



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

AUTORES: JIMÉNEZ JIMÉNEZ DIEGO LEONARDO
PÉREZ PINTADO JOSÉ ANDRÉS

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO
DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL
AUTOMÁTICO DE LOS SISTEMAS VELOCIDAD Y CAUDAL
PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y
CONTROL DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS
FUERZAS ARMADAS - ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

DIRECTOR: ING. PRUNA EDWIN
CODIRECTOR: ING. ÁVILA GALO

LATACUNGA, ABRIL 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO

EDWIN PATRICIO PRUNA PANCHI (DIRECTOR)

GALO RAÚL ÁVILA ROSERO (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS SISTEMAS VELOCIDAD Y CAUDAL PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA*” realizado por *Diego Leonardo Jiménez Jiménez* y *José Andrés Pérez Pintado*, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

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

El mencionado trabajo consta de 2 documentos empastados y 2 discos compactos el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a *Diego Leonardo Jiménez Jiménez* y *José Andrés Pérez Pintado* que lo entregue al Ing. José Bucheli, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Abril del 2014.

Edwin Patricio Pruna Panchi

DIRECTOR

Galo Raúl Ávila Rosero

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

*JIMÉNEZ JIMÉNEZ DIEGO LEONARDO
PÉREZ PINTADO JOSÉ ANDRÉS*

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS SISTEMAS VELOCIDAD Y CAUDAL PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA*”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Abril del 2014.

Diego Leonardo Jiménez Jiménez

C.C. 0503493702

José Andrés Pérez Pintado

C.C. 1804599791

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Nosotros, *DIEGO LEONARDO JIMÉNEZ JIMÉNEZ.*
JOSÉ ANDRÉS PÉREZ PINTADO.

Autorizamos a 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 MONITOREO Y CONTROL AUTOMÁTICO DE LOS SISTEMAS VELOCIDAD Y CAUDAL PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA*”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril del 2014.

Diego Leonardo Jiménez Jiménez

C.C. 0503493702

José Andrés Pérez Pintado

C.C. 1804599791

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño a mis padres y hermana quienes han sido el pilar fundamental en mi vida, acompañándome durante estos años de formación universitaria y brindándome su apoyo incondicional, palabras de aliento y motivación para culminar mi carrera profesional.

Diego.

Con mucho cariño para mis padres que han estado siempre a mi lado apoyándome y brindándome esa voz de aliento que fortalece el alma, a mis hermanas por confiar en mí y a mis abuelitos por esos consejos tan valiosos que me han servido en lo personal y en lo académico. Sin ustedes no hubiera sido posible todo lo que hoy he conseguido.

Andrés.

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizaje, experiencias y felicidad.

A nuestras familias por ser la fuente de nuestra inspiración y motivación para superarnos cada día más, por estar siempre guiándonos y brindándonos todo su amor y comprensión.

A todos los docentes de nuestra carrera, quienes con su paciencia, vocación y respeto han logrado transmitir sus valiosos conocimientos en nosotros, así mismo un agradecimiento especial por la confianza, apoyo y dedicación brindada por nuestros tutores de tesis Ing. Edwin Pruna e Ing. Galo Ávila por haber compartido con nosotros sus conocimientos y sobre todo su amistad.

**Diego Jiménez y
Andrés Pérez**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICADO.....	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XIX
CAPÍTULO 1	1
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. IMPORTANCIA DEL PROYECTO	2
1.3. PANTALLAS HMI.....	3
1.3.1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.3.2. KTP600 BASIC COLOR PN.....	4
1.4. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	5
1.4.1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.4.2. PLC SIEMENS S7-1200	6
a. MÓDULOS DE SEÑALES	8
b. SEÑALES INTEGRADAS	9
c. MÓDULOS DE COMUNICACIÓN.....	9
d. MEMORIA.....	10
e. INTERFAZ PROFINET INTEGRADA.....	10
1.5. MODOS DE CONTROL	11
1.5.1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.5.2. CONTROL PROPORCIONAL	13
1.5.3. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL.....	14

1.5.4.	CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO	15
1.5.5.	CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO	17
1.6.	MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN	18
1.6.1.	INTRODUCCIÓN.....	18
1.6.2.	MÉTODO DE TANTEO.....	19
1.6.3.	MÉTODO DE OSCILACIÓN CONTINUA.....	19
1.6.4.	MÉTODO DE CURVA DE REACCIÓN	20
1.7.	VARIADOR DE FRECUENCIA	22
1.7.1.	INTRODUCCIÓN.....	22
1.7.2.	MICROMASTER 440.....	24
a.	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	25
b.	PRESTACIONES.....	26
c.	CARATERÍSTICAS DE PROTECCIÓN	26
d.	PANEL BOP.....	27
1.8.	TRANSMISORES	27
1.8.1.	INTRODUCCIÓN.....	27
1.8.2.	TRANSMISOR DE FLUJO GF SIGNET 8550	29
1.8.3.	SENSOR DE FLUJO DE RUEDA DE PALETAS GF SIGNET 8510.....	31
1.9.	ENCODERS.....	33
1.9.1.	INTRODUCCIÓN.....	33
1.9.2.	ENCODER INCREMENTAL.....	34
1.9.3.	ENCODER INCREMENTAL ES3-10LN-6941	35
CAPÍTULO 2.....		37
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....		37
2.1.	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA	37
2.2.	DIAGRAMA DEL PANEL FRONTAL.....	38
2.3.	DIAGRAMA DE BLOQUES Y P&ID DE LOS SISTEMAS.....	39
2.3.1.	DIAGRAMA DE BLOQUES.....	39
2.3.2.	DIAGRAMA P&ID	41
a.	DIAGRAMA P&ID DEL PROCESO DE CAUDAL	41
b.	DIAGRAMA P&ID DEL PROCESO DE VELOCIDAD	43
2.4.	DIAGRAMA DE FLUJO.....	45

2.4.1.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CAUDAL	45
2.4.2.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE VELOCIDAD	46
2.4.3.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL HMI	46
2.5.	PROGRAMACIÓN DEL PLC SIEMENS S7-1200.....	48
2.5.1.	SOFTWARE TIA PORTAL (TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION).....	48
2.5.2.	CREACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO.....	49
2.5.3.	INSERTAR Y CONFIGURAR UN CONTROLADOR.....	51
a.	EDITOR DE DISPOSITIVOS Y REDES.....	53
2.5.4.	CONFIGURAR LA INTERFAZ PROFINET DEL CONTROLADOR.....	55
2.5.5.	CONFIGURAR CONTADOR RÁPIDO (HSC)	56
2.5.6.	AÑADIR MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS.....	58
2.5.7.	CREAR EL PROGRAMA EN EL CONTROLADOR.....	59
2.5.8.	DEFINIR VARIABLES PLC.....	61
2.5.9.	CREAR OBJETO TECNOLÓGICO PID	62
2.5.10.	CONFIGURAR BLOQUE DE REGULADOR PID.....	64
2.5.11.	COMPILAR EL PROGRAMA	69
2.5.12.	CARGAR EL PROGRAMA Y LA CONFIGURACIÓN AL CONTROLADOR.....	70
2.6.	PROGRAMACIÓN DE LA TOUCH PANEL KTP600 BASIC COLOR PN.....	73
2.6.1.	IMAGEN HMI	73
2.6.2.	CREAR UN PANEL DE OPERADOR CON IMAGEN HMI.....	74
2.6.3.	CREAR UNA PLANTILLA PARA UNA IMAGEN HMI	75
2.6.4.	CREAR Y CONFIGURAR OBJETOS GRÁFICOS	79
2.6.5.	ENLAZAR VARIABLES DEL PLC.....	81
2.6.6.	CARGAR LA IMAGEN HMI EN EL PANEL DE OPERADOR	82
2.7.	PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER 440	84
CAPÍTULO 3.....		89
RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.....		89
3.1.	DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA	89

3.1.1.	PROCESO DE CAUDAL.....	90
3.1.2.	PROCESO DE VELOCIDAD	93
3.1.3.	DISPOSITIVOS COMPARTIDOS ENTRE PROCESOS	96
3.2.	PRUEBAS EXPERIMENTALES	98
3.2.1.	PROCESO DE CAUDAL.....	98
a.	TRANSMISOR DE FLUJO GF SIGNET 8550.....	98
b.	PLC S7-1200, MÓDULO SALIDAS ANALÓGICAS SM1232 Y TOUCH PANEL KTP600.....	98
c.	VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER 440	99
3.2.2.	PROCESO DE VELOCIDAD	99
a.	ENCODER INCREMENTAL, SISTEMA DE FRENADO	100
b.	PLC S7-1200, MÓDULO SALIDAS ANALÓGICAS SM1232 Y TOUCH PANEL KTP600.....	100
c.	VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER 440	100
3.3.	FUNCIONAMIENTO EN LOS DISTINTOS MODOS DE CONTROL	101
3.3.1.	CONTROL PROPORCIONAL	103
3.3.2.	CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL.....	103
3.3.3.	CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO	104
3.3.4.	CONTROL PROPOCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO.....	105
3.3.5.	DEFAULT	106
3.4.	ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE PROCESO	107
3.4.1.	PROCESO DE CAUDAL.....	108
a.	CONTROL PROPORCIONAL.....	108
b.	CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL.....	110
c.	CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO	112
d.	CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO	113
3.4.2.	PROCESO DE VELOCIDAD	115
a.	CONTROL PROPORCIONAL.....	115
b.	CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL.....	117
c.	CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO	118
d.	CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO	120
3.5.	AVISOS MOSTRADOS EN LA TOUCH PANEL.....	121
3.5.1.	PROCESO DE CAUDAL.....	123

3.5.2.	PROCESO DE VELOCIDAD	125
3.6.	ALCANCES Y LIMITACIONES	126
3.6.1.	ALCANCES	126
a.	MÓDULO DIDÁCTICO.....	126
b.	PROCESO DE CAUDAL.....	127
c.	PROCESO DE VELOCIDAD	127
3.6.2.	LIMITACIONES	128
a.	MÓDULO DIDÁCTICO.....	128
b.	PROCESO DE CAUDAL.....	128
c.	PROCESO DE VELOCIDAD	129
CAPÍTULO 4.....		130
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		130
4.1.	CONCLUSIONES	130
4.1.1	MÓDULO DIDÁCTICO	130
4.1.2	PROCESO DE CAUDAL.....	132
4.1.3.	PROCESO DE VELOCIDAD	132
4.2.	RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFÍA.....		135
NETGRAFÍA		136
ANEXOS.....		139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Pantalla KTP600 Basic Color PN.....	5
Figura 1.2: Partes del PLC S7-1200.	8
Figura 1.3: Módulo de Señales.	9
Figura 1.4: Señales Integradas.	9
Figura 1.5: Módulos de Comunicación.....	10
Figura 1.6: Interfaz PROFINET Integrada.....	11
Figura 1.7: Diagrama de bloques de un lazo de control realimentado.	12
Figura 1.8: Forma de onda control proporcional.	13
Figura 1.9: Forma de onda control proporcional integral.	15
Figura 1.10: Forma de onda control proporcional derivativo.	16
Figura 1.11: Forma de onda control proporcional integral derivativo.	18
Figura 1.12: Curva de respuesta ante una entrada escalón.	21
Figura 1.13: Diagrama de bloques variador de frecuencia.	22
Figura 1.14: Variador de frecuencia MICROMASTER 440.	24
Figura 1.15: Panel BOP.	27
Figura 1.16: Transmisor de flujo GF Signet 8550.	30
Figura 1.17: Sensor de flujo de rueda de paletas GF Signet 8510.	32
Figura 1.18: Representación gráfica de las señales incrementales A, B y Z.....	34
Figura 1.19: Encoder incremental ES3-10LN-6941	36
Figura 2.1: Diagrama del panel frontal.....	38
Figura 2.2: Diagrama de bloques de los sistemas caudal y velocidad.....	39
Figura 2.3: Diagrama P&ID del proceso de caudal.....	41
Figura 2.4: Diagrama P&ID del proceso de velocidad.	43
Figura 2.5: Diagrama de flujo del proceso de caudal.....	45
Figura 2.6: Diagrama de flujo del proceso de velocidad.	46
Figura 2.7: Diagrama de flujo del HMI.	47
Figura 2.8: TIA PORTAL.....	48
Figura 2.9: Ingreso al software TIA PORTAL.....	50
Figura 2.10: Ventana principal de software TIA PORTAL.....	50
Figura 2.11: Agregar un dispositivo.	51

