



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## EXTENSIÓN LATACUNGA

### DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE UN SISTEMA DE NIVEL DE AGUA PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA.”

AUTOR:

NARVÁEZ VICENTE DAVID ALEXANDER

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

INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AÑO 2013

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS  
ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Narváez Vicente David Alexander

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado Diseño e Implementación de un módulo didáctico para el control automático de un sistema de nivel de agua para el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es mi autoría.

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

Latacunga, Noviembre del 2013.

---

David Narváez V.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**CERTIFICADO**

Ing. Galo Ávila (Director)

Ing. Edwin Pruna (Codirector)

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “Diseño e Implementación de un módulo didáctico para el control automático de un sistema de nivel de agua para el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga” realizado por David Alexander Narváez Vicente, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a David Alexander Narváez Vicente que lo entregue a la Ing. José Buqueli en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Noviembre del 2013.

---

Ing. Galo Ávila  
DIRECTOR

---

Ing. Edwin Pruna  
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**AUTORIZACIÓN**

Yo, David Alexander Narváez Vicente

Autorizo a la la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Diseño e Implementación de un módulo didáctico para el control automático de un sistema de nivel de agua para el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Noviembre del 2013.

---

David Narváez V.



## **DEDICATORIA**

A mi familia, quienes con su apoyo incondicional me alentaron a alcanzar la meta anhelada y me han formado no solo como un profesional sino como una persona humanista, mis padres quienes con su ejemplo, sabiduría y sacrificio hicieron de este sueño una meta cumplida guiándome siempre por un buen camino, a mis hermanos quienes siempre estuvieron a mi lado apoyándome y ayudándome, gracias a todos he logrado culminar con una etapa importante de mi vida profesional.

***David***

## **AGRADECIMIENTO**

*“Largo es el camino de la enseñanza por medio de teorías; breve y eficaz por medio de ejemplos.”*

*Séneca*

A mi familia por su apoyo incondicional para poder lograr esta meta.

A todos los docentes, quienes supieron impartir los amplios conocimientos con respeto y vocación y sobre todo por resaltar los valores que hacen de nosotros mejores personas, sin dejar de lado a mis asesores de tesis los cuales respeto y estimo por su ayuda, paciencia, optimismo y colaboración que me han brindado.

A mis amigos con quienes llegamos a ser parte de una familia no solo profesionalmente si no también socialmente.

***David***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |       |
|--|-------|
| CARATULA .....                                 | i     |
| DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....           | ii    |
| CERTIFICADO DE TUTORÍA.....                    | iii   |
| AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....               | iv    |
| DEDICATORIA .....                              | v     |
| AGRADECIMIENTO .....                           | vi    |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS.....                      | vii   |
| LISTADOS DE FIGURAS .....                      | xii   |
| LISTADOS DE ANEXOS .....                       | xvii  |
| RESUMEN.....                                   | xviii |
| ABSTRACT .....                                 | xix   |
| <br>   |       |
| 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....                   | 1     |
| 1.1 INTRODUCCIÓN .....                         | 1     |
| 1.2 IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....              | 2     |
| 1.3 PANTALLAS HMI. ....                        | 3     |
| 1.3.1 INTRODUCCIÓN.....                        | 3     |
| 1.3.2 RED LION G306.....                       | 4     |
| 1.4 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC). .... | 6     |
| 1.4.1 INTRODUCCIÓN.....                        | 6     |
| 1.4.2 PLC SIEMENS S7-1200.....                 | 8     |
| a. <i>MÓDULOS DE SEÑALES</i> .....             | 10    |

|  |    |
|--|----|
| <i>b. SEÑALES INTEGRADAS</i> .....   | 11 |
| <i>c. MÓDULOS DE COMUNICACIÓN</i> .....                                    | 11 |
| <i>d. INTERFAZ PROFINET INTEGRADA</i> .....                                | 12 |
| 1.5 MODOS DE CONTROL DE PROCESOS .....                                     | 13 |
| 1.5.1 CONTROL PROPORCIONAL.....  | 13 |
| 1.5.2 CONTROL INTEGRAL.....  | 15 |
| 1.5.3 CONTROL DERIVATIVO.....  | 16 |
| 1.5.4 CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO .....                       | 18 |
| 1.6 VARIADOR DE VELOCIDAD DE MOTORES.....                                  | 24 |
| 1.6.1 VARIADOR DE VELOCIDAD.....   | 24 |
| 1.6.2 MOTIVOS PARA EMPLEAR VARIADORES DE VELOCIDAD .....                   | 25 |
| 1.6.3 TIPOS DE VARIADORES DE VELOCIDAD.....                                | 25 |
| <i>a. VARIADORES MECÁNICOS</i> .....                                       | 25 |
| <i>b. VARIADORES HIDRÁULICOS</i> .....                                     | 25 |
| <i>c. VARIADORES ELÉCTRICO-ELECTRÓNICOS</i> .....                          | 26 |
| 1.7 TRANSMISOR DE NIVEL RADAR SIN CONTACTO. ....                           | 27 |
| 1.7.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES .....                                      | 27 |
| 1.7.2 PRINCIPIO DE MEDICIÓN .....  | 28 |
| <i>a. VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA DE RADAR</i> .....                         | 29 |
| <i>b. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES</i> .....                                 | 30 |
| <i>c. MEJOR RENDIMIENTO Y TIEMPO EFECTIVO<br/>DE FUNCIONAMIENTO</i> .....  | 30 |
| <i>d. EL DISEÑO ROBUSTO REDUCE COSTOS Y<br/>AUMENTA LA SEGURIDAD</i> ..... | 31 |
| <i>e. EL MANTENIMIENTO MÍNIMO REDUCE EL COSTO</i> .....                    | 31 |

|  |    |
|--|----|
| 1.8 REGULADORES DE FLUJO .....                               | 32 |
| 1.8.1 PARTES DE LA VÁLVULA DE CONTROL .....                  | 32 |
| 1.8.2 TIPOS DE VÁLVULAS .....                                | 32 |
| 1.9 CONVERTOR DE CORRIENTE 4-20 mA. A PRESIÓN 3-15 PSI ..... | 34 |
| 1.10 ACTUADOR NEUMÁTICO DE 3 A 15 PSI.....                   | 35 |
| <br>   |    |
| 2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO .....        | 37 |
| 2.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA .....           | 37 |
| 2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES Y P&ID DEL SISTEMA .....             | 38 |
| 2.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES.....                               | 38 |
| 2.2.2 DIAGRAMA P&ID .....                                    | 39 |
| 2.3 DIAGRAMA DE FLUJO.....                                   | 41 |
| 2.4 PROGRAMACIÓN DEL PLC .....                               | 44 |
| 2.4.1 CREAR UN NUEVO PROYECTO .....                          | 44 |
| 2.4.2 Insertar y configurar un controlador .....             | 46 |
| 2.4.3 CONFIGURAR LA INTERFAZ PROFINET DEL CONTROLADOR.....   | 51 |
| 2.4.4 AÑADIR UN MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS ANÁLOGO.....    | 53 |
| 2.4.5 CREAR EL PROGRAMA EN EL CONTROLADOR .....              | 54 |
| 2.4.6 Configura una red MODBUS TCP/IP .....                  | 56 |
| 2.4.7 Configurar Bloque de regulador PID.....                | 61 |
| 2.4.8 CARGAR EL PROGRAMA AL CONTROLADOR.....                 | 64 |
| 2.5 PROGRAMACIÓN PANTALLA TOUCH SCREEN (RED LION) .....      | 67 |
| 2.5.1 CREAR UN NUEVO PROYECTO .....                          | 67 |
| 2.5.2. CONFIGURAR UNA RED MODBUS TCP/IP SLAVE .....          | 73 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.5.3. CREAR ETIQUETAS O VARIABLES .....                                     | 77  |
| 2.5.4. DISEÑO DEL HMI .....  | 77  |
| 2.5.5. CARGAR EL PROGRAMA AL DISPOSITIVO.....                                | 79  |
| <br>   |     |
| 3. RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES .....                                 | 80  |
| 3.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA. ....                                     | 80  |
| 3.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES AL SISTEMA.....                                   | 85  |
| 3.3 FUNCIONAMIENTO EN LOS DISTINTOS MODOS DE CONTROL.....                    | 87  |
| 3.3.1. CONTROL PROPORCIONAL.....   | 87  |
| 3.3.2 CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO .....                                  | 88  |
| 3.3.3 CONTROL PROPORCIONAL-INTEGRAL .....                                    | 89  |
| 3.3.4 CONTROL PROPOCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO.....                           | 90  |
| 3.4 ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE PROCESO.....                                   | 91  |
| 3.4.1 Control Proporcional (P).....  | 93  |
| 3.4.2 Control Proporcional Integral (PI).....                                | 95  |
| 3.4.3 Control Proporcional Derivativo (PD) .....                             | 97  |
| 3.4.4 Control Proporcional Integral derivativo (PID) .....                   | 98  |
| 3.4.5 Control Proporcional Integral Derivativo con encendido de Alarmas..... | 100 |
| 3.5 ALCANCE Y LIMITACIONES. ....   | 101 |
| 3.5.1 ALCANCES. ....   | 101 |
| 3.5.2 LIMITACIONES .....   | 102 |
| <br>   |     |
| 4. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.....   | 103 |
| 4.1 CONCLUSIONES.....  | 103 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 4.2 RECOMENDACIONES .....  | 105 |
| BIBLIOGRAFÍA.....          | 107 |
| ENLACES ELECTRÓNICOS ..... | 107 |
| ANEXOS .....               | 111 |

## LISTADOS DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. 1: Pantalla Red Lion G306 .....   | 5  |
| Figura 1. 2: PLC S7 1200 y sus partes .....   | 9  |
| Figura 1. 3: Módulos de señales .....   | 10 |
| Figura 1. 4: Módulos de señales integradas .....  | 11 |
| Figura 1. 5: Módulos de comunicación.....   | 11 |
| Figura 1. 6: Interfaz PROFINET integrada .....  | 12 |
| Figura 1. 7: Formas de onda del control<br>proporcional con distinta ganancia ( $K_p$ ) ..... | 14 |
| Figura 1. 8: Formas de onda del control integral<br>con distinta ganancia ( $K_i$ ) .....     | 16 |
| Figura 1. 9: Formas de onda del control<br>derivativo con distinta ganancia ( $K_d$ ) .....   | 18 |
| Figura 1. 10: Formas de onda del control<br>PID con ganancias ( $K_p$ , $K_d$ , $K_i$ ).....  | 19 |
| Figura 1. 11: Diagrama de bloques del sistema de control PID.....                             | 20 |
| Figura 1. 12: Transmisor de nivel radar .....   | 28 |
| Figura 1. 13: Principio de medición.....  | 29 |
| Figura 1. 14: Curva de puertos dobles .....   | 31 |
| Figura 1. 15: Válvula de Compuerta .....  | 33 |
| Figura 1. 16: Válvula de bola .....   | 34 |
| Figura 1. 17: Estructura Interno del Conversor I/P .....                                      | 35 |
| Figura 1. 18: Actuador de una válvula de control .....  | 36 |
| Figura 2. 1: Diagrama de bloques del sistema .....  | 38 |
| Figura 2. 2: Diagrama P&ID del sistema .....  | 39 |
| Figura 2. 3: Diagrama de flujo del sistema.....   | 42 |
| Figura 2. 4: Diagrama de flujo HMI .....  | 43 |
| Figura 2. 5: Ingreso al programa TIA Portal .....   | 44 |



|  |    |
|--|----|
| Figura 2. 6: Pantalla principal del software TIA portal. ....  | 45 |
| Figura 2. 7: Crear un nuevo proyecto.....                      | 46 |
| Figura 2. 8: Agregar un dispositivo. ....                      | 47 |
| Figura 2. 9: Selección del dispositivo.....                    | 47 |
| Figura 2. 10: Finalización de agregar un dispositivo. ....     | 48 |
| Figura 2. 11: Editor de dispositivos y redes. ....             | 49 |
| Figura 2. 12: Vista de dispositivos. ....                      | 50 |
| Figura 2. 13: Selección de la interfaz PROFINET. ....          | 52 |
| Figura 2. 14: Dirección IP del controlador. ....               | 52 |
| Figura 2. 15: Selección del módulo.....                        | 53 |
| Figura 2. 16: Módulo de I/O análogas.....                      | 54 |
| Figura 2. 17: Bloques de programa.....                         | 55 |
| Figura 2. 18: Bloque de organización Main. ....                | 55 |
| Figura 2. 19: Ventana de programación (Main).....              | 56 |
| Figura 2. 20: Selección de MODBUSTCP/IP CLIENT.....            | 57 |
| Figura 2. 21: Configuración de los parámetros MB_CLIENT.....   | 57 |
| Figura 2. 22: Agregar un nuevo bloque.....                     | 61 |
| Figura 2. 23: Bloque de alarma cíclica.....                    | 62 |
| Figura 2. 24: PID Compact. ....                                | 63 |
| Figura 2. 25: Confirmación del PID Compact.....                | 63 |
| Figura 2. 26: Asignación de variables del PID Compact. ....    | 64 |
| Figura 2. 27: Inicio del proceso de cargar. ....               | 64 |
| Figura 2. 28: Selección de la interfaz.....                    | 65 |
| Figura 2. 29: Comprobación antes de cargar.....                | 66 |
| Figura 2. 30: Arranque del módulo.....                         | 66 |
| Figura 2. 31: Selección de la pantalla. ....                   | 68 |
| Figura 2. 32: Ventana principal de Crimson. ....               | 68 |
| Figura 2. 33: Principales categorías de una base de datos..... | 70 |
| Figura 2. 34: Configuración del puerto Ethernet 1.....         | 74 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 2. 35: Selección de la red MODBUS TCP/IP SLAVE. ....                           | 74 |
| Figura 2. 36: Configuración del controlador del protocolo 1. ....                     | 75 |
| Figura 2. 37: Inserción de bloque en el software Crimson.....                         | 75 |
| Figura 2. 38: Selección del tipo datos del bloque. ....                               | 76 |
| Figura 2. 39: Configuración de los parámetros del bloque. ....                        | 76 |
| Figura 2. 40: Creación etiquetas. ....  | 77 |
| Figura 2. 41: Insertar un símbolo. ....   | 78 |
| Figura 2. 42: Desarrollo completo del HMI. ....                                       | 78 |
| Figura 2. 43: selección del puerto de comunicación de programación. ....              | 79 |
| Figura 2. 44: Enviar el programa a la pantalla Touch Screen.....                      | 79 |
| Figura 3. 1: Tanque de almacenamiento de agua.....                                    | 80 |
| Figura 3. 2: Bomba centrífuga.....  | 80 |
| Figura 3. 3: Variador de frecuencia. ....   | 81 |
| Figura 3. 4: BOP (Basic Operator Panel). ....   | 81 |
| Figura 3. 5: Válvula de control proporcional de presión. ....                         | 82 |
| Figura 3. 6: Conversor de corriente a presión. ....                                   | 82 |
| Figura 3. 7: Válvula tipo bola. ....  | 82 |
| Figura 3. 8: Transmisor de nivel.....   | 83 |
| Figura 3. 9: Columna de nivel. ....   | 83 |
| Figura 3. 10: Rotámetro. ....   | 84 |
| Figura 3. 11: Autómata CPU 1214C. ....  | 84 |
| Figura 3. 12: Módulo de expansión.....  | 85 |
| Figura 3. 13: Pantalla táctil G306A. ....   | 85 |
| Figura 3. 14: Forma de respuesta del control proporcional. ....                       | 88 |
| Figura 3. 15: Forma de respuesta del control proporcional-derivativo.....             | 89 |
| Figura 3. 16: Forma de respuesta del control proporcional-integral. ....              | 90 |
| Figura 3. 17: Forma de respuesta del control<br>proporcional-integral-derivativo..... | 91 |
| Figura 3. 18: Pantalla de las variables del proceso.....                              | 92 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3. 19: Pantalla de tendencias del proceso. ....                                    | 93  |
| Figura 3. 20: Respuesta del sistema con un control<br>proporcional con $K_p=5.487$ .....  | 94  |
| Figura 3. 21: Respuesta del sistema con un control<br>proporcional con $K_p=4.095$ .....  | 94  |
| Figura 3. 22: Pantalla para el ingreso de las constantes del control PI .....             | 95  |
| Figura 3. 23: Respuesta del sistema con un control PI .....                               | 96  |
| Figura 3. 24: Respuesta del sistema con un control PI<br>con una perturbación .....       | 97  |
| Figura 3. 25: Respuesta del sistema con un control PD.....                                | 98  |
| Figura 3. 26: Respuesta del sistema con un control PID.....                               | 99  |
| Figura 3. 27: Respuesta del sistema con un control PID<br>aplicando una perturbación..... | 100 |
| Figura 3. 28: Respuesta del sistema con un control PID más las alarmas ...                | 101 |

## LISTADOS DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2. 1: Parámetros de la instrucción "MB_CLIENT":.....              | 58 |
| Tabla 3. 1. Valores ingresados para la sintonización del Control P..... | 93 |
| Tabla 3. 2 Parámetros de sintonización del control PI .....             | 95 |
| Tabla 3. 3 Parámetros de sintonización para un control PD.....          | 97 |
| Tabla 3. 4. Parámetros de sintonización para un control PID.....        | 98 |

## LISTADOS DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| ANEXO A: Glosario de Términos.....                            | 111 |
| ANEXO B: Hojas de Especificaciones Técnicas .....             | 116 |
| ANEXO C: Programación .....                                   | 162 |
| ANEXO D: Guías de Prácticas.....                              | 173 |
| ANEXO E: Manual Técnico de Posibles Fallas y Soluciones ..... | 227 |

## RESUMEN

En este proyecto se ha diseñado e implementado un módulo didáctico para el control y monitoreo automático de un sistema de nivel de agua con tecnología reciente en el mercado, debido a que en el laboratorio existe un módulo didáctico de nivel de agua con tecnología descontinuada la cual proporciona de forma parcial conocimientos a los alumnos para su desempeño en las industrias ya que estas poseen tecnologías modernas.

El sistema debe ser capaz de controlar un proceso de nivel de agua por medio de un PLC el cual toma la señal de un transmisor de nivel de tipo radar, éste PLC una vez procesada la información de acuerdo a un modo de control y la selección de un actuador previamente configurados, envía una señal eléctrica a un convertor de corriente a presión o a un variador de frecuencias dependiendo cual haya sido la selección del actuador; el convertor de corriente a presión entrega una señal neumática a la válvula reguladora que dependiendo de la señal neumática recibida se abrirá o se cerrará proporcionalmente y de este modo variar el flujo del agua que proporciona la bomba centrífuga; mientras que el variador de frecuencia dependiendo de la señal eléctrica recibida variara la velocidad de la bomba centrífuga de forma proporcional alterando el flujo de agua el cual se puede observar en un rotámetro, de esta manera poder controlar el nivel de agua en el tanque. Es posible visualizar las variables del proceso y monitorear el sistema de la estación de nivel de agua gracias a una TOUCH SCREEN en donde se puede definir de una forma intuitiva el modo de control(P, PD, PI, PID) a ser aplicado, el actuador a utilizar, monitorear el proceso, cambiar el valor del set point, aceptar alarmas, tener seguridades de acceso de usuarios, un registro de eventos y observar los históricos, de tal forma que se pueda darle estabilidad al proceso controlado.

## **ABSTRACT**

In this project has been designed and implemented a training module for the control and monitoring automatic of a water level system with recent technology on the market, because in the laboratory there is a module teaching of water level with discontinued technology which provides partial knowledge students for their performance in the industries since these have modern technology.

The system must be able to control a process of water level by means of a PLC which takes the signal from a radar type level transmitter, this PLC once processed the information in accordance with a previously-configured control and the selection of an actuator mode, sends an electrical signal to converter of current to pressure or to a Variator of frequency depending which was the selection of the actuator; the converter of current to pressure delivers a pneumatic signal to the regulator valve that opens or closes proportionally, depending on the pneumatic signal received and thus vary the flow of the water that provides the centrifuged pump; While the Variator of frequency depending on the electrical signal received will vary the speed of the centrifuged pump proportionally to alter the flow of water which can be seen in a rotameter, this way be able to control the water level in the tank. It is can visualize the process variables and monitor the system from the water level station thanks to a TOUCH SCREEN where you can set intuitively the mode of control(P, PD, PI, PID) to be applied, the actuator to use, monitor the process, change the value of the set point, accept alarms, have security of access to user, event log and see the historical ones, in such a way that will can give stability to the controlled process.

# **CAPÍTULO 1**

## **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

En un sistema automático se busca principalmente aumentar la eficiencia del proceso incrementando la velocidad, la calidad y la precisión, y disminuyendo los riesgos que normalmente se tendrían en la tarea si fuese realizada en forma manual por un operador.

Con el avance de la tecnología, los procesos industriales han sufrido grandes cambios y quienes están involucrados de una o de otra forma con el tema, deben estar permanentemente informados acerca de los nuevos productos, métodos de proceso, solución de fallas, sistemas de control, etc.

Prácticamente todas las industrias alrededor del mundo poseen al menos un pequeño sistema automático, lo cual significa que la automatización es un área que está permanentemente en contacto con el hombre.

Los automatismos están compuestos de tres partes principales, como son la obtención de señales por parte de los sensores, transmisores, el procesamiento de dichas señales hecho por los procesadores inteligentes y la ejecución de respuestas efectuadas por los actuadores.

Todos los procesos se desarrollan en un ambiente de acceso remoto, ya que el presente modulo es didáctico los estudiantes podrán aplicar todos los conocimientos adquiridos en las aulas, realizando diversos talleres prácticos de laboratorio de control y monitoreo industrial.



## **1.2 IMPORTANCIA DEL PROYECTO**

Ante el inevitable incremento de los estudiantes en la Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación se ha visto conveniente la implementación de un módulo didáctico para una estación de nivel de agua ya que el desenvolvimiento en el laboratorio de redes industriales y control de procesos para los alumnos es limitado e incomodo teniendo que asistir a realizar prácticas en horas extracurriculares, siendo esto un problema para el optimo aprendizaje.

El módulo didáctico a realizarse está basado en la estación de nivel en el cual se ha aplicado las mejoras tecnológicas como un transmisor de radar de última tecnología, una válvula proporcional industrial en la cual se ha realizado un estudio para un correcto dimensionamiento, un PLC y una TOUCH SCREEN que independientemente de sus marcas se ha realizado una comunicación entre estos. De tal manera que todos los dispositivos que se ha empleado en el módulo didáctico son adecuados para que sea una herramienta útil de enseñanza moderna.

El desarrollo del presente proyecto permite dotar al Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos un sistema con tecnología moderna, el cual contribuirá a la educación de futuras generaciones de estudiantes en Ingeniería Electrónica, enfatizando su capacitación en el monitoreo y control procesos industriales.

## **1.3 PANTALLAS HMI.<sup>1</sup>**

### **1.3.1 INTRODUCCIÓN.**

Una interfaz Humano-Máquina o HMI, Human Machine Interface, por sus siglas en inglés, es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual éste controla un determinado proceso.

Los HMIs pueden ser definidos como "ventanas de un proceso". Donde éstas ventanas pueden estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora.

Interacción Humano-Máquina (HMI) tiene como objeto de estudio el diseño, la evaluación y la implementación de sistemas interactivos de computación para el uso humano, así como los principales fenómenos que los rodean. Dado que este es un campo muy amplio, han surgido áreas más especializadas, entre las cuales se encuentran Diseño de Interacción o de Interfaces de Usuario, Arquitectura de Información y Usabilidad.

El Diseño de Interacción se refiere a la creación de la interfaz de usuario y de los procesos de interacción. La Arquitectura de Información apunta a la organización y estructura de la información brindada mediante el software. La usabilidad se aboca al estudio de las interfaces y aplicaciones con el objeto de hacerlas fáciles de usar, fáciles de recordar, fáciles de aprender y eficientes con bajo coeficiente de error en su uso y que generen satisfacción en el usuario. A su vez, se asemeja a una disciplina ingenieril porque plantea objetivos medibles y métodos rigurosos para alcanzarlos.

---

<sup>1</sup> "Interfaz HMI". [En línea]. Recuperado el 09 de julio del 2013, Disponible en Web: <<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>>.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorizar y de controlar múltiples sistemas remotos, PLCs y otros mecanismos de control, con la necesidad de tener un control más preciso y agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real. Aunque un PLC realiza automáticamente un control preprogramado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de manera automática.

Desde fines de la década de los '90, la gran mayoría de los productores de sistemas PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA. Y muchos de ellos utilizan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios, que han permitido masificar este tipo de sistemas y ponerlos al alcance de las pequeñas empresas.

### **1.3.2 RED LION G306<sup>2</sup>.**

La pantalla G306 pertenece a la gama Red Lion HMI de la serie G3.

Display 5,7" TFT matriz activa 256 colores QVGA LCD320x240 pixels modelo G306A)

Display 5,7" Ultra-STN matriz pasiva 256 colores QVGA LCD 320x240 pixels modelo G306C)

Terminal 3ª generación de Red Lion

Configurable con software Crimson 2.0 (gratis)

Teclado 5 pulsadores y un menú pantalla

3 indicadores LED en panel frontal

---

<sup>2</sup> "Red Lion G306". [En línea]. Recuperado el 09 de julio del 2013, Disponible en Web: <<http://www.euro-automation.com/DI/RL/G3/G306.html>>.

Pantalla táctil analógica resistiva

Hasta 5 puertos RS-232/422/485

Puerto Ethernet 10-Base-T/100-Base-TX

Acceso por web y función de control remotos

Configuración y Firmware se guardan en memoria Flash no volátil de 4MB

Display 3" monocromo 126x64 pixels

Puerto USB para descarga configuración

Convertidor de protocolo integrado

Configuración y Firmware se guardan en memoria Flash no volátil: 8MB Flash p/G306A y 4MB p/G306C

Ranura Compact Flash para data logging

Listado UL para uso en ambientes peligrosos

Panel frontal IP66 / NEMA 4X

Alimentación 24 VDC



**Figura 1. 1: Pantalla Red Lion G306**

## **1.4 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC).**

### **1.4.1 INTRODUCCIÓN**

El controlador lógico programable (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

La historia del PLC (Control Lógico Programable) se remonta a finales de la década de 1960, apareció cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente con el propósito de eliminar el enorme costo que significaba el reemplazo de un sistema de control basado en relés (relays), interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

La empresa Bedford Associates (Bedford, MA) propuso un sistema al que llamó Modular Digital Controller o MODICON a una empresa fabricante de autos en los Estados Unidos, por los requerimientos de los fabricantes de automóviles que estaban cambiando constantemente los sistemas de control en sus líneas de producción para acomodarlos a sus nuevos modelos de carros, en el pasado, esto requería un extenso re-alambrado de bancos de relevadores un procedimiento muy costoso.

El desarrollo de los Controladores Lógicos Programables (PLC's) fue inventado por el ingeniero Estadounidense Dick Morley.

El MODICON 084 fue el primer PLC producido comercialmente.

A mediados de los años 70, la AMD 2901 y 2903 eran muy populares entre los PLC MODICON. Por esos tiempos los microprocesadores no eran tan rápidos y sólo podían compararse a PLCs pequeños.

Con el avance en el desarrollo de los microprocesadores (más veloces), cada vez PLC más grandes se basan en ellos.

La habilidad de comunicación entre ellos apareció aproximadamente en el año 1973. El primer sistema que lo hacía fue el Modbus de Modicon.

Los PLC podían incluso estar alejados de la maquinaria que controlaban, pero la falta de estandarización debido al constante cambio en la tecnología hizo que esta comunicación se tornara difícil.

En los años 80 se intentó estandarizar la comunicación entre PLCs con el protocolo de automatización de manufactura de la General Motors (MAP).

En esos tiempos el tamaño del PLC se redujo, su programación se realizaba mediante computadoras personales (PC) en vez de terminales dedicadas sólo a ese propósito.

En los años 90 se introdujeron nuevos protocolos y se mejoraron algunos anteriores.

Desde el comienzo de la industrialización, el hombre ha buscado las formas y procedimientos para que los trabajos se realizaran de forma más ágil y resultaran menos tediosos para el propio operador.

Un mecanismo que ha sido clave en dicho proceso es el Autómata Programable o PLC; este dispositivo consigue entre otras muchas cosas, que ciertas tareas se hagan de forma más rápida y evita que el hombre aparezca involucrado en trabajos peligrosos para él y su entorno más próximo.

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) continúan evolucionando a medida que las nuevas tecnologías se añaden a sus capacidades. El PLC se inició como un reemplazo para los bancos de relevadores.

Se puede pensar en un PLC como un pequeño computador industrial que ha sido altamente especializado para prestar la máxima confianza y máximo rendimiento en un ambiente industrial.

En su esencia, un PLC mira sensores digitales y analógicos y switches (entradas), lee su programa de control, hace cálculos matemáticos y como resultado controla diferentes tipos de hardware (salidas) tales como válvulas, luces, relés, servomotores, etc. en un marco de tiempo de milisegundos.

#### **1.4.2 PLC SIEMENS S7-1200.**

El S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo costo y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.

En el marco del compromiso SIMATIC para con la automatización plenamente integrada (TIA: Totally Integrated Automation), la familia de productos S7-1200 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización de cada caso.

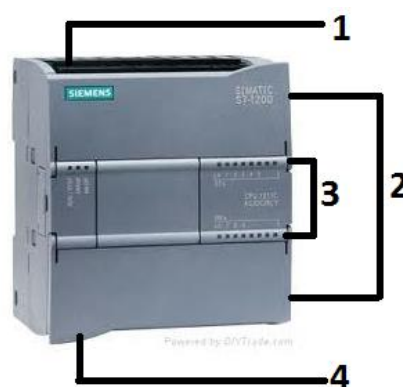
El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y

amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.

Para garantizar seguridad en la aplicación, todas las CPUs S7-1200 disponen de protección por contraseña, que permite configurar el acceso.



**Figura 1. 2: PLC S7 1200 y sus partes<sup>3</sup>**

<sup>3</sup> "PLC S7 1200". [En línea]. Recuperado el 19 de julio del 2013, Disponible en Web: <[http://img.diytrade.com/cdimg/1256626/18355349/0/1296095612/Siemens\\_SIMATIC\\_S7\\_PLC\\_S7-1200.jpg](http://img.diytrade.com/cdimg/1256626/18355349/0/1296095612/Siemens_SIMATIC_S7_PLC_S7-1200.jpg)>



Partes PLC S7 1200:

1. Conector de corriente
2. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
3. LEDs de estado para las E/S integradas
4. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

SIMATIC S7-1200 es el controlador de lazo abierto y lazo cerrado de control de tareas en la fabricación de equipo mecánico y la construcción de la planta. Se combina la automatización máxima y mínimo costo. Debido al diseño modular compacto con un alto rendimiento al mismo tiempo, el SIMATIC S7-1200 es adecuado para una amplia variedad de aplicaciones de automatización. Su campo de aplicación se extiende desde la sustitución de los relés y contactores hasta tareas complejas de la automatización en las redes y en las estructuras de distribución. El S7-1200 también se abre cada vez más ámbitos en los que la electrónica especial ha sido desarrollada previamente por razones económicas.

El SIMATIC S7-1200 posee:

#### **a. MÓDULOS DE SEÑALES.**



**Figura 1. 3: Módulos de señales<sup>4</sup>**

---

<sup>4</sup> "Módulos de señales". [En línea]. Recuperado el 19 de julio del 2013, Disponible en Web: <[http://i01.i.aliimg.com/photo/v2/460433135/\\_font\\_b\\_SIEMENS\\_b\\_font\\_font.jpg\\_120x120.jpg](http://i01.i.aliimg.com/photo/v2/460433135/_font_b_SIEMENS_b_font_font.jpg_120x120.jpg) >

Las mayores CPU admiten la conexión de hasta ocho Módulos de Señales, ampliando así las posibilidades de utilizar E/S digitales o analógicas adicionales.

## **b. SEÑALES INTEGRADAS.**



**Figura 1. 4: Módulos de señales integradas<sup>5</sup>**

Un Módulo de Señales Integradas puede enchufarse directamente a una CPU. De este modo pueden adaptarse individualmente las CPU, añadiendo E/S digitales o analógicas sin tener que aumentar físicamente el tamaño del controlador. El diseño modular de SIMATIC S7-1200 garantiza que siempre se podrá modificar el controlador para adaptarlo perfectamente a cualquier necesidad.

## **c. MÓDULOS DE COMUNICACIÓN.**



**Figura 1. 5: Módulos de comunicación.<sup>6</sup>**

---

<sup>5</sup>“Módulos de señales integradas [En línea]. Recuperado el 19 de julio del 2013, Disponible en Web: <<http://www.appliedc.com/images/S7%20parts.jpg> >

<sup>6</sup> “Módulos de comunicación”. [En línea]. Recuperado el 19 de julio del 2013, Disponible en Web: <[http://www.carven-shop.com/247-thickbox\\_default/m-comunicacion-1243-2-as-i-v30-siemens.jpg](http://www.carven-shop.com/247-thickbox_default/m-comunicacion-1243-2-as-i-v30-siemens.jpg)>

Toda CPU SIMATIC S7-1200 puede ampliarse hasta con 3 Módulos de Comunicación.

Los Módulos de Comunicación RS485 y RS232 son aptos para conexiones punto a punto en serie, basadas en caracteres.

Esta comunicación se programa y configura con sencillas instrucciones, o bien con las funciones de librerías para protocolo maestro y esclavo USS Drive y MODBUS RTU, que están incluidas en el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7Basic.

#### **d. INTERFAZ PROFINET INTEGRADA.**



**Figura 1. 6: Interfaz PROFINET integrada<sup>7</sup>**

El nuevo SIMATIC S7-1200 dispone de una interfaz PROFINET integrada que garantiza una comunicación perfecta con el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 BASIC integrado. La interfaz PROFINET permite la programación y la comunicación con los paneles de la gama SIMATIC HMI BASIC PANELS para la visualización, con controladores adicionales para la comunicación de CPU a CPU y con equipos de otros fabricantes para ampliar las posibilidades de integración mediante protocolos abiertos de Ethernet.

La interfaz PROFINET integrada está a la altura de las grandes exigencias de la comunicación industrial.

---

<sup>7</sup> "Interfaz profinet integrada". [En línea]. Recuperado el 21 de julio del 2013, Disponible en Web: <[http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-1200/PublishingImages/s7-1200\\_cpu1217.jpg](http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-1200/PublishingImages/s7-1200_cpu1217.jpg)>

### **Fácil interconexión.**

La interfaz de comunicación de SIMATIC S7-1200 está formada por una conexión RJ45 inmune a perturbaciones, con función Autocrossing, que admite hasta 16 conexiones Ethernet y alcanza una velocidad de transferencia de datos hasta de 10/100 Mbits/s. Para reducir al mínimo las necesidades de cableado y permitir la máxima flexibilidad de red, puede usarse conjuntamente con SIMATIC S7-1200 el nuevo Compact Switch Module CSM 1277, a fin de configurar una red homogénea o mixta, con topologías de línea, árbol o estrella.

## **1.5 MODOS DE CONTROL DE PROCESOS**

### **1.5.1 CONTROL PROPORCIONAL**

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre oscilación. Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación). La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa,

en la figura 1.7 se muestran las curvas de comportamiento del control proporcional de acuerdo a su ganancia.

La fórmula del proporcional está dada por:

$$P_{sal} = K_p \cdot e(t) \quad (1.1)$$

**Donde:**

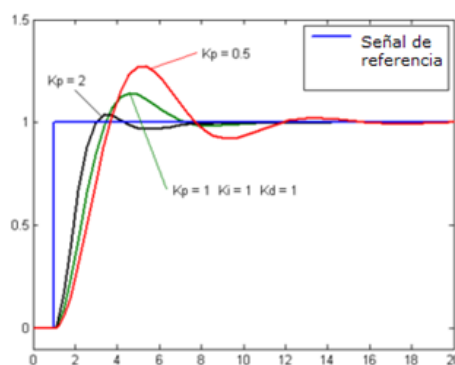
**P<sub>sal</sub>:** control proporcional de salida.

**K<sub>p</sub>:** constante proporcional.

**e(t):** señal de error.

El error, la banda proporcional y la posición inicial del elemento final de control se expresan en tanto por uno. Indica la posición que pasará a ocupar el elemento final de control

Ejemplo: Cambiar la posición de una válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la desviación de la temperatura (variable) respecto al punto de consigna (valor deseado).



**Figura 1. 7: Formas de onda del control proporcional con distinta ganancia ( $K_p$ )<sup>8</sup>**

<sup>8</sup> "Formas de onda del control proporcional con distinta ganancia ( $K_p$ )". [En línea]. Recuperado el 21 de julio del 2013, Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Proporcional.PNG>>

## 1.5.2 CONTROL INTEGRAL

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El *error* es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; luego es multiplicado por una constante **I**. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control (**P + I**) con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. Se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición. El elemento final de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional.

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional, en la figura 1.8 se muestra las curvas de respuesta de este controlador.

La fórmula del integral está dada por:

$$I_{sal} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (1.2)$$

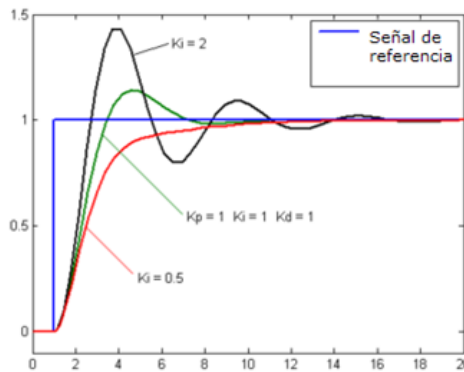
**Donde:**

**I<sub>sal</sub>**: control integral de salida.

**K<sub>i</sub>**: constante integral.

**e(τ)**: señal de error.

Ejemplo: Mover la válvula (elemento final de control) a una velocidad proporcional a la desviación respecto al punto de consigna (variable deseada).



**Figura 1. 8: Formas de onda del control integral con distinta ganancia (Ki)<sup>9</sup>**

### 1.5.3 CONTROL DERIVATIVO

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "*setpoint*".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores (**P + I**). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor

<sup>9</sup> "Formas de onda del control integral con distinta ganancia (Ki)". [En línea]. Recuperado el 26 de julio del 2013, Disponible en Web: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Integral.PNG> >

derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

La fórmula del derivativo está dada por:

$$Dsal = Kd \frac{de}{dt} \quad (1.3)$$

**Donde:**

**Dsal:** control derivativo de salida.

**Kd:** constante derivativa.

**e:** señal de error.

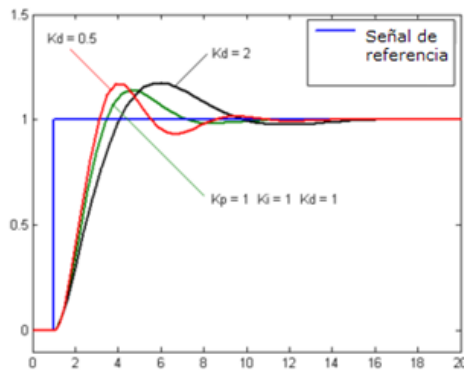
El control derivativo se caracteriza por el tiempo de acción derivada en minutos de anticipo. La acción derivada es adecuada cuando hay retraso entre el movimiento de la válvula de control y su repercusión a la variable controlada.

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Suele ser poco utilizada debido a la sensibilidad al ruido que manifiesta y a las complicaciones que ello conlleva.

El tiempo óptimo de acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones, la figura 1.9 ilustra el comportamiento de este modo de control.

Ejemplo: Corrige la posición de la válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada.





**Figura 1. 9: Formas de onda del control derivativo con distinta ganancia ( $K_d$ )<sup>10</sup>**

La acción derivada puede ayudar a disminuir el rebasamiento de la variable durante el arranque del proceso. Puede emplearse en sistemas con tiempo de retardo considerables, porque permite una repercusión rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

#### **1.5.4 CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO**

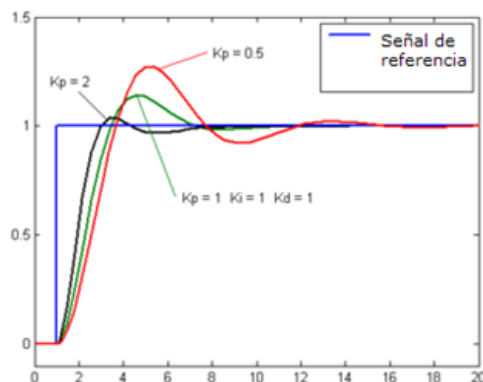
Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que se utiliza en sistemas de control industriales. Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de

<sup>10</sup> "Formas de onda del control derivativo con distinta ganancia ( $K_d$ )". [En línea]. Recuperado el 26 de julio del 2013, Disponible en Web: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Derivativo.PNG> >

control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Ajustando estas tres constantes en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "setpoint", y el grado de oscilación del sistema.

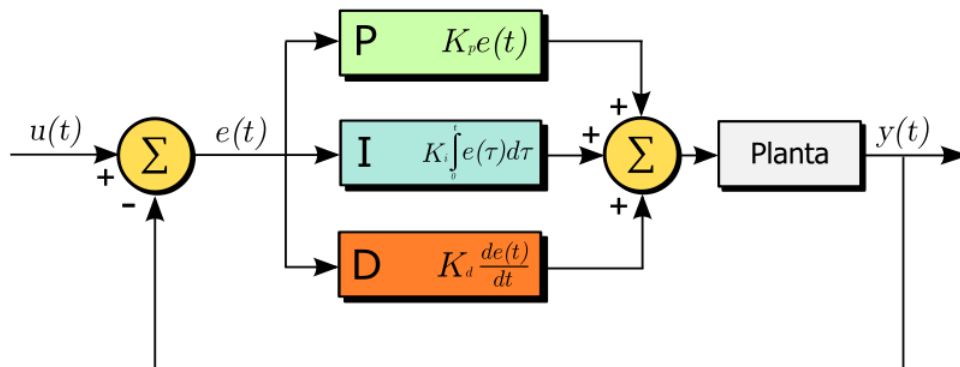
Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control.

Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control, en la figura 1.10 muestra el comportamiento de este modo de control y la figura 1.11 se puede observar cómo interactúan los modos de control para formar el control PID.



**Figura 1. 10: Formas de onda del control PID con ganancias ( $K_p$ ,  $K_d$ ,  $K_i$ )<sup>11</sup>**

<sup>11</sup> "Formas de onda del control PID con ganancias ( $K_p$ ,  $K_d$ ,  $K_i$ )". [En línea]. Recuperado el 26 de julio del 2013, Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Proporcional.PNG>>



**Figura 1. 11: Diagrama de bloques del sistema de control PID<sup>12</sup>**

### Funcionamiento

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

1. Un sensor, que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, manómetro, etc.)
2. Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
3. Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc.)

El sensor proporciona una señal analógica o digital al controlador, la cual representa el *punto actual* en el que se encuentra el proceso o sistema.

La señal puede representar ese valor en tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En este último caso la señal es de corriente alterna, a diferencia de los dos anteriores, que son con corriente continua.

<sup>12</sup> "Diagrama de bloques del sistema de control PID". [En línea]. Recuperado el 26 de julio del 2013, Disponible en Web: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:PID.svg> >

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz (HMI – Human Machine Interface), son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado (consigna) y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada uno de los 3 componentes del controlador PID. Las 3 señales sumadas, componen la señal de salida que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador.

Las tres componentes de un controlador PID son: parte **P**roportional, acción **I**ntegral y acción **D**erivativa. El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo, respectivamente. Se pretenderá lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo posible los efectos de las perturbaciones.

### **Significado de las constantes**

**P** *constante de proporcionalidad*: se puede ajustar como el valor de la ganancia del controlador o el porcentaje de banda proporcional. Ejemplo: Cambia la posición de la válvula proporcionalmente a la desviación de la variable respecto al punto de consigna. La señal P, mueve la válvula

siguiendo fielmente los cambios de temperatura multiplicados por la ganancia.

**I constante de integración:** indica la velocidad con la que se repite la acción proporcional.

**D constante de derivación:** hace presente la respuesta de la acción proporcional duplicándola, sin esperar a que el error se duplique. El valor indicado por la constante de derivación es el lapso de tiempo durante el cual se manifestará la acción proporcional correspondiente a 2 veces el error y después desaparecerá. Ejemplo: Mueve la válvula a una velocidad proporcional a la desviación respecto al punto de consigna. La señal **I**, va sumando las áreas diferentes entre la variable y el punto de consigna repitiendo la señal proporcional según el tiempo de acción derivada (minutos/repetición).

Tanto la acción Integral como la acción Derivativa, afectan a la ganancia dinámica del proceso. La acción integral sirve para reducir el error estacionario, que existiría siempre si la constante **Ki** fuera nula. Ejemplo: Corrige la posición de la válvula proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada. La señal **Kd**, es la pendiente (tangente) por la curva descrita por la variable.

La salida de estos tres términos, el proporcional, el integral, y el derivativo son sumados para calcular la salida del controlador PID. Definiendo  $(t)$  como la salida del controlador, la forma final del algoritmo del PID es:

$$y(t) = Kp.e(t) + Ki \int_0^t e(\tau)d\tau + Kd\frac{de}{dt}. \quad (1.4)$$

**Donde:**

**y(t):** salida del control

**Kp:** constante proporcional.

**e:** error

**Ki:** constante integral.

**Kd:** constante derivativa.

### **Limitaciones de un control PID**

Mientras que los controladores PID son aplicables a la mayoría de los problemas de control, pueden ser pobres en otras aplicaciones. Los controladores PID, cuando se usan solos, pueden dar un desempeño pobre cuando la ganancia del lazo del PID debe ser reducida para que no se dispare u oscile sobre el valor del "setpoint". El controlador PID puede ser usado principalmente para responder a cualquier diferencia o "error" que quede entre el setpoint y el valor actual del proceso.

Otro problema que posee el PID es que es lineal. Principalmente el desempeño de los controladores PID en sistemas no lineales es variable.

También otro problema común que posee el PID es, que en la parte derivativa, el ruido puede afectar al sistema, haciendo que esas pequeñas variaciones, hagan que el cambio a la salida sea muy grande.

Generalmente un Filtro pasa bajo ayuda, ya que removería las componentes de alta frecuencia del ruido. Sin embargo, un filtro pasa bajo y un control derivativo puede hacer que se anulen entre ellos.

Alternativamente, el control derivativo puede ser sacado en algunos sistemas sin mucha pérdida de control. Esto es equivalente a usar un controlador PID como PI solamente.

## **1.6 VARIADOR DE VELOCIDAD DE MOTORES**

### **1.6.1 VARIADOR DE VELOCIDAD**

El Variador de Velocidad (VSD, por sus siglas en inglés Variable Speed Drive) es en un sentido amplio un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. También es conocido como Accionamiento de Velocidad Variable (ASD, también por sus siglas en inglés Adjustable Speed Drive).

La maquinaria industrial generalmente es accionada a través de motores eléctricos, a velocidades constantes o variables, pero con valores precisos. No obstante, los motores eléctricos generalmente operan a velocidad constante o cuasi-constante, y con valores que dependen de la alimentación y de las características propias del motor, los cuales no se pueden modificar fácilmente. Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad. Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, etc.

Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua (sin ser un motor paso a paso) también puede ser designado como *variador de velocidad*.

## **1.6.2 MOTIVOS PARA EMPLEAR VARIADORES DE VELOCIDAD**

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

## **1.6.3 TIPOS DE VARIADORES DE VELOCIDAD**

En términos generales, puede decirse que existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos. Dentro de cada tipo pueden encontrarse más subtipos, que se detallarán a continuación

### **a. VARIADORES MECÁNICOS**

- *Variadores de paso ajustable:* estos dispositivos emplean poleas y bandas en las cuales el diámetro de una o más poleas puede ser modificado.
- *Variadores de tracción:* transmiten potencia a través de rodillos metálicos. La relación de velocidades de entrada/salida se ajusta moviendo los rodillos para cambiar las áreas de contacto entre ellos y así la relación de transmisión.

### **b. VARIADORES HIDRÁULICOS**

- Variador hidrostático: consta de una bomba hidráulica y un motor hidráulico (ambos de desplazamiento positivo). Una revolución de la bomba o el motor corresponde a una cantidad bien definida de volumen del fluido manejado. De esta forma la velocidad puede ser



controlada mediante la regulación de una válvula de control, o bien, cambiando el desplazamiento de la bomba o el motor.

- *Variador hidrodinámico*: emplea aceite hidráulico para transmitir par mecánico entre un impulsor de entrada (sobre un eje de velocidad constante) y un rotor de salida (sobre un eje de velocidad ajustable). También llamado acoplador hidráulico de llenado variable.
- *Variador hidrovicoso*: consta de uno o más discos conectados con un eje de entrada, los cuales estará en contacto físico (pero no conectados mecánicamente) con uno o más discos conectados al eje de salida. El par mecánico (torque) se transmite desde el eje de entrada al de salida a través de la película de aceite entre los discos. De esta forma, el par transmitido es proporcional a la presión ejercida por el cilindro hidráulico que presiona los discos.

### **c. VARIADORES ELÉCTRICO-ELECTRÓNICOS**

Los variadores eléctrico-electrónicos incluyen tanto el controlador como el motor eléctrico, sin embargo es práctica común emplear el término variador únicamente al controlador eléctrico.

Los primeros variadores de esta categoría emplearon la tecnología de los tubos de vacío. Con los años después se han ido incorporando dispositivos de estado sólido, lo cual ha reducido significativamente el volumen y costo, mejorando la eficiencia y confiabilidad de los dispositivos.

Existen cuatro categorías de variadores de velocidad eléctrico-electrónicos:

- Variadores para motores de CC.
- Variadores de velocidad por corrientes de Eddy
- Variadores de deslizamiento

- Variadores para motores de CA conocidos como variadores de frecuencia.

## **1.7 TRANSMISOR DE NIVEL RADAR SIN CONTACTO.** <sup>13</sup>

### **1.7.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

- Preciso y fiable, medida de nivel directa, prácticamente no se ve afectado por las condiciones del proceso.
- Mejor rendimiento y tiempo efectivo de funcionamiento gracias a la tecnología de puerto doble, la capacidad avanzada de seguimiento de la superficie y las antenas resistentes a la condensación y a la suciedad.
- Fácil instalación y puesta en servicio mediante polarización circular y herramientas de configuración potentes y fáciles de usar.
- Alta flexibilidad de aplicación con una amplia gama de conexiones de proceso, materiales, antenas y modelos de frecuencia alta y baja.
- Mantenimiento mínimo, ya que no posee piezas móviles ni está en contacto con el proceso; no se requiere recalibración.
- Más seguridad. Aprobado por terceros para protección contra sobrellenado e idoneidad para sistemas integrados de seguridad.

---

<sup>13</sup> “Transmisor de nivel radar sin contacto”. [En línea]. Recuperado el 03 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0109-4026.pdf>>



**Figura 1. 12: Transmisor de nivel radar<sup>14</sup>**

### **1.7.2 PRINCIPIO DE MEDICIÓN**

La distancia a la superficie se mide por medio de pulsos cortos de radar, que se transmiten desde la antena que se encuentra en la parte superior del depósito. Cuando un pulso de radar alcanza un medio con una constante dieléctrica diferente, parte de la energía se refleja de vuelta al transmisor. La diferencia de tiempo entre el pulso transmitido y el reflejado es proporcional a la distancia a la superficie del producto, a partir de la cual se calculan el nivel, el volumen y la velocidad de variación del nivel.

Las aplicaciones con turbulencia, espuma, intervalos de medición largos, objetos extraños o constantes dieléctricas bajas pueden reducir la energía que se refleja o, en el peor de los casos, eliminarla completamente, con lo que no se podría detectar ninguna superficie. Sin embargo, la intensidad de la reflexión se puede mejorar con el uso de un radar de alto rendimiento con tecnología de doble puerto y, de esa manera, detectar la superficie de las aplicaciones más exigentes.

---

<sup>14</sup> "Transmisor de nivel radar". [En línea]. Recuperado el 03 de agosto del 2013, Disponible en Web:  
<<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0109-4026.pdf>>



**Figura 1. 13: Principio de medición<sup>15</sup>**

A continuación se presenta algunas ventajas y características especiales del transmisor de nivel con tecnología de radar:

#### **a. VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA DE RADAR**

- Mediciones directas de nivel extremadamente fiables y precisas, sin necesidad de compensación en caso de cambio en las condiciones del proceso (como densidad, conductividad, viscosidad, pH, dielectricidad, temperatura y presión)
- La instalación en la parte superior minimiza el riesgo de fugas y permite que se realice con líquido en el interior del depósito
- Al no tener piezas móviles ni requerir recalibración, el mantenimiento es mínimo
- La tecnología sin contacto es ideal para las aplicaciones con materiales corrosivos, sucios o adherentes

<sup>15</sup> "Principio de medición". [En línea]. Recuperado el 03 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0109-4026.pdf>>

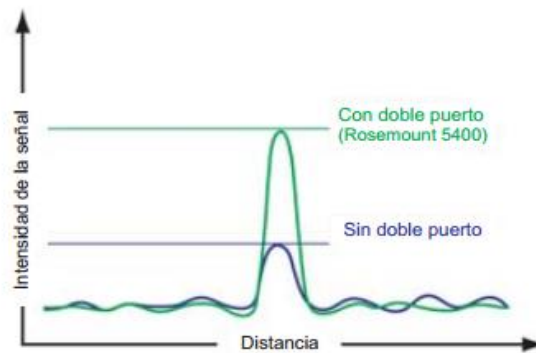
## **b. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES**

### **Alta flexibilidad de aplicación**

- Adecuado para la mayoría de las aplicaciones con líquido y lechada y para condiciones de proceso desde depósitos reactores hasta depósitos de almacenamiento y compensación.
- Modelos de frecuencia alta y baja
- Una amplia gama de materiales, conexiones de proceso, estilos de antena y accesorios
- Tecnología de doble puerto para aumentar la intensidad de la señal y proporcionar mediciones en aplicaciones exigentes
- Se puede aislar por medio de válvulas

## **c. MEJOR RENDIMIENTO Y TIEMPO EFECTIVO DE FUNCIONAMIENTO**

- La tecnología de doble puerto garantiza la fiabilidad, incluso con factores perturbadores, intervalos de medición largos y constantes dieléctricas bajas
- El seguimiento avanzado de la superficie ofrece la capacidad de manejar ecos débiles de manera fiable, mediante la identificación del eco real y el registro de ecos falsos
- Las antenas, resistentes a la condensación y a la suciedad, maximizan el tiempo efectivo de funcionamiento
- La monitorización ininterrumpida del proceso reduce el tiempo de inactividad



**Los exclusivos puertos dobles de microondas para el envío y recepción de señales de radar ofrecen una señal un 75 % más intensa que los transmisores de un solo puerto.**

**Figura 1. 14: Curva de puertos dobles<sup>16</sup>**

#### **d. EL DISEÑO ROBUSTO REDUCE COSTOS Y AUMENTA LA SEGURIDAD**

- Diseño robusto, resistente a impactos y a prueba de vibraciones
- El cabezal del transmisor desmontable permite que el depósito se mantenga sellado
- La carcasa de doble compartimento separa las conexiones de cables y el sistema electrónico para una manipulación más segura y una mayor protección contra la humedad

#### **e. EL MANTENIMIENTO MÍNIMO REDUCE EL COSTO**

- Sin contacto con el medio y sin piezas mecánicas móviles
- No es necesaria la compensación o recalibración
- Fácil resolución de problemas en línea con un software fácil de usar, con curva de eco y herramientas de inicio de sesión

<sup>16</sup> “Curva de puertos dobles”. [En línea]. Recuperado el 03 de agosto del 2013, Disponible en Web: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0109-4026.pdf>

- Mantenimiento predictivo con diagnóstico avanzados y alertas PlantWeb®.

## 1.8 REGULADORES DE FLUJO

Los reguladores de flujo permiten mantener constante el flujo en un conducto o tubería. Son conocidos también como válvulas.

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de 20000 lb/in<sup>2</sup> (140 Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815 °C).

### 1.8.1 PARTES DE LA VÁLVULA DE CONTROL

Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: la parte motriz o actuador y el cuerpo.

- **Actuador:** el actuador también llamado accionador o motor puede ser neumático, eléctrico o hidráulico.
- **Cuerpo de la válvula:** este está provisto de un obturador o tapón, los asientos del mismo y una serie de accesorios. El tapón es el encargado de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y puede accionar en la dirección de su propio eje mediante un movimiento angular. Está unido por medio de un vástago al actuador.

### 1.8.2 TIPOS DE VÁLVULAS

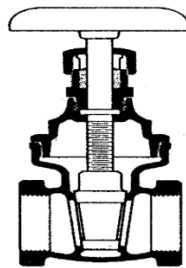
- Válvulas de compuerta
- Válvulas de globo
- Válvulas de bola

- Válvulas de mariposa
- Válvulas de apriete
- Válvulas de diafragma
- Válvulas de macho
- Válvulas de retención
- Válvulas de desahogo (alivio)

En el módulo se utilizan dos tipos de válvulas las que son las de compuerta y la de tipo bola.

### Válvulas de Compuerta

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento figura 1.15 es recomendada para una apertura o cierre total, sin estrangulación. Su aplicación está dada para una amplia gama de fluidos ya sean aceites, petróleo, gas, aire, etc. Sus ventajas más notables son su alta capacidad, cierre hermético, bajo costo, etc.



**Figura 1. 15: Válvula de Compuerta** <sup>17</sup>

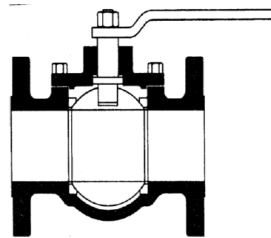
### Válvulas de bola

Las válvulas de bola son de ¼ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el

<sup>17</sup> "Válvula de Compuerta". [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>>



conducto figura 1.16. Es recomendada para servicio de conducción y corte, sin estrangulación, cuando se requiere apertura rápida. Se aplica generalmente para servicio general, altas temperaturas y pastas semilíquidas. Sus ventajas son su bajo costo, alta capacidad, corte bidireccional, circulación en línea recta, pocas fugas, se limpia por sí sola, cierre hermético con baja torsión.



**Figura 1. 16: Válvula de bola <sup>18</sup>**

## **1.9 CONVERTOR DE CORRIENTE 4-20 mA. A PRESIÓN 3-15 PSI**

Un convertor de corriente a presión es un dispositivo capaz de transformar una señal de corriente eléctrica de 4 a 20 mA., a una neumática de 3 a 15 PSI, este dispositivo requiere de una alimentación de 20 psi los cuales son proporcionados mediante el regulador de presión que se encuentra en la parte posterior del panel frontal.

### **Funcionamiento**

El dispositivo expuesto como convertor de corriente a presión está basado en un regulador de presión que ejerce más o menos presión a la salida del dispositivo dependiendo del desplazamiento realizado por una boquilla que es empujada por una membrana que a su vez es desplazada por un electroimán accionado y regulado por la señal de corriente de 4 a 20 mA; en la entrada de presión se encuentra una señal neumática de 20

---

<sup>18</sup> "Válvula de bola". [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>>

psi y es regulada de 3 a 15 psi para entregar esta señal a la salida de presión.

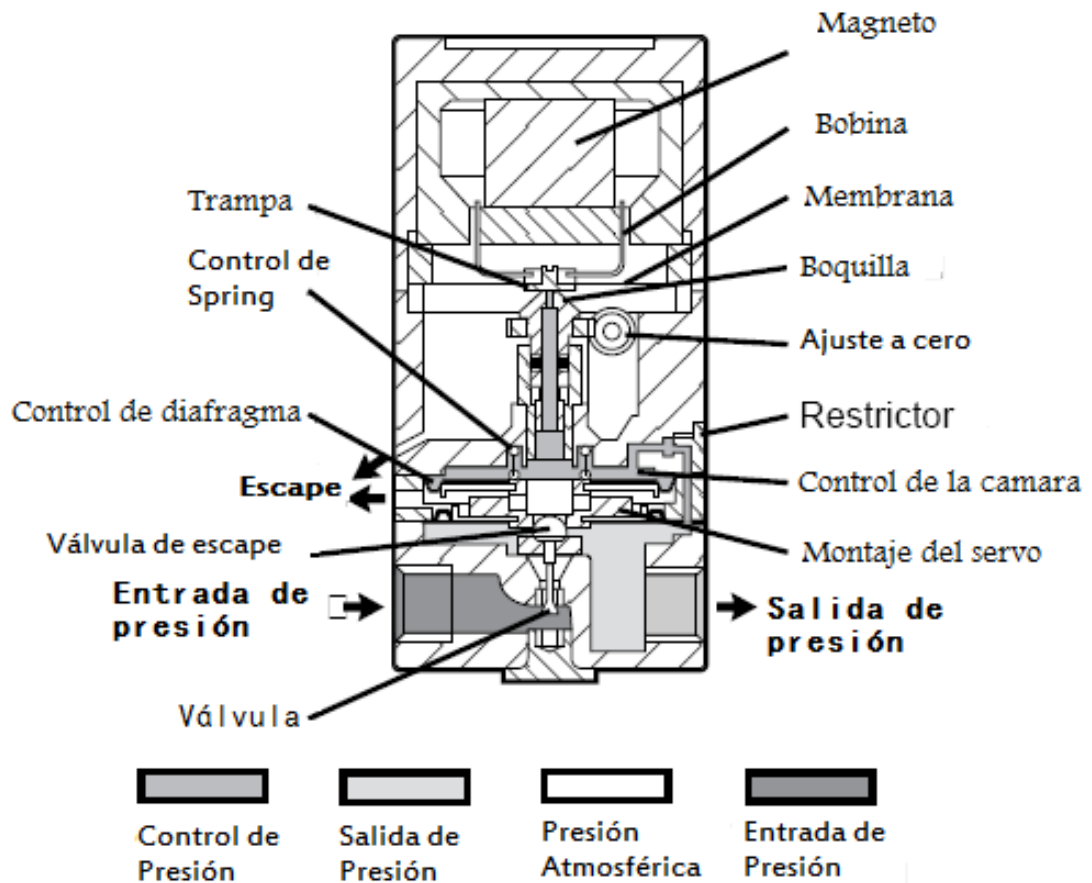


Figura 1. 17: Estructura Interno del Conversor I/P <sup>19</sup>

## 1.10 ACTUADOR NEUMÁTICO DE 3 A 15 PSI

Aproximadamente el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente.

