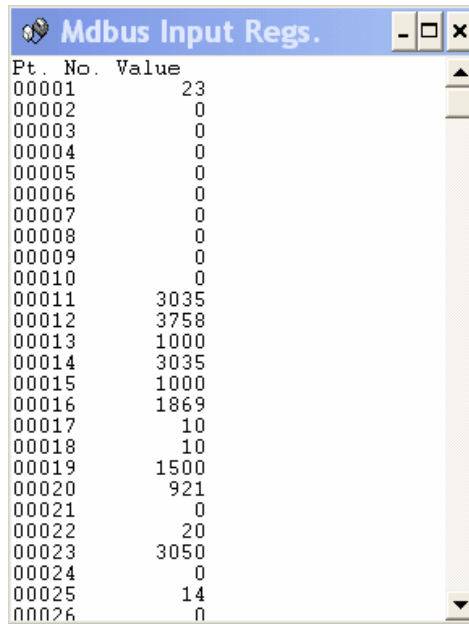
Figura 52. Resultados al leer los bits para el Gobernador de la turbina NP1203



Pt. No.	Value
00031	0
00032	0
00033	0
00034	0
00035	0
00036	0
00037	0
00038	1
00039	0
00040	1
00041	1
00042	0
00043	0
00044	0
00045	0
00046	0
00047	0
00048	1
00049	1
00050	0
00051	0
00052	0
00053	0
00054	0

Fuente: Autores del proyecto

Figura 53. Resultados al leer los registros para el Gobernador de la turbina NP1203



Pt. No.	Value
00001	23
00002	0
00003	0
00004	0
00005	0
00006	0
00007	0
00008	0
00009	0
00010	0
00011	3035
00012	3758
00013	1000
00014	3035
00015	1000
00016	1869
00017	10
00018	10
00019	1500
00020	921
00021	0
00022	20
00023	3050
00024	0
00025	14
00026	0

3.2.4 Pruebas realizadas con el Sistema de Protección de Válvulas Motorizadas

- **Cables requeridos**

Cable 1: Para comunicar el PC con el convertidor RS 232/RS485.

Cable 3: Para comunicar el computador con puerto serial RS-232 y la Estación Maestra por medio del módulo de comunicación Modbus (F4-SLV-MB).

Cable 4: Para comunicar la Estación Maestra y el convertidor RS 232/RS485.

En las gráficas se indicará que tipo de cable se emplea, así:

- Cable 1
- Cable 3
- Cable 4

- **Configuración de los parámetros de comunicación**

En este caso, para realizar la configuración del maestro remítase al Anexo C.

Para configurar los parámetros de comunicación de la Estación Maestra, se requeriría de un software de propiedad de *EIM Controls* llamado *Direcsoft32*. En él, no solo se configuran los parámetros de comunicación sino que también permite programar la lógica de control de los PLC's de la Estación Maestra.

Como se menciona en la sección 3.2.1, los parámetros de comunicación de la Estación Maestra de las MOV's son los mostrados en la tabla 11.

Tabla 11. Parámetros por defecto del Sistema de Válvulas Motorizadas

Parámetro	Configuración MOVs
Velocidad en baudios	9600
Paridad	Ninguna
Bit de parada	1
Bit por palabra	8
Estándar físico	RS-232
# de esclavo	1

Fuente: Autores del proyecto

- **Puertos.** El puerto de comunicación Modbus de la Estación Maestra se encuentra localizado en el módulo de comunicaciones F4-SLV-MB (puerto 2). El conector es un terminal DB-9 y su pinout se muestra en la figura 54.

Figura 54. Pinout del puerto de comunicación Modbus de la Estación Maestra

PORT 2		
Pin	Symbol	Description
1	RXD2+	Data Input High, RS-422
2	TXD2	Data Output, RS-232
3	RXD2	Data Input, RS-232
4	RTS2	DTE has data to xmit, RS-232
5	CTS2	DTE may xmit data, RS-232
6	RXD2-	Data Input Low, RS-422
7	GND	Signal Ground
8	TXD2-	Data Output Low, RS-422
9	TXD2+	Data Output High, RS-422

Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja.

- **Pruebas**

Prueba 1: Comunicación entre el PC (maestro) y la Estación Maestra (esclavo) con RS-232. El PC y la Estación Maestra situados en el mismo lugar (cuarto de control principal).

Figura 55. Ilustración para la prueba 1 del Sistema MOVs



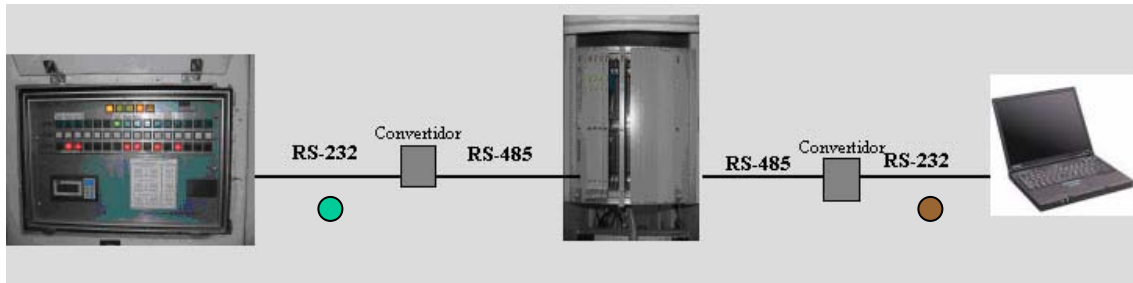
Fuente: Autores del proyecto.

Puertos conectados: Puerto serial RS-232 del PC con el puerto 2 del módulo de comunicación Modbus de la Estación Maestra.

El objetivo de esta primera prueba fue verificar la comunicación entre el PC y la Estación Maestra para visualizar el mapa de memoria.

Prueba 2: Comunicación entre el PC (maestro) y la Estación Maestra (esclavo) por medio de RS-485. El PC ubicado en el gabinete del Integrador y la Estación Maestra situada en el tablero neumático aproximadamente a 12 metros de distancia (ambos en el cuarto de control principal).

Figura 56. Ilustración para la prueba 2 del Sistema MOVs



Fuente: Autores del proyecto.

■ Convertidor RS232/RS485

El objetivo de esta prueba fue verificar el establecimiento en forma satisfactoria de la comunicación entre el PC (maestro) y la Estación Maestra (esclavo) y comprobar el buen funcionamiento del tendido realizado del cable. Se tomaron lecturas de ciertos parámetros y se compararon con los datos visualizados en el display de la estación maestra.

- **Datos a leer del Sistema de Válvulas Motorizadas.** Los datos requeridos en el DCS por los operadores e ingenieros de proceso para el sistema de Válvulas Motorizadas son el estado de cada válvula y sus alarmas, como se muestra en la tabla 12.

En el Anexo I se encuentra el mapa Modbus completo de las Válvulas.

Tabla 12. Información requerida de cada válvula

Dirección Modbus	Estado de la válvula
10001	Válvula en transición
10002	Válvula abierta
10003	Válvula cerrada
10004	Modo automático
10005	Modo manual
10008	Alarma maestra
10009	Alarma falla en autodiagnóstico
10010	Alarma válvula quieta
10011	Alarma fuera de rango en el A/D
10012	Alarma watchdog time-out
10013	Alarma por falla en watchdog
10014	Falla en la prueba de memoria
10015	Falla en la línea primaria
10016	Falla en la línea secundaria

Para acceder a la información de cada válvula debe conocerse su posición en el mapa de memoria, teniendo en cuenta que cada una posee 16 bits.

Tabla 13. Posición de cada válvula dentro del mapa de memoria.

HIDROTRATAMIENTO	VALVULA	POSICIÓN
CERA	MOV 11201	1
	MOV 11201	2
	MOV 11201	3
PARAFINICO	MOV 11001	7
	MOV 11001	8
	MOV 11001	9
NAFTENICO	MOV 11101	10
	MOV 11101	11
	MOV 11101	13

Fuente: Autores del proyecto.

- **Resultados obtenidos.** La fotografía que aparece en la figura 57 fue tomada en el momento de la prueba y se observa que las válvulas abiertas están ubicadas en las

posiciones 1, 7 y 10 y las válvulas cerradas están ubicadas en las posiciones 2, 3, 8, 9, 11 y 13.

Figura 57. Fotografía del estado de las válvulas en el momento de la lectura del mapa de memoria



Fuente: Autores del proyecto.

La lectura realizada por el PC a la estación maestra aparece en la figura 58.

Figura 58. Datos del PC al consultar la Estación Maestra

Pt. No.	Value
00001	650
00002	12
00003	12
00004	16384
00005	16384
00006	16384
00007	10
00008	12
00009	12
00010	10
00011	12
00012	16384
00013	12
00014	0
00015	0
00016	0
00017	0

Fuente: Autores del proyecto.

Al observar el estado de las válvulas en el panel de botones de la Estación Maestra se comprueba la correspondencia con los datos leídos en el PC, como lo ilustra la tabla 14.

Tabla 14. Estado de las válvulas según lo leído del PC

HIDROTRATAMIENTO	POSICIÓN	Valor leído en decimal	Valor leído en binario	ESTADO
CERA	1	650	0000001010001010	ABIERTA
	2	12	0000000000001100	CERRADA
	3	12	0000000000001100	CERRADA
PARAFINICO	7	10	0000000000001010	ABIERTA
	8	12	0000000000001100	CERRADA
	9	12	0000000000001100	CERRADA
NAFTENICO	10	10	0000000000001010	ABIERTA
	11	12	0000000000001100	CERRADA
	13	12	0000000000001100	CERRADA

Fuente: Autores del proyecto.

3.2.5 Pruebas realizadas con el Sistema de Control Distribuido

- **Cables requeridos**

Cable 5: Para comunicar el switch selector *P0970VB* y el convertidor RS232/RS485.

Cable 6: Para comunicar el puerto serial RS-232 del PC y el switch selector.

Cable 7 (cable *P0500JX*): Para realizar la conexión del integrador y el switch selector.

- Cable 5
- Cable 6
- Cable 7

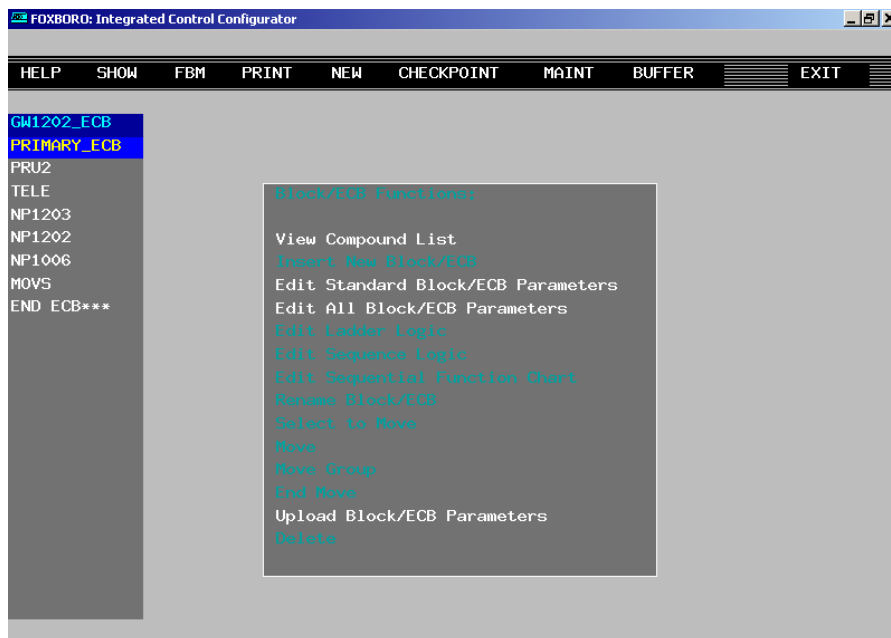
- **Configuración de los parámetros de comunicación.**

En este caso, para realizar la configuración del esclavo remítase al Anexo C.

La configuración del DCS se realizó en el ICC cuya ventana inicial se observa en la figura 18. Desde allí se buscó el compuesto GW1202_ECB creado en el momento de la instalación del integrador.

Dentro del compuesto GW1202_ECB se debió crear un bloque ECB16 para cada sistema a comunicar con el Integrador, donde se define las características de la comunicación, cuyos nombres fueron MOVS, NP1006, NP1202, NP1203 Y TELE correspondientes a los Sistemas de Válvulas Motorizadas (esclavo 1), Gobernadores (esclavos 2, 3 y 4) y Telemetría (esclavo 5), respectivamente. Además se creó otro bloque ECB16 llamado PRU2 con el cual se realizaron pruebas entre el DCS (Integrador) y el PC (como esclavo número 6).

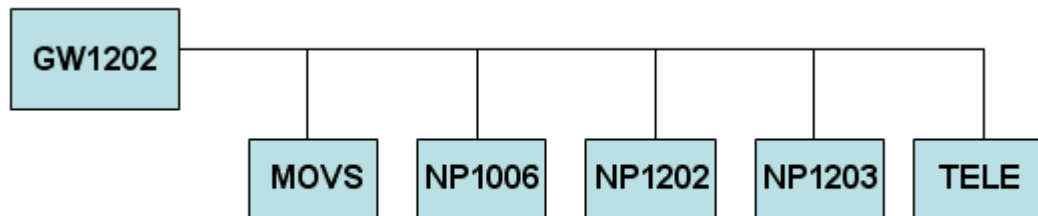
Figura 59. Pantalla del ICC con la lista de esclavos de GW_1202



Fuente: Autores del proyecto.

La figura 60 muestra la red que el DCS reconoce una vez se hayan creado los bloques ECB16.

Figura 60. Gráfica de la red Modbus vista en el DCS.



Fuente: Autores del proyecto.

Para cada sistema se creó un compuesto por cada tipo de dato Modbus requerido, excepto en el sistema de Telemetría donde debido a la gran cantidad de registros a leer, se necesitó crear tres compuestos, cada uno con capacidad para 120 registros.

Los compuestos creados para la lectura de los datos son los siguientes:

En el Gobernador de la turbina NP1006 (esclavo 2), el compuesto NP1006_AI lee los registros requeridos y el compuesto NP1006_DI lee los bits.

En el Gobernador de la turbina NP1202 (esclavo 3), el compuesto NP1202_AI lee los registros requeridos y el compuesto NP1202_DI lee los bits.

En el Gobernador de la turbina NP1203 (esclavo 4), el compuesto NP1203_AI lee los registros requeridos y el compuesto NP1203_DI lee los bits.

En el sistema de las MOVS (esclavo 1), solo se requieren leer datos digitales (bits). Esto se logra con el compuesto EIM_DI.

En el sistema de telemetría (esclavo 5) solo se requieren leer registros. Esto se lleva a cabo con los compuestos ENRAF_AI, ENRAF_AI1 y ENRAF_AI2.

Los compuestos PRUEBA2 y PRUEBA3 se crearon para realizar pruebas de comunicación con el PC (esclavo 6).

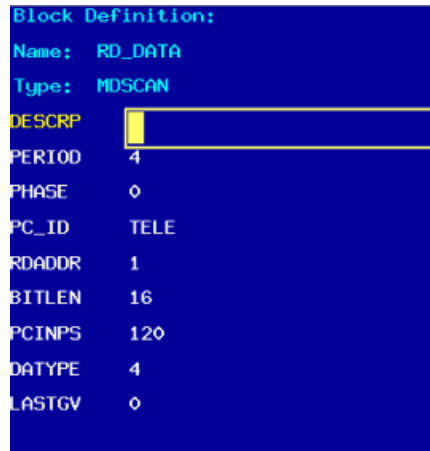
Figura 61. Pantalla de la lista de compuestos



Fuente: Autores del proyecto.

A manera de ejemplo se indica la configuración del bloque MDSCAN (bloque que permite, a otros bloques, leer posiciones adyacentes del mapa de memoria) para el esclavo llamado TELE, cuyas direcciones Modbus van de 1 a 120. El significado de los parámetros se explica en el capítulo 2.

Figura 62. Pantalla de configuración del bloque MDSCAN

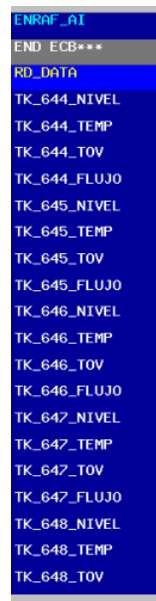


Fuente: Autores del proyecto.

Los bloques que toman los datos del bloque MDSCAN son MCIN (lee múltiples bits), CIN (lee un solo bit) y AIN (lee un registro)

En el caso de Telemetría se crearon cuatro bloques AIN por cada tanque para leer la información de nivel, temperatura, TOV y flujo como se observa en la figura 63

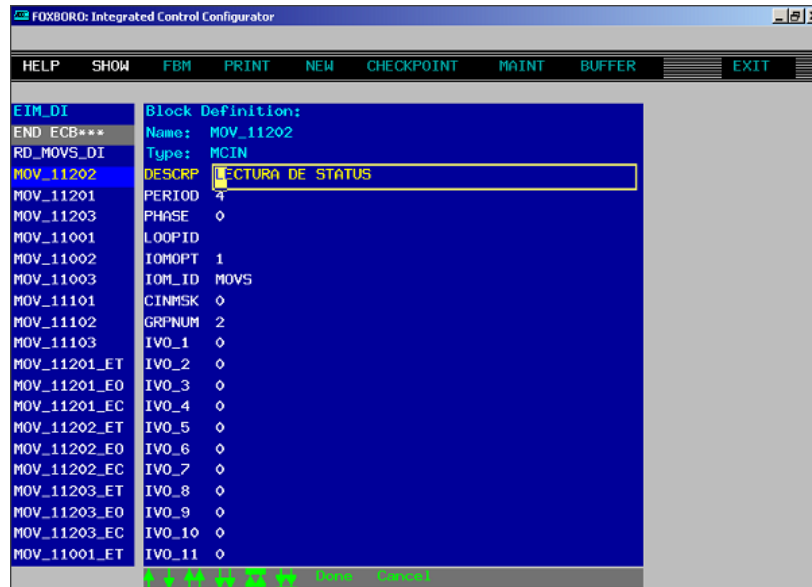
Figura 63. Lista de bloques creados para la lectura de registros en la Telemetría.



Fuente: Autores del proyecto.

En el caso de las MOV's, por cada válvula se creó un bloque MCIN para leer los 16 bits de estados que posee y tres bloques CIN para leer tres bits con la información de la posición (abierta, cerrada ó detenida). El listado de bloques aparece en la figura 64.

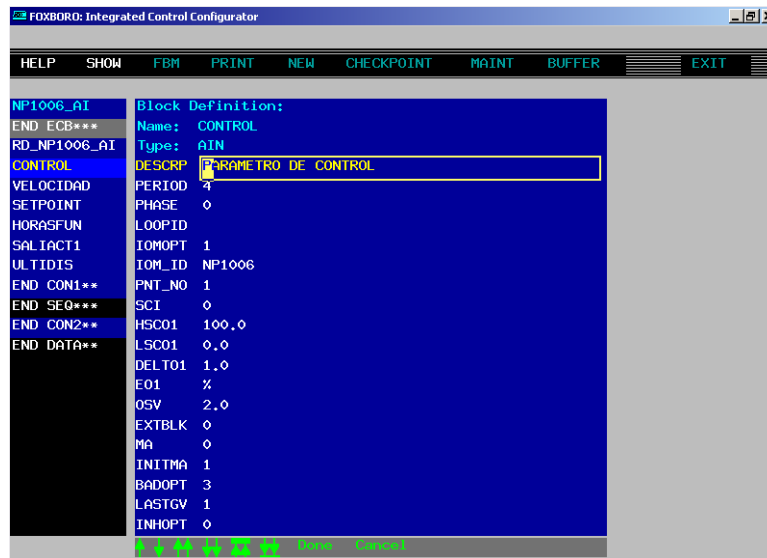
Figura 64. Lista de bloques creados para la lectura de bits en las MOV's.



Fuente: Autores del proyecto.

En el caso de los Gobernadores, en el compuesto de lectura de registros, se crearon seis bloques AIN por cada Gobernador como se observa en la figura 65 para el Gobernador de la turbina NP1006.

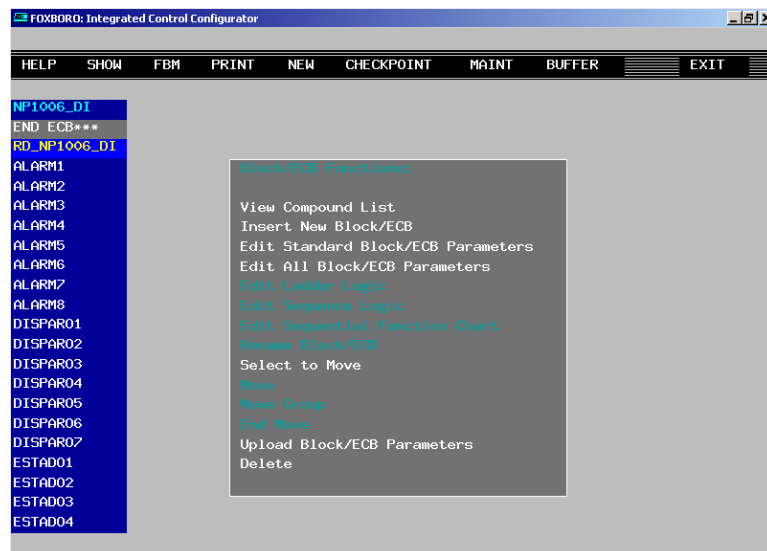
Figura 65. Pantalla de configuración del bloque AIN y bloques creados para la lectura de registros.



Fuente: Autores del proyecto.

En el compuesto de lectura de bits de los Gobernadores, se creó un bloque CIN para cada dato requerido. Una muestra de ello se observa en la figura 66.

Figura 66. Fotografía de la lista de los bloques creados para la lectura de bits.

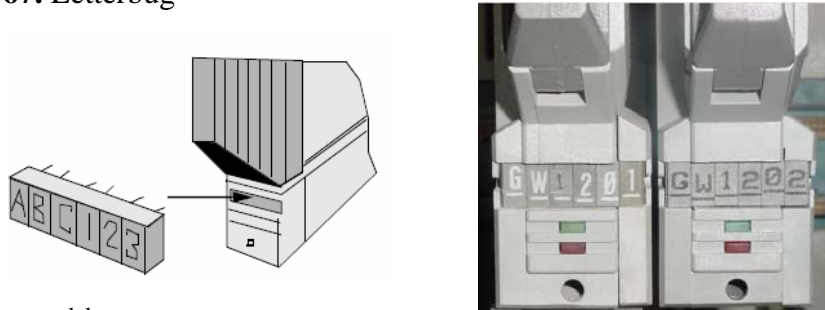


Fuente: Autores del proyecto.

Instalación del Integrador

Antes de introducir el Integrador en el gabinete, se debe seleccionar el nombre con el cual se identificará en el sistema. Para esto se emplean los *letterbugs** como se indica en la figura 67. En este caso el nombre del Integrador es GW1202.

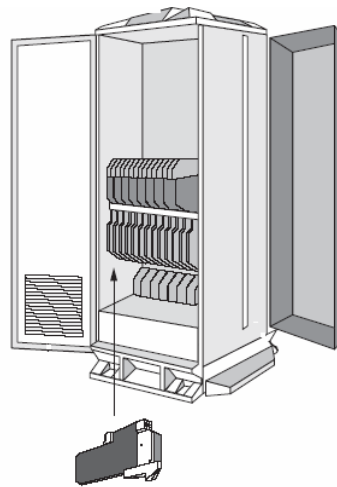
Figura 67. Letterbug



Fuente: Autores del proyecto

Después de instalar la identificación, el integrador se inserta en el gabinete e internamente ya queda conectado al Nodebus del DCS como se observa en las figuras 68 y 69.

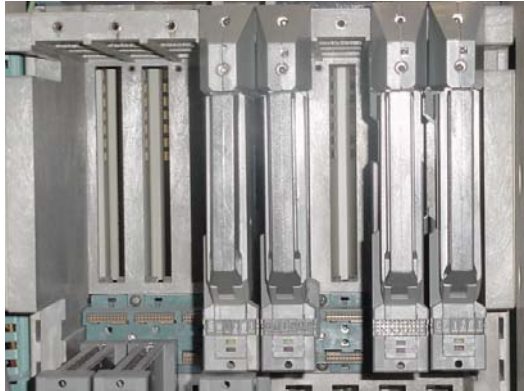
Figura 68. Enclouser



Fuente: Autores del proyecto

*Letterbug: Identificador

Figura 69. Modulo integrador



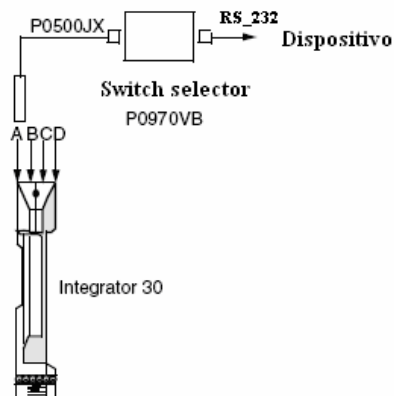
Fuente: Autores del proyecto

Para que el DCS reconozca la nueva estación, se debe realizar, en el Host del DCS, la instalación de la nueva estructura del sistema por medio de un software que el fabricante suministra en un diskette.

Conexión

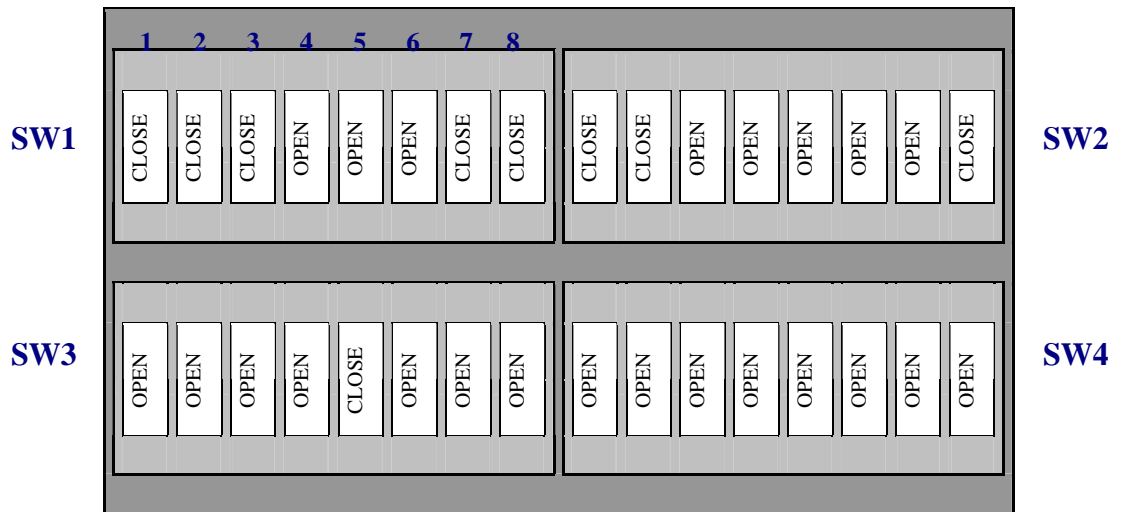
Un elemento muy importante en la conexión de la red Modbus y el Integrador es el switch selector (figura 70). La selección empleada de los switch se muestra en la figura 71.

Figura 70. Conexión física del integrador



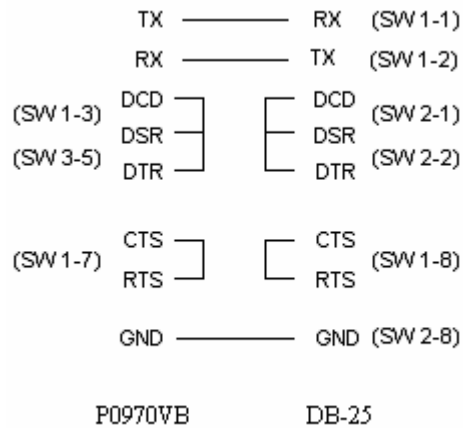
Fuente: Autores del proyecto

Figura 71. Posición Switchs



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 72. Conexión interna obtenida



Fuente: Autores del proyecto.

Ya que no se tendrá redundancia en el bus, solo se empleará el bus A del Integrador. Como se indica en la figura 73, la conexión al integrador se hará por medio del cable 7 (cable *P0500JX*) al switch selector.

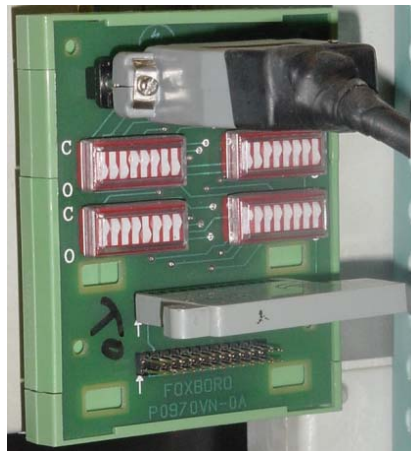
Figura 73. Conexión del cable 7 con el bus del integrador



Fuente: Autores del proyecto

En la figura 74 se observa una fotografía del switch selector ubicado en el gabinete del cuarto de control. Se observan los terminales de los cables conectados (DB25 y *P0500JX*).

Figura 74. Fotografía del switch selector

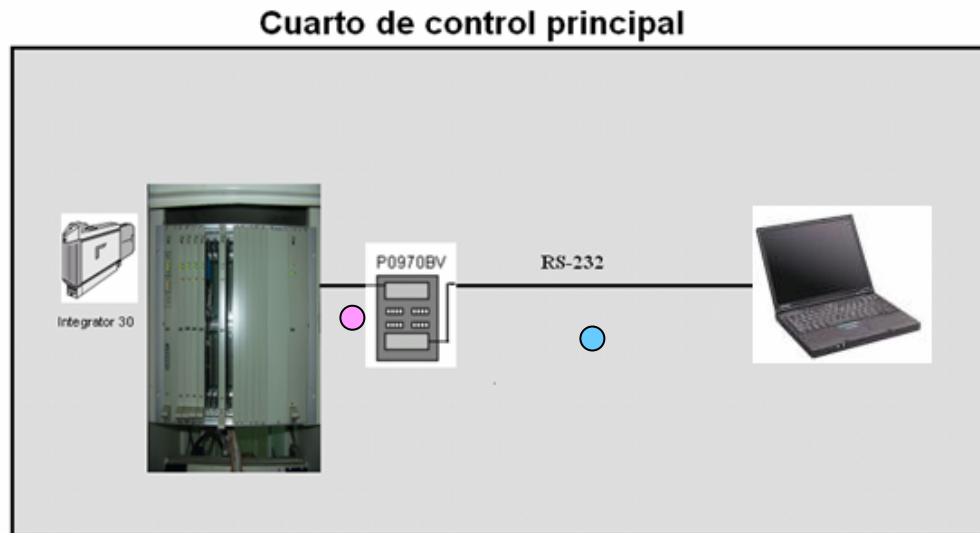


Fuente: Autores del proyecto

Pruebas

Prueba 1: Comunicación entre el PC (esclavo) y el Integrador (maestro) con RS-232. Tanto el Integrador como el PC ubicados en el cuarto de control principal.