Figura 2.12: Selección del dispositivo.....	51
Figura 2.13: Finalización de agregar el dispositivo.	52
Figura 2.14: Editor de dispositivos y redes.	52
Figura 2.15: Vista de redes.....	54
Figura 2.16: Vista de dispositivos.	54
Figura 2.17: Selección de la interfaz PROFINET.....	55
Figura 2.18: Dirección IP del controlador.....	55
Figura 2.19: Seleccionar el PLC.	56
Figura 2.20: Seleccionar y activar el contador rápido.	56
Figura 2.21: Seleccionar el modo de contaje.....	57
Figura 2.22: Función del contador rápido.	57
Figura 2.23: Selección del módulo.....	58
Figura 2.24: Arrastrar el módulo.	58
Figura 2.25: Módulo de salidas analógicas.....	59
Figura 2.26: Bloques de programa.....	59
Figura 2.27: Bloque de organización Main [OB1].....	60
Figura 2.28: Ventana de programación Main [OB1].....	60
Figura 2.29: Definir variable del PLC.	62
Figura 2.30: Agregar un nuevo objeto tecnológico.....	63
Figura 2.31: Crear objeto tecnológico PID.....	63
Figura 2.32: Crear un nuevo bloque.	64
Figura 2.33: Agregar nuevo bloque de alarma cíclica.....	65
Figura 2.34: Arrastrar el PID Compact.....	65
Figura 2.35: Confirmación del PID_Compact_1.....	66
Figura 2.36: Creación del PID_Compact_1.	66
Figura 2.37: Compilar todo el programa.	69
Figura 2.38: Ventana de inspección.....	70
Figura 2.39: Inicio del proceso de carga del controlador.	70
Figura 2.40: Selección de la interfaz.....	71
Figura 2.41: Confirmación de dirección IP.....	72
Figura 2.42: Comprobación antes de cargar.....	72
Figura 2.43: Arranque del módulo.....	73
Figura 2.44: Agregar un dispositivo.	74
Figura 2.45: Selección del dispositivo.....	74

Figura 2.46: Configuración de conexión.	75
Figura 2.47: Selección de color de pantalla.	76
Figura 2.48: Desactivación de avisos.	76
Figura 2.49: Agregar imágenes a la pantalla.	77
Figura 2.50: Desactivación de imágenes del sistema.	77
Figura 2.51: Activación de los botones.	78
Figura 2.52: Guardar el proyecto.	78
Figura 2.53: Selección de la imagen.	79
Figura 2.54: Crear un botón.	79
Figura 2.55: Activar la opción gráfico.	80
Figura 2.56: Activar la función "ActivarImagen".	80
Figura 2.57: Enlazar la función "ActivarImagen".	81
Figura 2.58: Crear un campo de E/S.	81
Figura 2.59: Enlazar la variable del PLC.	82
Figura 2.60: Inicio del proceso de carga del HMI.	82
Figura 2.61: Carga avanzada del HMI.	83
Figura 2.62: Finalizar la carga del HMI.	83
Figura 2.63: Organigrama de puesta en servicio rápida.	84
Figura 2.64: Características de la bomba centrífuga trifásica.	85
Figura 2.65: Características del motor asíncrono trifásico.	87
Figura 3.1: Módulo didáctico de los procesos caudal y velocidad.	89
Figura 3.2: Tanque de almacenamiento.	90
Figura 3.3: Tubería.	90
Figura 3.4: Bomba trifásica de 1HP.	90
Figura 3.5: Variador de frecuencia del proceso caudal.	91
Figura 3.6: BOP del proceso caudal.	91
Figura 3.7: Válvula tipo bola.	92
Figura 3.8: Sensor de flujo.	92
Figura 3.9: Transmisor de flujo.	92
Figura 3.10: Rotámetro.	93
Figura 3.11: Motor asíncrono trifásico de 1HP.	93
Figura 3.12: Guardamotor.	94
Figura 3.13: Variador de frecuencia del proceso velocidad.	94
Figura 3.14: BOP del proceso velocidad.	95

Figura 3.15: Sistema de frenado.....	95
Figura 3.16: Encoder Incremental.....	95
Figura 3.17: PLC S7-1200 CPU-1212C.....	96
Figura 3.18: Módulo de expansión SM-1232.....	96
Figura 3.19: Touch Panel KTP600.....	97
Figura 3.20: Fuente de alimentación de 24 Vdc.....	97
Figura 3.21: Ingreso de usuario y contraseña.....	102
Figura 3.22: Selección del proceso.....	102
Figura 3.23: Ingreso a la pantalla tipos de control.....	102
Figura 3.24: Configuración del control proporcional.....	103
Figura 3.25: Configuración del control proporcional integral.....	104
Figura 3.26: Configuración del control proporcional derivativo.....	105
Figura 3.27: Configuración del control proporcional integral derivativo.....	106
Figura 3.28: Control PID con valores recomendados.....	106
Figura 3.29: Ingreso a la pantalla tendencias.....	107
Figura 3.30: Curvas de proceso según su color.....	108
Figura 3.31: Curva de respuesta del control proporcional con $K_p=3,5$	109
Figura 3.32: Curva de respuesta del control proporcional ante una perturbación del proceso caudal.....	110
Figura 3.33: Curva de respuesta del control proporcional integral con $K_p=2,5$ y $T_i=4,5$	111
Figura 3.34: Curva de respuesta del control proporcional integral ante una perturbación del proceso caudal.....	111
Figura 3.35: Curva de respuesta del control proporcional derivativo con $K_p=5,0$ y $T_d=0,5$	113
Figura 3.36: Curva de respuesta del control proporcional derivativo ante una perturbación del proceso caudal.....	113
Figura 3.37: Curva de respuesta del control proporcional integral derivativo con $K_p=2,4$, $T_i=4,5$ y $T_d=0,3$	114
Figura 3.38: Curva de respuesta del control proporcional integral derivativo ante una perturbación del proceso caudal.....	115
Figura 3.39: Curva de respuesta del control proporcional con $K_p=0,85$	116

Figura 3.40: Curva de respuesta del control proporcional ante una perturbación del proceso velocidad.	116
Figura 3.41: Curva de respuesta del control proporcional integral con $K_p=0,85$ y $T_i=3,5$	117
Figura 3.42: Curva de respuesta del control proporcional integral ante una perturbación del proceso velocidad.	118
Figura 3.43: Curva de respuesta del control proporcional derivativo con $K_p=0,85$ y $T_d=0,5$	119
Figura 3.44: Curva de respuesta del control proporcional derivativo ante una perturbación del proceso velocidad.	119
Figura 3.45: Curva de respuesta del control proporcional integral derivativo con $K_p=0,5$, $T_i=3,0$ y $T_d=0,5$	121
Figura 3.46: Curva de respuesta del control proporcional integral derivativo ante una perturbación del proceso velocidad.	121
Figura 3.47: Ingreso a la pantalla históricos.	122
Figura 3.48: Cambio de inicio/cierre de usuario proceso velocidad.	122
Figura 3.49: Cambio de inicio/cierre de usuario proceso caudal.....	123
Figura 3.50: Cambio de encendido/apagado del proceso caudal.	124
Figura 3.51: Cambio del valor de set point del proceso caudal.....	124
Figura 3.52: Modificación de las constantes K_p , T_i , T_d del proceso caudal.	124
Figura 3.53: Cambio de encendido/apagado del proceso velocidad.....	125
Figura 3.54: Cambio del valor de set point del proceso velocidad.	125
Figura 3.55: Modificación de las constantes K_p , T_i , T_d del proceso velocidad.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Valores sugeridos por Ziegler - Nichols.	20
Tabla 1.2. Valores sugeridos por Cohen y Coon.	21
Tabla 2.1: Entradas y salidas del regulador PID.	67
Tabla 2.2: Modo de operación del regulador PID.	68
Tabla 2.3: Parámetros ingresados al variador del proceso caudal.	85
Tabla 2.4: Parámetros ingresados al variador del proceso velocidad.	87
Tabla 3.1: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional del proceso caudal.	109
Tabla 3.2: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional integral del proceso caudal.	110
Tabla 3.3: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional derivativo del proceso caudal.	112
Tabla 3.4: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional integral derivativo del proceso caudal.	114
Tabla 3.5: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional del proceso velocidad.	115
Tabla 3.6: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional integral del proceso velocidad.	117
Tabla 3.7: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional derivativo del proceso velocidad.	118
Tabla 3.8: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional integral derivativo del proceso velocidad.	120

RESUMEN

En el presente proyecto se ha diseñado e implementado un módulo didáctico que realiza el monitoreo y control automático de dos sistemas velocidad y caudal, el sistema de caudal controla el flujo de agua que circula desde y hacia el tanque de almacenamiento por medio de un PLC el cual toma la señal de un transmisor de paletas, éste autómata procesa la información de acuerdo a un modo de control, para luego enviar una señal eléctrica hacia un variador de frecuencia, el mismo que variará la velocidad de la bomba centrífuga de forma proporcional, cambiando el flujo de agua que circula por la tubería, el cual es observado mediante un rotámetro y de esta manera establece el control requerido, mientras que el sistema de velocidad controla las revoluciones por minuto o RPM que genera un motor eléctrico trifásico por medio de un PLC el cual toma la salida en frecuencia de un encoder incremental, éste autómata con la ayuda de los contadores rápidos procesa la información de acuerdo a un modo de control, para luego enviar una señal eléctrica hacia un variador de frecuencia, el mismo que variará proporcionalmente la velocidad del motor cambiando las RPM y de esta manera realiza el control requerido. Los sistemas de velocidad y caudal son capaces de trabajar al mismo tiempo ya que el autómata o PLC puede realizar hasta 32 lazos de control a la vez, además mediante una TOUCH PANEL se puede seleccionar la visualización de cada proceso y monitorear dichos sistemas.

PALABRAS CLAVE: MÓDULO DIDÁCTICO, HMI, PLC, TOUCH PANEL, VARIADOR DE FRECUENCIA.

ABSTRACT

In this project we have designed and implemented a training module that monitors and automatic control of two speed and flow system, the flow system controls the flow of water flowing to and from the storage tank by means of a PLC which takes the signal from a transmitter pallets, this controller processes the information according to a control mode, then send an electrical signal to a frequency, it will vary the speed of the centrifugal pump proportionally changing the flow of water flowing through the pipe, which is observed through a rotameter and thus establishes the required control, while the speed system controls the revolutions per minute or RPM which generates a three-phase electric motor by means of a PLC which takes the output frequency of an incremental encoder, the controller with the help of high-speed counter processes the information according to a control mode, then send an electrical signal to a frequency, vary proportionally the same as the changing engine speed RPM and thus performs the control required. The speed and flow systems are able to work at the same time as the PLC or PLC can control up to 32 loops at a time, moreover, by a TOUCH PANEL can choose to display each process and monitor these systems.

KEYWORDS: TRAINING MODULE, HMI, PLC, TOUCH PANEL, FREQUENCY.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANTECEDENTES

La automatización de procesos y las técnicas de control en la elaboración de productos es un problema creciente en diversas industrias, donde el control de las distintas variables dinámicas son temas fundamentales de desarrollo e innovación para garantizar calidad, productividad y competencia de los productos.

El desarrollo e innovación de tales procesos pueden ser tratados en un laboratorio donde se pueda simular y controlar una amplia gama de configuraciones para procesos de producción industriales típicos, en el cual intervengan áreas multidisciplinarias, las mismas que se encargan de la adquisición de nuevos productos, construcción de procesos, solución de fallas y sistemas de control.

Los sistemas de control se efectúan mediante un conjunto de componentes mecánicos, hidráulicos, eléctricos y/o electrónicos que interconectados, recogen información acerca del funcionamiento del proceso, comparan este funcionamiento con datos previos y si es necesario, modifican el proceso para alcanzar el resultado deseado. Para estudiarlo, es necesario suponer que sus componentes forman conjuntos, que reciben una orden o entrada y producen una respuesta o salida.

Es por ello que se ha desarrollado un módulo didáctico de control automático, en el cual los estudiantes realicen diferentes prácticas destinadas en sus asignaturas, con el fin de reforzar el conocimiento teórico-práctico adquirido en el aula de clase.