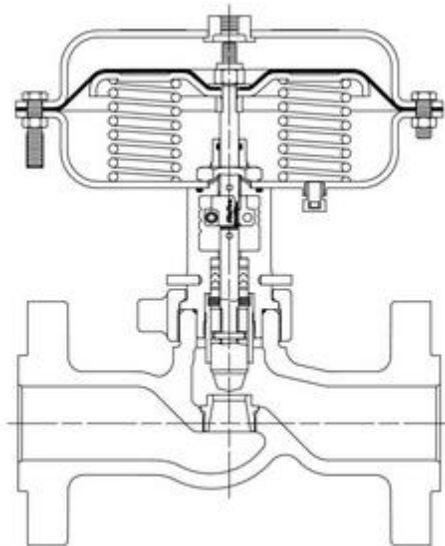
Los actuadores neumáticos constan básicamente de un diafragma, un vástago y resortes tal como se muestra en la figura 1.18, lo que se busca

<sup>19</sup> "Estructura Interno del Conversor I/P". [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web: <[http://www.industrial-electronics.com/output\\_devices\\_amplifiers\\_valves\\_relays\\_variable-frequency\\_drives\\_stepper\\_motors\\_servomotors/Simplified%20Pneumatic-Assisted\\_Valve.html](http://www.industrial-electronics.com/output_devices_amplifiers_valves_relays_variable-frequency_drives_stepper_motors_servomotors/Simplified%20Pneumatic-Assisted_Valve.html)>

en un actuador de tipo neumático es que cada valor de la presión recibida por la válvula corresponda una posición determinada del vástago. Teniendo en cuenta que la gama usual de presión es de 3 a 15 psi (lbs./pulg<sup>2</sup>).

### **Funcionamiento**

El aire elevado a una presión de 3 a 15 PSI ingresa por la entrada de alimentación neumática empujando al diafragma hacia abajo al tiempo que ejerce presión y deforma los resortes, bajando el vástago que está unido al de la válvula, dependiendo de la cantidad de presión de aire ingresada en la entrada neumática el vástago se bajará parcialmente o en su totalidad cerrando la válvula. Para abrir la válvula se debe disminuir la cantidad de presión de aire ingresado en la entrada neumática dejando de ejercer fuerza en los resortes permitiéndole regresar a su forma original y devolviendo el vástago a su posición de inicio.



**Figura 1. 18: Actuador de una válvula de control <sup>20</sup>**

---

<sup>20</sup> "Actuador de una válvula de control". [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web:<[http://pdf.directindustry.com/pdf/fisher/gx-3-way-control-valve-actuator-system-description/14722-86416-\\_2.html](http://pdf.directindustry.com/pdf/fisher/gx-3-way-control-valve-actuator-system-description/14722-86416-_2.html)>

## **CAPÍTULO 2**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO**

#### **2.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA**

El sistema debe ser capaz de controlar un proceso de nivel de agua por medio de un PLC el cual toma la señal de un transmisor de nivel tipo radar, éste PLC una vez procesada la información de acuerdo a un modo de control configurado envía instrucciones a un variador de frecuencia para regular la velocidad de una bomba centrífuga trifásica y de este modo variar el flujo del agua para variar el nivel de agua que se encuentra en la columna de nivel. Será posible visualizar las variables del proceso y monitorear el sistema de la estación de nivel de agua gracias a una TOUCH SCREEN que contendrá una HMI de configuración, sintonización y monitoreo del sistema.

El PLC debe tener la capacidad de controlar el sistema de nivel de agua en base a un lazo de control (PID, PD, PI, P).

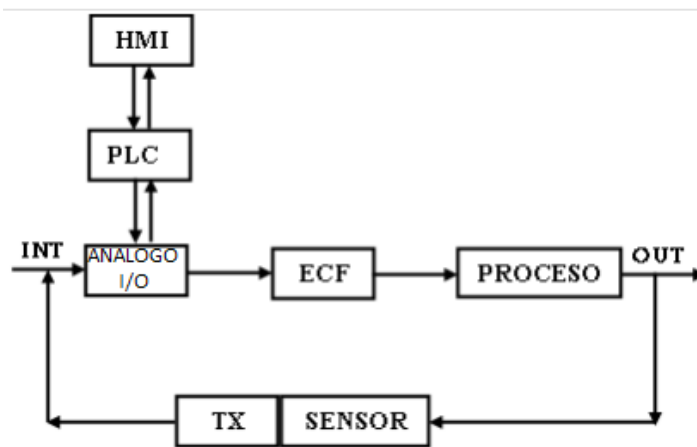
La pantalla táctil (Touch Screen) permitirá ingresar los parámetros necesarios para poder controlar el proceso del sistema, de tal forma que se pueda darle estabilidad al proceso controlado.

La interfaz HMI dará monitoreo del proceso en el sistema en forma permanente, teniendo en cuenta distintos eventos como: alarmas, registro, tendencias, históricos, estado del proceso, tipo de control y seguridades de acceso a usuarios, esta interfaz deberá ser intuitiva para que el operador no encuentre dificultad al manipular el sistema y además encuentre un entorno amigable y confiable.

## 2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES Y P&ID DEL SISTEMA

### 2.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

El siguiente diagrama de la figura 2.1 muestra como está concebido el sistema de control de nivel de agua para un funcionamiento normal en lazo cerrado.



**Figura 2. 1: Diagrama de bloques del sistema**

**HMI.-** Representa la Interfaz Humano Máquina (Red Lion 306A), en donde se puede configurar y visualizar el funcionamiento del sistema.

**PLC.-** Es la representación de la Unidad de Control Lógica Programable, Siemens S7-1200, unidad que permite el control de todo el sistema de nivel con un lazo de control seleccionado PID, PD, PI, P.

**Análogo I/O.-** Es un módulo de expansión de entradas y salidas analógicas que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema.

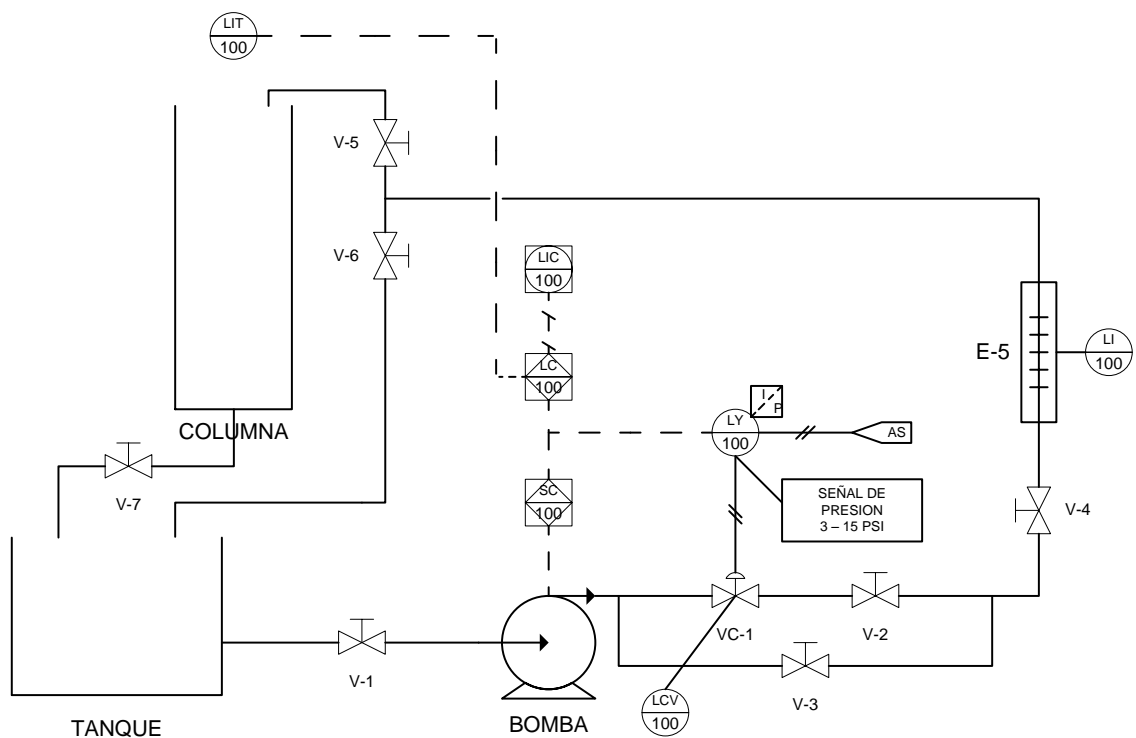
**ECF.-** Elemento de control final (Variador de Frecuencia) dispositivo que controla la velocidad de rotación de un motor de corriente alterna a través de la variación de frecuencia de alimentación suministrada o (Válvula

Proporcional) dispositivo que controla el flujo de agua para variar el nivel de agua en la columna de nivel.

**SENSOR.-** Es aquel dispositivo que permite medir una variable física que junto a un transductor se convierte en una señal eléctrica para que puedan ser interpretadas por el controlador.

**TX.-** Es la representación de un Transmisor, a su vez, este capta la variable del proceso (Nivel) y la transmite a distancia a un instrumento indicador, registrador, controlador.

## 2.2.2 DIAGRAMA P&ID



**Figura 2. 2: Diagrama P&ID del sistema**

**TANQUE.-** La estación consta con un tanque reservorio de agua para 45 litros, es el punto de partida y de llegada del sistema.

**COLUMNA DE AGUA.-** Este es quizá uno de los más importantes dispositivos ya que brinda la posibilidad de visualizar físicamente el nivel de agua existente en el proceso.

**VÁLVULAS DE PASO (V-1, V-2, V-3, V-5, V-6, V-7).-** Son válvulas de bola que están instaladas en la línea de proceso que tiene el objetivo de provocar perturbaciones externas, y también sirven para cuando se quiera realizar el mantenimiento del sistema.

**VÁLVULAS DE COMPUERTA (V-4).-** Es de vueltas múltiples sirve para regular de forma manual el caudal de agua en la tubería o provocar perturbación al sistema.

**VÁLVULA CONTROLADORA (VC-1).-** Es una válvula de control proporcional de presión la cual se encarga de regular el caudal de agua en la tubería, de esta manera controlando el nivel de agua en la columna de nivel.

**CONVERSOR DE CORRIENTE A PRESIÓN (LY).-** Se encarga de convertir una señal eléctrica de 4 – 20 mA a una señal neumática de 3 – 15 PSI.

**ALIMENTACIÓN DE AIRE (AS).-** Se encarga de suministrar presión al convertor de corriente a presión.

**BOMBA CENTRIFUGA.-** Es quien hace posible el funcionamiento de todo el sistema ya que hace circular el agua por el mismo. Funciona con un motor trifásico.

**TRANSMISOR INDICADOR DE NIVEL (LIT-101).-** Este transmisor de radar es el encargado de realizar una medida exacta del nivel de agua en la columna existente en el proceso mediante la medición de tiempo que tarda la señal de radar en regresar al haber chocado contra el nivel de agua generando una señal eléctrica para entregarlo al controlador.

**ROTÁMETRO (LI-100).**- Brinda la posibilidad de visualizar físicamente el flujo de agua existente en el proceso.

**CONTROLADOR DE NIVEL (LC-100).**- El encargado de controlar el proceso de nivel es un PLC SIEMENS S7-1200 en cual también debe comunicarse con un touch panel para poder realizar configuración, sintonización y monitoreo del proceso.

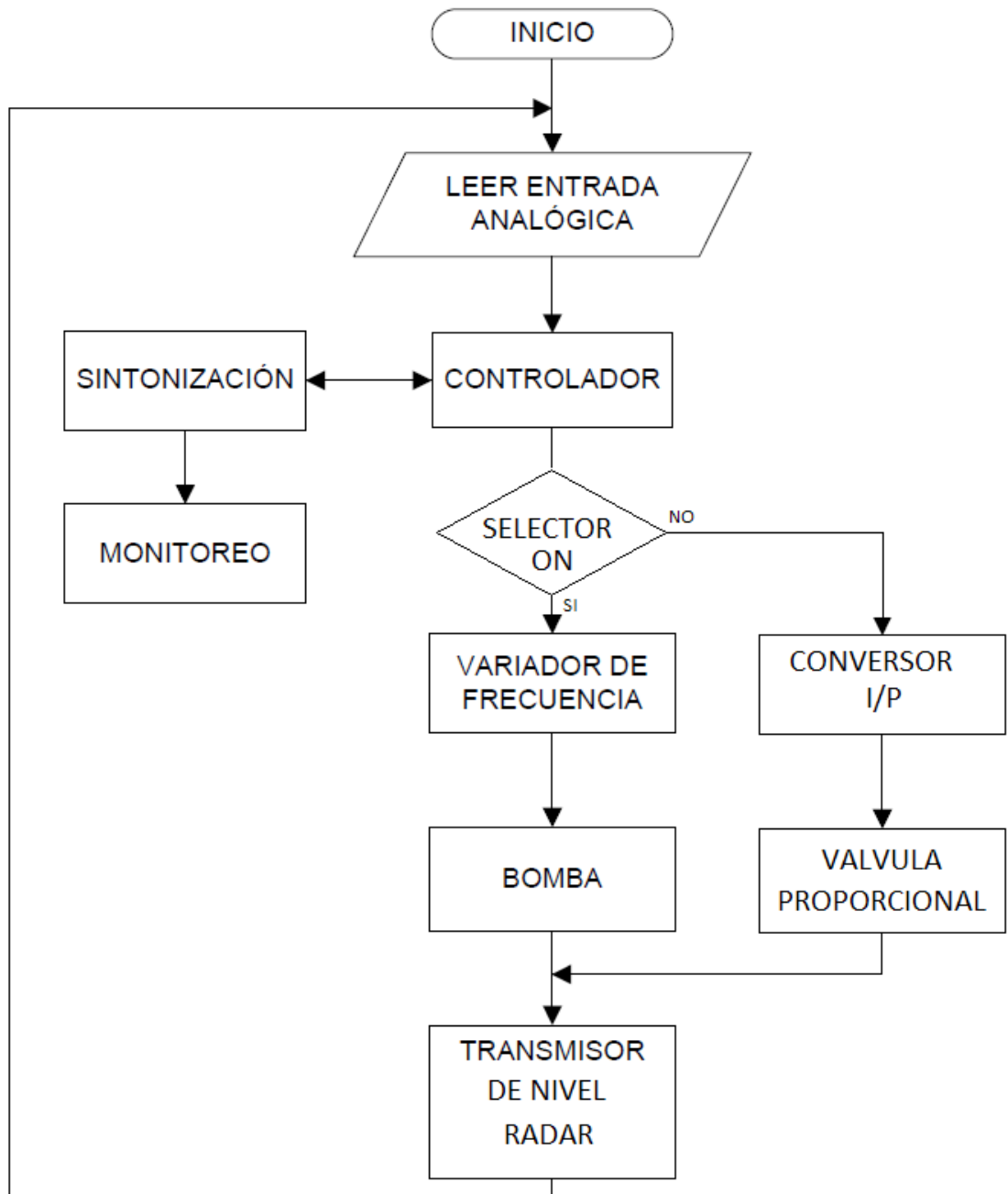
**INDICADOR DE NIVEL (LIC-100).**- Esta tarea es realizada por el touch panel RED LION G306A en donde se puede manipular directamente la acción del controlador con las configuraciones y ajuste deseados que se realice para el proceso.

**CONTROLADOR DE VELOCIDAD (SC-100).**- Es el dispositivo encargado de variar la velocidad del motor trifásico de la bomba y con esto el flujo de agua del proceso, realizado por un driver de la marca SIEMENS modelo MICROMASTER 440

### **2.3 DIAGRAMA DE FLUJO.**

A continuación en las figuras 2.3 y 2.4 se muestran los diagramas de flujo del sistema y del funcionamiento de la HMI respectivamente, en donde se ilustra claramente el flujo de información y procesamiento de la misma.





**Figura 2. 3: Diagrama de flujo del sistema**

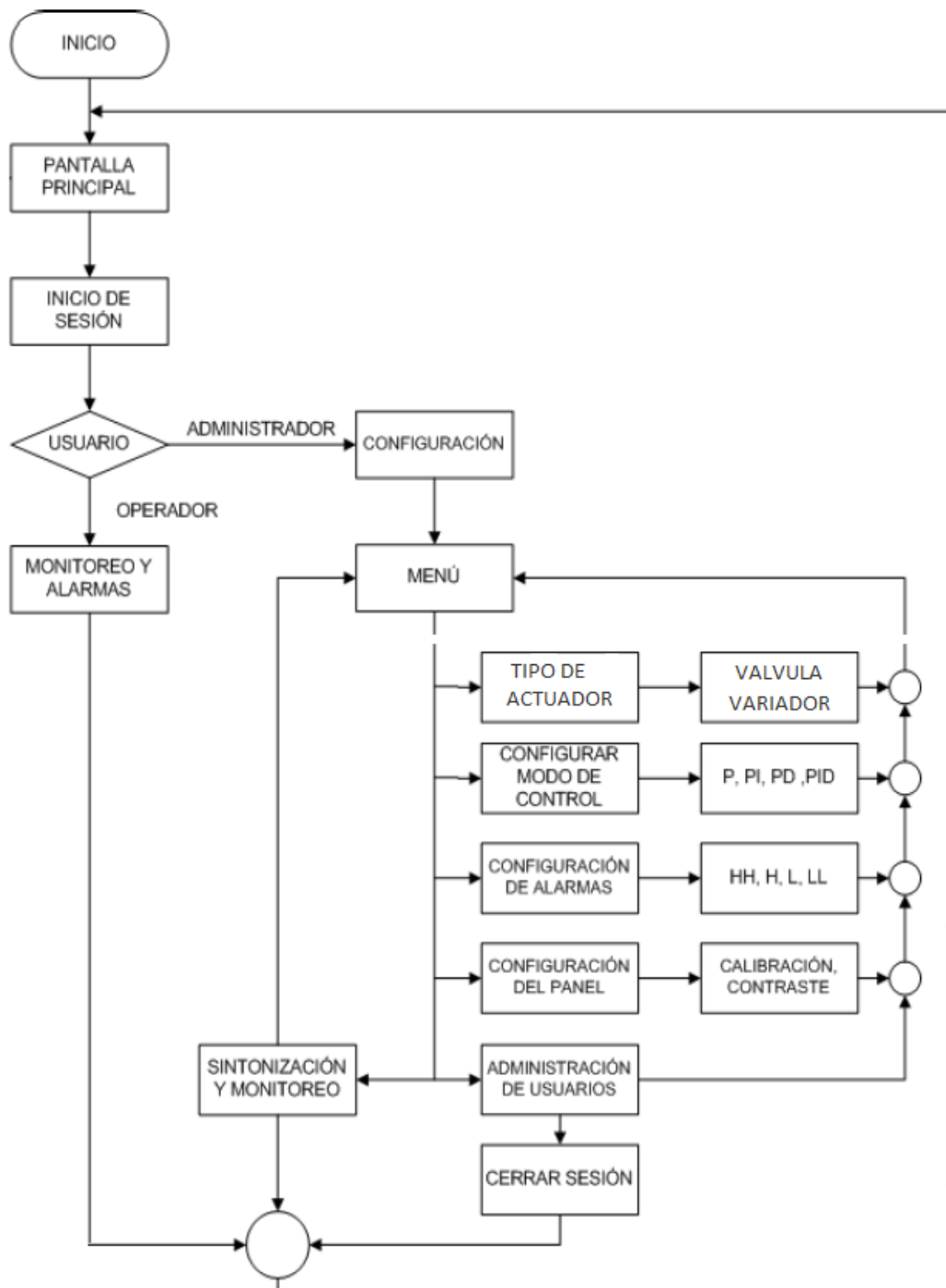


Figura 2. 4: Diagrama de flujo HMI

## 2.4 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para empezar a programar se necesita una PC instalado el software TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal), con sus respectivas librerías y herramientas listas para utilizarlas y hacer el respectivo programa de control.

La programación en TIA PORTAL constituye un entorno de fácil manejo para desarrollar, editar y observar el programa necesario con objeto de controlar la aplicación.

### 2.4.1 CREAR UN NUEVO PROYECTO

Los pasos siguientes muestran cómo crear un proyecto. En el proyecto se guardan, de forma ordenada, los datos y programas que se generan al crear una tarea de automatización. Para este ejemplo hay que abrir el Totally Integrated Automation Portal en la vista del portal. En el portal de inicio encontrará comandos para crear un proyecto nuevo o abrir uno ya existente.

Para crear un proyecto nuevo, se procede del siguiente modo:

1. Se inicia el Totally Integrated Automation Portal.



Figura 2. 5: Ingreso al programa TIA Portal

El Totally Integrated Automation Portal se abre en la vista del portal.

El objetivo de la vista del portal es facilitar en lo posible la navegación por las tareas y los datos del proyecto. Para ello, es posible acceder a las funciones de la aplicación desde distintos portales, según las principales tareas que deban realizarse. La figura siguiente muestra la estructura de la vista del portal:



**Figura 2. 6: Pantalla principal del software TIA portal.**

1. Portales para las distintas tareas:

Los portales proveen las funciones básicas para las distintas tareas. Los portales disponibles en la vista del portal dependen de los productos instalados.

2. Acciones del portal seleccionado:

Aquí aparecen las acciones que se pueden ejecutar en el portal en cuestión y que pueden variar en función del portal. El acceso contextual a la Ayuda es posible desde cualquier portal.

3. Ventana de selección de la acción seleccionada:

La ventana de selección está disponible en todos los portales. El contenido de la ventana se adapta a la selección actual.

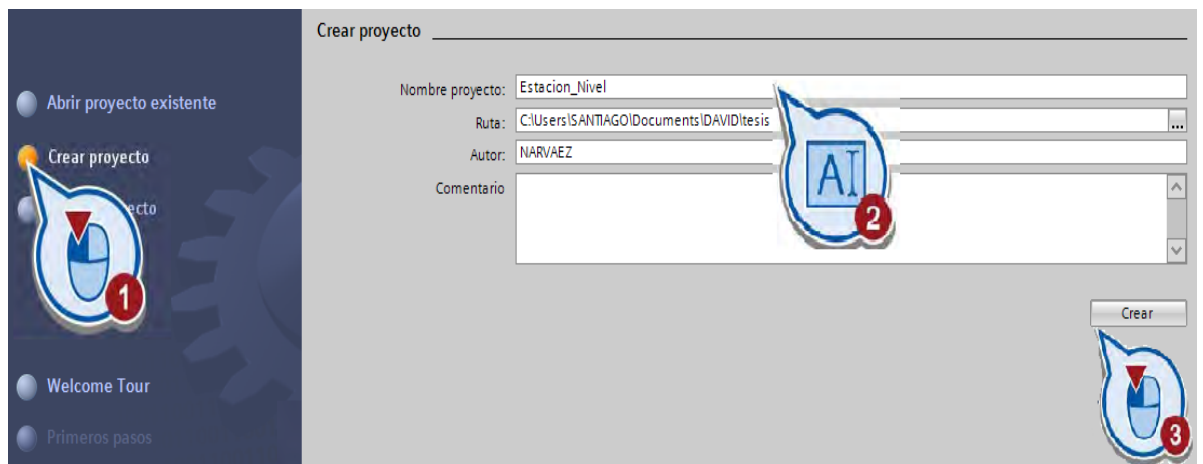
4. Cambiar a la vista del proyecto:

El enlace "Vista del proyecto" permite cambiar a la vista del proyecto.

5. Indicación del proyecto abierto actualmente:

Aquí se indica qué proyecto está abierto actualmente.

2. Clic en Crear proyecto llenar el nombre del proyecto ejemplo "Estacion\_Nivel" en una ruta de su elección y clic en crear.



**Figura 2. 7: Crear un nuevo proyecto.**

## 2.4.2 Insertar y configurar un controlador

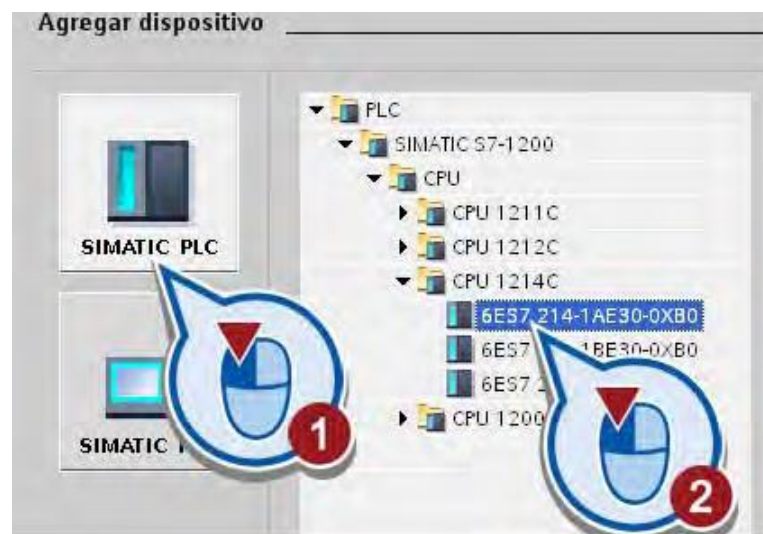
Para agregar un dispositivo nuevo al proyecto, se procede del siguiente modo:

1. Se Inserta un dispositivo nuevo desde el portal.



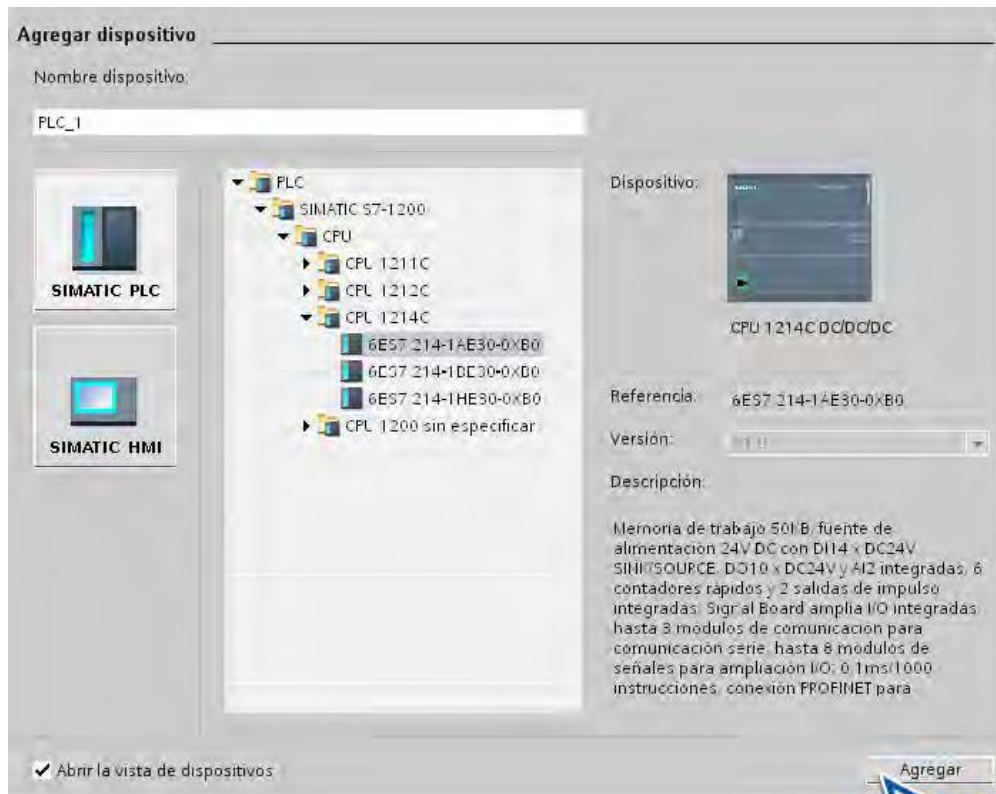
**Figura 2. 8: Agregar un dispositivo.**

2. Se selecciona el controlador deseado en este caso la CPU 1214C AC/DC/Rly.



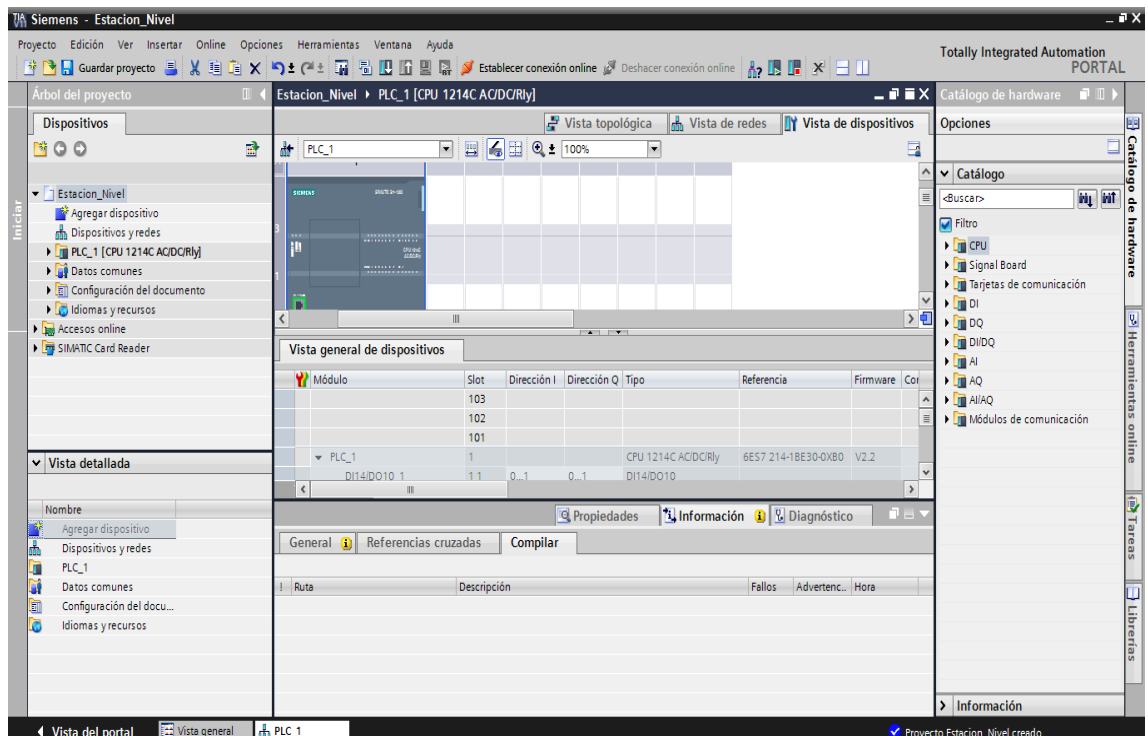
**Figura 2. 9: Selección del dispositivo.**

3. Asegurarse que la opción de "Abrir la vista de dispositivos" está activada. Si esta opción está desactivada, clic en ella con el botón izquierdo del ratón para activarla.
4. Clic en el botón "Agregar".



**Figura 2. 10: Finalización de agregar un dispositivo.**

5. Finalmente se ha abierto en la vista de dispositivos del editor de dispositivos y redes



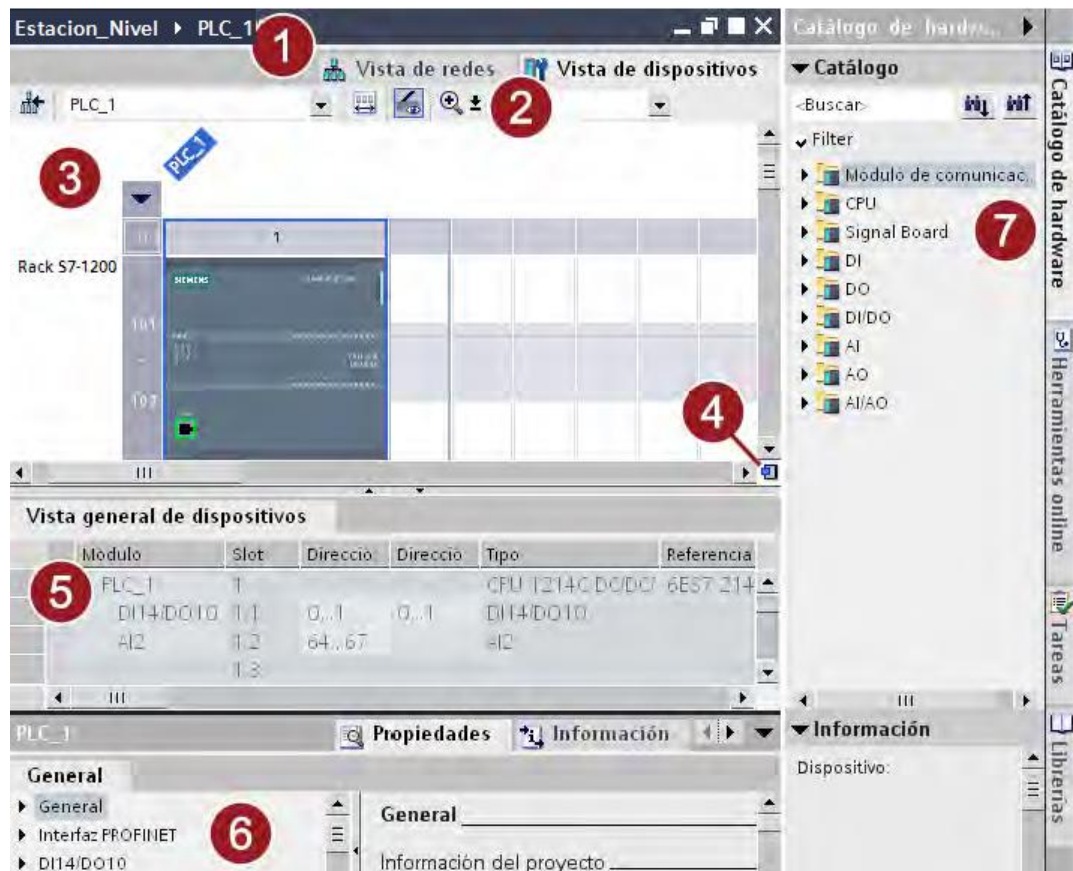
**Figura 2. 11: Editor de dispositivos y redes.**

La vista de dispositivos es el área de trabajo del editor de dispositivos y redes, y en él se realizan las tareas siguientes:

- Configurar y parametrizar dispositivos
- Configurar y parametrizar módulos

La figura siguiente muestra la estructura de la vista de dispositivos:





**Figura 2. 12: Vista de dispositivos.**

1. Ficha para cambiar entre la vista de dispositivos y la de redes

2. Barra de herramientas:

La barra de herramientas permite cambiar entre los diferentes dispositivos así como mostrar y ocultar determinada información. La función de zoom permite modificar la representación en el área gráfica.

3. Área gráfica:

El área gráfica de la vista de dispositivos muestra los dispositivos y los módulos correspondientes que están asignados unos a otros a través de uno o varios racks.

En el área gráfica es posible arrastrar otros objetos hardware desde el catálogo de hardware (7) hasta los slots de los racks y configurarlos.

#### 4. Navegación general:

La navegación general ofrece una vista general de los objetos creados en el área gráfica. Manteniendo pulsado el botón del ratón en la navegación general se accede rápidamente a los objetos que se desean visualizar en el área gráfica.

#### 5. Área de tabla:

El área de tabla ofrece una vista general de los módulos utilizados con los principales datos técnicos y organizativos.

#### 6. Ventana de inspección:

La ventana de inspección muestra información relacionada con los objetos seleccionados actualmente. En la ficha "Propiedades" de la ventana de inspección se editan los ajustes de los objetos seleccionados.

#### 7. Task Card "Catálogo de hardware":

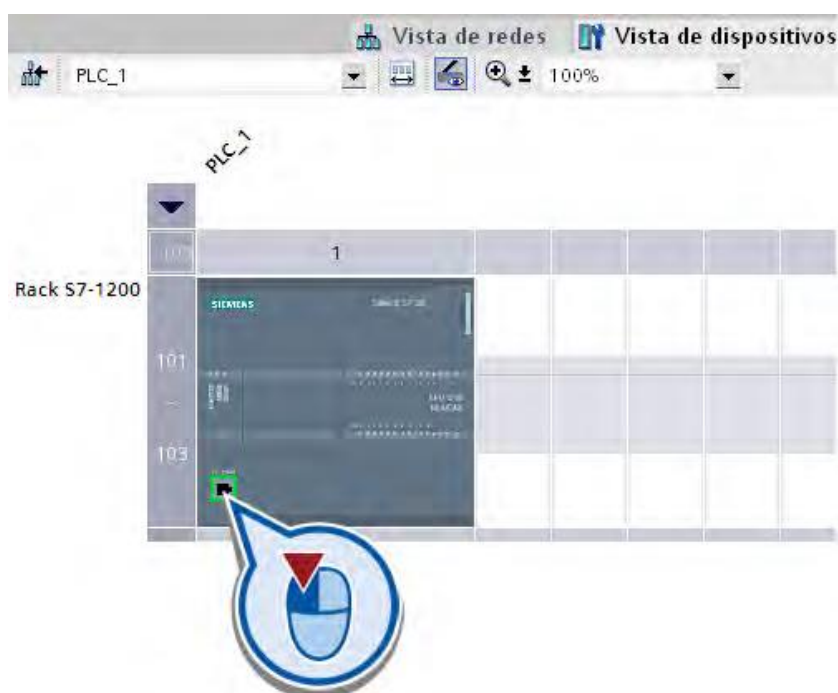
El catálogo de hardware permite acceder rápidamente a los diversos componentes de hardware. Los dispositivos y módulos necesarios para la tarea de automatización se arrastran desde el catálogo de hardware hasta el área gráfica de la vista de dispositivos.

### **2.4.3 CONFIGURAR LA INTERFAZ PROFINET DEL CONTROLADOR**

Para configurar el controlador desde la ventana de dispositivos y redes, se procede del siguiente modo:

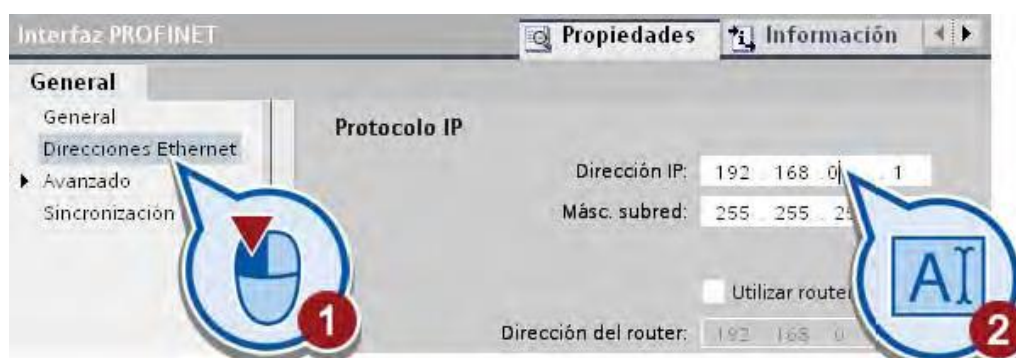
Se selecciona la interfaz PROFINET en la representación gráfica.

En la ventana de inspección aparecen las propiedades de la interfaz PROFINET.



**Figura 2. 13: Selección de la interfaz PROFINET.**

Se introduce la dirección IP del controlador en la opción "Direcciones Ethernet" de la ventana de inspección.



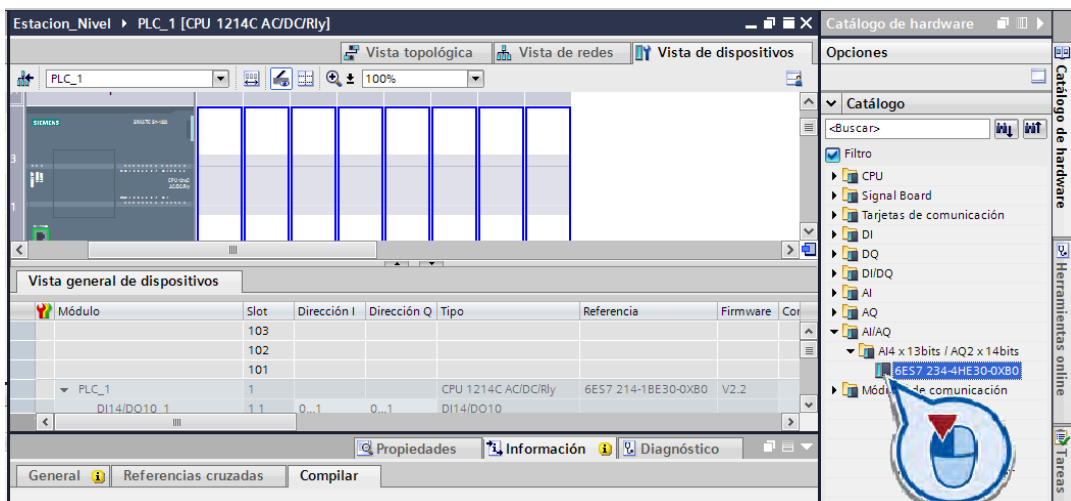
**Figura 2. 14: Dirección IP del controlador.**

Se guarda el proyecto haciendo clic en el icono "Guardar proyecto" de la barra de herramientas.

## 2.4.4 AÑADIR UN MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS

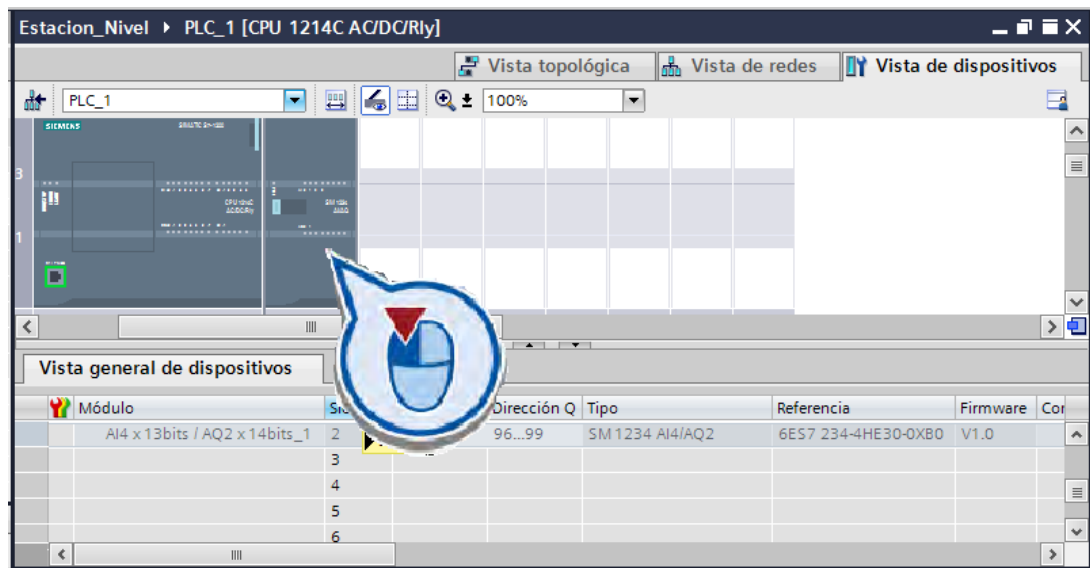
Para añadir un módulo al controlador desde la ventana de dispositivos y redes, se procede del siguiente modo:

1. Se selecciona el módulo a agregar desde el catálogo de hardware.



**Figura 2. 15: Selección del módulo.**

2. Arrastrar el módulo hacia los slots a lado del PLC o dar doble clic sobre el módulo.



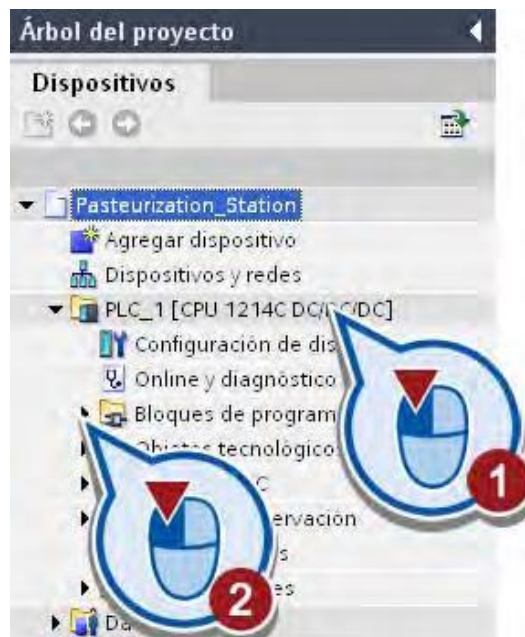
**Figura 2. 16: Módulo de I/O análogos.**

## 2.4.5 CREAR EL PROGRAMA EN EL CONTROLADOR

Junto con el controlador, en el proyecto se crea automáticamente el bloque de organización "Main [OB1]". En dicho bloque de organización se creará a continuación el programa.

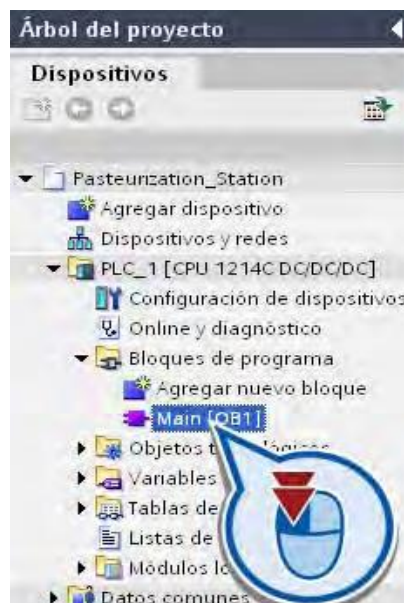
Para abrir el bloque de organización "Main [OB1]", se procede del siguiente modo:

1. Se abre la carpeta "Bloques de programa" del árbol del proyecto.



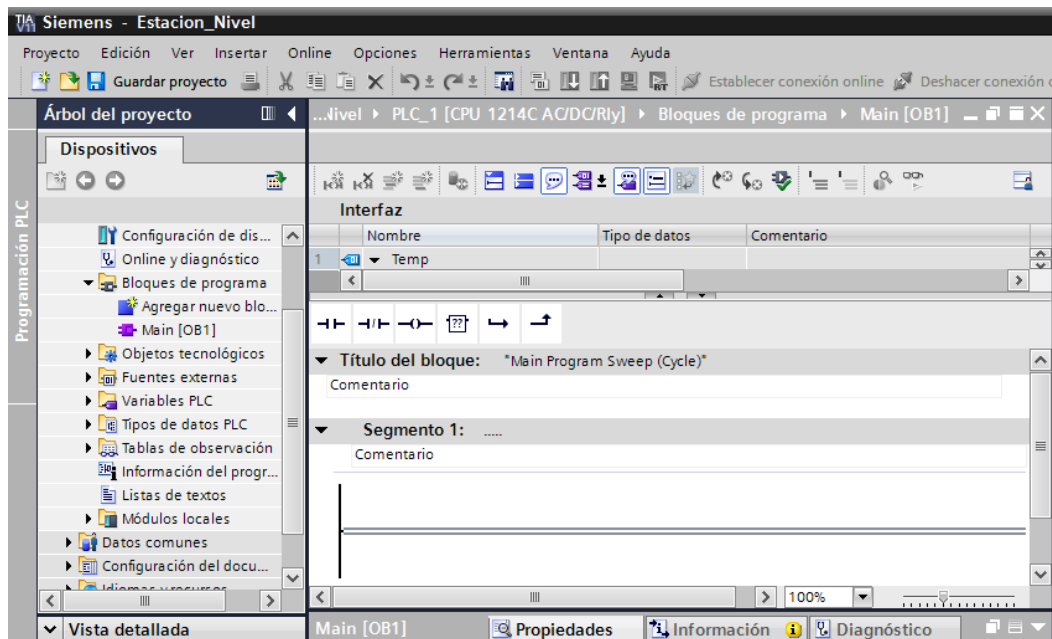
**Figura 2. 17: Bloques de programa.**

2. Se abre el bloque de organización "Main [OB1]".



**Figura 2. 18: Bloque de organización Main.**

3. Se ha abierto el bloque de organización "Main [OB1]" en el editor de programas, donde se desarrollará el programa.



**Figura 2. 19: Ventana de programación (Main).**

## 2.4.6 Configura una red MODBUS TCP/IP

La instrucción "MB\_CLIENT" permite la comunicación como cliente Modbus TCP a través de la conexión PROFINET de la CPU S7-1200. Para utilizar esta instrucción no se requiere ningún módulo de hardware adicional. La instrucción "MB\_CLIENT" permite establecer una conexión entre el cliente y el servidor, enviar peticiones y recibir respuesta y controlar la desconexión del servidor Modbus TCP.

La red MODBUS TCP/IP se configura para realizar la comunicación entre el PLC y la pantalla touch Red Lion.

Para configurar la red MODBUS TCP/IP se procede del siguiente modo:

1. De la barra de Instrucciones dirigirse a la pestaña comunicaciones /Procesador de comunicaciones / MODBUS TCP y seleccionar MODBUS CLIENT.

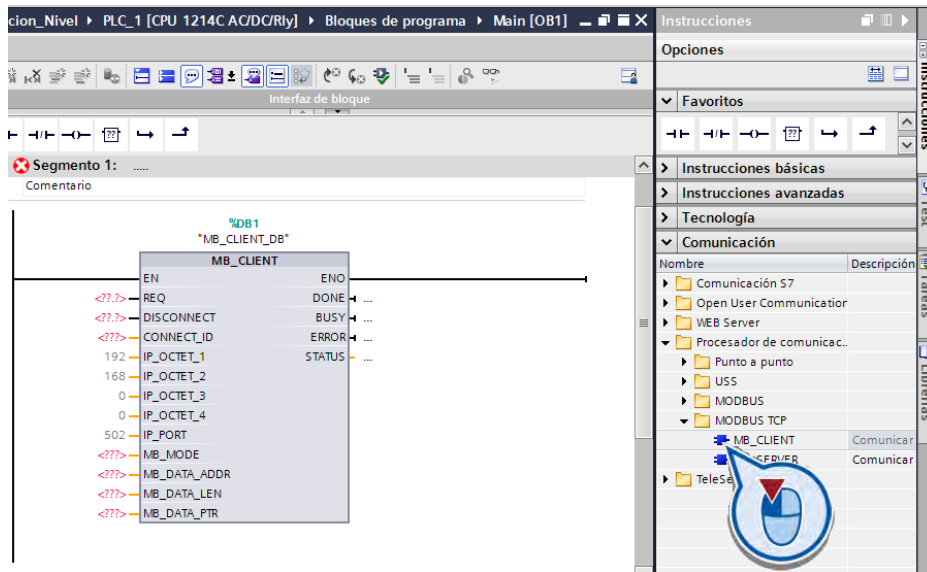


Figura 2. 20: Selección de MODBUSTCP/IP CLIENT.

2. Configurar los parámetros del bloque MB\_CLIENT,

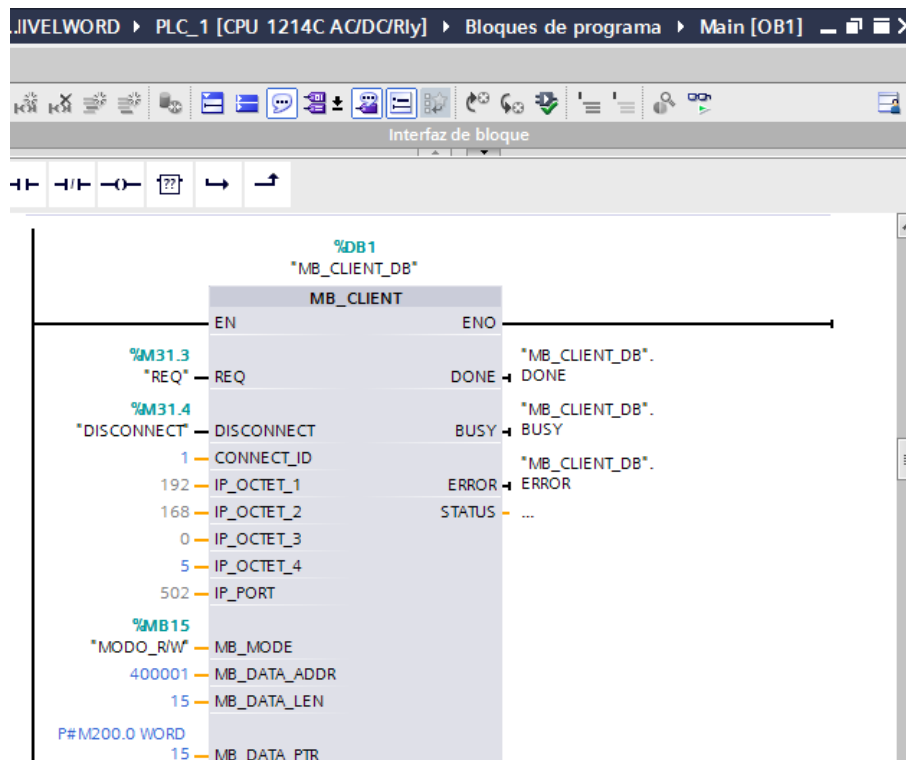


Figura 2. 21: Configuración de los parámetros MB\_CLIENT.



La tabla siguiente muestra los parámetros de la instrucción "MB\_CLIENT":

**Tabla 2. 1: Parámetros de la instrucción "MB\_CLIENT":**

| Parámetro  | Declaración | Tipo de datos | Descripción  |
|------------|-------------|---------------|--|
| REQ        | Input       | BOOL          | Petición de comunicación con el servidor Modbus TCP con flanco ascendente.   |
| DISCONNECT | Input       | BOOL          | Mediante este parámetro se controla el establecimiento de la conexión y la desconexión con el servidor Modbus: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: Establecer una conexión de comunicación con la dirección IP y número de puerto especificados.</li> <li>• 1: Deshacer la conexión. Durante la desconexión no se ejecuta ninguna otra función.</li> </ul> |
| CONNECT_ID | Input       | WORD          | ID unívoca para identificar la conexión. A cada instancia de las instrucciones "MB_CLIENT" y "MB_SERVER" debe  |

|              |       |       |   |
|--------------|-------|-------|---|
|              |       |       | asignársele una ID de conexión unívoca.   |
| IP_OCTET_1   | Input | BYTE  | 1. octeto de la dirección IP* del servidor Modbus TCP.  |
| IP_OCTET_2   | Input | BYTE  | 2. octeto de la dirección IP* del servidor Modbus TCP.  |
| IP_OCTET_3   | Input | BYTE  | 3. octeto de la dirección IP* del servidor Modbus TCP.  |
| IP_OCTET_4   | Input | BYTE  | 4. octeto de la dirección IP* del servidor Modbus TCP.  |
| IP_PORT      | Input | WORD  | Número de IP y puerto del servidor con el que el cliente establece la conexión y con el que se comunica mediante el protocolo TCP/IP (valor estándar: 502). |
| MB_MODE      | Input | USINT | Selección del modo de petición (lectura, escritura o diagnóstico).  |
| MB_DATA_ADDR | Input | UDINT | Dirección inicial de los datos a los que accede la instrucción "MB_CLIENT".   |

|             |       |         |   |
|-------------|-------|---------|---|
| MB_DATA_LEN | Input | UINT    | Longitud de datos: Número de bits o palabras para el acceso a los datos (ver "Parámetros MB_MODE y MB_DATA_ADDR": longitud de datos).   |
| MB_DATA_PTR | InOut | VARIANT | Puntero al registro de datos Modbus: El registro es un búfer para los datos recibidos desde el servidor Modbus o que se van a enviar al servidor Modbus. El puntero debe remitir a un bloque de datos o a un área de memoria. |
| DONE        | Out   | BOOL    | El bit del parámetro de salida DONE se pone a "1" en cuanto se ha ejecutado sin errores la última petición.   |
| BUSY        | Out   | BOOL    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: No se está ejecutando ninguna petición de "MB_CLIENT "</li> <li>• 1: Petición de "MB_CLIENT " en ejecución</li> </ul>   |
| ERROR       | Out   | BOOL    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0: Ningún error</li> </ul>   |

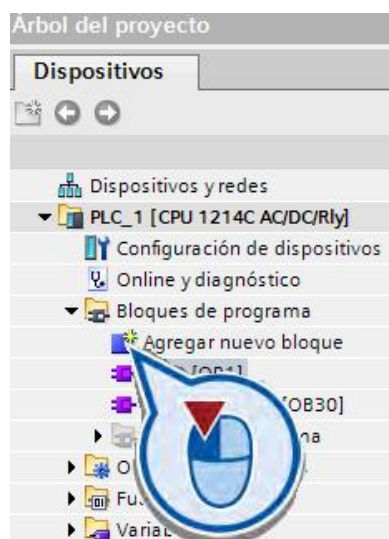
|        |     |      |   |
|--------|-----|------|---|
|        |     |      | <ul style="list-style-type: none"> <li>1: Con errores La causa del error se indica mediante el parámetro STATUS.</li> </ul> |
| STATUS | Out | BOOL | Código de error de la instrucción.  |

### 2.4.7 Configurar Bloque de regulador PID.

Una regulación es necesaria siempre que una magnitud física determinada, como el nivel, temperatura, presión o velocidad, deba tener un valor determinado en el proceso y dicho valor pueda cambiar debido a condiciones externas imprevisibles.