Figura 75. Ilustración para la prueba 1 con el DCS



Fuente: Autores del proyecto.

Esta prueba consistió en verificar la comunicación entre el integrador y el PC por medio de la lectura de varias posiciones de memoria desde el DCS. Al obtener resultados positivos se confirmó que la configuración de los bloques de lectura, la instalación del integrador y la disposición de los switch en el *P0970BV* se realizó en forma correcta.

Puertos y conexiones utilizados: Puerto serial RS-232 del PC con el DB-25 del switch selector. El switch selector con el Integrador por medio del cable 7 (nombre del fabricante: *P0500JX*).

4. INTEGRACIÓN

4.1 RED

Cables requeridos

Cable 1: Para comunicar un convertidor RS232/RS485 con la CIU PLUS del sistema de telemetría de tanques.

Cable 4: Para comunicar un convertidor RS232/RS485 con la estación maestra del sistema de válvulas motorizadas.

Cable 5: Para comunicar un convertidor RS232/RS485 con el switch selector *P0970VB*.

Cable 7: Para comunicar el Integrador con el switch selector *P0970VB*.

- Cable 1
- Cable 4
- Cable 5
- Cable 7

Conexión de la red. Después de haber realizado el tendido del cable para cada sistema, se realizó la interconexión final de la red por medio de borneras ubicadas en el gabinete de las CIUs (figura 76) como se aprecia en la figura 77.

Los convertidores utilizados en la Telemetría y en el Integrador, se encuentran en el gabinete de las CIUs y el convertidor utilizado en las MOVs, se encuentra ubicado en la parte posterior de la Estación Maestra.

Figura 76. Gabinete de las CIUs



Fuente: Autores del proyecto

Figura 77. Borneras de conexión de los sistemas



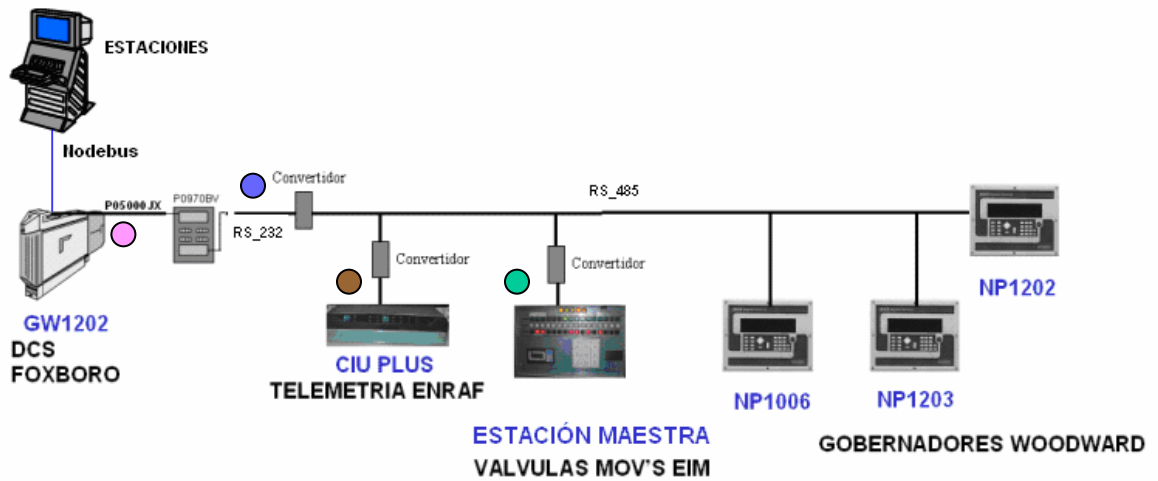
Sistema
MOV_s Telemetría Gobernadores
Convertidor
hacia el
integrador

Fuente: Autores del proyecto.

Después de realizar la conexión total de la red, se estableció comunicación con los sistemas integrados y la información obtenida fue visualizada por medio de la interfaz gráfica.

Un esquema del sistema total se observa en la figura 78.

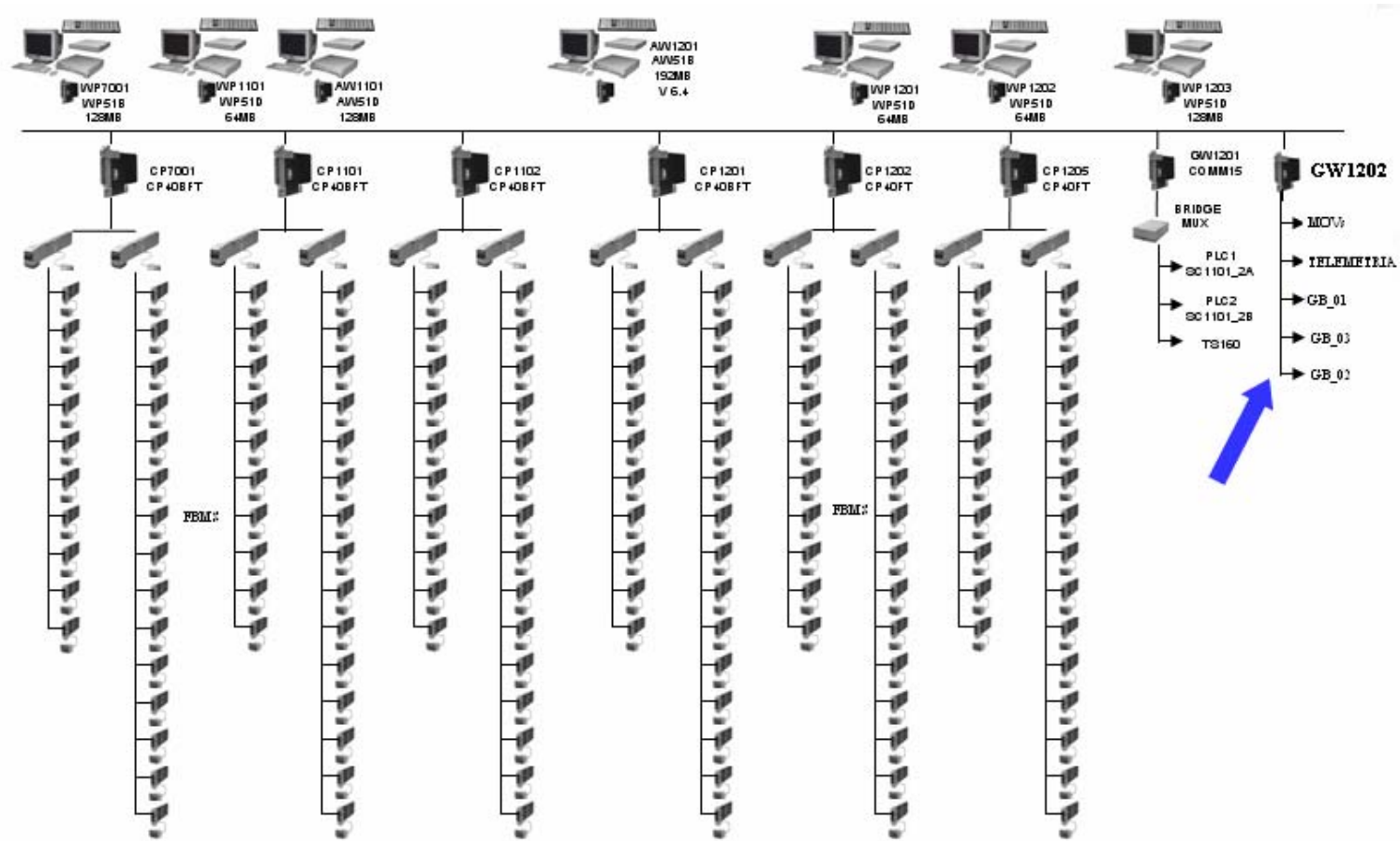
Figura 78. Red Modbus integrada.



Fuente: Autores del proyecto.

En la figura 79 se observa la arquitectura del DCS de la planta de Parafinas y Bases Lubrificantes donde se señala la red Modbus integrada en este proyecto (flecha azul).

Figura 79. Arquitectura actual del DCS de la planta de Parafinas y Bases Lubricantes



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes

4.2 INTERFAZ GRAFICA

Para conocer los valores de los bits y registros que se requieren en los sistemas integrados, se puede acceder desde el ambiente de ingeniería al resultado de cada bloque. Pero el interés de este proyecto era permitir que los operadores conocieran esa información de una manera amigable y clara. Para esto se empleó una herramienta que posee el I/A llamada FoxDraw.

Empleando FoxDraw se crearon las interfaces graficas que permiten monitorizar el avance del proceso así como la detección de alarmas inmediatamente se produzcan, esto repercute en una acción correctiva mas rápida por parte del operador y de esta manera evitar fallas, las cuales podrían generar una parada de planta que traería consecuencias graves tanto para los equipos en funcionamiento como para el abastecimiento que esta planta ofrece a otras unidades de la empresa e incluso a clientes externos.

Para realizar el resultado grafico de este proyecto se emplearon opciones dinámicas del software FoxDraw, como:

Objetos de acciones (denominadas objetos elegibles) que permiten al operador, en este caso, ejecutar una función como abrir otras pantallas y cerrar el display actual.

Objetos no elegibles cuya conducta del objeto se configura de acuerdo al valor de una variable (variable de proceso) renovándose automáticamente al cambiar el valor del parámetro asociado. Como por ejemplo, la indicación de la condición de llenado de cada tanque (los contenidos del display del tanque indican un nivel creciente o decreciente), el valor numérico de los registros leídos y la activación de alarmas.

4.2.1 Sistema de telemetría de tanques. Para acceder a la información de este sistema se realizó la interfaz gráfica de un nuevo ambiente con el nombre de TANQUES.

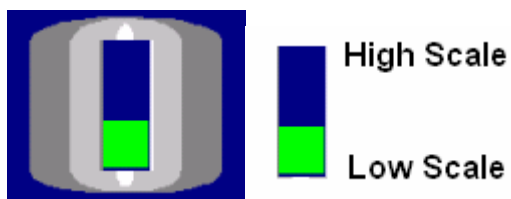
Existen dos formas de acceder a la información de nivel de los tanques; las pantallas llamadas Display General y Display Proceso.

En la pantalla llamada “*Display general*” se listan los tanques de acuerdo al sitio del proceso donde se encuentra el producto que es almacenado en él, como se muestra en la figura 81.

En esta pantalla se puede ver el nivel con su valor exacto en milímetros mostrado al frente del nombre del tanque y un indicativo de la condición de llenado en el grafico que simula el tanque.

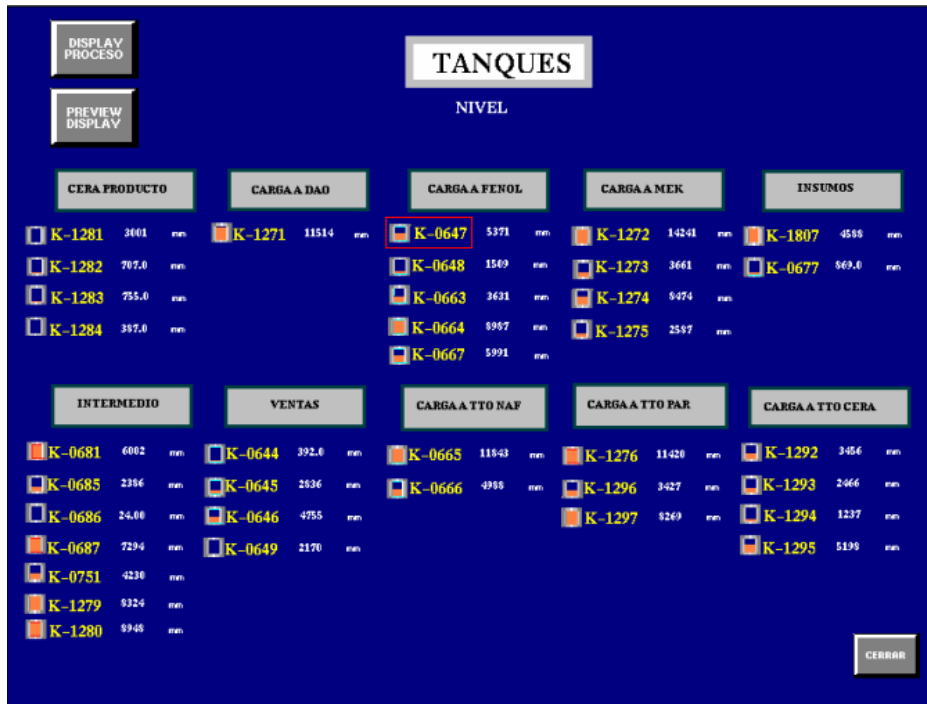
De acuerdo a los límites definidos para el nivel de cada tanque como mínimo y máximo, gráficamente se observa qué tan ocupado está el tanque de acuerdo al nivel que tiene en ese momento.

Figura 80. Indicación de la condición de llenado del tanque



Fuente: Autores del proyecto.

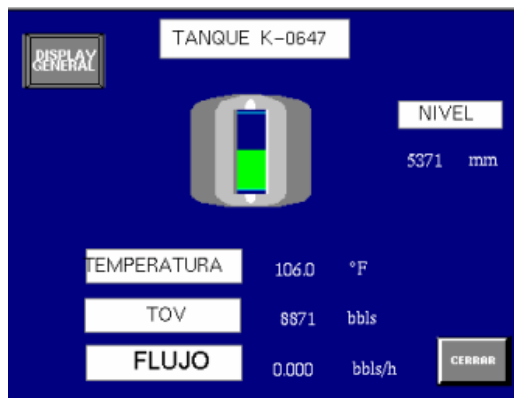
Figura 81. Pantalla general del Sistema de Telemetría



Fuente: Autores del proyecto.

Si se desea conocer la información general del tanque se debe hacer clic en el grafico del tanque y aparecerá un nuevo display como se indica a manera de ejemplo con el tanque K_0647 en la figura 82. Esta nueva pantalla da los datos de nivel, temperatura, TOV y flujo del tanque seleccionado.

Figura 82. Pantalla de información del tanque K_0647

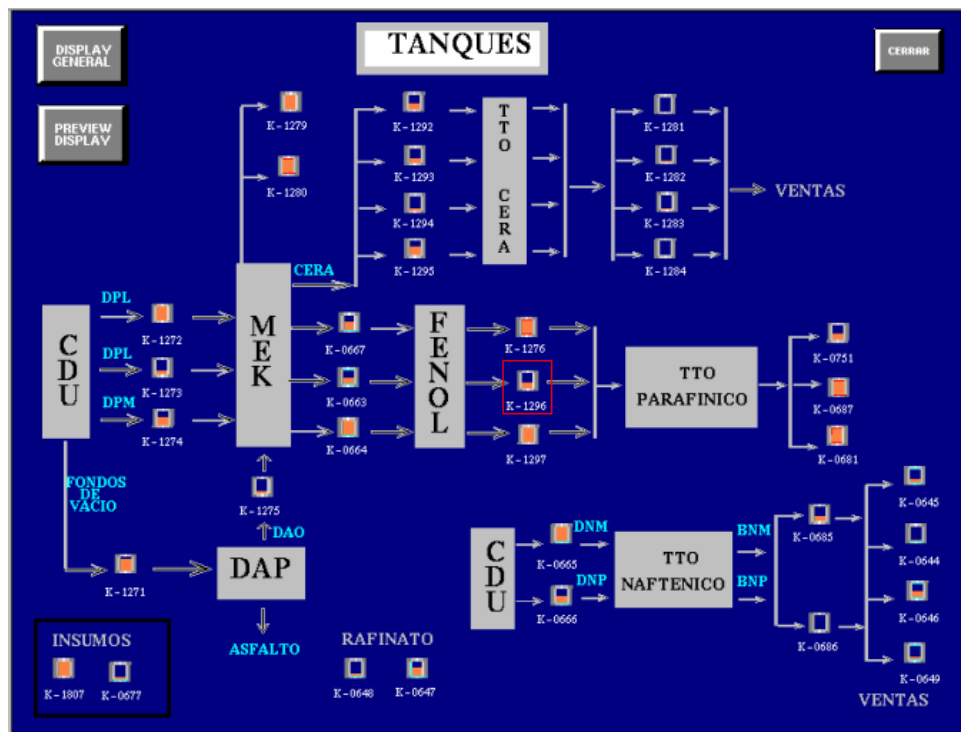


Fuente: Autores del proyecto.

En la pantalla llamada “*Display de Proceso*” se muestran los tanques de acuerdo al lugar del proceso donde se encuentra el producto que es almacenado en él, con la interconexión de los procesos, como se muestra en la figura 83.

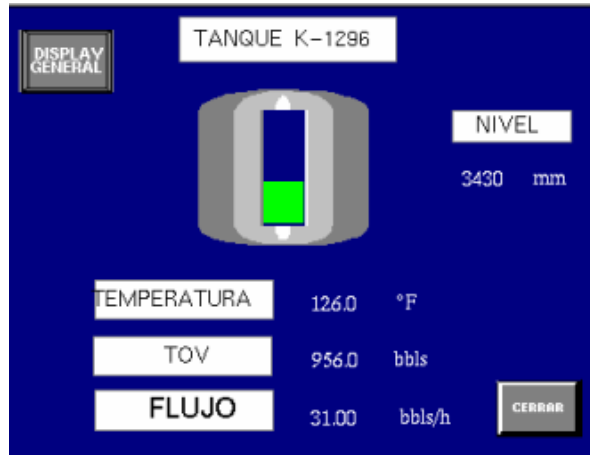
En esta pantalla se puede ver el indicativo de la condición de llenado de cada tanque. Para acceder a la información general de un tanque en particular se debe hacer clic en el grafico de la figura correspondiente, como se ilustra en las figuras 83 y 84, para el tanque K_1296.

Figura 83. Pantalla de proceso del sistema de telemetría



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 84. Pantalla de información del tanque K_1296



Fuente: Autores del proyecto.

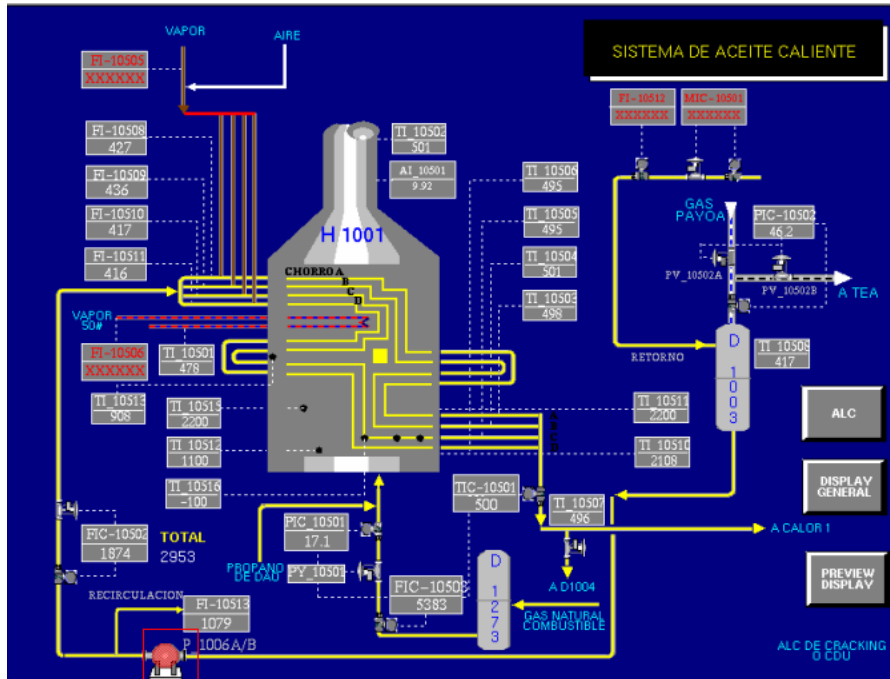
4.2.2 Sistema de gobernadores electrónicos para turbinas de vapor

- **Gobernador de la turbina NP1006.** Como la turbina NP1006 se encuentra en el sistema de aceite caliente, a través del display general de este sistema se puede llamar la información suministrada por el gobernador de esta turbina haciendo clic sobre el grafico que simula a la turbina como se indica en la figura 85. Aparece una pantalla como la figura 86, que indica las condiciones generales de la turbina. Para acceder a los datos de interés de este proyecto se creó el icono “INFORMACIÓN ADICIONAL”.

La figura 87 muestra la pantalla con los datos que fueron definidos como los requeridos del mapa de memoria del Gobernador de la turbina NP1006.

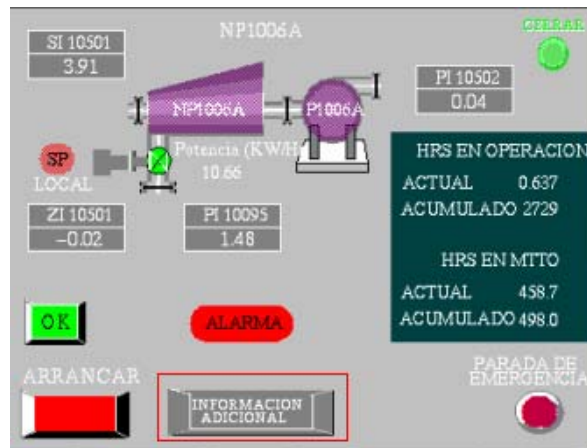
Para conocer que alarmas, disparos o estados están activos se emplea un código de colores que se indica en la figura 88.

Figura 85. Pantalla general del sistema de aceite caliente



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 86. Display de la información general de la turbina.



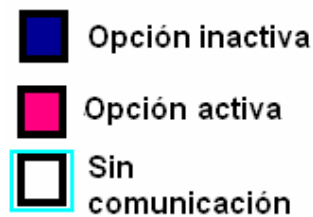
Fuente: Autores del proyecto.

Figura 87. Información de la turbina NP1006 traída desde el gobernador



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 88. Código de colores para conocer la activación



Fuente: Autores del proyecto.

- **Gobernadores de las turbinas NP1202 y NP1203.** Para acceder a la información de los gobernadores de las turbinas NP1202 y NP1203 se debe ubicar en la pantalla general de la sección de enfriamiento de solvente (figura 89), al hacer clic en la turbina en la que se desea mas información, en forma equivalente a lo obtenido para la turbina NP1006 aparece una de las dos pantallas que se muestran en la figura 90 de acuerdo a la turbina sobre la que se hizo clic.

En las pantallas indicadas en la figura 90 se muestran las condiciones generales de la turbina NP1202 o NP1203, según corresponda. Para acceder a los datos de interés de este proyecto se debe hacer clic en el icono “INFORMACIÓN ADICIONAL”.

La figura 91 muestra la pantalla con los datos que fueron definidos como los requeridos del mapa de memoria del gobernador de la turbina NP1202 y la figura 92 los datos del gobernador de la turbina NP1203.

Para conocer que alarmas, disparos o estados están activos se emplea un código de colores que se indica en la figura 88.

Figura 89. Pantalla general de la sección de enfriamiento de solvente

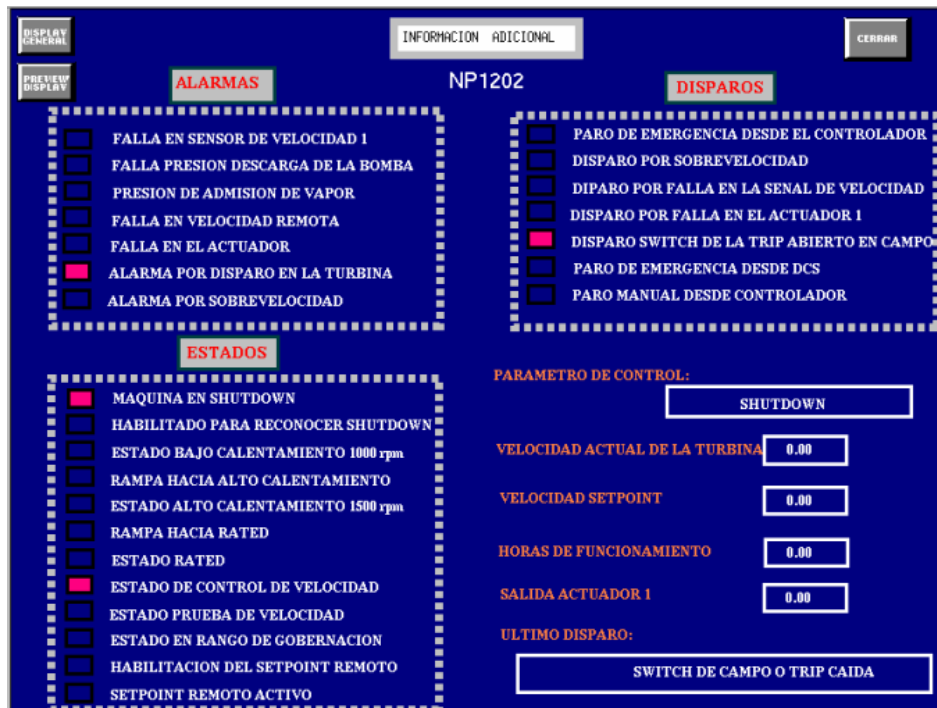


Figura 90. Display de la información general de la turbina



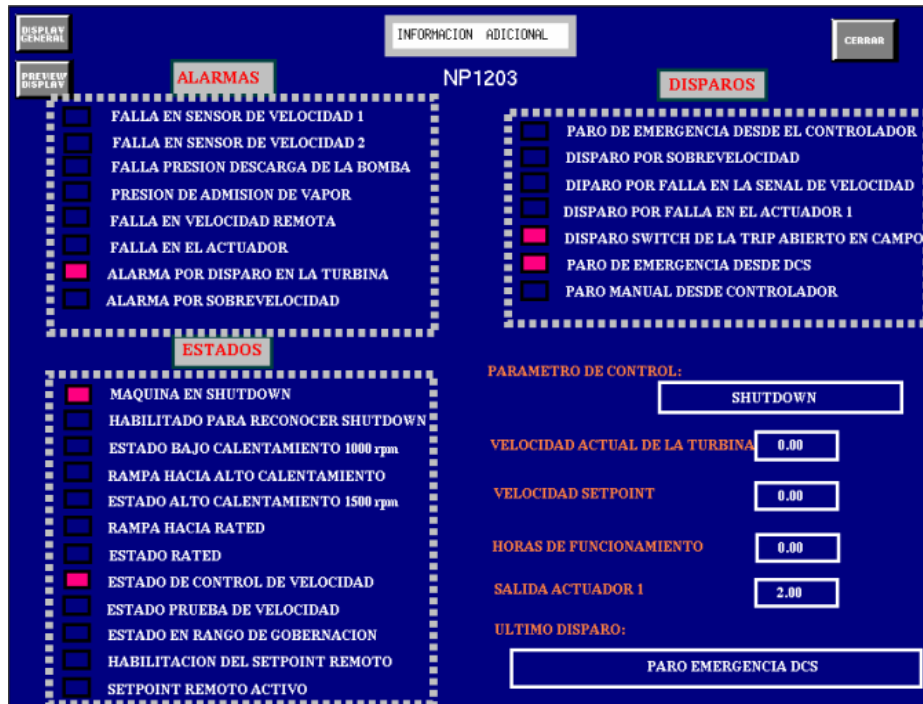
Fuente: Autores del proyecto.

Figura 91. Información de la turbina NP1202 traída desde el gobernador



Fuente: Autores del proyecto.

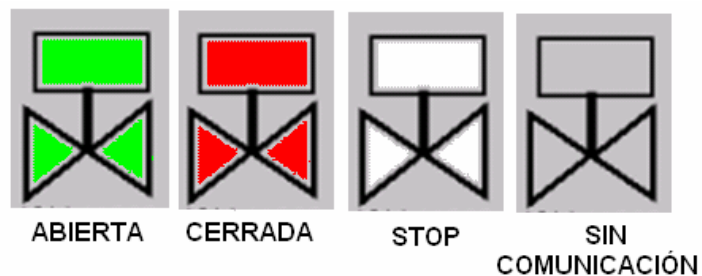
Figura 92. Información de la turbina NP1203 traída desde el gobernador



Fuente: Autores del proyecto.

4.2.3 Sistema de protección de válvulas motorizadas. Para acceder a la información de una válvula motorizada, se debe ubicar en la pantalla general del hidrot ratamiento de Cera (figura 95), Nafténico (figura 97) ó Parafínico (figura 99) y hacer clic en el icono, creado en este proyecto, “ESTADO MOV” que llama a la pantalla general de las Válvulas respectivas (figuras 96, 98 y 100). En esta pantalla se indica en forma grafica el estado de las válvulas de acuerdo a su color, como se indica en la figura 93.

Figura 93. Indicación del estado en forma grafica

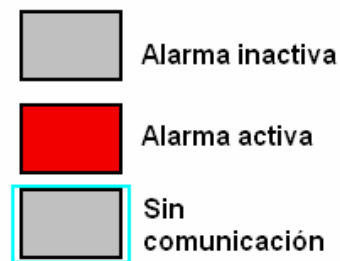


Fuente: Autores del proyecto.

Desde cada pantalla general de MOV's, se puede acceder a información de alarmas para cada válvula al hacer clic en el recuadro con nombre "ALARMAS" en la parte inferior de la respectiva válvula.