1.2. IMPORTANCIA DEL PROYECTO

Debido al incremento de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación y al tener estaciones de control de una sola variable con tecnología antigua, se determinó la necesidad de desarrollar un módulo didáctico de dos sistemas velocidad y caudal.

Integrando entonces los recursos humanos, tecnológicos y las competencias intelectuales se ha diseñado e implementado este módulo didáctico para el laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos, que sirva como instrumento de aprendizaje para los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

Entendiendo que los estudiantes necesitan conocer el funcionamiento de diferentes procesos industriales, se ha construido dicho módulo didáctico migrando hacia nuevas tecnologías del sector industrial, el cual complemente sus conocimientos y permita la familiarización con aplicaciones industriales para que sea de gran ayuda en su vida profesional.

El desarrollo de este módulo didáctico no solo ayuda al aprendizaje del estudiante, sino también a conocer la evolución tecnológica, teniendo en cuenta que el futuro ingeniero necesita familiarizarse con el control y automatización de procesos, debido a que la industria maneja una amplia gama de variables dinámicas, además los estudiantes puedan realizar prácticas relacionadas con sus diferentes asignaturas, como conocer el funcionamiento de sensores, actuadores, elementos de control final, a más de fomentar los conocimientos adquiridos en clase al manejar dispositivos reales utilizados a nivel industrial.

1.3. PANTALLAS HMI

1.3.1. INTRODUCCIÓN

Un sistema HMI ("Human Machine Interface") es una Interfaz Humano Máquina que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla un determinado proceso. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y analógicos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con el proceso.

A los sistemas HMI se los puede pensar como una “ventana” de un proceso, esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI o software de monitoreo y control de supervisión. Las señales de proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLCs (controladores lógicos programables), RTU (unidades remotas de I/O) o DRIVE's (variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

La Interacción Humano Máquina o Interacción Humano Computadora 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 éste 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. Y la usabilidad se acerca 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.

(POLO, 2008)

1.3.2. KTP600 BASIC COLOR PN

Los paneles KTP600 Basic color están orientados a tareas de complejidad limitada, para ser utilizados en redes PROFIBUS o PROFINET; especialmente sugeridos para utilizarse con PLCs SIMATIC S7-1200, aunque también con otros controladores de menor gama, además de ser una gran alternativa ante los paneles de la serie 170 por su bajo precio, y pueden ser configurados hasta en 32 idiomas (de los cuales, 5 pueden ser seleccionados en operación on-line).

Los paneles KTP600 Basic color pueden ser operados a través de pantallas tipo táctil-análogo-resistivo y, adicionalmente por medio de 6 teclas de función táctiles libremente configurables, las cuales proveen una indicación de retroalimentación, además ofrecen funcionalidades básicas: alarmas, curvas de tendencia de variables de proceso, señales, con hasta 500 tags.

La pantalla KTP600 Basic Color PN pertenece a los paneles KTP600 Basic color y posee las siguientes características:

- Pantalla TFT de 5,7 pulgadas, 256 colores.
- Resolución de 320 x 240 pixeles.
- Pantalla táctil con seis ergonómicas teclas de funciones.
- Memoria de 512 KB.
- Una Interfaz RJ-45 Ethernet con variante PROFINET.
- Protección: frontal IP65, posterior IP20.
- Dimensiones: 214 x 158 mm (An x Al).

- Corte de Instalación: 196 x 140 mm (An x Al).
- Profundidad: 44 mm.
- Configuración Software: WinCC Basic (TIA/Portal), WinCC flexible Compact.
- Alimentación: 24 VDC.



Figura 1.1: Pantalla KTP600 Basic Color PN.

(SIEMENS International, 2013)

1.4. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

1.4.1. INTRODUCCIÓN

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1 - 5 VDC, 4 -20 mA), varios tipos de máquinas o procesos.

El PLC o autómeta programable posee las herramientas necesarias, tanto de software como de hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo a un programa que el usuario elabore según el esquema del proceso a controlar, además permite proteger un proceso industrial, posibilitando las opciones de monitoreo y diagnóstico de condiciones (alarmas), presentándolas en un HMI (Human Machine Interface) o pantalla de operación, o presentándolas a una red de control superior.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplían este campo para poder satisfacer las necesidades en tiempo real.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc., sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hacen que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos industriales.

(ITESCAM, 2010)

1.4.2. PLC SIEMENS S7-1200

El autómeta S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens, es el sucesor del S7-200. El controlador SIMATIC S7-1200 es el modelo 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 proceso.

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

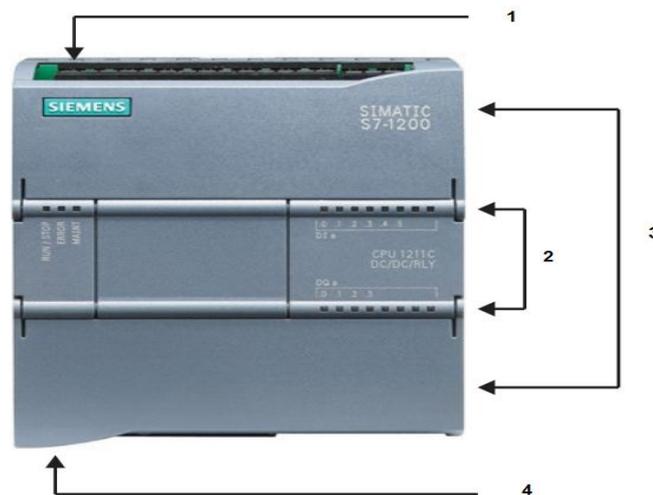


Figura 1.2: Partes del PLC S7-1200.

Partes del PLC S7-1200, como se muestra en la figura 1.2.:

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

El hardware completo SIMATIC S7-1200 incorpora clips para un montaje rápido y fácil en perfil DIN de 35 mm. Además, estos clips integrados son extraíbles, lo que significa que pueden funcionar como taladros de montaje en caso de no utilizarse perfil de soporte. El hardware SIMATIC S7-1200 puede instalarse, con absoluta flexibilidad, tanto en posición horizontal como vertical. El Autómata SIMATIC S7-1200 posee:

a. MÓDULOS DE SEÑALES

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



Figura 1.3: Módulo de Señales.

b. SEÑALES INTEGRADAS

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.



Figura 1.4: Señales Integradas.

c. MÓDULOS DE COMUNICACIÓN

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 7 Basic.



Figura 1.5: Módulos de Comunicación.

d. MEMORIA

Permite seleccionar el tamaño de la memoria de programa y la de datos hasta 50 KB de memoria de trabajo en el controlador, con libre configuración del tamaño de memoria de programa y de datos de usuario, pueden definirse hasta 2048 bytes como remanentes. El usuario puede designar memoria de datos o de marcas como remanentes ante un corte de alimentación. Los datos designados no tienen por qué ser contiguos.

e. INTERFAZ PROFINET INTEGRADA

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.



Figura 1.6: Interfaz PROFINET Integrada.

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.

(CATEDU, 2012)

1.5. MODOS DE CONTROL

1.5.1. INTRODUCCIÓN

Un bucle de control por retroalimentación se compone de un proceso, el sistema de medición de la variable controlada, el sistema de control y el elemento final de control. Cada uno de estos elementos tiene su propia dinámica, que vendrá descrita por una función de transferencia.

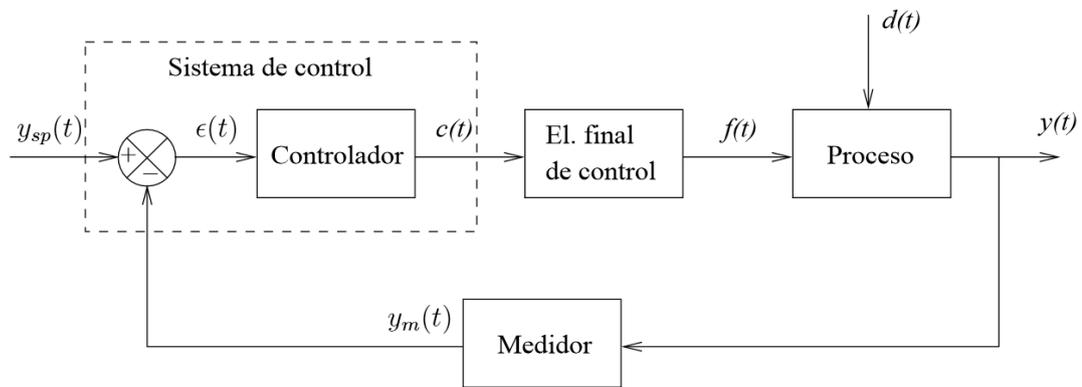


Figura 1.7: Diagrama de bloques de un lazo de control realimentado.

El sistema de control se compone del controlador y del punto suma, que compara la lectura del medidor con la consigna para dar el error $\epsilon(t)$ que alimenta el controlador. El objetivo del sistema de control es minimizar el error para que su valor sea lo más próximo a cero. Además debe lograr eliminar los errores lo más rápidamente posible. Esto se realiza de la siguiente manera:

El proceso, viene descrito por una función de transferencia, mismo que puede tener dos posibles entradas: $f(t)$ que es la variable manipulable y $d(t)$ que representa a las perturbaciones. Las perturbaciones pueden ser una entrada en cualquier punto del lazo de control, pero normalmente son debidas al proceso.

La respuesta del proceso es la variable controlada que normalmente se indicará como $y(t)$. Esta variable es la respuesta global del sistema formado por todos los elementos del lazo de control. El valor de la variable controlada se mide con un sensor.

Como salida del proceso se obtiene la variable controlada medida $y_m(t)$. El valor de $y_m(t)$ se compara con la consigna $y_{sp}(t)$ para obtener el error $\epsilon(t)$. El valor de la consigna será normalmente cero. Este error es la entrada del controlador. Las respuesta del controlador $c(t)$ modifican al elemento final de control $f(t)$.

El cambio de la variable manipulable modifica el estado del proceso. Si el sistema de control funciona correctamente este cambio de la variable controlada debe tender a eliminar el error. En el caso de que lo que se haya producido haya sido un cambio en la consigna, debe conducirse al sistema al nuevo estado estacionario deseado.

(ARÁNTEGUI, 2010)

1.5.2. CONTROL PROPORCIONAL

El controlador proporcional (P) genera a la salida una señal de control que es proporcional a la señal de error, de tal manera que la acción proporcional es la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$. De este modo:

$$u(t) = K_p * e(t) \quad (1.1)$$

donde K_p es la ganancia proporcional.

Cuanto mayor es la ganancia del control proporcional, mayor es la señal de control generada para un mismo valor de señal de error. De este modo, se puede decir que el aumento de la ganancia del control proporcional permite reducir el error en estado estacionario. Este control reduce el tiempo de subida, incrementa el sobreimpulso y reduce el error.

El controlador proporcional puede controlar cualquier planta estable, pero posee desempeño limitado y error en régimen permanente.

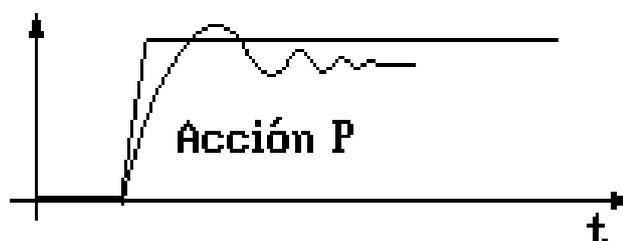


Figura 1.8: Forma de onda control proporcional.

Características de la Acción de Control Proporcional:

- Mejora la dinámica del sistema.
- Aumento de la inestabilidad relativa.
- Aparición de saturaciones.
- Mejora la precisión del sistema: pero no desaparece el error estacionario.

(OGATA, 1978)

1.5.3. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL

La acción de control proporcional integral (PI) genera una señal resultante de la combinación de la acción proporcional y la acción integral conjuntamente, por lo que al agregar la acción integral a la proporcional se elimina el error estacionario. Industrialmente se utiliza solamente el control (PI) y no el control Integral puro. La acción de control Proporcional Integral se define como:

$$u(t) = K_p * e(t) + \frac{K_p}{T_i} * \int_0^t e(t) * dt \quad (1.2)$$

donde K_p es la ganancia proporcional y T_i se denomina tiempo integral.