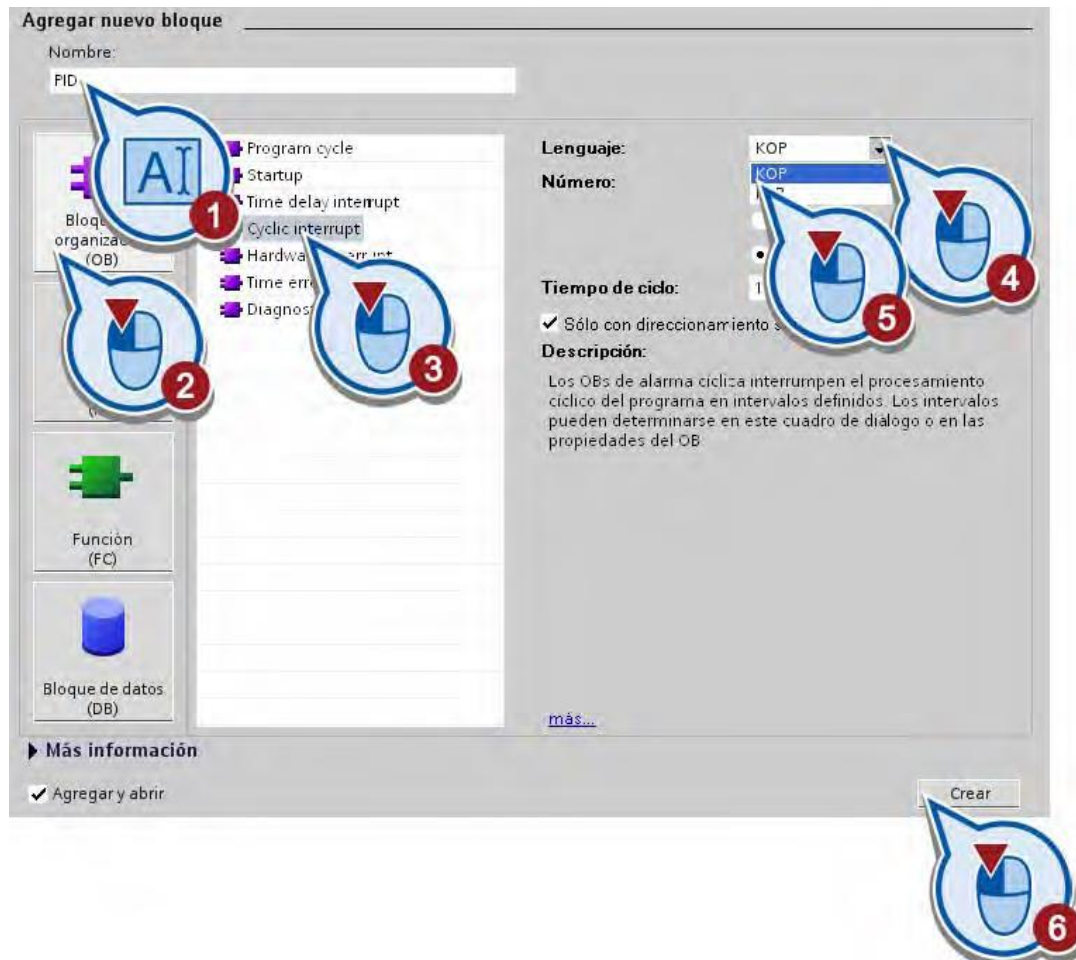
Para configura un regulador PID se procede del siguiente modo:

1. Agregar un bloque nuevo.



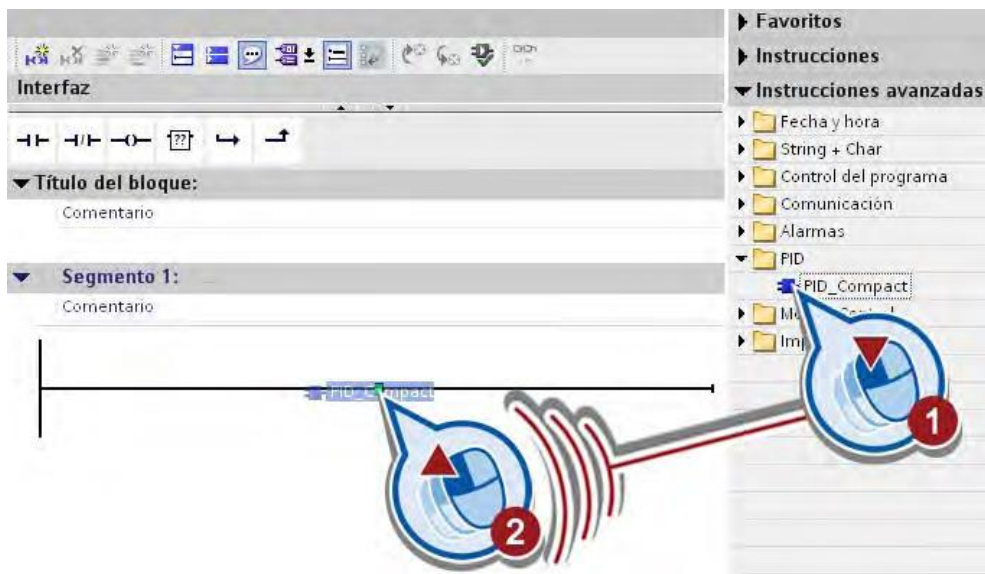
**Figura 2. 22: Agregar un nuevo bloque.**

2. Crear un OB de alarma cíclica con el nombre "PID". Asegurarse de que la casilla de verificación "Agregar y abrir" esté activada.



**Figura 2. 23: Bloque de alarma cíclica.**

3. Abrir el bloque de alarma cíclica y crear el objeto tecnológico "PID\_Compact" en el primer segmento del bloque



**Figura 2. 24: PID Compact.**

4. Confirmar la creación del bloque de datos para el objeto tecnológico "PID\_Compact".



**Figura 2. 25: Confirmación del PID Compact.**

1. Asignar las variables correspondientes de setpoint, valor del proceso, valor del control al PID Compact

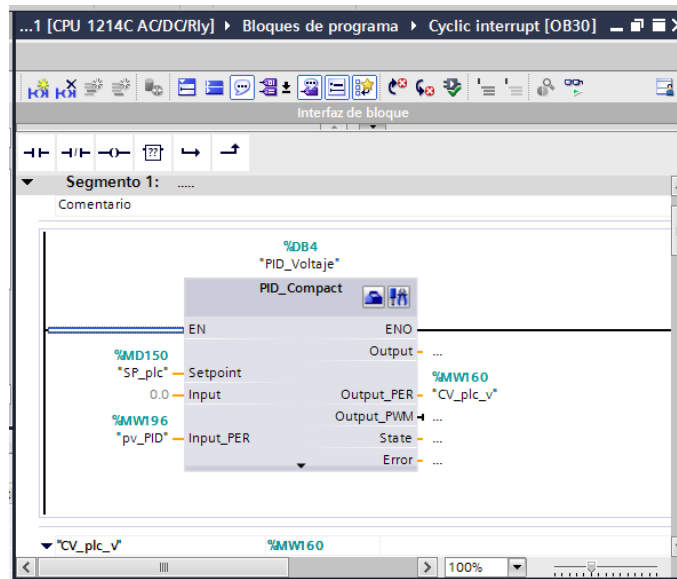


Figura 2. 26: Asignación de variables del PID Compact.

## 2.4.8 CARGAR EL PROGRAMA AL CONTROLADOR.

Para cargar un proyecto, se procede del siguiente modo:

1. Iniciar el proceso de carga.

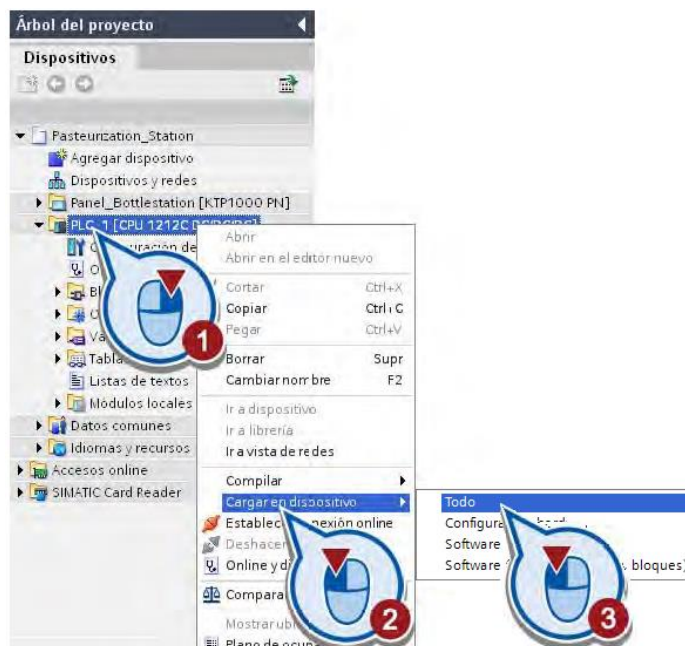
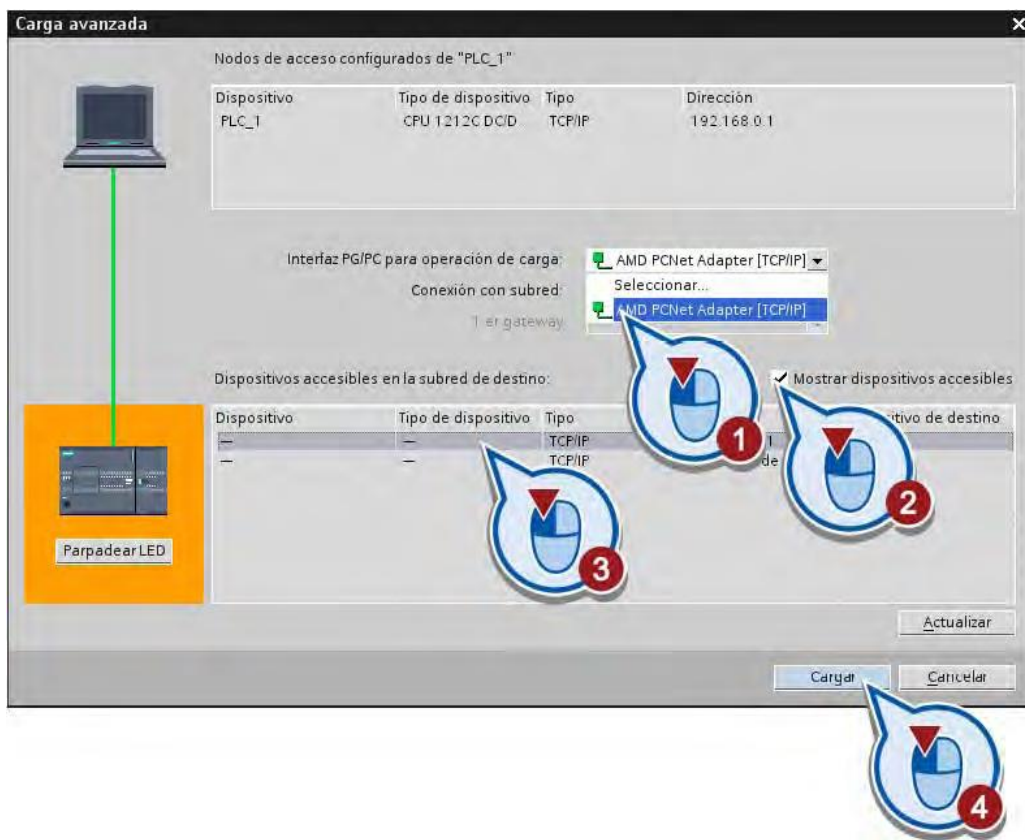


Figura 2. 27: Inicio del proceso de cargar.

2. Seleccionar la interfaz con la que se conectará el dispositivo. Activar la casilla de verificación "Mostrar dispositivos accesibles".

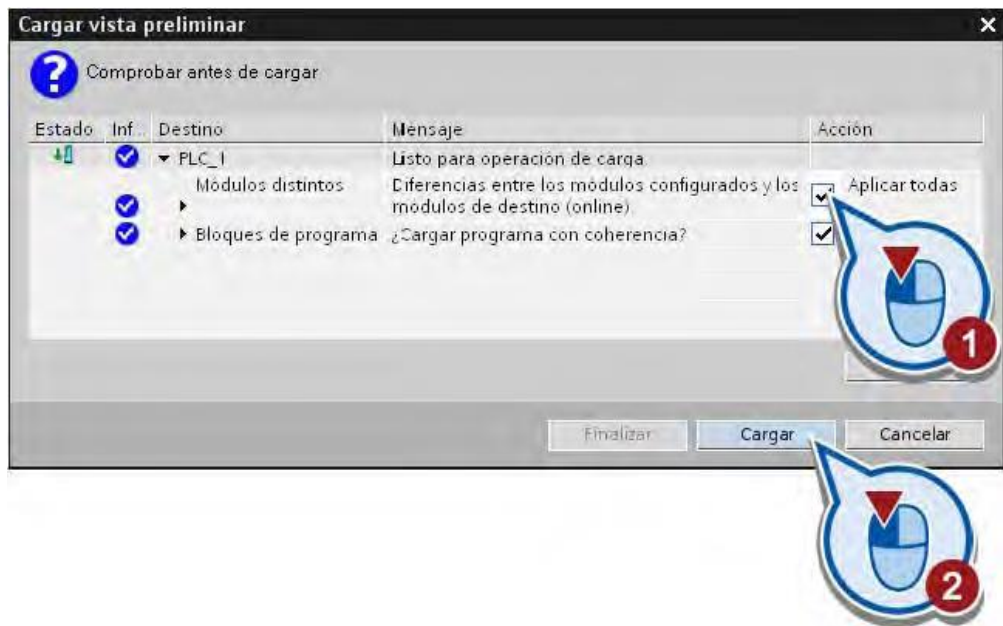
En "Dispositivos accesibles en la subred de destino" se visualizan todos los dispositivos accesibles a través de la interfaz seleccionada. Seleccionar el controlador y cargar el programa de usuario.



**Figura 2. 28: Selección de la interfaz.**

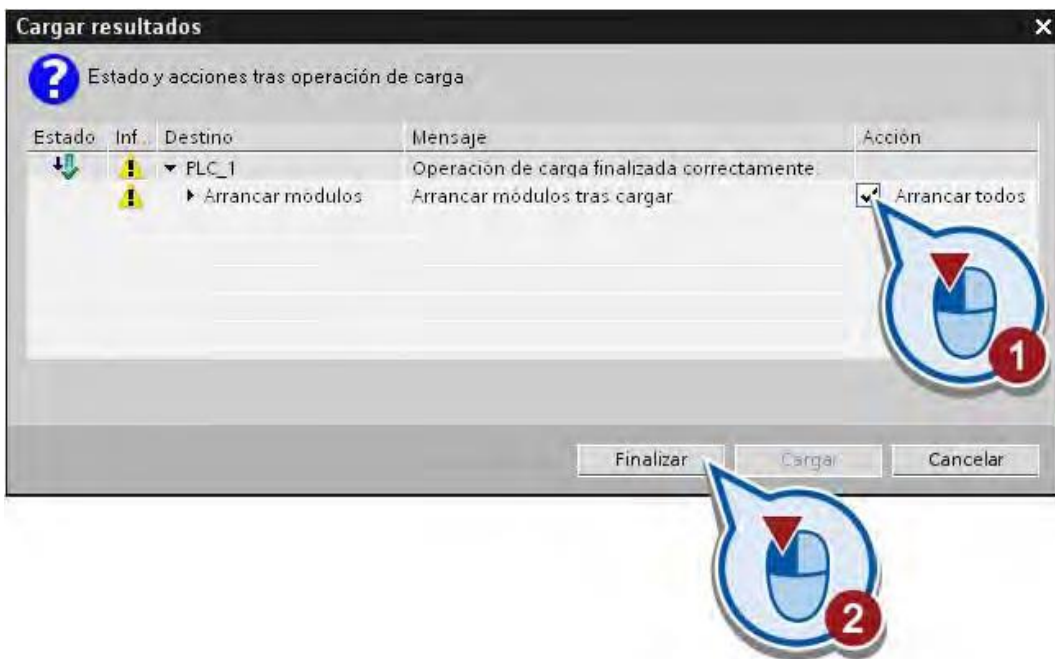
3. Si hay diferencias entre los módulos configurados y los módulos de destino, activar la casilla de verificación correspondiente para aplicar las diferencias. Clic en el botón "Cargar". Asegurarse de que la casilla de verificación "Continuar" esté activada.





**Figura 2. 29: Comprobación antes de cargar.**

**4. Arrancar el módulo.**



**Figura 2. 30: Arranque del módulo.**

## **2.5 PROGRAMACIÓN PANTALLA TOUCH SCREEN (RED LION)**

Para empezar a programar se necesita una PC instalado el software Crimson 3.0, con sus respectivas librerías y herramientas listas para utilizarlas y hacer el respectivo HMI.

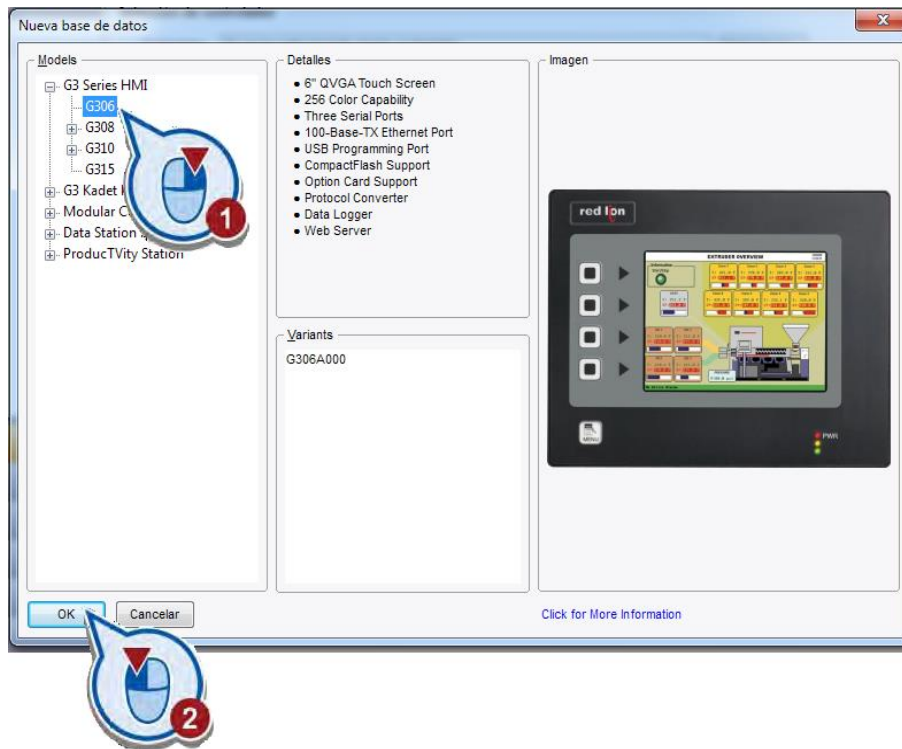
La programación en Crimson 3.0 constituye un entorno de fácil manejo para desarrollar, editar y simular el programa.

### **2.5.1 CREAR UN NUEVO PROYECTO**

Los pasos siguientes muestran cómo crear un proyecto. En el proyecto se guardan, de forma ordenada, los datos y programas que se generan al crear una tarea. Para este ejemplo hay que abrir el Crimson 3.0. En el portal de inicio se encuentran comandos para crear un proyecto nuevo o abrir uno ya existente.

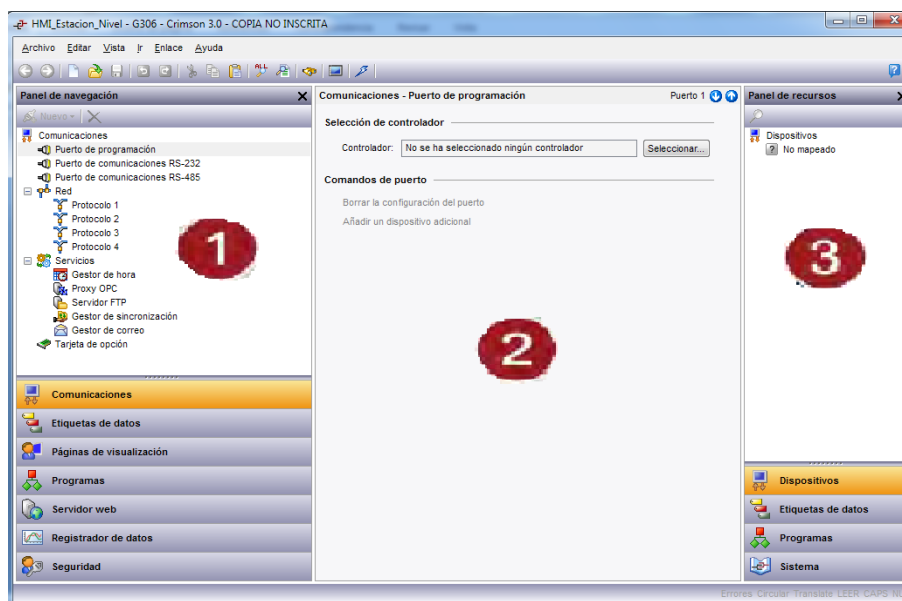
Para crear un proyecto nuevo, se procede del siguiente modo:

1. Iniciar Crimson 3.0.
2. Seleccionar el tipo de pantalla que se va a programar en este caso la pantalla de la serie G306.



**Figura 2. 31: Selección de la pantalla.**

3. Se abrirá la ventana principal de Crimson la cual contiene 3 secciones.



**Figura 2. 32: Ventana principal de Crimson.**

## 1. EL PANEL DE NAVEGACIÓN:

La sección izquierda de la ventana se denomina panel de navegación. Se utiliza para moverse por las diferentes categorías de ítems dentro de un archivo de configuración de Crimson. Cada categoría se representa con una barra en la base del panel, y al hacer clic sobre ella se navegará hacia esa sección. La parte superior del panel de navegación muestra los ítems disponibles en la categoría correspondiente y cuenta con una barra de herramientas que permite manipular dichos ítems. Si desea agrandar la parte superior, se puede seleccionar y arrastrar la línea que la divide de las barras de categoría.

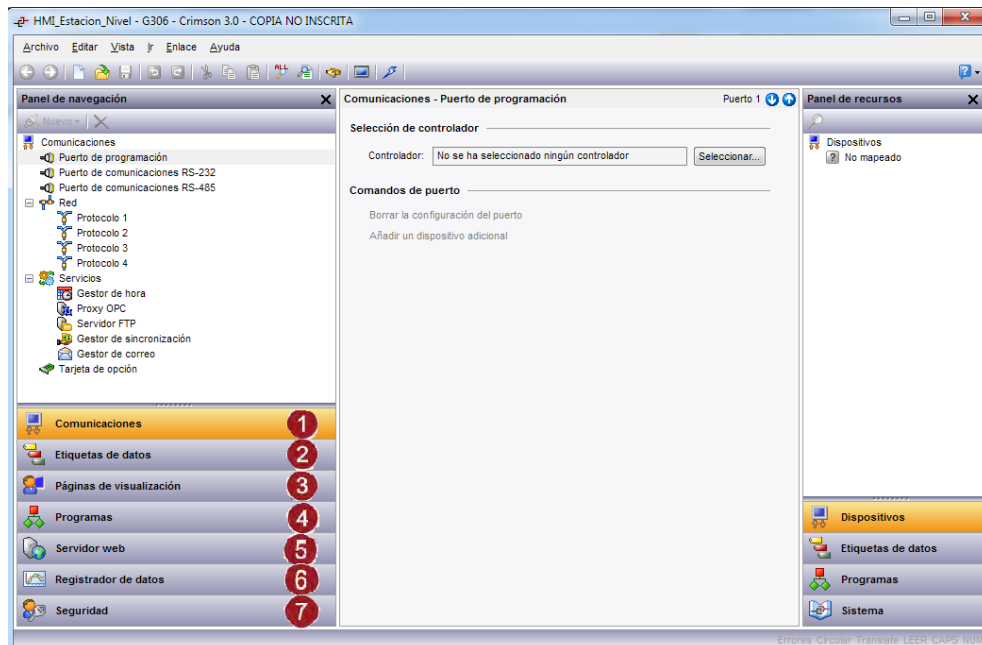
## 2. EL PANEL DE RECURSOS:

La sección derecha de la ventana se denomina panel de recursos. Se utiliza para acceder a los diferentes ítems necesarios para editar la categoría en cuestión. Igual que el panel de navegación, contiene un número de categorías a las que es posible acceder por medio de las barras de categorías. Los ítems de una categoría de recursos determinada pueden ser arrastrados y liberados en los lugares donde desea utilizarlos. Por ejemplo, una etiqueta de datos puede seleccionarse en el panel de recursos y soltarse en un campo de configuración para hacer que dicho campo sea dependiente del valor de la etiqueta seleccionada. También es posible hacer doble clic en muchos ítems y así configurar el campo en cuestión de acuerdo con ese ítem.

## 3. EL PANEL DE EDICIÓN:

La parte central de la ventana se utiliza para editar el ítem seleccionado. En dependencia de la selección, puede contener ya una cantidad de etiquetas, las cuales muestran un conjunto dado de propiedades correspondientes a ese ítem, o contener un editor específico para el ítem que se está editando.

Las principales categorías de una base de datos Crimson son las siguientes



**Figura 2. 33: Principales categorías de una base de datos.**

## 1. COMUNICACIONES:

Esta categoría especifica qué protocolos deben utilizarse en los puertos serie y Ethernet del dispositivo objetivo. En los casos en que se utilizan protocolos máster (por ejemplo, protocolos en los que el hardware de Red Lion inicia una transferencia de datos hacia y desde un dispositivo remoto), también se puede utilizar este icono para especificar uno o más dispositivos a los que se accederá. En los casos en que se utilizan protocolos esclavos (por ejemplo, protocolos en los que el hardware de Red Lion recibe y responde a solicitudes provenientes de otro sistema), se puede especificar qué ítems de datos se expondrán a accesos de lectura o escritura. También puede utilizar esta categoría para mover datos entre dispositivos remotos mediante el convertidor de protocolos, con el fin de configurar servicios y tarjetas de expansión.

## 2. ETIQUETAS DE DATOS:

Esta categoría define los ítems de datos que se utilizarán como datos de acceso dentro de los dispositivos remotos, o que se utilizarán para almacenar información dentro del dispositivo objetivo. Cada etiqueta tiene una serie de propiedades, incluyendo datos de formato, los cuales especifican cómo la información contenida en las etiquetas va a ser mostrada en la pantalla del dispositivo o en otros contextos como páginas web. Al especificar esta información dentro de las etiquetas, Crimson elimina la necesidad de volver a introducir datos de formato cada vez que se muestra una etiqueta. Entre otras propiedades más avanzadas de etiquetas, se incluyen las alarmas, las cuales pueden activarse cuando se generan diferentes condiciones relacionadas con las etiquetas. También se incluyen los activadores, que realizan acciones programables cuando se dan dichas condiciones.

## 3. PÁGINAS DE VISUALIZACIÓN:

Esta categoría se utiliza para crear y editar páginas de visualización. El editor de páginas le permite mostrar diferentes ítems gráficos conocidos como primitivas. Éstos van desde sencillos ítems como rectángulos y líneas, hasta ítems más complejos que pueden relacionarse con el valor de una etiqueta específica o con una expresión. Estas primitivas utilizan de forma predeterminada la información de formato definida al crearse la etiqueta; no obstante, esta información se puede invalidar si es necesario. También puede utilizar el editor para especificar qué acciones se deben realizar cuando las teclas o primitivas se presionan, se mantienen presionadas o se liberan.

## 4. PROGRAMAS:

Esta categoría se utiliza para crear y editar programas utilizando el lenguaje de programación tipo C, exclusivo de Crimson. Estos programas

pueden llevar a cabo complejas operaciones de toma de decisiones o manipulación de datos, basadas en ítems de datos dentro del sistema. Ellas tienen el rol de extender la funcionalidad de Crimson más allá de las funciones estándares incluidas en el software, y así aseguran que se puedan manejar hasta las aplicaciones más complejas. Los programas pueden llamar a una serie de funciones de sistema, con el fin de realizar operaciones comunes.

#### 5. SERVIDOR WEB:

Esta categoría se utiliza para configurar el servidor web y para crear y editar páginas web. El servidor web es capaz de facilitar acceso remoto al dispositivo objetivo por medio de varios mecanismos. Primeramente, puede utilizar Crimson para crear páginas web que contienen listas de etiquetas, y presentan un formato acorde con las propiedades de la etiqueta. En segundo lugar, puede crear un sitio web personalizado empleando el editor HTML de un tercero, por ejemplo, Microsoft FrontPage y, luego, incluir un texto especial para ordenarle a Crimson que inserte valores de etiquetas en tiempo real. Finalmente, puede habilitar la función exclusiva de Crimson de acceso y control remoto, la cual le permite a un explorador o buscador web visualizar la pantalla del dispositivo objetivo y controlar su teclado. El servidor web también se puede utilizar para acceder a archivos CSV desde el registrador de datos.

#### 6. REGISTRADOR DE DATOS:

Esta categoría se utiliza para crear y gestionar registros de datos, cada uno de los cuales puede registrar cualquier cantidad de variables en la tarjeta Compact Flash del dispositivo objetivo. Los datos se pueden registrar a una velocidad de una vez por segundo. Los valores registrados se almacenarán en archivos CSV (variable separada por coma, siglas en inglés), los cuales se pueden importar fácilmente hacia aplicaciones como Microsoft Excel. Se puede acceder a estos archivos intercambiando la

tarjeta CompactFlash, montando la tarjeta como unidad en el PC conectado al puerto USB del dispositivo o mediante los servidores de web o FTP de Crimson vía módem o puerto Ethernet.

## 7. SEGURIDAD:

Esta categoría se utiliza para crear y administrar los diferentes usuarios del dispositivo objetivo, así como los derechos de acceso que se conceden a cada uno. También se pueden facilitar los nombres reales de los usuarios, lo cual permite que el registrador de seguridad refleje no sólo los datos que han sido cambiados y cuándo, sino también quiénes lo han hecho. Los derechos que se requieren para modificar una etiqueta en particular o para acceder a una página, se establecen mediante las propiedades de seguridad del ítem específico. También se pueden establecer derechos para permitir o denegar el acceso al servidor web o FTP.

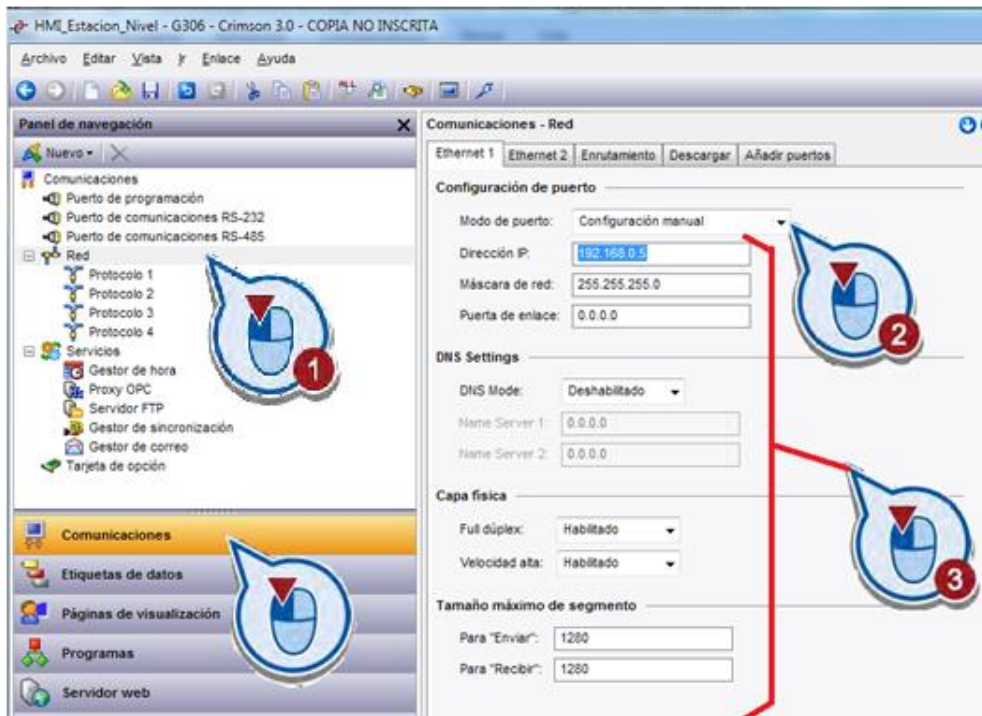
### **2.5.2. CONFIGURAR UNA RED MODBUS TCP/IP SLAVE**

La red MODBUS TCP/IP se configura para realizar la comunicación entre el PLC y la pantalla touch Red Lion.

Para configura la red MODBUS TCP/IP SLAVE se procede del siguiente modo:

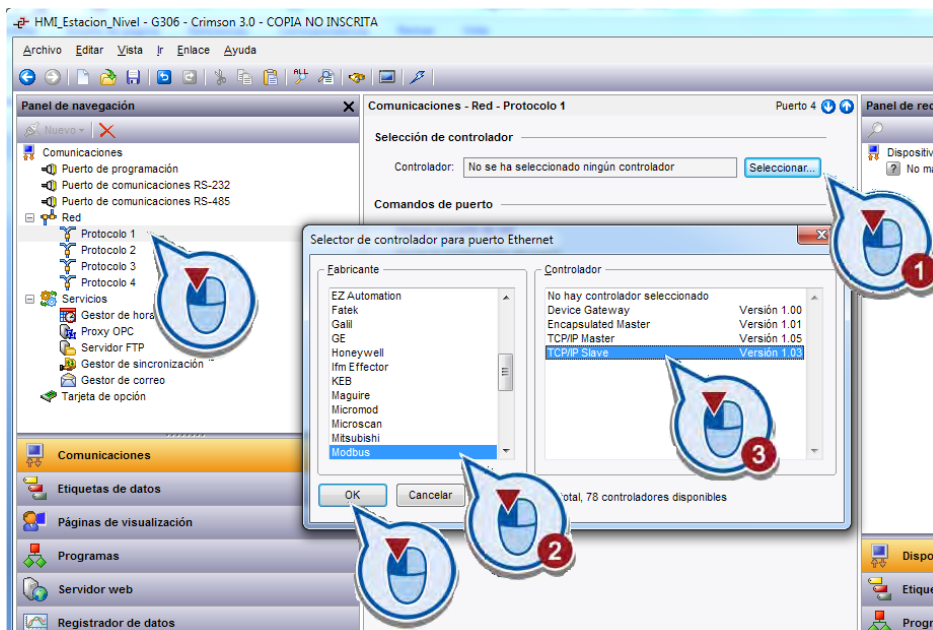
1. En la barra de comunicaciones dirigirse a la barra “red”, configurar el Ethernet 1, activar configuración manual, asignar una dirección IP a la pantalla, una máscara de red, deshabilitar el DNS, habilitar la comunicación full dúplex, habilitar a velocidad alta y el tamaño máximo de segmento para enviar y recibir en 1280Kb como se muestra en la siguiente figura.





**Figura 2. 34: Configuración del puerto Ethernet 1.**

2. Seleccionar protocolo 1 y elegir el control o tipo de red a realizar en este caso una red MODBUS TCP/IP SLAVE



**Figura 2. 35: Selección de la red MODBUS TCP/IP SLAVE.**

3. Configurar el controlador del protocolo 1 como el puerto de TCP, límite de sección, tiempo de espera para la conexión, etc.

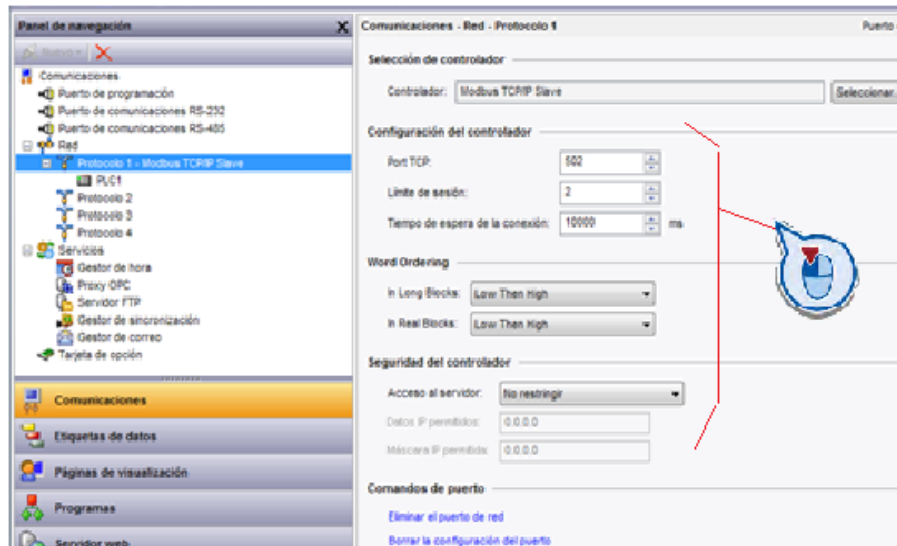


Figura 2. 36: Configuración del controlador del protocolo 1.

4. Anadir un bloque para los registros a utilizar.

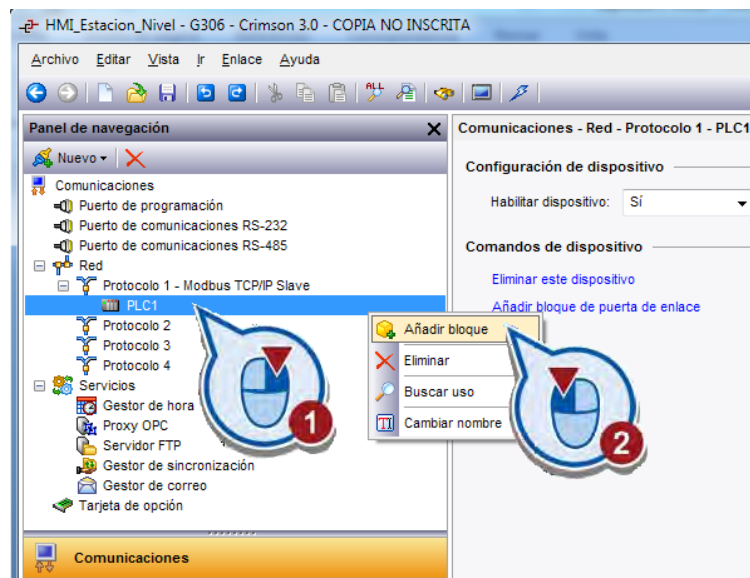


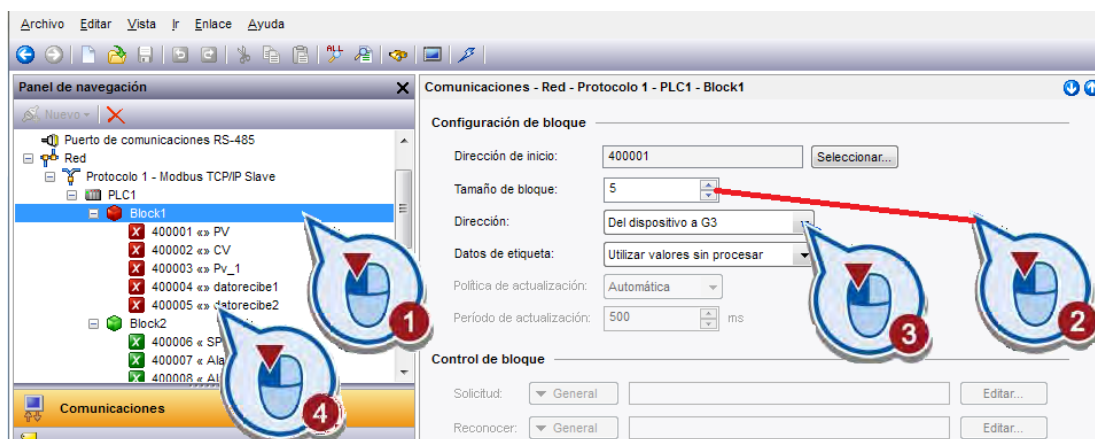
Figura 2. 37: Inserción de bloque en el software Crimson.

5. Configurar el bloque como el tipo y la dirección de los registros a utilizar



**Figura 2. 38: Selección del tipo datos del bloque.**

6. Configurar el tamaño del bloque, si la dirección de los datos es desde el PLC a la pantalla o de la pantalla al PLC asignar variables a los registros.



**Figura 2. 39: Configuración de los parámetros del bloque.**

### 2.5.3. CREAR ETIQUETAS O VARIABLES

Las etiquetas son el tipo de variables que se utilizarán para guardar datos y a su vez poder enviar y recibir estos datos por medio de las variables asignadas a los registros.

Para crear una nueva etiqueta o variables proceda del siguiente modo:

1. En la barra de etiqueta de datos dirigirse a la opción nuevo y elegir el tipo de etiqueta o variable a crear.

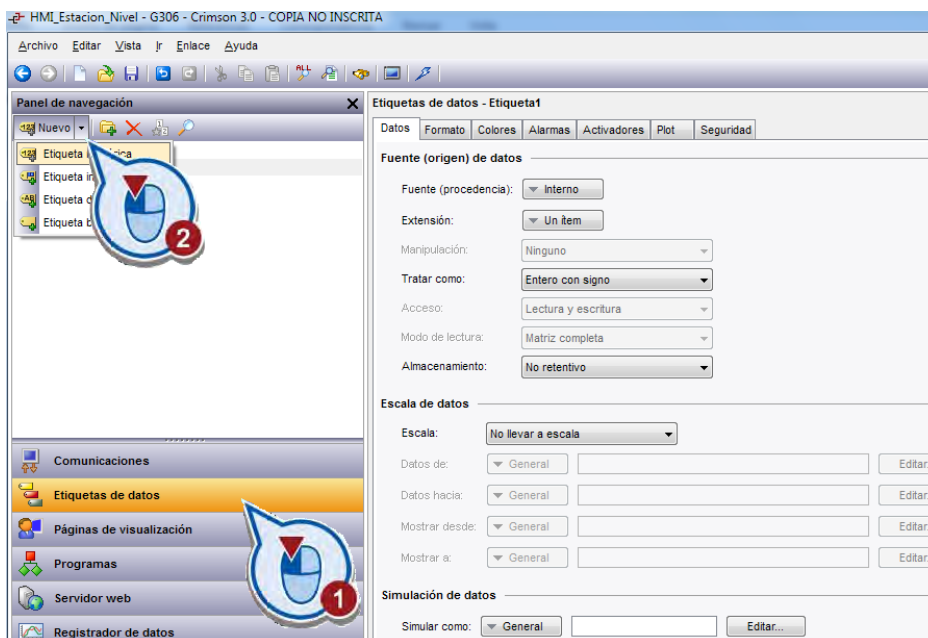


Figura 2. 40: Creación etiquetas.

### 2.5.4. DISEÑO DEL HMI

El HMI es la interfaz gráfica que interactúa con el usuario por lo cual deben ser lo más intuitivos y amigables posibles, es decir la interface humano máquina debe mostrar ni más ni menos la información y datos necesarios referentes al sistema.

Para diseñar un HMI se procede del siguiente modo:

1. En la barra de páginas de visualización seleccionar una página y en el panel de recursos seleccionar los símbolos a utilizar como por ejemplo un botón, un indicador, etc.

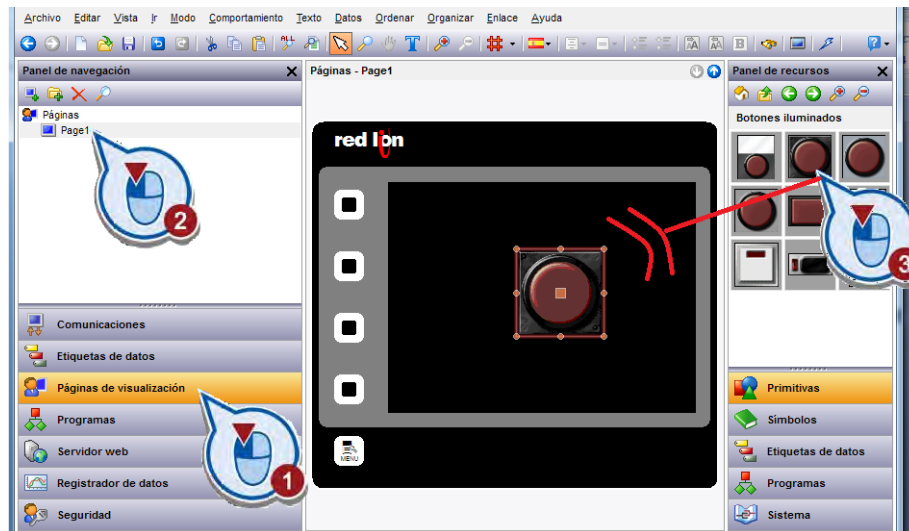


Figura 2. 41: Insertar un símbolo.

2. Insertar nuevas páginas para desarrollar completo del HMI insertar nuevos elementos como indicadores, etiquetas, ventanas de tendencias, históricos, alarmas, usuarios etc.

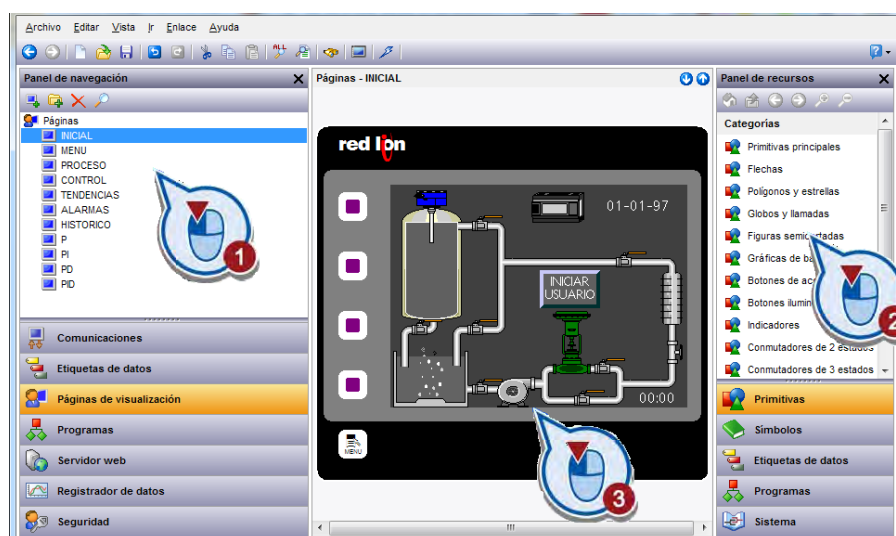


Figura 2. 42: Desarrollo completo del HMI.

## 2.5.5. CARGAR EL PROGRAMA AL DISPOSITIVO.

Para cargar el programa en el dispositivo se procede del siguiente modo:

1. Seleccionar el puerto de comunicación de programación en este caso se comunicará con un cable USB.

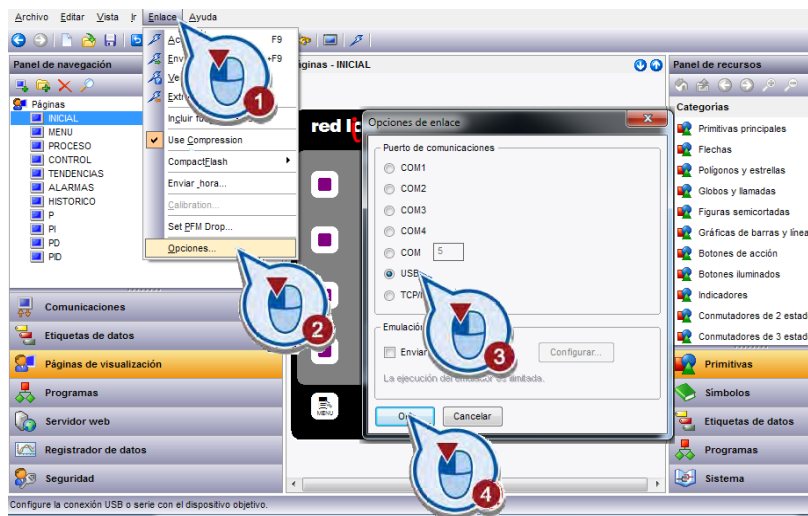


Figura 2. 43: selección del puerto de comunicación de programación.

2. Desde la opción de enlace seleccionar “enviar”, de este modo se cargará el programa en el dispositivo.

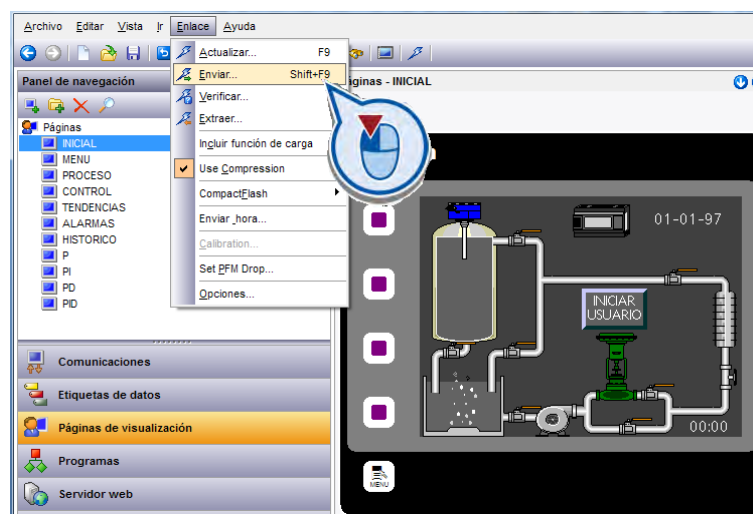


Figura 2. 44: Enviar el programa a la pantalla Touch Screen.

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

#### 3.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA.

El sistema consta de los siguientes materiales, dispositivos e instrumentos para poder controlar un proceso de flujo de agua en un lazo de control:

**Tanque de 45 litros** (figura 3.1) es el recipiente el cual permite almacenar y recircular el líquido (agua) del sistema.



**Figura 3. 1: Tanque de almacenamiento de agua**

**Tubo de ¾ de pulgada PVC** canal o conducto por donde circula el agua en el proceso.

**Bomba trifásica de 3 HP** (figura 3.2) es una bomba de tipo centrifuga, funciona con un motor trifásico que permite succionar el agua para hacer circular por la tubería del sistema.



**Figura 3. 2: Bomba centrifuga.**



**Variador de frecuencia MICROMASTER 440** (figura 3.3) dispositivo que permite variar la velocidad del motor trifásico mediante la variación de la frecuencia suministrada al motor, variando así el flujo de agua del sistema, prácticamente es el actuador en el proceso siendo el elemento que gobierna el funcionamiento de la bomba.



**Figura 3. 3: Variador de frecuencia.**

Para la operación del variador es necesario ingresar los parámetros del motor a controlar y esto se logra gracias a un panel básico de operador (BOP) mostrado en la figura 3.4.



**Figura 3. 4: BOP (Basic Operator Panel).**

**Válvula controladora** Es una válvula de control proporcional de presión (figura 3.5), se encarga de regular el caudal de agua en la tubería, de esta manera controlando el nivel de agua en la columna de nivel.





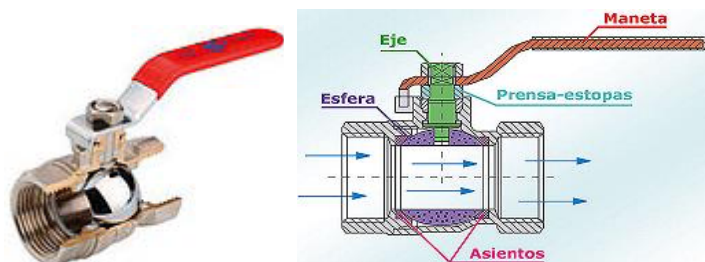
**Figura 3. 5: Válvula de control proporcional de presión.**

**Convertor de corriente a presión** (figura 3.6) Se encarga de convertir una señal eléctrica de 4 – 20 mA a una señal neumática de 3 – 15 PSI.



**Figura 3. 6: Convertor de corriente a presión.**

**Válvulas de tipo bola** (figura 3.7) conocida también como de "esfera", es un mecanismo que sirve para regular el caudal de un fluido canalizado del sistema y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada.



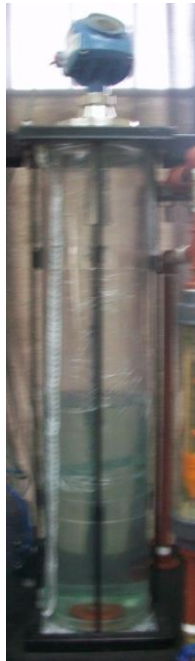
**Figura 3. 7: Válvula tipo bola.**

**Transmisor inteligente** entregan una lectura real del nivel de agua del sistema en una magnitud eléctrica normalizada en corriente para su posterior procesamiento. En el sistema implementado consta de un Transmisor de nivel tipo radar (figura 3.8)



**Figura 3. 8: Transmisor de nivel.**

**Columna de nivel** (figura 3.9) es un medidor de nivel de agua, el cual entrega una medida física y visible del nivel instantáneo de agua en el sistema.



**Figura 3. 9: Columna de nivel.**

**Flujómetro o Rotámetro** (figura 3.10) es un medidor de área variable para flujo de agua, el cual entrega una medida física y visible del flujo instantáneo de agua en el sistema.



**Figura 3. 10: Rotámetro.**

**PLC (Autómata CPU-1214C)** controlador lógico programable de la marca Siemens mostrado en la figura 3.11, este autómata controla todo el sistema y a la vez se comunica con la pantalla táctil, para que en ella se pueda supervisar y monitorear el proceso.



**Figura 3. 11: Autómata CPU 1214C.**

**Módulo de expansión (SM-1234)** es el dispositivo que permite el vínculo entre el autómata y cada uno de los dispositivos de campo a través de este módulo mostrado en la figura 3.12 se origina el intercambio de información en lectura y escritura de señales analógicas de corriente o voltaje.



**Figura 3. 12: Módulo de expansión.**

**Touch Screen** (Pantalla táctil G306A figura 3.13) instrumento que contiene una HMI de configuración y monitoreo de tal forma que sea un vínculo entre el operador y el proceso controlado, la cual permite centralizar la información del sistema, entregando al operador valores de setpoint, parámetros de sintonización, curvas de proceso y alarmas.



**Figura 3. 13: Pantalla táctil G306A.**

### **3.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES AL SISTEMA.**

Una vez que se tiene todo el sistema programado, configurado y ensamblado correctamente se procede a realizar las respectivas pruebas del sistema funcionando completamente.

Dentro de estas pruebas se debe comprobar la adquisición de señal del transmisor, que se encuentra configurado para trabajar en un rango de 20

a 60 cm y entregar una corriente de 4 a 20 mA en forma completamente proporcional.

#### **TRANSMISOR DE NIVEL TIPO RADAR.**

Este transmisor entrega como resultado de su ajuste una señal de corriente muy aceptable e instantánea de acuerdo al valor que se puede ver mostrado en su HMI incorporado.

#### **PLC S7-1200, MÓDULO DE I/O SM1234 Y TOUCH PANEL G306A.**

Se analiza estos tres instrumentos en conjunto debido a que su funcionamiento lo requiere, es decir se toma la señal proveniente del transmisor y este se transmite hacia el PLC el cual procesa la señal y este a su vez la transmite hacia la pantalla táctil que muestra los valores tomados y la configuración para el controlador.

#### **VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER 440.**

Este dispositivo es comandado de forma manual o automática y es el encargado de hacer variar la velocidad del motor trifásico con lo que se ve reflejado en la variación del caudal de agua y el nivel de agua del sistema.

#### **ACTUADOR NEUMÁTICO, CONVERTOR I/P**

Este dispositivo funciona de forma automática, recibe una señal de 3-15 PSI desde el convertor I/P, el cuál convierte el valor de la corriente a valores en presión, siendo esta la señal de control del actuador, este dispositivo es el encargado de ir variando el llenado de la columna de nivel del sistema.

### **3.3 FUNCIONAMIENTO EN LOS DISTINTOS MODOS DE CONTROL.**

Antes de configurar cualquier modo de control primero se debe realizar las conexiones adecuadas para el funcionamiento del sistema.

Una vez realizadas las conexiones, se ingresa al sistema con un usuario, existen dos tipos de usuario:

- **OPERADOR:** el nombre de usuario es “operador” y su contraseña “oper”, este usuario permite solo el monitoreo del sistema.
- **ADMINISTRADOR:** el nombre de usuario es “administrador” y su contraseña es “admin”, este usuario permite acceder a la configuración completa del sistema, entre estas la configuración del modo de control, configuración de alarmas, configuración del SetPoint, etc.

Se debe iniciar el usuario ADMINISTRADOR ya que este usuario tiene todos los privilegios del sistema.

El sistema tiene cuatro tipos de control que son:

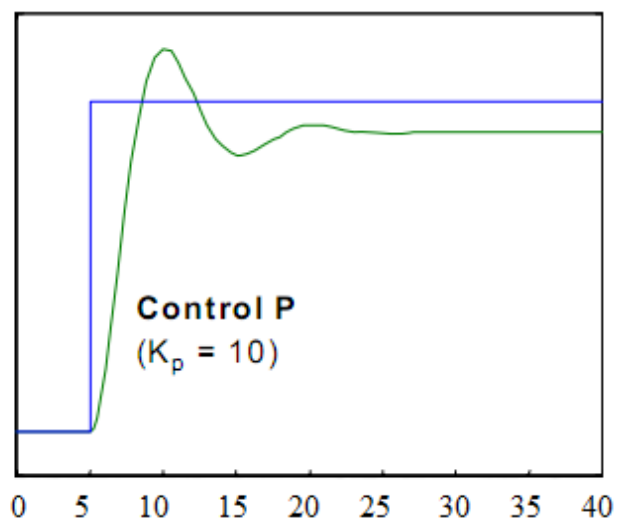
1. Proporcional
2. Proporcional Derivativo
3. Proporcional Integral
4. Proporcional Integral Derivativo

#### **3.3.1. CONTROL PROPORCIONAL**

Para realizar este tipo de control se debe ingresar oprimiendo la opción de CONTROL que se encuentra en el menú principal del HMI. Aparecerá una pantalla más en la cual se encuentran los diferentes tipos de control, elegir CONTROL PROPORCIONAL, y aparecerá una pantalla en la cual se debe ingresar el valor de la constante proporcional  $K_p$ .

## CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

El control proporcional establece una relación lineal continua entre la variable controlada y la posición del elemento final de control, de esta manera la válvula de control o el variador de frecuencia conjunto con la bomba centrífuga se moverán el mismo valor para cada unidad de desviación.



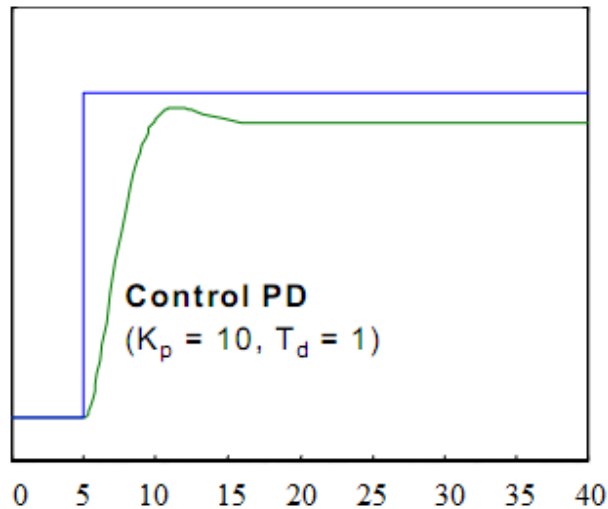
**Figura 3. 14: Forma de respuesta del control proporcional.**

Al elegir este tipo de control se debe tener en cuenta que el proceso se estabiliza y que además se puede reducir, pero **NO** eliminar el error en estado estacionario.

Un valor demasiado alto puede transformar al sistema inestable (control ON-OFF).

### 3.3.2 CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO

En el HMI seleccionar la pantalla de CONTROL, aparecerá el menú de los tipos de control y se seleccionará el control proporcional derivativo, en el cual se debe ingresar el valor de  $K_p$  y  $T_d$ .



**Figura 3. 15: Forma de respuesta del control proporcional-derivativo.**

### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

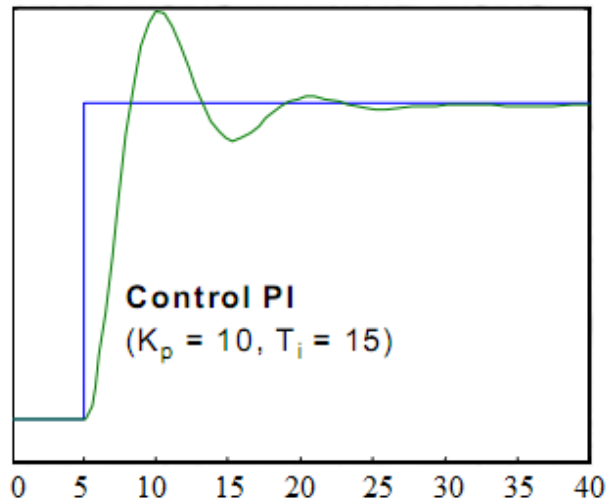
Con este tipo de control se proporciona una mayor estabilidad relativa que se traduce en una respuesta transitoria con menor sobre-impulso como se puede ver en la figura 3.15. Sin embargo cuando la influencia de este control es muy grande, se obtendrá una respuesta excesivamente lenta.

En esencia es un control anticipativo al error, tiende a ser inestable y es sensible al ruido.

### **3.3.3 CONTROL PROPORCIONAL-INTEGRAL**

En el HMI seleccionar la pantalla de CONTROL, aparecerá el menú de los tipos de control y se seleccionará el control proporcional integral, en el cual se debe ingresar el valor de  $K_p$  y  $T_i$ .





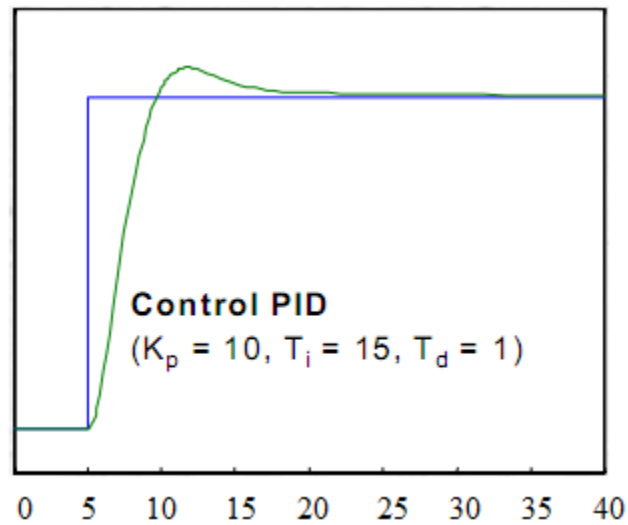
**Figura 3. 16: Forma de respuesta del control proporcional-integral.**

### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

La suma de estos dos controles hace que se tenga una respuesta rápida sin oscilaciones por la acción proporcional y una respuesta que lleve exactamente al valor deseado por la acción integral (figura 3.16) teniendo en cuenta que ésta última tiene una respuesta muy lenta si estuviese sola.

### **3.3.4 CONTROL PROPOCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO**

En el HMI seleccionar la pantalla de CONTROL, aparecerá el menú de los tipos de control y se seleccionará el control proporcional-integral-derivativo, en el cual se debe ingresar el valor de  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$ .