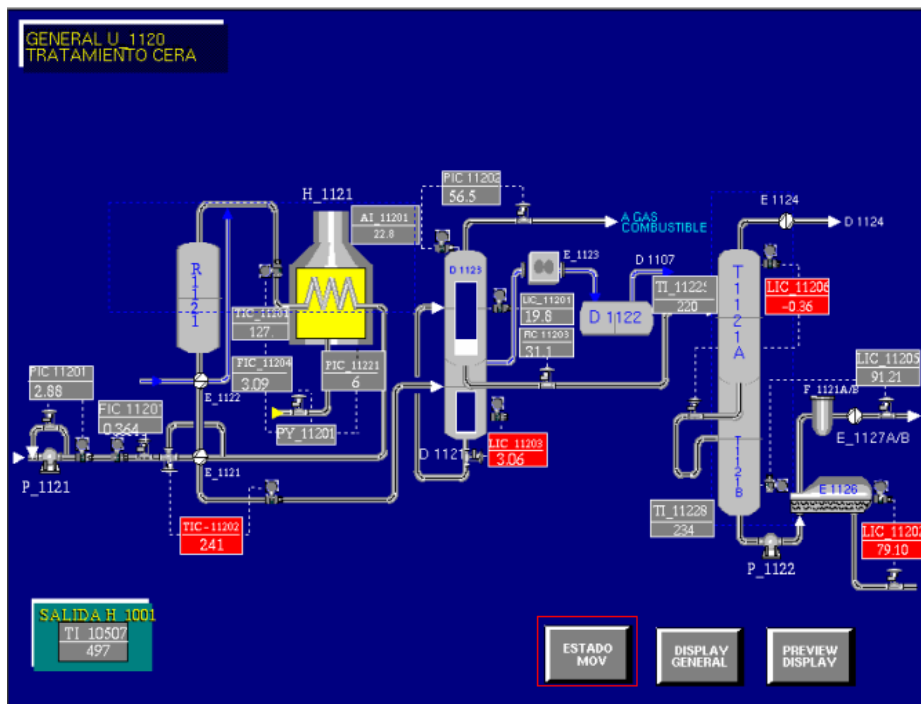
Para conocer las alarmas que se encuentran activas, se emplea el código de colores que se indica en la figura 104.

Figura 94. Indicación del estado de la válvula en forma grafica



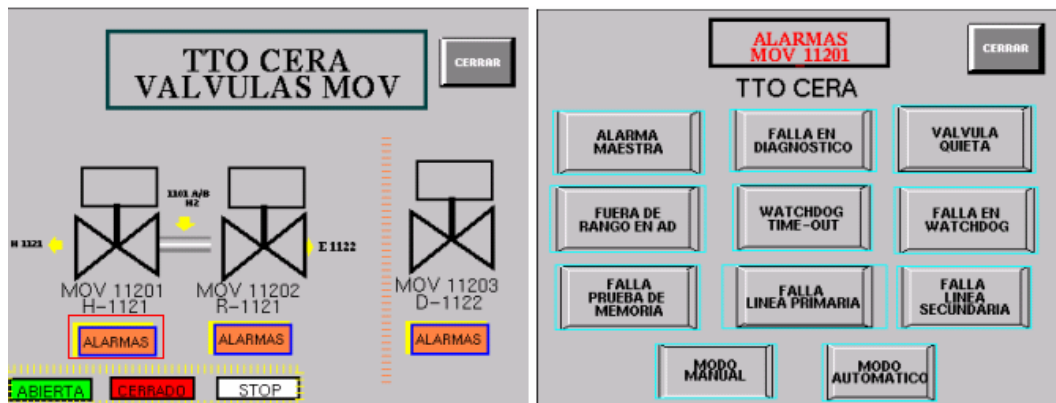
Fuente: Autores del proyecto.

Figura 95. Pantalla general del Tratamiento Cera



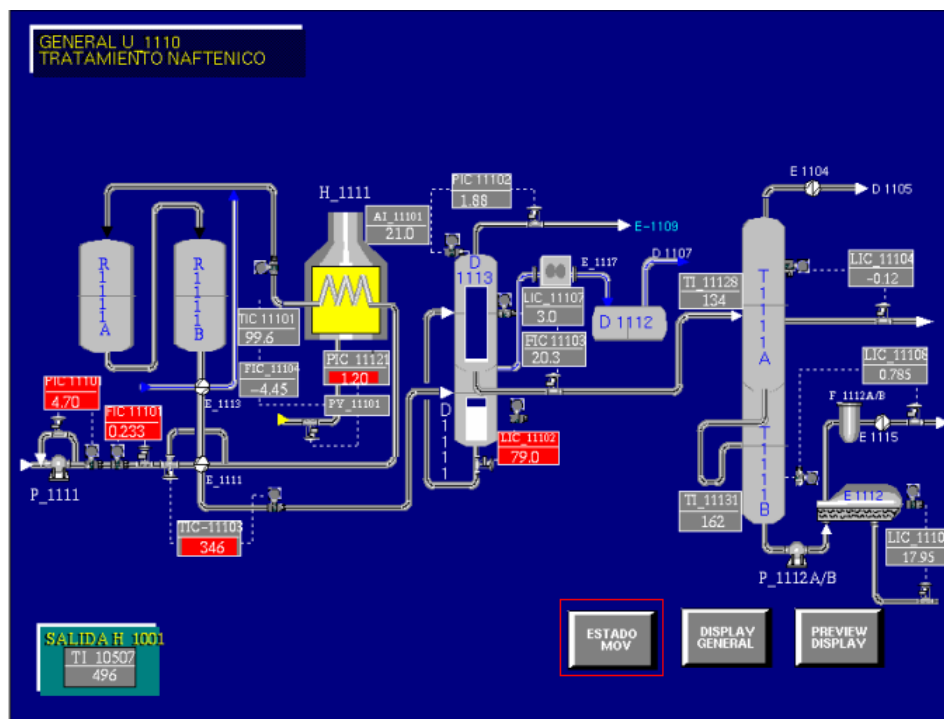
Fuente: Autores del proyecto.

Figura 96. Pantalla general de las MOVs del Tratamiento Cera y pantalla de información de las alarmas de la válvula MOV_11201



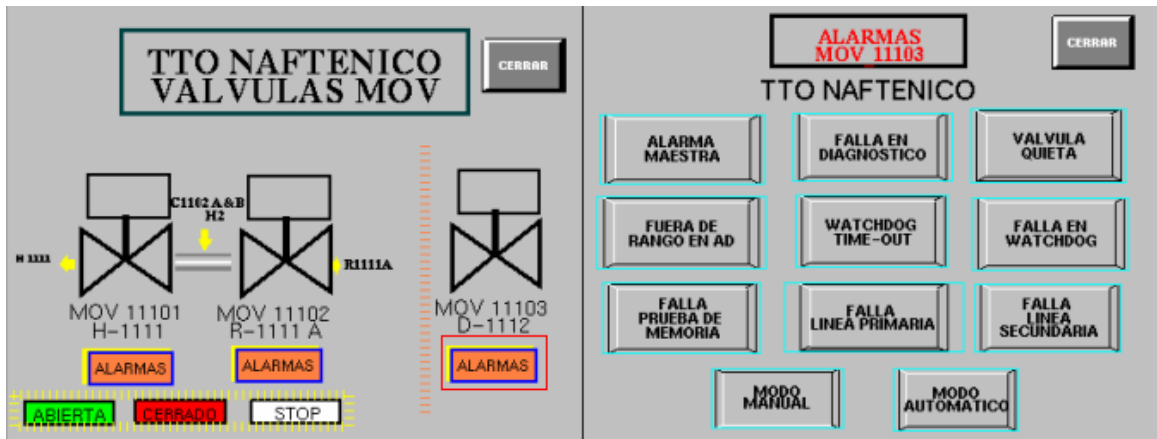
Fuente: Autores del proyecto.

Figura 97. Pantalla general del Tratamiento Nafténico



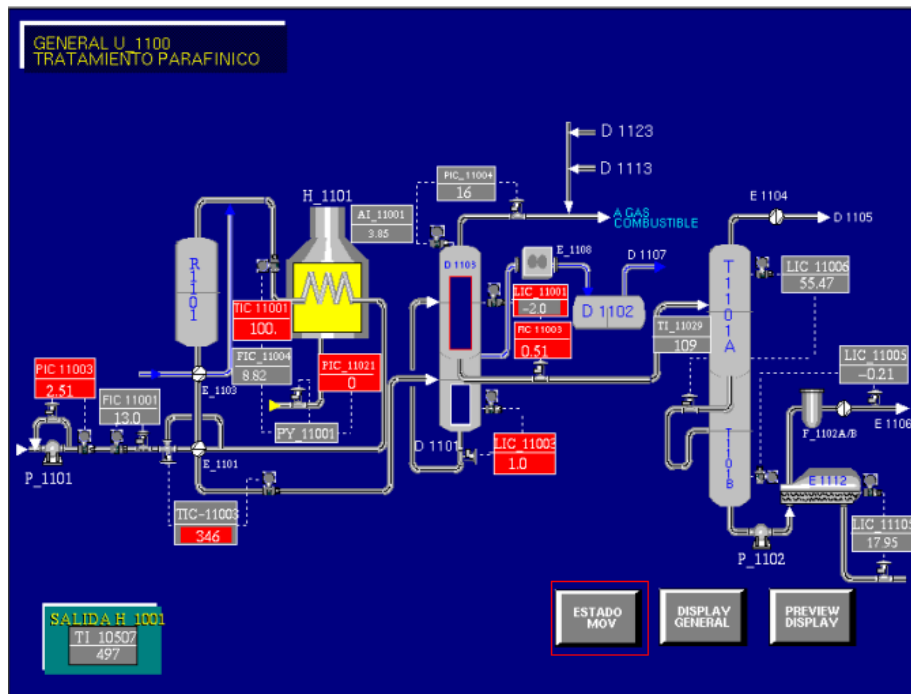
Fuente: Autores del proyecto.

Figura 98. Pantalla general de las MOVs del Tratamiento Naftenico y pantalla de información de las alarmas de la válvula MOV_11103



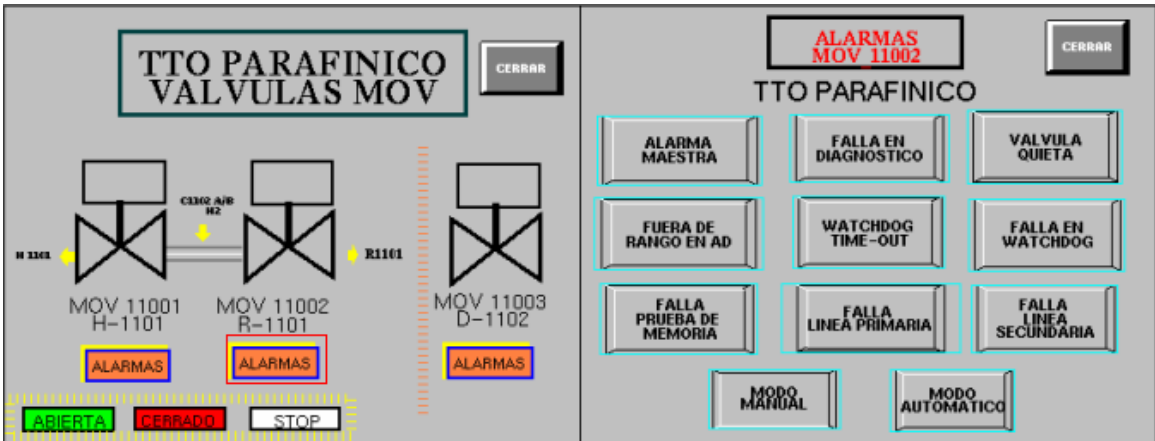
Fuente: Autores del proyecto.

Figura 99. Pantalla general del Tratamiento Parafínico



Fuente: Autores del proyecto.

Figura 100. Pantalla general de las MOVs del Tratamiento Parafinico y pantalla de información de las alarmas de la válvula MOV_11002



Fuente: Autores del proyecto.

5. CONCLUSIONES

El protocolo Modbus es de fácil empleo y muy útil en la industria debido a que muchos fabricantes programan sus equipos para que tengan la opción de comunicarse con este protocolo. Esto permite realizar integración de equipos y sistemas, de distintos fabricantes, como la realizada en este proyecto.

La integración de sistemas al DCS I/A por medio del protocolo Modbus se puede realizar en forma de red siempre y cuando se cumplan ciertos requisitos en cuanto al estándar físico utilizado en la red, ya que las grandes distancias son responsables de fallas en la comunicación.

El estándar físico RS-485 posee ventajas importantes sobre el estándar RS-232 que fueron aprovechadas en este proyecto como el buen rechazo de ruido, excelente velocidad de transmisión de datos, gran longitud del cable de interconexión y robustez general del estándar.

El cable de instrumentación 1x2x16 AWG + shield es adecuado para construir una red Modbus con estándar físico RS-485 por que permite cubrir grandes distancias con poca atenuación de la señal y además presenta buen apantallamiento a señales de ruido externas.

Un DCS tiene la ventaja de poder realizar en línea la configuración y conexión de nuevas estaciones. Debido a esta característica, no se necesitó apagar el control para poder acoplar la red Modbus.

Existen muchas soluciones para resolver los problemas que llevaron al desarrollo del proyecto, pero, se debe tener en cuenta, que cuando se trabaja en una empresa, el ingeniero debe adaptarse a ciertas condiciones que no se pueden cambiar.

Cuando se desee realizar la interconexión de varios equipos, se deben efectuar pruebas con cada uno por separado antes de hacer la interconexión. Esto reduce en gran medida las fallas que se puedan generar con el sistema final.

El producto final del proyecto, que consiste en la integración al DCS de los sistemas de Telemetría de Tanques marca *Enraf*, de Gobernadores Electrónicos para Turbinas de Vapor marca *Woodward* y de Protección de Válvulas Motorizadas marca *EIM*, se encuentra actualmente en operación en la planta de Parafinas y Bases Lubricantes de la Gerencia Complejo Barrancabermeja, Ecopetrol S.A.

Para realizar un proyecto en una empresa como Ecopetrol S.A., no solo se debe conocer el aspecto técnico del mismo sino que además se debe tener capacidad para gestionar y relacionarse con personal superior y subalterno, manifestando trato de amistad dentro de los límites de cordialidad y respeto adecuados.

Realizar un proyecto en una empresa, requiere también del compromiso y gestión de otros, teniendo en cuenta, que para hacer alguna solicitud se debe seguir el conducto regular y esta puede ser tramitada por varias personas en orden de jerarquía. Un ejemplo de ello se puede ver con las solicitudes de compra de equipos, donde estas pasan por varias oficinas antes de aprobarse. Este proceso puede demorarse demasiado y se corre el riesgo de perder tiempo valioso en la ejecución del proyecto.

La seguridad del personal y de los equipos es la principal preocupación al momento de realizar pruebas y mantenimiento. Por esta razón los requisitos en cuanto a utilizar los implementos de seguridad personal y la adecuación de la zona de trabajo son exigidos celosamente por la empresa.

Este proyecto se desarrolló gracias a la colaboración de entidades como Ecopetrol S.A. que aportó recursos materiales y el lugar de trabajo donde se desarrolló el proyecto y la Escuela

de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones por la asesoría brindada durante el desarrollo del proyecto.

6. RECOMENDACIONES

Después de la realización del presente trabajo, los autores del proyecto presentan las siguientes ideas para optimizar la aplicación desarrollada.

Lograr el control, desde el DCS, de las Turbinas de Vapor y de las Válvulas Motorizadas de la Planta de Parafinas y Bases Lubricantes con el fin de evitar el desplazamiento del operador cuando se requiera modificar algún parámetro en estos sistemas. Una posible solución sería configurar en el DCS los parámetros necesarios para ello. Si además se desea, como es el caso, aumentar la fiabilidad de la red Modbus, se deberá implementar redundancia en ella.

Optimizar el rendimiento del Integrador, con el fin de evitar posibles saturaciones en su capacidad de proceso debido a la gran cantidad de datos leídos y también para permitir la integración de algún otro sistema que se desee, ajustando los parámetros de tiempo para la adquisición de los datos por parte del DCS.

Permitir que los datos leídos por medio de la red Modbus sean almacenados en una base de datos y de esta manera, tener disponible en el futuro esta información por medio de gráficos de tendencia. Una solución sería emplear las opciones para históricos que posee el DCS.

Ubicar en un gabinete independiente los módulos convertidores RS232/RS485 de tal manera que no entorpezcan el mantenimiento de las unidades de Telemetría que se encuentran en el mismo gabinete, evitando posibles daños en los módulos convertidores.

Agilizar el proceso de compra de material en la Refinería con el fin de evitar pérdidas de tiempo en la realización de proyectos requeridos por las diversas plantas

Crear mecanismos que garanticen la seguridad del personal y de los equipos sin que entorpezcan el crecimiento de la empresa por la cantidad de trámites y el tiempo que se requiere en ellos.

Como recomendación final, sería positivo para la universidad y la industria, que se generaran vías de intercambio de conocimiento entre las empresas y la academia.

GLOSARIO

ASCII: Código estándar de *ANSI* para el intercambio de información. Para definir un carácter ASCII se requieren siete de los ocho bits de un octeto.

BACK UP: Copia de seguridad que se realiza a la configuración de un equipo.

BASE DE DATOS DE CONTROL: Sitio del DCS donde se almacena la configuración de los parámetros que caracterizan las diversas señales leídas de los dispositivos externos.

BORNERO: Terminal que sirve para conectar dos conductores.

CIU: Unidad Interfaz de Comunicación (Communication Interface Unit).

CONFIGURAR: Asignar determinados valores a los parámetros que caracterizan ya sea una señal o la comunicación.

CUARTO SATÉLITE SUR: Cuarto ubicado en el costado sur de la planta de Parafinas y Bases Lubricantes en el que se encuentran algunos equipos de control. Entre ellos se encuentran los Gobernadores Electrónicos marca Woodward.

DCS: Sistema de Control Distribuido (Distributed Control System).

DISPOSITIVOS AJENOS: Dispositivos que no pertenecen al sistema referido.

DISPLAY: Pantalla de visualización.

DTE: Equipo Terminal de Datos.

DCE: Equipo de Comunicación de Datos

EIM: Marca registrada de EIM Company, Inc.

ENRAF: Marca registrada de Enraf B.V.

ENTIS PRO: Software administrador de inventario de tanques que permite la visualización de las diversas variables de cada uno de los tanques por medio de ventanas, gráficos, tablas, etc.

ESTACIÓN: Cualquier módulo procesador conectado al Nodebus del DCS. Comúnmente se llama estación a la terminal de trabajo con monitor que utiliza el operador para visualizar gráficos de proceso.

ETHERNET: Estándar creado por Xerox, DEC e Intel para una red con velocidades entre 1 y 10 Mbps.

ECB: Bloque de Control del Equipo (Equipment Control Block).

ECB16: Bloque de Control del Equipo (Equipment Control Block) que se configura en el ICC y es utilizado exclusivamente para la definición de un dispositivo (esclavo) a ser accesado por el integrador.

ESTACIÓN MAESTRA: Equipo que controla las Válvulas Motorizadas.

FAULT-TOLERANT: Tolerante a fallas. Módulos que funcionan en parejas y al momento de presentarse falla en uno de ellos, el otro lo reemplaza.

FOXBORO: Marca registrada de The Foxboro Company.

GCB: Gerencia Complejo Barrancabermeja. Refinería ubicada en la ciudad de Barrancabermeja, Colombia.

GOV: Volumen Observado por el Medidor (Gauge Observed Volume).

GW1202_ECB: Compuesto que se crea al instalar el Integrador y dentro del cual están los bloques ECB16.

HORNO: Es un compartimento cerrado que se utiliza para calentar a muy altas temperaturas.

HOST: Equipo que administra la red. Computadora central.

I/A Series: Marca registrada de The Foxboro Company.

INFORMACIÓN DE CAMPO: Datos provenientes de los instrumentos que están en contacto directo con el proceso.

INTEGRACIÓN: Proceso de lograr la comunicación entre dispositivos electrónicos de diversos fabricantes.

INTEGRADOR (GATEWAY): Es cualquier estación utilizada como interface entre un DCS y dispositivos de otros fabricantes.

INVENSYS SYSTEMS: Empresa encargada de la asesoría y mantenimiento del DCS FOXBORO I/A Series.

ICC: Configurador del Control Integrado (Integrated Control Configurator). En él se configura la base de datos de control.

JUMPER: Puente de conexión.

KOYO: Marca registrada de Koyo Electronics.

LETTERBUG: Identificador que se coloca frente a cada módulo del I/A.

MICROPROCESADOR 80386: Familia de microprocesadores producida por Intel Corporation. Consiste en una unidad central de proceso, una unidad de manejo de memoria y una unidad de interfaz con el bus.

MODBUS: Marca registrada de Modicon Inc., Industrial Automation Systems.

MODBUS RTU: Modo de transmisión en el protocolo Modbus, en el cual los caracteres van codificados en binario, cada carácter tiene 8 bits.

MODBUS ASCII: Modo de transmisión en el protocolo Modbus, en el cual los caracteres van codificados en ASCII.

MOV'S: Acrónimo de Válvulas Motorizadas.

OVERLAY: Cubierta.

PARADA DE PLANTA: Interrupción en la producción de una planta por fallos en algún sistema. Los días de parada de planta durante un año es un parámetro muy importante en la evaluación del desempeño de una refinería.

PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN: Los parámetros de comunicación se refiere a modo del protocolo Modbus, tipo de paridad, bits de parada, velocidad de transmisión, tipo de estándar físico y dirección del dispositivo en la red.

PINOUT: Relación entre cada pin de un conector y su respectiva función.

PLC: Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller).

PROTOCOLO PROPIETARIO: Protocolo que no es de uso público sino que los derechos sobre su utilización pertenecen a alguien.

PC: Computador Personal (Personal Computer).

PUERTO DE HOST: Puerto que se encarga de transmitir la información.

PUERTO DE CAMPO: Puerto que se encarga de recibir información.

REDUNDANCIA: Doble bus en una red.

RTD: Detector Resistivo de Temperatura (Resistive Temperature Detectors).

REACTOR: Confinamiento donde se lleva a cabo la reacción principal de un proceso.

RS (Recommended Stándar) : Estándar Recomendado para la interfaz física de la transmisión y no tiene que ver con el protocolo utilizado en la transmisión. Este estándar puede ser RS 232, RS 422 ó RS 485.

SETPOINT: Punto de consigna de una variable.

SISTEMA DE TELEMETRIA: Sistema de Telemetría de Tanques marca Enraf

SISTEMA DE MOV'S: Sistema de Protección de Válvulas Motorizadas marca EIM

SISTEMA DE GOBERNADORES: Sistema de Gobernadores Electrónicos para Turbinas de Vapor marca Woodward.

STAND-ALONE: Autónomo. Autosuficiente.

SET: Grupo ó Conjunto.

SWITCH SELECTOR: Interruptor seleccionador.

SCADA: Control Supervisorio y adquisición de datos (Supervisory Control And Data Acquisition).

TARJETA HOST: Tarjeta electrónica que posee el puerto de Host

TOV: Volumen Total Observado (Total Observed Volume).

TECLADO ANUNCIADOR: Teclado que presenta alarmas.

TEA: Conducto por el que se queman y arrojan gases de desecho a la atmósfera.

WOODWARD: Marca registrada de Woodward Governor Company.

MODULO F4-SLV-MB: Módulo esclavo Modbus que presenta dos Puertos de comunicación y está conectado al PLC DL405.

BIBLIOGRAFÍA

DISTÉFANO, Mario. Electrónica General y Aplicada. Comunicaciones En Entornos Industriales. En Línea. Mendoza, Argentina. Universidad Nacional de Cuyo. [Consultado 2005-03-10]. Disponible en Internet:

<http://fing.uncu.edu.ar/catedras/archivos/electronica/tema12r.pdf>

ECOPETROL GCB. Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

ECOPETROL S.A. Conózcenos. Qué hacemos. En línea. Bogotá. [Consultado 2005-02-16]. Disponible en Internet: <http://www.ecopetrol.com.co>

ENRAF B.V. Installation guide 880 CIU Prime/CIU Plus. Version 1.3. Delft. The Netherlands, 2000.p. 3-7

ENRAF B.V. Instruction manual Ensite Pro Configuration Tool. Version 1.1. Delft. The Netherlands, 2000.p. 46-54

FOXBORO AN INVENSYS COMPANY. Mantenimiento del sistema en los sistemas de la serie I/A. Argentina. An Invensys Company. 1998. p. 2.5-2.7

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otros trabajos de grado. Edición 2005-2006. Bogotá. ICONTEC. 2004. 110 p. ISBN 958938307-6.

INSURCOL LTDA. Mantenimiento preventivo y correctivo de válvulas motorizadas EIM instaladas en la GCB. Información Técnica Suministrada a Ecopetrol Ref. 54689.02.55. Bucaramanga. 2004. p. 18

MODICON, INC. INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS. Modicon Modbus Protocol Reference Guide. PI-MBUS-300 Rev. J. North Andover, Massachusetts. USA, 1996. pp. 4 y 6

THE FOXBORO COMPANY. I/A Series Integrated Configuration: I/A Series Hardware Overview. Massachussets: The Foxboro Training Institute. 1999. p. 1-23

THE FOXBORO COMPANY. I/A Series Integrated Configuration: I/A Series Software Overview. Massachussets: The Foxboro Training Institute. 1999. p. 1-48

THE FOXBORO COMPANY. Integrators for Modbus and Modbus Plus Devices. Massachussets: An Invensys Company. 2001. 289 p

WOODWARD GOVERNOR COMPANY. “Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores”. Manual 85017V1A. Fort Collins Colorado. USA, 1997 VOLUMEN 1. p. 7-8

INGENIERÍA DE SINÓPTICOS. Norma de Comunicación TIA/EIA-232-E. Archivo en línea. Consultado 5 de Noviembre de 2005. Madrid. Ingeniería de sinópticos. Disponible en Internet: http://www.sinopticos.com/rs_232.html

ANEXOS

ANEXO A. ECOPETROL S.A.

A. 1 GENERALIDADES

Ecopetrol S.A. es una Sociedad Pública por Acciones, del Estado colombiano, dedicada exclusivamente a buscar, producir, transportar, almacenar, refinar y comercializar hidrocarburos. Es la empresa financieramente más sólida e importante de Colombia.

Son dueños absolutos o tienen la participación mayoritaria de la infraestructura de transporte y refinación del país.

Cuentan con campos de extracción de hidrocarburos en el centro, el sur, el oriente y el norte de Colombia, dos refinerías, puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas y una red de transporte de oleoductos y poliductos a lo largo de toda la geografía nacional, que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos.

Tienen a su disposición el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), considerado el más completo centro de investigación y laboratorio científico de su género en el país, donde reposa el acervo geológico de un siglo de historia petrolera de Colombia.

En 2003 se convirtió en una sociedad pública por acciones y emprendió una transformación que garantiza mayor autonomía financiera y competitividad dentro de la nueva organización del sector de hidrocarburos de Colombia, con la posibilidad de establecer alianzas comerciales fuera del país.

Se estructuró en cinco niveles de procesos de negocio que se dividen en:

- Exploración

- Producción
- Refinería y Petroquímica
- Transporte
- Suministro y Mercadeo

Exploración

La Vicepresidencia de Exploración tiene la Misión de liderar la actividad exploratoria de Ecopetrol S.A. para incrementar el volumen de reservas de hidrocarburos, mediante el hallazgo de nuevas reservas de petróleo o gas, directamente, en asocio con terceros y/o mediante la compra de las mismas.

Producción

Ecopetrol S.A es responsable de la producción total de crudo y gas en el país, obtenida mediante la operación directa y la operación asociada.

La operación incluye la extracción, recolección, tratamiento, almacenamiento y bombeo o compresión de hidrocarburos.

Refinería y petroquímica

Ecopetrol S.A. cuenta con una infraestructura que integra el proceso de transformación de hidrocarburos, para garantizar la demanda y el consumo nacional de combustibles y petroquímicos de manera rentable con estándares de calidad cada vez más altos.

Transporte

Ecopetrol S.A. garantiza al país y a los inversionistas el transporte y disponibilidad oportuna de los diferentes hidrocarburos para refinación, exportación o consumo a través de su red de poliductos y oleoductos, que van desde los centros de producción hasta las refinerías y puertos en los océanos Atlántico y Pacífico.

Suministro Y Mercadeo

Ecopetrol comercializa en el mercado internacional sus excedentes de petróleo tales como crudo Cusiana, Caño Limón, Vasconia, South Blend y productos derivados, entre los que se destacan el fuel Oil N° 6, la nafta virgen, la nafta craqueada, turbocombustible, entre otros.

La Empresa dirige sus esfuerzos a cuatro frentes estratégicos: asegurar la lealtad de sus clientes actuales, posicionar crudos, productos y servicios en segmentos de mercado, desarrollar nuevos productos y servicios de mayor valor para los clientes y desarrollar el mercado del gas natural para la actual y nueva oferta.

Investigar y desarrollar

El Instituto Colombiano del Petróleo trabaja en ocho líneas de investigación aplicada a la cadena del petróleo, brinda apoyo a los proyectos tecnológicos de los negocios operativos de la Compañía y servicios técnicos especializados para la industria a través de sus laboratorios y plantas piloto. Convenios con centros de investigaciones y universidades nacionales e internacionales le permiten ampliar su campo de acción.

Las actividades del Instituto están definidas de acuerdo con las necesidades estratégicas de la Empresa y es el responsable de la gestión tecnológica y de conocimiento dentro de ella.

LA MISIÓN DE ECOPETROL

Maximizar el valor de los recursos a su disposición con el fin de garantizar el crecimiento de la empresa, como base para optimizar la transferencia de recursos al estado en forma sostenible en el largo plazo, a través de una gestión competitiva de la cadena productiva del petróleo, gas y sus derivados.

LA VISIÓN DE ECOPETROL

Ser una empresa estatal líder en el sector energético, competitiva nacional e internacionalmente, integrada en la cadena productiva del petróleo, gas y sus derivados. Ecopetrol asegurará su continuo crecimiento con autonomía administrativa y financiera.

A.2 REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA

Ecopetrol S.A. cuenta con una infraestructura que integra todo el proceso de transformación de hidrocarburos, para garantizar la demanda y el consumo nacional de combustibles y petroquímicos de manera rentable con estándares de calidad cada vez más altos.