El tiempo integral T_i ajusta la acción del control, mientras que un cambio en el valor de K_p afecta las partes integral y proporcional de la acción de control. El inverso del tiempo integral T_i se denomina velocidad de reajuste. La velocidad de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. El control proporcional integral decrementa el tiempo de subida, incrementa el sobreimpulso, y el tiempo de estabilización, y tiene el efecto de eliminar el error estacionario pero empeorará la respuesta transitoria.

Este tipo de control puede ser empleado en sistemas que tienen grandes cambios, pero estos a su vez, deben ser lentos para evitar sobreimpulsos producidos por el tiempo integral. Una desventaja es que durante el arranque de los procesos, la acción integral causa considerables impulsos del error antes de alcanzar el punto de operación.



Figura 1.9: Forma de onda control proporcional integral.

Características de la Acción de Control Proporcional Integral:

- Mejora la dinámica del sistema.
- Mejora la precisión del sistema: eliminando el error estacionario.
- Aumento de la inestabilidad relativa.

(UDLAP, 2008)

1.5.4. CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO

La acción de control proporcional derivativo (PD) genera una señal resultante de la combinación de la acción proporcional y la acción derivativa conjuntamente, por lo que al agregar la acción derivativa a la proporcional se reduce el sobreimpulso y el tiempo de estabilización, por lo cual se tendrá el efecto de incrementar la estabilidad del sistema mejorando la respuesta del proceso.

La acción de control derivativa nunca se la utiliza sola, debido a que únicamente es eficaz durante períodos transitorios, ésta acción de control, llamada control de velocidad, ocurre donde la magnitud de la salida del

controlador es proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. La acción de control Proporcional Derivativa se define como:

$$u(t) = K_p * e(t) + k_p * T_d * \frac{de(t)}{dt} \quad (1.3)$$

donde K_p es la ganancia proporcional y T_d se denomina tiempo derivativo.

El tiempo derivativo T_d es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de la velocidad hace avanzar el efecto de la acción proporcional. La acción de control derivativa tiene un carácter de previsión. Sin embargo, es obvio que una acción de control derivativa nunca prevé una acción que nunca ha ocurrido. Aunque ésta acción de control tiene la ventaja de ser de previsión, tiene las desventajas de que amplifica las señales de ruido y puede provocar un efecto de saturación en el actuador, tomando en cuenta que tampoco elimina el error en estado estacionario.



Figura 1.10: Forma de onda control proporcional derivativo.

Características de la Acción de Control Proporcional Derivativa:

- Mejora la dinámica del sistema.
- Mejora la precisión del sistema: permite aumentar el valor de K_p .
- Mejora la estabilidad relativa del sistema, pero presenta error $e(t)$.

(UDLAP, 2008)

1.5.5. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO

La acción de control proporcional integral derivativa (PID) genera una señal resultado de la combinación de la acción proporcional, la acción integral y la derivativa conjuntamente.

La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u(t) = Kp * e(t) + \frac{Kp}{Ti} * \int_0^t e(t) * dt + Kp * Td * \frac{de(t)}{dt} \quad (1.4)$$

donde Kp es la ganancia proporcional, Ti es el tiempo integral y Td es el tiempo derivativo.

La acción de control proporcional integral derivativa permite eliminar el error en estado estacionario, logrando una buena estabilidad relativa del sistema de control. La mejora de estabilidad relativa implica una respuesta transitoria con mejores tiempos de adquisición y un valor de sobreimpulso pequeño.

Este control puede usarse en cualquier proceso bajo cualquier condición:

- La acción proporcional corrige la salida del controlador en una cantidad proporcional a la desviación.
- La acción integral corrige la salida del controlador en una cantidad proporcional a la integración de la desviación.
- La acción derivativa corrige a la salida del controlador en una cantidad proporcional a la del cambio del error.
- El efecto que tiene este control es que adelanta la respuesta, mejora la estabilidad y no modifica el estado estacionario.



Figura 1.11: Forma de onda control proporcional integral derivativo.

Características de la Acción de Control Proporcional Integral Derivativo:

- Efecto Proporcional: Mejora la dinámica del sistema.
- Efecto Integral: Elimina el error ante entradas en nivel.
- Efecto derivativo: Mejora la estabilidad relativa del sistema.

(DISA, 2010)

1.6. MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN

1.6.1. INTRODUCCIÓN

La sintonización de los controladores Proporcional, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativo y Proporcional-Integral-Derivativo, consiste en la determinación del ajuste de sus parámetros (K_p , T_i , T_d), para lograr un comportamiento del sistema de control aceptable y robusto de conformidad con algún criterio de desempeño establecido.

Para poder realizar la sintonización de los controladores, primero debe identificarse la dinámica del proceso, y a partir de ésta determinar los parámetros del controlador utilizando sus diferentes tipos de ajustes.

(ALFARO , 2002)

1.6.2. MÉTODO DE TANTEO

El proceso y el controlador deben estar instalados y trabajando en forma normal a lazo cerrado, éste método se basa en poner en marcha el proceso con K_p , T_i , T_d pequeños y aumentarlos gradualmente hasta obtener la estabilidad deseada.

Por ello se provocan cambios de carga en el proceso, moviendo el punto de consigna arriba y abajo en ambas direcciones, lo suficiente para lograr una perturbación considerable, pero no demasiado grande que pueda dañar el proceso.

Ajuste de los controladores.

Con el tiempo derivativo en 0 y el integral en ∞ minutos/repetición, se aumenta la ganancia proporcional hasta obtener una relación de amortiguamiento de 0,25. Entonces se aumenta lentamente el tiempo integral en la forma antes indicada, hasta acercarse al punto de estabilidad.

Se aumenta la banda derivativa en pequeños incrementos, creando al mismo tiempo desplazamientos en el mismo punto de consigna hasta obtener en el proceso un comportamiento cíclico, reduciendo ligeramente la última banda derivativa. Después de estos ajustes puede aumentarse normalmente la ganancia proporcional en pequeños incrementos teniendo mejores resultados en el control del proceso.

(CREUS Solé, 1998)

1.6.3. MÉTODO DE OSCILACIÓN CONTINUA

Este es uno de los métodos de Ziegler - Nichols se lo utiliza en sistemas a lazo cerrado, para que este método sea aplicable, la respuesta transitoria debe poder alcanzar la estabilidad crítica en función de un aumento de la ganancia.

Ajuste de los controladores.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Utilizar solamente control proporcional, comenzando con un valor de ganancia pequeño, incrementar la ganancia hasta que el lazo comience a oscilar. Notar que se requieren oscilaciones lineales y que estas deben ser observadas en la salida del controlador.
2. Registrar la ganancia crítica del controlador $K_p = K_c$ y el período de oscilación de la salida del controlador, T_c .
3. Ajustar los parámetros del controlador según la tabla 1.1:

Tabla 1.1. Valores sugeridos por Ziegler - Nichols.

Tipo de Controlador	K_p	T_i	T_d
P	$0,5K_c$	∞	0
PI	$0,45K_c$	$1/1.2(T_c)$	0
PID	$0,6K_c$	$0,5T_c$	$0.125T_c$

(LÓPEZ, 2009)

1.6.4. MÉTODO DE CURVA DE REACCIÓN

Este método fue desarrollado por Cohen y Coon, el cual se lo utiliza en sistemas a lazo abierto.

Ajuste de los controladores.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se abre el lazo usualmente entre el controlador y el actuador.
2. El controlador en "posición manual", se excita con una entrada escalón.

3. Se memoriza o graba la respuesta del sistema y se aplica la tabla 1.2. Para obtener las variables de la curva de respuesta se debe referenciar en la figura 1.12.

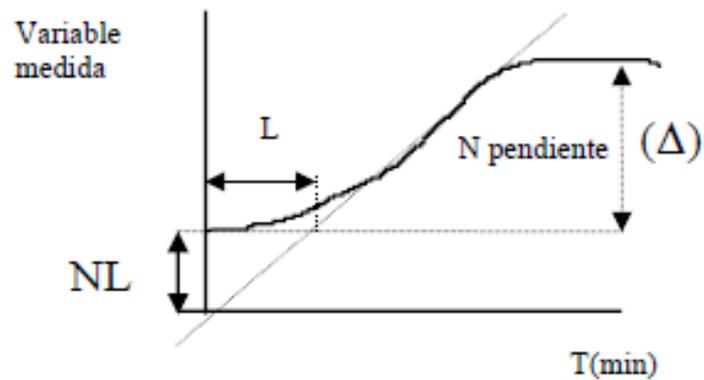


Figura 1.12: Curva de respuesta ante una entrada escalón.

Donde:

N = máxima pendiente de la curva

L = atraso efectivo

Δ = variación del cambio fraccional por minuto.

Tabla 1.2. Valores sugeridos por Cohen y Coon.

Tipo de Controlador	K_p	T_i	T_d
P	$(\Delta/12)/NL$	∞	0
PI	$\frac{0,9(\Delta/12)}{NL}$	$L/0,3$	0
PID	$\frac{1,2(\Delta/12)}{NL}$	$L/0,5$	0,5L

(LÓPEZ, 2009)

1.7. VARIADOR DE FRECUENCIA

1.7.1. INTRODUCCIÓN

Los variadores de frecuencia son dispositivos electrónicos, que permiten el control completo de motores eléctricos; los hay de corriente continua C.C., (variación de tensión), y de corriente alterna C.A., (variación de frecuencia); son más utilizados en motores trifásicos de inducción y jaula de ardilla, también se los suele denominar inversores o variadores de frecuencia. Son utilizados cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad.
- Regulación sin golpes mecánicos.
- Movimientos complejos.

El variador de frecuencia está formado por circuitos que incorporan transistores de potencia como el IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) o tiristores, siendo el principio básico de funcionamiento transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable, como se muestra en la figura 1.13.

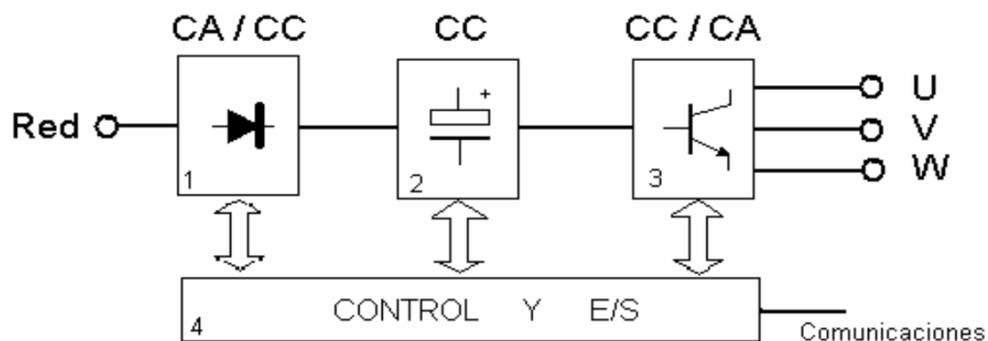


Figura 1.13: Diagrama de bloques variador de frecuencia.

Partes del diagrama de bloques del variador de frecuencia:

1. Rectificador: partiendo de la red de suministro de C.A., monofásica o trifásica, se obtiene C.C., mediante diodos rectificadores.

2. Bus de continua: condensadores de gran capacidad (y a veces también bobinas), almacenan y filtran la C.C., rectificadas, para obtener un valor de tensión continuo estable, y reserva de energía suficiente para proporcionar la intensidad requerida por el motor.
3. Etapa de salida: desde la tensión del bus de continua, un ondulator convierte esta energía en una salida trifásica, con valores de tensión, intensidad y frecuencia de salida variables. Como elementos de conmutación, se usan principalmente transistores bipolares (BJT), CMOS o similares, IGBT, tiristores (SCR), GTO, etc. Las señales de salida, se obtiene por diversos procedimientos como troceado, mediante ciclo convertidores, o señales de aproximación senoidal mediante modulación por anchura de impulsos PWM.
4. Control y E/S: circuitos de control de los diferentes bloques del variador, protección, regulación y entradas/salidas, tanto analógicas como digitales. Además se incluye el interfaz de comunicaciones con buses u otros dispositivos de control y usuario.