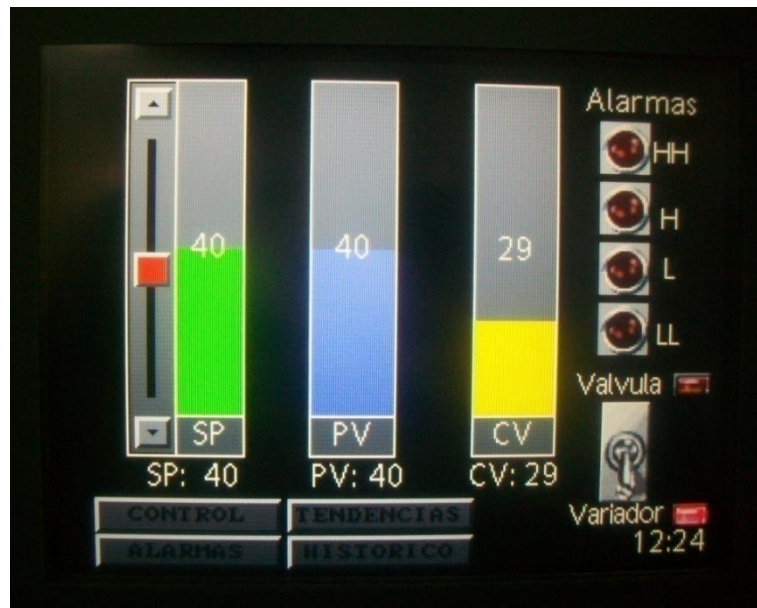
**Figura 3. 17: Forma de respuesta del control proporcional-integral-derivativo.**

### **CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

En este tipo de control se tiene las características de los controles ya mencionados, de forma que si varía la señal de error lentamente en el tiempo predominará el control proporcional e integral y si la señal de error varía rápidamente predominará la señal derivativa.

### **3.4 ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE PROCESO.**

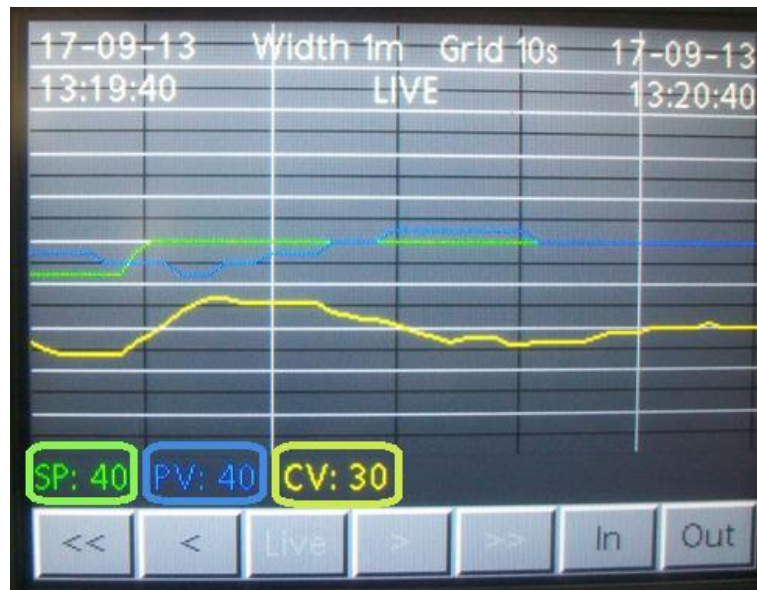
Las curvas que van a ser analizadas fueron tomadas directamente de la pantalla táctil, para de ésta forma poder observar directamente el comportamiento del sistema en los distintos modos de control.



**Figura 3. 18: Pantalla de las variables del proceso.**

En la figura 3.18 se observan las variables del proceso, siendo en esta pantalla en donde se puede ingresar e ir variando el valor del SP (set point), observar como es el comportamiento del CV (variable de control) para así alcanzar el valor de PV (variable del proceso), además se puede observar cuando una alarma se dispara, desde la pantalla de la figura 3.18, se puede ir hacia la pantalla de tendencias, en donde se observarán las gráficas correspondientes al control elegido, como así también a las alarmas para poder aceptarlas y ver en qué valor se dispararon.

En las gráficas cada variable del proceso tiene designado un color para así poder diferenciarlas en la figura 3.19 se observa que para el SP es designado el color verde, para el PV el color azul y para el CV el color amarillo.



**Figura 3. 19: Pantalla de tendencias del proceso.**

En la figura 3.19 se observa que el valor del CV es de 30, esto se debe a que se está enviando el 30% de la corriente para que PV pueda llegar al valor establecido del SP

### 3.4.1 Control Proporcional (P)

Para realizar el análisis de respuesta de este tipo de control, se ingresa el valor de  $K_p$  en la pantalla de selección del tipo de control del proceso en este caso en la pantalla de CONTROL PROPORCIONAL. Para la figura 3.20 y figura 3.21 se tiene los siguientes valores para la sintonización.

**Tabla 3. 1. Valores ingresados para la sintonización del Control P**

| SP | $K_p$ | PV        |
|----|-------|-----------|
| 30 | 5.487 | inestable |
| 30 | 4.095 | 24        |

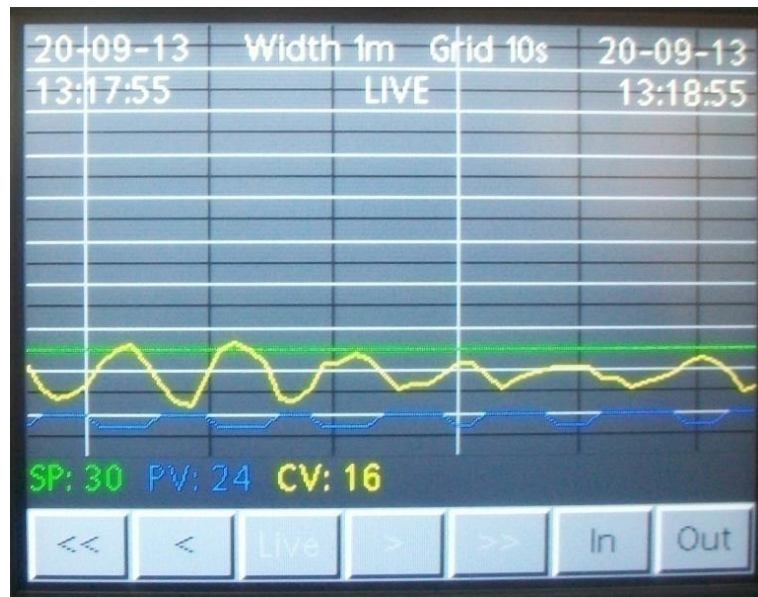


Figura 3. 20: Respuesta del sistema con un control proporcional con  $K_p=5.487$

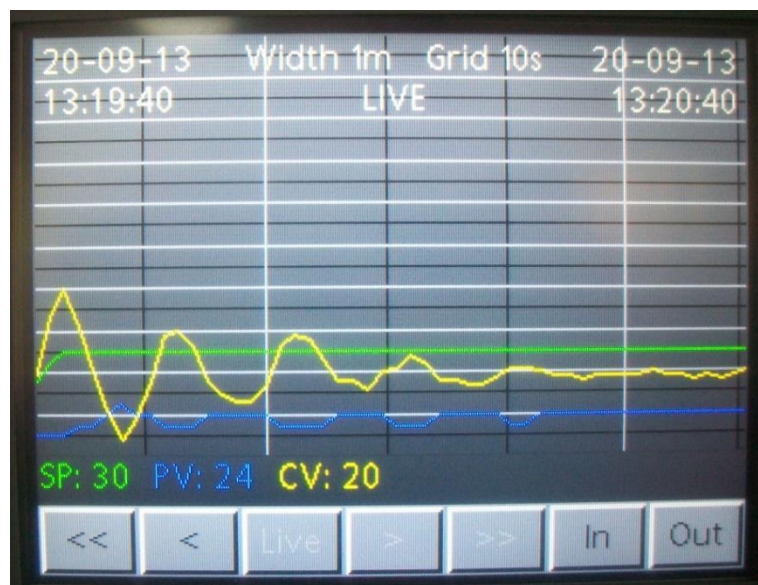


Figura 3. 21: Respuesta del sistema con un control proporcional con  $K_p=4.095$

En la figura 3.21 se observa que el sistema se estabiliza a los 30 segundos existiendo un error de 6 cm en estado estacionario.

### 3.4.2 Control Proporcional Integral (PI)

Para el análisis de las curvas de respuesta del sistema con un control PI, se toma en cuenta los parámetros de sintonización, como los que se han ingresado en la figura 3.22.

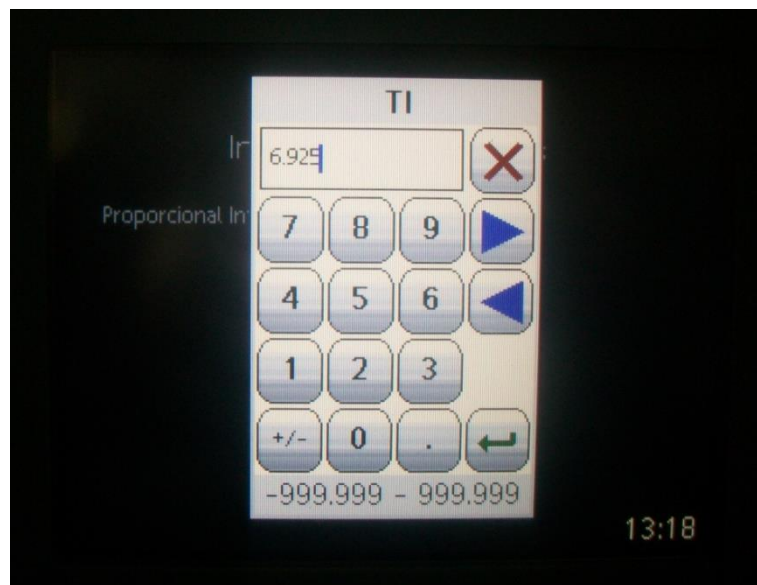
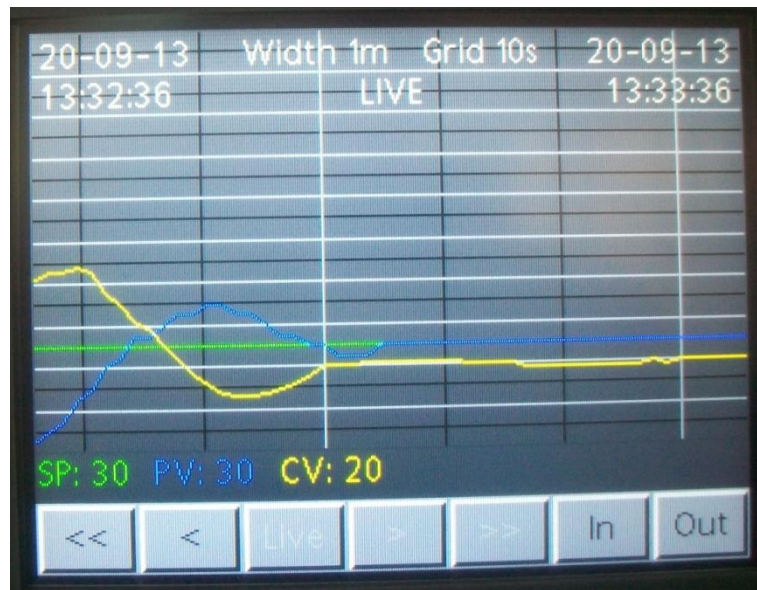


Figura 3. 22: Pantalla para el ingreso de las constantes del control PI

Tabla 3. 2 Parámetros de sintonización del control PI

| SP | Kp    | Ti    | PV |
|----|-------|-------|----|
| 30 | 0.998 | 5.562 | 30 |
| 30 | 1.137 | 6.925 | 30 |

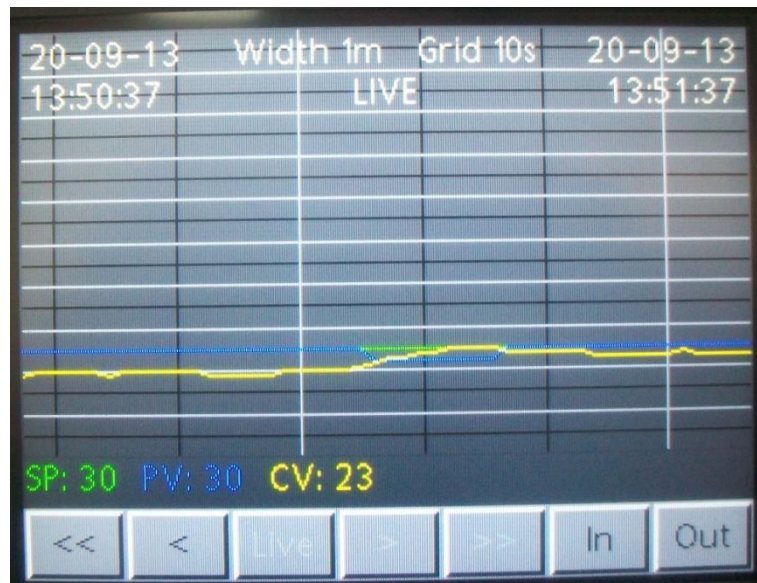


**Figura 3. 23: Respuesta del sistema con un control PI**

Como se puede observar en la figura 3.23 la respuesta del sistema es estable y sin error, luego de haber transcurrido el  $T_i$  (tiempo integral) ingresado tabla 3.2, la rapidez o lentitud de la respuesta del sistema es de acuerdo a este tiempo y se debe tener en cuenta que mientras mayor sea el  $T_i$ , el sistema se puede volver inestable además de lento.

En la figura 3.24 se varia la válvula V-6 siendo esta una perturbación y se puede observar que el sistema se demora un tiempo mínimo en volver al valor del Set Point.





**Figura 3. 24: Respuesta del sistema con un control PI con una perturbación**

### 3.4.3 Control Proporcional Derivativo (PD)

Para realizar el análisis de curvas del sistema con un control PD se configura los siguientes parámetros:

**Tabla 3. 3 Parámetros de sintonización para un control PD**

| SP | Kp    | Td    | PV        |
|----|-------|-------|-----------|
| 30 | 2.548 | 0.974 | 22        |
| 30 | 4.095 | 1.817 | 24        |
| 30 | 5.517 | 1.232 | inestable |





**Figura 3. 25: Respuesta del sistema con un control PD**

En la figura 3.25 se puede observar que con este tipo de control se tendrá un error en estado estable, propio de la acción de  $K_p$  pero así también será estable por la característica de la suma del  $T_d$ . Con este tipo de control cuando se tiene una perturbación el proceso vuelve a estabilizarse de una manera rápida.

### 3.4.4 Control Proporcional Integral derivativo (PID)

Cuando se elige el control PID se reúnen las características de los tres tipos de control siendo esto una ventaja ya que se puede tener mayor eficiencia y rapidez de respuesta del sistema. Para realizar este control se utiliza los tres parámetros  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ .

**Tabla 3. 4. Parámetros de sintonización para un control PID**

| SP | $K_p$ | $T_i$ | $T_d$ | PV |
|----|-------|-------|-------|----|
| 30 | 0.998 | 6.925 | 1.396 | 30 |

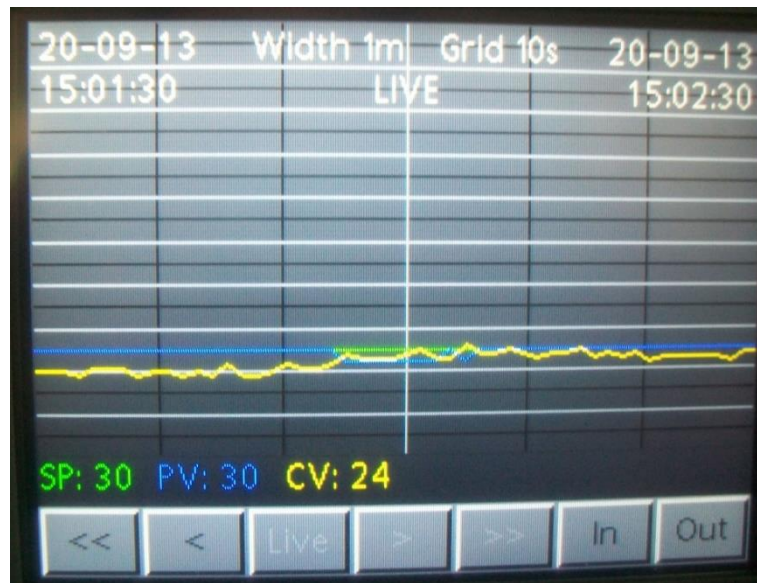
|    |       |       |       |    |
|----|-------|-------|-------|----|
| 30 | 1.059 | 6.925 | 1.568 | 30 |
| 30 | 1.137 | 6.925 | 1.817 | 30 |

Mediante el ingreso de los parámetros de la tabla 3.4 se obtiene un control PID, en la figura 3.26 se observa que la respuesta del sistema es rápida, estable y sin error, lo cual es necesario en un proceso industrial ya que así se obtiene una respuesta eficiente.



**Figura 3. 26: Respuesta del sistema con un control PID**

En el sistema se aplicó una perturbación, apertura de la válvula de carga (V-6), y se observa en la figura 3.27 que el sistema se vuelve a estabilizar rápidamente, teniendo así un error por un tiempo mínimo, y luego de ello el sistema vuelve a la normalidad.



**Figura 3. 27: Respuesta del sistema con un control PID aplicando una perturbación**

### **3.4.5 Control Proporcional Integral Derivativo con encendido de Alarmas**

Cuando ya se sintonizó el sistema aplicando los parámetros de la tabla 3.4 entonces se cambió el valor del SP, a un valor bajo para que así se pueda ver el funcionamiento del control más el encendido de las luces de las alarmas. Como se observa en la figura 3.28, la respuesta del sistema es rápida por la misma razón de que se está aplicando el control PID. Llegado al valor del SP en un tiempo de 10 segundos.



**Figura 3. 28: Respuesta del sistema con un control PID más las alarmas**

## **3.5 ALCANCE Y LIMITACIONES.**

### **3.5.1 ALCANCES.**

Los alcances que presenta el sistema son:

- Es posible realizar el control del sistema con dos diferentes actuadores ya sea la válvula proporcional o el variador de frecuencia.
- Es posible visualizar el comportamiento de la variable de proceso en tiempo real y en el momento deseado sin necesidad de recurrir a un registrador de papel.
- Centraliza la información (Configuración y supervisión) en un mismo punto provocando así una menor pérdida de concentración y tiempo en el manejo del proceso.
- Brinda la posibilidad de manejar cuatro estados de alarmas.
- Flexibilidad para realizar cambios de programación ya sea en el PLC o en la TOUCH SCREEN.

- El módulo se puede poner en red con otros módulos y formar un SCADA ya que esta implementada una red MODBUS TCP/IP.

### **3.5.2 LIMITACIONES**

Las limitaciones que el sistema presenta son:

- La columna de nivel tiene como longitud máxima 90cm, si se supera este nivel puede haber desbordamiento.
- Si se cerrara por completo las válvulas v-1 v-2 v-3 por un tiempo prolongado puede existir desperfecto en la bomba centrifuga.
- El sistema no puede trabajar con una alimentación eléctrica monofásica de (110 Vac) ya que no le suministraría la suficiente energía al variador de frecuencia para el funcionamiento del sistema.

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones que se tienen al finalizar este proyecto son:

- Se ha implementado un sistema de control de nivel de agua, aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación como profesionales de la carrera permitiendo tener una visión general de la estructura y etapas de un proceso.
- La implementación de este sistema colabora con la mejor formación de nuevos profesionales, quienes podrán fomentar sus conocimientos de una forma más práctica, ya que con este sistema se puede realizar diferentes modos de control, similares a los procesos industriales.
- En el módulo realizado se puede notar que intervienen algunos campos de la ingeniería como son: Control de Procesos, Sistemas SCADA, Instrumentación Industrial, Redes Industriales.
- El módulo presentado significa una buena inversión en conocimiento y a la vez un gran ahorro económico ya que un módulo de las mismas características tiene un costo muy elevado.
- El HMI que cumple con las funciones de monitoreo, control y supervisión del sistema de control de nivel de agua realiza satisfactoriamente con sus funciones, este fue realizado con el software Crimson 3.0 propio de la Touch Screen Red Lion el cual consta con un entorno de programación amigable y además facilita la comunicación con el PLC Siemens S7-1200 con CPU-1214C gracias a una red MODBUS TCP/IP.
- Se integró al módulo dos elementos de control final (válvula proporcional neumática y variador de frecuencia) los cuales son

seleccionados en el HMI para su funcionamiento, se ajustan muy bien para realizar cualquier tipo de control con uno de ellos.

- Uno de los elementos de control final es el variador de frecuencia MICROMASTER 440 el cual se gobierna por medio del PLC y presenta un resultado satisfactorio de operación garantizando así el buen funcionamiento del proceso.
- El otro elemento de control final es la válvula proporcional neumática que es gobernada por el PLC pero con la intervención de un conversor de corriente a presión para transformar la señal eléctrica a señal neumática, de esta manera se garantiza el buen funcionamiento del proceso.
- Se pudo notar que el método de control de nivel de agua por variación de velocidad es más eficiente que el método por estrangulación de la válvula proporcional ya que el motor trifásico cuando se varía la velocidad se reduce también el consumo energético y disminuyendo así el costo de operación, mientras que cuando se controla con la válvula el motor siempre trabaja a una misma velocidad sin reducir el consumo energético, por lo cual el control de nivel de agua por variación de la velocidad tiene una respuesta más rápida con respecto al control por estrangulación de la válvula proporcional.
- El PLC Siemens S7-1200 CPU-1214C se ajusta eficazmente al proceso controlado ya que se puede configurar y manipular un lazo de control PID de tal manera que se pueda comportar de un modo de control específico, con solo anular las acciones reguladoras de determinados términos en su algoritmo de control.
- Mediante la utilización del calibrador Fluke-744, se realizó de una forma rápida y sencilla los ajustes de los límites de medición del transmisor de nivel tipo radar.

- Se comprobó que para el proceso de nivel de agua implementado se obtiene un control muy satisfactorio aplicado un control Proporcional-Integral, ya que al ingresar el tiempo derivativo (Td) el sistema requiere de un valor muy pequeño que puede fácilmente obviarse si el proceso no está muy expuesto a perturbaciones.
- La implementación del módulo además de complementar la infraestructura del laboratorio de Redes Industriales y control de procesos, posibilita al estudiante agrupar los conocimientos de diferentes materias de la ingeniería, logrando así un nivel académico muy competitivo.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar unas instalaciones eléctricas idóneas para el Laboratorio de Redes Industriales ya que es necesario para el buen funcionamiento de los equipos que se utilizan.
- Antes de empezar a manipular el módulo en la práctica de laboratorio, se debe leer y consultar el manual de usuario con el fin de manejar todos los recursos de proyecto implementado y evitar daños graves o de difícil solución.
- Se debe tener cuidado al realizar las conexiones de los dispositivos ya que si estas tienen algún tipo de falla todo el sistema colapsará.
- Es recomendable tener en cuenta que para las conexiones neumáticas tanto internas como externas se usa la manguera color azul, que tiene un diámetro interno de 6mm. No se puede utilizar otra manguera ya que se podría dañar los elementos neumáticos.
- Se recomienda realizar cambios ocasionales del agua que circula por el sistema ya que por no ser un ambiente estéril esta podría llenarse de impurezas que a su vez puedan ocasionar mal funcionamiento del sistema.



- Se recomienda la verificación de las válvulas ya que si todas las válvulas del sistema están cerradas puede causar desperfecto a la bomba, daños en la tubería y desbordamiento de agua en la columna de nivel

## BIBLIOGRAFÍA

- CREUS Solé Antonio, “Instrumentación Industrial”, sexta edición, Alfaomega, México, 1998.
- Lee Y., Park S., Lee M. y Brosiliw C., “PID Controller Tuning for Desired Closed-Loop Response for SI/SO”, AIChE J., 44 (1), 106-115 (2004)
- Manual del sistema de automatización S7-1200
- MORRIS Alan S “Principios de medición e instrumentación” primera edición, Pearson Educación, México, 2002.
- Ógata K., Ingeniería de Control Moderna, Cuarta Edición. Editorial Prentice Hall Internacional, Madrid, España (1978)
- Whan Sung S., Lee Tai-yog y Park S. “Optimal PID Controller Tuning Method for Single-Input /Single.-Output”, AIChE Journal ,Vol 48, (6), 1358 -1361 (2004).

## ENLACES ELECTRÓNICOS

- Interfaz HMI. [En línea]. Recuperado el 09 de marzo del 2013, Disponible en Web: <<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>>.
- PLC S7 1200. [En línea]. Recuperado el 19 de julio del 2013, Disponible en Web: <[http://img.diytrade.com/cdimg/1256626/18355349/0/1296095612/Siemens\\_SIMATIC\\_S7\\_PLC\\_S7-1200.jpg](http://img.diytrade.com/cdimg/1256626/18355349/0/1296095612/Siemens_SIMATIC_S7_PLC_S7-1200.jpg)>
- Módulos de señales. [En línea]. Recuperado el 19 de julio del 2013, Disponible en Web:

<[http://i01.i.aliimg.com/photo/v2/460433135/\\_font\\_b\\_SIEMENS\\_b\\_font\\_font.jpg\\_120x120.jpg](http://i01.i.aliimg.com/photo/v2/460433135/_font_b_SIEMENS_b_font_font.jpg_120x120.jpg) >

- Módulos de señales integradas [En línea]. Recuperado el 19 de julio del 2013, Disponible en Web: <<http://www.appliedc.com/images/S7%20parts.jpg> >
- Módulos de comunicación. [En línea]. Recuperado el 19 de julio del 2013, Disponible en Web: <[http://www.carven-shop.com/247-thickbox\\_default/m-comunicacion-1243-2-as-i-v30-siemens.jpg](http://www.carven-shop.com/247-thickbox_default/m-comunicacion-1243-2-as-i-v30-siemens.jpg)>
- “Interfaz profinet integrada”. [En línea]. Recuperado el 21 de julio del 2013, Disponible en Web: <[http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-1200/PublishingImages/s7-1200\\_cpu1217.jpg](http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-1200/PublishingImages/s7-1200_cpu1217.jpg)>
- Formas de onda del control proporcional con distinta ganancia ( $K_p$ ). [En línea]. Recuperado el 21 de julio del 2013, Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Proporcional.PNG> >
- Red Lion G306. [En línea]. Recuperado el 09 de julio del 2013, Disponible en Web: < <http://www.euro-automation.com/DI/RL/G3/G306.html>>.
- Formas de onda del control integral con distinta ganancia ( $K_i$ ). [En línea]. Recuperado el 26 de julio del 2013, Disponible en Web: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Integral.PNG> >
- Formas de onda del control derivativo con distinta ganancia ( $K_d$ ). [En línea]. Recuperado el 26 de julio del 2013, Disponible en Web: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Derivativo.PNG>>

- Formas de onda del control PID con ganancias ( $K_p$ ,  $K_d$ ,  $K_i$ ). [En línea]. Recuperado el 26 de julio del 2013, Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Proporcional.PNG>>
- Diagrama de bloques del sistema de control PID. [En línea]. Recuperado el 26 de julio del 2013, Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:PID.svg>>
- Transmisor de nivel radar sin contacto. [En línea]. Recuperado el 03 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0109-4026.pdf>>
- Transmisor de nivel radar. [En línea]. Recuperado el 03 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0109-4026.pdf>>
- Principio de medición. [En línea]. Recuperado el 03 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0109-4026.pdf>>
- Curva de puertos dobles. [En línea]. Recuperado el 03 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0109-4026.pdf>>
- Válvula de Compuerta. [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>>

- Válvula de bola. [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web: <<http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>>
- Estructura Interno del Conversor I/P. [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web: <[http://www.industrial-electronics.com/output\\_devices\\_amplifiers\\_valves\\_relays\\_variable-frequency\\_drives\\_stepper\\_motors\\_servomotors/Simplified%20Pneumatic-Assisted\\_Valve.html](http://www.industrial-electronics.com/output_devices_amplifiers_valves_relays_variable-frequency_drives_stepper_motors_servomotors/Simplified%20Pneumatic-Assisted_Valve.html)>
- Actuador de una válvula de control. [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web:<[http://pdf.directindustry.com/pdf/fisher/gx-3-way-control-valve-actuator-system-description/14722-86416-\\_2.html](http://pdf.directindustry.com/pdf/fisher/gx-3-way-control-valve-actuator-system-description/14722-86416-_2.html)>
- Módulo de presión. [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web:<<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4993/1/T-ESPEL-0861.pdf>>
- Módulo de flujo de agua. [En línea]. Recuperado el 04 de agosto del 2013, Disponible en Web:<<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4035/1/T-ESPEL-0797.pdf>>

## ANEXO A

### GLOSARIO DE TÉRMINOS.

#### A

**ACTUADOR.** Es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

**ANALÓGICO** Se refiere a las magnitudes o valores que "varían con el tiempo en forma continua" como la distancia y la temperatura, la velocidad, que podrían variar muy lento o muy rápido como un sistema de audio.

**AUTOMATIZACIÓN.** Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

**AUTÓMATA.** Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.

**AUTÓMATA PROGRAMABLE.** Equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.

#### B

**BASE DE DATOS.** Es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente en formato digital que ofrece un amplio rango de soluciones al problema de almacenar datos para su posterior uso.

**BUSES DE CAMPO.** Es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

## C

**CAUDAL.** En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa por el río en una unidad de tiempo.

**CONFIGURAR.** Adaptar una aplicación software o un elemento hardware al resto de los elementos del entorno y a las necesidades específicas del usuario. Es una tarea esencial antes de trabajar con cualquier nuevo elemento.

## D

**DISPOSITIVOS DE ESTADO SÓLIDO.** Son pequeños componentes electrónicos activos que están contruidos por materiales semiconductores, por los cuales se conduce corriente eléctrica y son utilizados en la fabricación de circuitos integrados.

**DIAFRAGMA.** Elemento sensible formado por una membrana colocada entre dos volúmenes, la membrana es deformada por la presión diferencial que le es aplicada.

## E

**ELEMENTOS FINALES DE CONTROL.** Es el instrumento que recibe las señales del sistema tomadas por el controlador y las ejecuta directamente sobre la variable controlada.

**ESTADO ESTACIONARIO.** Es aquel punto donde todas las variables en términos per cápita efectivo permanecen constantes.

**ERROR.** Es la diferencia entre el valor leído del instrumento y el valor real de la variable.

## H

**HMI.** (Human Machine Interface) Interfaz Humano Máquina.

## I

**INSTRUMENTO.** Es un dispositivo que se encarga de interpretar señales proporcionales a la magnitud de la variable.

**INTERFAZ DE USUARIO** es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo, normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

## M

**MECANISMO.** Es un conjunto de sólidos resistentes, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí mediante diferentes tipos de uniones, llamadas pares cinemáticos (pernos, uniones de contacto, pasadores, etc.), cuyo propósito es la transmisión de movimientos y fuerzas.

**MICROPROCESADOR.** Es el circuito integrado central y más complejo de una computadora u ordenador; a modo de ilustración, se le suele asociar por analogía como el "cerebro" de una computadora.

**MODBUS.** Es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI.

## P

**PERTURBACIONES.** Señal que afecta la respuesta real del sistema produciendo un error en la medida, ejemplo los campos magnéticos, la inductancia etc. según la sensibilidad individual.



**PROCESOS.** Es un desarrollo que es realizado por un conjunto de elementos cada uno con ciertas funciones que gradual y progresivamente producen un resultado final.

**PID.** Acción de control Proporcional-Integral-Derivativo.

**PLC.** (Programmable Logic Controller) Controlador Lógico Programable.

**PSI.** (Pounds per Square Inch) Libra-fuerza por pulgada cuadrada es una unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades.

**PUERTOS DE COMUNICACIÓN.** Es el elemento en donde se intercambian datos con otro dispositivo.

## R

**RADAR** (término derivado del acrónimo inglés radio detection and ranging, “detección y medición de distancias por radio”) es un sistema que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles.

## S

**SENSIBILIDAD:** Es la entrada más pequeña que puede proporcionar una salida específica.

**SEÑAL.** Salida que emana del instrumento. Información representativa de un valor cuantificado.

**SET POINT.** Punto en que una señal se establece bajo ciertos parámetros deseados. Es un punto de consigna para valor de la señal de la variable.

**SENSOR.** Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

**SIMATIC** es el nombre de un sistema de automatización que fue desarrollado por la empresa alemana Siemens.

**SISTEMA DE CONTROL:** Es un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con la finalidad de obtener un funcionamiento establecido.

**SOFTWARE.** Conjunto de programas que ejecuta un computador o PLC.

**S7-1200.** PLC de Siemens de la línea SIMATIC.

## T

**TIA.** (Totally Integrated Automation) software de desarrollo de proyecto de Siemens

**TRANSDUCTOR.** Dispositivo que recibe una o varias señales provenientes de la variable medida y pueden modificarla o no en otra señal.

## V

**VARIABLE.** Es cualquier elemento que posee características dinámicas, estáticas, química y físicas bajo ciertas condiciones, que constantemente se pueden medir.

**VARIABLE CONTROLADA.** Es la variable directa a regular, sobre la que constantemente se esta pendientes ya que afecta directamente al sistema del proceso, es decir, es la que dentro del bucle de control es captada por el transmisor para originar una señal de retroalimentación.

## ANEXO B

### HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### SIMATIC S7-1200 CPU 1214C

# A

#### Datos técnicos

##### A.1 Datos técnicos generales

###### Homologaciones

El sistema de automatización S7-1200 cumple las siguientes normas y especificaciones de test. Los criterios de test del sistema de automatización S7-1200 se basan en estas normas y especificaciones de test.

###### Homologación CE



El sistema de automatización S7-1200 satisface los requisitos y objetivos relacionados con la seguridad según las directivas CE indicadas a continuación y cumple las normas europeas (EN) armonizadas para controladores programables publicadas en los Diarios Oficiales de la Unión Europea.

- Directiva CE 2006/95/CE (Directiva de baja tensión) "Material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión"
  - EN 61131-2:2007 Autómatas programables - Requisitos y ensayos de los equipos
- Directiva CE 2004/108/CE (Directiva CEM) "Compatibilidad electromagnética"
  - Norma de emisión  
EN 61000-6-4:2007: Entornos industriales
  - Norma de inmunidad  
EN 61000-6-2:2005: Entornos industriales
- Directiva CE 94/9/CE (ATEX) "Equipos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas"
  - EN 60079-15:2005: Tipo de protección 'n'

La Declaración de conformidad CE se encuentra a disposición de las autoridades competentes en:

Siemens AG  
IA AS RD ST PLC Amberg  
Werner-von-Siemens-Str. 50  
D92224 Amberg  
Germany

### Homologación cULus



Underwriters Laboratories Inc. cumple:

- Underwriters Laboratories, Inc.: UL 608 Listed (Industrial Control Equipment)
- Canadian Standards Association: CSA C22.2 Number 142 (Process Control Equipment)

#### ATENCIÓN

La gama SIMATIC S7-1200 cumple la norma CSA.

El logotipo cULus indica que Underwriters Laboratories (UL) ha examinado y certificado el S7-1200 según las normas UL 608 y CSA 22.2 No. 142.

### Homologación FM



Factory Mutual Research (FM):

Números de clase 3600 y 3611 de la norma de aprobación

Aprobado para ser utilizado en:

Class I, Division 2, Gas Group A, B, C, D, Temperature Class T4A Ta = 40° C

Class I, Zone 2, IIC, Temperature Class T4 Ta = 40° C

### Homologación ATEX



EN 60079-0:2006: Atmósferas explosivas - Requisitos generales

EN 60079-15:2006: Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas; Tipo de protección 'n'

II 3 G Ex nA II T4

Las siguientes condiciones especiales deben cumplirse para el uso seguro del S7-1200:

- Los módulos deben montarse en una carcasa apropiada con un grado de protección mínimo de IP64 según EN 60529, considerando las condiciones ambientales en las que se utilizarán los equipos.
- Si, en condiciones nominales, la temperatura excede 70° C en el punto de entrada del cable, o bien 80° C en el punto de derivación de los conductores, la temperatura realmente medida deberá estar comprendida en el rango de temperatura admisible del cable seleccionado.
- Se deberán tomar las medidas necesarias para impedir que se exceda la tensión nominal en más de un 40% a causa de perturbaciones transitorias.

### Aprobación C-Tick



El S7-1200 cumple los requisitos de las normas según AS/NZS 2064 (clase A).

### Aprobación marina

Los productos S7-1200 se someten con regularidad a pruebas para obtener homologaciones especiales para aplicaciones y mercados específicos. Contacte con el representante de Siemens más próximo para obtener una lista de las homologaciones actuales y los respectivos números de referencia.

Sociedades de clasificación:

- ABS (American Bureau of Shipping)
- BV (Bureau Veritas)
- DNV (Det Norske Veritas)
- GL (Germanischer Lloyd)
- LRS (Lloyd's Register of Shipping)
- Class NK (Nippon Kaiji Kyokai)

### Entornos industriales

El sistema de automatización S7-1200 está diseñado para ser utilizado en entornos industriales.

| Campo de aplicación | Requisitos respecto a la emisión de interferencias | Requisitos respecto a la inmunidad a interferencias |
|---------------------|--|---|
| Industrial          | EN 61000-6-4:2007                                  | EN 61000-6-2:2005                                   |

## Datos técnicos

### A.1 Datos técnicos generales

#### Compatibilidad electromagnética

La compatibilidad electromagnética (también conocida por sus siglas CEM o EMC) es la capacidad de un dispositivo eléctrico para funcionar de forma satisfactoria en un entorno electromagnético sin causar interferencias electromagnéticas (EMI) sobre otros dispositivos eléctricos de ese entorno.

| Compatibilidad electromagnética - Inmunidad según EN 61000-6-2 |   |
|--|---|
| EN 61000-4-2<br>Descargas electrostáticas                      | Descarga en el aire de 8 kV en todas las superficies<br>Descarga en contactos de 6 kV en las superficies conductoras expuestas  |
| EN 61000-4-3<br>Campos electromagnéticos radiados              | 80 a 1000 MHz, 10 V/m, 80% AM a 1 kHz<br>1-4 a 2,0 GHz, 3 V/m, 80% AM a 1 kHz<br>2,0 a 2,7 GHz, 1 V/m, 80% AM a 1 kHz   |
| EN 61000-4-4<br>Transitorios eléctricos rápidos                | 2 kV, 5 kHz con red de conexión a la alimentación AC y DC<br>2 kV, 5 kHz con borne de conexión a las E/S  |
| EN 61000-4-5<br>Inmunidad a ondas de choque                    | Sistemas AC - 2 kV en modo común, 1kV en modo diferencial<br>Sistemas DC - 2 kV en modo común, 1kV en modo diferencial<br>Para los sistemas DC (señales E/S, sistemas de alimentación DC) se requiere protección externa. |
| EN 61000-4-6<br>Perturbaciones conducidas                      | 150 kHz a 80 MHz, 10 V RMS, 80% AM a 1kHz   |
| EN 61000-4-11<br>Inmunidad a cortes e interrupciones breves    | Sistemas AC<br>0% durante 1 ciclo, 40% durante 12 ciclos y 70% durante 30 ciclos a 60 Hz  |

| Compatibilidad electromagnética - Emisiones conducidas y radiadas según EN 61000-6-4                          |   |
|---|---|
| Emisiones conducidas<br>EN 55011, clase A, grupo 1<br>0,15 MHz a 0,5 MHz<br>0,5 MHz a 5 MHz<br>5 MHz a 30 MHz | <70dB (µV) casi cresta; <66 dB (µV) valor medio<br><73dB (µV) casi cresta; <69 dB (µV) valor medio<br><73dB (µV) casi cresta; <69 dB (µV) valor medio |
| Emisiones radiadas<br>EN 55011, clase A, grupo 1<br>30 MHz a 230 MHz<br>230 MHz a 1 GHz                       | <40dB (µV/m) casi cresta; medida a 10m<br><47dB (µV/m) casi cresta; medida a 10m  |

### Condiciones ambientales

| Condiciones ambientales - Transporte y almacenamiento                  |  |
|--|--|
| EN 60068-2-2, ensayo Bb, calor seco y<br>EN 60068-2-1, ensayo Ab, frío | -40° C a +70° C  |
| EN 60068230, ensayo Dd, calor húmedo                                   | 25° C a 55° C, 95% de humedad                            |
| EN 60068-2-14, ensayo Na, choque de temperatura                        | -40° C a +70° C, tiempo de secado 3 horas, 2 ciclos      |
| EN 60068232, caída libre   | 0,3 m, 5 veces, embalado para embarque                   |
| Presión atmosférica  | 1080 a 660h Pa (equivale a una altitud de -1000 a 3500m) |

| Condiciones ambientales - Funcionamiento                                |   |
|---|---|
| Rango de temperatura ambiente<br>(aire de entrada 25 mm bajo la unidad) | 0° C a 55° C en montaje horizontal<br>0° C a 45° C en montaje vertical<br>95% de humedad no condensante   |
| Presión atmosférica   | 1080 to 795 hPa (equivale a una altitud de -1000 a 2000m)   |
| Concentración de contaminantes  | SO <sub>2</sub> : < 0,5 ppm; H <sub>2</sub> S: < 0,1 ppm; RH < 60% no condensante   |
| EN 60068214, ensayo Nb, cambio de temperatura                           | 5° C a 55° C, 3° C/minuto   |
| EN 60068227, choque mecánico  | 15 G, 11 ms impulso, 6 choques en c/u de 3 ejes   |
| EN 6006826, vibración sinusoidal  | Montaje en perfil DIN: 3,5 mm de 5 a 9 Hz, 1G de 9 a 150 Hz<br>Montaje en panel: 7,0 mm de 5 a 9 Hz, 2G de 9 a 150 Hz<br>10 barridos por eje, 1 octava por minuto |

| Prueba de aislamiento para alta tensión         |  |
|---|--|
| Circuitos nominales de 24 V/5 V                 | 520 V DC (ensayo de tipo de límites de aislamiento óptico) |
| Circuitos de 115/230 V a tierra                 | 1.500 V AC (ensayo de rutina)/1950 V DC (ensayo de tipo)   |
| Circuitos de 115/230 V a circuitos de 115/230 V | 1.500 V AC (ensayo de rutina)/1950 V DC (ensayo de tipo)   |
| Circuitos de 115 V/230V a circuitos de 24 V/5 V | 1.500 V AC (ensayo de rutina)/3250 V DC (ensayo de tipo)   |

### Clase de protección

- Clase de protección II según EN 61131-2 (el conductor protector no se requiere)

### Grado de protección

- Protección mecánica IP20, EN 60629
- Protege los dedos contra el contacto con alta tensión, según ensayos realizados con sondas estándar. Se requiere protección externa contra polvo, impurezas, agua y objetos extraños de < 12,5mm de diámetro.

## Datos técnicos

### A.1 Datos técnicos generales

#### Tensiones nominales

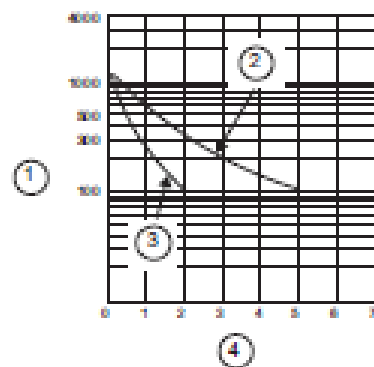
| Tensión nominal | Tolerancia                     |
|-----------------|--------------------------------|
| 24 V DC         | 20,4 V DC a 28,8 V DC          |
| 120/230 V AC    | 85 V AC a 204 V AC, 47 a 63 Hz |

#### ATENCIÓN

Cuando un contacto mecánico aplica tensión a una CPU S7-1200, o bien a un módulo de señales digitales, envía una señal "1" a las salidas digitales durante aprox. 60 microsegundos. Considere ésto especialmente si desea utilizar dispositivos que reaccionen a impulsos de breve duración.

#### Vida útil de los relés

La figura siguiente muestra los datos típicos de rendimiento de los relés suministrados por el comercio especializado. El rendimiento real puede variar dependiendo de la aplicación. Un circuito de protección externo adaptado a la carga permite prolongar la vida útil de los contactos.



- ① Vida útil ( $\times 10^6$  operaciones)
- ② 250 V AC de carga resistiva  
30 V DC de carga resistiva
- ③ 250 V AC de carga inductiva (p.f.=0,4)  
30 V DC de carga inductiva (L/R=7 ms)
- ④ Intensidad normal de servicio (A)



### A.2.3 Datos técnicos de la CPU 1214C

| Datos técnicos   |  |                         |                       |
|--|--|-------------------------|-----------------------|
| Modelo   | CPU 1214C<br>AC/DC/relé  | CPU 1214C<br>DC/DC/relé | CPU 1214C<br>DC/DC/DC |
| Referencia   | 6ES7 214-1BE30-0XB0  | 6ES7 214-1HE30-0XB0     | 6ES7 214-1AE30-0XB0   |
| <b>General</b>   |  |                         |                       |
| Dimensiones A x A x P (mm)                               | 110 x 100 x 75   |                         |                       |
| Peso   | 475 gramos   | 435 gramos              | 415 gramos            |
| Disipación de potencia                                   | 14 W   | 12 W                    |                       |
| Intensidad disponible (5M y bus CM)                      | 1600 mA máx. (5 V DC)  |                         |                       |
| Intensidad disponible (24 V DC)                          | 400 mA máx. (alimentación de sensores)   |                         |                       |
| Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC) | 4 mA/entrada utilizada   |                         |                       |
| <b>Características de la CPU</b>                         |  |                         |                       |
| Memoria de usuario                                       | 50 KB de memoria de trabajo / 2 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente |                         |                       |
| E/S digitales integradas                                 | 14 entradas/10 salidas   |                         |                       |
| E/S analógicas integradas                                | 2 entradas   |                         |                       |
| Tamaño de la memoria imagen de proceso                   | 1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)                               |                         |                       |
| Área de marcas (M)                                       | 8192 bytes   |                         |                       |
| Ampliación con módulos de señales                        | 8 SMs máx.   |                         |                       |

*Datos técnicos*

*AL2 CPUs*

| <b>Datos técnicos</b>  |   |                                 |                               |
|--|---|---------------------------------|-------------------------------|
| <b>Modelo</b>  | <b>CPU 1214C<br/>AC/DC/relé</b>   | <b>CPU 1214C<br/>DC/DC/relé</b> | <b>CPU 1214C<br/>DC/DC/DC</b> |
| Ampliación con Signal Boards                                       | 1 SB máx.   |                                 |                               |
| Ampliación con módulos de comunicación                             | 3 CMs máx.  |                                 |                               |
| Contadores rápidos   | 6 en total<br>Fase simple: 3 a 100 kHz y 3 a 30 kHz de frecuencia de reloj<br>Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 3 a 20 kHz de frecuencia de reloj  |                                 |                               |
| Salidas de impulsos  | 2   |                                 |                               |
| Entradas de captura de impulsos                                    | 14  |                                 |                               |
| Alarmas de retardo/cíclicas  | 4 en total con resolución de 1 ms   |                                 |                               |
| Alarmas de flanco  | 12 ascendentes y 12 descendentes (14 y 14 con Signal Board opcional)  |                                 |                               |
| Memory Card  | SIMATIC Memory Card (opcional)  |                                 |                               |
| Precisión del reloj en tiempo real                                 | ± 60 segundos/año   |                                 |                               |
| Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real                        | 10 días típ./6 días mín. a 40°C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)   |                                 |                               |
| <b>Rendimiento</b>   |   |                                 |                               |
| Velocidad de ejecución booleana                                    | 0,1 µs/instrucción  |                                 |                               |
| Velocidad de ejecución de transferencia de palabras                | 12 µs/instrucción   |                                 |                               |
| Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales | 18 µs/instrucción   |                                 |                               |
| <b>Comunicación</b>  |   |                                 |                               |
| Número de puertos  | 1   |                                 |                               |
| Tipo   | Ethernet  |                                 |                               |
| Conexiones   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 para HMI</li> <li>• 1 para la programadora</li> <li>• 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario</li> <li>• 3 para CPU a CPU</li> </ul> |                                 |                               |
| Transferencia de datos   | 10/100 Mb/s   |                                 |                               |
| Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)                       | Aislado por transformador, 1500 V DC  |                                 |                               |
| Tipo de cable  | CAT5e apantallado   |                                 |                               |
| <b>Fuente de alimentación</b>                                      |   |                                 |                               |
| Rango de tensión   | 85 a 264 V AC   | 20,4 a 28,8 V DC                |                               |
| Frecuencia de línea  | 47 a 63 Hz  | -                               |                               |
| Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.                        | 100 mA a 120 V AC<br>50 mA a 240 V AC   | 500 mA a 24 V DC                |                               |
| CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.            | 300 mA a 120 V AC<br>150 mA a 240 V AC  | 1500 mA a 24 V DC               |                               |
| Corriente de inyección (máx.)                                      | 20 A a 264 V AC   | 12 A a 28,8 V DC                |                               |
| Aislamiento (potencia de entrada a lógica)                         | 1500 V AC   | Sin aislamiento                 |                               |
| Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional            | 0,5 mA máx.   | -                               |                               |

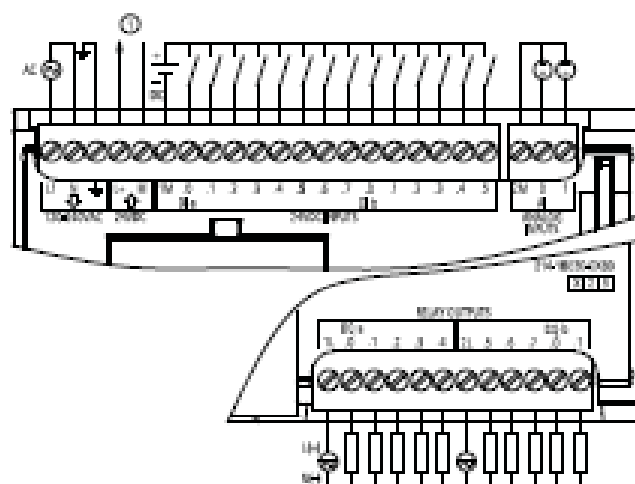
| Datos técnicos   |  |                             |                       |
|--|--|-----------------------------|-----------------------|
| Modelo   | CPU 1214C<br>AC/DCrelé   | CPU 1214C<br>DC/DCrelé      | CPU 1214C<br>DC/DC/DC |
| Tiempo de mantenimiento (pérdida de potencia)                              | 20 ms a 120 V AC<br>80 ms a 240 V AC   | 10 ms a 24 V DC             |                       |
| Fusible interno, no reemplazable por el usuario                            | 3 A, 250 V, de acción lenta  |                             |                       |
| <b>Alimentación de sensores</b>  |  |                             |                       |
| Rango de tensión   | 20,4 a 28,8 V DC   | L+ menos 4 V DC mín.        |                       |
| Intensidad de salida nominal (máx.)  | 400 mA (protegido contra cortocircuito)  |                             |                       |
| Ruido de rizado máx. (<10 MHz)   | < 1 V de pico a pico   | Igual a la línea de entrada |                       |
| Aislamiento (lógica de la CPU a alimentación de sensores)                  | Sin aislamiento  |                             |                       |
| <b>Entradas digitales</b>  |  |                             |                       |
| Número de entradas   | 14   |                             |                       |
| Tipo   | Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)  |                             |                       |
| Tensión nominal  | 24 V DC a 4 mA, nominal  |                             |                       |
| Tensión continua admisible   | 30 V DC, máx.  |                             |                       |
| Sobretensión transitoria   | 35 V DC durante 0,5 seg.   |                             |                       |
| Señal 1 lógica (mín.)  | 15 V DC a 2,5 mA   |                             |                       |
| Señal 0 lógica (máx.)  | 5 V DC a 1 mA  |                             |                       |
| Aislamiento (campo a lógica)   | 500 V AC durante 1 minuto  |                             |                       |
| Grupos de aislamiento  | 1  |                             |                       |
| Tiempos de filtro  | 0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms (seleccionable en grupos de 4)  |                             |                       |
| Frecuencias de entrada de reloj HSC (máx.) (señal 1 lógica = 15 a 28 V DC) | Fase simple: 100 KHz (la.0 a la.5) y 30 KHz (la.6 a la.5)<br>Fase en cuadratura: 80 KHz (la.0 a la.5) y 20 KHz (la.6 a la.5)                     |                             |                       |
| Número de entradas ON simultáneamente                                      | 14   |                             |                       |
| Longitud de cable (metros)   | 500 apantallado, 300 no apantallado, 50 apantallado para entradas HSC  |                             |                       |
| <b>Entradas analógicas</b>   |  |                             |                       |
| Número de entradas   | 2  |                             |                       |
| Tipo   | Tensión (asimétrica)   |                             |                       |
| Rango  | 0 a 10 V   |                             |                       |
| Rango total (palabra de datos)   | 0 a 27648 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 346) )  |                             |                       |
| Rango de sobrimpulso (palabra de datos)                                    | 27.649 a 32.511 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 346) )  |                             |                       |
| Desbordamiento (palabra de datos)  | 32.512 a 32767 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 346) )   |                             |                       |
| Resolución   | 10 bits  |                             |                       |
| Tensión de resistencia al choque máxima                                    | 35 V DC  |                             |                       |
| Aislamiento  | Ninguno, débil, medio o fuerte (consulte los tiempos de respuesta de las etapas en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (Página 346)) |                             |                       |

*Datos técnicos*

*A.2 CPUs*

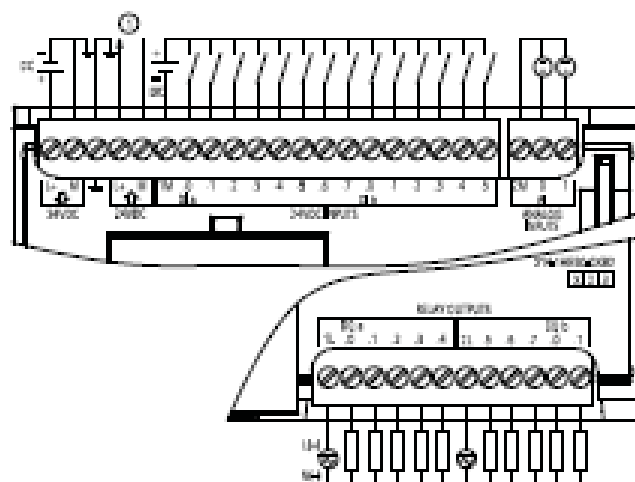
| <b>Datos técnicos</b>                         |   |                                 |  |
|---|---|---------------------------------|--|
| <b>Modelo</b>                                 | <b>CPU 1214C<br/>AC/DC/relé</b>   | <b>CPU 1214C<br/>DC/DC/relé</b> | <b>CPU 1214C<br/>DC/DC/DC</b>                  |
| Rechazo de interferencias                     | 10, 50 ó 60 Hz (consulte las frecuencias de muestreo en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (Página 346)) |                                 |  |
| Impedancia                                    | ≥100 KΩ   |                                 |  |
| Aislamiento (campo a lógica)                  | Ninguno   |                                 |  |
| Precisión (25°C / 0 a 55°C)                   | 3,0% / 3,5% de rango máximo   |                                 |  |
| Rechazo en modo común                         | 40 dB, DC a 60 Hz   |                                 |  |
| Rango de señales operativo                    | La tensión de señal más la tensión en modo común debe ser menor que +12 V y mayor que -12 V                           |                                 |  |
| Longitud de cable (metros)                    | 10 trenzado y apantallado   |                                 |  |
| <b>Salidas digitales</b>                      |   |                                 |  |
| Número de salidas                             | 10  |                                 |  |
| Tipo  | Relé, contacto seco   |                                 | Estado sólido - MOSFET                         |
| Rango de tensión                              | 5 a 30 V DC ó 5 a 250 V AC  |                                 | 20,4 a 28,8 V DC                               |
| Señal 1 lógica a intensidad máx.              | –   |                                 | 20 V DC mín.                                   |
| Señal 0 lógica con carga de 10 KΩ             | –   |                                 | 0,1 V DC máx.                                  |
| Intensidad (máx.)                             | 2,0 A   |                                 | 0,5 A  |
| Carga de lámparas                             | 30 W DC/200 W AC  |                                 | 5 W  |
| Resistencia en estado ON                      | Máx. 0,2 Ω (si son nuevas)  |                                 | 0,6 Ω máx.                                     |
| Corriente de fuga por salida                  | –   |                                 | 10 µA máx.                                     |
| Sobrecorriente momentánea                     | 7 A, si están cerrados los contactos  |                                 | 8 A, durante máx. 100 ms                       |
| Protección contra sobrecargas                 | No  |                                 |  |
| Aislamiento (campo a lógica)                  | 1500 V AC durante 1 minuto (bobina a contacto)<br>Ninguno (bobina a lógica)   |                                 | 500 V AC durante 1 minuto                      |
| Resistencia de aislamiento                    | 100 MΩ mín. si son nuevas   |                                 | –  |
| Aislamiento entre contactos abiertos          | 750 V AC durante 1 minuto   |                                 | –  |
| Grupos de aislamiento                         | 2   |                                 | 1  |
| Tensión de bloqueo inductiva                  | –   |                                 | L+ menos 48 V DC,<br>diseñación de 1 W         |
| Retardo de conmutación (Qa.0 a Qa.3)          | 10 ms máx.  |                                 | 1,0 µs máx., OFF a ON<br>3,0 µs máx., ON a OFF |
| Retardo de conmutación (Qa.4 a Qb.1)          | 10 ms máx.  |                                 | 50 µs máx., OFF a ON<br>200 µs máx., ON a OFF  |
| Frecuencia de tren de impulsos (Qa.0 y Qa.2)  | No recomendado  |                                 | 100 kHz máx.,<br>2 Hz mín.                     |
| Vida útil mecánica (sin carga)                | 10.000.000 ciclos abiertos/cerrados   |                                 | –  |
| Vida útil de los contactos bajo carga nominal | 100.000 ciclos abiertos/cerrados  |                                 | –  |
| Reacción al cambiar de RUN a STOP             | Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)  |                                 |  |
| Número de salidas ON simultáneamente          | 10  |                                 |  |
| Longitud de cable (metros)                    | 500 apantallado, 150 no apantallado   |                                 |  |

Diagramas de cableado



③ Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-7 CPU 1214C AG/DCrelé (6ES7 214-1BE30-0XB0)



③ Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-8 CPU 1214C DC/DCrelé (6ES7 214-1HE30-0XB0)

## MÓDULO DE SEÑALES ANALÓGICAS SM 1234

### A.4 Módulos de señales analógicas (SMs)

#### A.4.1 Datos técnicos de los módulos de señales analógicas SM 1231, SM 1232, SM 1234

| Datos técnicos                 |  |                     |                                  |
|--------------------------------|--|---------------------|----------------------------------|
| Modelo                         | SM 1231 AI 4x13bit   | SM 1231 AI 8x13bit  | SM 1234 AI 4x13bit<br>AQ 2x14bit |
| Referencia                     | 6ES7 231-4HD30-0XB0  | 6ES7 231-4HF30-0XB0 | 6ES7 234-4HE30-0XB0              |
| General                        |  |                     |                                  |
| Dimensiones A x A x P (mm)     | 45 x 100 x 75  | 45 x 100 x 75       | 45 x 100 x 75                    |
| Peso                           | 180 gramos   | 180 gramos          | 220 gramos                       |
| Disipación de potencia         | 1,5 W  | 1,5 W               | 2,0 W                            |
| Consumo de corriente (bus SM)  | 80 mA  | 90 mA               | 80 mA                            |
| Consumo de corriente (24 V DC) | 45 mA  | 45 mA               | 80 mA (sin carga)                |
| Entradas analógicas            |  |                     |                                  |
| Número de entradas             | 4  | 8                   | 4                                |
| Tipo                           | Tensión o intensidad (diferencial): Seleccionable en grupos de 2 |                     |                                  |
| Rango                          | ±10 V, ±5 V, ±2,5 V ó 0 a 20 mA                                  |                     |                                  |

| Datos técnicos                                     |  |                    |                                  |
|--|--|--------------------|----------------------------------|
| Modelo   | SM 1231 AI 4x13bit   | SM 1231 AI 8x13bit | SM 1234 AI 4x13bit<br>AQ 2x14bit |
| Rango total (palabra de datos)                     | -27.648 a 27.648   |                    |                                  |
| Rango de sobrepulso/subimpulso (palabra de datos)  | Tensión: 32.511 a 27.649 / -27.649 a -32.512<br>Intensidad: 32.511 a 27.649 / 0 a -4864<br>(Consulte Representación de entradas analógicas para tensión, representación de entradas analógicas para intensidad (Página 346))       |                    |                                  |
| Rebase por exceso/defecto (palabra de datos)       | Tensión: 32.767 a 32.512 / -32.513 a -32.768<br>Intensidad: 32.767 a 32.512 / -4865 a -32.768<br>(Consulte Representación de entradas analógicas para tensión, representación de entradas analógicas para intensidad (Página 346)) |                    |                                  |
| Resolución   | 12 bits + bit de signo   |                    |                                  |
| Tensión/intensidad de resistencia al choque máxima | ±35 V / ±40 mA   |                    |                                  |
| Aislamiento  | Ninguno, débil, medio o fuerte (consulte los tiempos de respuesta de paso en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (Página 346))   |                    |                                  |
| Rechazo de interferencias                          | 400, 60, 50 ó 10 Hz (consulte las frecuencias de muestreo en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (Página 346))   |                    |                                  |
| Impedancia   | ± 9 MΩ (tensión) / 250 Ω (intensidad)  |                    |                                  |
| Aislamiento (campo a lógicas)                      | Ninguno  |                    |                                  |
| Precisión (25°C / 0 a 55°C)                        | ±0,1% / ±0,2% de rango máximo  |                    |                                  |
| Tiempo de conversión analógica/digital             | 625 µs (rechazo de 400 Hz)   |                    |                                  |
| Rechazo en modo común                              | 40 dB, DC a 60 Hz  |                    |                                  |
| Rango de señales operativo                         | La tensión de señal más la tensión en modo común debe ser menor que +12 V y mayor que -12 V  |                    |                                  |
| Longitud de cable (metros)                         | 100 metros, trenzado y apantallado   |                    |                                  |
| Diagnóstico  |  |                    |                                  |
| Rebase por exceso/defecto                          | SI <sup>1</sup>  | SI <sup>1</sup>    | SI <sup>1</sup>                  |
| Cortocircuito a tierra (sólo en modo de tensión)   | No aplicable   | No aplicable       | SI en las salidas                |
| Rotura de hilo (sólo en modo de intensidad)        | No aplicable   | No aplicable       | SI en las salidas                |
| 24 V DC, baja tensión                              | SI   | SI                 | SI                               |

<sup>1</sup> Si se aplica una tensión superior a +30 V DC o inferior a -15 V DC a la entrada, el valor resultante se desconocerá y es posible que no se active el rebase por exceso o por defecto correspondiente.

| Datos técnicos             |                     |                     |                                  |
|----------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|
| Modelo                     | SM 1232 AQ 2x14bit  | SM 1232 AQ 4x14bit  | SM 1234 AI 4x13bit<br>AQ 2x14bit |
| Referencia                 | 6ES7 232-4HB30-0XB0 | 6ES7 232-4HD30-0XB0 | 6ES7 234-4HE30-0XB0              |
| General                    |                     |                     |                                  |
| Dimensiones A x A x P (mm) | 45 x 100 x 75       | 45 x 100 x 75       | 45 x 100 x 75                    |
| Peso                       | 180 gramos          | 180 gramos          | 220 gramos                       |
| Disipación de potencia     | 1,5 W               | 1,5 W               | 2,0 W                            |

## Datos técnicos

### A.4 Módulos de señales analógicas (SMs)

| Datos técnicos                                   |   |                    |                               |
|--|---|--------------------|-------------------------------|
| Modelo   | SM 1232 AQ 2x14bit  | SM 1232 AQ 4x14bit | SM 1234 AI 4x13bit AQ 2x14bit |
| Consumo de corriente (bus SM)                    | 80 mA   | 80 mA              | 80 mA                         |
| Consumo de corriente (24 V DC)                   | 45 mA (sin carga)   | 45 mA (sin carga)  | 60 mA (sin carga)             |
| <b>Salidas analógicas</b>                        |   |                    |                               |
| Número de salidas                                | 2   | 4                  | 2                             |
| Tipo   | Tensión o intensidad  |                    |                               |
| Rango  | ±10 V ó 0 a 20 mA   |                    |                               |
| Resolución                                       | Tensión: 14 bits; intensidad: 13 bits   |                    |                               |
| Rango total (palabras de datos)                  | Tensión: -27.648 a 27.648; intensidad: 0 a 27.648<br>(Consulte Representación de entradas analógicas para tensión y representación de entradas analógicas para intensidad) (Página 348) |                    |                               |
| Precisión (25°C / 0 a 55°C)                      | ±0,3% / ±0,6% de rango máximo   |                    |                               |
| Tiempo de estabilización (95% del nuevo valor)   | Tensión: 300 µs (R), 750 µs (1 uF); intensidad: 600 µs (1 mH), 2 ms (10 mH)   |                    |                               |
| Impedancia de carga                              | Tensión: ≥ 1000 Ω; intensidad: ≤ 600 Ω  |                    |                               |
| Reacción al cambiar de RUN a STOP                | Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)  |                    |                               |
| Atarantamiento (campo a lógica)                  | Ninguna   |                    |                               |
| Longitud de cable (metros)                       | 100 metros, trenzado y apantallado  |                    |                               |
| <b>Diagnóstico</b>                               |   |                    |                               |
| Rebase por exceso/defecto                        | Si  | Si                 | Si <sup>1</sup>               |
| Cortocircuito a tierra (sólo en modo de tensión) | Si  | Si                 | Si en las salidas             |
| Rotura de hilo (sólo en modo de intensidad)      | Si  | Si                 | Si en las salidas             |
| 24 V DC, baja tensión                            | Si  | Si                 | Si                            |

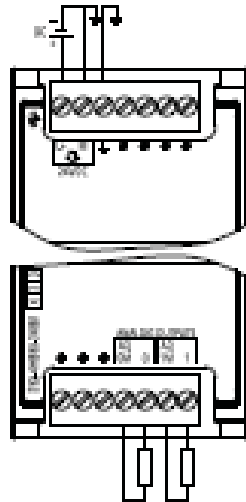
<sup>1</sup> Si se aplica una tensión superior a +30 V DC o inferior a -15 V DC a la entrada, el valor resultante se desconocerá y es posible que no se active el rebase por exceso o por defecto correspondiente.