En Colombia hay dos grandes refinerías: el Complejo Industrial de Barrancabermeja y la refinería de Cartagena. A la primera se le llama complejo porque también posee procesos petroquímicos. Estas refinerías abastecen las ciudades más importantes, entre ellas, Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali.

Hay otras dos refinerías de menor tamaño en Orito, en el Sur de Colombia y en Tibú en el Noreste colombiano. Las dos abastecen la demanda local.

Tiene una capacidad instalada de refinación de 300 mil barriles de carga de crudo diarios, en las Refinerías de Barrancabermeja (225.000bbls/día) y Cartagena (75.000bbls/día).

A.3 COMPLEJO INDUSTRIAL DE BARRANCABERMEJA (GCB)

- Sede: Barrancabermeja (Santander).
- Negocio: Refinación de crudo y petroquímica.
- Capacidad instalada: 205.000 kbd
- Capacidad proyectada: 255.000 kbd (barriles por día)
- Producción: Gasolina motor (corriente y extra), bencina, cocinol, diesel, queroseno, Jp-A, avigás, gas propano, combustóleo, azufre, ceras parafínicas, bases lubricantes, polietileno de baja densidad, aromáticos, asfaltos, alquilbenceno, ciclohexano, disolventes alifáticos.

La Gerencia Complejo Barrancabermeja se extiende en un área de 254 hectáreas, en las que se distribuyen más de 50 modernas plantas y unidades de proceso, tratamiento, servicios y control ambiental. Entre ellas se cuenta con cinco unidades topping, cuatro unidades de ruptura catalítica, dos plantas de polietileno y plantas de alquilación, ácido sulfúrico, parafinas, aromáticos, y plantas para el procesamiento de residuos.

Además, existen los procesos denominados facilidades auxiliares. Estos corresponden a aquellos equipos y procedimientos que no están directamente involucrados con la refinación pero adelantan funciones vitales para su operación. Tal es el caso de las calderas, la planta de hidrógeno, los sistemas de enfriamiento, los sistemas de recuperación de azufre y los sistemas de tratamiento de residuos o de control de la contaminación.

La Gerencia Complejo Barrancabermeja tiene la gran responsabilidad de generar el 75% de la gasolina, combustóleo, ACPM y demás combustibles que el país requiere, así como el 70% de los productos petroquímicos que circulan en el mercado nacional.

A.4 PLANTA DE PARAFINAS Y BASES LUBRICANTES

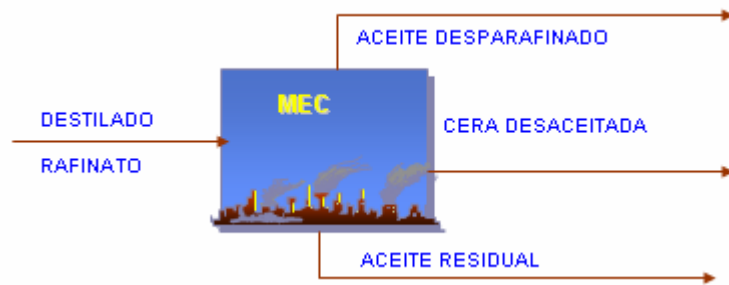
El objetivo de esta planta es básicamente la producción de parafinas con bajo contenido de aceite y bases lubricantes de alta calidad a partir de destilados de crudos parafínicos y nafténicos.

La planta cuenta con las siguientes unidades de proceso:

Unidad de Desparafinado con MEC.

Proceso realizado a baja temperatura, el cual permite separar las parafinas que se encuentran en las fracciones lubricantes de crudo, mediante el uso de un solvente (50% MEC + 50% Tolueno). La baja temperatura permite la precipitación de las parafinas y el solvente facilita la separación de la CERA y el ACEITE LUBRICANTE.

Figura A1. Diagrama unidad de desparafinado con MEC

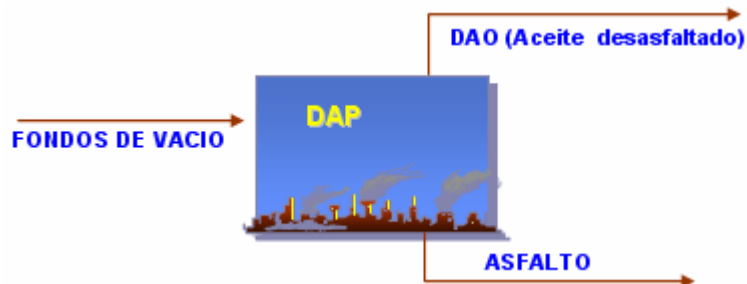


Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

Unidad de desasfaltado con propano (DAP): Sistema de Aceite Caliente (ALC).

Esta unidad tiene como objetivo la extracción de los compuestos asfálticos de los fondos de vacío parafínicos, se logra mediante un proceso de extracción LIQUIDO-LIQUIDO a alta presión, utilizando PROPANO como solvente. Como resultado de este proceso se reduce el contenido de carbón conradson de los productos.

Figura A2. Diagrama unidad de desasfaltado con propano



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

Tratamiento con Hidrogeno.

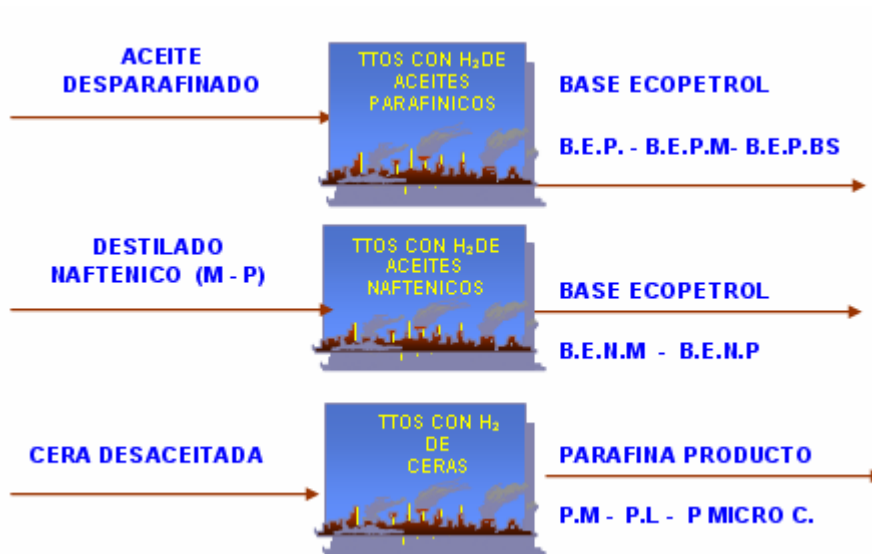
Este busca mejorar la calidad de los aceites y las parafinas mediante el proceso de Hidrogenación catalítica.

Los aceites mejoran su color, índice de Viscosidad, estabilidad a la oxidación (removiendo S, O, N y saturando las Olefinas).

Las ceras mejoran su color y estabilidad a la oxidación.

- * Unidad de Hidrotratamiento de aceites PARAFÍNICOS
- * Unidad de Hidrotratamiento de aceites NAFTÉNICOS
- * Unidad de Hidrotratamiento de CERAS

Figura A3. Diagrama unidades de hidrotratamiento



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

Unidad de generación de Hidrógeno.

Esta unidad tiene como objetivo producir hidrógeno de alta calidad para los procesos de hidrotratamiento de bases y ceras, adicionalmente, produce CO₂ para facilitar la filtración en la Unidad de Desparafinado.

Figura A4. Diagrama unidad de generación de Hidrógeno

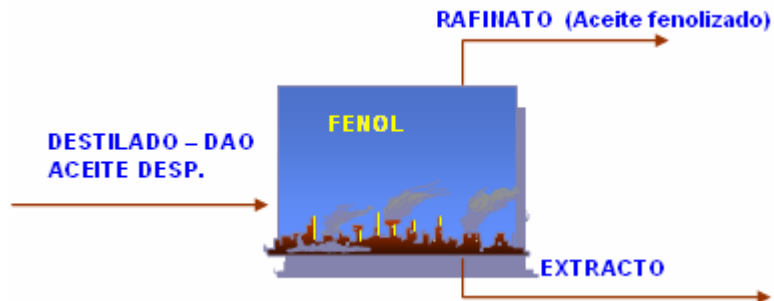


Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

Unidad de Extracción con FENOL.

Esta unidad tiene como objetivo la extracción de los compuestos aromáticos y nafténicos pesados de una carga parafínica, se logra mediante un proceso de extracción LIQUIDO-LIQUIDO utilizando FENOL como solvente. Como resultado de este proceso se mejora el índice de viscosidad del Producto (Refinado).

Figura A5. Diagrama unidad de extracción con Fenol



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

ANEXO B. COMUNICACIÓN MODBUS

Cuando se desea comunicar dispositivos, se debe definir un conjunto de reglas que permita enviar y recibir mensajes, y que logre la detección y corrección de errores en la transmisión de los datos. A este conjunto de reglas se le denomina Protocolo.

Un protocolo industrial es aquel que es utilizado en la comunicación de dispositivos electrónicos que participan en el control de procesos o en la manufactura, para darles capacidad de comunicar datos del proceso de manera óptima. Aunque muchos son propietarios, tienden con el tiempo a convertirse en protocolos de uso generalizado por su aceptación en el mercado.

B.1 PROTOCOLO MODBUS

Modbus es un protocolo industrial que define el formato que deben tener los datos y las técnicas para controlar el flujo de estos, determina cómo cada dispositivo conocerá su dirección, reconocerá un mensaje direccionado a él, determinará el tipo de acción a tomar y extraerá cualquier dato u otra información contenida en el mensaje. Si se requiere una respuesta, el dispositivo construirá el mensaje respuesta y lo enviará utilizando este protocolo.

En este protocolo se usa una técnica maestro – esclavo, en la cual sólo un dispositivo (el maestro) puede iniciar transacciones (llamadas ‘peticiones’) (Figura B1). Los otros dispositivos (los esclavos) responden suministrando al maestro el dato solicitado, o realizando la acción solicitada en la petición.

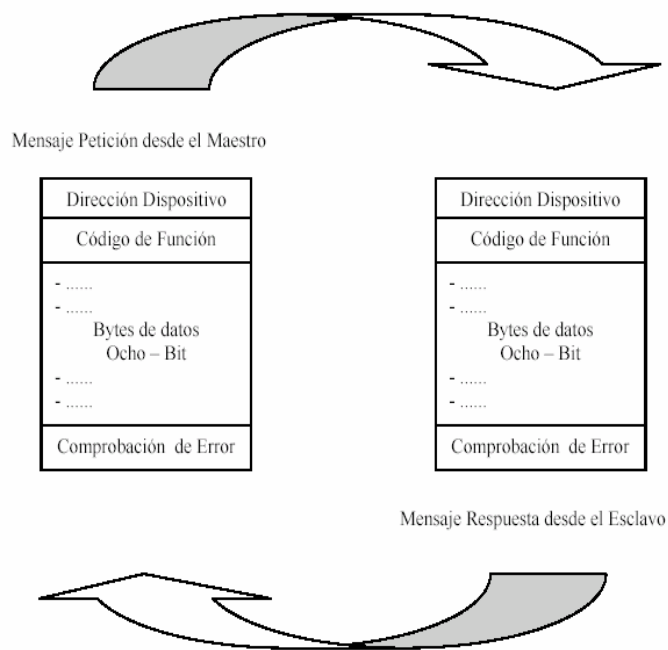
El dispositivo maestro puede enviar mensajes individualmente a los dispositivos esclavos o también puede enviar un mensaje a todos los esclavos, hecho que se conoce como difusión y en el cual los esclavos no retornarán una respuesta al maestro.

Con el protocolo Modbus siempre debe existir un maestro y por lo menos un esclavo, puede haber entre 2 y 248 dispositivos en una red de modbus, el maestro y 247 esclavos.

Actualmente se encuentran diversas versiones de Modbus: Standard Modbus, Extended Modbus, Modbus plus. El mas empleado es el Standard Modbus.

Figura B1. Ciclo Petición-Respuesta

El ciclo Petición – Respuesta



Fuente: MODICON, INC. INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS. “Modicon Modbus Protocol Reference Guide”. PI-MBUS-300 Rev. J. North Andover, Massachusetts. USA

El protocolo Modbus establece el formato para la petición del maestro, en ella incluye la dirección del dispositivo esclavo, un código de función que define la acción solicitada, datos adicionales y un campo para la comprobación de error. El mensaje de respuesta también está definido por el protocolo Modbus. Este contiene campos que confirman la acción tomada por el esclavo, datos requeridos por el maestro y un campo de comprobación

de error. Si el esclavo recibe un mensaje que presente errores, este construirá un mensaje de error y lo enviará al maestro para notificarle.

La Petición: El campo de dirección indica el esclavo a quien va dirigido el mensaje. El código de función indica la acción que debe tomar el dispositivo esclavo. Los bytes de datos contienen información requerida por el esclavo. El campo de comprobación de error es requerido por el esclavo para validar el mensaje recibido.

La Respuesta: La respuesta normal elaborada por el esclavo contiene el mismo código de función recibido. Si ocurre un error, el código de función de la respuesta cambia. El campo de datos contiene la información solicitada por el maestro. El campo de comprobación de error permite al maestro validar la respuesta del esclavo.

Tipo de datos: En general hay cuatro tipos de datos que en el protocolo Modbus pueden ser requeridos:

- Bits de retención (Coil)
- Bits de estado (Status input)
- Registros de entrada (Input registers)
- Registros de retención (Holding registers)

De los tipos de datos los que pueden tomar el valor 1=ON ó 0=OFF son los bits de entrada (status input) y los bits de retención (coil), los registros manejan números de 16 bits con signo, o sea, que están entre -32767 y $+32767$.

Para comunicar sobre redes Modbus standard se puede utilizar cualquiera de dos modos de transmisión: ASCII (American Standard Code for Information Interchange) o RTU (Remote Terminal Unit). Estos modos determinan cómo debe ser empaquetada y decodificada la información en los campos del mensaje.

B.2 MODO ASCII

En este modo cada byte del mensaje es codificado como dos caracteres ASCII.

Cada caracter está compuesto por 1 bit de arranque, 7 bits de datos, 1 bit de paridad par o impar y 1 bit de parada. Si no se utiliza paridad, se tienen 2 bits de parada.

En el campo de comprobación de error se utiliza Comprobación Longitudinal Redundante (LRC).

Caracter ASCII

Figura B.2. Caracter ASCII



Fuente: MODICON, INC. INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS. "Modicon Modbus Protocol Reference Guide".
PI-MBUS-300 Rev.

B.3 MODO RTU

En este modo cada byte del mensaje se codifica en binario. Por esta razón en el modo RTU la información es transmitida a mayor velocidad.

Cada caracter está compuesto por 1 bit de arranque, 8 bits de datos, 1 bit de paridad par o impar y 1 bit de parada. Si no se utiliza paridad, se tienen 2 bits de parada.

En el campo de comprobación de error se utiliza Comprobación Cíclica Redundante (CRC).

Caracter RTU

Figura B3. Caracter RTU



Fuente: MODICON, INC. INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS. "Modicon Modbus Protocol Reference Guide".
PI-MBUS-300 Rev. J. North Andover, Massachusetts. USA

B.4 TRAMA DEL MENSAJE MODBUS

En cualquiera de los modos de transmisión (ASCII ó RTU), el dispositivo que transmite, coloca el mensaje en una trama que tiene un comienzo y un final conocidos. Esto permite a los dispositivos receptores comenzar en el arranque del mensaje, leer el campo de dirección y determinar qué dispositivo es direccionado y reconocer el final del mensaje. Si el mensaje no llega completo, se establece un error como resultado.

Trama del mensaje ASCII

Figura B4. Trama del mensaje ASCII

ARRANQUE	DIRECCION	FUNCION	DATOS	COMPROB. LRC	FINAL
1 carácter :	2 caracteres	2 caracteres	N caracteres	2 caracteres	2 caracteres CRLF

Fuente: MODICON, INC. INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS. “Modicon Modbus Protocol Reference Guide”.
PI-MBUS-300 Rev. J. North Andover, Massachusetts. USA

Trama del mensaje RTU

Figura B5. Trama del mensaje RTU

ARRANQUE	DIRECCION	FUNCION	DATOS	COMPROB. CRC	FINAL
T1-T2-T3-T4	8 BITS	8 BITS	N x 8 BITS	16 BITS	T1-T2-T3-T4

Fuente: MODICON, INC. INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS. “Modicon Modbus Protocol Reference Guide”.
PI-MBUS-300 Rev. J. North Andover, Massachusetts. USA

B.4.1 Campos de la trama Modbus.

Campo de dirección. En él se escribe la dirección del dispositivo esclavo. Está en el rango de 0 a 247.

Campo de código de función. En este campo se escribe un código que indica la acción que debe realizar el esclavo. Los principales códigos de función se listan en la Tabla B1.

Tabla B1. Códigos de función

Código	Nombre	Área de memoria	Descripción	Tipo de posición
01	Leer estados de retención	(0) 0000...(0)FFFF	Información de 1 bit	Lectura/Escritura.
02	Leer estados de entrada	(1) 0000...(1)FFFF	Información de 1 bit	Solo lectura.
03	Leer registros de retención	(4) 0000...(4)FFFF	Información de 1 registro	Lectura/Escritura.
04	Leer registros de entradas	(3) 0000...(3)FFFF	Información de 1 registro	Solo lectura.
05	Forzar un único bit de	(0) 0000...(0)FFFF	Escribe 1 bit	Lectura/Escritura.
06	Preestablecer un único	(4) 0000...(4)FFFF	Escribe 1 registro.	Lectura/Escritura.
08	Diagnósticos			
15	Forzar múltiples bits de	(0) 0000...(0)FFFF	Escribe múltiples bits	Lectura/Escritura.
16	Preestablecer múltiples	(4) 0000...(4)FFFF	Escribe múltiples registros	Lectura/Escritura.

Fuente: Autores del proyecto.

Campo de datos. El campo de datos de los mensajes enviados desde el maestro al esclavo, contiene información que el esclavo debe usar para tomar la acción definida por el código de función.

Si no ocurre error, el campo de datos de una respuesta desde un esclavo al maestro, contiene los datos solicitados. Si ocurre error, este campo contiene un código de excepción que el maestro utilizará para corregirlo.

Campo de Comprobación de error. En el modo ASCII, los caracteres de comprobación de error son el resultado de un cálculo de Comprobación Longitudinal Redundante (LRC) que es realizado sobre el contenido del mensaje.

En el modo RTU, el valor de comprobación de error es el resultado de un cálculo de Comprobación Cíclica Redundante (CRC) realizado sobre el contenido del mensaje.

✓ B.5 RESPUESTAS DE EXCEPCIÓN

Excepto para mensajes tipo difusión, cuando un dispositivo maestro envía una petición a un dispositivo esclavo, espera una respuesta normal. Uno de cuatro posibles eventos pueden ocurrir desde la petición del maestro:

- Si el dispositivo esclavo recibe la petición sin error de comunicación y puede manejar la petición normalmente, devuelve una respuesta normal.
- Si el esclavo no recibe la petición debido a un error de comunicación, no hay devolución de respuesta. El programa del maestro eventualmente procesará una condición de tiempo excedido - timeout -, para la petición.
- Si el esclavo recibe la petición, pero detecta un error de comunicación (paridad, CRC), no hay devolución de respuesta. El programa del maestro eventualmente procesará una condición de tiempo excedido – timeout -, para la petición

Si el esclavo recibe la petición sin error de comunicación, pero no puede manejarla (por ejemplo, si la solicitud es leer un bit o registro inexistente), el esclavo devolverá una respuesta de excepción informando al maestro de la naturaleza del error.

Tabla B2. Principales diferencias entre Modbus ASCII y Modbus RTU

ASCII	RTU
Los caracteres se pueden enviar hasta con un segundo de diferencia. Por esta razón existe poca probabilidad de que ocurra error.	Cada mensaje se transmite como una ráfaga de bits. Está propenso a que ocurran errores.
Baja velocidad de transmisión	Alta velocidad de transmisión
Caracteres en ASCII	Caracteres en binario
Formato de byte: 1 byte (8 bits) codificado como 2 caracteres ASCII	Formato de byte: 1 byte (8 bits) codificado en binario
LRC (Chequeo de Redundancia Longitudinal)	CRC (Chequeo de Redundancia Cíclica)

**ANEXO C. INSTRUCTIVO PARA EL EMPLEO DEL SIMULADOR DE
PROTOCOLO MODBUS (Mdbus Rev. 2.01) PARA WINDOWS**

Modicon, An AEG Company, Modicon Modbus Protocol Version

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO	137
2. ALCANCE.....	137
3. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	137
4. DOCUMENTOS APLICABLES.....	139
5. CONDICIONES GENERALES	139
6. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	142
7. DESARROLLO.....	142
8. CONTINGENCIAS	149
9. BIBLIOGRAFÍA.....	149

1. OBJETO

Asegurar que la configuración del simulador del protocolo Modbus sea bien comprendida antes de comunicar equipos mediante este protocolo, y así, lograr comunicar satisfactoriamente, diversos equipos que estén dentro de las instalaciones de ECOPETROL GCB.

Este instructivo describe las acciones a desarrollar para la configuración y la realización de pruebas de lectura y control en el simulador Mdbus Rev. 2.01 del protocolo Modbus, usando como sistema operativo Windows.

2. ALCANCE

Aplica a todo equipo que se comunica bajo el protocolo Modbus ya sea en modo maestro, esclavo o monitor y en cualquiera de los dos modos de transmisión ASCII o RTU, que se encuentran ubicados en ECOPETROL SA, Gerencia del Complejo de Barrancabermeja.

3. GLOSARIO DE TÉRMINOS

En la siguiente tabla se presenta el significado de algunas palabras claves para la comprensión del presente documento:

Tabla 1. Glosario

Protocolo	Constituye el conjunto de reglas y convenciones que deben cumplir equipos que se comunican entre sí.
Modbus	Es un protocolo utilizado en comunicaciones industriales, que permite a los dispositivos de medición y control cubrir grandes distancias.

	<p>Con este protocolo los dispositivos se comunican utilizando una técnica maestro-esclavo, en la cual un dispositivo (maestro) solicita a otro dispositivo (esclavo) la ejecución de una acción.</p> <p>Sobre redes Standard Modbus se puede configurar cualquiera de los dos modos de transmisión: ASCII o RTU, donde se define los bits contenidos en los campos del mensaje transmitido en forma serie en esas redes.</p>
Mdbus	Es un software que provee Modicon Inc., que sirve para simular dispositivos que se comunican utilizando el protocolo Modbus.
Maestro	Es el dispositivo que puede iniciar transacciones en una red Modbus.
Esclavo	Es el dispositivo que ejecuta la petición solicitada por el maestro. El esclavo solo responde cuando es requerido por el maestro.
Monitor	En este modo de operación el dispositivo se limita a capturar datos.
ASCII	Es un modo de transmisión donde cada byte en un mensaje se envía como dos caracteres ASCII.
RTU	Es un modo de transmisión donde cada byte en un mensaje contiene dos dígitos hexadecimales de 4 bits.
Com1, Com2, ...	Los Com son los puertos seriales del computador.
RS-232C	Es una interfaz física que se puede encontrar ya sea con 25 o 9 pines en cualquier PC. Utiliza señales digitales de +12 V (0) y -12 V (1).

Conector DB9	Es un conector de 9 pines que se puede utilizar para conexión utilizando el estándar RS232.
Petición, Solicitud	Es el mensaje enviado por el maestro a un esclavo.
Transacción	Consiste en una solicitud hecha por el maestro y la correspondiente respuesta del esclavo.
Bits y registros de retención	Son aquellas posiciones de memoria que se pueden leer y escribir.

4. DOCUMENTOS APLICABLES

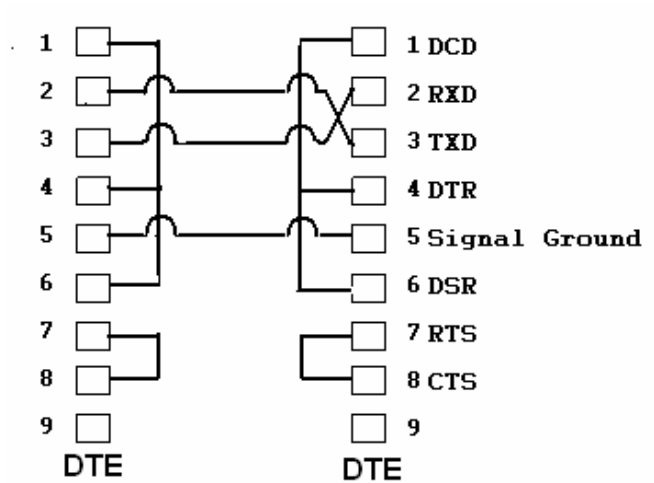
Manual del protocolo Modbus PI-MBUS 300 Rev J, de Modicon Inc.

5. CONDICIONES GENERALES

- Este programa puede ser instalado en cualquier computador IBM o compatible que tenga un microprocesador 386 o superior y que posea Windows 3.1 o una versión más reciente.
- El computador debe contar con puertos de comunicación serial (mínimo uno).
- Es necesario que en el momento de realizar este instructivo se tenga instalado el software en el equipo así como los permisos correspondientes para ejecutarlo.
- Se debe disponer del cable de comunicación serial pertinente para realizar las pruebas.

➤ Las características del cable de comunicación que se requieren para comunicar dos computadores típicos (o un computador con dos puertos seriales) son:

Terminales Hembra DB-9, cuya conexión de sus pines se describen a continuación. Esto es teniendo en cuenta que se tienen dos equipos DTE (Equipo Terminal de datos).

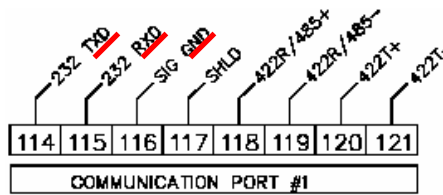


Pin	Función
TXD	(Transmitir Datos)
RXD	(Recibir Datos)
DTR	(Terminal de Datos Listo)
DSR	(Equipo de Datos Listo)
RTS	(Solicitud de Envío)
CTS	(Libre para Envío)
DCD	(Detección de Portadora)

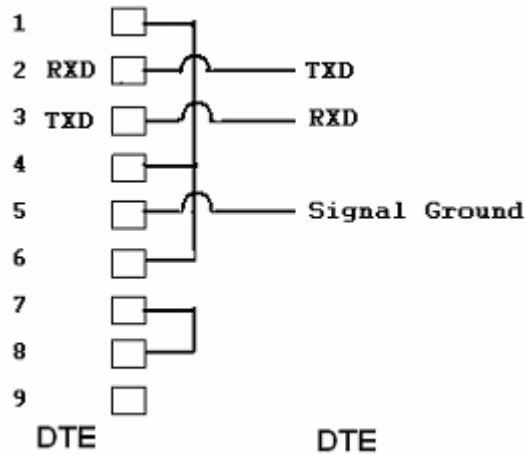
➤ Las características del cable de comunicación que se requieren en una aplicación típica, donde se cuenta con un computador como maestro y un dispositivo como esclavo, son:

- a. Con protocolo físico **RS-232**

Normalmente el dispositivo que actuará como esclavo cuenta con un puerto de comunicación cuyas características solo requieren los pines de transmisión (TXD), recepción (RXD) y tierra.

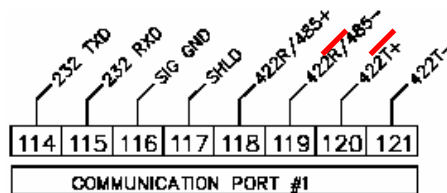


En ese caso el cable debe tener un Terminal Hembra DB-9 que se empleará en el computador y tres hilos como corresponde para el dispositivo.

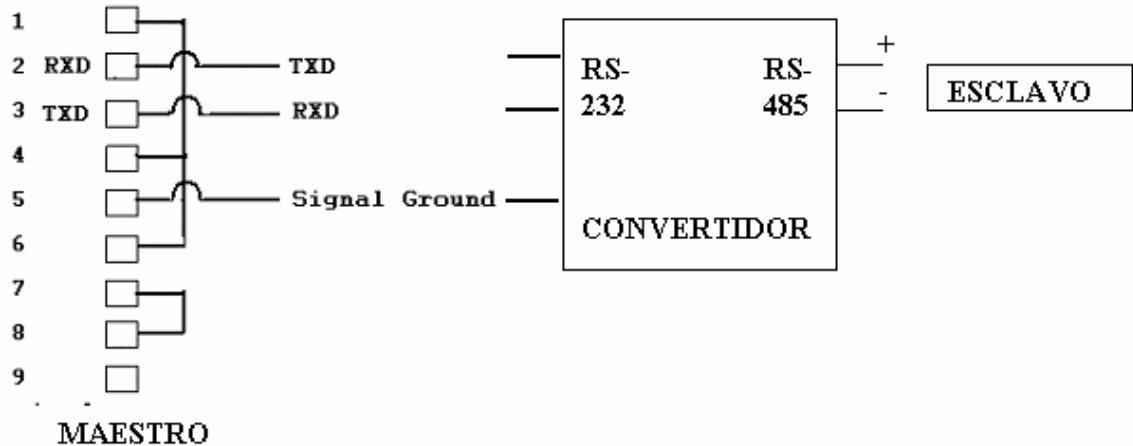


b. Con protocolo físico **RS-485**

Normalmente el dispositivo que actuará como esclavo cuenta con un puerto de comunicación cuyas características solo requieren los pines positivos y negativos típicos al emplear RS-485.



Como se va a emplear un computador y este utiliza un protocolo físico RS-232, se requiere un convertidor RS-232/RS-485 para comunicar el maestro con el esclavo.



En forma particular se emplea un convertidor **ADAM 4520/4522** cuyas características se enuncian en el *ANEXO E*.

6. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

No aplica.

7. DESARROLLO

El procedimiento descrito a continuación asume que se cuentan con dos equipos para realizar la simulación, uno estará en modo maestro y el otro en modo esclavo, pero se puede contar con dos ventanas del programa en el mismo equipo donde por medio de dos puertos seriales se simula la comunicación maestro-esclavo de dos equipos diferentes.

Si no se aclara en cual equipo debe realizarse uno de los siguientes pasos, se asumirá que debe hacerse el mismo procedimiento para ambos equipos.