(SEVILLANO, 2011)

El modo de trabajo puede ser manual o automático, según las necesidades del proceso, dada la enorme flexibilidad que ofrecen los variadores de frecuencia, permitiendo hallar soluciones para obtener puntos de trabajo óptimos en todo tipo de procesos, pudiendo ser manejados por ordenador, PLC, señales digitales o de forma manual.

La mayoría de las marcas incluyen dentro del propio variador protecciones para el motor, tales como protecciones contra sobreintensidad, sobretensión, fallo contra desequilibrios, defectos a tierra, etc., además de ofrecer procesos de arranque y frenado suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundará en un aumento de la vida del motor y las instalaciones. Como debe saberse, el uso de los variadores de frecuencia añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones.

Además aportan los siguientes beneficios:

- Reducción del consumo de energía.
- Minimizar las pérdidas en las instalaciones.
- Mejor control operativo, mejorando la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos.
- Ahorro en mantenimiento (el motor trabaja siempre en las condiciones óptimas de funcionamiento).

(UTN, 2012)

1.7.2. MICROMASTER 440

La serie MICROMASTER 440 es una gama de variadores de frecuencia utilizados para modificar la velocidad de motores trifásicos. Los mismos que trabajan en un rango de potencias desde 120 W para entrada monofásica hasta 75 KW con entrada trifásica. Mismos que están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT de última generación. Esto los hace fiables y versátiles.

Un método especial de modulación por ancho de pulsos 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.



Figura 1.14: Variador de frecuencia MICROMASTER 440.

a. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Fácil de instalar, parametrizar y poner en servicio.
- 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 7^{ma} y 8^{va} 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 comunicaciones por PC, panel BOP (Basic Operator Panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS.

b. PRESTACIONES

- Control vectorial sin sensores.
- 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 integrada.
- 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.

c. CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIÓN

- Protección de sobretensión/mínima tensión.
- Protección de sobret temperatura 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.

d. PANEL BOP

El BOP (Panel Básico de Operador) permite acceder a los parámetros del convertidor y ofrece al usuario la posibilidad de personalizar los ajustes del variador de frecuencia MICROMASTER 440. Se puede utilizar el panel BOP para configurar varios convertidores al ajustar los parámetros requeridos y una vez que el proceso se ha completado se lo puede sustituir por el panel estándar SDP. El panel BOP contiene un indicador de 5 dígitos que permite al usuario leer las características de entrada y salida de cualquier parámetro, pero no tiene la capacidad de almacenar información de dichos parámetros.



Figura 1.15: Panel BOP.

(SIEMENS International, 2001)

1.8. TRANSMISORES

1.8.1. INTRODUCCIÓN

Los transmisores son instrumentos que captan la variable de procesos y la transmiten a distancia a un instrumento receptor, indicador, registrador, controlador o una combinación de estos. Existen tres tipos de transmisores: neumáticos, electrónicos e inteligentes.

Los transmisores neumáticos generan una señal neumática variable linealmente de 3 a 15 PSI (libras por pulgada cuadrada) para el campo de

medida de 0-100 % de la variable. Se fundamentan en el principio que cumple el sistema tobera-obturador, la función de la tobera-obturador es que a medida que la lámina obturadora disminuya o aumente la distancia hacia la tobera, ésta ocasiona un efecto inversamente proporcional sobre la presión interna que es intermedia entre la presión atmosférica y la presión del suministro e igual a la señal de salida del transmisor, la tobera totalmente cerrada equivale a 15 PSI y totalmente abierta a 3 PSI.

Los transmisores neumáticos presentan las siguientes características:

- Transmisión segura en ambientes peligrosos.
- Insensible a la contaminación electromagnética.
- Utiliza actuadores neumáticos
- Compresibilidad y sensibilidad a las condiciones del aire.
- Requiere de un compresor.

Los transmisores electrónicos generan una señal estándar de 4 a 20 mA c.c., generalmente estos transmisores utilizan el equilibrio de fuerzas, el desequilibrio da lugar a una variación de posición relativa, excitando un transductor de desplazamiento tal como un detector de inductancia o un transformador diferencial. Un circuito oscilador asociado con cualquiera de estos detectores alimenta una unidad magnética y es así como se complementa un circuito de realimentación variando la corriente de salida en forma proporcional al intervalo de la variable en proceso. Su precisión es de 0.5 - 1% en una salida estándar de 4 - 20mA. Se caracterizan por el rango de entrada del sensor.

Los transmisores electrónicos presentan las siguientes características:

- Alta velocidad de transmisión.
- Bajo costo.
- Sensibilidad a la contaminación electromagnética.
- Utiliza cables apantallados.

Los transmisores inteligentes son aquellos instrumentos capaces de realizar funciones adicionales a la de la transmisión de la señal del proceso gracias a un microprocesador incorporado, el microprocesador linealiza las señales y entrega una salida estándar de 4 a 20 mA.

Los transmisores inteligentes permiten leer valores, configurar el transmisor, cambiar su campo de medida y diagnosticar averías, calibración y cambio de margen de medida. Algunos transmisores gozan de autocalibración, autodiagnóstico de elementos electrónicos; su precisión es de 0.075%. Monitorea las temperaturas, estabilidad, campos de medida amplios, posee bajos costes de mantenimiento pero tienen desventajas como su lentitud, frente a variables rápidas puede presentar problemas y para el desempeño en las comunicaciones no presenta dispositivos universales, es decir, no intercambiable con otras marcas.

Los transmisores inteligentes presentan las siguientes características:

- Mayor precisión aproximada de 0.1%.
- Autodiagnóstico.
- Actualmente su uso es masivo.
- Al estar dotados de un microprocesador, suelen incorporar las funciones del protocolo HART.

(CREUS Solé, 1998)

1.8.2. TRANSMISOR DE FLUJO GF SIGNET 8550

Los Transmisores de flujo GF Signet 8550 son instrumentos avanzados que convierten las señales de frecuencia de todos los sensores de flujo Signet GF, en una señal estándar de 4 a 20 mA para una transmisión a larga distancia, poseen máxima flexibilidad de configuración con una sola entrada/salida, dos relés opcionales para el control de procesos., dos opciones de embalaje para el montaje integral/tubería o la instalación del

panel y escalabilidad para prácticamente cualquier rango de caudal o de la unidad de ingeniería.



Figura 1.16: Transmisor de flujo GF Signet 8550.

Características generales del transmisor de flujo GF Signet 8550:

- Fabricado por Georg Fischer / GF Signet.
- Precisión: $\pm 0,5$ Hz.
- Exactitud: $\pm 2\%$ del valor medido.
- Linealidad: $\pm 1\%$ de lectura más 0,01m/s.
- Protección contra inversión de polaridad y cortocircuitos.
- Caja: NEMA 4X IP65 frente CSA, CE, UL enumerada.
- Fabricado bajo ISO 9001.
- Energía del sensor :
 - 2 alambres: 1,5 mA a 5 VDC ± 1 %.
 - 3 o 4 hilos: 20 mA a 5 VDC. ± 1 %.
- Límites de flujo:
 - Mínimo: 0,05 m/s.
 - Máximo: 10 m/s.
- Salida de corriente:
 - 4 a 20 mA, aislada, totalmente ajustable y reversible.
 - Energía: 12 a 24 VDC ± 10 %, regulado.
 - Precisión: $\pm 0,03$ mA.
- Salida de relé:

- Contactos SPDT mecánicas: Hi, Lo, Pulse, Off.
- Tensión nominal máxima: 5A a 30 VDC, 5A a 250 VAC carga resistiva.
- Histéresis: Ajustable por el usuario.
- Salida de colector abierto: Hi, Lo, Pulse, Off.
- Colector abierto, con aislamiento óptico, 50mA máx, 30 VDC máx. de tensión pull-up.

Aplicaciones típicas del transmisor de flujo GF Signet 8550:

- Control y monitoreo de flujo.
- Filtración o regeneración del descalcificador.
- Totalización de efluentes.
- Protección de bombas.
- Bomba de alimentación pulsante.
- Distribución de agua.
- Detección de fugas.

(UTILITES SUPPLY Co, 2011)

1.8.3. SENSOR DE FLUJO DE RUEDA DE PALETAS GF SIGNET 8510

El sensor de flujo Signet 8510 Rotor-X Paddlewheel con alta repetitividad, mide el flujo del líquido en las tuberías completas y es muy utilizado en sistemas de baja presión, además es un sensor resistente que ofrece un valor excepcional, con poco o ningún mantenimiento, posee facilidad de instalación y mantiene una larga tradición de operación confiable.

La selección de materiales incluyendo el polipropileno y PVDF hacen que este modelo sea versátil y químicamente compatible con muchas soluciones líquidas de procesos. Este sensor puede ser instalado en DN15 a DN900 (½ a 36 pulgadas) utilizando tubos en línea completa de accesorios Signet

personalizado, estos accesorios personalizados insertan el sensor a la profundidad adecuada en el flujo del proceso.



Figura 1.17: Sensor de flujo de rueda de paletas GF Signet 8510.

Características generales del sensor de paletas GF Signet 8510:

- Rango de Flujo de 0,3 a 6 m/s.
- Se instala en tubería de DN15 a DN900 (½ to 36 in.).
- Ajuste del rango de medición de 20:1.
- La señal de salida es una frecuencia senoidal capaz de excitar un medidor de flujo con alimentación autónoma.
- Autoalimentado.
- Alta repetitividad.
- Materiales químicamente resistentes.
- Fácil de substituir el rotor.
- Detección de flujo en ambas direcciones (bidireccional).
- Utiliza montaje de instalación que se ajusta para controlar la profundidad de inserción correcta del sensor y orientarlo para que sea paralelo con el flujo de fluido.

(GEORG FISCHER Signet LLC, 2013)

1.9. ENCODERS

1.9.1. INTRODUCCIÓN

Los encoders son sensores que generan señales digitales en respuesta al movimiento. Están disponibles en dos tipos, uno que responde a la rotación, y el otro al movimiento lineal. Cuando son usados en conjunto con dispositivos mecánicos tales como engranes, ruedas de medición o motores, estos pueden ser utilizados para medir movimientos lineales, velocidad y posición.

Los encoders están disponibles con diferentes tipos de salidas, uno de ellos son los ENCODER INCREMENTALES, que generan pulsos mientras se mueven, se utilizan para medir la velocidad, o la trayectoria de posición. El otro tipo son los ENCODERS ABSOLUTOS que generan multi-bits digitales en código binario o gray, que indican directamente su posición actual.

Los encoders pueden ser utilizados en una gran variedad de aplicaciones. Actúan como transductores de retroalimentación para el control de la velocidad en motores, como sensores para medición, de corte y de posición. También como entrada para velocidad y controles de rango. A continuación se enlista algunos ejemplos:

- Dispositivo de control de puertas.
- Robótica.
- Plotter.
- Soldadura ultrasónica.
- Dispositivos de análisis.
- Diferentes maquinarias.
- Equipo médico.

(WEST México, 2009)

1.9.2. ENCODER INCREMENTAL

El encoder incremental posee un número específico de pulsos equitativamente espaciados por revolución (PPR), proporciona normalmente dos formas de ondas cuadradas y desfasadas entre sí en 90° eléctricos, los cuales por lo general son "canal A" y "canal B".

Con la lectura de un solo canal se dispone de la información correspondiente a la velocidad de rotación, mientras que si se capta también la señal "B" es posible discriminar el sentido de rotación en base a la secuencia de datos que producen ambas señales. Está disponible además otra señal llamada canal Z o Cero, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder. Esta señal se presenta bajo la forma de impulso cuadrado con fase y amplitud centrada en el canal A.

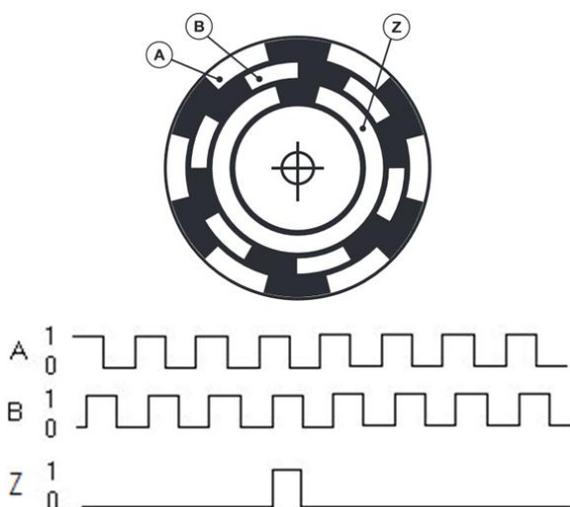


Figura 1.18: Representación gráfica de las señales incrementales A, B y Z

Cada encoder incremental tiene en su interior un disco, marcado con una serie de líneas uniformes a través de una única pista alrededor de su perímetro. Las líneas opacas a la luz son de anchura igual a las transparentes. Trabajando con una unidad emisora de luz y una unidad de captación de la misma que, al girar el disco, generan unas señales. Las cuales, debidamente tratadas, generan las correspondientes salidas de un encoder incremental.