### Tiempos de respuesta de las entradas analógicas

| Respuesta de paso de los módulos analógicos SM (en ms) |                       |        |       |       |
|--|-----------------------|--------|-------|-------|
| 0V a 10V medido a 95%                                  |                       |        |       |       |
| Selección de atarantamiento                            | Frecuencia de rechazo |        |       |       |
|  | 400 Hz                | 80 Hz  | 50 Hz | 10 Hz |
| Ninguno  | 4                     | 18     | 22    | 100   |
| Débil  | 9                     | 52     | 63    | 320   |
| Medio  | 32                    | 203    | 241   | 1200  |
| Fuerte   | 61                    | 400    | 483   | 2410  |
| Frecuencia de muestreo                                 |                       |        |       |       |
| ▪ 4 canales  | ▪ 0,625               | ▪ 4,17 | ▪ 5   | ▪ 25  |
| ▪ 8 canales  | ▪ 1,25                | ▪ 4,17 | ▪ 5   | ▪ 25  |

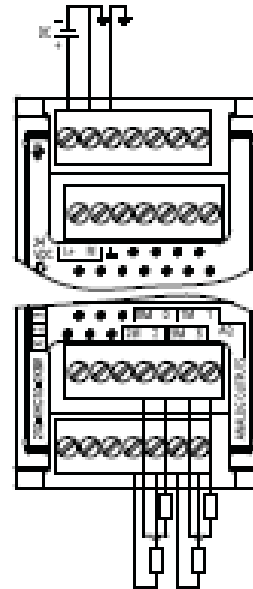


SM 1232 AQ 2 x 14 bit



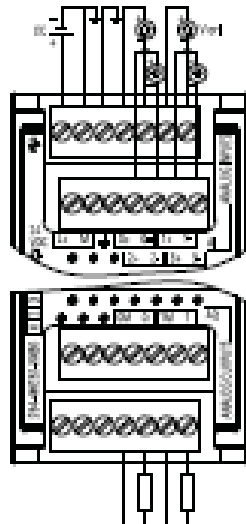
6ES7 232-4HB30-0XB0

SM 1232 AQ 4 x 14 bit



6ES7 232-4HD30-0XB0

SM 1234 AI 4 x 13 bit / AQ 2 x 14 bit



6ES7 234-4HE30-0XB0

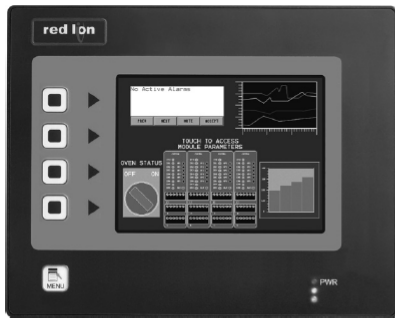
# RED LION MODELO G3006A



Tel +1 (717) 767-6511  
 Fax +1 (717) 764-0839  
 www.redlion.net

Bulletin No. G306A-G  
 Drawing No. LP0666  
 Released 02/13

## MODEL G306A - GRAPHIC COLOR LCD OPERATOR INTERFACE TERMINAL WITH TFT QVGA DISPLAY AND TOUCHSCREEN



FOR USE IN HAZARDOUS LOCATIONS:  
 Class I, Division 2, Groups A, B, C, and D

- CONFIGURED USING CRIMSON® SOFTWARE (BUILD 424 OR NEWER)
- UP TO 5 RS-232/422/485 COMMUNICATIONS PORTS (2 RS-232 AND 1 RS-422/485 ON BOARD, 1 RS-232 AND 1 RS422/485 ON OPTIONAL COMMUNICATIONS CARD)
- 10 BASE T/100 BASE-TX ETHERNET PORT TO NETWORK UNITS AND HOST WEB PAGES
- USB PORT TO DOWNLOAD THE UNIT'S CONFIGURATION FROM A PC OR FOR DATA TRANSFERS TO A PC
- UNIT'S CONFIGURATION IS STORED IN NON-VOLATILE MEMORY (8 MBYTE FLASH)
- COMPACTFLASH® SOCKET TO INCREASE MEMORY CAPACITY
- 5.7-INCH TFT ACTIVE MATRIX 256 COLOR QVGA 320 X 240 PIXEL LCD W/LED BACKLIGHT
- 5-BUTTON KEYPAD FOR ON-SCREEN MENUS
- THREE FRONT PANEL LED INDICATORS
- POWER UNIT FROM 24 VDC ±20% SUPPLY
- RESISTIVE ANALOG TOUCHSCREEN

### GENERAL DESCRIPTION

The G306A Operator Interface Terminal combines unique capabilities normally expected from high-end units with a very affordable price. It is built around a high performance core with integrated functionality. This core allows the G306A to perform many of the normal features of the Paradigm range of Operator Interfaces while improving and adding new features.

The G306A is able to communicate with many different types of hardware using high-speed RS232/422/485 communications ports and Ethernet 10 Base T/100 Base-TX communications. In addition, the G306A features USB for fast downloads of configuration files and access to trending and data logging. A CompactFlash socket is provided so that Flash cards can be used to collect your trending and data logging information as well as to store larger configuration files.

In addition to accessing and controlling of external resources, the G306A allows a user to easily view and enter information. Users can enter data through the touchscreen and/or front panel 5-button keypad.

### SAFETY SUMMARY

All safety related regulations, local codes and instructions that appear in the manual or on equipment must be observed to ensure personal safety and to prevent damage to either the instrument or equipment connected to it. If equipment is used in a manner not specified by the manufacturer, the protection provided by the equipment may be impaired.

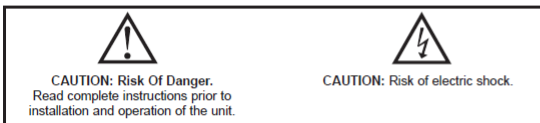
Do not use the controller to directly command motors, valves, or other actuators not equipped with safeguards. To do so can be potentially harmful to persons or equipment in the event of a fault to the controller.



The protective conductor terminal is bonded to conductive parts of the equipment for safety purposes and must be connected to an external protective earthing system.



WARNING - EXPLOSION HAZARD - SUBSTITUTION OF COMPONENTS MAY IMPAIR SUITABILITY FOR CLASS I, DIVISION 2



CompactFlash is a registered trademark of CompactFlash Association.

### CONTENTS OF PACKAGE

- G306A Operator Interface.
- Panel gasket.
- Template for panel cutout.
- Hardware packet for mounting unit into panel.
- Terminal block for connecting power.

### ORDERING INFORMATION

| MODEL NO. | DESCRIPTION  | PART NUMBER |
|-----------|--|-------------|
| G306A     | Operator Interface for indoor applications, textured finish with embossed keys                 | G306A000    |
| G3CF      | CompactFlash Card <sup>5</sup>   | G3CFxxxx    |
| G3RS      | RS232/485 Optional Communication Card  | G3RS0000    |
| G3CN      | CANopen Optional Communication Card  | G3CN0000    |
| G3DN      | DeviceNet option card for G3 operator interfaces with isolated high speed communications ports | G3DN0000    |
| G3PBDP    | Profibus DP Optional Communication Card  | G3PBDP00    |
| SFCRM2    | Crimson 2.0 <sup>2</sup>   | SFCRM200    |
| CBL       | RS-232 Programming Cable   | CBLPROG0    |
|           | USB Cable  | CBLUSB00    |
|           | Communications Cables <sup>1</sup>   | CBLxxxxx    |
| DR        | DIN Rail Mountable Adapter Products <sup>3</sup>   | DRxxxxxx    |
|           | Replacement Battery <sup>4</sup>   | BNL20000    |
| G3FILM    | Protective Films   | G3FILM06    |

<sup>1</sup> Contact your Red Lion distributor or visit our website for complete selection.

<sup>2</sup> Use this part number to purchase the Crimson® software on CD with a printed manual, USB cable, and RS-232 cable. Otherwise, download for free from www.redlion.net.

<sup>3</sup> Red Lion offers RJ modular jack adapters. Refer to the DR literature for complete details.

<sup>4</sup> Battery type is lithium coin type CR2025.

<sup>5</sup> Industrial grade two million write cycles.

# SPECIFICATIONS

## 1. POWER REQUIREMENTS:

Must use a Class 2 circuit according to National Electrical Code (NEC), NFPA-70 or Canadian Electrical Code (CEC), Part I, C22.1 or a Limited Power Supply (LPS) according to IEC 60950-1 or Limited-energy circuit according to IEC 61010-1.

Power connection via removable three position terminal block.

Supply Voltage: +24 VDC  $\pm 20\%$

Typical Power<sup>1</sup>: 8 W

Maximum Power<sup>2</sup>: 10 W

### Notes:

1. Typical power with +24 VDC, RS232/485 communications, Ethernet communications, CompactFlash card installed, and display at full brightness.
2. Maximum power indicates the most power that can be drawn from the G306A. Refer to "Power Supply Requirements" under "Installing and Powering the G306A."
3. The G306A's circuit common is not connected to the enclosure of the unit. See "Connecting to Earth Ground" in the section "Installing and Powering the G306A."
4. Read "Power Supply Requirements" in the section "Installing and Powering the G306A" for additional power supply information.

## 2. BATTERY: Lithium coin cell. Typical lifetime of 10 years.

## 3. LCD DISPLAY:

|            |                       |
|------------|-----------------------|
| SIZE       | 5.7-inch              |
| TYPE       | TFT                   |
| COLORS     | 256                   |
| PIXELS     | 320 X 240             |
| BRIGHTNESS | 380 cd/m <sup>2</sup> |
| BACKLIGHT* | 50,000 HR TYP.        |

\*Lifetime at room temperature. Refer to "Display" in "Software/Unit Operation"

## 4. 5-KEY KEYPAD: for on-screen menus.

## 5. TOUCHSCREEN: Resistive analog

## 6. MEMORY:

On Board User Memory: 8 Mbyte of non-volatile Flash memory.

Memory Card: CompactFlash Type II slot for Type I and Type II CompactFlash cards.

## 7. COMMUNICATIONS:

USB Port: Adheres to USB specification 1.1. Device only using Type B connection.



WARNING - DO NOT CONNECT OR DISCONNECT CABLES WHILE POWER IS APPLIED UNLESS AREA IS KNOWN TO BE NON-HAZARDOUS. USB PORT IS FOR SYSTEM SET-UP AND DIAGNOSTICS AND IS NOT INTENDED FOR PERMANENT CONNECTION.

Serial Ports: Format and Baud Rates for each port are individually software programmable up to 115,200 baud.

PGM Port: RS232 port via RJ12.

COMMS Ports: RS422/485 port via RJ45, and RS232 port via RJ12.

DH485 TXEN: Transmit enable; open collector,  $V_{OH} = 15$  VDC,  $V_{OL} = 0.5$  V @ 25 mA max.

Note: For additional information on the communications or signal common and connections to earth ground please see the "Connecting to Earth Ground" in the section "Installing and Powering the G306A."

Ethernet Port: 10 BASE-T / 100 BASE-TX

RJ45 jack is wired as a NIC (Network Interface Card).

Isolation from Ethernet network to G3 operator interface: 1500 Vrms

## 8. ENVIRONMENTAL CONDITIONS:

Operating Temperature Range: 0 to 50°C

Storage Temperature Range: -20 to 70°C

Operating and Storage Humidity: 80% maximum relative humidity (non-condensing) from 0 to 50°C.

Vibration according to IEC 68-2-6: Operational 5 to 8 Hz, 0.8" (p-p), 8 to 500 Hz, in X, Y, Z direction, duration: 1 hour, 3 g.

Shock according to IEC 68-2-27: Operational 40 g, 9 msec in 3 directions. Altitude: Up to 2000 meters.

## 9. CERTIFICATIONS AND COMPLIANCES:

### SAFETY

UL Listed, File #E245515, UL61010-1, ANSI/ISA 12.12.01-2007, CAN/CSA 22.2 No. 61010.1, CSA 22.2 No. 213-M1987 and File #E179259, UL61010-1, CAN/CSA 22.2 No.61010-1

LISTED by Und. Lab. Inc. to U.S. and Canadian safety standards

Type 4X Indoor Enclosure rating (Face only), UL50

IECEE CB Scheme Test Report #E179259-A1-CB-3

Issued by Underwriters Laboratories Inc.

IEC 61010-1, EN 61010-1: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use, Part 1.

IP66 Enclosure rating (Face only), IEC 529

### ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

Emissions and Immunity to EN 61326: 2006: Electrical Equipment for Measurement, Control and Laboratory use.

### Immunity to Industrial Locations:

|                                 |             |  |
|---------------------------------|-------------|--|
| Electrostatic discharge         | EN61000-4-2 | Criterion A<br>4kV contact discharge<br>8kV air discharge                                      |
| Electromagnetic RF fields       | EN61000-4-3 | Criterion A<br>10V/m (80 MHz to 1 GHz)<br>3 V/m (1.4 GHz to 2 GHz)<br>1 V/m (2 GHz to 2.7 GHz) |
| Fast transients (burst)         | EN61000-4-4 | Criterion A<br>2kV power<br>1kV I/O signal   |
| Surge                           | EN61000-4-5 | Criterion A<br>1kV L to L<br>2kV L to G power<br>1 kV signal                                   |
| RF conducted interference       | EN61000-4-6 | Criterion A<br>3Vrms   |
| Power frequency magnetic fields | EN61000-4-8 | Criterion A<br>30A/m   |

### Emissions:

Emissions EN55011 Class A

### Note:

1. Criterion A: Normal operation within specified limits.

## 10. CONNECTIONS: Compression cage-clamp terminal block.

Wire Gauge: 12-30 AWG copper wire

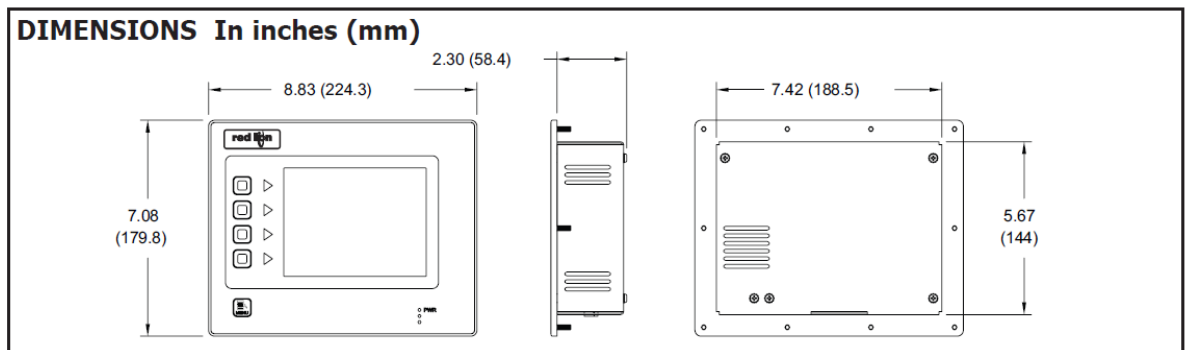
Torque: 5-7 inch-pounds (56-79 N-cm)

## 11. CONSTRUCTION: Steel rear metal enclosure with NEMA 4X/IP66 aluminum front plate for indoor use only when correctly fitted with the gasket provided. Installation Category II, Pollution Degree 2.

## 12. MOUNTING REQUIREMENTS: Maximum panel thickness is 0.25" (6.3 mm). For NEMA 4X/IP66 sealing, a steel panel with a minimum thickness of 0.125" (3.17 mm) is recommended.

Maximum Mounting Stud Torque: 17 inch-pounds (1.92 N-m)

## 13. WEIGHT: 3.0 lbs (1.36 Kg)

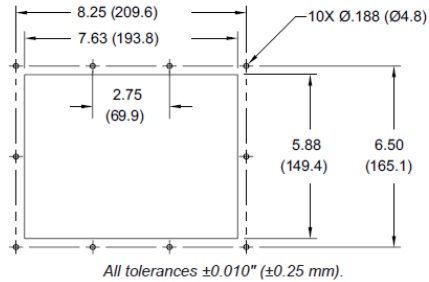


# INSTALLING AND POWERING THE G306A

## MOUNTING INSTRUCTIONS

This operator interface is designed for through-panel mounting. A panel cut-out diagram and a template are provided. Care should be taken to remove any loose material from the mounting cut-out to prevent that material from falling into the operator interface during installation. A gasket is provided to enable sealing to NEMA 4X/IP66 specification. Install the ten kee nuts provided and tighten evenly for uniform gasket compression.

*Note: Tightening the kee nuts beyond a maximum of 17 inch-pounds (1.92 N-m) may cause damage to the front panel.*



**⚠** ALL NONINCENDIVE CIRCUITS MUST BE WIRED USING DIVISION 2 WIRING METHODS AS SPECIFIED IN ARTICLE 501-4 (b), 502-4 (b), AND 503-3 (b) OF THE NATIONAL ELECTRICAL CODE, NFPA 70 FOR INSTALLATION WITHIN THE UNITED STATES, OR AS SPECIFIED IN SECTION 19-152 OF CANADIAN ELECTRICAL CODE FOR INSTALLATION IN CANADA.

## CONNECTING TO EARTH GROUND



The protective conductor terminal is bonded to conductive parts of the equipment for safety purposes and must be connected to an external protective earthing system.

Each G306A has a chassis ground terminal on the back of the unit. Your unit should be connected to earth ground (protective earth).

The chassis ground is not connected to signal common of the unit. Maintaining isolation between earth ground and signal common is not required to operate your unit. But, other equipment connected to this unit may require isolation between signal common and earth ground. *To maintain isolation between signal common and earth ground care must be taken when connections are made to the unit.* For example, a power supply with isolation between its signal common and earth ground must be used. Also, plugging in a USB cable may connect signal common and earth ground.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> USB's shield may be connected to earth ground at the host. USB's shield in turn may also be connected to signal common.

## POWER SUPPLY REQUIREMENTS

The G306A requires a 24 VDC power supply. Your unit may draw considerably less than the maximum rated power depending upon the options being used. As additional features are used your unit will draw increasing amounts of power. Items that could cause increases in current are additional communications, optional communications card, CompactFlash card, and other features programmed through Crimson.

In any case, it is very important that the power supply is mounted correctly if the unit is to operate reliably. Please take care to observe the following points:

- The power supply must be mounted close to the unit, with usually not more than 6 feet (1.8 m) of cable between the supply and the operator interface. Ideally, the shortest length possible should be used.
- The wire used to connect the operator interface's power supply should be at least 22-gauge wire. If a longer cable run is used, a heavier gauge wire should be used. The routing of the cable should be kept away from large contactors, inverters, and other devices which may generate significant electrical noise.
- A power supply with an NEC Class 2 or Limited Power Source (LPS) and SELV rating is to be used. This type of power supply provides isolation to accessible circuits from hazardous voltage levels generated by a mains power supply due to single faults. SELV is an acronym for "safety extra-low voltage." Safety extra-low voltage circuits shall exhibit voltages safe to touch both under normal operating conditions and after a single fault, such as a breakdown of a layer of basic insulation or after the failure of a single component has occurred.

# INSTALLING AN OPTION CARD

**⚠** WARNING - EXPLOSION HAZARD - DO NOT DISCONNECT EQUIPMENT UNLESS POWER HAS BEEN DISCONNECTED AND THE AREA IS KNOWN TO BE NON-HAZARDOUS.

Each option card comes with a cable for communications and three screws for attaching the option card to the G306's rear cover. To install the option card, remove all power and I/O communications cables from the unit. Use the three screws provided to mount the option card to the rear cover of the G306 as shown in Figure 1.

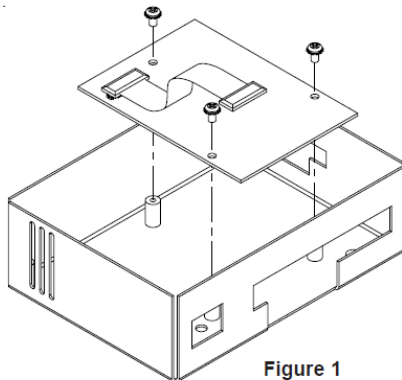


Figure 1

Connect the cable from the option card to CN11 on the main board of the G306 as shown in Figure 2. Be sure both ends of the cable are firmly seated into their appropriate connector housing. Carefully replace the rear cover by reversing the instructions for removing the rear cover.

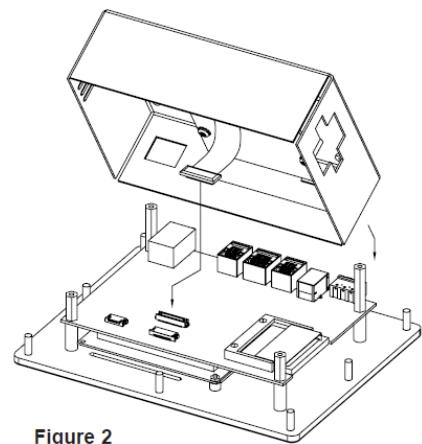


Figure 2

# COMMUNICATING WITH THE G306A

## CONFIGURING A G306A


The G306A is configured using Crimson® software. Crimson is available as a free download from Red Lion's website, or it can be purchased on CD. Updates to Crimson for new features and drivers are posted on the website as they become available. By configuring the G306A using the latest version of Crimson, you are assured that your unit has the most up to date feature set. Crimson® software can configure the G306A through the RS232 PGM port, USB port, or CompactFlash.

The USB port is connected using a standard USB cable with a Type B connector. The driver needed to use the USB port will be installed with Crimson.

The RS232 PGM port uses a programming cable made by Red Lion to connect to the DB9 COM port of your computer. If you choose to make your own cable, use the "G306A Port Pin Out Diagram" for wiring information.

The CompactFlash can be used to program a G3 by placing a configuration file and firmware on the CompactFlash card. The card is then inserted into the target G3 and powered. Refer to the Crimson literature for more information on the proper names and locations of the files.

## USB, DATA TRANSFERS FROM THE COMPACTFLASH CARD



**WARNING - DO NOT CONNECT OR DISCONNECT CABLES WHILE POWER IS APPLIED UNLESS AREA IS KNOWN TO BE NON-HAZARDOUS. USB PORT IS FOR SYSTEM SET-UP AND DIAGNOSTICS AND IS NOT INTENDED FOR PERMANENT CONNECTION.**

In order to transfer data from the CompactFlash card via the USB port, a driver must be installed on your computer. This driver is installed with Crimson and is located in the folder C:\Program Files\Red Lion Controls\Crimson 2.0\Device\ after Crimson is installed. This may have already been accomplished if your G306A was configured using the USB port.

Once the driver is installed, connect the G306A to your PC with a USB cable, and follow "Mounting the CompactFlash" instructions in the Crimson 2 user manual.

## CABLES AND DRIVERS

Red Lion has a wide range of cables and drivers for use with many different communication types. A list of these drivers and cables along with pin outs is available from Red Lion's website. New cables and drivers are added on a regular basis. If making your own cable, refer to the "G306A Port Pin Outs" for wiring information.

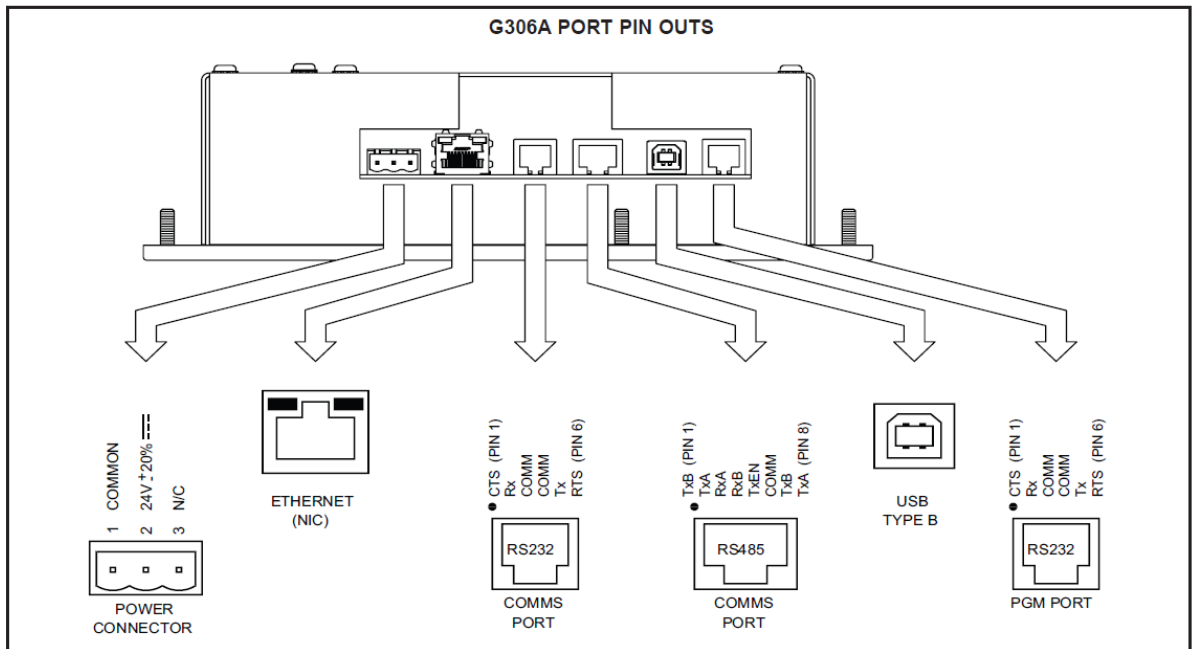
## ETHERNET COMMUNICATIONS

Ethernet communications can be established at either 10 BASE-T or 100 BASE-TX. The G306A unit's RJ45 jack is wired as a NIC (Network Interface Card). For example, when wiring to a hub or switch use a straight-through cable, but when connecting to another NIC use a crossover cable.

The Ethernet connector contains two LEDs. A yellow LED in the upper right, and a bi-color green/amber LED in the upper left. The LEDs represent the following statuses:

| LED COLOR       | DESCRIPTION                |
|-----------------|----------------------------|
| YELLOW solid    | Link established.          |
| YELLOW flashing | Data being transferred.    |
| GREEN           | 10 BASE-T Communications   |
| AMBER           | 100 BASE-TX Communications |

On the rear of each unit is a unique 12-digit MAC address and a block for marking the unit with an IP address. Refer to the Crimson manual and Red Lion's website for additional information on Ethernet communications.





## RS232 PORTS

The G306A has two RS232 ports. There is the PGM port and the COMMS port. Although only one of these ports can be used for programming, both ports can be used for communications with a PLC.

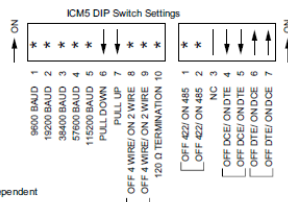
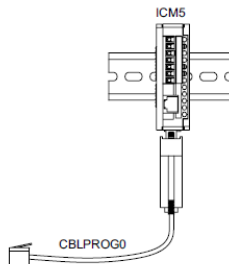
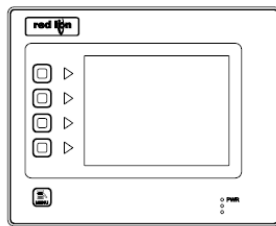
The RS232 ports can be used for either master or slave protocols with any G306A configuration.

Examples of RS232 communications could involve another Red Lion product or a PC. By using a cable with RJ12 ends on it, and a twist in the cable, RS232 communications with another G3 product or the Modular Controller can be established. Red Lion part numbers for cables with a twist in them are CBLPROG0<sup>1</sup>, CBLRLC01<sup>2</sup>, or CBLRC02<sup>3</sup>.

### G3 RS232 to a PC

| Connections |      |         |      |
|-------------|------|---------|------|
| G3: RJ12    | Name | PC: DB9 | Name |
| 4           | COMM | 1       | DCD  |
| 5           | Tx   | 2       | Rx   |
| 2           | Rx   | 3       | Tx   |
|             | N/C  | 4       | DTR  |
| 3           | COM  | 5       | GND  |
|             | N/C  | 6       | DSR  |
| 1           | CTS  | 7       | RTS  |
| 6           | RTS  | 8       | CTS  |
|             | N/C  | 9       | RI   |

CONNECTING A G306A OPERATOR INTERFACE TO AN ICM5



<sup>1</sup> CBLPROG0 can also be used to communicate with either a PC or an ICM5.

<sup>2</sup> DB9 adapter not included, 1 foot long.

<sup>3</sup> DB9 adapter not included, 10 feet long.

## Examples of RS485 2-Wire Connections

### G3 to Red Lion RJ11 (CBLRLC00) DLG, IAMS, ITMS, PAXCDC4C

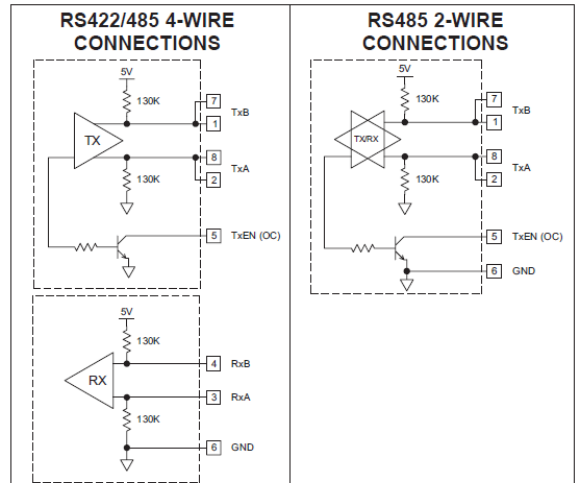
| Connections |      |           |      |
|-------------|------|-----------|------|
| G3: RJ45    | Name | RLC: RJ11 | Name |
| 5           | TxEN | 2         | TxEN |
| 6           | COM  | 3         | COM  |
| 1           | TxB  | 5         | B-   |
| 2           | TxA  | 4         | A+   |

### G3 to Modular Controller (CBLRLC05)

| Connections |      |                    |      |
|-------------|------|--------------------|------|
| G3          | Name | Modular Controller | Name |
| 1,4         | TxB  | 1,4                | TxB  |
| 4,1         | RxB  | 4,1                | RxB  |
| 2,3         | TxA  | 2,3                | TxA  |
| 3,2         | RxA  | 3,2                | RxA  |
| 5           | TxEN | 5                  | TxEN |
| 6           | COM  | 6                  | COM  |
| 7           | TxB  | 7                  | TxB  |
| 8           | TxA  | 8                  | TxA  |

## RS422/485 COMMS PORT

The G306A has one RS422/485 port. This port can be configured to act as either RS422 or RS485.



Note: All Red Lion devices connect A to A and B to B, except for Paradigm devices. Refer to [www.redlion.net](http://www.redlion.net) for additional information.

## DH485 COMMUNICATIONS

The G306A's RS422/485 COMMS port can also be used for Allen Bradley DH485 communications.

**WARNING: DO NOT** use a standard DH485 cable to connect this port to Allen Bradley equipment. A cable and wiring diagram are available from Red Lion.

### G3 to AB SLC 500 (CBLAB003)

| Connections |      |           |        |
|-------------|------|-----------|--------|
| RJ45: RLC   | Name | RJ45: A-B | Name   |
| 1           | TxB  | 1         | A      |
| 2           | TxA  | 2         | B      |
| 3, 8        | RxA  | -         | 24V    |
| 4, 7        | RxB  | -         | COMM   |
| 5           | TxEN | 5         | TxEN   |
| 6           | COMM | 4         | SHIELD |
| 4, 7        | TxB  | -         | COMM   |
| 3, 8        | TxA  | -         | 24V    |

# TRANSMISOR DE NIVEL TIPO RADAR ROSEMOUNT 5402

Hoja de datos del producto

00813-0109-4026, Rev. HA

Diciembre 2011

## Rosemount serie 5400

### Transmisor de nivel radar de alta frecuencia Rosemount 5402



Transmisor de nivel radar 5402

El transmisor de nivel radar de alta frecuencia Rosemount 5402 es un transmisor de nivel radar de 2 hilos, diseñado para un rendimiento fiable y sobresaliente en una amplia gama de condiciones de proceso y aplicaciones. Las características incluyen:

- La opción recomendada para la mayoría de las aplicaciones, especialmente cuando el tamaño de la cónica es de 4 pulg. o menor
- Alta frecuencia (26 GHz): un haz de radar concentrado requiere menor diámetro de la antena
- El haz estrecho lo hace adecuado para montarse en válvulas, aberturas pequeñas y cónicas altas, y además es más fácil evitar reflexiones no deseadas de obstáculos mecánicos, como agitadores y bobinas calefactoras
- Antena cónica resistente a la acumulación de material
- Antena con sello de proceso resistente a la condensación

#### Información adicional

Especificaciones: página 12

Certificaciones: página 28

Planos dimensionales: página 31

TABLA 1. Información de pedido del Transmisor de nivel radar de alta frecuencia 5402

★ La oferta estándar incluye las opciones más comunes. Para conseguir el mejor plazo de entrega, se deben seleccionar las opciones con estrella (\*). La oferta ampliada precisa un plazo de entrega más largo.

| Modelo                              | Descripción del producto                                  |          |
|-------------------------------------|---|----------|
| 5402                                | Versión de alta frecuencia (~26 GHz)                      |          |
| <b>Material de la carcasa</b>       |   |          |
| Estándar                            |   | Estándar |
| A                                   | Aluminio cubierto con poliuretano                         | ★        |
| <b>Ampliada</b>                     |   |          |
| S                                   | Acero inoxidable, grado CF8M (ASTM A743)                  |          |
| <b>Salida de señal</b>              |   |          |
| Estándar                            |   | Estándar |
| H                                   | 4-20 mA con comunicación HART®                            | ★        |
| F                                   | Fieldbus FOUNDATION™                                      | ★        |
| M                                   | RS-485 con comunicación Modbus                            | ★        |
| <b>Roscas de conductos/cables</b>   |   |          |
| Estándar                            |   | Estándar |
| 1                                   | ½ pulg. - 14 NPT  | ★        |
| 2                                   | Adaptador M20 x 1,5                                       | ★        |
| E                                   | Conector macho M12, 4 patillas (eurofast®)(1)             | ★        |
| M                                   | Miniconector macho tamaño A, de 4 patillas (minifast®)(1) | ★        |
| <b>Certificaciones del producto</b> |   |          |
| Estándar                            |   | Estándar |
| NA                                  | Sin certificados de producto                              | ★        |
| E1                                  | Incombustible según ATEX(1)                               | ★        |
| I1                                  | Seguridad intrínseca según ATEX                           | ★        |
| IA                                  | Seguridad intrínseca FISCO según ATEX(2)                  | ★        |
| E5                                  | Antideflagrante según FM(1)                               | ★        |
| I5                                  | Seguridad intrínseca e ininflamable según FM              | ★        |
| IE                                  | Seguridad intrínseca FISCO según FM(2)                    | ★        |

## Hoja de datos del producto

00813-0109-4026, Rev. HA

Diciembre 2011

## Rosemount serie 5400

**TABLA 1. Información de pedido del Transmisor de nivel radar de alta frecuencia 5402**

\* La oferta estándar incluye las opciones más comunes. Para conseguir el mejor plazo de entrega, se deben seleccionar las opciones con estrella (\*).

La oferta ampliada precisa un plazo de entrega más largo.

|  |  |                 |
|--|--|-----------------|
| E6   | Antideflagrante según CSA <sup>(2)</sup>   | *               |
| I6   | Seguridad intrínseca según CSA   | *               |
| IF   | Seguridad intrínseca FISCO según CSA <sup>(2)</sup>  | *               |
| E7   | Incombustible según IECEx <sup>(2)</sup>   | *               |
| I7   | Seguridad intrínseca según IECEx   | *               |
| IG   | Seguridad intrínseca FISCO según IECEx <sup>(2)</sup>  | *               |
| <b>Ampliada</b>  |  |                 |
| E2   | Incombustible según INMETRO  |                 |
| I2   | Seguridad intrínseca según INMETRO   |                 |
| IF   | Seguridad intrínseca FISCO según INMETRO   |                 |
| E3   | Incombustible según NEPSI <sup>(1)</sup>   |                 |
| I3   | Seguridad intrínseca según NEPSI   |                 |
| IC   | Seguridad intrínseca FISCO según NEPSI   |                 |
| E4   | Incombustible según TIIS <sup>(2)</sup>  |                 |
| <b>Antena: tamaño y material (para la disponibilidad de conexiones de proceso, consultar "Planos dimensionales y propiedades mecánicas" en la página 31)</b> |  |                 |
| <b>Antenas cónicas</b>   |  |                 |
| <b>Estándar</b>  |  | <b>Estándar</b> |
| 2S   | DN 50 2 pulg., acero inoxidable 316L (EN 1.4404)   | *               |
| 3S   | DN 80 3 pulg., acero inoxidable 316L (EN 1.4404)   | *               |
| 4S   | DN 100 4 pulg., acero inoxidable 316L (EN 1.4404)  | *               |
| <b>Ampliada</b>  |  |                 |
| 2H   | DN 50 2 pulg., aleación C-276 (UNS N10276) con placa protectora  |                 |
| 3H   | DN 80 3 pulg., aleación C-276 (UNS N10276) con placa protectora  |                 |
| 4H   | DN 100 4 pulg., aleación C-276 (UNS N10276) con placa protectora   |                 |
| 2M   | DN 50 2 pulg., aleación 400 (UNS N04400) con placa protectora  |                 |
| 3M   | DN 80 3 pulg., aleación 400 (UNS N04400) con placa protectora  |                 |
| 4M   | DN 100 4 pulg., aleación 400 (UNS N04400) con placa protectora   |                 |
| 2N   | DN 50 2 pulg., acero inoxidable 316L (EN 1.4404) con placa protectora. Cumple con las directrices de NACE <sup>®</sup> MR0175/ISO 15156 y NACE <sup>®</sup> MR0103.  |                 |
| 3N   | DN 80 3 pulg., acero inoxidable 316L (EN 1.4404) con placa protectora. Cumple con las directrices de NACE <sup>®</sup> MR0175/ISO 15156 y NACE <sup>®</sup> MR0103.  |                 |
| 4N   | DN 100 4 pulg., acero inoxidable 316L (EN 1.4404) con placa protectora. Cumple con las directrices de NACE <sup>®</sup> MR0175/ISO 15156 y NACE <sup>®</sup> MR0103. |                 |
| <b>Antenas con sello de proceso</b>  |  |                 |
| <b>Ampliada</b>  |  |                 |
| 2P   | DN 50 2 pulg., PTFE  |                 |
| 3P   | DN 80 3 pulg., PTFE  |                 |
| 4P   | DN 100 4 pulg., PTFE   |                 |
| <b>Otras antenas</b>   |  |                 |
| <b>Ampliada</b>  |  |                 |
| XX   | Específico del cliente   |                 |
| <b>Sellado del depósito</b>  |  |                 |
| <b>Estándar</b>  |  | <b>Estándar</b> |
| PV   | PTFE con sellos tóricos de fluoroelastómero Viton <sup>®</sup>   | *               |
| PK   | PTFE con sellos tóricos de fluoroelastómero Kalrez <sup>®</sup> 6375   | *               |
| PE   | PTFE con sellos tóricos de EPDM  | *               |
| PB   | PTFE con sellos tóricos de Buna-N  | *               |



## Rosemount serie 5400

**TABLA 1. Información de pedido del Transmisor de nivel radar de alta frecuencia 5402**

\* La oferta estándar incluye las opciones más comunes. Para conseguir el mejor plazo de entrega, se deben seleccionar las opciones con estrella (\*).  
La oferta ampliada precisa un plazo de entrega más largo.

| Material y conexión del proceso (para la disponibilidad de antenas, consultar "Planos dimensionales y propiedades mecánicas" en la página 31) |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <b>Bridas ANSI (acero inoxidable 316/316L)</b>  |  |                 |
| <b>Estándar</b>   |  | <b>Estándar</b> |
| AA  | 2 pulg., 150 lb  | *               |
| AB  | 2 pulg., 300 lb  | *               |
| BA  | 3 pulg., 150 lb  | *               |
| BB  | 3 pulg., 300 lb  | *               |
| CA  | 4 pulg., 150 lb  | *               |
| CB  | 4 pulg., 300 lb  | *               |
| DA  | 6 pulg., 150 lb  | *               |
| EA  | 8 pulg., 150 lb  | *               |
| <b>Bridas EN (DIN) (acero inoxidable EN 1.4404)</b>   |  |                 |
| <b>Estándar</b>   |  | <b>Estándar</b> |
| HB  | DN 50 PN 40  | *               |
| IB  | DN 80 PN 40  | *               |
| JA  | DN 100 PN 16   | *               |
| JB  | DN 100 PN 40   | *               |
| KA  | DN 150 PN 16   | *               |
| LA  | DN 200 PN 16   | *               |
| <b>Bridas JIS (acero inoxidable EN 1.4404)</b>  |  |                 |
| <b>Estándar</b>   |  | <b>Estándar</b> |
| UA  | 50A 10K  | *               |
| VA  | 80A 10K  | *               |
| XA  | 100A 10K   | *               |
| YA  | 150A 10K   | *               |
| ZA  | 200A 10K   | *               |
| <b>Otras bridas</b>   |  |                 |
| <b>Ampliada</b>   |  |                 |
| BR  | Montaje con soporte, acero inoxidable 316L / EN 1.4404 <sup>(*)</sup>                      |                 |
| XX  | Específico del cliente   |                 |
| <b>Opciones</b>   |  |                 |
| <b>Estándar</b>   |  | <b>Estándar</b> |
| M1  | Pantalla digital integrada   | *               |
| GC  | Cubierta protectora del contador de vidrio transparente hecha de PTFE / FEP                | *               |
| T1  | Bloque de terminales para protección contra transitorios (estándar con opciones FISCO)     | *               |
| <b>Configuración de fábrica</b>   |  |                 |
| <b>Estándar</b>   |  | <b>Estándar</b> |
| C1  | Configuración de fábrica (se requiere CDS con el pedido)                                   | *               |
| <b>Configuración de los límites de la alarma</b>  |  |                 |
| <b>Estándar</b>   |  | <b>Estándar</b> |
| C4  | Alarma y niveles de saturación según NAMUR, alarma de valor alto                           | *               |
| C8  | Alarma de valor bajo <sup>(*)</sup> (alarma y niveles de saturación estándar de Rosemount) | *               |
| <b>Sobrellenado</b>   |  |                 |
| <b>Estándar</b>   |  | <b>Estándar</b> |
| U1  | Aprobación para sobrellenado según WHG <sup>(*)</sup>                                      | *               |
| <b>Certificaciones especiales</b>   |  |                 |
| <b>Estándar</b>   |  | <b>Estándar</b> |
| Q4  | Certificado de datos de calibración  | *               |
| Q8  | Certificación de trazabilidad del material según EN 10204 3.1 <sup>(*)</sup>               | *               |

## Hoja de datos del producto

00813-0109-4026, Rev. HA  
Diciembre 2011

## Rosemount serie 5400

**TABLA 1. Información de pedido del Transmisor de nivel radar de alta frecuencia 5402**

★ La oferta estándar incluye las opciones más comunes. Para conseguir el mejor plazo de entrega, se deben seleccionar las opciones con estrella (\*). La oferta ampliada precisa un plazo de entrega más largo.

|   |   |                 |
|---|---|-----------------|
| <b>Ampliada</b>   |   |                 |
| N2  | Certificado de cumplimiento de las directrices de NACE <sup>®</sup> MR0175/ISO 15156 y NACE <sup>®</sup> MR0103. <sup>(1)</sup>   |                 |
| QG  | Certificado de verificación primaria según GOST   |                 |
| <b>Certificaciones de seguridad</b>                     |   |                 |
| <b>Ampliada</b>   |   |                 |
| QS  | Certificado antes del uso de datos FMECA <sup>(2)</sup>   |                 |
| <b>Procedimientos especiales</b>                        |   |                 |
| <b>Estándar</b>   |   | <b>Estándar</b> |
| P1  | Prueba hidrostática <sup>(4)</sup>  | ★               |
| <b>Extensión de la antena</b>                           |   |                 |
| <b>Ampliada</b>   |   |                 |
| S3  | Extensión de antena de cono de acero inoxidable 316 / 316L / EN 1.4404. Usar en caso de que existan irregularidades en la cónica. Se adapta a cónicas de hasta 500 mm (20 pulg.) <sup>(6)</sup> . |                 |
| Número típico de modelo: 5402 A H 1 E5 4S PV CA - M1 C1 |   |                 |

(1) Las opciones E (eurofit<sup>®</sup>) y M (minifit<sup>®</sup>) no están disponibles con aprobaciones de producto antideflagrante o incombustible.

(2) Requiere salida de señal Fieldbus FOUNDATION<sup>™</sup> (el parámetro U) se muestra en "Certificaciones del producto" en la página 218.

(3) En la entrega se incluye un prensaestopos para peso de cable de acero inoxidable G de 1/2 pulg.

(4) El montaje con soporte (SR) no está disponible con pruebas hidrostáticas (P1).

(5) El ajuste de la sonda estándar es de valor alto.

(6) El certificado incluye todas las piezas húmedas con retención de presión.

(7) Requiere antenas cónicas con placa protectora (2H-4H, 2M-4M, 2N-4N) o antenas con sello de proceso (2P-4P).

(8) Solo disponible con salida de señal HART de 4-20 mA.

(9) Requiere una antena cónica de acero inoxidable (2S-4S).

# TRANSDUCTOR DE CORRIENTE A PRESIÓN FISHER 846

Transductores 846  
Octubre de 2012

Manual de instrucciones  
D102005X0ES

## Sección 1 Introducción

### Alcance del manual

Este manual de instrucciones proporciona información acerca de la instalación, utilización, calibración, mantenimiento y pedido de piezas para los transductores de corriente a presión Fisher 846. Consultar los manuales correspondientes para ver las instrucciones sobre el equipo utilizado con los transductores.

No instalar, utilizar ni dar mantenimiento a un transductor de corriente a presión 846 sin contar con una formación sólida en instalación, utilización y mantenimiento de válvulas, actuadores y accesorios. Para evitar lesiones o daños materiales, es importante leer atentamente, entender y seguir el contenido completo de este manual, incluidas todas sus precauciones y advertencias de seguridad. Ante cualquier pregunta acerca de estas instrucciones, comunicarse con la oficina de ventas de Emerson Process Management antes de proceder.

### Descripción

El transductor de corriente a presión 846, que se muestra en la figura 1-1, acepta una señal de entrada eléctrica y produce una salida neumática proporcional. Generalmente, una señal de 4 a 20 mA se convierte a 0,2 a 1,0 bar (3 a 15 psi). Hay modelos disponibles en acción directa o inversa y entradas seleccionadas en campo entre rango total y rango dividido. Consultar la sección Calibración para obtener más información sobre las combinaciones de entrada/salida.

La aplicación más común del transductor es recibir una señal eléctrica de un controlador y producir una salida neumática para operar un actuador de válvula de control o un posicionador. El transductor 846 también se puede usar para transformar una señal para un instrumento receptor neumático.

El transductor 846 es un transductor I/P electrónico. Tiene una sola tarjeta de circuito electrónico, como se muestra en la figura 1-2. El circuito contiene un sensor de presión de estado sólido que monitoriza la presión de salida y es parte de una red electrónica de realimentación. La capacidad de autocorrección proporcionada por la combinación de sensor/circuito permite que el transductor produzca una señal de salida muy estable y con buena respuesta.

Todos los componentes activos mecánicos y eléctricos del transductor 846 están incorporados en un solo módulo que se puede reemplazar en campo, el cual se llama conjunto final del módulo, como se muestra en la figura 1-2. El conjunto final del módulo contiene la tarjeta del circuito electrónico, el conjunto piloto/actuador y la etapa amplificadora. El conjunto final del módulo se quita fácilmente destornillando la cubierta del módulo. Su diseño minimiza las piezas y reduce el tiempo requerido para la reparación y la solución de problemas.

El compartimiento de los terminales y el compartimiento del módulo están separados por una pared compartimentada sellada. Esta carcasa multicompartimentada también protege la electrónica contra contaminantes y humedad que se encuentren en el aire de suministro.

### Especificaciones

#### **⚠ ADVERTENCIA**

Este producto está diseñado para un rango específico de presiones, temperaturas y otras especificaciones de la aplicación. Si se aplican diferentes valores de presión, temperatura y otras condiciones de servicio, se podría ocasionar un mal funcionamiento del producto, daños materiales o lesiones personales.

Las especificaciones para el transductor 846 se muestran en la tabla 1-1.

Tabla 1-1. Especificaciones

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Señal de entrada</b></p> <p><b>Funcionamiento estándar:</b><br/>4 a 20 mA CC, 4 a 12 mA CC o 12 a 20 mA CC. Rango dividido ajustable en campo.</p> <p>10 a 50 mA CC. Consultar a la fábrica para la entrada de rango dividido. Solo acción directa.</p> <p><b>Funcionamiento en multirango:</b><br/>4 a 20 mA CC. Consultar a la fábrica para la entrada de rango dividido.</p> <p>10 a 50 mA CC. Consultar a la fábrica para la entrada de rango dividido. Solo acción directa.</p> <p><b>Circuito equivalente</b><br/>Consultar la figura 1-3.</p> <p><b>Señal de salida<sup>(1)</sup></b></p> <p><b>Funcionamiento estándar:</b><br/>(Consultar a la fábrica para la salida de rango dividido)<br/>Acción directa (span mínimo de 6 psi)<br/>Salidas típicas: 0,2 a 1,0 bar (3 a 15 psi)<br/>Rangeabilidad entre 0,1 y 1,2 bar (1 y 18 psi)<br/>Acción inversa (span mínimo de 11 psi)<br/>Salidas típicas: 1,0 a 0,2 bar (15 a 3 psi)<br/>Rangeabilidad entre 1,2 y 0,1 bar (18 y 1 psi)</p> <p><b>Funcionamiento en multirango:</b><br/>Acción directa (span mínimo de 6 psi)<br/>Salidas típicas: 0,2 a 1,9 bar (3 a 27 psi), 0,4 a 2 bar (6 a 30 psi) y 0,3 a 1,7 bar (5 a 25 psi)<br/>Rangeabilidad entre 0,03 y 2,3 bar (0,5 y 33 psi)<br/>Acción inversa (span mínimo de 11 psi)<br/>Salidas típicas: 1,9 a 0,2 bar (27 a 3 psi), 2 a 0,4 bar (30 a 6 psi) y 1,7 a 0,3 bar (25 a 5 psi)<br/>Rangeabilidad entre 2,3 y 0,03 bar (33 y 0,5 psi)</p> <p><b>Presión de suministro<sup>(2)</sup></b></p> <p><b>Funcionamiento estándar:</b> 1,2 a 1,6 bar (18 a 24 psi)<br/><b>Funcionamiento en multirango:</b><br/>0,2 bar (3 psi)<sup>(3)</sup> mayor que la máxima presión de salida calibrada<br/>Máximo: 2,4 bar (35 psi)</p> <p><b>Fluido de presión de suministro</b><br/>Aire o gas natural<sup>(4)</sup></p> | <p><i>Aire:</i> la presión del suministro debe ser de aire limpio y seco que cumpla con los requisitos de la norma 7.0.01 de la ISA. Un tamaño de partícula máximo de 40 micrómetros en el sistema de aire es aceptable. Se recomienda seguir filtrando las partículas hasta reducir su tamaño a 5 micrómetros. El contenido de lubricante no debe exceder el límite de 1 ppm en peso (p/p) o en volumen (w/w). Se debe minimizar la condensación en el suministro de aire.</p> <p><i>Gas natural:</i> el gas natural debe ser limpio, seco, libre de aceite y no corrosivo.</p> <p><b>Capacidad del aire de salida<sup>(5)</sup></b></p> <p><b>Estándar:</b> 6,4 m<sup>3</sup>/hr (240 scfh) a una presión de suministro de 1,4 bar (20 psi)<br/><b>Multirango:</b> 9,7 m<sup>3</sup>/hr (360 scfh) a una presión de suministro de 2,5 bar (35 psig)</p> <p><b>Consumo promedio de aire en estado estable<sup>(5)</sup></b><br/>0,3 m<sup>3</sup>/hr (12 scfh) a una presión de suministro de 1,4 bar (20 psi)</p> <p><b>Límites de temperatura<sup>(2)</sup></b><br/><b>Operación:</b> -40 a 85 °C (-40 a 185 °F)<br/><b>Almacenamiento:</b> -40 a 93 °C (-40 a 200 °F)</p> <p><b>Límites de humedad</b><br/>0 a 100% de humedad relativa con condensación</p> <p><b>Rendimiento<sup>(6)</sup></b><br/><b>Nota:</b> el funcionamiento de todos los transductores I/P 846 se verifica usando sistemas de fabricación automatizados por computador para garantizar que todas las unidades enviadas cumplan con sus especificaciones de funcionamiento.</p> <p>Linealidad, histéresis y repetibilidad: ±0,3% del span.<br/>Efecto de temperatura (efecto total incluyendo el cero y el span): ±0,07%/°C (0,045%/°F) del span<br/>Efecto de vibración: ±0,3% del span por cada g durante las siguientes condiciones:<br/>5 a 15 Hz a un desplazamiento constante de 4 mm<br/>15 a 150 Hz a 2 g, 150 a 2000 Hz a 1 g, según la norma SAMA PMC 31.1, Sec. 5.3, Condición 3, estado estable</p> |
|---|--|

-Continuación-

Tabla 1-1. Especificaciones (continuación)

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Rendimiento (continuación)<sup>(6)</sup></b></p> <p>Efecto de choque: <math>\pm 0,5\%</math> del span, cuando se prueba según la norma SAMA PMC 31.1, Sec. 5.4.</p> <p>Efecto de la presión de suministro: despreciable</p> <p>Interferencia electromagnética (EMI): probado de acuerdo a IEC 61326-1 (Edición 1.1). Cumple los niveles de emisión para equipos de clase A (áreas industriales) y equipos de clase B (áreas domésticas). Cumple los requisitos de inmunidad para áreas industriales (tabla A.1 en el documento de especificaciones IEC). El rendimiento de inmunidad se muestra en la tabla 1-2.</p> <p>Sensibilidad frente a fugas<sup>(5)</sup>: menor que 1,0% del span para fugas corriente abajo de hasta 4,8 m<sup>3</sup>/hr (180 scfh).</p> <p>Efecto de presión excesiva: menor que 0,25% del span para mala aplicación de presión de suministro de hasta 7,0 bar (100 psi) por menos de 5 minutos al puerto de entrada.</p> <p>Protección contra polaridad invertida:</p> <p>No se produce daño al invertir la corriente de suministro normal (4 a 20 mA) o al aplicar mal hasta 100 mA.</p> <p><b>Conexiones</b></p> <p>Aire de suministro, señal de salida y manómetro de salida: conexión interna de 1/4 - 18 NPT</p> <p>Eléctricas: conexión de conducto interno de 1/2 - 14 NPT</p> <p><b>Ajustes</b></p> <p>Cero y span: ajustes con destornillador ubicados en el compartimiento de terminales.</p> <p><b>Lectura de presión remota (RPR)</b><br/> <b>Seleccionable por puente, ON u OFF, si la unidad incluye la opción</b></p> <p>Rango de frecuencia: 5000 a 8000 Hz<br/>         Amplitud: 0,4 a 1,0 V<sub>p-p</sub></p> <p><b>Voltaje de operación requerido con lectura de presión remota apagada</b></p> <p>Mínimo 6,0 V (a 4 mA)<br/>         Máximo 7,2 V (a 20 mA)</p> <p><b>Voltaje de operación requerido con lectura de presión remota encendida</b></p> <p>Mínimo 6,4 V (a 4 mA)<br/>         Máximo 8,2 V (a 20 mA)</p> | <p><b>Clasificación eléctrica</b></p> <p>Área peligrosa:</p> <p>CSA - Intrínsecamente seguro, antideflagrante, división 2</p> <p>FM - Intrínsecamente seguro, antideflagrante, a prueba de polvos combustibles</p> <p>ATEX - Intrínsecamente seguro, incombustible, tipo N</p> <p>IECEX - Intrínsecamente seguro, incombustible, tipo N</p> <p>Consultar las Clasificaciones de áreas peligrosas y las Instrucciones especiales para un uso seguro e instalación en áreas peligrosas en la sección 2 y las figuras de esquemas y placa de identificación en la sección 8 para obtener información específica sobre las aprobaciones.</p> <p>Caja eléctrica:</p> <p>Tropicalización (prueba de hongos MIL-STD-810)</p> <p>CSA - Tipo 4X</p> <p>FM - NEMA 4X</p> <p>ATEX - IP66</p> <p>IECEX - IP66</p> <p>Aprobado para usarse con gas natural<sup>(4)</sup></p> <p><b>Otras clasificaciones/certificaciones</b></p> <p>GOST-R - de Rusia</p> <p>INMETRO - Brasil</p> <p>KGS - Corea</p> <p>NEPSI - China</p> <p>RTN - de Rusia Rostekhnadzor</p> <p>Solicitar información específica sobre clasificaciones/certificaciones a la oficina de ventas de Emerson Process Management</p> <p><b>Materiales de construcción</b></p> <p>Carcasa: aluminio bajo en cobre con pintura de poliuretano o acero inoxidable 316</p> <p>Juntas tóricas: nitrilo, excepto silicona para juntas tóricas del sensor</p> <p><b>Opciones</b></p> <p>Regulador de filtro tipo 67CFR, manómetros de suministro y salida o lectura de presión remota de válvula de neumático, cubierta del módulo con múltiples puertos de impulso, carcasa de acero inoxidable o soporte de montaje de acero inoxidable.</p> <p><b>Peso</b></p> <p>Aluminio: 2,9 kg (6,5 lb) excluyendo opciones</p> <p>Acero inoxidable: 6,7 kg (14,8 lb) excluyendo opciones</p> |
|---|--|

-Continuación-



Tabla 1-1. Especificaciones (continuación)

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Declaración de SEP</b><br/>Fisher Controls International LLC declara que este producto cumple el artículo 3 párrafo 3 de la Directiva sobre equipos a presión (DEP) 97/23/CE. Fue diseñado y fabricado de acuerdo con Sound Engineering Practice (SEP) y no</p> | <p>puede tener la marca CE relacionada con el cumplimiento de la directiva DEP.<br/>Sin embargo, el producto <i>puede</i> tener la marca CE para indicar el cumplimiento de otras directivas aplicables de la Comunidad Europea.</p> |
|---|--|

NOTA: Los términos especializados del instrumento se definen en la norma ANSI/ISA 51.1 - Terminología de los instrumentos de proceso.