7.1 PROCEDIMIENTO ANTES DE REALIZAR LA SIMULACIÓN

Instalación del software MDBUS.

- a. Copie el archivo MODBUS.zip y luego extráctelo en algún lugar del disco duro.
- b. Ejecute el archivo MDBUS.
- c. Verifique que el cable de comunicación cumpla con lo requerido.

7.2 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA SIMULACIÓN

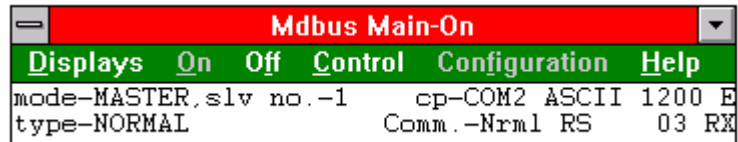
a. Defina:

1. Puerto serial con el cual se va a trabajar tanto para el modo esclavo como para el maestro: COM1, COM2, COM3, o COM4.
2. Modo de transmisión: RTU o ASCII.
3. Velocidad de transmisión: Pueden seleccionarse valores en baudios de 300 a 19200.
4. Paridad: Par (E), impar (O) o ninguna (N).
5. Número de entidades para cada tipo de datos y en que número debe empezar el conteo: El número máximo de bits de estado son 2000, de registros de entrada son 300, de registros de retención (holding) son 600, de números flotantes son 300 y bits de retención (coils) son 2000.
6. El tiempo máximo en milisegundos que espera el maestro por el primer caracter en ser recibido de un esclavo después de transmitir un mensaje a este. Este tiempo debe estar entre 100 y 5000 milisegundos. (No. Resp. T.O).
7. El número máximo de peticiones que realiza el maestro al esclavo antes de notificar falla. Debe ser número entre 1 y 99. (Fail Try Count).
8. El tiempo en segundos que debe esperar el maestro entre los datos que examina, este debe estar entre 0 y 43200 segundos. (Poll Delay).

b. Inicie la ejecución del programa Mdbus, haciendo doble click en el icono:



La ventana desplegada al ejecutar inicialmente el programa es:

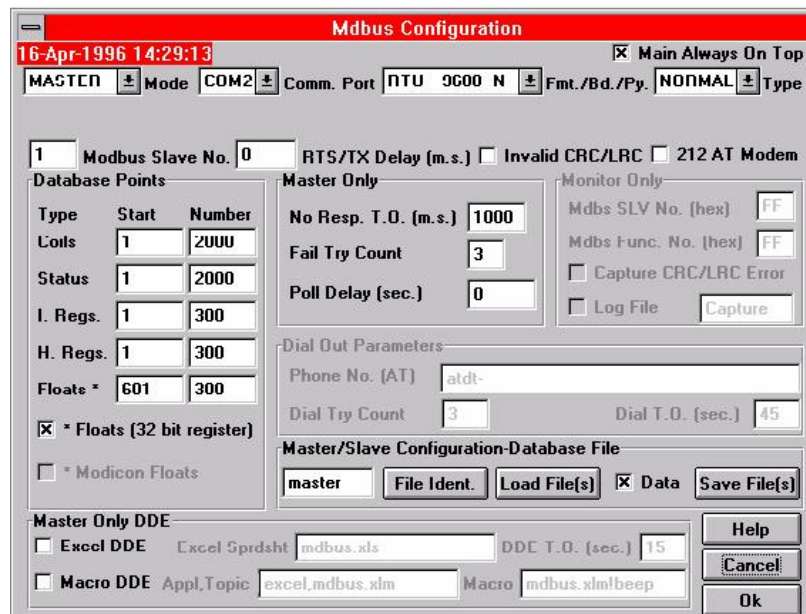


7.2.1 CONFIGURACIÓN

c. Active la opción configuración “Configuration” en la barra del menú.

d. Elija que modo tendrá cada equipo, es decir, cual será esclavo y cual maestro.

e. Defina a que esclavo se aplicará la configuración que se va a realizar y digite dicho número en la opción Modbus Salve No. Este número debe estar entre 0 y 255.



- f.** Digite o active en la segunda ventana desplegada las diferentes opciones de configuración ya definidas para ambos equipos.
- g.** Digite 0 en la opción RTS/TX Delay.
- h.** Active la opción *Floats si va a trabajar con números flotantes o desea realizar control.
- i.** Digite el nombre con el que desea grabar la configuración, active la opción salvar “Save File”.
- j.** Revise que todos los datos allí digitados coinciden con los definidos, de ser así pulse ok.
- k.** Verifique en la ventana Mdbus Main-On que los datos definidos coinciden con los arrojados en ese display en cuanto a modo, número de esclavo, puerto a emplear, modo de transmisión, velocidad y paridad. Si no coinciden devuélvase al paso c y guarde los cambios.

7.2.2 TRANSMISIÓN

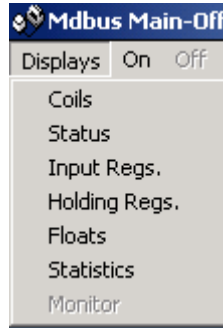
- a.** Active la opción ON para dar inicio a la comunicación. Si todo esta correcto se iniciará la comunicación entre el maestro y el esclavo.
- b.** Verifique que la comunicación se este llevando a cabo, esto se comprueba al verse destellos de trasmisión y recepción (TX-RX) en la ventana Main, en la parte inferior derecha, de no ser así, verifique la conexión del cableado, que el puerto empleado coincida con el que esta configurado, que ambos equipos hayan activado la comunicación y que los parámetros de la configuración coincidan en ambos equipos.
- c.** Termine la comunicación, esto es pulse la opción OFF.

7.2.2.1 Visualización

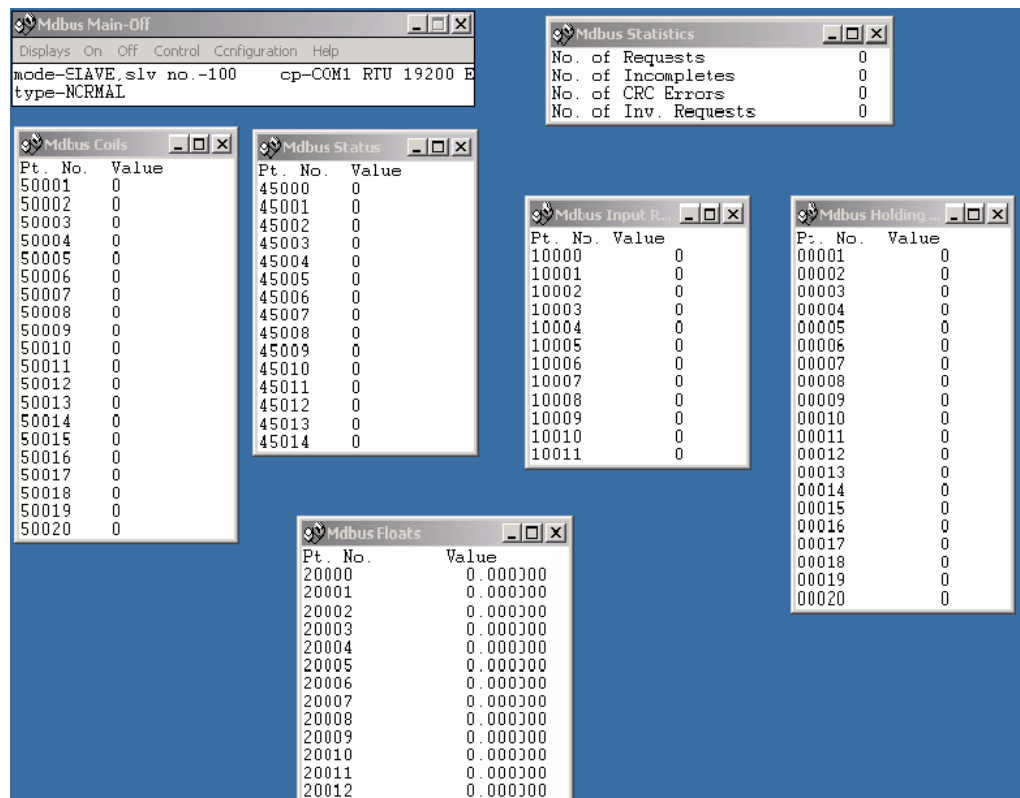
Para verificar que los diferentes datos almacenados en los registros del esclavo pueden ser visualizados en el maestro, siga los siguientes pasos:

MODO ESCLAVO

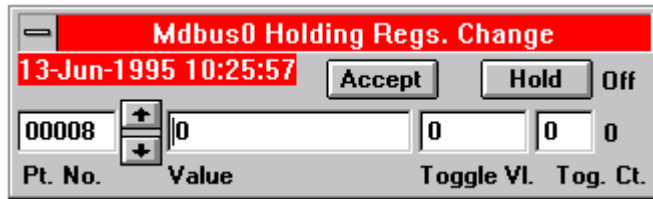
- a. Active la opción display en la ventana Mdbus Main-On.



- b. Seleccione el tipo de datos al que desea asignar un valor, en la siguiente ventana se mostrará el caso en que se seleccionaron todas las opciones.



- c. Ubíquese en el número de dato que desea modificar y digite el nuevo valor, cuando ya estén todos los cambios realizados o a medida que se van realizando, para finalizar y aceptar los cambios pulse el botón Accept.



- d. Active en la ventana Mdbus Main-On la opción On, con esta orden esta activando la comunicación.

MODO MAESTRO

- e. Active en la ventana Mdbus Main-On la opción On.
- f. Active la opción Displays y seleccione el tipo de datos que desea visualizar.

Si todo se ha realizado en la forma correcta, los registros y bits almacenados en el esclavo, deben ser copiados por el maestro, es decir, debe visualizarse los datos almacenados por el esclavo, incluso si estos son modificados cuando ya ha iniciado la comunicación. Si no es así, verifique que esté activa la comunicación.

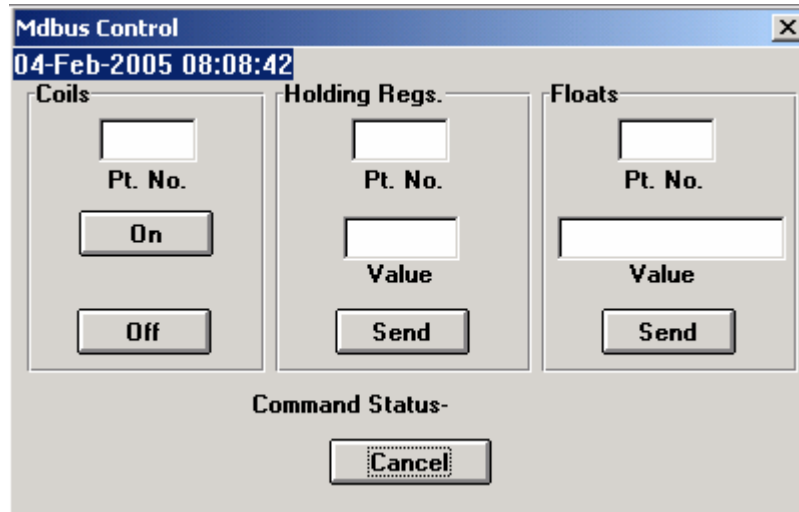
7.2.2.2 Control

Para conocer y verificar cuales tipos de datos almacenados en los registros del esclavo pueden ser modificados por el maestro, siga los siguientes pasos:

- a. Active en la ventana Mdbus Main-On la opción On.

MODO MAESTRO

- b. Active la opción control en la ventana Mdbus Main-On, esta acción desplegará una ventana como la mostrada a continuación:

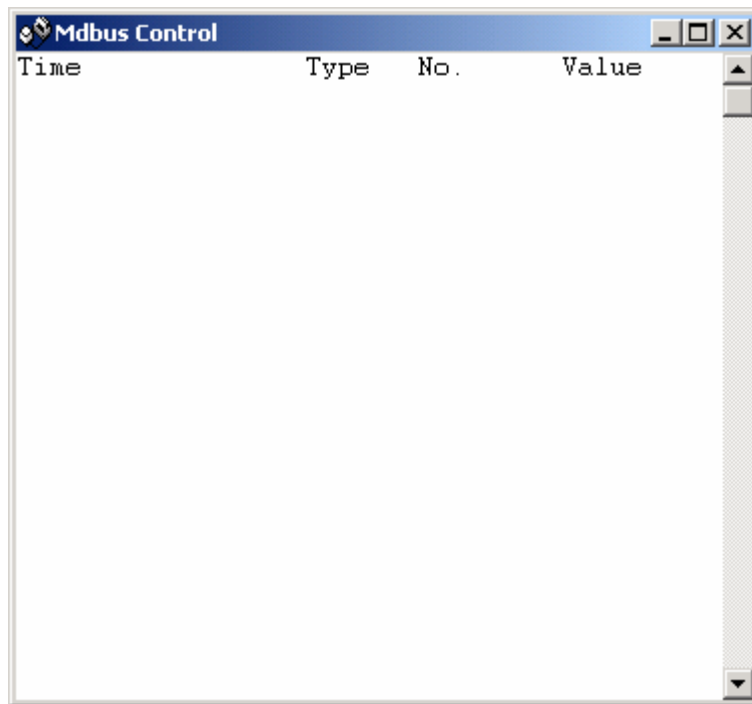


- c. Digite la dirección del dato a modificar y el nuevo valor.
- d. Verifique en el display del tipo de dato, que la modificación se ha realizado.

MODO ESCLAVO

Cualquier modificación realizada en el maestro cambiara el valor del dato en la ventana correspondiente del esclavo.

- e. Verifique que el valor del dato modificado en el modo maestro corresponde con el visualizado en el modo esclavo, de no ser así, cerciórese que no se hubiese presentado un error en la comunicación.
- f. Active la opción control en la ventana Mdbus Main-On.
- g. Verifique que esta ventana arroje la información de las modificaciones realizadas por el modo maestro.



8. CONTINGENCIAS

No aplica

9. BIBLIOGRAFÍA

Manual de usuario del Simulador Mdbus

ANEXO D. ESTÁNDARES DE COMUNICACIÓN RS-485 Y RS-232

D.1 COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS

Al iniciarse la automatización industrial cada fabricante de aparatos establecía sus propios criterios y estándares para sus productos. Esta situación limitaba la elección de las unidades de control, el desarrollo de sistemas y la efectividad del sistema final.

Con el fin de asegurar la compatibilidad en la comunicación de los datos y permitir la transferencia de datos sobre distancias razonables, se desarrollaron normas para estandarizar las unidades proporcionadas por diversos fabricantes. La Asociación de Industrias de Electrónica (Electronics Industry Association - EIA) ha producido las normas RS485, RS422, RS232, y RS423 que se refieren a la comunicación de datos. Estas normas fueron designadas inicialmente con el prefijo "RS" (Recommended Standard) para indicar "norma recomendada". Sin embargo, en la actualidad, estas se identifican como normas "EIA".

D.2 PROTOCOLO FÍSICO

Para facilitar la conexión entre Equipos Terminales de Datos (Data Terminal Equipment - DTE) como un terminal, un ordenador, etc y Equipos de Comunicación de Datos (Data Communication Equipment - DCE) como modems, codecs, etc, se han desarrollado múltiples estándares que determinan todas las características físicas, eléctricas, mecánicas y funcionales de la conexión. Estos estándares constituyen un ejemplo de los protocolos del nivel físico y se incluirían en el nivel más bajo del modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection).

D.3 ESTÁNDARES DE COMUNICACIÓN

Los estándares de comunicación actuales son:

- TIA/EIA-232-E (RS-232)
- TIA/EIA-423-B (RS-423)
- TIA/EIA-422-B (RS-422)
- TIA/EIA-485-A (RS-485)
- BUS IEEE-488
- BUS EIBA (EIB)

D.3.1 Estándar físico RS-232. El estándar RS-232 es una de las normas de comunicación serie asíncrona mas popular y es ampliamente aceptada en la industria. Aunque el estándar físico RS-232 permite la transmisión síncrona y asíncrona, la subnorma asíncrona es la más frecuente, por eso en este documento, al mencionarse RS-232 se hace referencia a la subnorma asíncrona.

La RS-232 toma en cuenta las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimientos típicos de un protocolo orientado al enlace físico punto a punto.

La transmisión RS-232. En la transmisión bit a bit la línea se mantiene en estado latente (no transmisión) y el envío de la información se realiza enviando un bit de inicio (siempre en nivel bajo), seguido de 5, 6, 7 u 8 bits de datos, un bit adicional de paridad y 1, 1.5 o 2 bits de parada. Esta secuencia permite reconocer el inicio de la transmisión, los datos, así como la integridad de la misma y el fin del envío.

Para que dos dispositivos puedan hacer efectivo el intercambio de información se requiere, que cada uno de ellos utilice las mismas características de transmisión. Entre estas características están la velocidad que puede ser de: 100 bps, 300 bps, 600 bps, 900 bps, 1200 bps, 2400 bps, 4800 bps, 9600 bps, 19200 bps.

D. 3.2 Estándar físico RS-485. El estándar físico RS-485 permite una red de nodos múltiples con comunicación bidireccional con un solo par de cables trenzados, no todos los estándares combinan esta capacidad con un buen rechazo de ruido, con excelente velocidad de transmisión de datos, con gran longitud del cable de interconexión y la robustez general del estándar.

Por estas razones, existe una gran variedad de uso de las aplicaciones con RS-485 para la transmisión de datos entre aparatos en sectores como: Automoción, informática, robótica, repetidores celulares, fabricantes de PLCs, etc.

La RS-485 va dirigida a necesidades más amplias de las que alcanza la RS-422 o RS232, ésta cubre las aplicaciones con un solo transmisor y múltiples receptores.

La RS-485 es de bajo coste, bidireccional, multi-punto, interconexión con fuerte rechazo del ruido, buena tasa y rapidez de transmisión de datos y alta velocidad en la transmisión de datos.

La norma especifica las características eléctricas de transmisores y receptores para la transmisión diferencial multi-punto de datos, no hace referencia ni especifica el protocolo, ni el código, ni las características mecánicas del conector ni las conexiones de los pines (pinout).

D.3.3 Datos técnicos

Tabla D1. Principales características de RS-232 y RS-485

ESPECIFICACIONES	RS-232	RS-485
Modo de operación	SINGLE -ENDED	Diferencial
Número total de emisores y receptores en una línea	1 emisor, 1 receptor	1 emisor, 32 receptores

Máxima longitud del cable	15 metros	1200 metros
Velocidad máxima de transmisión de datos	20 kb/s	10 Mb/s
Tensiones máximas de salida	+/- 25V	-7V a +12V
Nivel de la señal de salida (Carga mínima)	Con carga +/- 5V a +/-15V	+/-1.5 V
Nivel de la señal de salida (Carga máxima)	Con carga +/-25V	+/-6 V
Resistencia de carga (Ohms)	3k a 7k	54

D.3.4 Terminales. Cada pin de las terminales de la comunicación, puede ser de entrada o de salida, teniendo una función específica cada uno de ellos. Las más importantes son:

Pin	Función
TXD	Transmitir Datos
RXD	Recibir Datos
DTR	Terminal de Datos Listo
DSR	Equipo de Datos Listo
RTS	Solicitud de Envío
CTS	Libre para Envío
DCD	Detección de Portadora

Las señales TXD, DTR y RTS son de salida, mientras que RXD, DSR, CTS y DCD son de entrada. La masa de referencia para todas las señales es SG (Tierra de Señal). Finalmente, existen otras señales como RI (Indicador de Llamada) y otras poco comunes.

Figura D1. Flujo de información



Fuente: Ingeniería de sinópticos. http://www.sinopticos.com/rs_485.html

Una vez que ha comenzado la transmisión de un dato, los bits tienen que llegar uno detrás de otro a una velocidad constante y en determinados instantes de tiempo. Por eso se dice que el RS-232 es asíncrono por carácter y síncrono por bit. Los pines que portan los datos son RXD y TXD. Las demás se encargan de otros trabajos: DTR indica que el ordenador está encendido, DSR que el aparato conectado a dicho puerto está encendido, RTS que el ordenador puede recibir datos (porque no está ocupado), CTS que el aparato conectado puede recibir datos y DCD detecta que existe una comunicación, presencia de datos.

ANEXO E. CONVERTIDOR ADAM 4520/4522

Este convertidor permite tomar las ventajas de RS-422 y RS-485 en los sistemas originalmente equipados con RS-232.

Se energiza con una fuente no regulada entre 10 y 30 V_{DC} con protección a la inversión de polaridad.

CARACTERÍSTICAS

- Velocidad(bps) : 1200, 2400,4800,9600,19.2k,68.4k,57.6k,115.2k
- Conector RS-232 : Hembra DB-9
- Conector RS-422 RS-485: terminal screw plug-in
- Consumo de potencia: 1.2 W máximo

Figura E1. Convertidor ADAM 4520/4522



Fuente: Autores del Proyecto

Presenta unos jumpers internamente, donde se selecciona el formato de los datos y la velocidad de transmisión.

Las siguientes tablas ilustran la forma de seleccionar el formato de los datos y la velocidad que se requiere en la comunicación.

Tabla E1. Formato de datos

Formato de datos	1	2
9 bits	A	A
10 bits*	C	A
11 bits	A	C
12 bits	C	C

Fuente: Autores del Proyecto

Tabla E2. Selección de la velocidad

6.1 Velocidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RTS control	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1200 bps	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A
2400 bps	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A
4800 bps	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A
9600 bps*	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A
19.2 Kbps	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A
38.4 Kbps	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A
57.6 Kbps	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A
115.2 Kbps	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A
RS-232	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C

Fuente: Autores del Proyecto

* Posición por defecto

A: Abierto

C: Cerrado

ANEXO F. INSTRUCTIVO DE LA HERRAMIENTA ENSITE PRO.

Basado en la versión Ensite Pro 1.1

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO	159
2. ALCANCE.....	159
3. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	159
4. DOCUMENTOS APLICABLES.....	162
5. CONDICIONES GENERALES	162
6. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	162
7. DESARROLLO.....	163
8. CONTINGENCIAS	181
9. BIBLIOGRAFÍA.....	181

1. OBJETO

Asegurar que la configuración básica de la Telemetría de Tanques ENRAF (Serie 880 CIU) se realice en forma correcta, para ello se emplea un software especializado para dicho objetivo *Ensite Pro*, usando como sistema operativo Windows.

Este instructivo describe las acciones a desarrollar para la configuración general de la Telemetría ENRAF como lo es la configuración de los datos de entrada, de tanques, CIU Prime, CIU Plus y con ellos la configuración de la comunicación por medio del establecimiento de las características de los diferentes puertos.

2. ALCANCE

La configuración aplica para todo sistema de Telemetría serie 880 CIU, ENRAF, CIU Prime, CIU Plus. Que se encuentran ubicados en ECOPETROL S.A., Gerencia del Complejo de Barrancabermeja.

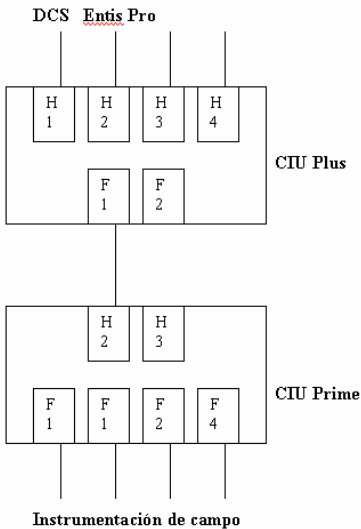
La instalación del software Ensite Pro aplica a cualquier computador que tenga como sistema operativo Windows 95/98/NT o superiores.

3. GLOSARIO DE TÉRMINOS

En la siguiente tabla se presenta el significado de algunas palabras claves para la comprensión del presente documento:

Tabla 1. Glosario

Telemetría	Es la medición de magnitudes físicas las cuales son transmitidas a un observador lejano.
-------------------	--

<p>Sistema de Telemetría ENRAF</p>	<p>El sistema de Telemetría de tanques consta de las siguientes partes modulares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instrumentación de campo • CIU Prime • CIU Plus • Entis Pro  <p>El diagrama muestra la arquitectura de conexión. En la parte superior, el DCS Entis Pro se conecta a cuatro Hosts (H1, H2, H3, H4) dentro de la CIU Plus. La CIU Plus también contiene dos Field Ports (F1, F2). Una línea de comunicación conecta la CIU Plus con la CIU Prime. La CIU Prime contiene dos Hosts (H2, H3) y cuatro Field Ports (F1, F1, F2, F4). Finalmente, la CIU Prime se conecta a la Instrumentación de campo.</p>
<p>Instrumentación de Campo</p>	<p>Se encarga de recolectar datos de nivel, temperatura, densidad y/o presión de los tanques que luego son transmitidos a la CIU Prime por medio de un protocolo propietario.</p>
<p>CIU</p>	<p>Unidad de Interface de Comunicación</p>
<p>CIU Prime</p>	<p>Es una interface entre la instrumentación de campo y un sistema de inventario de tanques, como la CIU Plus, un PLC, etc.</p> <p>Los datos son enviados desde cada Unidad de Control, a la CIU Prime, por medio de un bus de campo.</p> <p>La CIU Prime presenta puertos de campo (Field Port) por donde recibe la información de cada tanque y la almacena para luego enviarla a la CIU Plus por medio de los puertos de Host.</p>

	<p>Tarjetas de entrada de datos: Normalmente tiene 4 disponibles, que pueden ser de dos tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BPM (Bi-Phase Mark) para interfaz de campo de bus ENRAF. • RS-232C/RS485 para interfaz 858 CIU. <p>Tarjetas de salida de datos: RS-232C/RS485 para interfaz con CIU PLUS, DSC, PLC, etc.</p>
CIU Plus	<p>Es una unidad que calcula volumen y masa. Esta solicita datos a la CIU Prime y calcula todos los otros datos para luego transmitirlos a un sistema mas complejo como es el Entis Pro, DCS, SCADA, etc.</p> <p>Tarjetas de entrada de datos: RS-232C/RS485</p> <p>Tarjetas de salida de datos: RS-232C/RS485 comunicación protocolo Modbus con Entis Pro, SCADA, DCS, etc.</p>
Entis Pro	<p>Es un sistema que permite visualizar datos calculados de la CIU Plus. Corre bajo Windows NT y muestra los datos en ventanas, tablas gráficos, etc.</p>
DSC	Sistema de Control Distribuido
Sistema De Control DCS I/A FOXBORO	<p>El sistema I/A es un sistema industrial abierto (OIS) que integra y automatiza las operaciones de fabricación y proceso. Es un sistema distribuido expandible que permite que una planta siga creciendo dependiendo de los requerimientos de proceso.</p>
Protocolo Modbus	<p>Es un protocolo utilizado en comunicaciones industriales, que permite a los dispositivos de medición y control cubrir grandes distancias.</p>

	<p>Con este protocolo los dispositivos se comunican utilizando una técnica maestro-esclavo, en la cual un dispositivo (maestro) solicita a otro dispositivo (esclavo) la ejecución de una acción.</p> <p>Sobre redes Standard Modbus se puede configurar cualquiera de lo dos modos de transmisión: ASCII o RTU, donde se define los bits contenidos en los campos del mensaje transmitido en forma serie en esas redes.</p>
Ensite Pro	Es un software que se requiere para realizar la configuración general para la serie 880 CIU, CIU Prime, CIU Plus.

4. DOCUMENTOS APLICABLES

Instruction manual Ensite Pro Configuration Tool. Version: 1.1. May 2000

Manual del protocolo Modbus PI-MBUS 300 Rev J, de Modicon Inc.

5. CONDICIONES GENERALES

- El programa ENSITE PRO puede ser instalado en cualquier computador que posea Windows 95/98/NT.
- Es necesario que en el momento de realizar este instructivo se tenga instalado el software, así como los permisos correspondientes para ejecutarlo.

6. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

No aplica.

7. DESARROLLO

7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA ENSITE PRO

Por medio del siguiente ícono se accede al menú principal de *Ensite Pro* una vez se ha introducido el password de administrador correspondiente (por defecto, Ensite Pro).

Ensite Pro



Ensite Pro.exe

El menú principal es el siguiente:

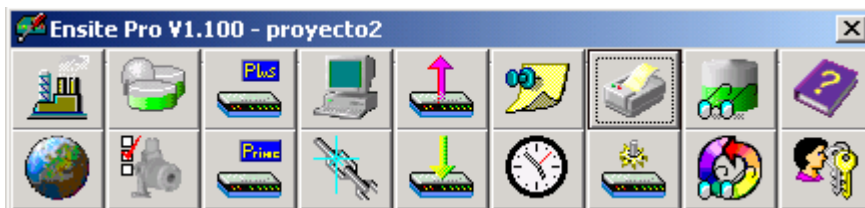


FIG. 1 Ventana Principal ENSITE PRO



Select site

Selecciona y carga la configuración deseada.



Global settings

Configuración de las unidades de ingeniería para las variables.



Configure tanks

Por medio de este icono se pueden crear tanques e identificarlos.



Configure data inputs

Configuración de datos de entrada como son: nivel, temperatura, densidad o presión.



Configure CIU Plus

Configuración de los puertos de la CIU Plus.



Configure CIU Prime

Configuración de los puertos de la CIU Prime.



Communication setup

Configuración de la comunicación del PC.



Configure links

Conexión de los elementos creados (tanques, CIU's, etc.)



Upload configuration

Carga en el PC la configuración existente en las CIU's.



Download configuration

Carga en la CIU Plus/Prime la configuración creada.



Service note(s)

Hoja de texto.



Set data and time

Configuración de fecha y hora.



Print configuration

Se realiza una copia dura de la configuración y del mapa Modbus.



Show diagnostic data

Construye una ventana para el diagnóstico de datos, escribiendo y leyendo datos directamente a las CIU's.



Tank viewer

Se visualizan todas las medidas y datos calculados del tanque deseado.



Scan viewer

Visualiza la secuencia de escaneo de los tanques.



Help

Accede al manual del configurador del Ensite Pro.



User privileges

Configuración de password de administrador.

7.2 CREACIÓN DE UN AMBIENTE DE CONFIGURACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE UNIDADES DE INGENIERIA



Cuando se va a crear una nueva configuración debe seleccionarse el icono *Select Site*, una vez realizada esta acción aparecerá una ventana como la mostrada en la siguiente figura. En el lado izquierdo, se pulsa la opción *New* en caso que se quiera realizar la configuración desde el principio o *Select* si se desea abrir una configuración ya existente.