Una salida de un encoder incremental indica movimiento. Para determinar la posición, sus pulsos deben ser acumulados por un contador. La cuenta está sujeta a pérdida durante una interrupción de energía o corrupción por transistores eléctricos.

Cuando comienza, el equipo debe ser dirigido a una referencia o posición de origen para inicializar los contadores de posición. La máxima frecuencia a la cual el encoder responde eléctricamente, se refiere al número de impulsos de salida que el encoder puede emitir por segundo.

(ELTRA, 2010)

1.9.3. ENCODER INCREMENTAL ES3-10LN-6941

Los encoders DELTA son empleados como sensores de medición para movimientos giratorios y de velocidad angular, sus áreas de aplicación incluyen motores eléctricos, máquinas herramientas, robots y dispositivos de manipulación.

Estos encoders son de volumen pequeño, de alta precisión, fiables, que se utilizan comúnmente en la detección de velocidad, detección de la dirección de rotación y movimientos angulares.

Sus principales características son:

- E: Encoder Incremental.
- S: Eje sólido.
- 3: Diámetro externo; 36.6mm.
- 10: Resolución de 1000 pulsos por revolución (PPR).
- L: Eje de salida; Line Driver.
- N: Señales de salida; A, B, Z y negadas.
- 6: Diámetro del eje; 6mm.
- 9: Entrada de voltaje; 7-24 VDC.

- 4: Entorno operativo; IP40, 70°.
- 1: Longitud del cable; 1000mm.
- Consumo de corriente: 100mA máximo.
- Respuesta en frecuencia: 300KHz máximo.
- Velocidad del eje principal: 6000rpm máximo.



Figura 1.19: Encoder incremental ES3-10LN-6941.

(DELTA ELECTRONICS, 2007)

CAPÍTULO 2

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA

La implementación del módulo didáctico requerirá de la instalación, conexión y configuración de dispositivos de control, además de la instrumentación y visualización de los procesos, con la finalidad de integrar dos sistemas en lazo cerrado que sean capaces de controlar de manera autónoma cada uno de los procesos de caudal y velocidad respectivamente.

Para realizar el control de los dos sistemas se utilizará un PLC, el cual recibirá una señal analógica de la variable del proceso de caudal proveniente de un transmisor de paletas, y otra señal digital de la variable del proceso de velocidad proveniente de un encoder incremental, el PLC procesa la información de acuerdo al modo de control configurado para cada proceso y envía señales de control a dos variadores de frecuencia, el variador del proceso de caudal variará la velocidad de la bomba centrífuga cambiando el flujo de agua que circula por la tubería y de esta manera establece el control requerido, mientras que el variador del proceso de velocidad variará la velocidad del motor cambiando las RPM realizando el control requerido.

Además será posible visualizar las variables de cada proceso y monitorear los dos sistemas de caudal y velocidad mediante un HMI utilizando una TOUCH PANEL, que contendrá diagramas P&ID, animación de los procesos, históricos, modos de control, sintonización y monitoreo de cada sistema.

2.2. DIAGRAMA DEL PANEL FRONTAL

La figura 2.1 muestra el diagrama que va adherido en el panel frontal del módulo didáctico, en el cual podemos realizar las conexiones necesarias para el funcionamiento de los procesos de caudal y velocidad.

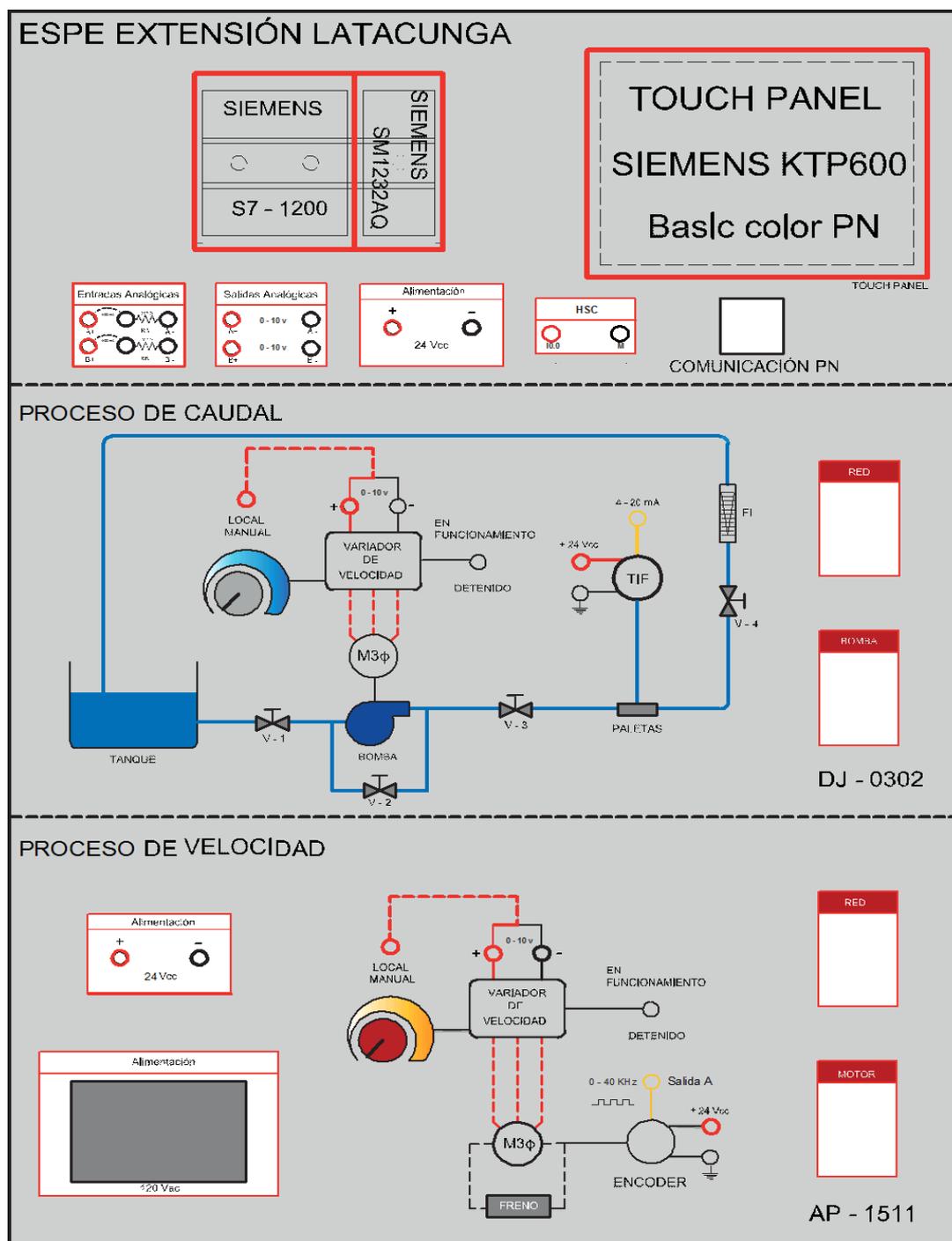


Figura 2.1: Diagrama del panel frontal.

2.3. DIAGRAMA DE BLOQUES Y P&ID DE LOS SISTEMAS

2.3.1. DIAGRAMA DE BLOQUES

La figura 2.2 muestra los sistemas de control de caudal de agua y velocidad de un motor con funcionamiento en lazo cerrado de cada proceso.

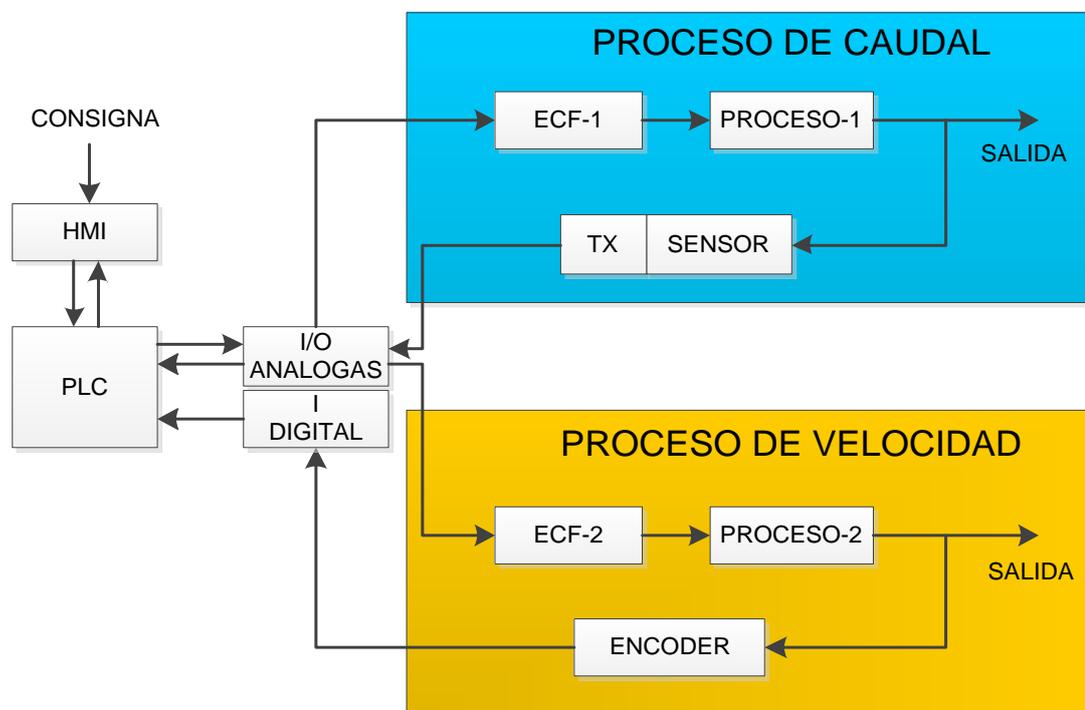


Figura 2.2: Diagrama de bloques de los sistemas caudal y velocidad.

HMI.- Representa la Interfaz Humano Máquina (KTP600 Basic Color PN), a través del cual el usuario podrá visualizar y configurar el funcionamiento de los dos procesos.

PLC.- Representa la Unidad de Control Lógica Programable, Siemens S7-1200, con CPU 1212C elemento primordial del sistema, encargado de realizar las funciones de control de cada proceso en lazo cerrado y gestionar las comunicaciones con el HMI.

I/O ANÁLOGAS.- Las entradas análogas están incluidas de manera compacta en el PLC, mientras que las salidas análogas forman parte de un

módulo de expansión, mismo que proporciona un vínculo de comunicación entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo de los dos sistemas.

I DIGITAL.- Representa la adquisición de la señal en frecuencia del encoder incremental ES3-10LN-6941, con el fin de obtener RPM del motor trifásico mediante contadores rápidos.

ECF-1.- Elemento de control final de caudal (Variador de Frecuencia) dispositivo que controla la velocidad de la bomba centrífuga de forma proporcional cambiando el flujo de agua que circula por la tubería.

PROCESO-1.- Proceso de caudal representado por la bomba centrífuga, el rotámetro y la conexión de tubería que va desde y hacia el tanque de almacenamiento.

SENSOR.- Sensor de rueda de paletas, permite la medición de la variable física del caudal y entrega a la salida una señal en frecuencia senoidal.

TX.- Representa el transmisor de flujo, el mismo que toma el valor del sensor dado por la variable del proceso de caudal y la transmite a distancia mediante una señal estándar de corriente a un instrumento indicador, registrador, controlador, etc.

ECF-2.- Elemento de control final de velocidad (Variador de Frecuencia) dispositivo que controla la velocidad de rotación de un motor asíncrono trifásico de corriente alterna a través de la variación de frecuencia de alimentación suministrada.