1. También está disponible la calibración métrica.

2. No se deben exceder los límites de presión/temperatura que se indican en este documento y cualquier limitación de estándar o por código aplicable.

3. 0,14 bar (2 psi) para una salida de 2,3 bar (33 psi).

4. El gas natural como fluido de suministro es el único aprobado por CSA y FM, como se especifica en las tablas 2-1 y 2-2. No se recomienda usar el transductor 846 con gas aromático.

5. m<sup>3</sup>/hr normales: metros cúbicos normales por hora (0 °C y 1,01325 bar, absoluto). Scfh: pies cúbicos estándar por hora (60 °F y 14,7 psia).

6. Condiciones de referencia: entrada de 4,0 a 20 mA CC, salida de 0,2 a 1,0 bar (3 a 15 psi) y presión de suministro de 1,4 bar (20 psi).

Tabla 1-2. Criterios de funcionamiento para inmunidad referente a la compatibilidad electromagnética

| Puerto               | Fenómeno                       | Norma básica  | Nivel de prueba  | Criterios de rendimiento <sup>(1)</sup> |
|----------------------|--------------------------------|---------------|--|---|
| Carcasa              | Descarga electrostática (DE)   | IEC 61000-4-2 | 4 kV contacto<br>8 kV aire   | A                                       |
|                      | Campo electromagnético radiado | IEC 61000-4-3 | 80 a 1000 MHz a 10 V/m con 1 kHz AM a 80 %<br>1400 a 2000 MHz a 3 V/m con 1 kHz AM a 80 %<br>2000 a 2700 MHz a 1 V/m con 1 kHz AM a 80 % | A                                       |
| Control/señal de E/S | Ráfaga (transitorios rápidos)  | IEC 61000-4-4 | 1 kV   | A                                       |
|                      | Sobrecarga                     | IEC 61000-4-5 | 1 kV (solo de línea a tierra, cada uno)  | B                                       |
|                      | Radiofrecuencia conducida      | IEC 61000-4-6 | 150 kHz a 8 MHz a 3 Vrms<br>8 MHz a 80 MHz a 3 Vrms  | B<br>A                                  |

Límite de especificación = ±1 % del span  
1. A = No hubo degradación durante las pruebas. B = Degradación temporal durante las pruebas, pero se recupera automáticamente.

## Documentos relacionados

En esta sección se indican otros documentos que contienen información relacionada con el transductor 846. Estos documentos incluyen:

- Aprobaciones de áreas peligrosas GOST-R - Suplemento de manual de instrucciones para el manual de instrucciones de transductores de corriente a presión Fisher 846 (D103624X012)
- Aprobaciones de áreas peligrosas INMETRO - Suplemento de manual de instrucciones para el manual de instrucciones de transductores de corriente a presión Fisher 846 (D103623X012)
- Aprobaciones de áreas peligrosas NEPSI - Suplemento de manual de instrucciones para el manual de instrucciones de transductores de corriente a presión Fisher 846 (D103618X012)

Todos los documentos están disponibles en la oficina de ventas de Emerson Process Management. También se puede visitar nuestro sitio web en [www.Fisher.com](http://www.Fisher.com).

Figura 1-2. Configuración modular del transductor

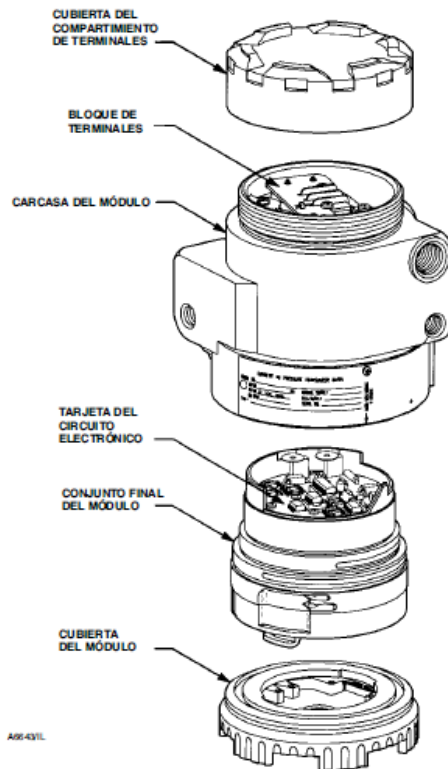
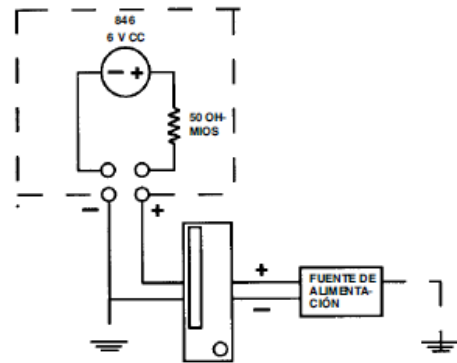


Figura 1-3. Circuito equivalente



NOTA:  
EL TRANSDUCTOR 846 NO ES UNA RESISTENCIA EN SERIE CONSTANTE CON UN INDUCTOR. SE MODELA MEJOR EN EL BUCLE COMO UNA RESISTENCIA DE 50 OHMIOS EN SERIE CON UNA CAÍDA DE VOLTAJE DE 6 V CC, CON INDUCTANCIA MUY PEQUEÑA.

A6125VIL

## Servicios educativos

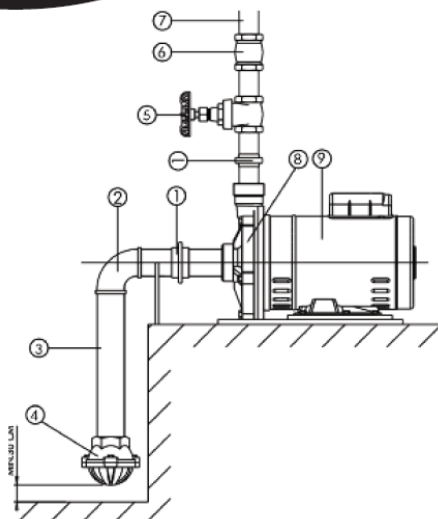
Para obtener información sobre los cursos disponibles para el transductor de corriente a presión 846, así como una variedad de otros productos, ponerse en contacto con:

Emerson Process Management  
Educational Services, Registration  
P.O. Box 190; 301 S. 1st Ave.  
Marshalltown, IA 50158-2823  
Teléfono: 800-338-8158 o  
641-754-3771  
FAX: 641-754-3431  
Correo electrónico: [education@emerson.com](mailto:education@emerson.com)

## BOMBA CENTRIFUGA THEBE 3HP



### BOMBAS CENTRÍFUGAS



**ATENÇÃO:**  
PROCURE ENTREGAR A INSTALAÇÃO DE SUA BOMBA A UM BOM PROFISSIONAL NO RAMO.

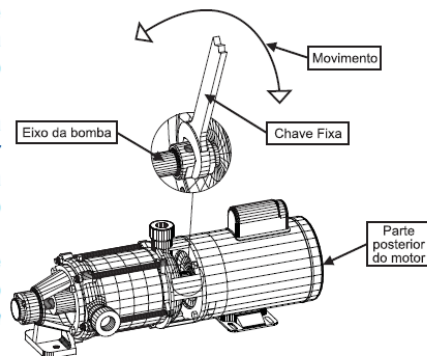
- 1 - União
- 2 - Curva Longa 90
- 3 - Tubulação de Sucção
- 4 - Válvula de Pé
- 5 - Registro
- 6 - Válvula de Retenção
- 7 - Tubulação de Recalque
- 8 - Bomba Centrífuga
- 9 - Motor Elétrico

#### VERIFICAÇÃO ANTES DA PRIMEIRA PARTIDA

Após feita a instalação elétrica e hidráulica, recomenda-se a verificação se o conjunto girante está livre, para evitar que o motor, **principalmente os monofásicos de pequeno porte** venha a sofrer esforços desnecessários, e que possam queimar, queima esta **não coberta pela garantia** pelo fornecedor de motor.

Devido ao ajuste apertado da montagem, e no **distribuidor de produtos Thebe**, o mesmo testa para o cliente final, a funcionalidade da bomba fornecida. A água que fica retida no interior da mesma, até o período em que a bomba for efetivamente instalada, provoca oxidação, podendo a vir a “travar” os rotores, dificultando o giro livre. Para destravar é simples, basta usar uma **chave de fenda**, na parte posterior do motor (eixo na parte traseira do motor) e girá-lo ou com o uso de uma **chave fixa** (ver ilustração abaixo), também poderá obter o mesmo resultado.

Sempre verificar se o eixo está rodando livremente, caso contrário, e se a recomendação acima não resolver, **não acione a bomba**, pois isto ocasionará a queima do motor elétrico e o mesmo **não será coberto pela garantia**.



#### INSTRUÇÕES GERAIS PARA INSTALAÇÃO HIDRÁULICA

- 1 - Instale a sua bomba o mais próximo possível da fonte de água, em uma base sólida de altura ligeiramente acima do solo (aproximadamente 30 cm) e bem nivelada para garantir perfeito alinhamento do conjunto bomba-motor.
- 2 - Não exponha sua bomba à ação do tempo. Proteja-a das intempéries (sol, chuva, poeira, etc.).
- 3 - Mantenha espaço suficiente para ventilação e fácil acesso para manutenção.
- 4 - Nunca reduza a bitola de sucção ou recalque da bomba. Utilize sempre tubulação com bitola igual ou maior que a dos bocais da bomba.
- 5 - Utilize o mínimo possível de conexões na instalação. Prefira curvas em lugar de joelhos.
- 6 - Recomenda-se o uso de uniões roscadas nas tubulações de sucção e recalque. Elas devem ser instaladas próximas à bomba para facilitar as operações de montagem e desmontagem.
- 7 - Faça a vedação de todas as conexões com vedante apropriado (fita teflon ou similar). **Obs.: Nunca rosqueie a tubulação de sucção além do final da rosca do bocal da carcaça, evitando assim o travamento do rotor.**



- 8- Instale a tubulação de sucção com um pequeno declive no sentido da bomba para o local de captação (conforme figura página 3).
- 9- Use sempre válvula de fundo de poço (de pé) com bitola maior que a da tubulação de sucção da bomba (a válvula tem restrição de passagem).
- 10- Instale a válvula ou injetor no mínimo 30 cm acima do fundo e sempre no centro do poço.
- 11- Nunca deixe que a bomba sustente sozinha o peso das tubulações de sucção e recalque. Faça suportes para apoiá-las.
- 12- Instale no mínimo uma válvula de retenção na tubulação de recalque próxima à bomba, quando o desnível for inferior a 15 m, e a cada 30 m de desnível mais uma.
- 13- Antes de conectar a tubulação de recalque escorva a bomba (encha completa-mente com água limpa o corpo e a tubulação de sucção da bomba).
- 14- Verifique toda a instalação hidráulica e elétrica antes de colocar a sua bomba em funcionamento.
- 15- Para realizar a instalação elétrica com segurança; leia atentamente as instruções abaixo:

### NUNCA LIGUE A BOMBA ANTES DE ESCORVÁ-LA (ENCHER COM ÁGUA).

#### INSTRUÇÕES GERAIS PARA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

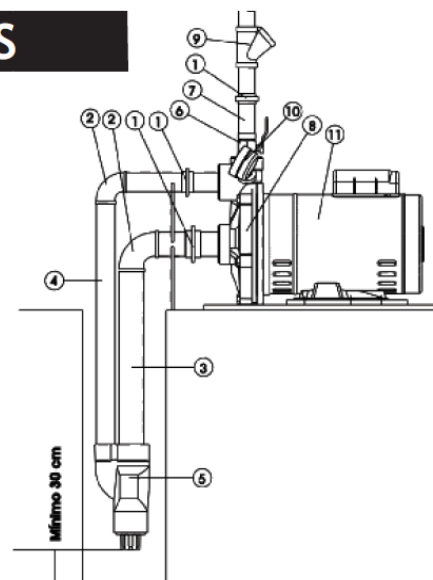
- 1- **EVITE ACIDENTES:** Verifique a tensão em que será feita a ligação.
- 2- Cuidado na escolha dos fios para a instalação da sua bomba (ver tabela páginas 06 e 07). A bitola dos fios dependerá da potência do motor, da voltagem da rede elétrica e da distância do conjunto bomba-motor até o quadro de distribuição.
- 3- O esquema de ligação dos motores elétricos, impresso na placa de identificação do motor, orienta a correta ligação dos terminais à rede elétrica de acordo com a tensão disponível no local.
- 4- **É obrigatório a instalação de fusíveis e chave de partida (proteção)**, com contadora e relé de sobrecarga e falta de fase para maior segurança de seu motor elétrico.
- 5- A bomba nunca deve ser ligada em ramais secundários ou tomadas, e as emendas de fios devem ser evitadas (quando necessárias, os fios devem ser muito bem atados e isolados). A bitola do fio deve ser mantida constante desde o quadro de energia até o motor elétrico.
- 6- É obrigatório o correto aterramento dos motores elétricos conforme NBR5410.
- 7- Quando for necessário o uso de chave bóia (automatizar), siga as instruções de instalação do fabricante da mesma.
- 8- Quando houver dúvidas na instalação elétrica do motor procure um **Técnico Especializado** ou entre em contato com a **Assistência Técnica da Fábrica** (da bomba e/ou do motor).



## BOMBAS INJETORAS

- 1 - União
- 2 - Curva Longa 90
- 3 - Tubulação de Sucção
- 4 - Tubulação de Pressão (retorno)
- 5 - Injetor
- 6 - Registro de Controle
- 7 - Tubulação de Recalque
- 8 - Bomba Centrífuga Injetora
- 9 - "Y" Com Plug (para escorva)
- 10 - Manômetro
- 11 - Motor

**NOTA: Mesmo que use tubos de plásticos,  
as conexões devem ser roscadas.  
Usar luvas metálicas.**



**TH16** AL  
SÉRIE



**THA16**  
SÉRIE



**Bomba Centrífuga Mono-Estágio**

Bomba acoplada em motor monofásico com capacitor ou trifásico de 1/2 cv a 3,0 cv, e também na versão mancalizada. Indicado p/ bombeamento de águas limpas e líquidos quimicamente não agressivo, válidos a 20°C.

**ROTOR** DIÂMETRO 159/102 mm LARGURA 3/2.5 mm SUCÇÃO 1 1/2" BSP RECALQUE 1" BSP ROTAÇÃO 3500 rpm ESTÁGIOS Mínimo(1) Máximo (1)

**Construção:**

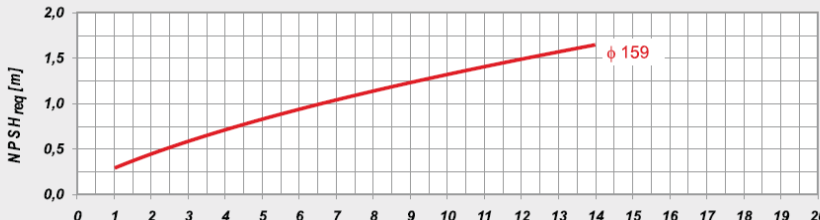
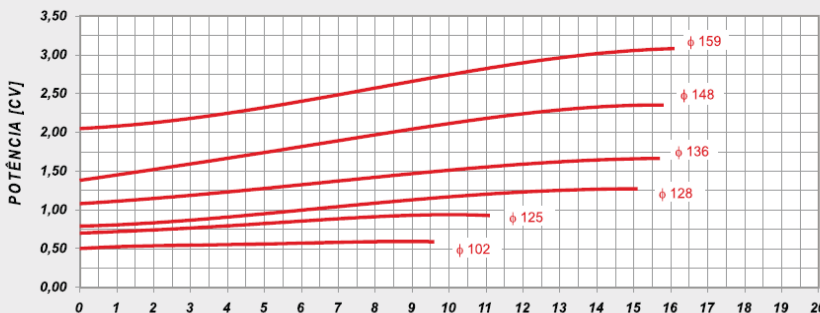
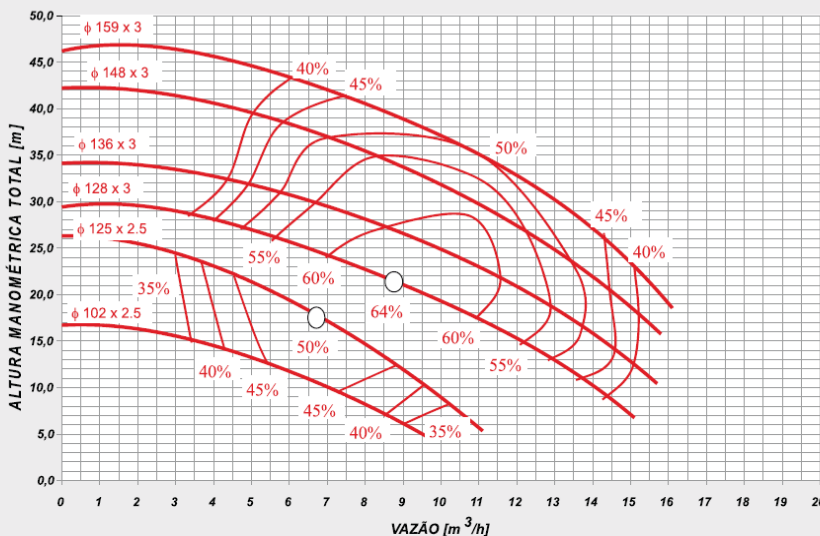
- Carcaça em ferro fundido GG-20;
- Rotor em alumínio;
- Selo mecânico de cerâmica 5/8" T6, grafite, inox 304, buna N;
- Conexões rosca BSP;
- Montagem "Back-Pull-Out" (não necessita desmontar o encanamento na manutenção);
- Motor elétrico Jet Pump com flange incorporada: II pólos, 60Hz, 3500 rpm, IP-21 para TH-16;
- Motor elétrico Jet Pump: II pólos, 60 hz, 3500 rpm, IP-21 para THA-16.

**Aplicações:**

- Agricultura
- Indústrias
- Residências
- Chácaras
- Prédios
- Construção Civil
- Sistemas de Refrigeração

**Opções:**

- Rotor em bronze;
- Rotor semi-aberto;
- Bucha de inox ou latão na ponta do eixo;
- Carcaça em bronze para THA-16;
- Sucção e recalque em 1" BSP;
- Motor blindado IP-55 e/ou à prova de explosão para THA-16;
- Kits para motor combustão interna (gasolina 4,0 cv, 3500 rpm).



**A Bombas com alongamento e intermediário**

3500 RPM - 60 Hz

| MODELO             | CV  | ESTÁGIO | SUCÇÃO<br>BSP | RECALQUE<br>BSP | ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL - EM METROS (M.C.A.) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | ALTURA<br>MÁXIMA |      |     |     |     |      |      |      |
|--------------------|-----|---------|---------------|-----------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|-----|-----|-----|------|------|------|
|                    |     |         |               |                 | 5   | 6    | 8    | 10   | 12   | 15   | 17   | 18   | 19   | 20   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 28   | 30   | 32   | 34   | 35   |                  | 36   | 38  | 40  | 44  | 45   | 46   |      |
|                    |     |         |               |                 | VAZÃO - METROS CÚBICOS POR HORA               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |      |     |     |     |      |      |      |
| TH-16 AL<br>THA-16 | 1/2 | 1       | 1 1/2"        | 1"              | 9.6   | 9.1  | 8.1  | 7.0  | 5.8  | 3.6  | 0    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                  |      |     |     |     | 16.7 |      |      |
|                    | 3/4 | 1       | 1 1/2"        | 1"              | 11.0  | 10.8 | 10.3 | 9.7  | 9.0  | 7.9  | 7.2  | 6.7  | 6.3  | 5.7  | 4.8  | 4.0  | 3.3  | 2.4  | 1.0  | 0    |      |      |      |      |                  |      |     |     |     | 27.0 |      |      |
|                    | 1.0 | 1       | 1 1/2"        | 1"              |   | 15.0 | 14.8 | 14.0 | 13.3 | 12.0 | 11.2 | 10.7 | 10.3 | 9.7  | 8.6  | 8.0  | 7.4  | 6.6  | 6.0  | 4.1  | 0    |      |      |      |                  |      |     |     |     | 30.0 |      |      |
|                    | 1.5 | 1       | 1 1/2"        | 1"              |   |      | 16.0 | 15.5 | 15.0 | 14.0 | 13.3 | 12.9 | 12.4 | 12.1 | 11.2 | 10.8 | 10.2 | 9.6  | 9.1  | 7.7  | 6.0  | 3.5  | 0    |      |                  |      |     |     |     |      | 34.0 |      |
|                    | 2.0 | 1       | 1 1/2"        | 1"              |   |      |      | 16.5 | 16.0 | 15.4 | 15.0 | 14.7 | 14.5 | 14.3 | 13.8 | 13.4 | 13.2 | 12.9 | 12.5 | 11.8 | 11.1 | 10.3 | 9.4  | 8.6  | 8.0              | 6.5  | 4.0 | 0   |     |      | 43.0 |      |
| 3.0                | 1   | 1 1/2"  | 1"            |                 |   |      |      |      |      |      |      |      |      | 16.0 | 15.8 | 15.3 | 15.0 | 14.7 | 14.4 | 14.2 | 13.6 | 12.9 | 12.2 | 11.4 | 11.0             | 10.6 | 9.7 | 8.5 | 5.6 | 4.4  | 2.0  | 47.0 |

# VARIADOR MICROMASTER 440

1 Vista general

Edición B1

## 1.1 EI MICROMASTER 440

La serie MICROMASTER440 es una gama de convertidores de frecuencia (también denominados variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. Los distintos modelos disponibles abarcan un rango de potencias desde 120 W para entrada monofásica hasta 75 kW con entrada trifásica.

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

El MICROMASTER 440, con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores. El MICROMASTER 440 también puede utilizarse para aplicaciones más avanzadas de control de motores haciendo uso de su funcionalidad al completo.

El MICROMASTER 440 puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización.

## 1.2 Características

### Características principales

- Fácil de instalar
- Puesta en marcha sencilla
- Diseño robusto en cuanto a CEM
- Puede funcionar en alimentación de línea IT
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible
- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones
- Conexión sencilla de cables
- relés de salida
- salidas analógicas (0 – 20 mA)
- 6 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables
- 2 entradas analógicas:
  - ◆ AIN1: 0 – 10 V, 0 – 20 mA y -10 a +10 V
  - ◆ AIN2: 0 – 10 V, 0 – 20 mA
- Las 2 entradas analógicas se pueden utilizar como la 7ª y 8ª entrada digital
- Tecnología BiCo
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor
- Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas
- Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operator Panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS

**Prestaciones**

- Control vectorial sin sensores (sensorless vector control)
- Control de flujo corriente FCC (flux current control) para una mejora de la respuesta dinámica y control del motor
- Limitación rápida de corriente FCL (fast current limitation) para funcionamiento libre de disparos intempestivos
- Freno por inyección de corriente continua integrado
- Frenado compuesto o combinado para mejorar las prestaciones del frenado
- Tiempos de aceleración/deceleración con redondeo de rampa programable
- Control en lazo cerrado utilizando una función PID (proporcional, integral y diferencial), con autoajuste
- Chopper de frenado incorporado
- rampas de subida y bajada seleccionables
- Alisamiento de rampa con 4 puntos
- Característica V/f multipunto
- Se puede conmutar entre 3 juegos de parámetros, permitiendo a un único convertidor controlar varios procesos de forma alternada

**Características de protección**

- Protección de sobretensión/mínima tensión
- Protección de sobretemperatura para el convertidor
- Protección de defecto a tierra
- Protección de cortocircuito
- Protección térmica del motor por  $i^2t$
- Protección del motor mediante sondas PTC/KTY

## 2.4 Instalación eléctrica



### ADVERTENCIA

- ♦ Para asegurar el funcionamiento correcto de este equipo, éste deberá instalarse y ponerse en servicio por parte de personal cualificado y cumpliendo plenamente las advertencias especificadas en estas Instrucciones.
- ♦ Considerar especialmente los reglamentos de instalación y seguridad generales y regionales relativos al trabajo en instalaciones con tensión peligrosa (p. ej. EN 50178), al igual que los reglamentos importantes relativos al uso correcto de herramientas y equipos de protección personal.
- ♦ La entrada de red, la continua y los bornes del motor pueden estar sometidos a tensiones peligrosas aunque no esté funcionando el convertidor; antes de efectuar ningún tipo de trabajo de instalación esperar **5 minutos** para permitir a la unidad descargarse tras su desconexión.

### PRECAUCIÓN

Es necesario tender por separado los cables de mando, de alimentación y al motor. No llevarlos a través del mismo conducto/canaleta.

### 2.4.1 Generalidades



#### ADVERTENCIA

El convertidor debe ponerse siempre a tierra. Si el convertidor no está puesto a tierra correctamente pueden darse condiciones extremadamente peligrosas dentro del convertidor que pueden ser potencialmente fatales.

#### Funcionamiento con redes no puestas a tierra (IT)

El MICROMASTER puede funcionar alimentado desde una red no puesta a tierra, y continuará funcionando si una de las fases de entrada se pone accidentalmente a tierra. Si una fase de salida se pone accidentalmente a tierra, el MICROMASTER se dispara e indicará F0001.

Para usarlo alimentado desde redes no puestas a tierra es necesario desenchufar o desactivar el condensador 'Y' situado en el interior del convertidor. La forma de retirar o desactivar dicho condensador está descrita en los anexos G a J.

#### Funcionamiento con dispositivo de protección diferencial

Si está instalado un dispositivo de protección diferencial, los convertidores MICROMASTER funcionarán sin disparos intempestivos siempre que:

- se utilice un dispositivo diferencial de tipo B.
- el límite de sensibilidad del dispositivo diferencial sea 300 mA.
- esté puesto a tierra el neutro de la alimentación.
- sólo se alimente un convertidor desde cada dispositivo diferencial.
- los cables de salida tengan una longitud inferior a 50 m (apantallados) ó 100 m (no apantallados).

#### Funcionamiento con cables largos

Todos los convertidores funcionarán cumpliendo todas las especificaciones si los cables tienen hasta 50 m de longitud y son apantallados ó 100 m y no disponen de pantalla.



## 2.4.2 Conexiones de alimentación y al motor



### ADVERTENCIA

- ◆ Antes de realizar o cambiar conexiones en la unidad, aislar de la red eléctrica de alimentación.
- ◆ Asegurarse de que el convertidor está configurado para la tensión de alimentación correcta: los MICROMASTER para 230V monofásicos/trifásicos no deberán conectarse a una tensión de alimentación superior.
- ◆ Si se conectan motores síncronos o si se acoplan varios motores en paralelo, el convertidor debe funcionar con la características de control tensión/frecuencia (P1300 = 0, 2 ó 3).



### PRECAUCIÓN

Después de conectar los cables de alimentación y del motor a los bornes adecuados, asegurarse de que estén correctamente colocadas las tapas antes de alimentar con tensión a la unidad.

### ATENCIÓN

- ◆ Asegurarse de que entre la fuente de alimentación y el convertidor estén conectados interruptores o fusibles apropiados con la corriente nominal especificada (ver *Capítulo en la página 81 (Capítulo 7)*).
- ◆ Utilizar únicamente hilo de cobre de Class 1 60/75 °C (para cumplir con UL). Ver valores de pares de apriete en el 7, Tabla 7-2, página83..

### Aceso a los bornes de red y del motor

Retirando las tapas se accede a los bornes de red y del motor (véanse Anexos 0 a E).

Las conexiones de red y del motor deben realizarse tal y como se muestra en la Figura 2-6.

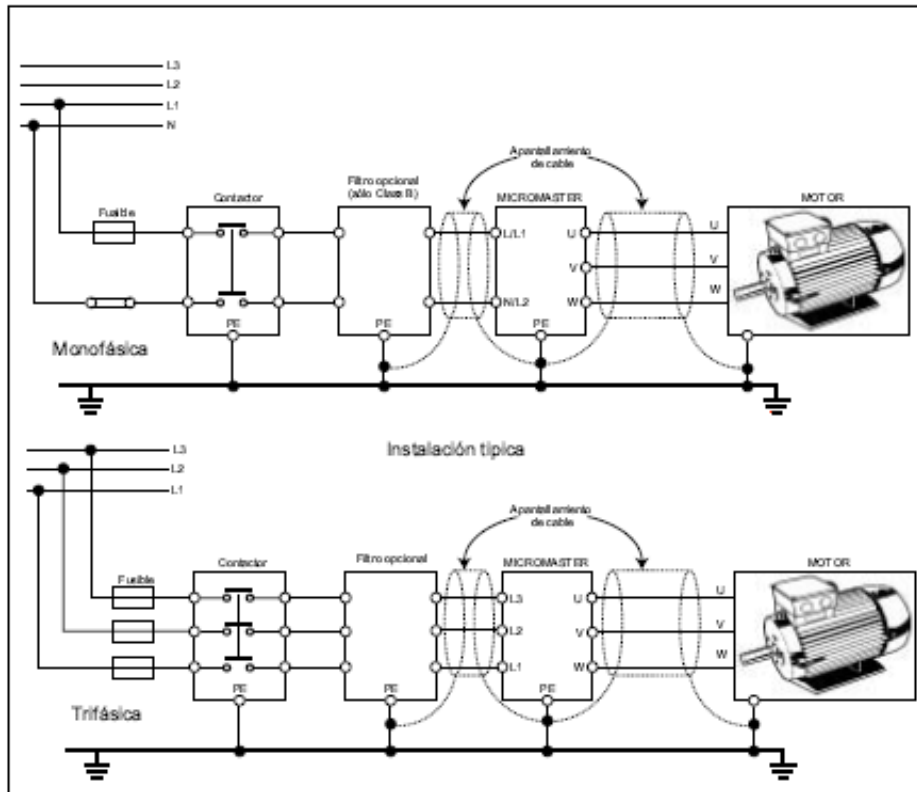


Figura 2-6 Conexiones del motor y la red

### Funcionamiento básico con el panel SDP

Si está colocado el panel SDP es posible realizar lo siguiente:

- Arrancar y parar el motor (DIN1 mediante interruptor externo)
- Invertir el sentido de giro del motor (DIN2 mediante interruptor externo)
- Reposición o acuse de fallos (DIN3 mediante interruptor externo)

El control de la velocidad del motor se realiza conectando las entradas analógicas tal y como muestra la Figura 3-4.

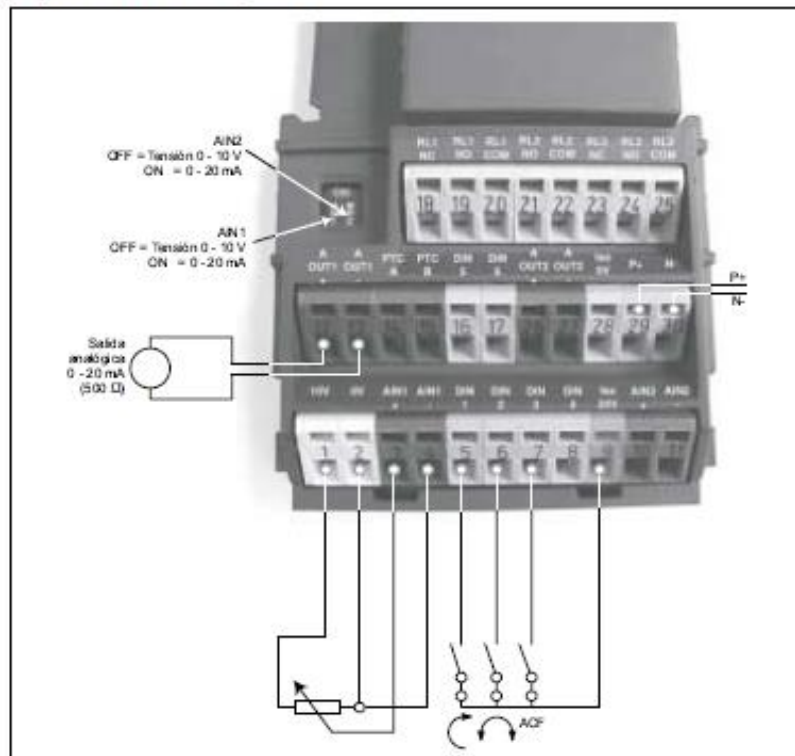


Figura 3-4 Funcionamiento básico con panel SDP

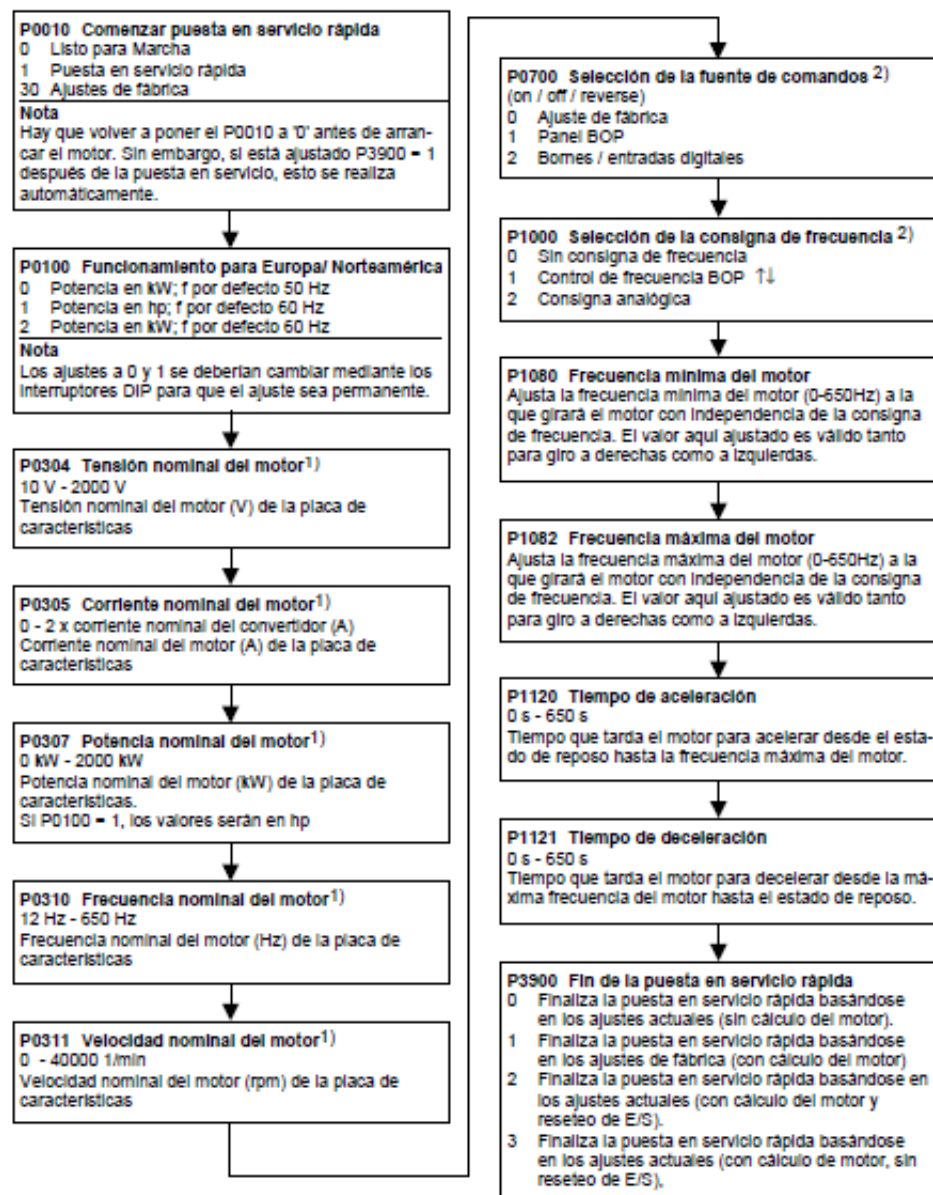


## Botones en el panel BOP

| Panel/Botón | Función                  | Efectos   |
|-------------|--------------------------|---|
|             | Indicación de estado     | La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.  |
|             | Marcha                   | Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitar este botón, ajustar P0700 = 1.  |
|             | Parada                   | OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700 = 1.<br>OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (por inercia). Esta función está siempre habilitada.   |
|             | Invertir sentido de giro | Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El Inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700 = 1.  |
|             | Jog motor                | Pulsando este botón mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.  |
|             | Funciones                | Este botón sirve para visualizar información adicional.<br>Pulsando y manteniendo este botón apretado durante 2 segundos desde cualquier parámetro durante la operación, muestra lo siguiente:<br>1. Tensión del circuito Intermedio (Indicado mediante d – unidades en V).<br>2. Corriente de salida. (A)<br>3. Frecuencia de salida (Hz)<br>4. Tensión de salida (Indicada mediante o – unidades en V).<br>5. El valor seleccionado en P0005 (si P0005 está ajustado para mostrar cualquiera de los valores de arriba (3,4 ó 5) entonces éste no se muestra de nuevo).<br>Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente.<br><b>Función de salto</b><br>Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rXXXX o PXXXX) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo a su punto inicial. |
|             | Acceder a parámetros     | Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.  |
|             | Subir valor              | Pulsando este botón se sube el valor visualizado.   |
|             | Bajar valor              | Pulsando este botón se baja el valor visualizado.   |

Figura 3-5 Botones en el panel BOP

## Organigramme de mise en service rapide (Sólo nivel 1)



1) Parámetros específicos del motor – véase placa de características del motor

2) Estos parámetros ofrecen más posibilidades de configuración de las que se listan aquí. Para otras posibilidades de ajuste consúltese la Lista de Parámetros.

## Datos del motor para parametrización

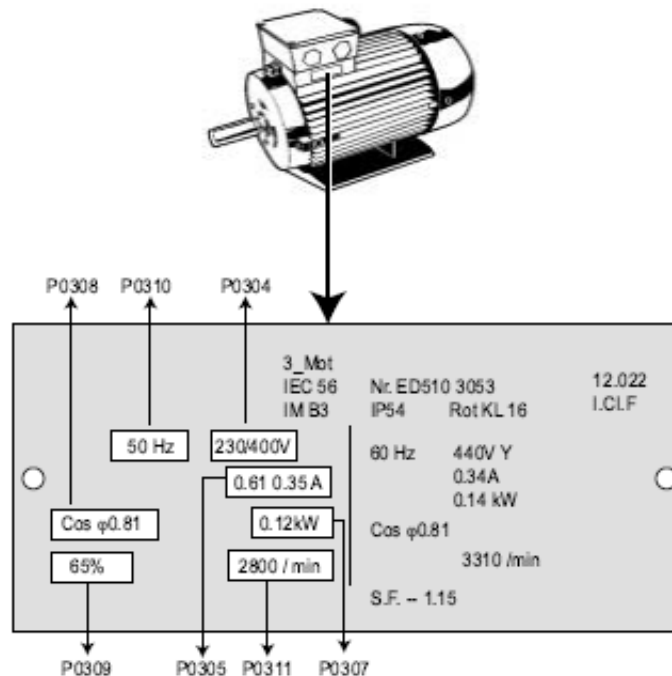


Figura 3-7 Ejemplo placa de características típica motor

**ATENCIÓN**

- ◆ P0308 y P0309 sólo son visibles si P0003 ≥ 2. Sólo se visualiza uno de los parámetros dependiendo del ajuste de P0100.
- ◆ P0307 indica kW o HP dependiendo del ajuste de P0100. Para información detallada, consultar la Lista de parámetros.
- ◆ No es posible cambiar los parámetros del motor a menos que P0010=1.
- ◆ Asegurarse de que el convertidor esté correctamente configurado con respecto al motor, p. ej. en el ejemplo anterior conexión en triángulo para 230 V.

## 3.2.3.2 Reajuste a los valores de fábrica

Para reajustar todos los parámetros a los valores de fábrica, los siguientes parámetros se deben ajustar de la siguiente forma (BOP, AOP u opción de comunicación necesarios):

1. Poner P0010=30.
2. Poner P0970=1.

**ATENCIÓN**

El proceso de reajuste puede durar hasta 3 minutos en completarse.

# VÁLVULA NEUMÁTICA PROPORCIONAL BAUMANN

24000 Valve  
D103327X012

Product Bulletin  
52.1:24LS  
March 2013

## Baumann™ 24000 Little Scotty™ Bronze Control Valve

Baumann Little Scotty industrial control valves are intended for general utility service in pressure, flow, and temperature control applications. This control valve is positioned to take advantage of the trend toward industrial grade requirements spanning general utility to special applications. Little Scotty valves exhibit low hysteresis and deadband, good control characteristics, tight shutoff, rugged construction, high performance packing, and easy maintainability. These attributes translate into reduced maintenance costs, reduced process variability, and increased process availability, resulting in lower long-term operating costs.

### Features

- Compact and light weight design reduces installed piping costs
- High quality S31600 austenitic stainless steel trim materials
- S41600 stainless steel trim available
- Dual plug and stem guiding provides increased stability during plug travel
- Multiple trim capacity reductions available to meet changing process requirements
- Epoxy powder-coated actuator with stainless steel fasteners for corrosion resistance
- Multi-spring, field-reversible actuator with reduced deadband, permits direct operation from remote signal devices
- Actuator and yoke can be removed from the valve assembly while maintaining packing integrity
- Fisher® FIELDVUE™ digital valve controller available for remote calibration and diagnostics in facilities utilizing the PlantWeb™ architecture



24000 Little Scotty Control Valve with Baumann 32 Actuator



24000 Little Scotty Control Valve with Baumann 32 Actuator and FIELDVUE DVC2000 Digital Valve Controller



[www.Fisher.com](http://www.Fisher.com)

  
**EMERSON.**  
Process Management

Figure 1. Baumann Little Scotty Valve Body Subassembly with Standard PTFE Spring-Loaded Packing

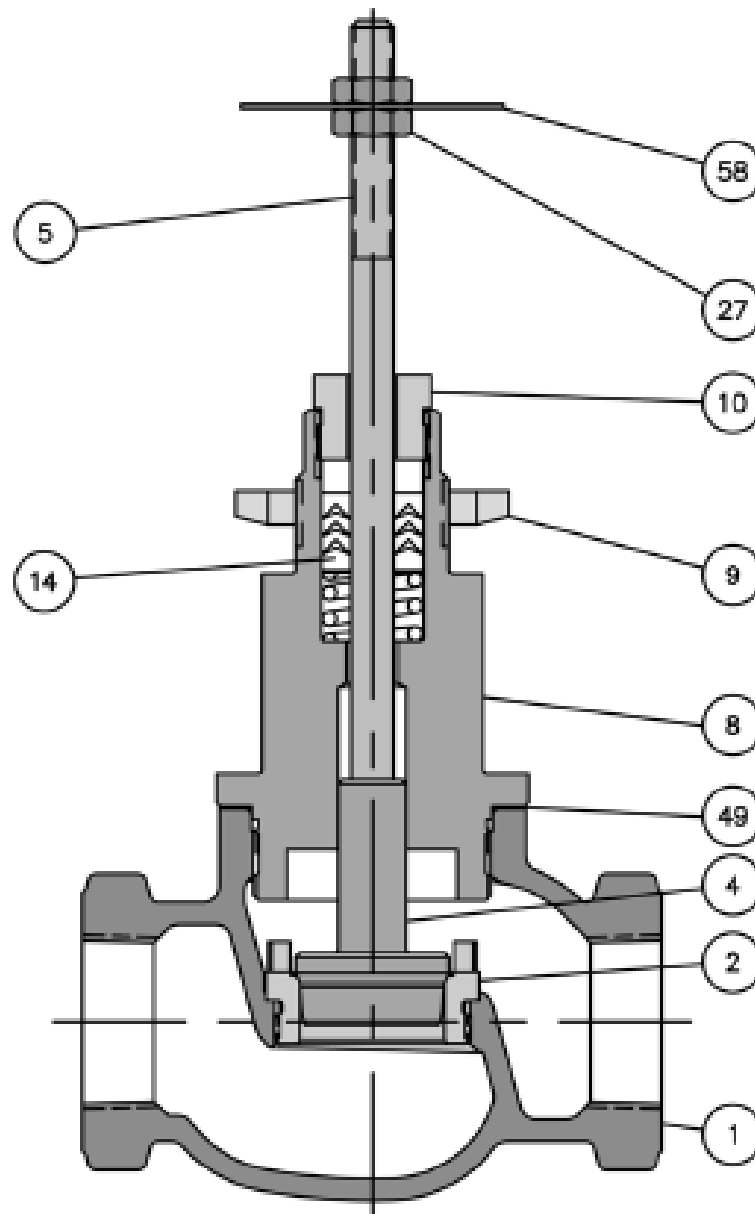


Table 1. Materials of Construction

| Key No. | Description                |          | Material  |
|---------|----------------------------|----------|---|
| 1       | Valve Body                 |          | ASTM A81 Grade C07800   |
| 2       | Seat Ring                  | Standard | ASTM A276 31600/ 31603 Dual Certified                             |
|         |                            | Optional | ASTM A321 341000 Condition T                                      |
| 4       | Plug (Metal Seat) Cv < 1.0 | Standard | ACME SA470 121200   |
|         |                            | Optional | ASTM A321 341000 Condition T                                      |
|         | Plug (Metal Seat) Cv > 4.0 | Standard | ASTM A276 31600/ 31603  |
|         |                            | Optional | ASTM A321 341000 Condition T                                      |
|         |                            |          | ASTM A276 31600/ 31603 with PTFE (Polytetrafluoroethylene) Insert |
| 5       | Stems                      |          | ASTM A276 31600   |
| 6       | Bonnet                     |          | ASTM B147 Alloy C95300  |
| 8       | Drive Nut (Yoke)           |          | 316400  |
| 10      | Packing Follower           |          | ASTM A276 31600/ 31603 Dual Certified                             |
| 14      | Packing                    | Standard | V-Ring, see Figure 2  |
|         |                            | Optional | Molded Graphite, see Figure 3                                     |
| 27      | Locknuts                   |          | Stainless Steel (18-8 SST)  |
| 48      | Body Gasket                | Standard | Annealed Soft Copper  |
|         |                            | Optional | Graphite Grade GRB with 31600 Insert                              |
| 50      | Travel Indicator           |          | ACME SA240 316400   |

Table 2. Cv Values at 100% Plug Opening ( $K_v = 0.86 \times C_v$ )

| VALVE SIZE | ORIFICE DIAMETER | PLUG TRAVEL | PLUG SERIES           |               |              |                        |            |
|------------|------------------|-------------|-----------------------|---------------|--------------|------------------------|------------|
|            |                  |             | 102                   | 377           | 340 / 300    | 477                    | 440 / 400  |
| NPS        | Inch             | Inch        | Cv                    | Cv            | Cv           | Cv                     | Cv         |
| 1/2        | 0.25             | 0.50        | 0.02, 0.05 0.10, 0.20 | —             | 0.2, 0.3 1.0 | —                      | 0.3        |
|            |                  |             |                       |               |              |                        |            |
| 3/4        | 0.375            | 0.50        | —                     | 1.0, 1.5, 2.5 | 1.5, 2.5     | 0.1, 0.2, 0.3 1.0, 2.5 | 2.5        |
|            |                  |             |                       |               |              |                        |            |
| 1          | 0.50             | 0.50        | —                     | 4.0           | 4.0          | 3                      | 4.0        |
|            |                  |             |                       |               |              |                        |            |
| 1-1/2      | 1.25             | 0.75        | —                     | 20            | 10, 20       | 20                     | 10, 20     |
|            |                  |             |                       |               |              |                        |            |
| 2          | 1.5              | 0.75        | —                     | 10, 17, 20    | 10, 17, 20   | 10, 17                 | 10, 17, 20 |
|            |                  |             |                       |               |              |                        |            |

Figure 2. Spring-Loaded PTFE V-Ring Packing Kit

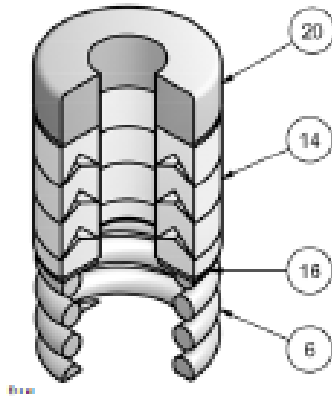


Table 3. Standard Spring-Loaded PTFE V-Ring Packing Kit

| Key No. | Description | Material   |
|---------|-------------|--|
| 6       | Spring      | AISTM A313 316 100                                       |
| 14      | Packing Set | PTFE (Polytetrafluoroethylene) / PTFE, 20% carbon filled |
| 16      | Washer      | ASME SA240 316 800                                       |
| 20      | Spacer      | 1-2000 (Rilled-Polytetrafluoroethylene)                  |

Figure 3. Molded Graphite (Flexible Graphite) Packing Kit (Optional)

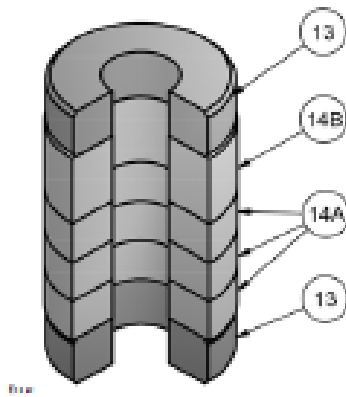
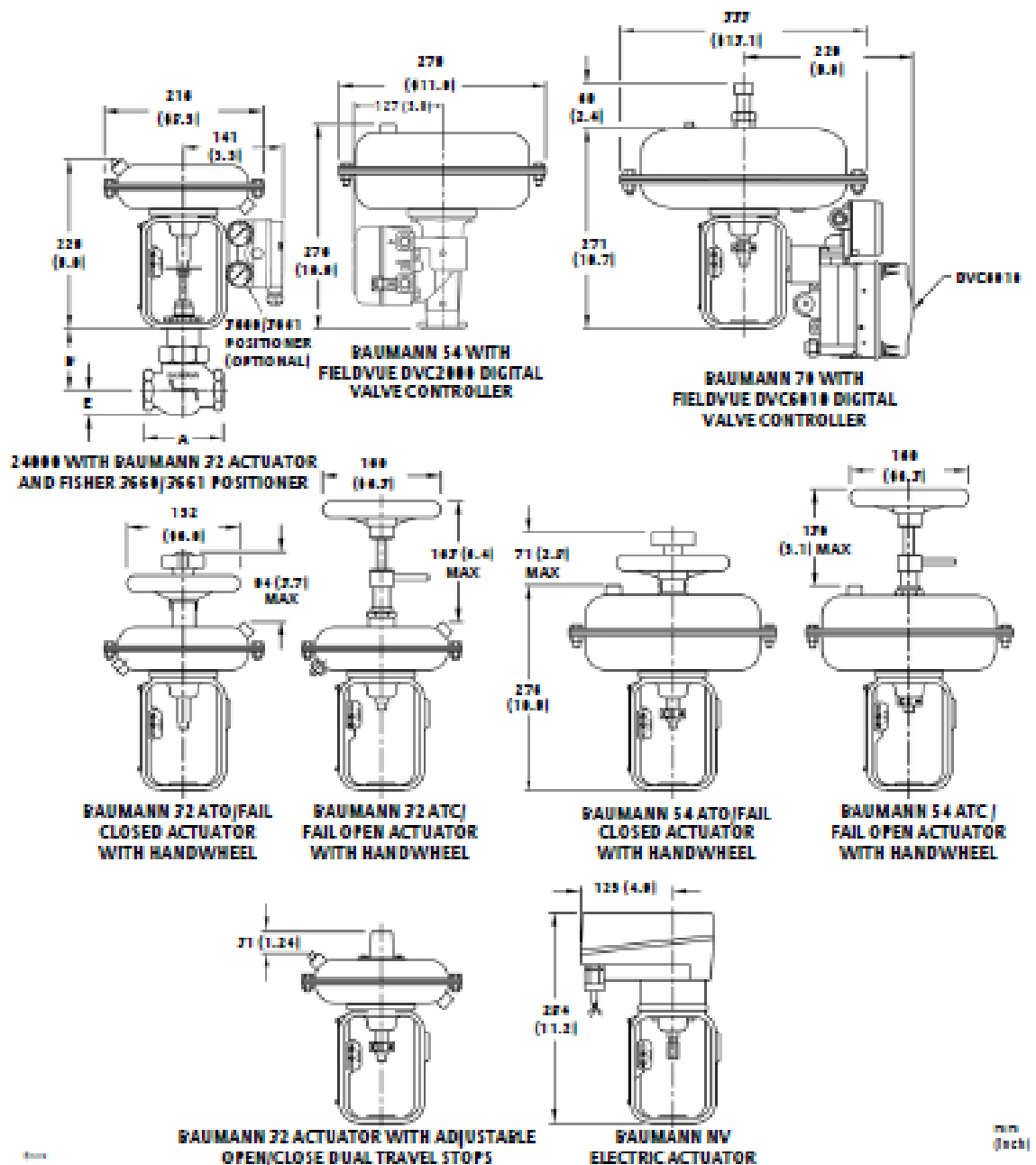


Table 4. Molded Graphite (Flexible Graphite) Packing Kit (Optional)

| Key No. | Description  | Material          |
|---------|--------------|-------------------|
| 13      | Spacers      | Carbon - Graphite |
| 14A     | Packing Ring | Graphite          |
| 14B     | Packing Ring | Graphite          |

Figure 5. Dimensional Drawings



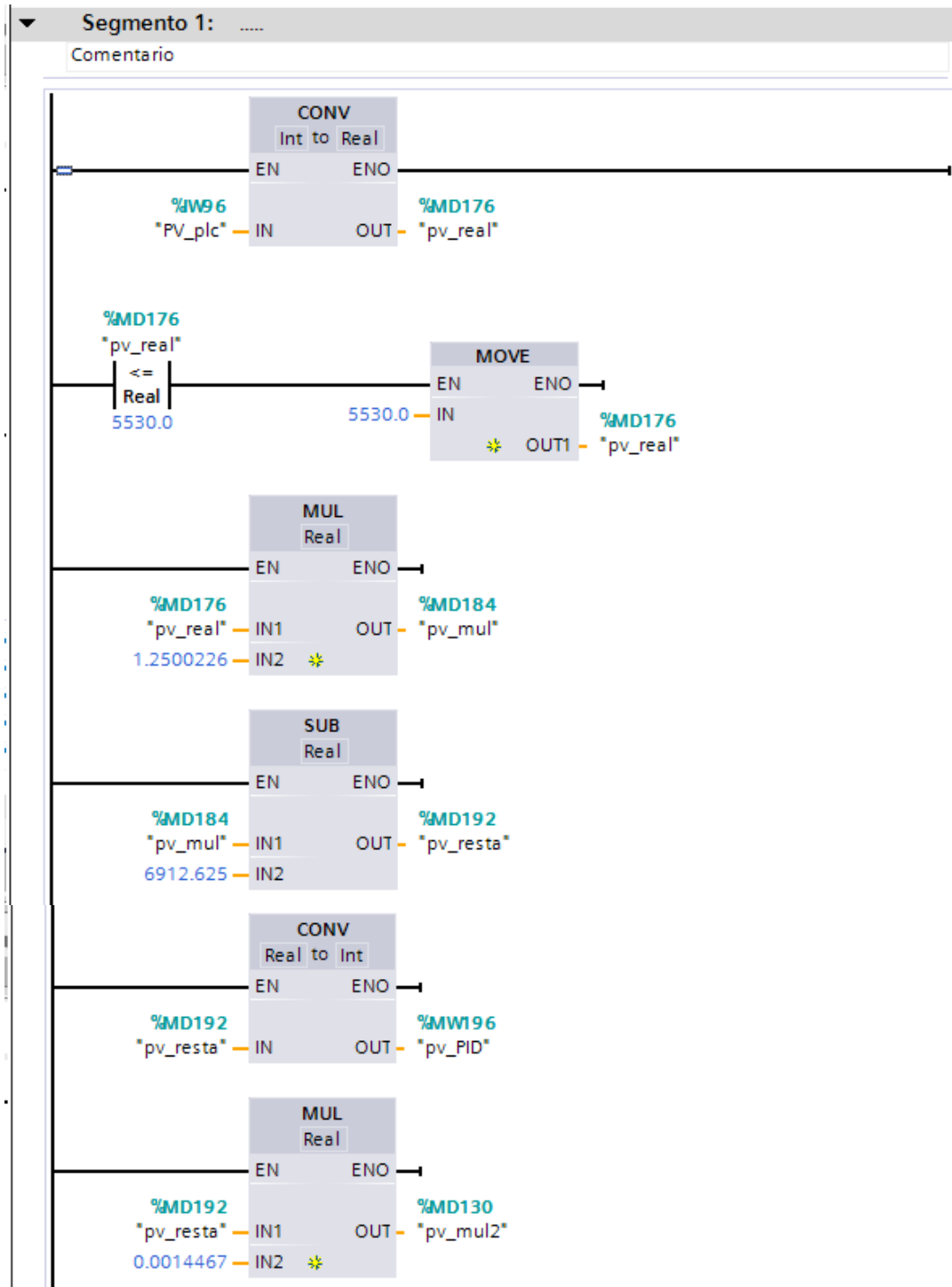
Note: Actuator nominal height is 113 mm (4.3 inches) vertical clearance.