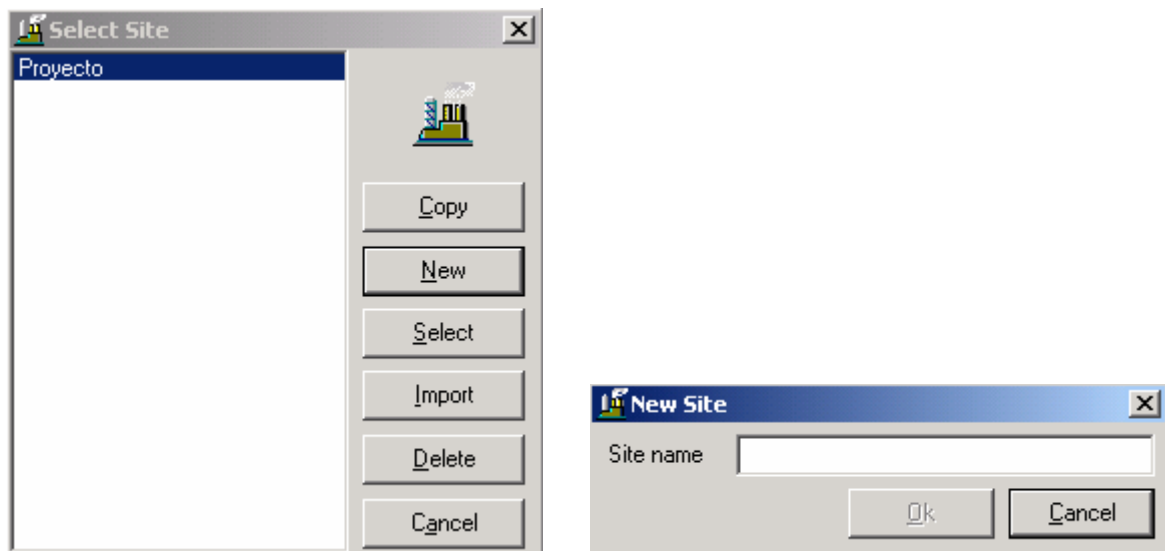


FIG 2. Select Site

En caso que se desee realizar la configuración completamente nueva y elegida la opción *New* debe darse un nombre a la configuración, esto se realiza en la ventana que aparecerá una vez se pulse *New* (ventana mostrada anterior figura derecha).



En forma automática una vez se ha creado un nuevo sitio de configuración surge la ventana mostrada en la Fig. 3, en ella debe configurarse las unidades de ingeniería para las diferentes variables que allí se listan (nivel, temperatura, densidad, flujo, volumen y masa), estas unidades no se pueden modificar una vez se ha aceptado la selección, solo se permite modificar la densidad y la presión del ambiente.

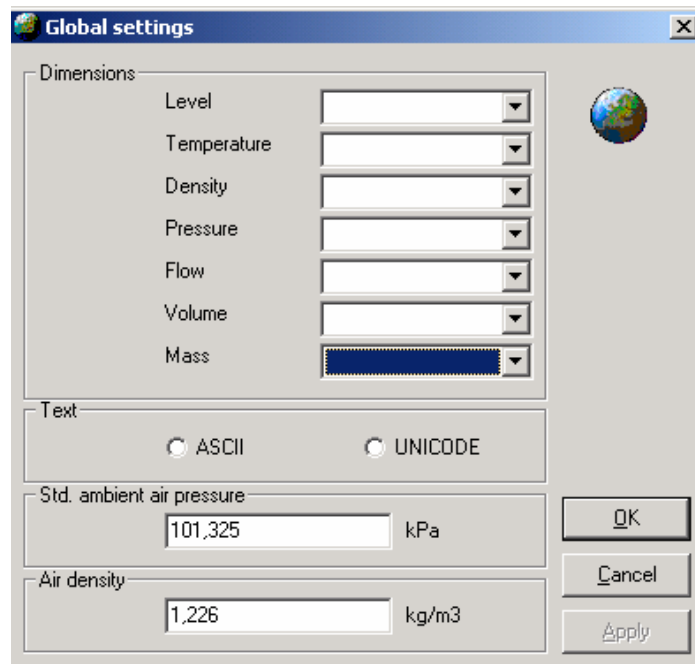


FIG. 3 Global Settings

Dimensiones que pueden seleccionarse son:

- Nivel: m, mm, ft, in, in/16, fis or 1/256 in
- Temperatura: °C, °F
- Densidad: kg/m , °API, lbs/ft , dens60/60 or lbs/USgal
- Presión: kgf/m , Pa, kPa or psi (lbf/in)
- Flujo: m /min, m /h, l/min, bbls/min, bbls/h, USgal/min, USgal/h, UKgal/h
- Volumen: l, m , USgal, bbls or UKgal
- Masa: kg, metric ton, USton, lbs or long ton

Texto: ASCII (1 caracter = 1 byte) ó UNICODE (1 caracter = 2 bytes)

7.3 CONFIGURACIÓN DE TANQUES



Al ubicarse en el icono *Select Tank* de la ventana principal se obtiene una ventana como se indica en la siguiente figura, en ella se puede copiar la configuración de un tanque ya existente o crear uno nuevo, para el primer caso se podrán cambiar algunos parámetros si así se desea.

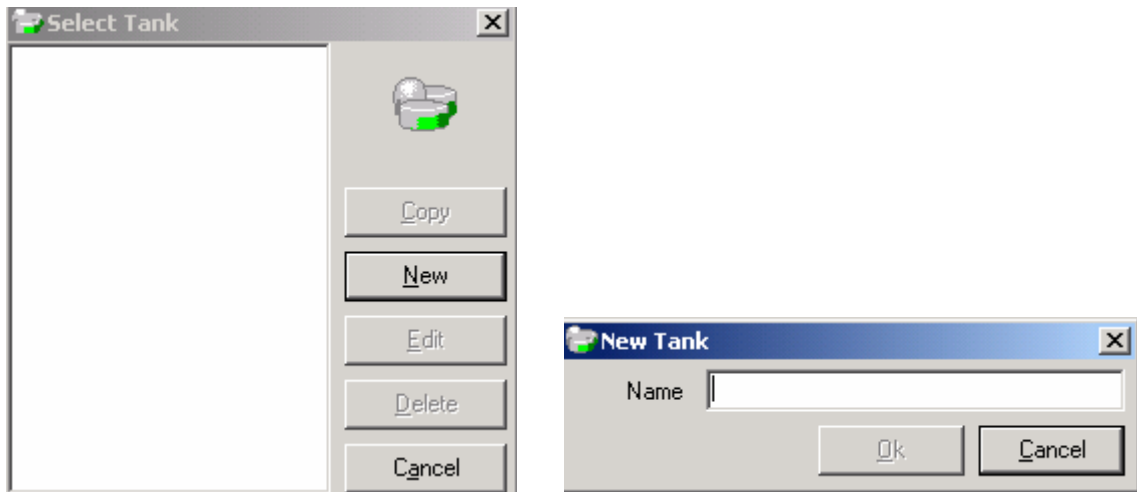


FIG. 4 Select Tank

En caso de que se cree un nuevo tanque, el usuario debe darle un nombre, preferiblemente el mismo con el que es identificado en el sitio donde se encuentra ubicado.

Una vez creado, el usuario debe especificar parámetros como la forma del tanque, los detalles del Tejado, etc. Esto se realiza por medio de una ventana que aparecerá al pulsarse *Edit*, una vez se ha dado el nombre al tanque (Fig. 5).

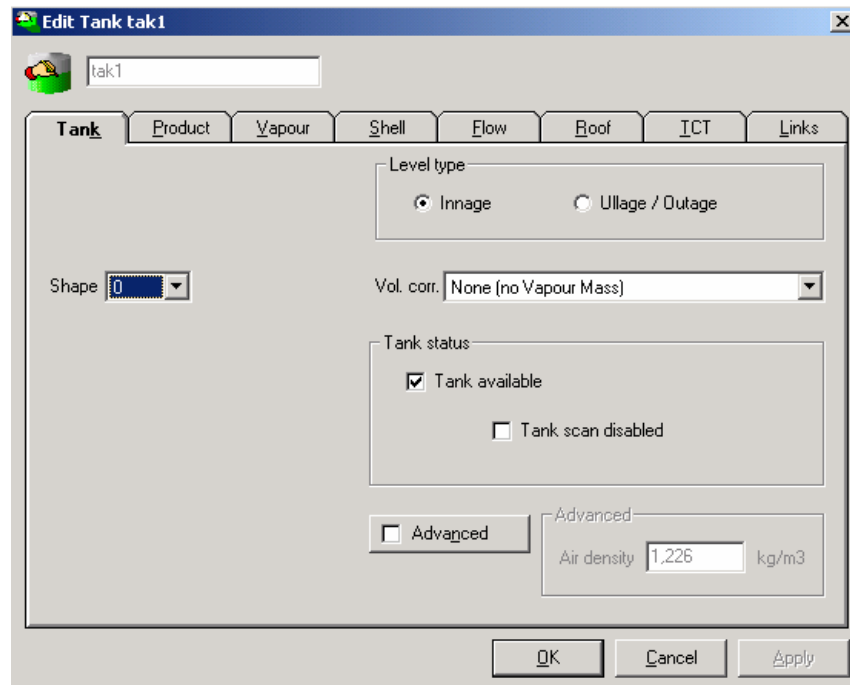


FIG. 5 Características del Tanque

7.4 CONFIGURACIÓN DE DATOS DE ENTRADA



Los datos de entrada provenientes de los instrumentos de campo como el nivel, la temperatura, densidad y/o presión, son configurados empleando la opción **Select Data Input**.

En esta opción se puede copiar la configuración de un dato de entrada ya existente o crear uno nuevo, para el primer caso se podrán cambiar algunos parámetros si así se desea.

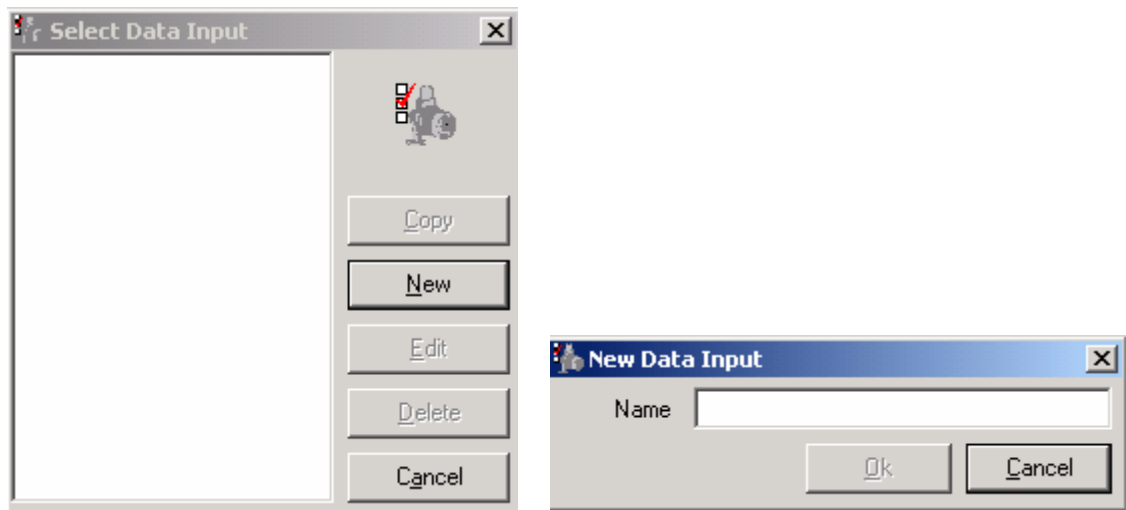


FIG. 6 Select Data Input

En caso de que se cree uno nuevo, el usuario debe darle un nombre. Una vez se ha creado, el usuario debe especificar parámetros que caractericen el dato de entrada. Esto se realiza por medio de una ventana que aparecerá al pulsarse *Edit* cuando se ha asignado el nombre al dato (Fig. 7).

FIG. 7 CARACTERÍSTICAS DE UN DATO DE ENTRADA

7.5 CONFIGURACIÓN CIU PRIME



Para configurar la CIU PRIME se selecciona el ícono *Configure CIU PRIME*, luego de lo cual se selecciona o crea la CIU Prime deseada (Fig 8).

En esta opción se puede copiar la configuración CIU Prime ya existente o crear uno nuevo, para el primer caso se podrán cambiar algunos parámetros si así se desea.

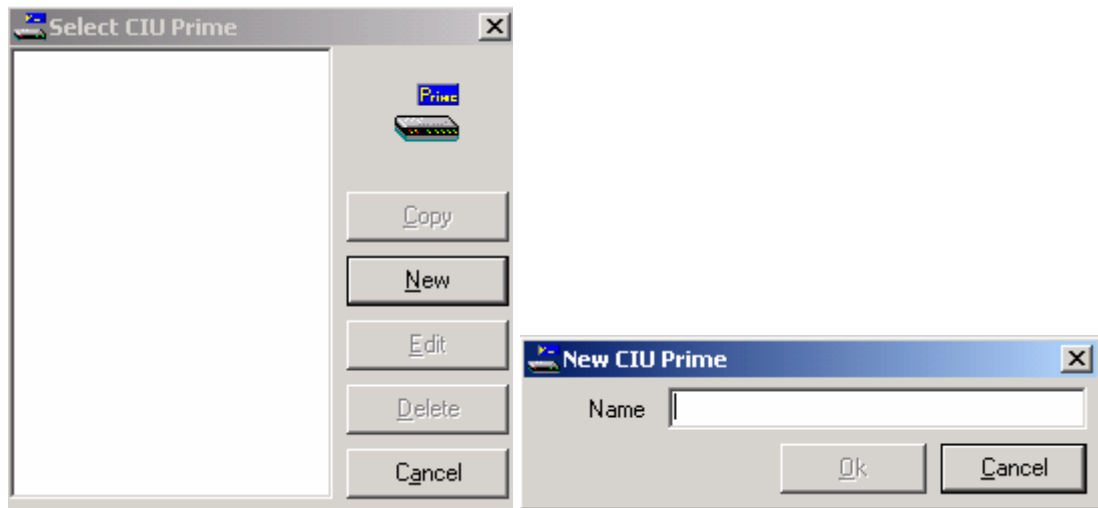


FIG. 8 Select CIU Prime

Cuando se selecciona la CIU Prime a configurar, se debe ingresar a la opción *Edit*, aparecerá una ventana (Fig. 9) donde se escoge el puerto a configurar ya sea de campo (Field Port) ó de Host (Host Port). Debe tenerse presente que la configuración de un puerto es independiente de la configuración de los demás puertos.

Es importante mencionar que solo si se encuentra seleccionada la opción “*Advance*” permitirá modificar características como la paridad, protocolo físico a emplear, bit de parada, entre otros.



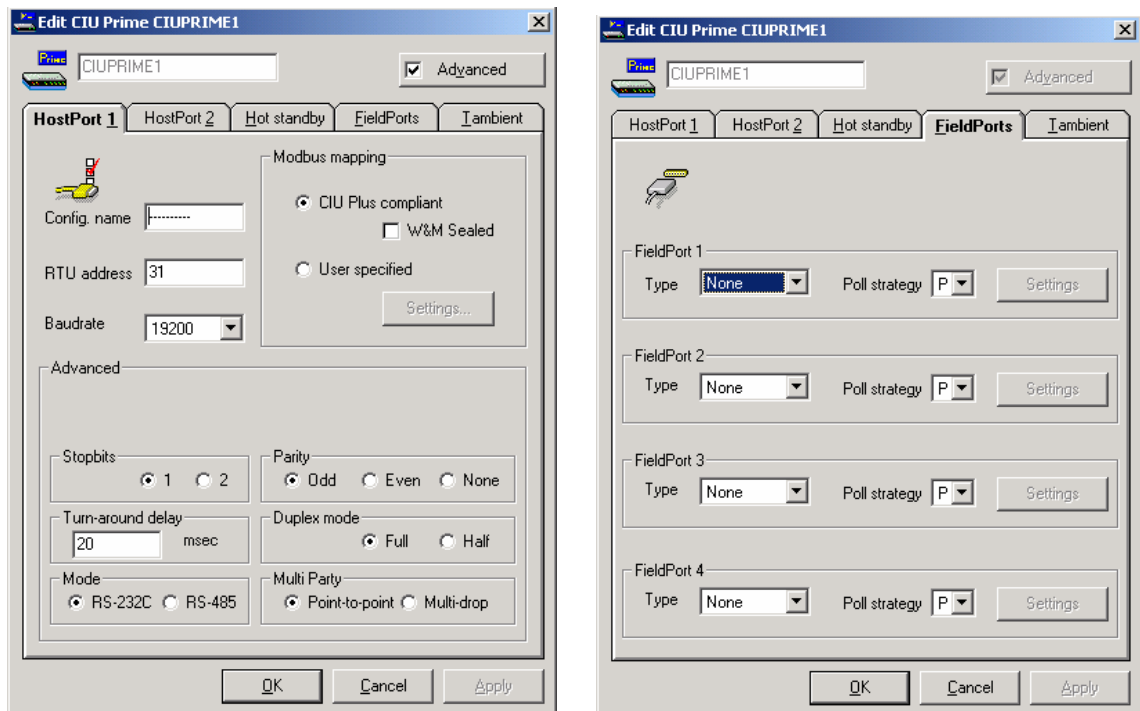


FIG. 9 Configuración de Puertos CIU Prime

Si desea que por medio de alguno de los dos puertos Host existentes en la CIU Prime se comunique con un dispositivo diferente a CIU Plus, en el recuadro de Modbus mapping seleccione la opción User specified, en cuyo caso se puede organizar el mapa Modbus, al hacer clic en *Settings* (Ver el subtema [MAPA MODBUS](#) que se encuentre en el tema 7.6).

7.6 CONFIGURACIÓN CIU PLUS



Para configurar la CIU Plus se selecciona el ícono *Configure CIU Plus*, luego de lo cual se selecciona o crea la CIU Plus deseada (Fig. 10).

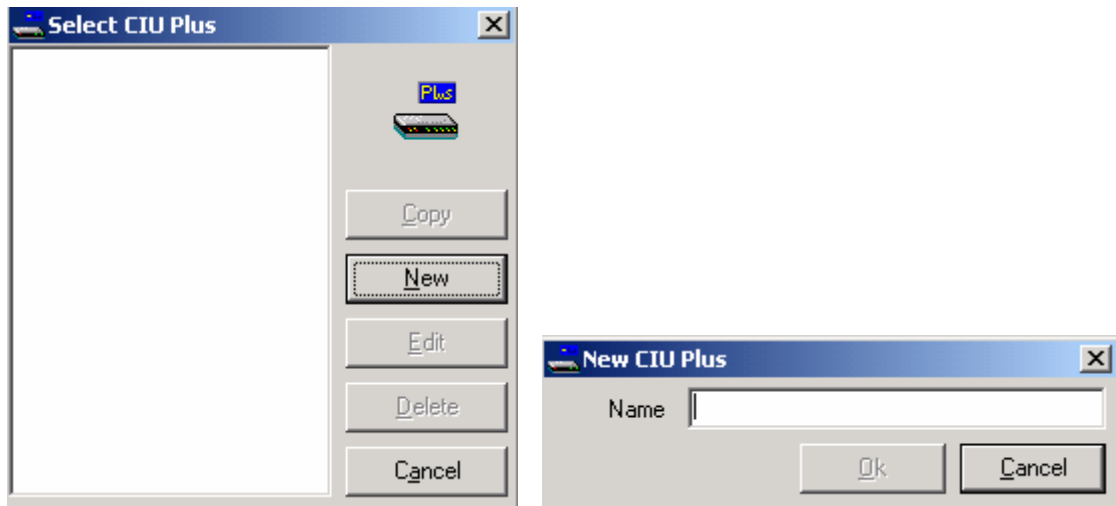


FIG. 10 Select CIU Plus

Cuando se selecciona la CIU Plus a configurar, se debe ingresar a la opción *Edit*, aparecerá una ventana (Fig.11) donde se escoge el puerto a configurar ya sea de campo (Field Port) ó de Host (Host Port). Debe tenerse presente que la configuración de un puerto es independiente de la configuración de los demás puertos.

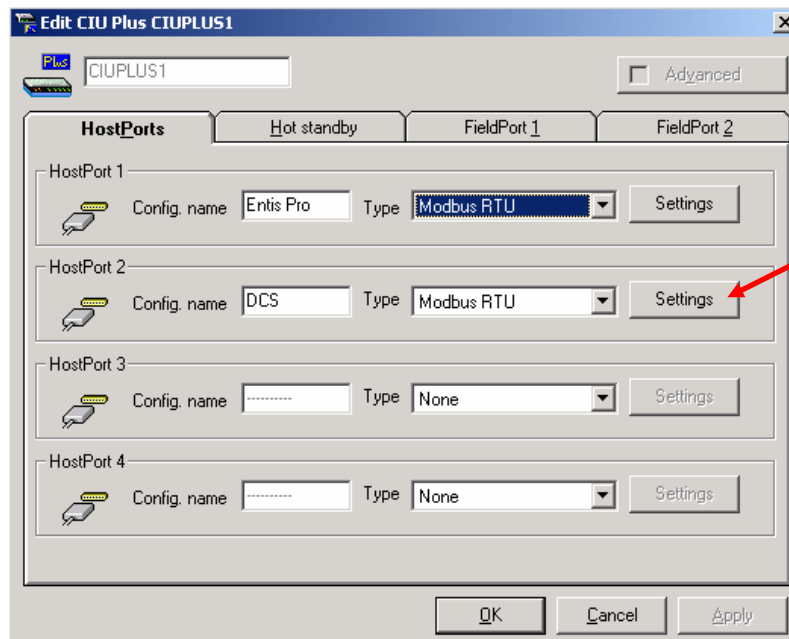


FIG. 11 Características Puertos CIU Plus

Una vez digitado el nombre del puerto y el tipo, para definir o cambiar los parámetros de transmisión del puerto Host se debe seleccionar la opción **Settings** (flecha roja).

Recuerde que si selecciona la opción “**Advance**” permitirá modificar características como la paridad, protocolo físico a emplear, bit de parada, entre otros.

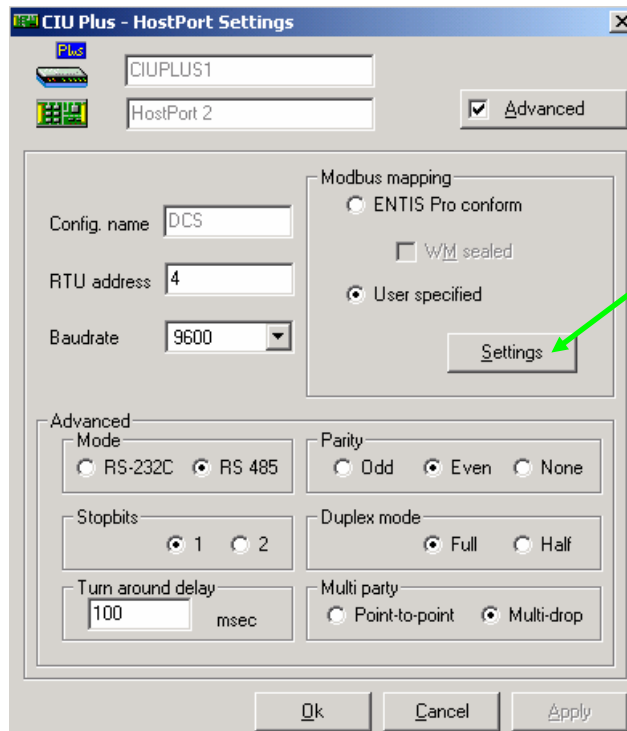


FIG. 12 Configuración Parámetros de Transmisión Puerto Host

MAPA MODBUS

En este sistema se puede organizar el mapa Modbus, al hacer clic en **Settings** (flecha verde).

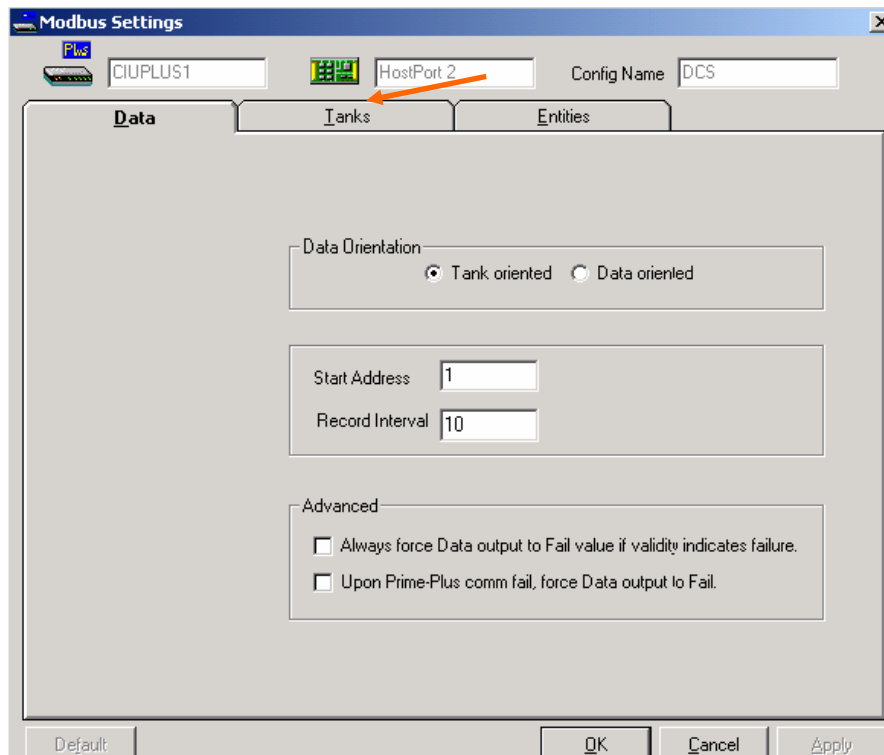


FIG. 13 Mapa Modbus

En esta nueva ventana se selecciona el orden de los datos en el mapa Modbus, por **tanques** o por **datos**, además se escoge el comienzo de las direcciones Modbus en el mapa y la cantidad de registros por cada tanque o dato.

Al seleccionar **tanks** aparece la ventana que se encuentra a continuación (Fig. 14), donde se escogen los tanques cuyos datos deben aparecer en el mapa Modbus. Los tanques que aparecen en el mapa Modbus son aquellos que se encuentran en la columna **Tanks in User Record**.

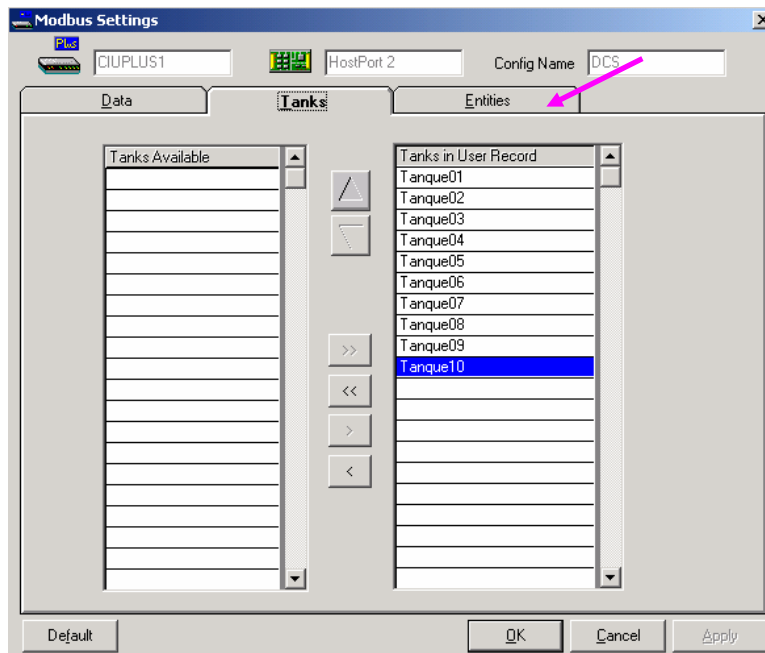


FIG. 14 Selección de Tanques para el Mapa Modbus

Finalmente al hacer clic en *Entities* (Fig. 15) se seleccionan los datos deseados que son los que aparecen en la columna derecha con sus características. Estos son los datos que aparecen en el mapa Modbus para cada tanque.

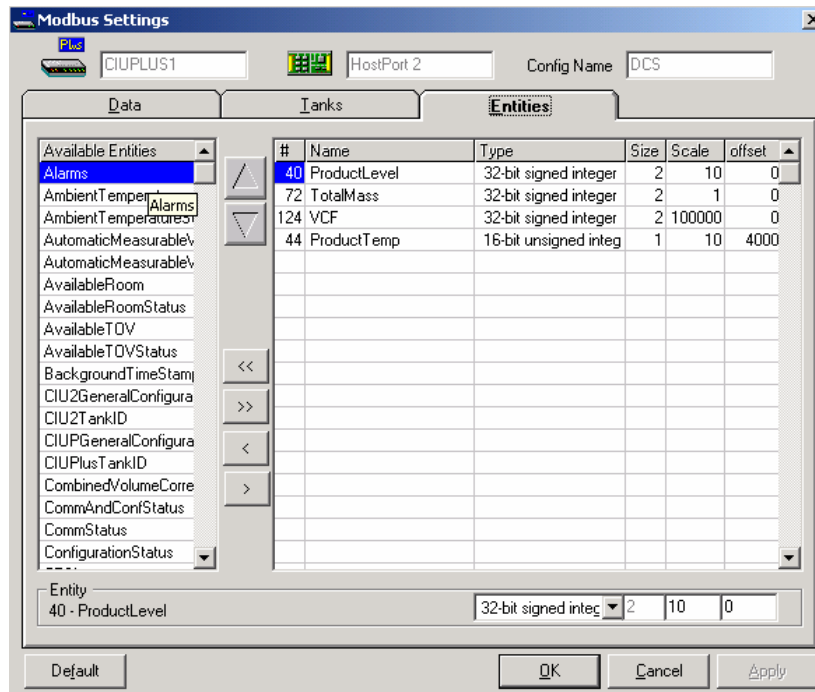


FIG. 15 Selección de datos por tanque

Finalmente el mapa Modbus configurado presenta la forma que se muestra en la Fig. 17.