PROCESO-2.- Proceso de velocidad representado por un acople entre el motor asíncrono trifásico y el encoder incremental, posee además un sistema de frenado del motor.

ENCODER.- Representa el sensor del sistema de velocidad, el mismo que genera señales digitales en respuesta al movimiento del motor asíncrono trifásico, el encoder incremental posee un número específico de pulsos equitativamente espaciados por revolución (PPR) que proporciona normalmente dos formas de ondas cuadradas y desfasadas entre sí en 90° eléctricos, los cuales por lo general son "canal A" y "canal B". Está disponible además otra señal llamado canal Z o Cero, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder.

2.3.2. DIAGRAMA P&ID

a. DIAGRAMA P&ID DEL PROCESO DE CAUDAL

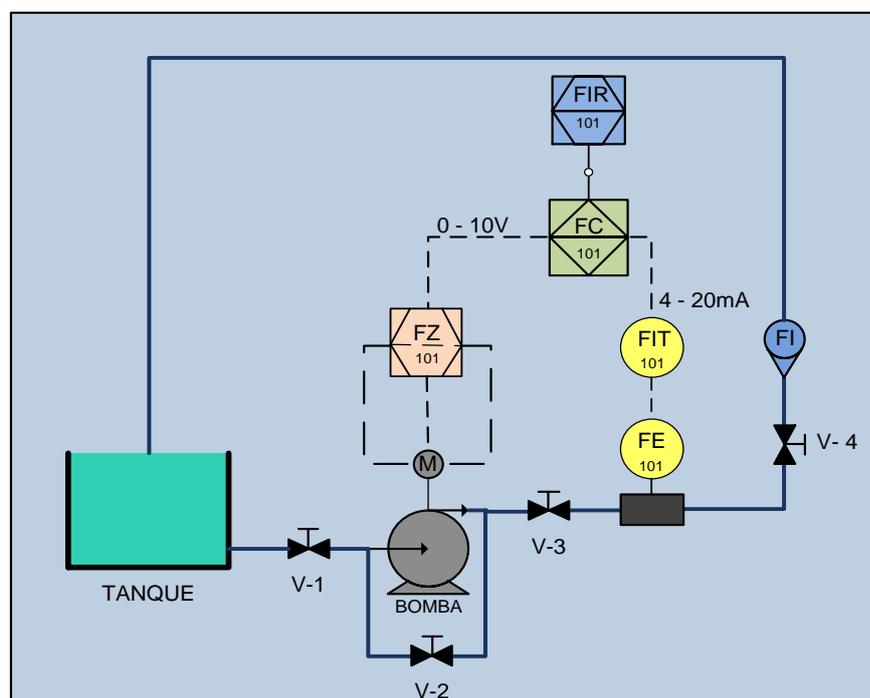


Figura 2.3: Diagrama P&ID del proceso de caudal.

TANQUE.- El proceso de caudal consta de un tanque reservorio de agua de 40 litros, el mismo que representa el punto de partida y de llegada del sistema.

VÁLVULAS DE PASO (V-1, V-2, V-3, V-4).- Son válvulas de bola que están instaladas en la tubería del proceso de caudal, éstas válvulas tienen el

objetivo de provocar perturbaciones externas y pueden ser utilizadas para dar mantenimiento al sistema.

BOMBA.- Bomba centrífuga trifásica marca THEBE de 1HP, permite realizar el proceso de impulsión del agua que circula por la tubería desde y hacia el tanque de almacenamiento.

INDICADOR DE FLUJO (FI).- Rotámetro graduado en galones o litros por minuto (GPM o LPM), permite visualizar físicamente el flujo de agua que circula por la tubería del proceso.

ELEMENTO PRIMARIO DE FLUJO (FE-101).- Sensor de flujo de rueda de paletas GF Signet 8510, ubicado en contacto con la variable controlada y conectado de forma compacta al transmisor de flujo.

TRANSMISOR INDICADOR DE FLUJO (FIT-101).- Transmisor de flujo GF Signet 8550, instrumento que convierte la señal de frecuencia senoidal dada por el sensor de flujo en una señal estándar de 4 a 20 mA para una transmisión a larga distancia. Además se encuentra ubicado en campo.

CONTROLADOR DE FLUJO (FC-101).- PLC SIEMENS S7-1200 encargado de controlar el proceso de caudal, el cual debe comunicarse con una TOUCH PANEL para realizar la configuración, sintonización y monitoreo del proceso, se encuentra ubicado sobre el panel, accesible al operador.

ELEMENTO DE CONTROL FINAL DE FLUJO (FZ-101).- Variador de frecuencia MICROMASTER 440, dispositivo encargado de variar la velocidad proporcionalmente de la bomba centrífuga trifásica y con esto el flujo de agua que circula por la tubería del proceso, se encuentra ubicado tras del panel.

REGISTRADOR INDICADOR DE FLUJO (FIR-101).- TOUCH PANEL KTP600, permite realizar una interfaz humano máquina con la finalidad de configurar los modos de control de los procesos, así como ingresar valores

de consigna, monitorear variables y visualizar registros de cada uno, además se encuentra ubicado sobre el panel, accesible al operador.

b. DIAGRAMA P&ID DEL PROCESO DE VELOCIDAD

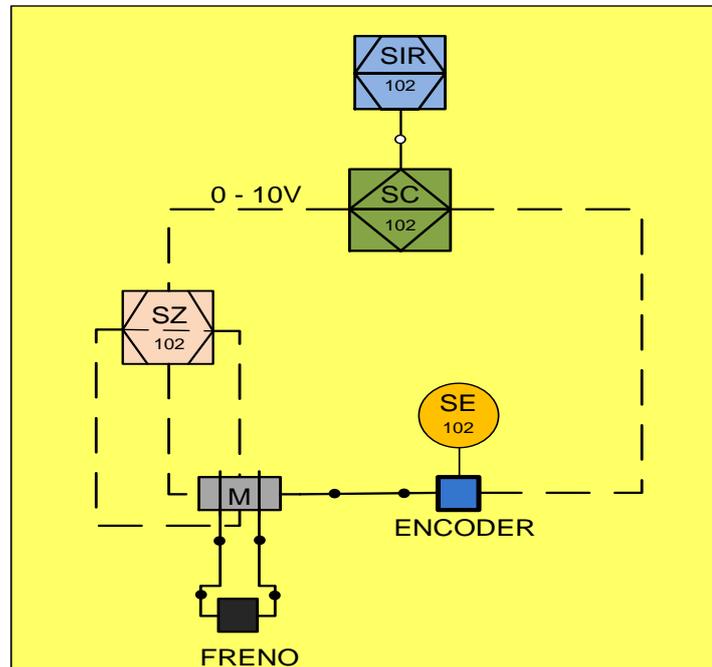


Figura 2.4: Diagrama P&ID del proceso de velocidad.

MOTOR (M).- Motor asíncrono trifásico jaula de ardilla marca SIEMENS de 1HP, transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas, es la base del proceso de velocidad.

FRENO.- Estructura metálica que consta de un brazo sobre el que van dos resortes y una rueda que tiene adosada una banda de alto rozamiento, esta rueda está unida al eje del motor del cual se quiere reducir su velocidad de rotación. El ajuste de la banda es variable por lo que se puede controlar la presión ejercida sobre la rueda de manera que se considera una carga aplicada al motor. La fricción es disipada en forma de calor por el material del freno. Este freno provee una forma sencilla de aplicar una carga al eje principal de un motor.

ELEMENTO PRIMARIO DE VELOCIDAD (SE-102).- Encoder incremental ES3-10LN-6941, es el sensor del proceso de velocidad unido mediante un acople plástico al eje del motor asíncrono trifásico, el encoder envía una señal de pulsos por el canal A que adquiere el PLC por una entrada digital y mediante la función contador rápido (HSC) los convierte en frecuencia. Este sensor se encuentra ubicado en campo.

CONTROLADOR DE VELOCIDAD (SC-102).- PLC SIEMENS S7-1200 encargado de controlar el proceso de velocidad, el cual debe comunicarse con una TOUCH PANEL para realizar la configuración, sintonización y monitoreo del proceso, se encuentra ubicado sobre el panel, accesible al operador.

ELEMENTO DE CONTROL FINAL DE VELOCIDAD (SZ-102).- Variador de frecuencia MICROMASTER 440, dispositivo encargado de variar proporcionalmente la velocidad de rotación del motor asíncrono trifásico de corriente alterna a través de la variación de frecuencia de alimentación suministrada, se encuentra ubicado tras del panel.

REGISTRADOR INDICADOR DE VELOCIDAD (SIR-102).- TOUCH PANEL KTP600, permite realizar una interfaz humano máquina con la finalidad de configurar los modos de control de los procesos, así como ingresar valores de consigna, monitorear variables y visualizar registros de cada uno, además se encuentra ubicado sobre el panel, accesible al operador.

NOTA: El controlador de flujo (FC-101) y el controlador de velocidad (SC-102) pertenecen al mismo controlador lógico programable PLC SIEMENS S7-1200 porque este tiene la capacidad de realizar hasta 32 lazos de control, de la misma manera el registrador indicador de flujo (FIR-101) y el registrador indicador de velocidad (SIR-102) pertenecen a la misma TOUCH PANEL (KTP600 Basic Color PN).

2.4. DIAGRAMA DE FLUJO

Las figuras 2.5 y 2.6 muestran los diagramas de flujo de los procesos de caudal y velocidad respectivamente, en donde se ilustra claramente el flujo de información y procesamiento de cada una de ellas, mismas que se detallan a continuación:

2.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CAUDAL

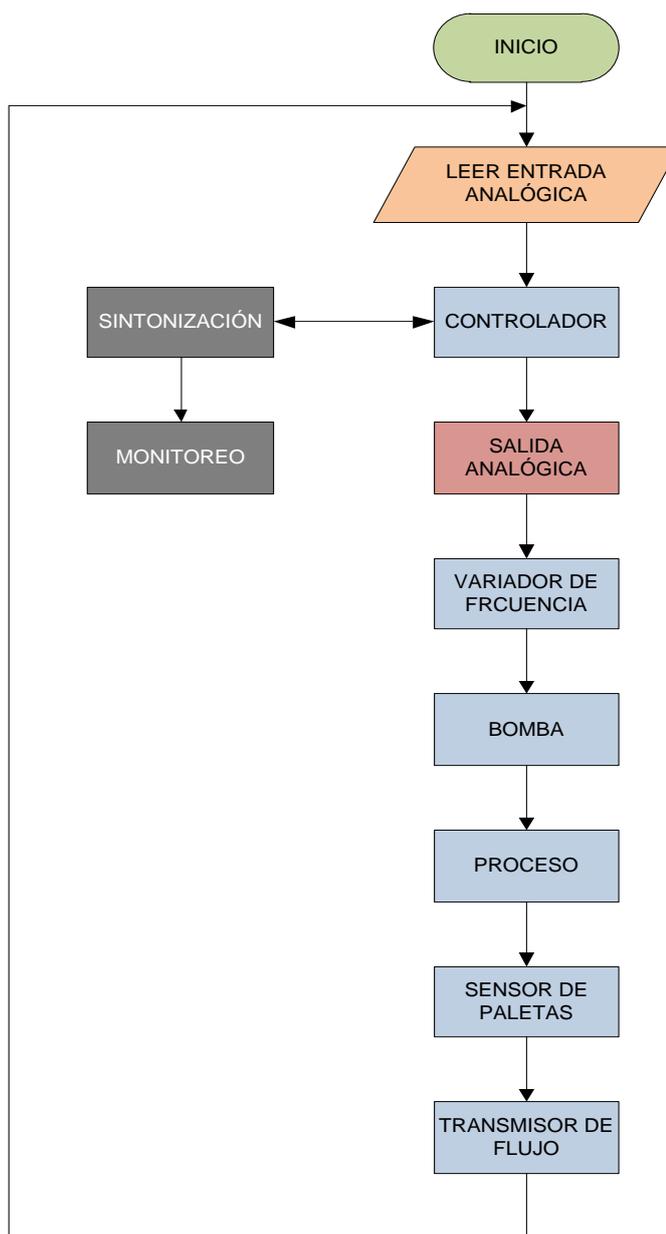


Figura 2.5: Diagrama de flujo del proceso de caudal.