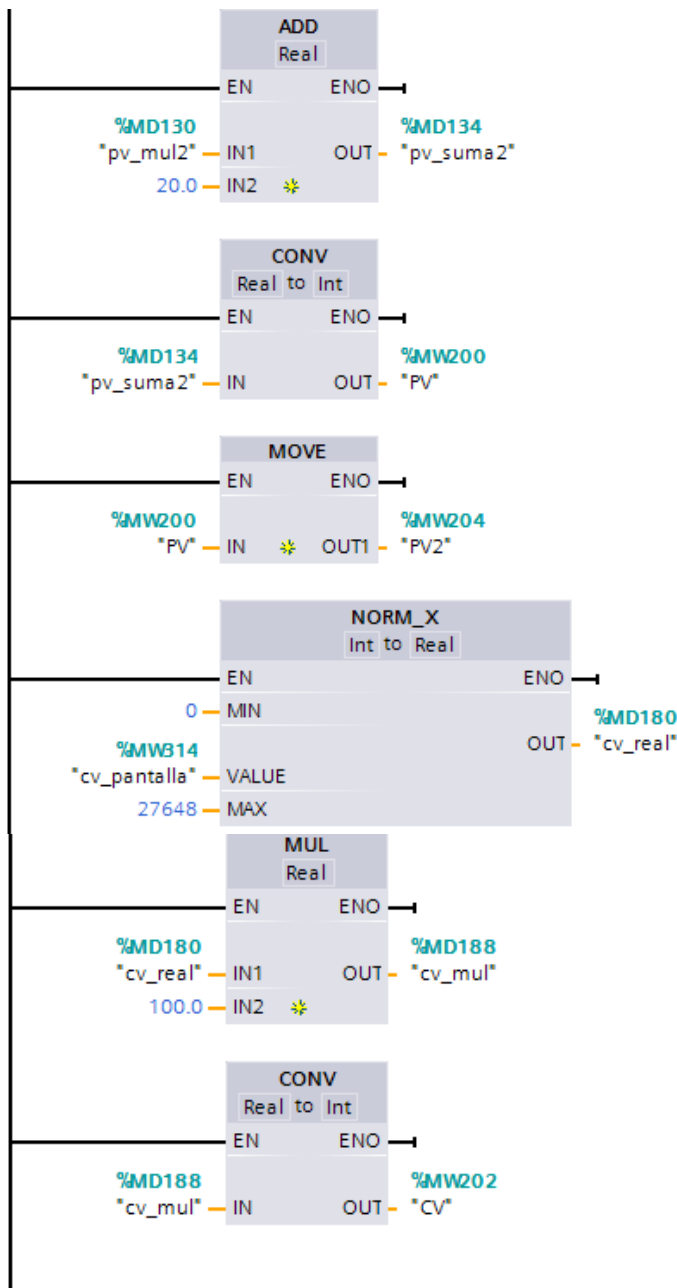


# ANEXO C

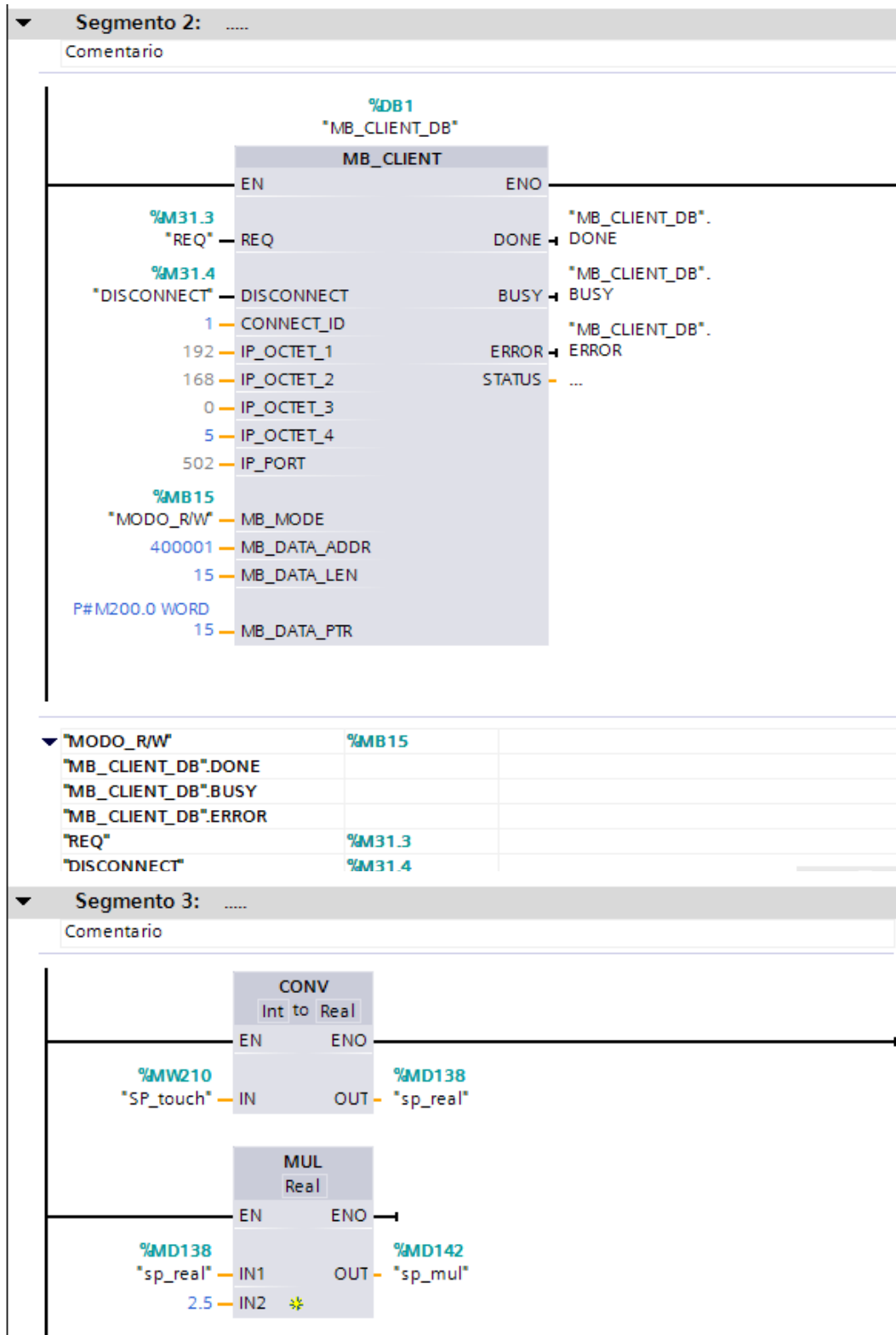
## PROGRAMACIÓN

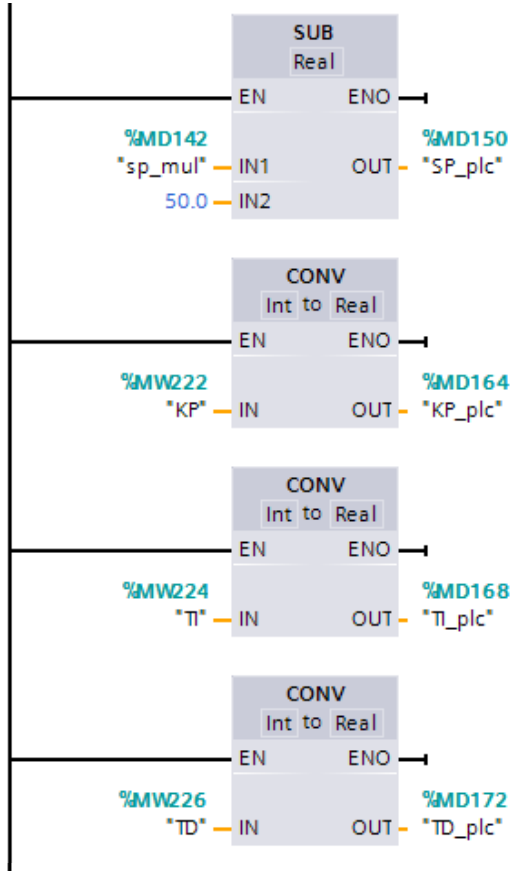
### BLOQUE DE PROGRAMACIÓN MAIN





|               |        |  |
|---------------|--------|--|
| ▼ "PV"        | %MW200 |  |
| "PV2"         | %MW204 |  |
| "pv_real"     | %MD176 |  |
| "cv_real"     | %MD180 |  |
| "pv_mul"      | %MD184 |  |
| "cv_mul"      | %MD188 |  |
| "CV"          | %MW202 |  |
| "PV_plc"      | %W96   |  |
| "pv_resta"    | %MD192 |  |
| "pv_PID"      | %MW196 |  |
| "pv_mul2"     | %MD130 |  |
| "pv_suma2"    | %MD134 |  |
| "cv_pantalla" | %MW314 |  |

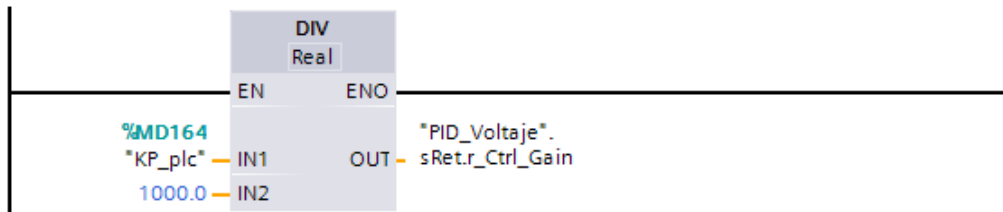


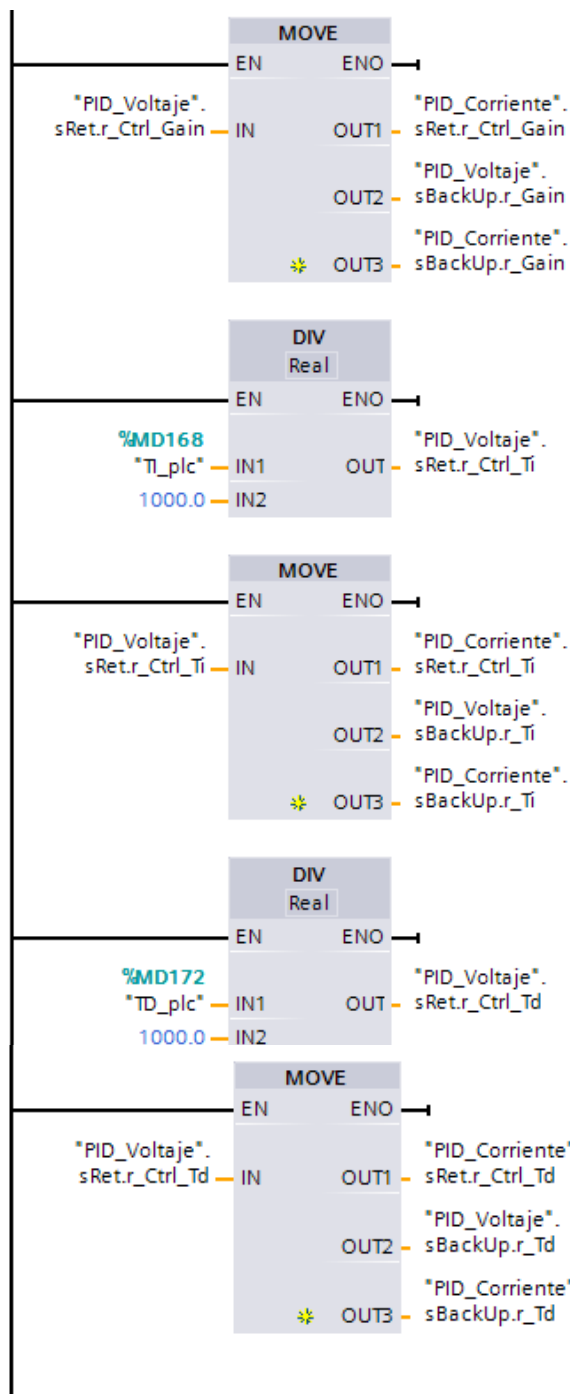


|            |        |  |
|------------|--------|--|
| ▼ "KP_plc" | %MD164 |  |
| "TI_plc"   | %MD168 |  |
| "TD_plc"   | %MD172 |  |
| "SP_touch" | %MW210 |  |
| "KP"       | %MW222 |  |
| "TI"       | %MW224 |  |
| "TD"       | %MW226 |  |
| "sp_real"  | %MD138 |  |
| "sp_mul"   | %MD142 |  |
| "SP_plc"   | %MD150 |  |

▼ Segmento 4: .....

Comentario



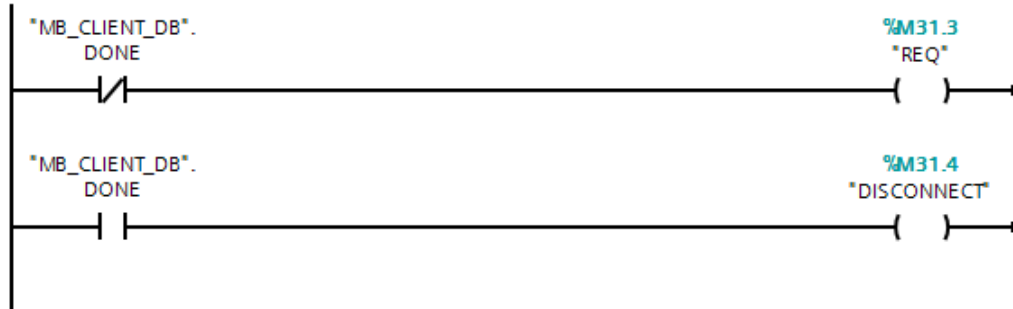


|                                |        |                          |
|--------------------------------|--------|--------------------------|
| ▼ "KP_plc"                     | %MD164 |                          |
| "TI_plc"                       | %MD168 |                          |
| "TD_plc"                       | %MD172 |                          |
| "PID_Voltaje".sRet.r_Ctrl_Gain |        | actual proportional gain |
| "PID_Voltaje".sRet.r_Ctrl_Td   |        | actual derivative time   |
| "PID_Voltaje".sRet.r_Ctrl_Ti   |        | actual integration time  |

|                                |  |                         |
|--------------------------------|--|-------------------------|
| "PID_Corriente".sRet.r_Ctrl_Td |  | actual derivative time  |
| "PID_Voltaje".sBackUp.r_Gain   |  | saved proportional gain |
| "PID_Corriente".sBackUp.r_Gain |  | saved proportional gain |
| "PID_Voltaje".sBackUp.r_Ti     |  | saved integration time  |
| "PID_Corriente".sBackUp.r_Ti   |  | saved integration time  |
| "PID_Voltaje".sBackUp.r_Td     |  | saved derivative time   |
| "PID_Corriente".sBackUp.r_Td   |  | saved derivative time   |

▼ Segmento 5: .....

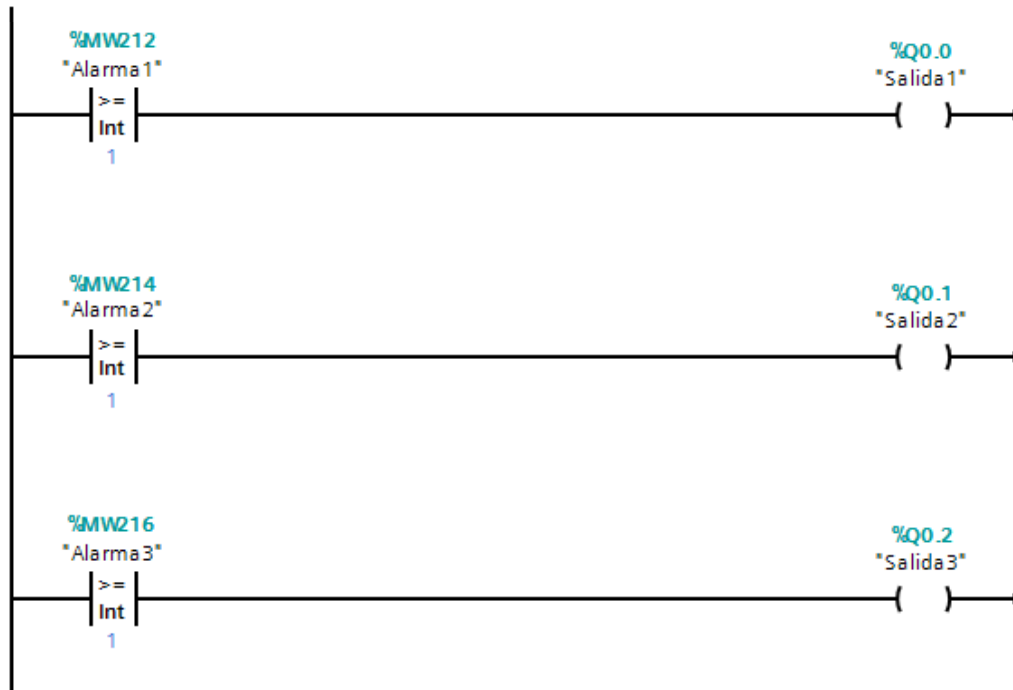
Comentario

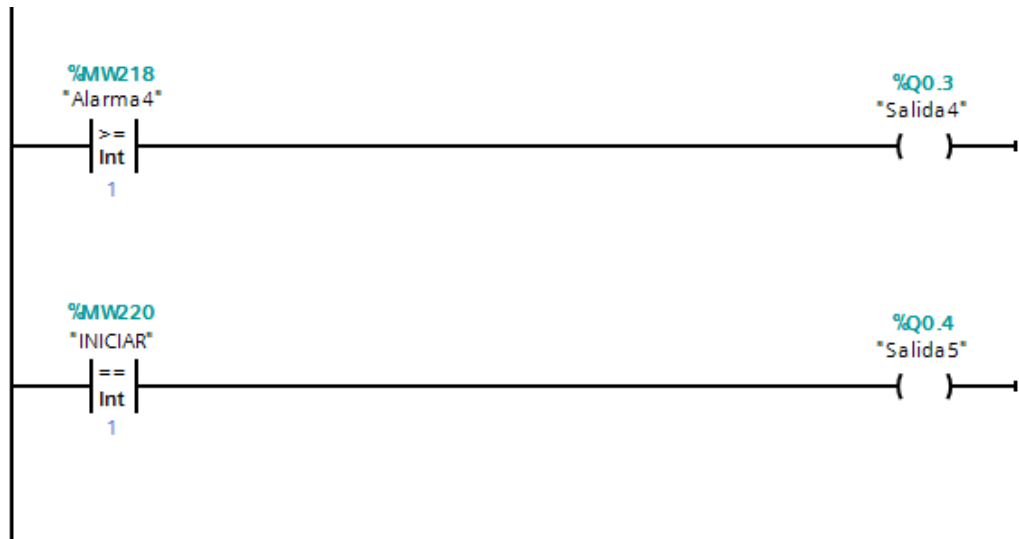


|                        |        |  |
|------------------------|--------|--|
| ▼ "*MB_CLIENT_DB*.DONE |        |  |
| "REQ"                  | %M31.3 |  |
| "DISCONNECT"           | %M31.4 |  |

▼ Segmento 6: .....

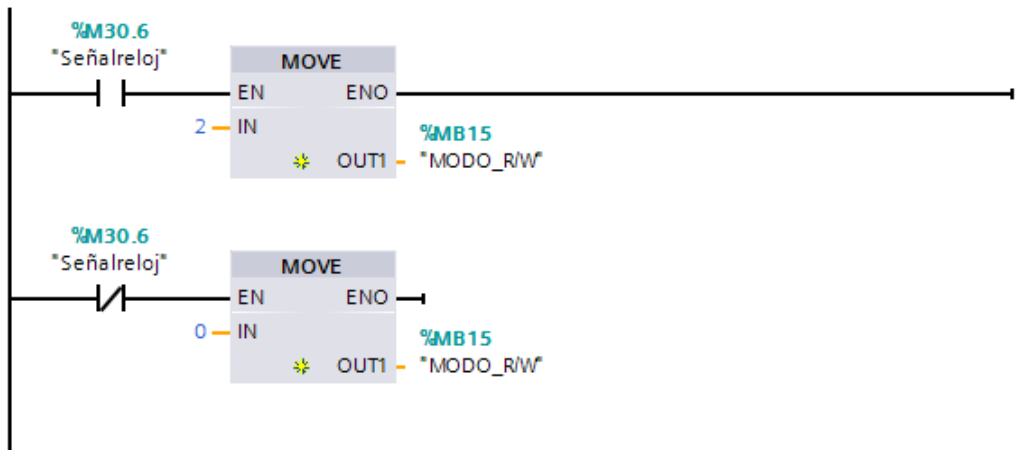
Comentario



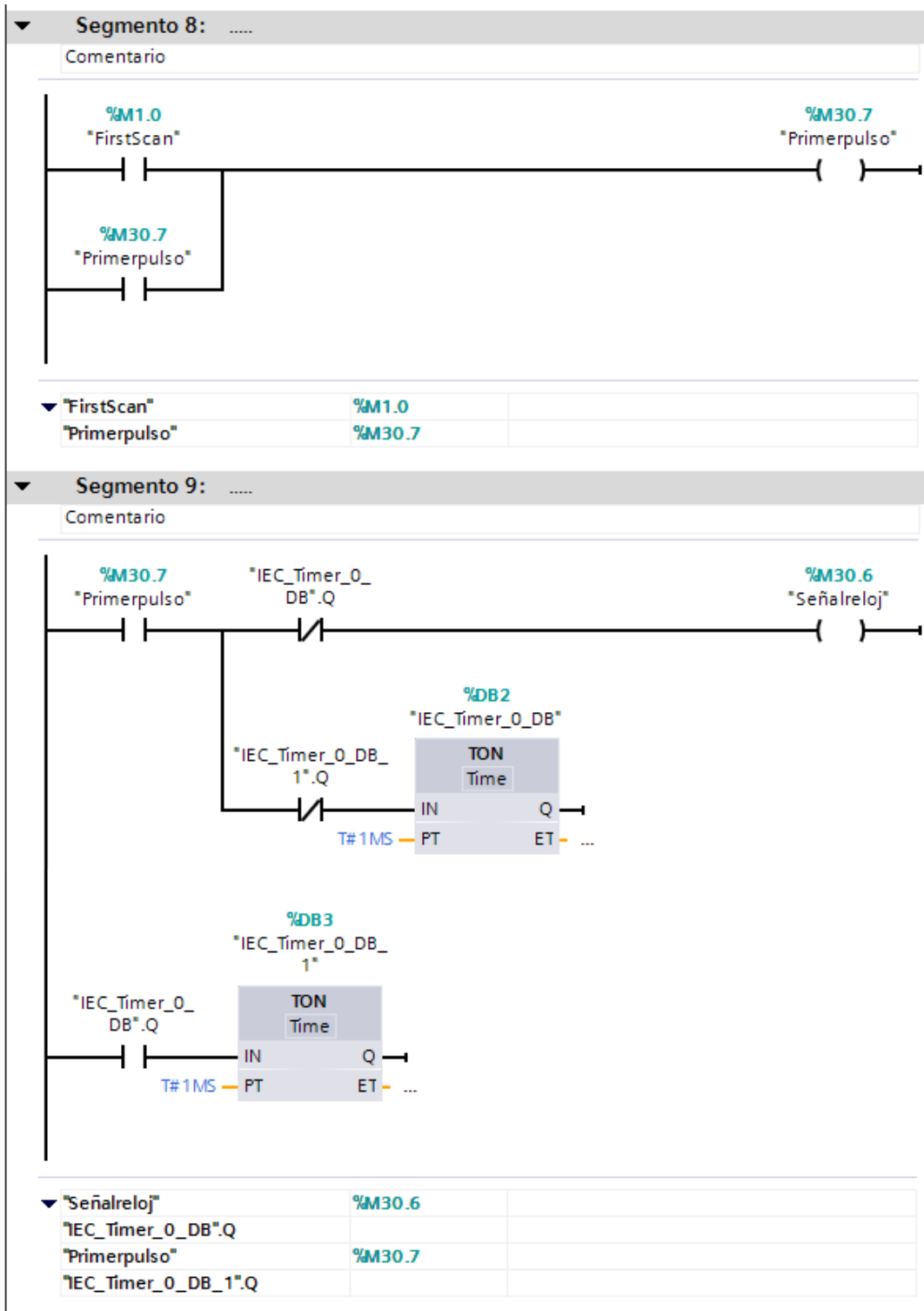


|             |        |  |
|-------------|--------|--|
| ▼ "Salida1" | %Q0.0  |  |
| "Salida2"   | %Q0.1  |  |
| "Salida3"   | %Q0.2  |  |
| "Salida4"   | %Q0.3  |  |
| "Salida5"   | %Q0.4  |  |
| "Alarma1"   | %MW212 |  |
| "Alarma2"   | %MW214 |  |
| "Alarma3"   | %MW216 |  |
| "Alarma4"   | %MW218 |  |
| "INICIAR"   | %MW220 |  |

▼ Segmento 7: .....  
Comentario

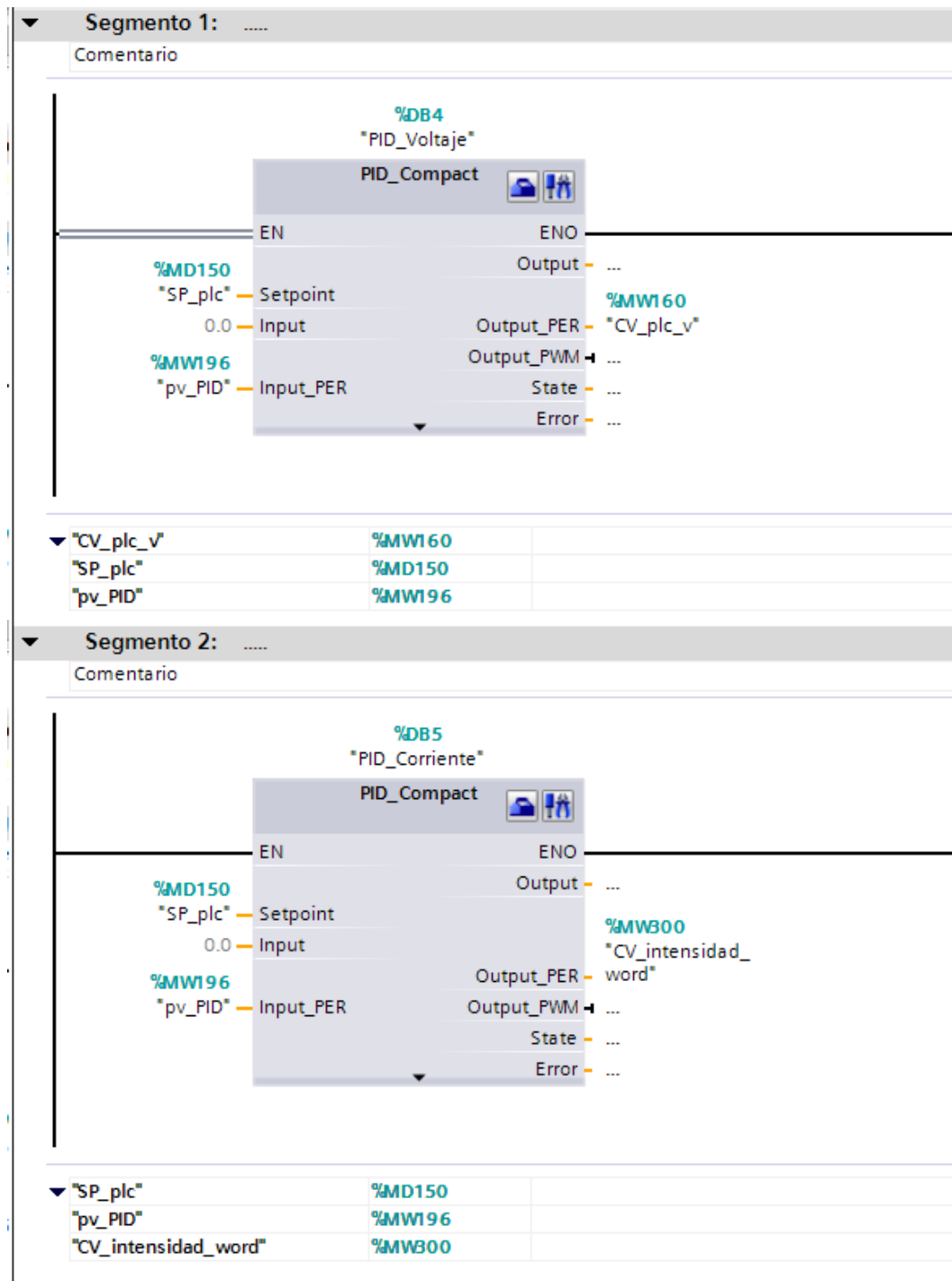


|              |        |  |
|--------------|--------|--|
| ▼ "MODO_R/W" | %MB15  |  |
| "Señalreloj" | %M30.6 |  |



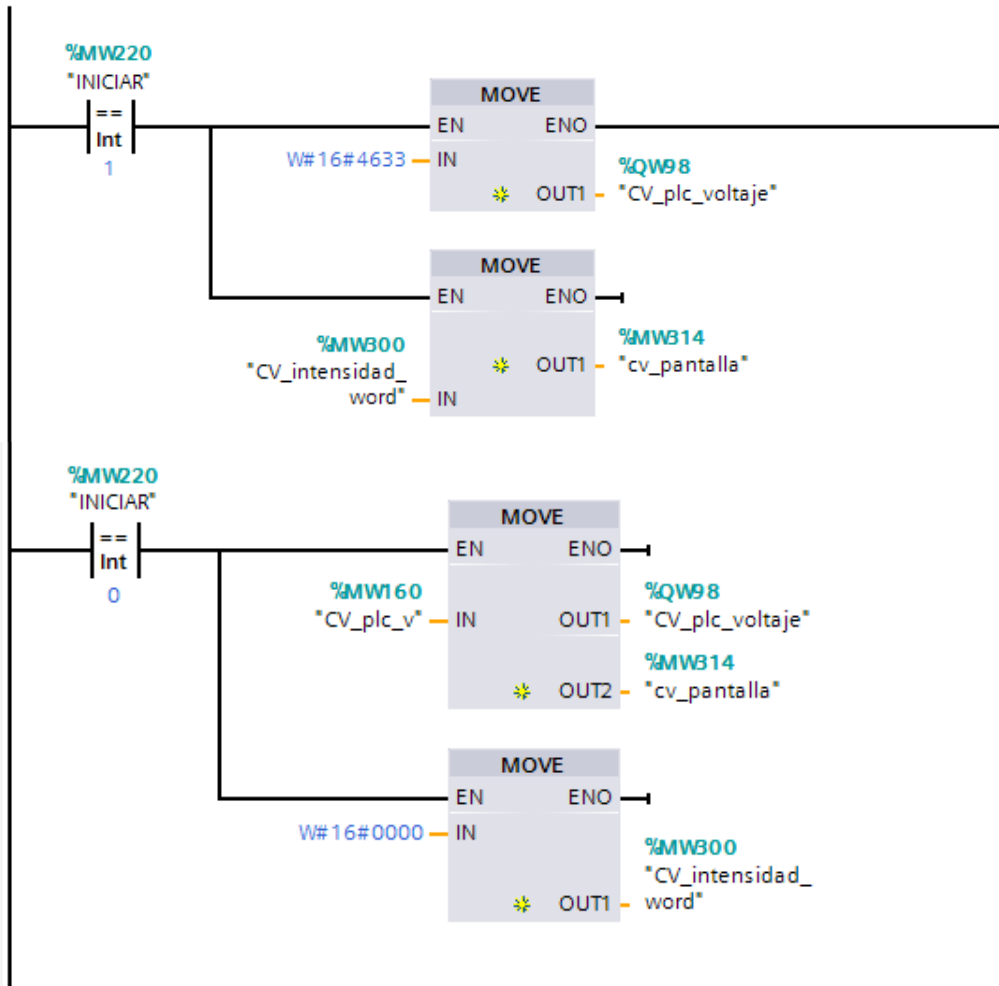


## BLOQUE DE PROGRAMACIÓN CYCLIC INTERRUPT



▼ Segmento 3: .....

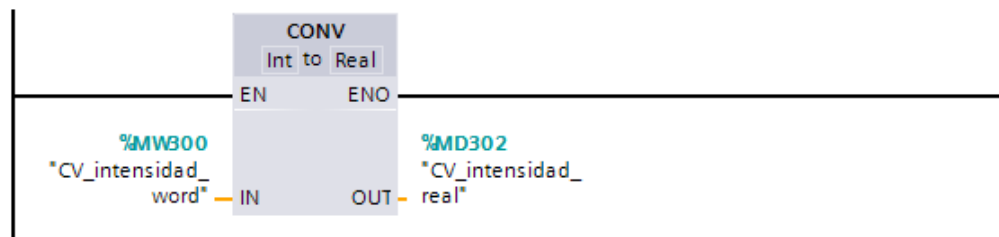
Comentario

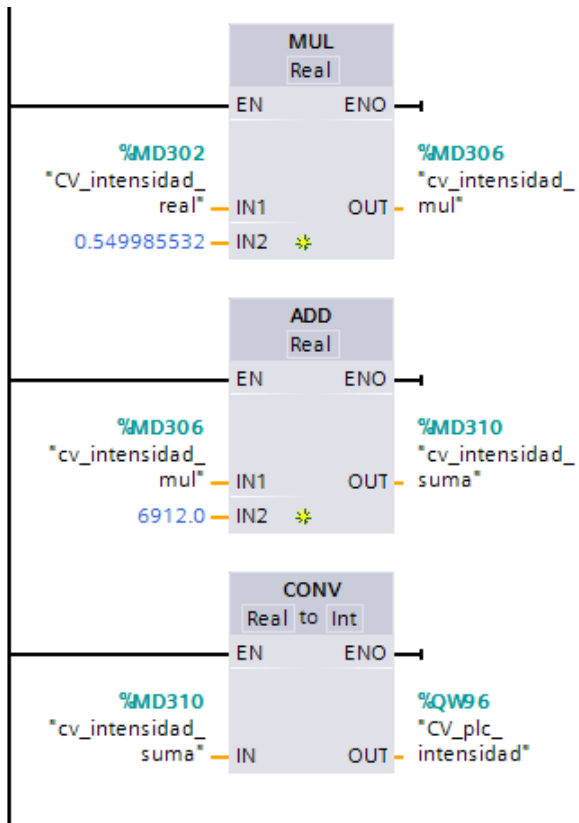


|                      |        |  |
|----------------------|--------|--|
| ▼ "CV_plc_v"         | %MW160 |  |
| "INICIAR"            | %MW220 |  |
| "CV_plc_voltaje"     | %QW98  |  |
| "CV_intensidad_word" | %MW300 |  |
| "cv_pantalla"        | %MW314 |  |

▼ Segmento 4: .....

Comentario

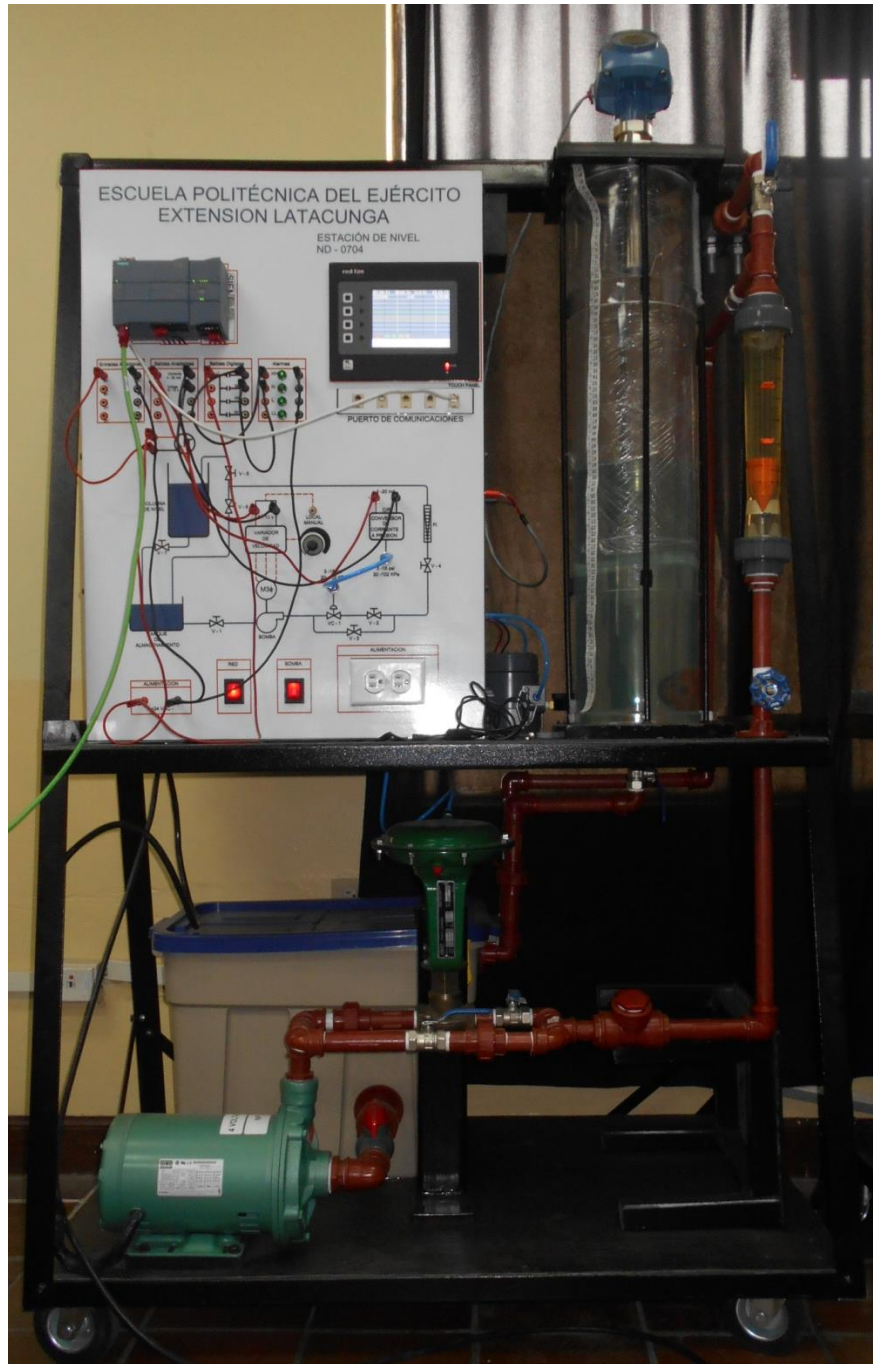




|                        |        |  |
|------------------------|--------|--|
| ▼ "CV_intensidad_word" | %MW800 |  |
| "CV_intensidad_real"   | %MD302 |  |
| "cv_intensidad_mul"    | %MD306 |  |
| "cv_intensidad_suma"   | %MD310 |  |
| "CV_plc_intensidad"    | %QW96  |  |

# ANEXO D

## GUÍAS DE PRÁCTICAS



## **PRÁCTICA Nº 1**

**TEMA:** CONTROL PROPORCIONAL CON VARIADOR DE FRECUENCIA

### **OBJETIVOS:**

- El objetivo de esta práctica es introducir al alumno al manejo de controladores del tipo de los que normalmente se encuentran en un gran número de instalaciones en la industria de procesos. Esta práctica constituye un paso más para conseguir el acercamiento del alumno a la práctica industrial, con el fin de establecer el nexo entre el desarrollo y diseño de controladores tipo proporcional y su programación, implementación e interacción con un sistema real, analizando todos los aspectos relacionados con la implementación práctica.
- Regular la variable nivel mediante el empleo de un control proporcional que opera automáticamente sobre el elemento final del lazo (variador de frecuencia).
- Analizar el comportamiento del sistema y sintonizar el parámetro adecuado del controlador proporcional ( $K_p$ ) que produce una disminución del error en la respuesta del sistema.
- Entender las ventajas e inconvenientes de incluir diferentes valores de la constante  $K_p$  a diferentes cambios de set point.

### **MARCO TEORICO:**

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a

partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre oscilación. Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación). La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa, en la figura se muestran las curvas de comportamiento del control proporcional de acuerdo a su ganancia.

La fórmula del proporcional está dada por:

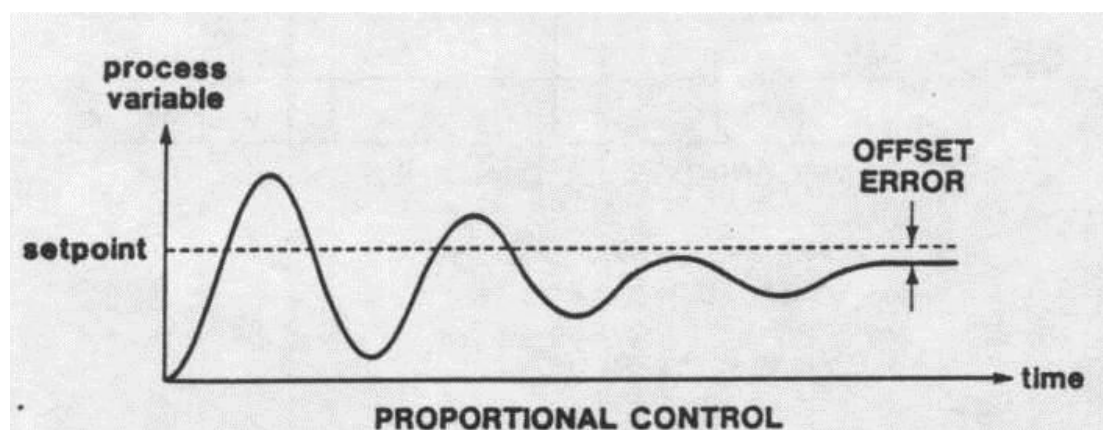
$$P_{sal} = K_p \cdot e(t)$$

**Donde:**

**P<sub>sal</sub>**: control proporcional de salida.

**K<sub>p</sub>**: constante proporcional.

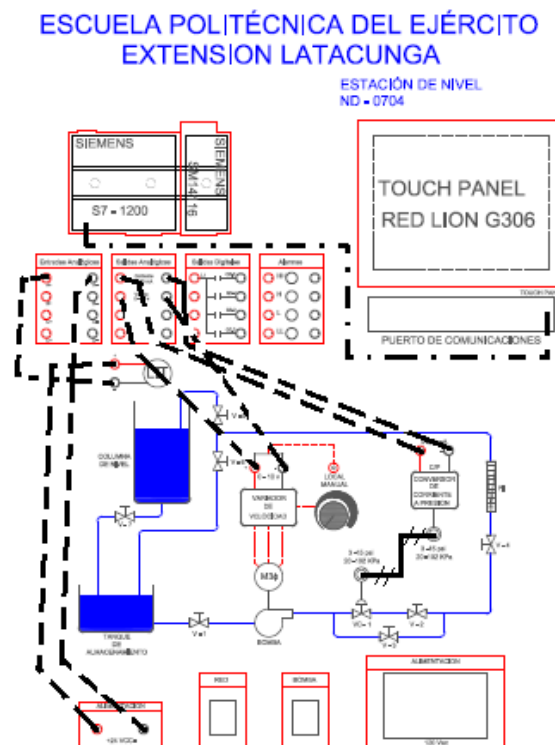
**e(t)**: señal de error.



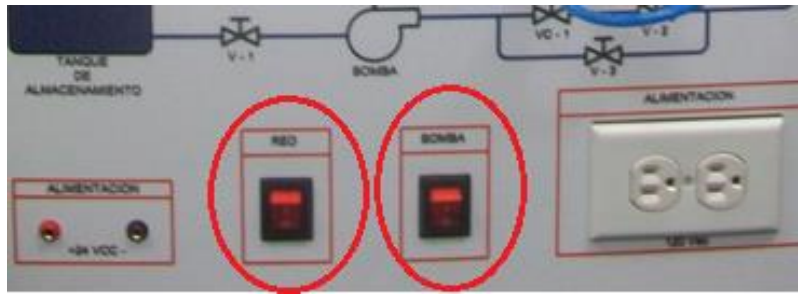
## DESARROLLO:

Para realizar la práctica en el módulo de nivel se deber realizar los siguientes pasos:

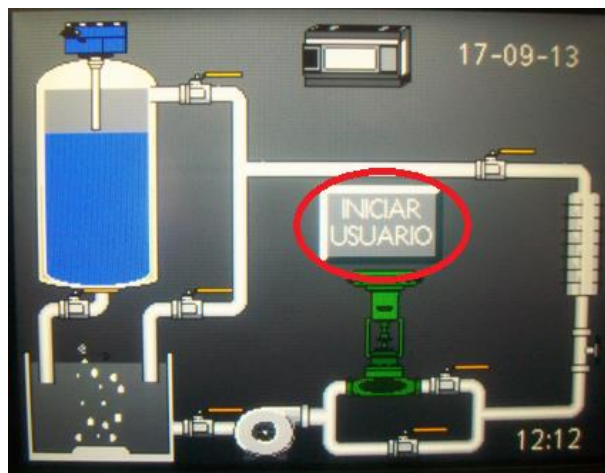
1. Se realizan las conexiones del transmisor con las entradas del modulo de señales analógicas del PLC, la pantalla táctil con el PLC, el variador de frecuencia con las salidas del módulo de señales analógicas en el panel frontal como se indica en la siguiente figura.



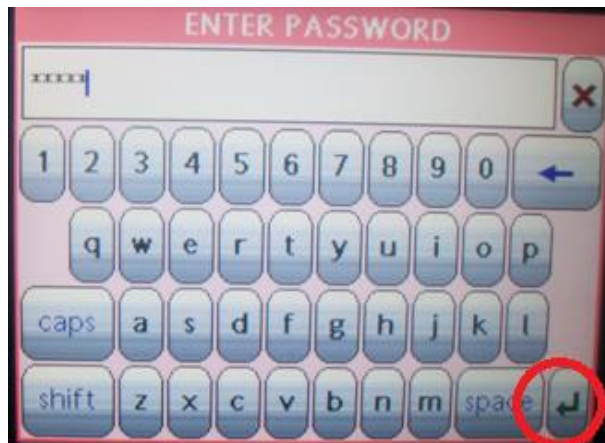
2. Ajustar las válvulas del sistema. V-1 abierta, V-2 cerrada, V-3 abierta, V-4 regulación del flujo de agua (nunca cerrada al 100%), V-5 abierta, V-6 perturbación, V-7 regulación de vaciado de la columna de nivel.
3. Encender el módulo y la bomba para que el sistema se energice.



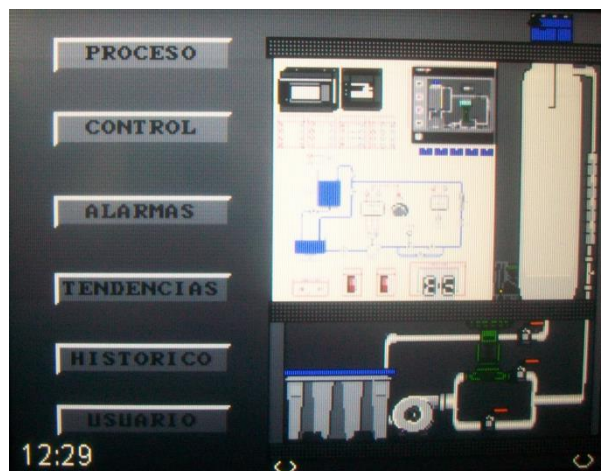
4. Iniciar un usuario para poder tener acceso a los parámetros en este caso se iniciar el usuario “administrador” con la contraseña “admin” en la pantalla táctil.



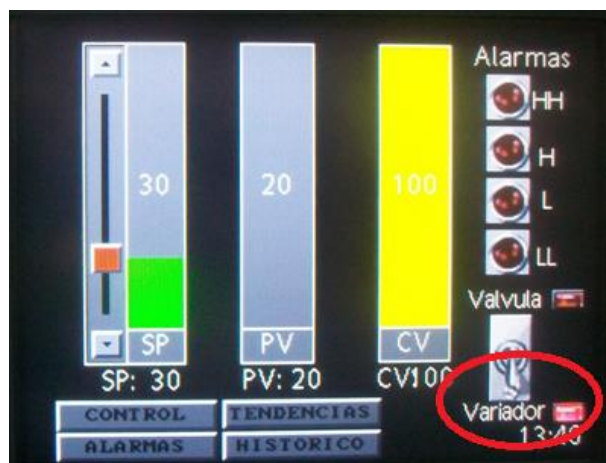
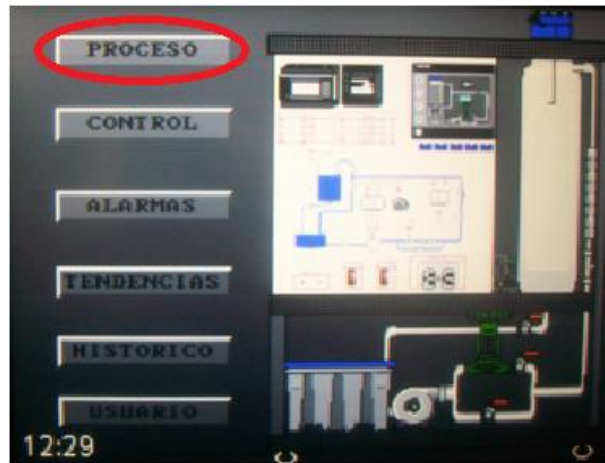




5. Iniciado el usuario, ir al menú principal



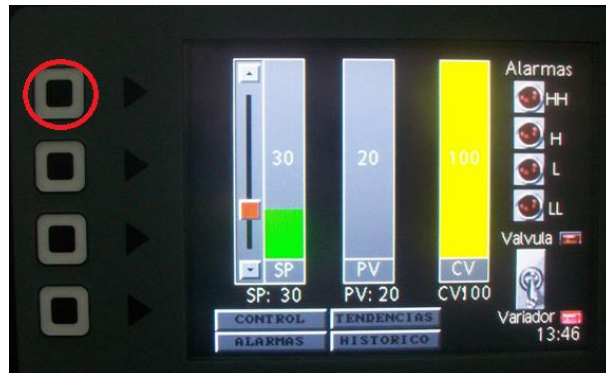
6. Seleccionar PROCESO, elegir el tipo de actuador a utilizar en este caso el variador.



7. Fijar el Set Point (SP) deseado.

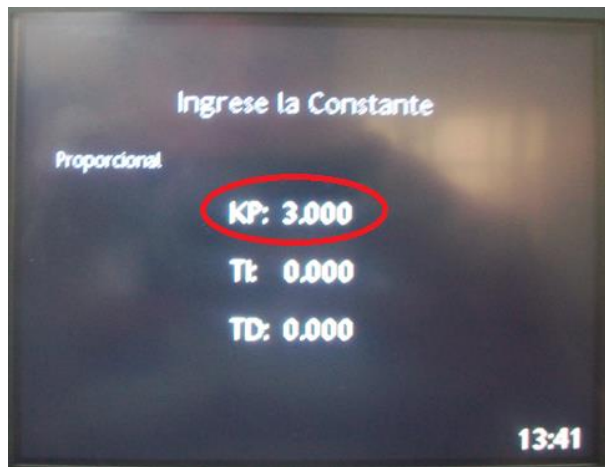


8. Regresar al menú

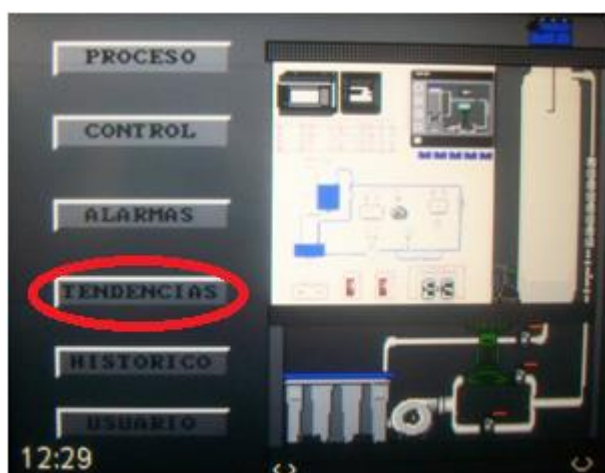


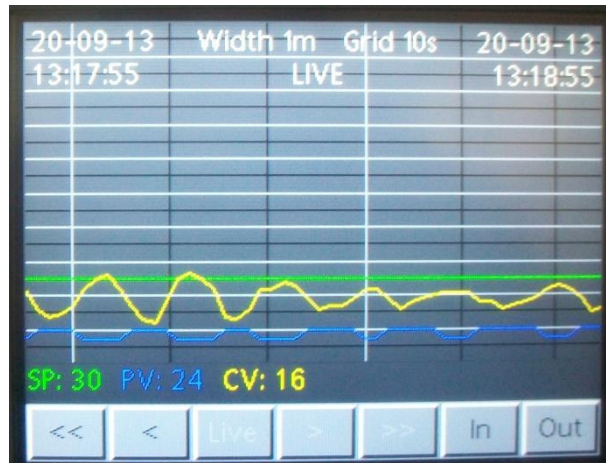
9. Seleccionar el tipo de control, en este caso un control proporcional e ingresar el valor de la constante Kp.



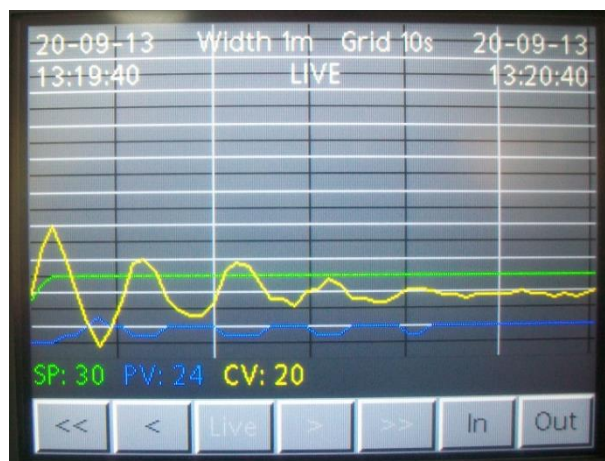


10. Regresar a menú principal y seleccionar TENDENCIAS para observar el comportamiento del sistema.

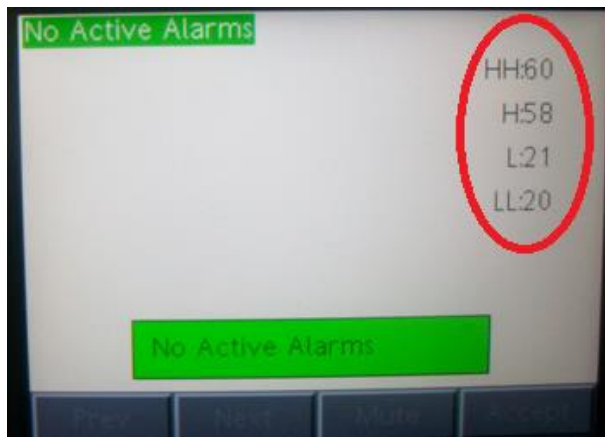




11. Si el sistema no se ha estabilizado repetir desde el paso 9 dando diferentes valores de la constante  $K_p$  y perturbaciones con la válvula V-6 hasta que el sistema se estabilice, se debe tomar en cuenta que el sistema tendrá un error de estado estable y si se utiliza una constante  $K_p$  muy alta el control se convierte en un control ON/OFF y será muy inestable.
12. Si el sistema se ha estabilizado con un error de estado estable, se procede a definir los valores de las alarmas, se debe regresar al menú principal, ahí se selecciona ALARMAS en esta pantalla se ingresa los valores de las 4 alarmas.





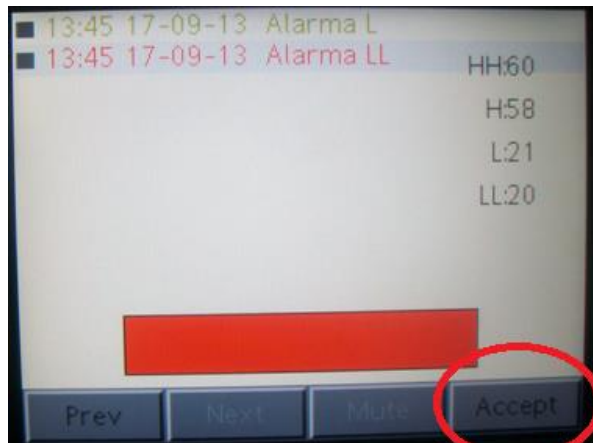


13. Si se activará alguna alarma la pantalla parpadea, se activará una alarma sonora y las lámparas indicadoras se encenderán según la alarma activada.

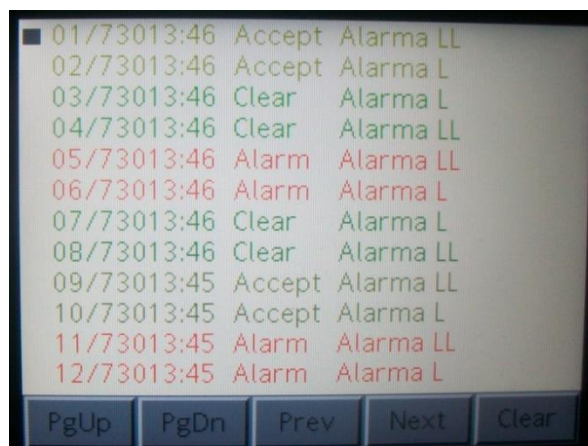




14. Para hacer el reconocimiento de las alarmas activadas se lo realiza desde la pantalla de ALARMAS.



15. Para ver todo el historial de los eventos ocurridos en el proceso se debe dirigir desde el menú principal a la pantalla HISTÓRICOS.



## PRÁCTICA Nº 2

**TEMA:** CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO (PID)  
CON UN VARIADOR DE FRECUENCIA

### **OBJETIVOS:**

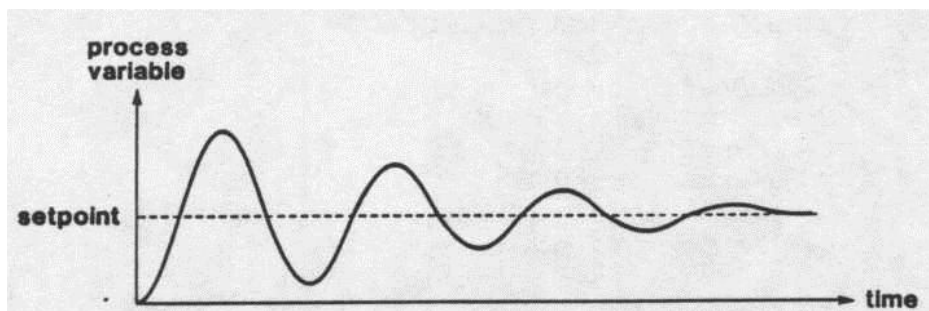
- El objetivo de esta práctica es introducir al alumno al manejo de controladores del tipo de los que normalmente se encuentran en un gran número de instalaciones en la industria de procesos. Esta práctica constituye un paso más para conseguir el acercamiento del alumno a la práctica industrial, con el fin de establecer el nexo entre el desarrollo y diseño de controladores tipo proporcional integral derivativo (PID) y su programación, implementación e interacción con un sistema real, analizando todos los aspectos relacionados con la implementación práctica.
- Regular la variable nivel mediante el empleo de un control proporcional integral derivativo (PID) que opera automáticamente sobre el elemento final del lazo (variador de frecuencia).
- Analizar el comportamiento del sistema y sintonizar los parámetros adecuados del controlador proporcional integral derivativos ( $K_P$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ) de manera que se cumplan los requisitos impuestos tanto en el régimen transitorio como en el permanente.
- Entender las ventajas e inconvenientes de incluir diferentes valores de las constantes ( $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ) a diferentes cambios de set point.

### **MARCO TEORICO:**

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que se utiliza en sistemas de control industriales. Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo del control PID se



da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a una bomba. Ajustando estas tres constantes en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "setpoint", y el grado de oscilación del sistema.



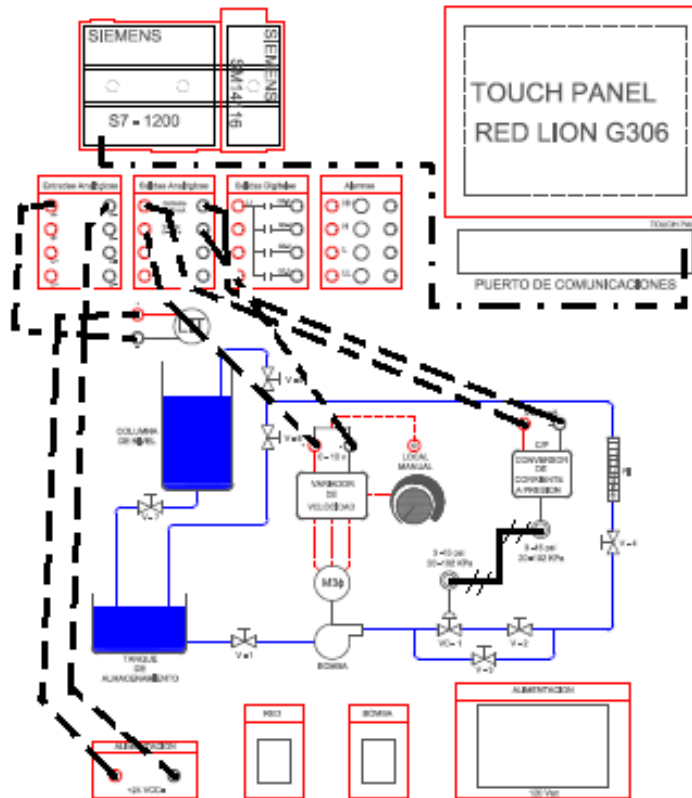
#### **DESARROLLO:**

Para realizar la práctica en el módulo de nivel se deber realizar los siguientes pasos:

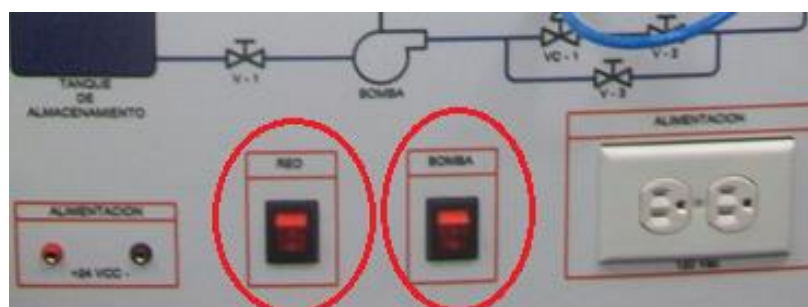
1. Se realizan las conexiones del transmisor con las entradas del modulo de señales analógicas del PLC, la pantalla táctil con el PLC, el variador de frecuencia con las salidas del módulo de señales analógicas en el panel frontal como se indica en la siguiente figura.

## ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSION LATACUNGA

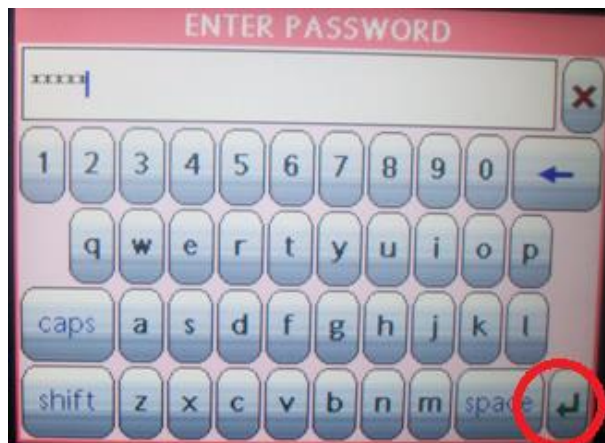
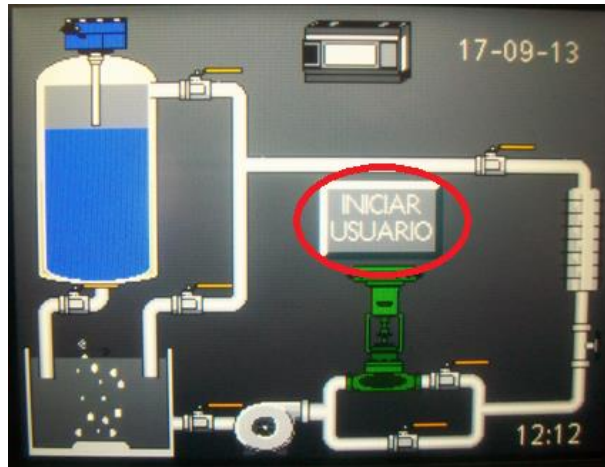
ESTACIÓN DE NIVEL  
ND - 0704



2. Ajustar las válvulas del sistema. V-1 abierta, V-2 cerrada, V-3 abierta, V-4 regulación del flujo de agua (nunca cerrada al 100%), V-5 abierta, V-6 perturbación, V-7 regulación de vaciado de la columna de nivel.
3. Encender el módulo y la bomba para que el sistema se energice.



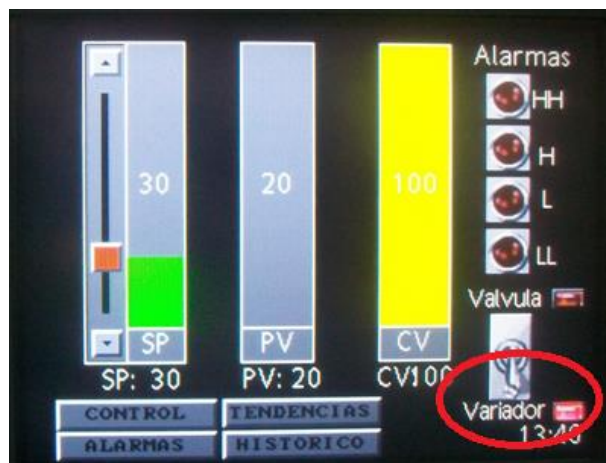
4. Iniciar un usuario para poder tener acceso a los parámetros en este caso se inician el usuario “administrador” con la contraseña “admin” en la pantalla táctil.



5. Iniciado el usuario, ir al menú principal



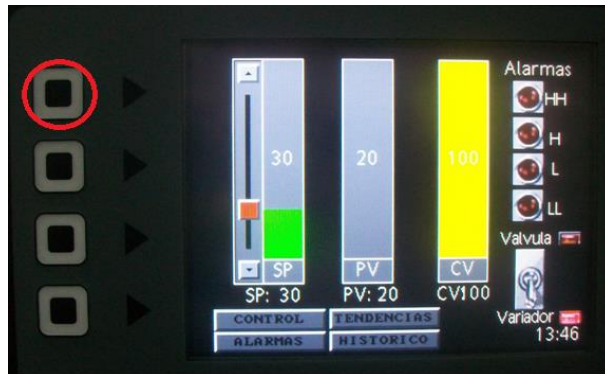
6. Seleccionar PROCESO, elegir el tipo de actuador a utilizar en este caso el variador.



7. Fijar el Set Point (SP) deseado.



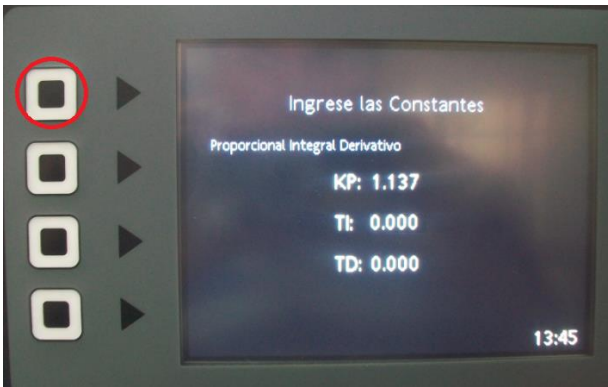
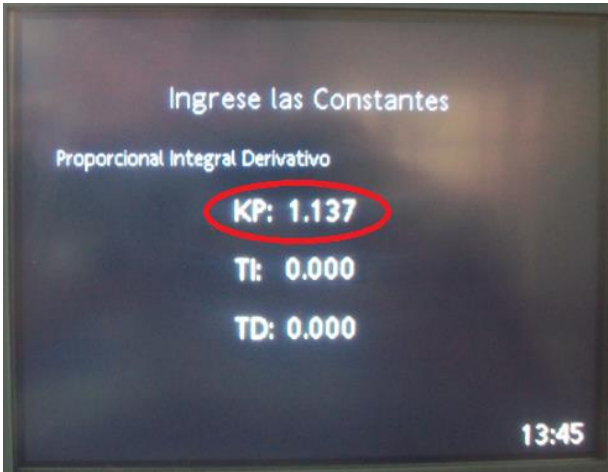
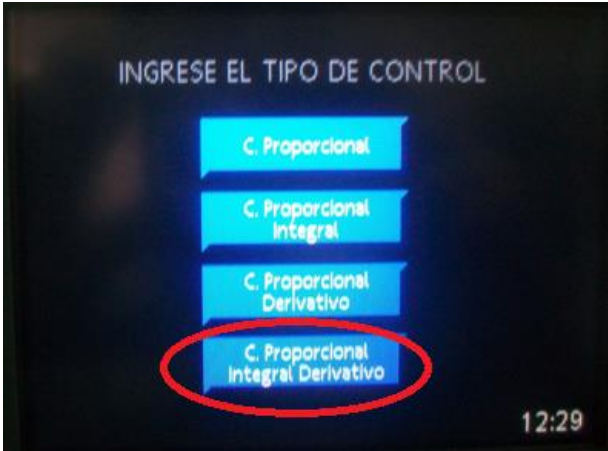
8. Regresar al menú

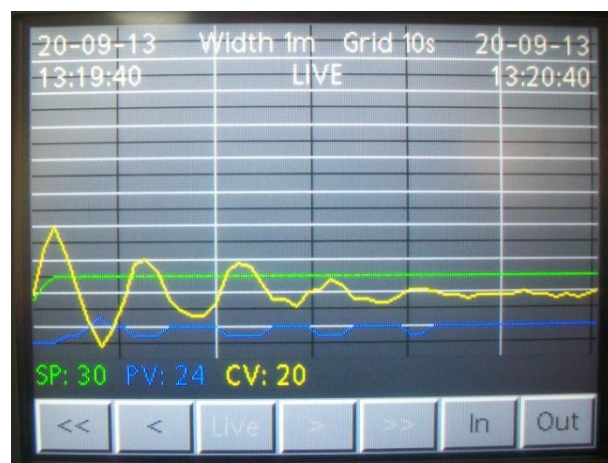
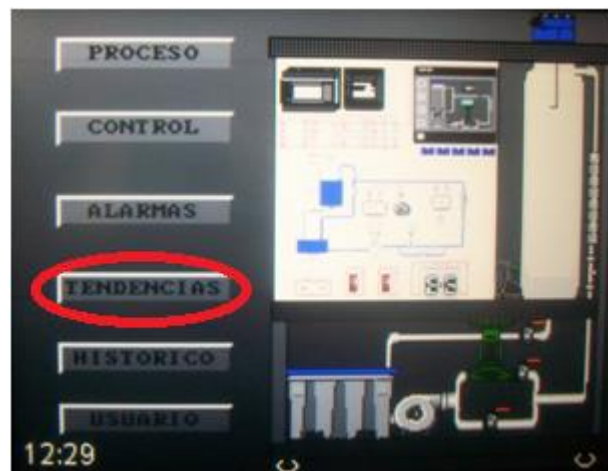


9. Seleccionar el tipo de control, en este caso un control Proporcional Integral Derivativo e ingresar el valor de la constante  $K_p$  y monitorear el comportamiento del sistema en la pantalla de TENDENCIAS, modificar el valor de  $K_P$  y dar perturbaciones con la válvula V-6 hasta que el sistema se estabilice con un error de estado estable.



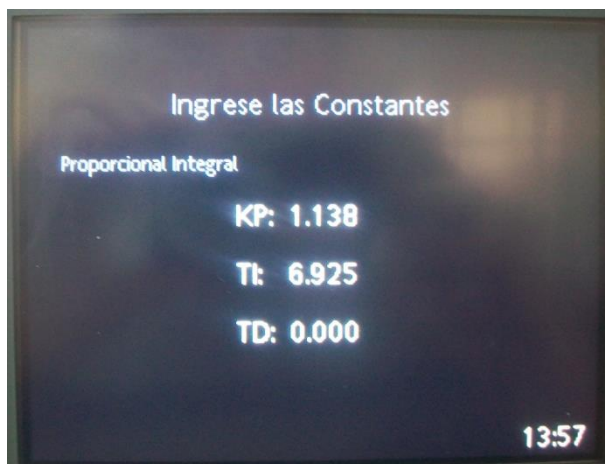
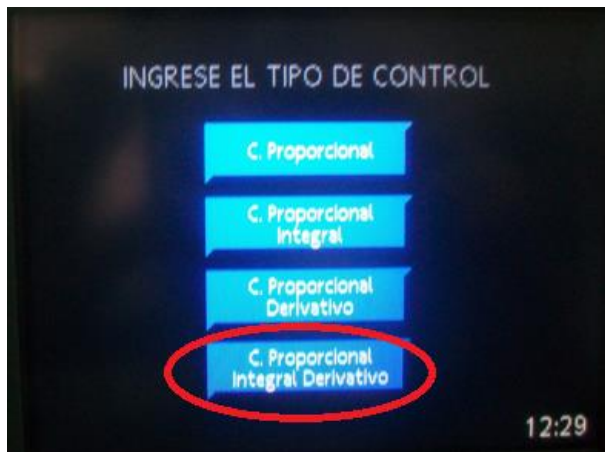


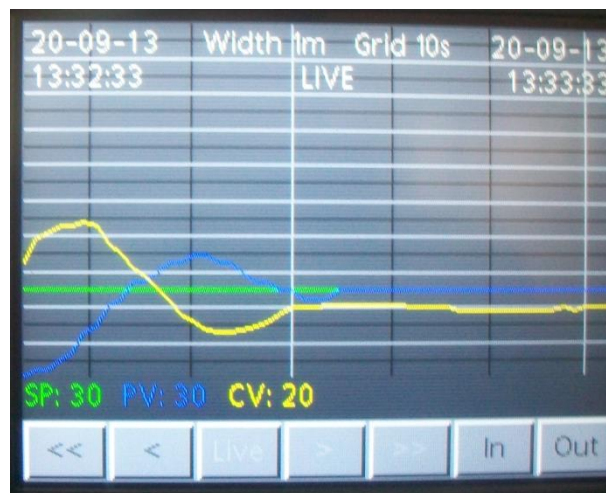
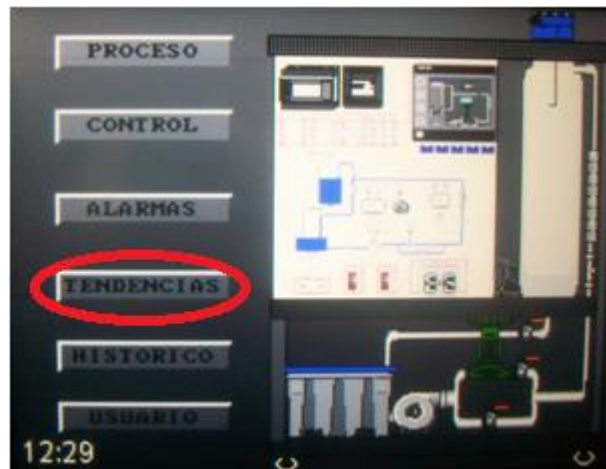




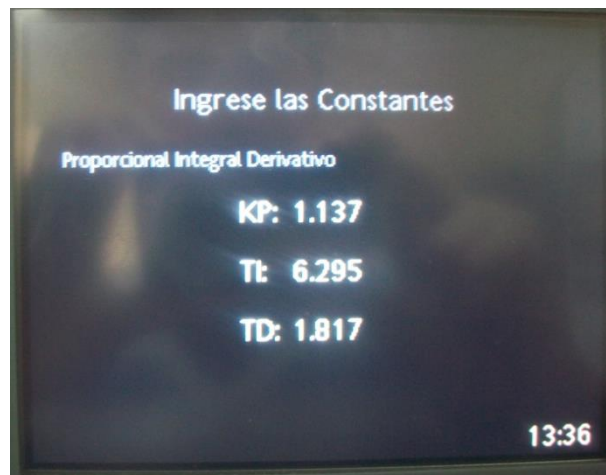
10. Si el sistema se ha estabilizado con un error de estado estable, se procede a dar valores a la constante integral  $K_i$  desde la pantalla de CONTROL, incrementado poco a poco hasta que el sistemas elimine el error de estado estable y dando perturbaciones al sistema con la válvula V-6.





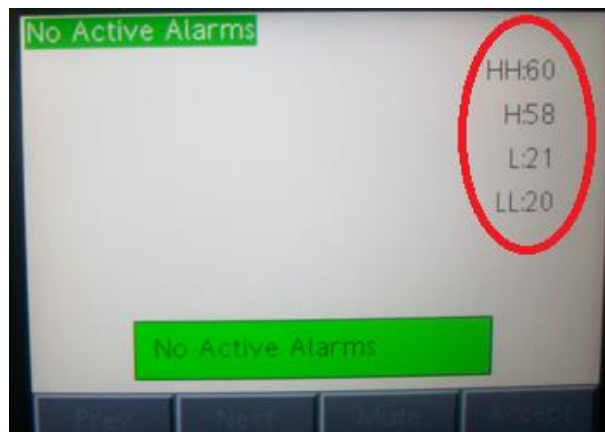


11. Cuando el error de estado estable sea eliminado, se procede a dar valores a la constante derivativa  $K_d$  desde la pantalla de CONTROL, incrementado poco a poco y dando perturbaciones con la válvula V-6 hasta que la constante derivativa compense rápidamente la perturbación evitando y adelantándose a los cambios bruscos en el proceso.

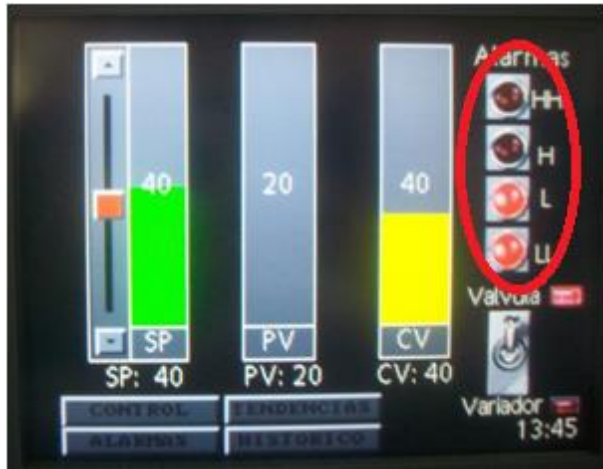


12. Si el sistema ya se a sintonizado, se procede a definir los valores de las alarmas, se debe regresar al menú principal, ahí

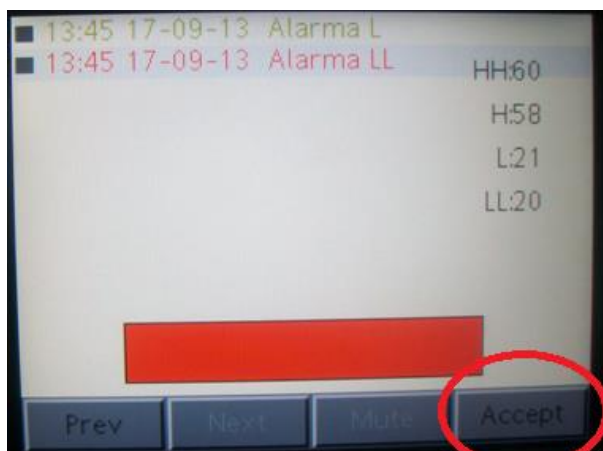
se seleccionan las ALARMAS en esta pantalla se ingresa los valores de las 4 alarmas.



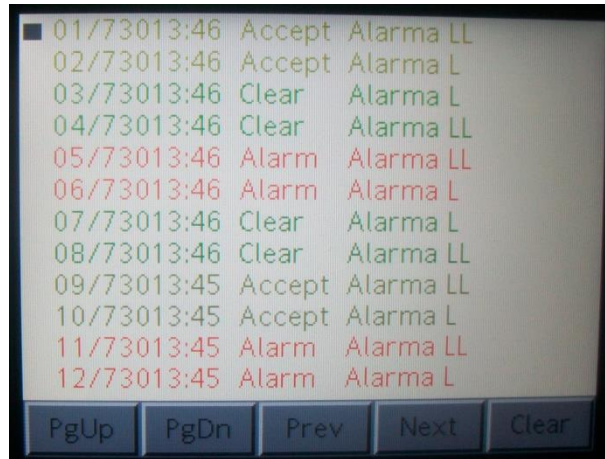
13. Si se activará alguna alarma la pantalla parpadea, se activará una alarma sonora y las lámparas indicadoras se encenderán según la alarma activada.



14. Para hacer el reconocimiento de las alarmas activadas se lo realiza desde la pantalla de ALARMAS.



15. Para ver todo el historial de los eventos ocurridos en el proceso se debe dirigir desde el menú principal a la pantalla HISTÓRICOS.



## PRÁCTICA Nº 3

**TEMA:** CONTROL PROPORCIONAL CON UNA VÁLVULA PROPORCIONAL NEUMÁTICA

### **OBJETIVOS:**

- El objetivo de esta práctica es introducir al alumno al manejo de controladores del tipo de los que normalmente se encuentran en un gran número de instalaciones en la industria de procesos. Esta práctica constituye un paso más para conseguir el acercamiento del alumno a la práctica industrial, con el fin de establecer el nexo entre el desarrollo y diseño de controladores tipo proporcional y su programación, implementación e interacción con un sistema real, analizando todos los aspectos relacionados con la implementación práctica.
- Regular la variable nivel mediante el empleo de un control proporcional que opera automáticamente sobre el elemento final del lazo (válvula proporcional neumática).
- Analizar el comportamiento del sistema y sintonizar el parámetro adecuado del controlador proporcional ( $K_p$ ) que produce una disminución del error en la respuesta del sistema.
- Entender las ventajas e inconvenientes de incluir diferentes valores de la constante  $K_p$  a diferentes cambios de set point.

### **MARCO TEORICO:**

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a



partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre oscilación. Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación). La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa, en la figura se muestran las curvas de comportamiento del control proporcional de acuerdo a su ganancia.

La fórmula del proporcional está dada por:

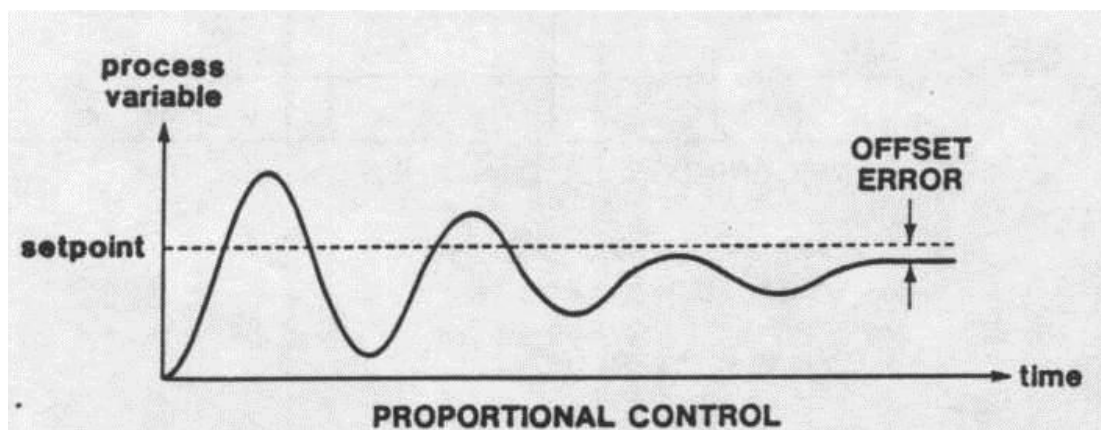
$$P_{sal} = K_p \cdot e(t)$$

**Donde:**

**P<sub>sal</sub>**: control proporcional de salida.

**K<sub>p</sub>**: constante proporcional.

**e(t)**: señal de error.

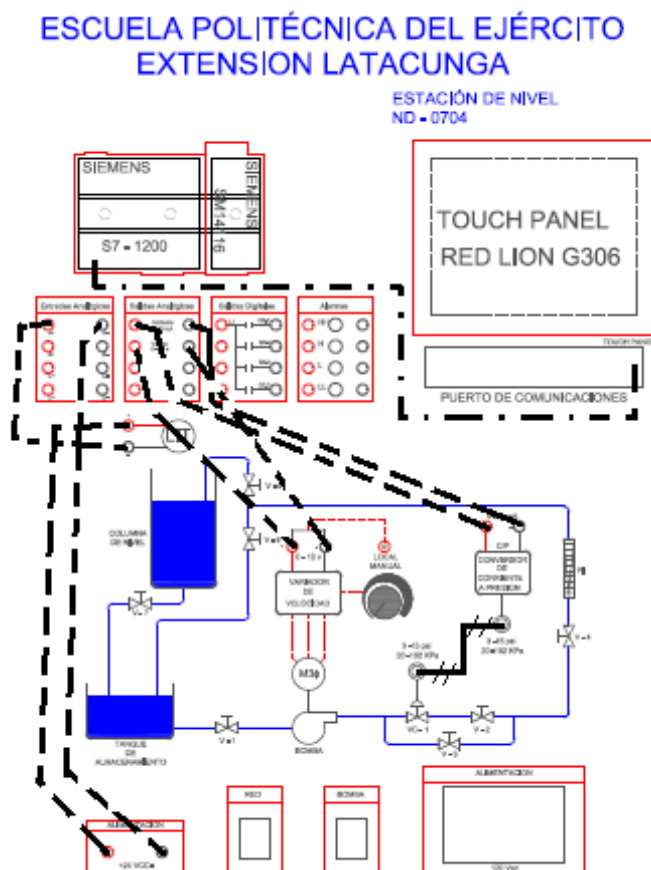




## DESARROLLO:

Para realizar la práctica en el módulo de nivel se deber realizar los siguientes pasos:

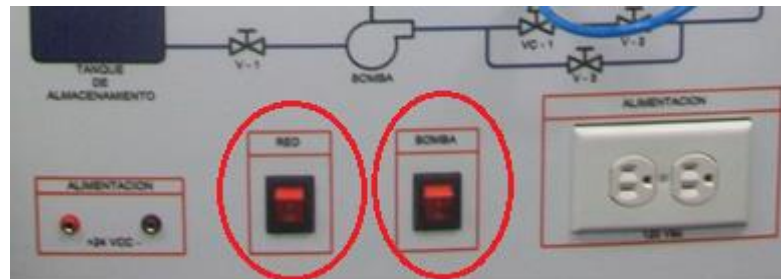
1. Se realizan las conexiones del transmisor con las entradas del modulo de señales analógicas del PLC, la pantalla táctil con el PLC, el variador de frecuencia y el convertor de corriente a presión con las salidas del módulo de señales analógicas, la conexión neumática entre la válvula y el convertor de corriente a presión en el panel frontal como se indica en la siguiente figura.



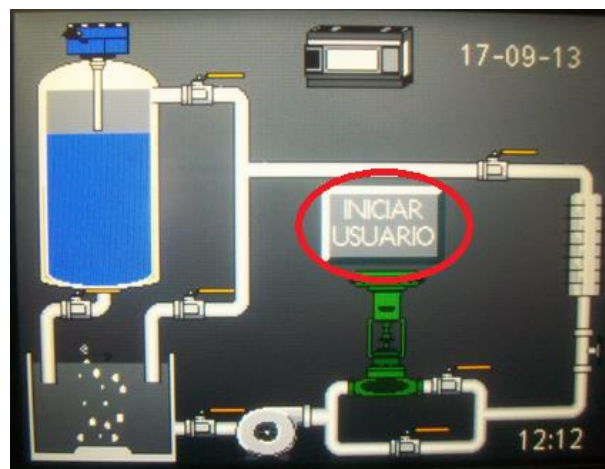
2. Ajustar las válvulas del sistema. V-1 abierta, V-2 abierta, V-3 cerrada, V-4 regulación del flujo de agua (nunca cerrada al

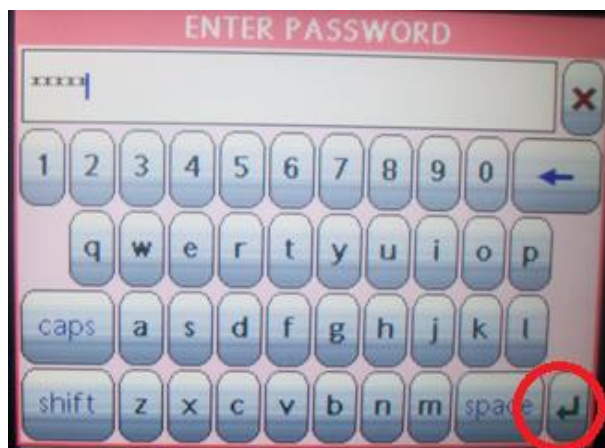
100%), V-5 abierta, V-6 perturbación, V-7 regulación de vaciado de la columna de nivel.

3. Encender el módulo y la bomba para que el sistema se energice.



4. Iniciar un usuario para poder tener acceso a los parámetros en este caso se inician el usuario "administrador" con la contraseña "admin" en la pantalla táctil.





5. Iniciado el usuario, ir al menú principal

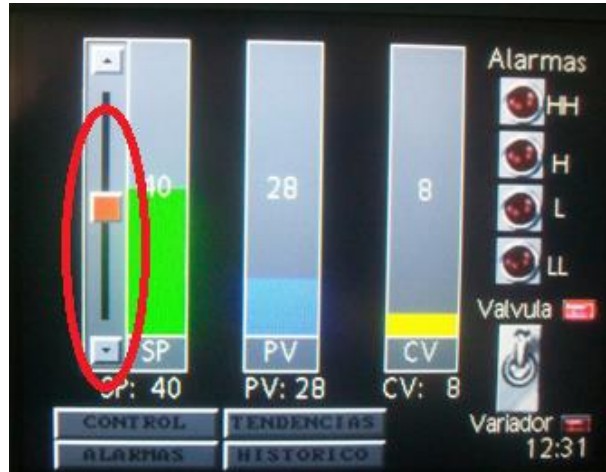




6. Seleccionar PROCESO, elegir el tipo de actuador a utilizar en este caso la válvula.



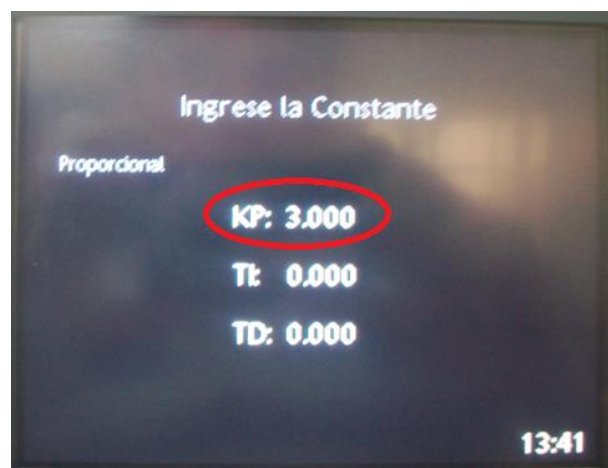
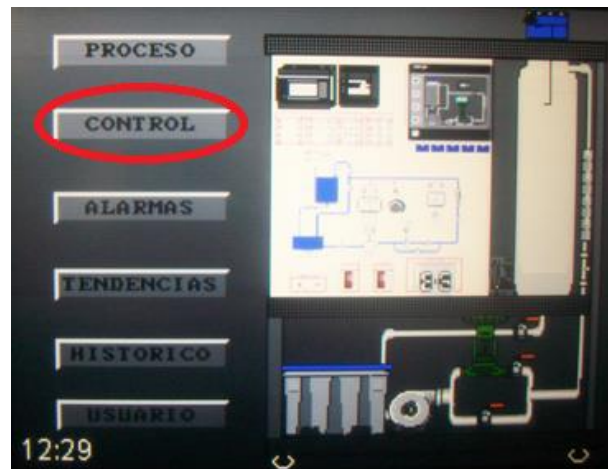
7. Fijar el Set Point (SP) deseado.



8. Regresar al menú

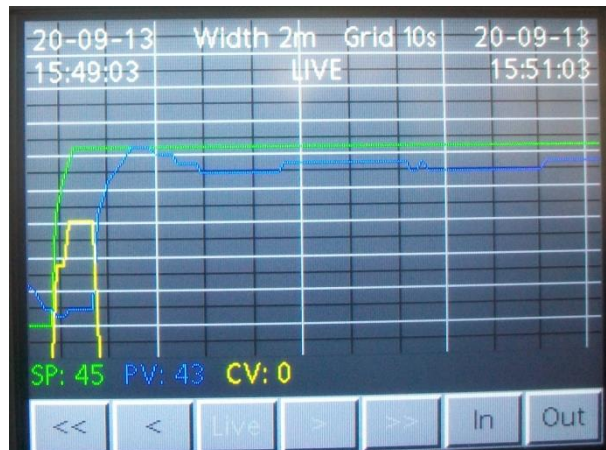


9. Seleccionar el tipo de control, en este caso un control proporcional e ingresar el valor de la constante  $K_p$ .



10. Regresar a menú principal y seleccionar TENDENCIAS para observar el comportamiento del sistema.

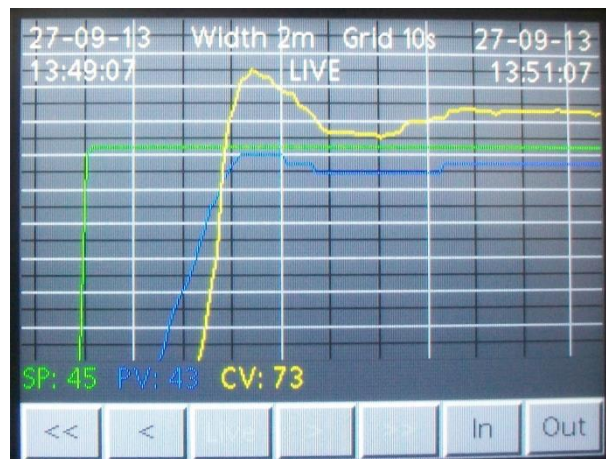




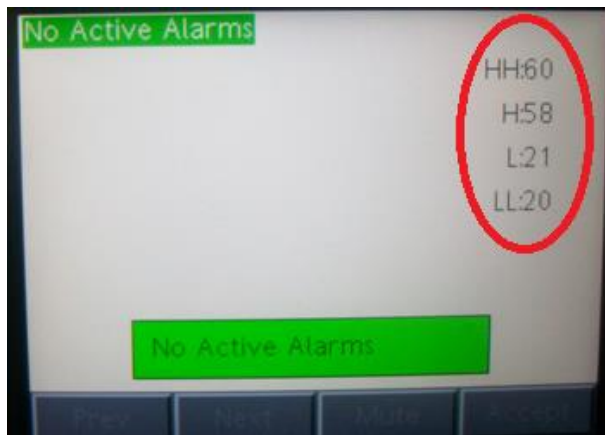
11. Si el sistema no se ha estabilizado repetir desde el paso 9 dando diferentes valores de la constante  $K_p$  y perturbaciones con la válvula V-6 hasta que el sistema se estabilice, se debe tomar en cuenta que el sistema tendrá un error de estado estable y si

se utiliza una constante  $K_p$  muy alta el control se convierte en un control ON/OFF y será muy inestable.

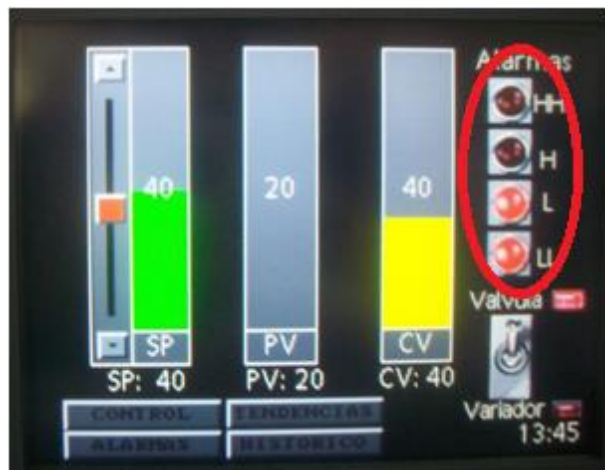
12. Si el sistema se ha estabilizado con un error de estado estable, se procede a definir los valores de las alarmas, se debe regresar al menú principal, ahí se selecciona ALARMAS en esta pantalla se ingresa los valores de las 4 alarmas.



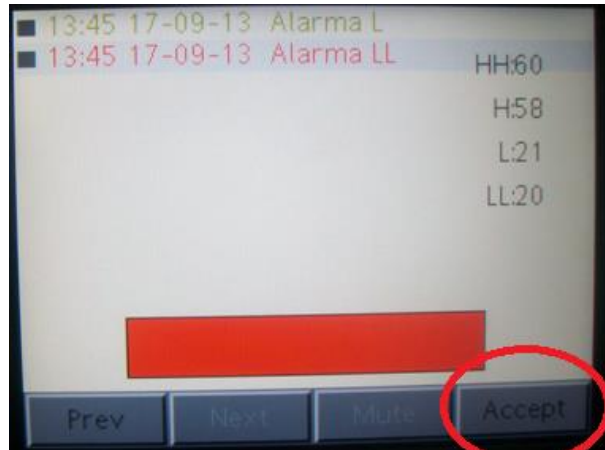




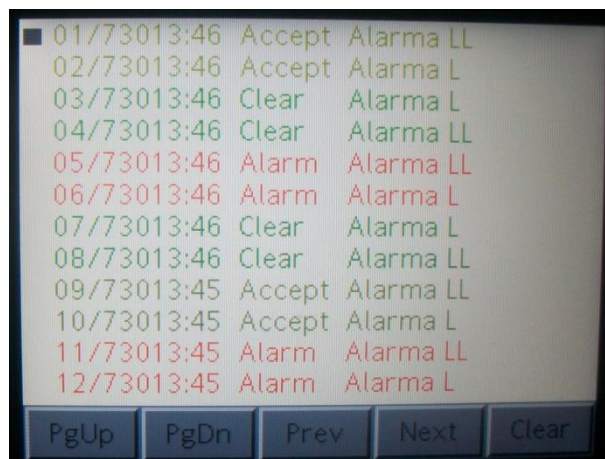
13. Si se activará alguna alarma la pantalla parpadea, se activará una alarma sonora y las lámparas indicadores se encenderán según la alarma activada.



14. Para hacer el reconocimiento de las alarmas activadas se lo realiza desde la pantalla de ALARMAS.



15. Para ver todo el historial de los eventos ocurridos en el proceso se debe dirigir desde el menú principal a la pantalla HISTÓRICOS.



## PRÁCTICA Nº 4

**TEMA:** CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO (PID)  
CON UNA VÁLVULA PROPORCIONAL NEUMÁTICA

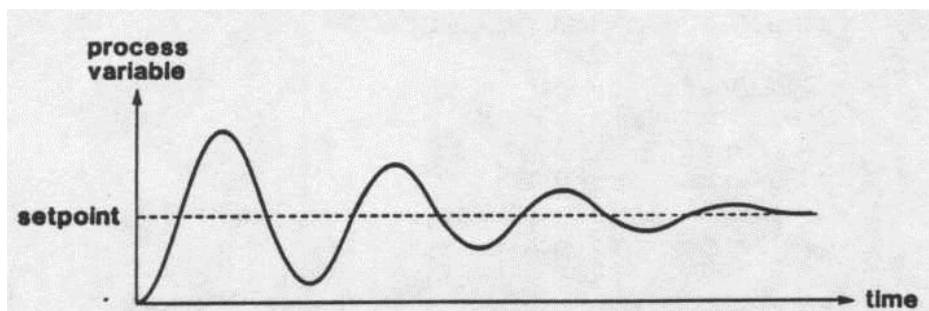
### **OBJETIVOS:**

- El objetivo de esta práctica es introducir al alumno al manejo de controladores del tipo de los que normalmente se encuentran en un gran número de instalaciones en la industria de procesos. Esta práctica constituye un paso más para conseguir el acercamiento del alumno a la práctica industrial, con el fin de establecer el nexo entre el desarrollo y diseño de controladores tipo proporcional integral derivativo (PID) y su programación, implementación e interacción con un sistema real, analizando todos los aspectos relacionados con la implementación práctica.
- Regular la variable nivel mediante el empleo de un control proporcional integral derivativo (PID) que opera automáticamente sobre el elemento final del lazo (válvula proporcional neumática).
- Analizar el comportamiento del sistema y sintonizar los parámetros adecuados del controlador proporcional integral derivativos ( $K_P$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ) de manera que se cumplan los requisitos impuestos tanto en el régimen transitorio como en el permanente.
- Entender las ventajas e inconvenientes de incluir diferentes valores de las constantes ( $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ ) a diferentes cambios de setpoint.

### **MARCO TEORICO:**

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que se utiliza en sistemas de control industriales. Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo del control PID se

da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a una bomba. Ajustando estas tres constantes en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "*setpoint*", y el grado de oscilación del sistema.



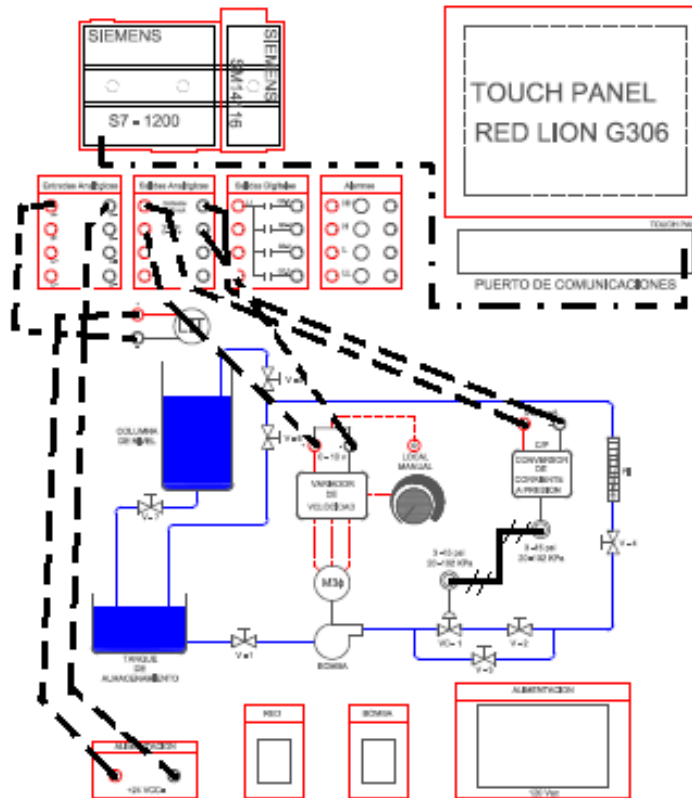
### **DESARROLLO:**

Para realizar la práctica en el módulo de nivel se deber realizar los siguientes pasos:

1. Se realizan las conexiones del transmisor con las entradas del modulo de señales analógicas del PLC, la pantalla táctil con el PLC, el variador de frecuencia y el conversor de corriente a presión con las salidas del módulo de señales analógicas, la conexión neumática entre la válvula y el conversor de corriente a presión en el panel frontal como se indica en la siguiente figura.

## ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSION LATACUNGA

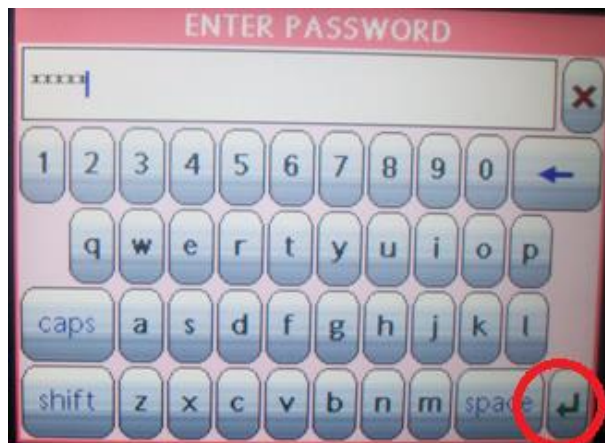
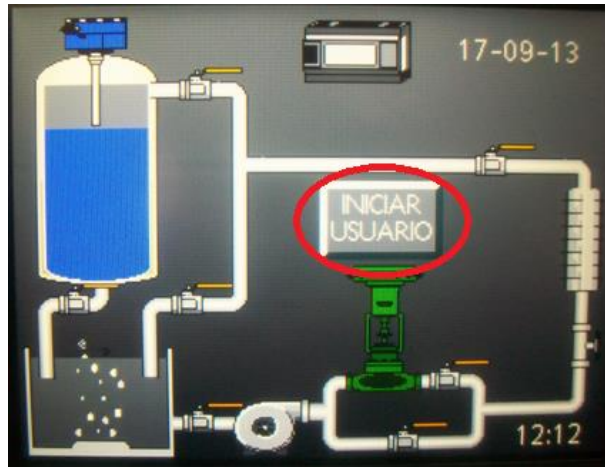
ESTACIÓN DE NIVEL  
ND - 0704



2. Ajustar las válvulas del sistema. V-1 abierta, V-2 abierta, V-3 cerrada, V-4 regulación del flujo de agua (nunca cerrada al 100%), V-5 abierta, V-6 perturbación, V-7 regulación de vaciado de la columna de nivel.
3. Encender el módulo y la bomba para que el sistema se energice.



4. Iniciar un usuario para poder tener acceso a los parámetros en este caso se inician el usuario “administrador” con la contraseña “admin” en la pantalla táctil.



5. Iniciado el usuario, ir al menú principal



6. Seleccionar PROCESO, elegir el tipo de actuador a utilizar en este caso la válvula.





7. Fijar el Set Point (SP) deseado.



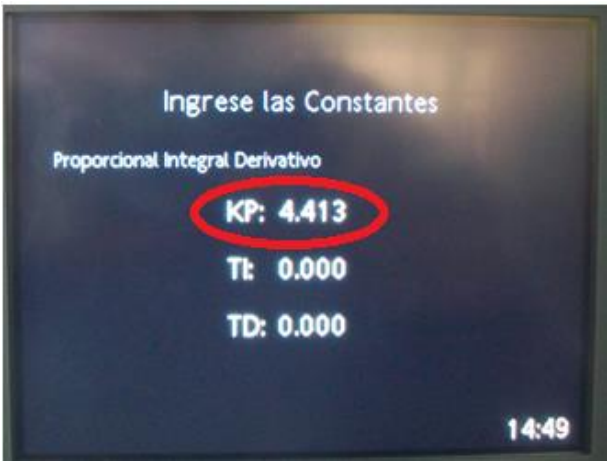
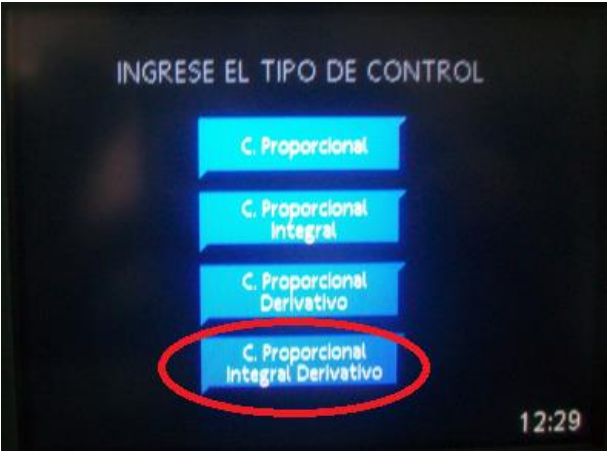
8. Regresar al menú

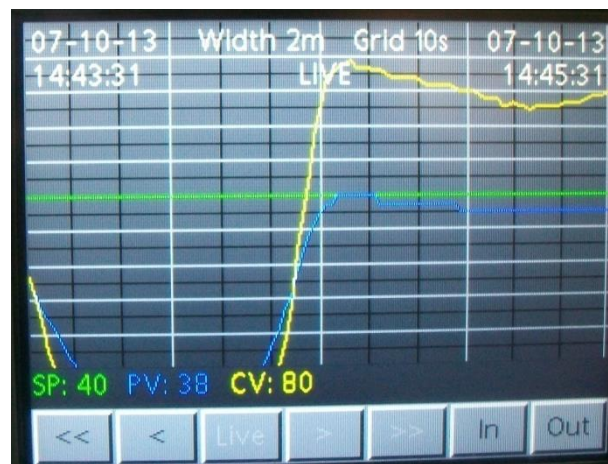




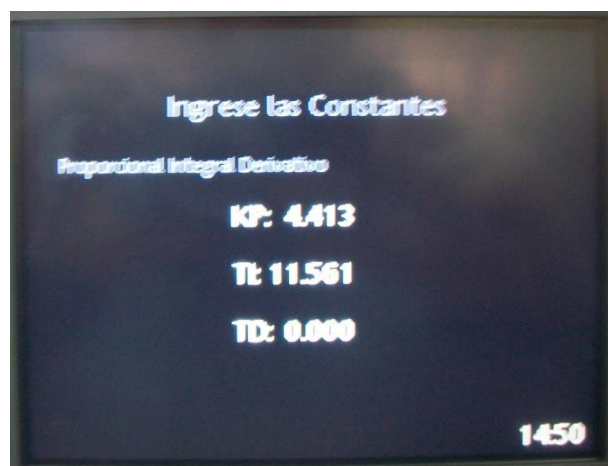
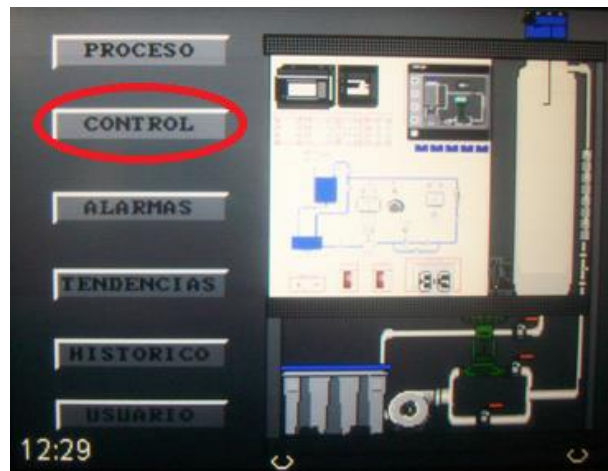
9. Seleccionar el tipo de control, en este caso un control Proporcional Integral Derivativo e ingresar el valor de la constate  $K_p$  y monitorear el comportamiento del sistema en la pantalla de TENDENCIAS, modificar el valor de  $K_P$  y dar perturbaciones con la válvula V-6 hasta que el sistema se estabilicé con un error de estado estable.

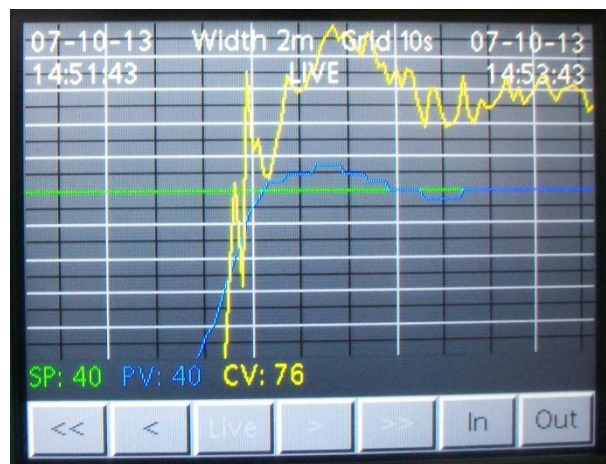
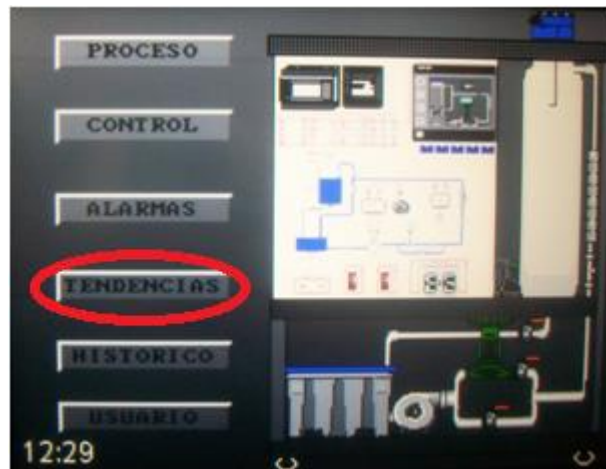






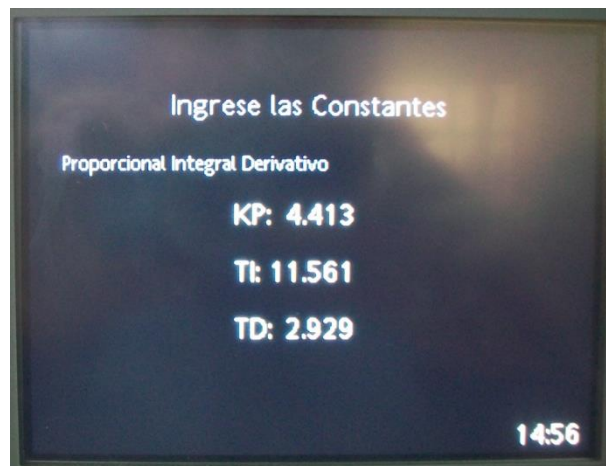
10. Si el sistema se ha estabilizado con un error de estado estable, se procede a dar valores a la constante integral  $K_i$  desde la pantalla de CONTROL, incrementado poco a poco hasta que el sistemas elimine el error de estado estable y dando perturbaciones al sistema con la válvula V-6.





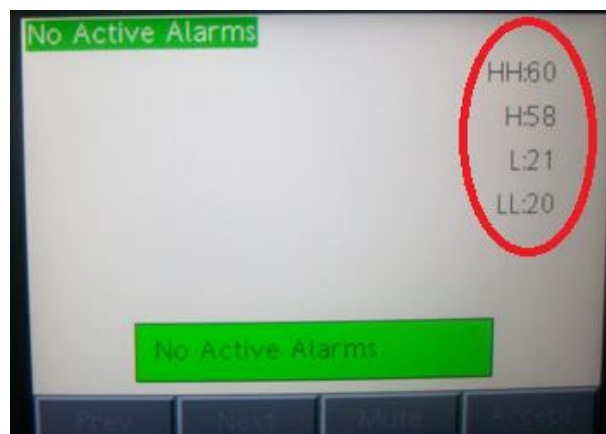
11. Cuando el error de estado estable sea eliminado, se procede a dar valores a la constante derivativa  $K_d$  desde la pantalla de CONTROL, incrementado poco a poco y dando perturbaciones con la válvula V-6 hasta que la constante derivativa compense rápidamente la perturbación evitando y adelantándose a los cambios bruscos en el proceso.



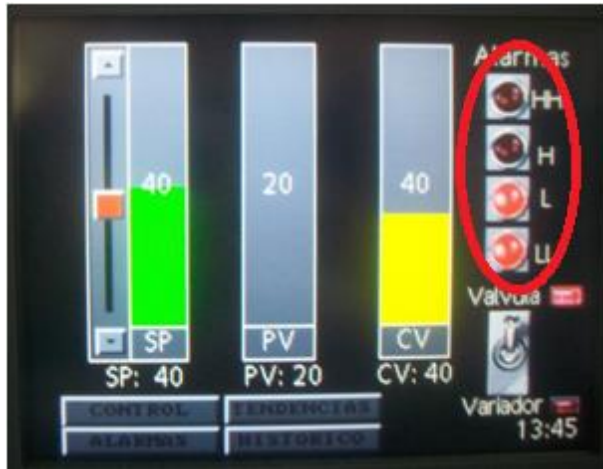


12. Si el sistema ya se ha sintonizado, se procede a definir los valores de las alarmas, se debe regresar al menú principal, ahí

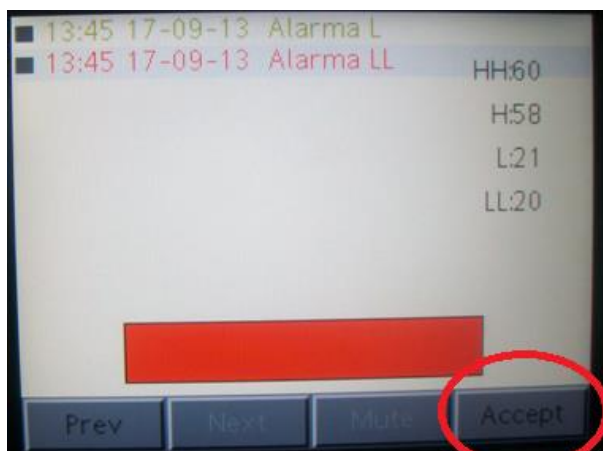
se selecciona ALARMAS en esta pantalla se ingresa los valores de las 4 alarmas.



**13.** Si se activará alguna alarma la pantalla parpadea, se activará una alarma sonora y las lámparas indicadoras se encenderán según la alarma activada.

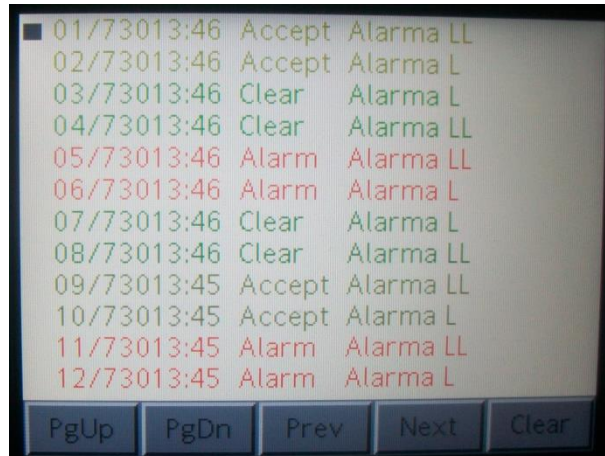


14. Para hacer el reconocimiento de las alarmas activadas se lo realiza desde la pantalla de ALARMAS.





15. Para ver todo el historial de los eventos ocurridos en el proceso se debe dirigir desde el menú principal a la pantalla HISTÓRICOS.



## ANEXO E

### MANUAL TÉCNICO DE POSIBLES FALLAS Y SOLUCIONES

| FALLAS                                  | SOLUCIONES  |
|---|---|
| <b>EL módulo didáctico no enciende.</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar si existe energía de alimentación para el módulo.</li><li>• Verificar las conexiones al sistema.</li><li>• Verificar e interruptor de red.</li><li>• Verificar si el relé térmico que se encuentra dentro del módulo esta activado o resetearlo.</li></ul>                    |
| <b>El PLC no enciende.</b>              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar si el interruptor del PLC que se encuentra dentro del módulo esta encendido.</li><li>• Revisar las conexiones internas de alimentación del PLC.</li><li>• Verificar si el fusible del PLC que se encuentra dentro del módulo se encuentre en perfectas condiciones.</li></ul> |
| <b>La pantalla táctil no enciende.</b>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar si el interruptor de la pantalla que se encuentra dentro del módulo esta</li></ul>  |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>encendido.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar si la fuente de alimentación de 24 Vdc está funcionando correctamente.</li> <li>• Verificar si el fusible de la fuente de 24 Vdc que se encuentra dentro del módulo se encuentre en perfectas condiciones.</li> </ul>   |
| <p><b>El trasmisor de nivel tipo radar no enciende.</b></p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar las conexiones externas al costado del módulo.</li> <li>• Verificar si la conexión en el panel frontal sea correcta.</li> <li>• Verificar si la fuente de alimentación de 24 Vdc está funcionando correctamente.</li> <li>• Verificar si el fusible de la fuente de 24 Vdc que se encuentra dentro del módulo se encuentre en perfectas condiciones.</li> </ul> |
| <p><b>La válvula proporcional neumática no funciona.</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar si existe señal neumática proveniente del convertidor de corriente a presión.</li> <li>• Verificar si existe alimentación de aire de 20 PSI en el convertidor</li> </ul>  |

|   |  |
|---|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar si existe alimentación de aire al módulo verificando si está conectada la manguera de suministro de aire al módulo.</li> <li>• Verificar si las conexiones entre la salida analógica de corriente (4-20mA) al conversor en el panel frontal son correctas.</li> <li>• Verificar si existe señal eléctrica entre la salida de corriente y el conversor.</li> </ul> |
| <p><b>La válvula proporcional neumática no controla de manera correcta.</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que la válvula V-3 se encuentre cerrada y que la válvula V-2 se encuentre abierta.</li> <li>• Verificar si la alimentación de aire es suficiente.</li> <li>• Verificar en la pantalla táctil si esta seleccionado el control por válvula.</li> </ul>  |
| <p><b>La bomba centrífuga no funciona.</b></p>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifica si el interruptor de la bomba en el panel frontal esta encendido.</li> <li>• Verificar si el variador de frecuencia no tiene ningún estado de alerta.</li> <li>• Verificar los fusibles de la</li> </ul>   |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>bomba que se encuentra dentro del módulo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar si el variador de frecuencia está alimentado por 220Vac.</li> <li>• Verificar si el rotor de la bomba no está remordido.</li> <li>• Verificar las conexiones entre el variador de frecuencia y la bomba centrífuga este en buen estado.</li> <li>• Verificar el interruptor de local o remoto y la posición del potenciómetro.</li> <li>• Verificar si las conexiones entre la salida analógica de voltaje (0-10V) al variador de frecuencia en el panel frontal son correctas.</li> <li>• Verificar si existe señal eléctrica entre la salida de voltaje y el variador de frecuencia.</li> </ul> |
| <p><b>La bomba centrífuga no controla de forma correcta.</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que la válvula V-2 se encuentre cerrada y que la válvula V-3 se encuentre abierta.</li> <li>• Verificar en la pantalla táctil si esta seleccionado el</li> </ul>   |

|   |   |
|---|---|
|   | control por variador.   |
| <b>La pantalla táctil no registra las curvas del proceso.</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar si el cable Ethernet entre el PLC y la pantalla táctil este bien conectado.</li> <li>• Verificar si el PLC está en modo RUN.</li> </ul>  |
| <b>No existe flujo de agua en las tuberías.</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifica que todas la válvulas estén abierta.</li> <li>• Verificar el nivel de agua en el tanque reservorio.</li> </ul>  |
| <b>El nivel de agua en la columna de nivel no disminuye.</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que la válvula de desfogue V-7 este abierta.</li> </ul>  |
| <b>El nivel de agua en la columna de nivel no incrementa.</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que la válvula de llenado de la columna V-5 este abierta.</li> </ul>   |
| <b>No funciona ninguna operación del sistema.</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar si el cable Ethernet entre el PLC y la pantalla táctil este bien conectado.</li> <li>• Verificar si el PLC está en modo RUN.</li> <li>• Volver a cargar desde una PC los programas diseñados para cada dispositivo.</li> </ul> |

## **AUTORÍA**

Latacunga, Noviembre del 2013

### **ELABORADO POR:**

---

David Narváez V.

### **APROBADO POR:**

---

Ing. José Bucheli

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN

### **CERTIFICADO POR:**

---

Dr. Rodrigo Vaca

SECRETARIO ACADÉMICO  
UNIDAD ADMISIÓN Y REGISTRO