Para visualizar el mapa Modbus obtenido, estando en la ventana principal de Ensite Pro, se selecciona la opción **Print configuration** (Fig. 16).



Una vez en la ventana de ese icono se selecciona Modbus mapping y se hace clic en Preview (como lo indican las flechas azules en la siguiente figura).

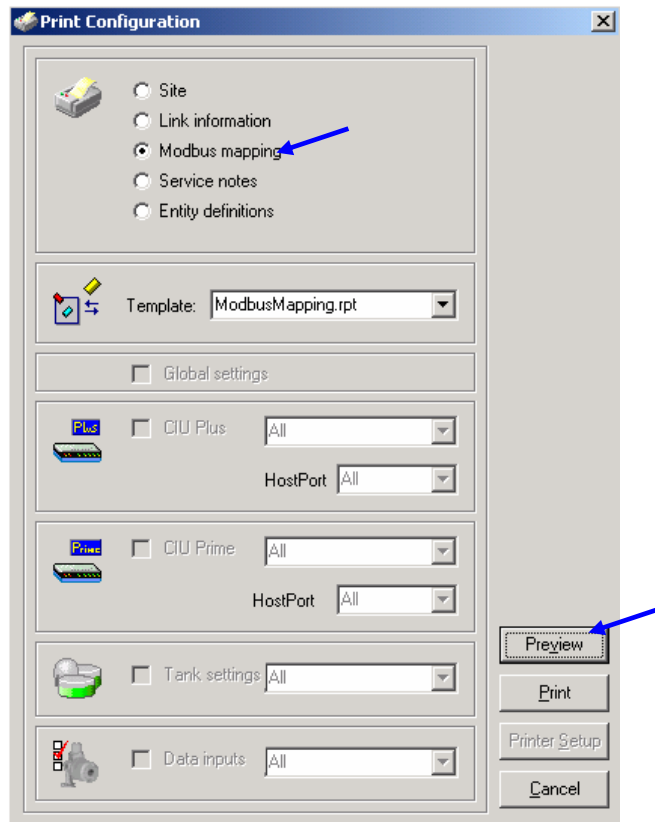


FIG. 16 Selección para Visualizar El Mapa de Memoria



CIU: **CIUPLUS1**

HostPort: **1**

Entity Name	Addr. Dec	Addr. Hex	Reg Type	Length	Offset	Scaling
105 CIUPlusTankID	0	0000	Fixed number	01	0	0
77 VerificationSignature	1	0001	Fixed number	01	0	0
21 ProductName	2	0002	ASCII string	0A	0	0
124 VCF	12	000C	32-bit signed integer	02	0	100000
125 VCFStatus	14	000E	Not a number	01	0	0
30 ProductDRef	15	000F	32-bit signed integer	02	0	100
31 ProductDRefStatus	17	0011	Not a number	01	0	0
32 SedAndWater	18	0012	16-bit unsigned integer	01	0	100
33 ProductTC	19	0013	32-bit signed integer	02	0	1000
34 ProductTCStatus	21	0015	Not a number	01	0	0
35 LiqVolRatio	22	0016	16-bit unsigned integer	01	0	100
38 DisplacerPosition	23	0017	32-bit signed integer	02	0	10
39 DisplacerPositionStatus	25	0019	Not a number	01	0	0
40 ProductLevel	26	001A	32-bit signed integer	02	0	10
41 ProductLevelStatus	28	001C	Not a number	01	0	0
42 WaterLevel	29	001D	32-bit signed integer	02	0	10
43 WaterLevelStatus	31	001F	Not a number	01	0	0
44 ProductTemp	32	0020	16-bit unsigned integer	01	4000	10
45 ProductTempStatus	33	0021	Not a number	01	0	0
46 VapRoomTemp	34	0022	16-bit unsigned integer	01	4000	10
47 VapRoomTempStatus	35	0023	Not a number	01	0	0
48 VapRoomPress	36	0024	16-bit unsigned integer	01	0	100
49 VapRoomPressStatus	37	0025	Not a number	01	0	0
50 DObs	38	0026	32-bit signed integer	02	0	100
51 DObsStatus	40	0028	Not a number	01	0	0
52 ForegroundTimeStamp	41	0029	Time stamp	03	0	0
53 BackgroundTimeStamp	44	002C	Time stamp	03	0	0
54 TOV	47	002F	32-bit signed integer	02	0	1000

FIG. 17 Mapa Modbus

7.7 CONEXIÓN DE ELEMENTOS

Después de que todos los componentes individuales (CIU Prime, CIU Plus, tanques y datos las entradas) se han configurado, se deben relacionar, si desea realizar esa acción ingrese a la opción Configure links.



Configure links

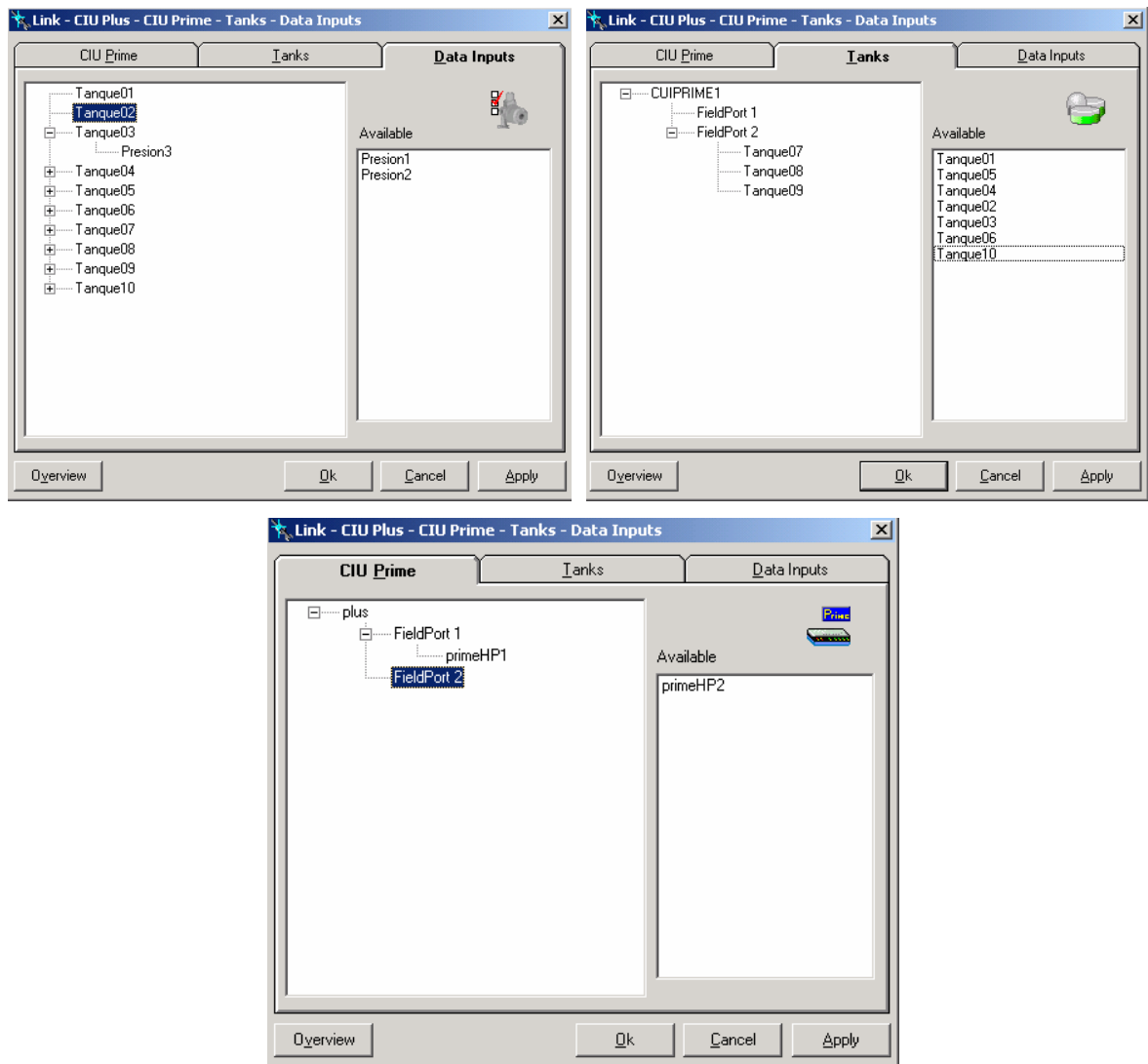


FIG. 18 Configure Link

Datos de entrada:

La columna izquierda despliega los tanques existentes, la columna derecha lista los datos de entrada disponibles, arrastre los datos de entrada al tanque como físicamente se encuentren conectados.

Tanque:

La columna izquierda despliega los CIU Prime existentes, la columna derecha lista los tanques disponibles.

Extienda la estructura del CIU Prime pulsando el botón '+', donde aparecerán los puertos FieldPorts. Arrastre cada tanque al FieldPort del CIU Prime que corresponda.

CIU PRIME

La columna izquierda despliega los CIU PLUS existentes, la columna derecha lista los CIU PRIME disponibles.

Extienda la estructura del CIU PLUS pulsando el botón '+', donde aparecerán los puertos FieldPorts. Arrastre cada CIU Prime al FieldPort del CIU Plus que corresponda.

8. CONTINGENCIAS

No aplica

9. BIBLIOGRAFÍA

Instruction manual Ensite Pro Configuration Tool. Version: 1.1. May 2000. Enraf B.V.

Manual del protocolo Modbus PI-MBUS 300 Rev J, de Modicon Inc.

Installation guide 880 CIU Prime/CIU Plus. Enraf B.V

ANEXO G. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE GOBERNADORES

G.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El Gobernador Electrónico para Turbinas de Vapor marca Woodward también se llamará Control 505.

El control 505 (Gobernador Woodward) basado en microprocesador se ha diseñado para controlar turbinas de vapor de uno o dos accionadores. Utiliza un software controlado por menús para dar instrucciones a los ingenieros de aplicación sobre la programación del control para una aplicación específica como generador o para accionamiento mecánico. El control 505 puede configurarse para que funcione como una unidad autónoma o conjuntamente con el sistema de control distribuido de una central.

Panel de control del operador

El 505, es un control de turbina de vapor configurable en obra y un panel de control del operador (OCP) integrado en un solo conjunto. Un completo panel de control del operador que incluye una pantalla de dos líneas (24 caracteres cada una) y un conjunto de 30 botones situado en el panel delantero del control 505.

Figura G1. Panel de control de un Gobernador



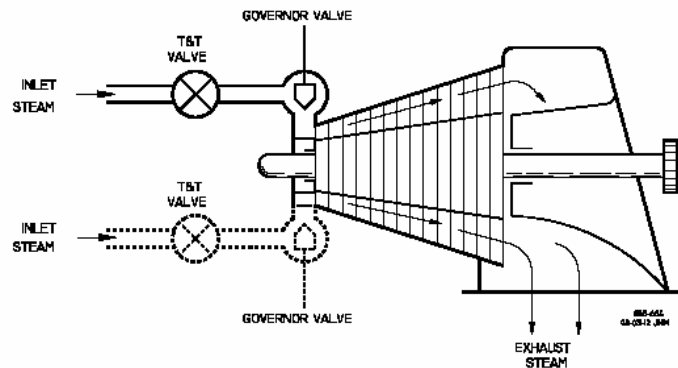
Fuente: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. "Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores". Manual 85017V1A. Fort Collins Colorado. USA, 1997

Este panel de control del operador (OCP) se utiliza para configurar el 505, para realizar ajustes del programa en línea y para hacer funcionar la turbina/sistema.

Instrucciones muy fáciles de seguir se presentan en inglés a través de la pantalla de dos líneas del OCP y los operadores pueden ver los valores reales y de los puntos de consigna en la misma pantalla.

PARÁMETROS DE CONTROL DE LA TURBINA

Figura G2. Turbina de vapor típica de una o dos entradas



Fuente: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. “Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores”. Manual 85017V1A. Fort Collins Colorado. USA, 1997

El control 505 se puede comunicar con una o dos válvulas de control para controlar un parámetro cada vez y limitar un parámetro adicional, si se desea. El parámetro controlado es típicamente la velocidad (o la carga), sin embargo, el control 505 puede utilizarse para controlar o limitar: la presión o caudal de admisión de la turbina, la (contra) presión o caudal de escape, la presión de la primera etapa, la potencia generada, los niveles de importación y/o exportación de la central, la presión o caudal de aspiración y descarga del compresor, la frecuencia de la unidad/central, la temperatura de proceso o cualquier otro parámetro de proceso relacionado con la turbina.

Figura G3. Gráfico de la Turbina Elliott YR



Fuente: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. “Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores”. Manual 85017V1A. Fort Collins Colorado. USA, 1997

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CONTROL

El control 505 tiene dos canales de control independientes, los controladores de velocidad/carga y auxiliar. Las salidas de estos dos controladores se seleccionan con señal baja (LSS) con otro canal, el limitador de la válvula. La salida LSS establece directamente la posición de la salida del controlador del accionador.

Además de estos canales, el controlador de velocidad/carga puede ser manipulado por otro controlador, el controlador en cascada. El controlador en cascada está conectado en cascada con el controlador de velocidad, con lo cual el punto de consigna del controlador de velocidad lo cambia directamente la salida del controlador en cascada. El controlador auxiliar puede funcionar como un canal de control o como un canal limitador. Estos tres controladores PID tienen la opción de utilizar una señal de entrada analógica para fijar a distancia sus puntos de consigna.

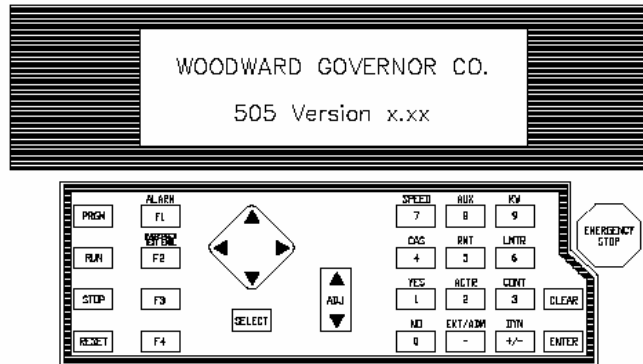
INTERFAZ DEL OPERADOR

La interfaz con el control puede establecerse a través del panel de servicio del sistema de control 505 (situado en la parte delantera del control), de los contactos de interruptores

remotos, de las entradas analógicas, de las lecturas de medidores, de los relés o de un enlace de comunicaciones Modbus con un dispositivo de interfaz de operador.

El panel de servicio del control consta de una botonera y una pantalla de LED (dos líneas, 24 caracteres cada línea), situada en la parte delantera del control.

Figura G4. Botonera y pantalla del control 505



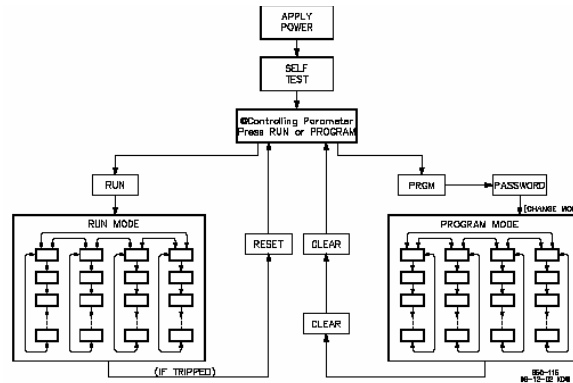
Fuente: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. “Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores”. Manual 85017V1A. Fort Collins Colorado. USA, 1997

CONFIGURACIÓN

- **Arquitectura del programa**

El control 505 es fácil de programar debido en gran medida al software controlado por menús. Cuando se aplica tensión al control, después de terminarse una breve autopruueba de la CPU, el control visualiza un mensaje indicando que está preparado (Controlling Parameter/Push Run or Program) (parámetro de control/pulse Run o Program). Los procedimientos operativos están divididos en dos secciones: el Program Mode (modo de programa) y el Run Mode (modo de funcionamiento).

Figura G5. Arquitectura básica del programa



Fuente: WOODWARD GOVERNOR COMPANY. “Reguladores digitales 505 para turbinas de vapor con uno o dos accionadores”. Manual 85017V1A. Fort Collins Colorado. USA, 1997

El Program Mode se utiliza para seleccionar las opciones necesarias para configurar el control de acuerdo con la aplicación específica de la turbina. Una vez configurado el control, el Program Mode no se vuelve a utilizar nunca a menos que cambien las opciones o el funcionamiento de la turbina. Una vez configurado, el Run Mode se utiliza para hacer funcionar la turbina desde la puesta en marcha hasta la parada.

Además, es posible hacer ajustes en línea utilizando el Service Mode (modo de servicio).

- Modos del panel de servicio

El panel de servicio del sistema de control 505 funciona en varios modos de acceso, cada uno de los cuales tiene un objeto distinto. Estos modos son:

- **SERVICE Mode** (Modo de servicio) se puede utilizar estando la turbina en funcionamiento. El SERVICE Mode permite la visualización del valor de cualquier bloque del SERVICE Mode y el cambio de valor de cualquiera de los bloques que sean susceptibles de ajuste. El acceso al SERVICE Mode requiere una contraseña.

- **CONFIGURE Mode** (Modo de configuración) recibe también el nombre de modo PROGRAM y se utiliza para configurar los parámetros para una aplicación específica, antes de poner en funcionamiento la unidad. La turbina tiene que estar parada (y debe introducirse la contraseña correcta) para cambiar cualquier valor en el CONFIGURE Mode. Si el control no está parado, la pulsación del botón PRGM permite ver el CONFIGURE Mode pero no permite realizar ningún cambio.
- **DEBUG Mode** (Modo depurar) se utiliza para resolver problemas en un sistema durante el desarrollo y no está pensado para uso general. Debe ser utilizado solamente por personal de Woodward con la debida formación o cuando sea autorizado expresamente por Woodward Governor Company. El acceso al DEBUG Mode requiere una contraseña.
- **OS_FAULTS Mode** (fallos del sistema operativo) visualiza todos los fallos o alarmas del sistema operativo que se hayan podido producir y permite la reinicialización (borrado) de la lista de alarmas detectadas. El acceso al OS_FAULTS Mode requiere una contraseña.
- **SYS_INFO Mode** (información del sistema) se utiliza para visualizar información del sistema, cambiar contraseñas o transferir un archivo de configuración al control.
- **Bloques del programa**

Bloques de configuración obligatorios:

Turbine Start (arranque de la turbina) -para configurar el modo de arranque, los valores de velocidad en vacío/nominal y la secuencia de arranque automático; **Speed Control** (control de la velocidad) -para configurar la información del MPU o de la sonda de proximidad y los controles dinámicos de control de la velocidad.

Speed Setpoint Values (valores de los puntos de consigna de la velocidad) - para configurar los puntos de consigna de la velocidad, el punto de consigna de disparo por sobrevelocidad, el control y ajuste remoto de la velocidad y las bandas de evitación de velocidades críticas.

Operating Parameters (parámetros de funcionamiento) -para configurar la unidad para aplicación de generador y para utilizar la función local/remota.

Driver Configuration (configuración de controladores) -para configurar las salidas de controladores y, si no se utiliza el controlador 2, para utilizar el controlador 2 para lectura de 4 mA - 20mA.

Analog Inputs (entradas analógicas) -para configurar las opciones de entradas analógicas.

Contact Inputs (entradas de contactos) -para configurar las opciones de entradas de contactos.

Bloques de configuración opcionales:

Function Keys (botones de funciones) - para configurar las opciones de los botones de funciones F3 y F4.

Auxiliary Control (control Auxiliar) - para configurar la información del control auxiliar.

Cascade Control (control en cascada) - para configurar la información de control de presión y temperatura.

Readouts (lecturas) - para configurar las opciones de lectura analógicas.

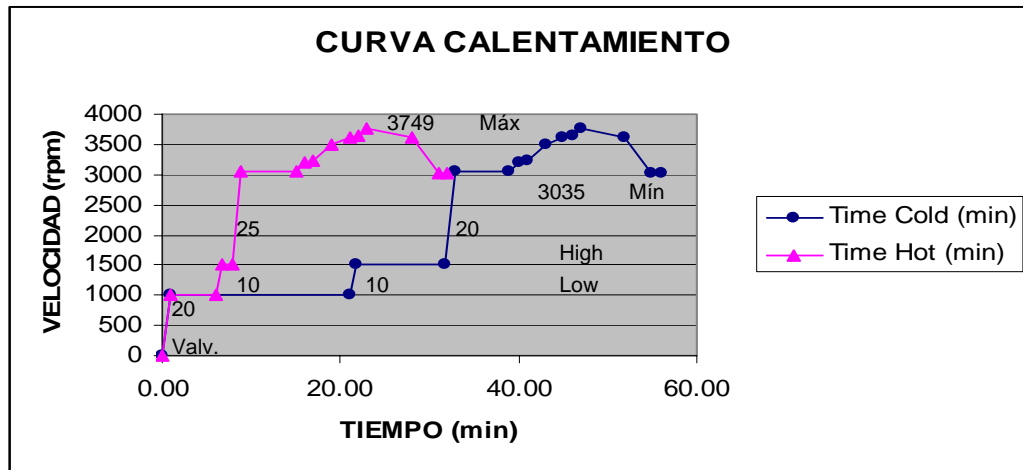
Relays (relés) - para configurar las opciones de relés.

Communications (comunicaciones) - para configurar las opciones de comunicaciones Modbus.

CONFIGURACIÓN CURVA DE ARRANQUE DE LA UNIDAD

La curva de arranque de la turbina esta ajustada, considerando si es arranque en frío o en caliente, sus velocidades de calentamiento, y ratas de cambio en velocidad para los intervalos de subida hasta mínima velocidad de gobernación, se presentan a continuación.

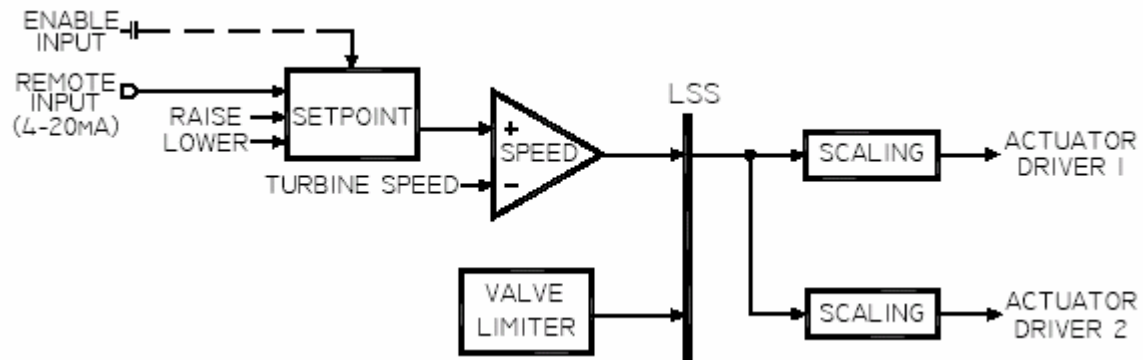
Figura G6. Curva de arranque de la turbina



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

En la grafica se observa los datos de ajuste de la curva de arranque para la turbina, acorde a la configuración en el control Woodward 505.

Figura G7. Estructura del lazo de control de velocidad



Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes.

El control de velocidad recibe la señal de Velocidad de la Turbina desde dos (2) Sensores magnéticos MPU. El amplificador de control PID de velocidad entonces compara esta señal de velocidad con el Setpoint para generar una salida al Actuador (a través de un Bus Selector de Baja Señal).

El Setpoint del control de velocidad es ajustable con comandos Subir ó Bajar a través del teclado del frente del control, contactos Subir ó Bajar desde estación de control cerca de la turbina. El Setpoint puede también ser directamente ajustado entrando el nuevo valor desde el teclado del control. En adición, la señal analógica proveniente del DCS cambia el valor del Setpoint cuando es habilitado el pulsador Setpoint Remoto en el DCS Foxboro.

COMUNICACIONES

El control 505 se puede comunicar directamente con los sistemas distribuidos de control (DCS) de equipos y/o paneles de control del operador con monitor existentes en la central, a través de dos puertos de comunicaciones Modbus. Estos puertos permiten comunicaciones RS-232, RS-422 o RS-485 utilizando protocolos de transmisión ASCII o RTU MODBUS. Las comunicaciones entre el control 505 y un DCS de la central pueden

realizarse también a través de conexiones por cableado permanente. Puesto que todos los puntos de consigna PID del control 505 pueden controlarse mediante señales de entradas analógicas, no es necesario sacrificar la resolución y el control de la interfaz.

- **Sólo monitor**

Los dos puertos de comunicaciones Modbus con los valores predeterminados de fábrica no se programan. Aunque estos puertos no se programan, siguen actualizando toda la información de todos los registros. Esto permite la monitorización del control 505 pero no su control desde un dispositivo externo.

Conectando simplemente un dispositivo de monitorización, configurado para comunicar a través de Modbus, y con los valores predeterminados del protocolo del control 505 (paridad, bits de parada, etc.), este dispositivo puede utilizarse para monitorizar todos los parámetros de control, modos, etc. del control 505 sin efectuar control.

Para utilizar un puerto del control 505 sólo para monitorizar parámetros y modos operativos del control 505 o para no utilizar el puerto en absoluto (se ignoran los comandos de escritura booleanos y analógicos), programe el parámetro del puerto "Use Modbus Port" (utilizar puerto Modbus) como "NO".

- **Monitorización y control**

Una vez que un puerto Modbus está configurado dentro del Program Mode del control 505, éste aceptará comandos del RUN Mode procedentes de un dispositivo maestro de red externo (DCS, etc.). Esto permite que un dispositivo compatible con Modbus monitorice y ejecute todos los parámetros y comandos del RUN Mode del control 505 con excepción de la activación de algunos parámetros.

Los dos puertos son independientes entre sí y pueden utilizarse simultáneamente. El último comando enviado a los dos puertos tiene prioridad o es el modo o función seleccionado. Para utilizar un puerto Modbus del control 505 para monitorizar y controlar el control 505, programe el parámetro de los puertos "Use Modbus Port" como "YES".

BLOQUE DE COMUNICACIONES

USE COMMUNICATIONS? (¿Utilizar comunicaciones?) predet.= NO (Yes/No)
Especifique YES y pulse el botón ENTER para utilizar la función de comunicación Modbus del control 505. Hay disponibles dos puertos Modbus idénticos. Cualquiera de ellos o ambos pueden configurarse para utilizarlos.

USE MODBUS PORT 1? (¿Utilizar el puerto Modbus 1? predet.= NO (Yes/No)
Pulse el botón YES y luego el botón ENTER para utilizar el puerto Modbus 1. Seleccione NO y pulse el botón ENTER para pasar a "User Modbus Port 2". Si el valor visualizado ya es correcto, pulse simplemente el botón ENTER.

MODE: ASCII OR RTU (MODO ASCII OR RTU) predet.= 2 (1, 2)
Introduzca el entero correspondiente al modo de transmisión Modbus requerido y pulse el botón ENTER. Introduzca un "1" para el modo ASCII o un "2" para el modo RTU.

MODBUS DEVICE NUMBER (Número de dispositivo Modbus) predet.= 1 (1, 247)
Introduzca el entero correspondiente al número/dirección del dispositivo Modbus requerido y pulse el botón ENTER. Si el valor visualizado ya es correcto, pulse simplemente el botón ENTER.

COMMUNICATIONS MODE (Modo de comunicaciones) predet.= 1 (1, 3)
Introduzca el entero correspondiente al modo de comunicaciones serie requerido y pulse el botón ENTER. Introduzca un "1" para RS-232, un "2" para RS-422 o un "3" para

comunicaciones RS-485. Si el valor visualizado ya es correcto, pulse simplemente el botón ENTER.

Port1 BAUD RATE (Velocidad en baudios del puerto 1) predet.= 9 (1, 11)

Introduzca el entero correspondiente a la velocidad de comunicaciones en baudios y pulse el botón ENTER. Si el valor visualizado ya es correcto, pulse simplemente el botón ENTER.

1 = 110	2 = 300	3 = 600	4 = 1200
5 = 1800	6 = 2400	7 = 4800	8 = 9600
9 = 19200	10 = 38400	11 = 57600	

PORT 1 STOP BITS (Bits de parada del puerto 1) predet.= 1 (1, 3)

Introduzca el entero correspondiente a los bits de parada necesarios y pulse el botón ENTER. Si el valor visualizado ya es correcto, pulse simplemente el botón ENTER. Introduzca un "1" para un bit de parada, un "2" para 1,5 bits de parada o un "3" para 2 bits de parada.

PORT 1 PARITY (Paridad del puerto 1) predet.= 1 (1, 3)

Introduzca el entero correspondiente a la paridad requerida y pulse el botón ENTER. Si el valor visualizado ya es correcto, pulse simplemente el botón ENTER. Introduzca un '1' para ninguna, un '2' para paridad impar o un '3' para paridad par.

USE MODBUS PORT 2? (¿Utilizar el puerto Modbus 1? predet.= NO (Yes/No)

Pulse el botón YES y luego el botón ENTER para utilizar el puerto Modbus 2. Si el valor visualizado ya es correcto, pulse simplemente el botón ENTER. El puerto Modbus 2 se introduce siguiendo las mismas reglas descritas para el puerto Modbus 1.

ANEXO H. MAPA DE MEMORIA DEL SISTEMA DE GOBERNADORES

Las tablas siguientes proporcionan la dirección y la descripción de todas las posiciones de memoria de bits (booleanas) y analógicas.

H.1 ESCRITURA/LECTURA DE BITS

Tabla H1. Direcciones de bits de lectura/escritura

DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
0.0001	Parada de emergencia	0.0041	Libre
0.0002	Acuse de recibo de parada de	0.0042	Acuse de recibo de alarma a través
0.0003	Parada controlada	0:0043	Activar/excitar el relé Modbus 1
0.0004	Abortar parada controlada	0:0044	Desactivar/desexcitar el relé Modbus
0.0005	Reinicialización del sistema	0:0045	Activar/excitar el relé Modbus 2
0.0006	Arranque/marcha	0:0046	Desactivar/desexcitar el relé Modbus
0.0007	Abrir manualmente el limitador de la	0:0047	Activar/excitar el relé Modbus 3
0.0008	Cerrar manualmente el limitador de la	0:0048	Desactivar/desexcitar el relé Modbus
0.0009	Bajar el punto de consigna de la	0:0049	Activar/excitar el relé Modbus 4
0.0010	Subir el punto de consigna de la	0:0050	Desactivar/desexcitar el relé Modbus
0.0011	Ir a la velocidad nominal (función Idle/	0:0051	Activar/excitar el relé Modbus 5
0.0012	Ir a la velocidad en vacío (función	0:0052	Desactivar/desexcitar el relé Modbus
0.0013	Interrumpir secuencia de arranque	0:0053	Activar/excitar el relé Modbus 6
0.0014	Continuar secuencia de arranque	0:0054	Desactivar/desexcitar el relé Modbus
0.0015	Activar control del punto de consigna	0:0055	Libre
0.0016	Desactivar control del punto de	0:0056	Libre
0.0017	Ir al punto de consigna de la	0:0057	Libre
0.0018	Libre	0:0058	Libre
0.0019	Armar el control de frecuencia	0:0059	Libre
0.0020	Desarmar el control de frecuencia	0:0060	Libre
0.0021	Activación de la sincronización	0:0061	Libre
0.0022	Desactivación de la sincronización	0:0062	Libre
0.0023	Activación del control en cascada	0:0063	Libre
0.0024	Desactivación del control en cascada	0:0064	Libre
0.0025	Bajar el punto de consigna en	0:0065	Libre
0.0026	Subir el punto de consigna en	0:0066	Libre
0.0027	Activar el control del punto de	0:0067	Libre
0.0028	Desactivar el control del punto de	0:0068	Libre
0.0029	Ir al control en cascada introducido a	0:0069	Libre
0.0030	Libre	0:0070	Libre
0.0031	Activar el control auxiliar (controlador	0:0071	Libre
0.0032	Desactivar el control auxiliar	0:0072	Libre
0.0033	Bajar el punto de consigna auxiliar	0:0073	Libre
0.0034	Subir el punto de consigna auxiliar	0:0074	Libre
0.0035	Activar el control del punto de	0:0075	Excitar momentáneamente el relé
0.0036	Desactivar el control del punto de	0:0076	Excitar momentáneamente el relé
0.0037	Ir al punto de consigna auxiliar	0:0077	Excitar momentáneamente el relé
0.0038	Libre	0:0078	Excitar momentáneamente el relé
0.0039	Seleccionar el control remoto (función	0:0079	Excitar momentáneamente el relé
0.0040	Seleccionar el control local (función	0:0080	Excitar momentáneamente el relé

H.2 LECTURA DE BITS

Tabla H2. Direcciones de bits (estados) de solo lectura

DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1:0001	Alarma - Fallo del MPU 1	1:0043	Disparo - Disparo por
1:0002	Alarma - Fallo del MPU 2	1:0044	Disparo - Pérdida de las señales
1:0003	Alarma - Fallo de la entrada en	1:0045	Disparo - Fallo del accionador 1
1:0004	Alarma - Fallo de la entrada	1:0046	Disparo - Fallo del accionador 2
1:0005	Alarma - Fallo de la entrada KW	1:0047	Disparo - Fallo de la entrada
1:0006	Alarma - Fallo de la entrada de	1:0048	Disparo - Disparo externo 2
1:0007	Alarma - Entrada de presión de la	1:0049	Disparo - Disparo externo 3
1:0008	Alarma - Entrada de velocidad	1:0050	Disparo a través del enlace
1:0009	Alarma - Entrada en cascada	1:0051	Disparo a través del enlace
1:0010	Alarma - Fallo de la entrada	1:0052	Disparo - Libre
1:0011	Alarma - Fallo de la entrada de	1:0053	Disparo - Interruptor de conexión
1:0012	Alarma - Fallo del accionador 1	1:0054	Disparo - Interruptor del
1:0013	Alarma - Fallo del accionador 2	1:0055	Disparo - Encendido
1:0014	Alarma - Permiso de arranque no	1:0056	Disparo - Parada manual
1:0015	Alarma - Enlace de	1:0057	Disparo - Disparo externo 4
1:0016	Alarma - Enlace de	1:0058	Disparo - Disparo externo 5
1:0017	Alarma - Interruptor del generador	1:0059	Disparo - Libre
1:0018	Alarma - Disparo de la turbina	1:0060	Disparo - Libre
1:0019	Alarma - Interruptor de conexión	1:0061	Disparo - Libre
1:0020	Alarma - Alarma de	1:0062	Disparo - Libre
1:0021	Alarma - Interruptor de conexión	1:0063	Disparo - Libre
1:0022	Alarma - Interruptor del generador	1:0064	Existe parada (indicación de
1:0023	Alarma - Interruptor de conexión	1:0065	Activación de acuse de recibo de
1:0024	Alarma - Interruptor del generador	1:0066	Pasando al punto de consigna
1:0025	Alarma - Interruptor de conexión	1:0067	Función Idle/Rated - Pasando a
1:0026	Alarma - Interruptor del generador	1:0068	Función Idle/Rated - A la
1:0027	Alarma - Bloqueado en alarma	1:0069	Función Idle/Rated - Pasando a la
1:0028	Alarma - Libre	1:0070	Función Idle Rated - A la
1:0029	Alarma - Libre	1:0071	Secuencia automática - Punto de
1:0030	Alarma - Libre	1:0072	Secuencia automática - Pasando
1:0031	Alarma - Libre	1:0073	Secuencia automática - Punto de
1:0032	Alarma - Libre	1:0074	Secuencia automática - Pasando
1:0033	Alarma - Libre	1:0075	Secuencia automática - A la
1:0034	Alarma - Libre	1:0076	Control PID de la velocidad
1:0035	Alarma - Libre	1:0077	Cancelación del fallo del sensor
1:0036	Alarma - Libre	1:0078	Cancelación del fallo del sensor
1:0037	Alarma - Libre	1:0079	Permiso de prueba de
1:0038	Enclavamiento de alarma	1:0080	Prueba de sobrevelocidad en
1:0039	Acuse de recibo de alarma	1:0081	Velocidad igual o inferior a la
1:0040	Existe alarma (alarma común)	1:0082	Turbina en banda de velocidades
1:0041	Disparo - Disparo externo	1:0083	Punto de consigna de velocidad
1:0042	Disparo - Botón ESD	1:0084	Punto de consigna de la

DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1:0085	Punto de consigna de la	1:0129	Libre
1:0086	Punto de consigna de la	1:0130	Libre
1:0087	Libre	1:0131	Libre
1:0088	Libre	1:0132	Libre
1:0089	Libre	1:0133	Libre
1:0090	Interruptor del generador cerrado	1:0134	Libre
1:0091	Interruptor de conexión con la red	1:0135	Libre
1:0092	Velocidad de sincronización	1:0136	Libre
1:0093	Sincronización activada	1:0137	Limitador de la válvula abierto
1:0094	Sincronización o compartimiento	1:0138	Limitador de la válvula cerrado
1:0095	Sincronización/compartimiento de	1:0139	Limitador de válvula controlando
1:0096	Libre	1:0140	Función Remote/Local -
1:0097	Control de frecuencia armado	1:0141	Función Remote/Local - Modbus
1:0098	Control de la frecuencia	1:0142	Permiso de arranque
1:0099	Libre	1:0143	Parada controlada en curso
1:0100	Control en cascada activado	1:0144	Libre
1:0101	Control en cascada activo	1:0145	Libre
1:0102	Control en cascada controlando	1:0146	Libre
1:0103	Control en cascada inhibido	1:0147	Libre
1:0104	Control en cascada remoto	1:0148	Libre
1:0105	Control en cascada remoto activo	1:0149	Libre
1:0106	Control en cascada remoto	1:0150	Libre
1:0107	Control en cascada remoto	1:0151	Relé de parada excitado
1:0108	Libre	1:0152	Relé de alarma excitado
1:0109	Control auxiliar activado	1:0153	Relé 1 excitado
1:0110	Control auxiliar activo	1:0154	Relé 2 excitado
1:0111	Control auxiliar en control	1:0155	Relé 3 excitado
1:0112	Control auxiliar activo/sin limitar	1:0156	Relé 4 excitado
1:0113	Control auxiliar activo/no en	1:0157	Relé 5 excitado
1:0114	Control auxiliar inhibido	1:0158	Relé 6 excitado
1:0115	Control auxiliar remoto activado	1:0159	Entrada de contacto ESD cerrada
1:0116	Control auxiliar remoto activo	1:0160	Entrada de contacto de
1:0117	Control auxiliar remoto	1:0161	Entrada de contacto de aumentar
1:0118	Control auxiliar remoto inhibido	1:0162	Entrada de contacto de disminuir
1:0119	Libre	1:0163	Entrada de contacto 1 cerrada
1:0120	Libre	1:0164	Entrada de contacto 2 cerrada
1:0121	Libre	1:0165	Entrada de contacto 3 cerrada
1:0122	Libre	1:0166	Entrada de contacto 4 cerrada
1:0123	Libre	1:0167	Entrada de contacto 5 cerrada
1:0124	Libre	1:0168	Entrada de contacto 6 cerrada
1:0125	Libre	1:0169	Entrada de contacto 7 cerrada
1:0126	Libre	1:0170	Entrada de contacto 8 cerrada
1:0127	Libre	1:0171	Entrada de contacto 9 cerrada
1:0128	Libre	1:0172	Entrada de contacto 10 cerrada

DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
1:0173	Entrada de contacto 11 cerrada	1:0187	Grupo electrógeno configurado
1:0174	Entrada de contacto 12 cerrada	1:0188	Control en cascada configurado
1:0175	Limitador auxiliar configurado	1:0189	Control en cascada remoto
1:0176	Función de sincronización	1:0190	Control auxiliar configurado
1:0177	Control ESD configurado	1:0191	Control auxiliar remoto
1:0178	Arranque manual configurado	1:0192	Activa Modbus 1 en modo local
1:0179	Arranque automático configurado	1:0193	Permiso de arranque configurado
1:0180	Arranque semiautomático	1:0194	Armado/desarmado de la
1:0181	Arranque a velocidad en vacío/	1:0195	Control de frecuencia configurado
1:0182	Secuencia de arranque	1:0196	MPU 2 configurado
1:0183	Presión de la primera etapa	1:0197	Control local/remoto configurado
1:0184	Control remoto configurado	1:0198	Disparo local activado
1:0185	Compartimiento de la carga	1:0199	Seguimiento en cascada
1:0186	Accionador 2 configurado	1:0200	Señal KW correcta

H.3 LECTURAS ANALÓGICAS

Tabla H3. Direcciones analógicas de lectura

<u>DIRECCIÓN</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>MULTIPLICADOR</u>
3:0001	Parámetro de control*	ninguna	ninguno
3:0002	Entrada del sensor de velocidad 1	rpm	ninguno
3:0003	Entrada del sensor de velocidad 2	rpm	ninguno
3:0004	Velocidad real de la turbina	rpm	ninguno
3:0005	Velocidad real (%)	%	100
3:0006	Punto de consigna de la velocidad (%)	%	100
3:0007	Punto de consigna de la velocidad	rpm	ninguno
3:0008	Punto de consigna de caída de la velocidad	rpm	ninguno
3:0009	Caída de la velocidad	%	100
3:0010	Salida del control PID de la velocidad	%	100
3:0011	Punto de consigna de velocidad mínima del regulador	rpm	ninguno
3:0012	Velocidad más alta alcanzada	rpm	ninguno
3:0013	Función Idle/Rated - Velocidad en vacío	rpm	ninguno
3:0014	Función Idle/Rated - Velocidad nominal	rpm	ninguno
3:0015	Secuencia automática - Punto de consigna de la velocidad en vacío bajarp	rpm	ninguno
3:0016	Secuencia automática - Tiempo de retardo de la velocidad en vacío bajamin		100
3:0017	Secuencia automática - Tiempo restante a la velocidad en vacío baja min		100
3:0018	Secuencia automática - Paso de velocidad en vacío baja a alta	rpm/s	ninguno
3:0019	Secuencia automática - Punto de consigna de la velocidad en vacío altarp	rpm	ninguno
3:0020	Secuencia automática - Tiempo de retardo de la velocidad en vacío altamin		100
3:0021	Secuencia automática - Tiempo restante a la velocidad en vacío alta min		100
3:0022	Secuencia automática -Velocidad de paso de la velocidad en vacío alta a la velocidad nominal	rpm/s	ninguno
3:0023	Secuencia automática - Punto de consigna de la velocidad nominal	rpm	ninguno
3:0024	Secuencia automática - Horas de funcionamiento	h	ninguno
3:0025	Secuencia automática - Horas desde la alarma	h	ninguno
3:0026	Punto de consigna en cascada (cambiado de escala)	Unidades en cascada	factor de escala en cascada
3:0027	Salida del control PID en cascada	%	100
3:0028	Entrada del control en cascada (%)	%	100

3:0029	Punto de consigna del control en cascada (%)	%	100
3:0030	Factor de escala del control en cascada	ninguna	ninguno
<u>DIRECCIÓN DESCRIPCIÓN</u>		<u>UNIDADES</u>	<u>MULTIPLICADOR</u>
3:0031	Entrada en cascada (cambiada de escala) de escala del control en cascada	Unidades del control en cascada	factor
3:0032	Entrada en cascada remota (cambiada de escala) de escala del control en cascada	Unidades del control en cascada	factor
3:0033	Punto de consigna auxiliar (cambiado de escala) auxiliar	Unidades auxiliares	factor de escala
3:0034	Salida del control PID auxiliar	%	100
3:0035	Entrada auxiliar (%)	%	100
3:0036	Punto de consigna auxiliar (%)	%	100
3:0037	Factor de escala del control auxiliar	ninguna	ninguno
3:0038	Entrada auxiliar (cambiada de escala) auxiliar	Unidades auxiliares	factor de escala
3:0039	Entrada auxiliar remota (cambiada de escala) auxiliar	Unidades auxiliares	factor de escala
3:0040	Entrada del punto de consigna de la velocidad remoto	rpm	ninguno
3:0041	Factor de escala FSP	ninguna	ninguno
3:0042	Entrada FSP (cambiada de escala)	Unidades FSP	factor de escala FSP
3:0043	Factor de escala del compartimiento de la carga	ninguna	ninguno
3:0044	Entrada de sincronización/compartimiento de la carga (cambiada de escala) compartimiento de la carga	rpm	factor de escala de
3:0045	Factor de escala de KW	ninguna	ninguno
3:0046	Entrada KW (cambiada de escala) carga	Unidades de carga	factor de escala de
3:0047	Punto de consigna del limitador de la válvula	%	100
3:0048	Demanda del accionador	%	100
3:0049	Demanda del accionador 1	%	100
3:0050	Demanda del accionador 2	%	100
3:0051	Libre		
3:0052	Libre		
3:0053	Libre		
3:0054	Libre		
3:0055	Libre		
3:0056	Libre		
3:0057	Libre		
3:0058	Libre		
3:0059	Libre		
3:0060	Punto de consigna de la velocidad introducida a través de Modbus (realimentación)	rpm	ninguno
3:0061	Punto de consigna en cascada introducido a través de Modbus (realimentación) de escala en cascada	Unidades en cascada	factor
3:0062	Punto de consigna auxiliar introducido a través de Modbus (realimentación) de escala auxiliar	Unidades auxiliares	factor de
3:0063	Libre		
3:0064	Libre		
3:0065	Libre		
3:0066	Libre		
3:0067	Libre		
3:0068	Libre		
3:0069	Libre		
3:0070	Libre		
3:0071	Libre		
3:0072	Entrada analógica 1	%	100

3:0073	Entrada analógica 2	%	100
3:0074	Entrada analógica 3	%	100
3:0075	Entrada analógica 4	%	100
3:0076	Entrada analógica 5	%	100
3:0077	Entrada analógica 6	%	100
3:0078	Salida analógica 1	mA	100
3:0079	Salida analógica 2	mA	100
3:0080	Salida analógica 3	mA	100
3:0081	Salida analógica 4	mA	100
3:0082	Salida analógica 5	mA	100
3:0083	Salida analógica 6	mA	100
<u>DIRECCIÓN DESCRIPCIÓN</u>		<u>UNIDADES</u>	<u>MULTIPLICADOR</u>
3:0084	Salida del accionador 1	mA	100
3:0085	Salida del accionador 2	mA	100
3:0086	Último disparo	ninguna	ninguno
3:0087	Unidades de carga (3 = MW, 4 = KW)	ninguna	ninguno
3:0088	Configuración de la entrada analógica 1*	ninguna	ninguno
3:0089	Configuración de la entrada analógica 2*	ninguna	ninguno
3:0090	Configuración de la entrada analógica 3*	ninguna	ninguno
3:0091	Configuración de la entrada analógica 4*	ninguna	ninguno
3:0092	Configuración de la entrada analógica 5*	ninguna	ninguno
3:0093	Configuración de la entrada analógica 6*	ninguna	ninguno
3:0094	Configuración de la salida analógica 1*	ninguna	ninguno
3:0095	Configuración de la salida analógica 2*	ninguna	ninguno
3:0096	Configuración de la salida analógica 3*	ninguna	ninguno
3:0097	Configuración de la salida analógica 4*	ninguna	ninguno
3:0098	Configuración de la salida analógica 5*	ninguna	ninguno
3:0099	Configuración de la salida analógica 6*	ninguna	ninguno
3:0100	Configuración del relé 1*	ninguna	ninguno
3:0101	Configuración del relé 2*	ninguna	ninguno
3:0102	Configuración del relé 3*	ninguna	ninguno
3:0103	Configuración del relé 4*	ninguna	ninguno
3:0104	Configuración del relé 5*	ninguna	ninguno
3:0105	Configuración del relé 6*	ninguna	ninguno
3:0106	Configuración de la entrada de contacto 1*	ninguna	ninguno
3:0107	Configuración de la entrada de contacto 2*	ninguna	ninguno
3:0108	Configuración de la entrada de contacto 3*	ninguna	ninguno
3:0109	Configuración de la entrada de contacto 4*	ninguna	ninguno
3:0110	Configuración de la entrada de contacto 5*	ninguna	ninguno
3:0111	Configuración de la entrada de contacto 6*	ninguna	ninguno
3:0112	Configuración de la entrada de contacto 7*	ninguna	ninguno
3:0113	Configuración de la entrada de contacto 8*	ninguna	ninguno
3:0114	Configuración de la entrada de contacto 9*	ninguna	ninguno
3:0115	Configuración de la entrada de contacto 10*	ninguna	ninguno
3:0116	Configuración de la entrada de contacto 11*	ninguna	ninguno
3:0117	Configuración de la entrada de contacto 12*	ninguna	ninguno
3:0118	Unidades del control auxiliar configuradas*	ninguna	ninguno
3:0119	Unidades del control en cascada configuradas*	ninguna	ninguno
3:0120	Libre		

* Consulte las tablas de indicación B.5

H.4 ESCRITURA/LECTURA ANALÓGICA

Tabla H4. Direcciones analógicas de escritura

<u>DIRECCIÓN</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>MULTIPLICADOR</u>
4:0001	Punto de consigna de la velocidad introducida a través de Modbus	rpm	ninguno
4:0002	Punto de consigna en cascada introducido a través de Modbus de escala del control en cascada	Unidades del control en cascada	Factor
4:0003	Punto de consigna auxiliar introducido a través de Modbus de escala del control auxiliar	Unidades del control auxiliar	Factor de
4:0004	Libre		
4:0005	Libre		
4:0006	Libre		
4:0007	Libre		
4:0008	Libre		

H.5 TABLAS DE INDICACIÓN

- **Causa del último disparo de la turbina.** La causa del último disparo de la turbina (dirección 3:0086) es un entero que representa la causa siguiente:

Tabla H5. Causa del último disparo de la turbina

Valor	Descripción
1	Entrada disparo externa
2	Botón de parada de emergencia (pulsador del panel frontal)
3	Disparo por sobrevelocidad
4	Fallo de todas las sondas de velocidad
5	Fallo del accionador 1
6	Fallo del accionador 2
7	Fallo de la entrada auxiliar
8	Disparo externo 2
9	Disparo externo 3
10	Disparo por el enlace de comunicaciones 1
11	Disparo por el enlace de comunicaciones 2
12	Fallo de la entrada KW
13	Interruptor de conexión con la red eléctrica abierto

14	Interruptor del generador abierto
15	Parada al encendido
16	Parada manual (controlada)
17	Disparo externo 4
18	Disparo externo 5

- **Parámetros de control.**

El estado de los parámetros de control del gobernadores utiliza un registro analógico de lectura (3:0001) para identificar los parámetros que determinan el control. Esta variable sigue lo que se visualiza en la pantalla de parámetros de control que aparece al pulsar el botón "CONT". La variable proporciona el estado actual del control y se define en la tabla siguiente.

Estado del control

Tabla H6. Estado de control

Valor	Descripción
1	Velocidad/Fuera de línea
2	Velocidad/En línea
3	Control remoto/Velocidad
4	Control en cascada/Velocidad
5	Control en cascada remoto/Velocidad
6	Frecuencia/Velocidad
7	Compartimiento de la carga/Velocidad
8	Sincronización
9	Secuencia de arranque automático
10	Arranque a velocidad en vacío/nominal
11	Arranque semiautomático
12	Arranque automático
13	Arranque manual

14	Preparada para arrancar
15	Permiso de arranque no cumplido
16	Error de configuración
17	Control auxiliar
18	Control auxiliar remoto
19	Limitador de la válvula
20	Seccionador en la posición máxima
21	Libre para uso futuro
22	Parada controlada
23	Parada

Las direcciones analógicas de lectura 3:0088-0093 proporcionan el valor de configuración de las entradas analógicas uno a seis por orden. Las configuraciones de las entradas analógicas se definen en la tabla siguiente.

Configuración de la entrada analógica

Tabla H7. Configuración de las entradas analógicas.

Valor	Descripción
1	Punto de consigna de la velocidad remoto
2	Entrada de sincronización
3	Entrada de sincronización/compartimiento de la carga
4	Entrada de kW/Carga de la unidad
5	Entrada en cascada
6	Punto de consigna en cascada remoto
7	Entrada auxiliar
8	Punto de consigna auxiliar remoto
9	Entrada de presión de la primera etapa
10	(No utilizado)

Las direcciones analógicas de lectura 3:0094 - 0099 proporcionan el valor de configuración de las salidas analógicas de uno a seis por orden. La configuración de las salidas analógicas se define en la tabla siguiente

Configuración de las salidas analógicas

Tabla H8. Configuración de las salidas analógicas

Valor	Descripción
1	Velocidad real
2	Punto de consigna de la velocidad
3	Punto de consigna de la velocidad remoto
4	Entrada de compartimiento de la carga
5	Entrada de sincronización
6	Entrada kW
7	Entrada en cascada
8	Punto de consigna en cascada
9	Punto de consigna en cascada remoto
10	Entrada auxiliar
11	Punto de consigna auxiliar
12	Punto de consigna auxiliar remoto
13	Punto de consigna del limitador de la válvula
14	Lectura de la demanda del accionador
15	Lectura del accionador número 1
16	Lectura del accionador número 2
17	Entrada de presión de la primera etapa
18	(No utilizado)

Las direcciones analógicas de lectura 3:0100 - 0105 proporcionan el valor de configuración de los relés uno a seis por orden. La configuración de los relés se define en la tabla siguiente.

Configuración de los relés

Tabla H9. Configuración de los relés

Valor	Descripción
<i>RELÉ CONFIGURADO COMO INTERRUPTOR DE NIVEL</i>	
0	Interruptor de subvelocidad
1	Interruptor del nivel de velocidad
2	Interruptor del nivel del punto de consigna de la velocidad
3	Interruptor del nivel de carga de la unidad
4	Interruptor del nivel del compartimiento de la carga
5	Interruptor del nivel en cascada
6	Interruptor del nivel del punto de consigna en cascada
7	Interruptor de nivel auxiliar
8	Interruptor del nivel del punto de consigna auxiliar
9	Interruptor del nivel de demanda del accionador
10	Interruptor del nivel de demanda del accionador 1
11	Interruptor del nivel de demanda del accionador 2
12	Interruptor del nivel del limitador de la válvula
13	Interruptor del nivel de presión de la primera etapa
<i>RELÉ CONFIGURADO PARA INDICAR EL ESTADO</i>	
21	Condición de parada
22	Relé de disparo (salida de relé de disparo adicional)
23	Condición de alarma
24	Estado del control correcto
25	Disparo por sobrevelocidad
26	Activada la prueba de sobrevelocidad
27	Control PID de la velocidad en control
28	Punto de consigna de la velocidad remoto activado
29	Punto de consigna de la velocidad remoto activo
30	Interruptor de subvelocidad
31	Secuencia de arranque automático interrumpida
32	Modo dinámico del control PID en línea
33	Modo de control local
34	Control de frecuencia armado
35	Control de frecuencia

36	Sincronización activada
37	Sincronización/compartimiento de la carga activa
38	Control del compartimiento de la carga
39	Control en cascada activado
40	Control en cascada activo
41	Punto de consigna en cascada remoto activado
42	Punto de consigna en cascada remoto activo
43	Control auxiliar activado
44	Control auxiliar activo
45	Control PID auxiliar en control
46	Punto de consigna auxiliar remoto activado
47	Punto de consigna auxiliar remoto activo
48	Limitador de la válvula en control
49	Botón F3 seleccionado
50	Botón F4 seleccionado
51	Comando Modbus
52	(No utilizado)

Las direcciones analógicas de lectura 3:0106 - 0117 proporcionan el valor de la configuración de las entradas de contactos, de uno a doce por orden. La configuración de las entradas de contactos se define en la tabla siguiente.

Configuración de las entradas de contactos

Tabla H10. Configuraciones de las entradas de contactos

Valor	Descripción
1	Interruptor del generador
2	Interruptor de la conexión con la red eléctrica
3	Prueba de sobrevelocidad
4	Funcionamiento externo
5	Permiso de arranque
6	Velocidad en vacío/Nominal

7	Interrupción/Continuación de la secuencia de arranque automático
8	Cancelación del fallo del MPU
9	Selección de dinámica en línea
10	Control local/remoto
11	Activación del punto de consigna de la velocidad remoto
12	Activación de la sincronización
13	(No utilizado)
14	Armado/Desarmado del control de frecuencia
15	Aumento del punto de consigna en cascada
16	Disminución del punto de consigna en cascada
17	Activación del control en cascada
18	Activación del punto de consigna en cascada remoto
19	Aumento del punto de consigna auxiliar
20	Disminución del punto de consigna auxiliar
21	Activación del control auxiliar
22	Activación del punto de consigna auxiliar remoto
23	Limitador de la válvula abierto
24	Limitador de la válvula cerrado
25	Disparo externo 2
26	Disparo externo 3
27	Disparo externo 4
28	Disparo externo 5
30	Parada controlada (manual)
31	(No utilizado)

Las direcciones analógicas de lectura 3:0118-0119 proporcionan el valor de configuración de las unidades auxiliares y de las unidades en cascada por orden. La configuración de las unidades se define en la tabla siguiente.

Configuración de las unidades

Tabla H11. Configuración de las unidades

Valor	Descripción
1	psi
2	kPa
3	MW
4	kW
5	°F
6	°C
7	t/h
8	k#/hr
9	#/hr
10	kg/cm2
11	bar
12	atm

ANEXO I. MAPA DE MEMORIA DEL SISTEMA DE VÁLVULAS MOTORIZADAS

Existen 16 bits de datos por cada válvula, donde cada bit representa un estado de acuerdo a la tabla I1.

La tabla I1 presenta el mapa de memoria que se puede leer con el código de función Modbus 02 (Lee posiciones de memoria de un bit).

Tabla I15. Información de cada válvula Función Modbus 02 (lee bits)

Dirección Modbus	Estado de la válvula
10001	Válvula en transición
10002	Válvula abierta
10003	Válvula cerrada
10004	Modo automático
10005	Modo manual
10006	Válvula cerrando
10007	Válvula abriendo
10008	Alarma maestra
10009	Alarma falla en autodiagnóstico
10010	Alarma válvula quieta
10011	Alarma fuera de rango en el A/D
10012	Alarma watchdog time-out
10013	Alarma por falla en watchdog
10014	Falla en la prueba de memoria
10015	Falla en la línea primaria
10016	Falla en la línea secundaria

Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes

Se puede obtener la misma información que existe en la tabla 1, al utilizar el código de función Modbus 04 (Lee posiciones de memoria de 16 bits). Con este código se puede leer las posiciones de memoria representadas en la tabla I2.

La información de cada válvula se encuentra en una sola posición de memoria ya que en este caso, se leen registros de 16 bits.

Tabla I16. Información de cada válvula Función Modbus 04 (lee registros)

Válvula	Dirección Modbus
1	30001
2	30002
3	30003
4	30004
.	
.	
.	
252	30252
253	30253
254	30254

Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes

Si se desea conocer la posición de la válvula se utiliza el código de función 03 que permite leer posiciones de memoria a partir de 40256, como se observa en la tabla I4. La posición se expresa como porcentaje.

Tabla I3. Información de la posición de la válvula. Función Modbus 03 (lee registros)

Válvula	Dirección Modbus
1	40256
2	40257
3	40258
4	40259
.	.

.	.
.	.
252	40508
253	40509
254	40510

Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes

También se puede ejercer control si es necesario, de acuerdo con la tabla I3.

Tabla I4. Bits de lectura/escritura.

Dirección Modbus	Comando y Posición de la válvula
00001	Abrir-Válvula en la dirección 001
00002	Detener-Válvula en la dirección 001
00003	Cerrar-Válvula en la dirección 001
00004	Resetear alarmas-Válvula en la dirección 001
00005	Abrir-Válvula en la dirección 002
00006	Detener-Válvula en la dirección 002
00007	Cerrar-Válvula en la dirección 002
00008	Resetear alarmas-Válvula en la dirección 002
00009	Abrir-Válvula en la dirección 003
00010	Detener-Válvula en la dirección 003
00011	Cerrar-Válvula en la dirección 003
00012	Resetear alarmas-Válvula en la dirección 003
00013	Abrir-Válvula en la dirección 004
00014	Detener-Válvula en la dirección 004
00015	Cerrar-Válvula en la dirección 004
00016	Resetear alarmas-Válvula en la dirección 004

Fuente: Información interna Gerencia Complejo Barrancabermeja. Planta de Parafinas y Bases Lubricantes