2.4.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE VELOCIDAD

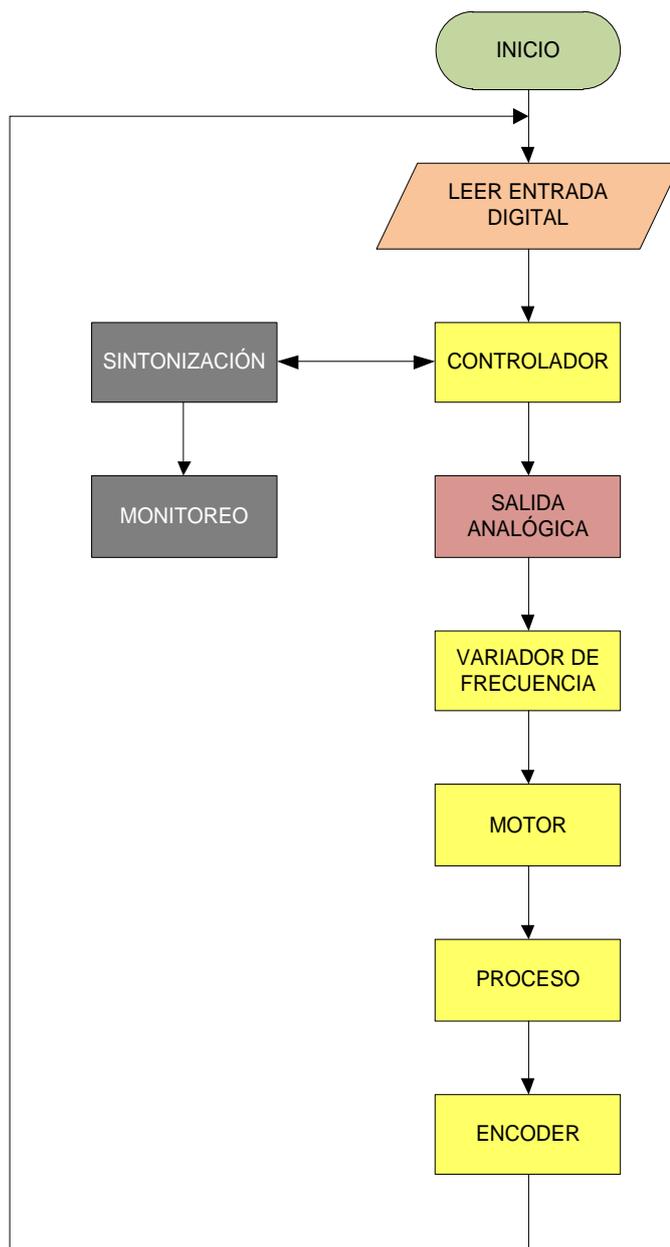


Figura 2.6: Diagrama de flujo del proceso de velocidad.

2.4.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL HMI

La figura 2.7 muestra el diagrama de flujo de las operaciones que se ejecutan en la TOUCH PANEL (KTP600 Basic Color PN), para la configuración de los modos de control, cambio de punto de consigna y del

valor de las constantes PID, además de la visualización de los procesos, los históricos y el intercambio de datos con el controlador.

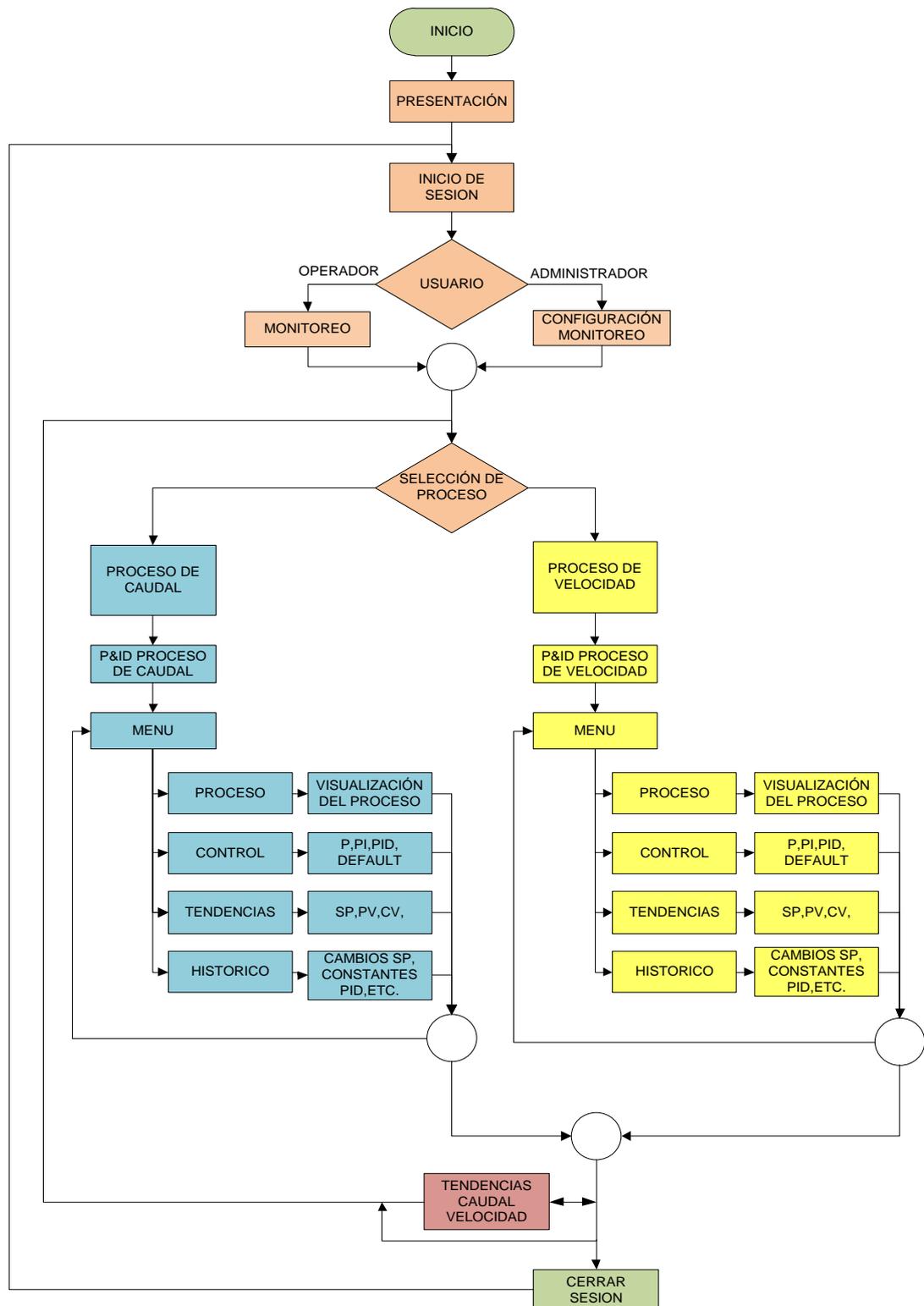


Figura 2.7: Diagrama de flujo del HMI.

2.5. PROGRAMACIÓN DEL PLC SIEMENS S7-1200

En la presente sección se va a realizar una guía de iniciación rápida para aprender a manejar, paso a paso el entorno de programación del PLC SIEMENS S7-1200. El TIA PORTAL (Totally Integrated Automation), es la herramienta con la que se va a configurar, administrar y programar el S7-1200 y la TOUCH PANEL (KTP600 Basic Color PN) con la que se va a realizar el HMI de cada proceso. Todo bajo un mismo entorno de forma rápida y sencilla.

2.5.1. SOFTWARE TIA PORTAL (Totally Integrated Automation)

TIA portal es un innovador sistema de ingeniería para todas las tareas de automatización el cual es intuitivo, eficiente y permite diseñar una gran gama de procesos de forma óptima desde una sola pantalla de ordenador. Sus módulos permiten la programación de controladores y la visualización de proyectos.



Figura 2.8: TIA PORTAL.

La Industria de automatización de Siemens ha integrado la ingeniería de aplicaciones seguras dentro del entorno de trabajo.

TIA Portal bajo la interfaz de usuario de Step7 V11 "La nueva herramienta de ingeniería avanzada de Step7 que ahora provee las herramientas requeridas de configuración y programación para la creación de un programa con mayor seguridades.

Características:

- Programación simbólica.
- Editores inteligentes de alto rendimiento.
- Innovación en los lenguajes de programación.
- Tareas de movimiento integradas.
- Trazado.
- Diagnóstico.
- Descarga (download) y carga (upload) de programación coherente.
- Seguridad de datos.
- Amplia comparación online-offline.

(IDENTI, 2012)

2.5.2. CREACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO

Un proyecto contendrá todas las configuraciones, programaciones, datos, códigos, objetos de los dispositivos asociados a la aplicación de automatización de manera ordenada y sistemática para su utilización.

A continuación se muestran los pasos para crear un nuevo proyecto en TIA PORTAL:

1. Inicie el Totally Integrated Automation Portal.

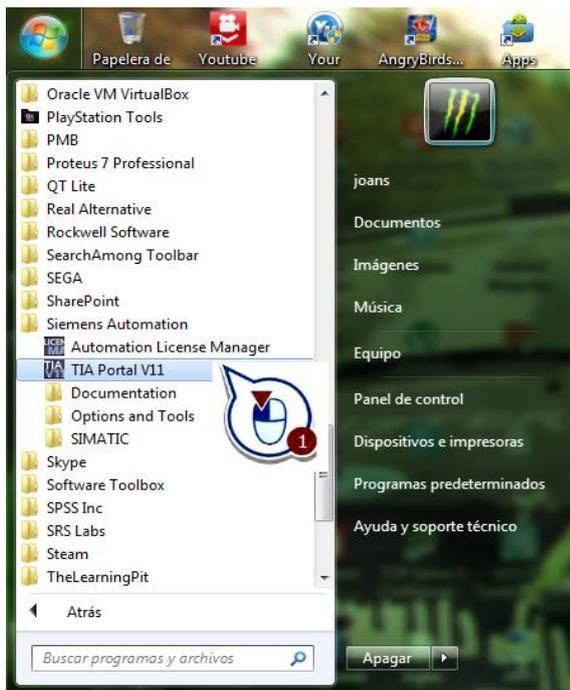


Figura 2.9: Ingreso al software TIA PORTAL.

2. Cree un proyecto con el nombre que desee en una ruta de su elección.

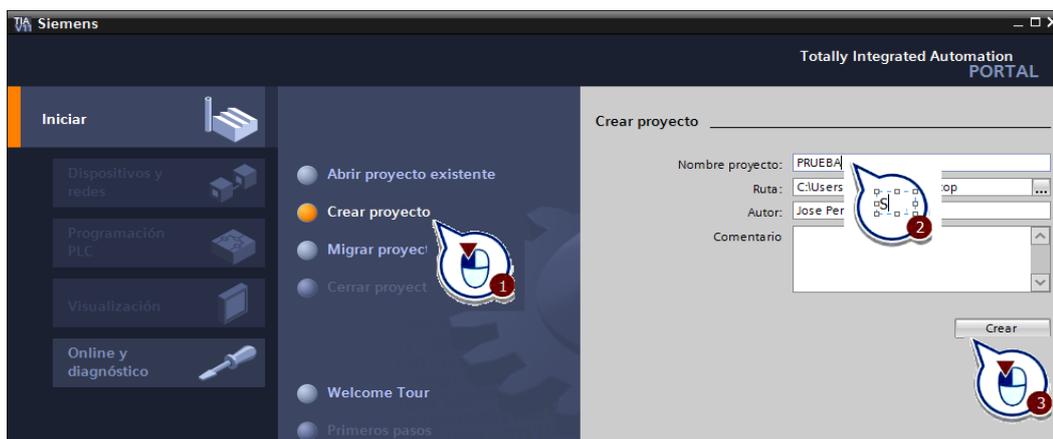


Figura 2.10: Ventana principal de software TIA PORTAL.

Se ha creado un nuevo proyecto. En el apartado siguiente deberá insertar un controlador nuevo en el proyecto y configurar sus propiedades.

2.5.3. INSERTAR Y CONFIGURAR UN CONTROLADOR

1. Inserte un dispositivo nuevo desde el portal.

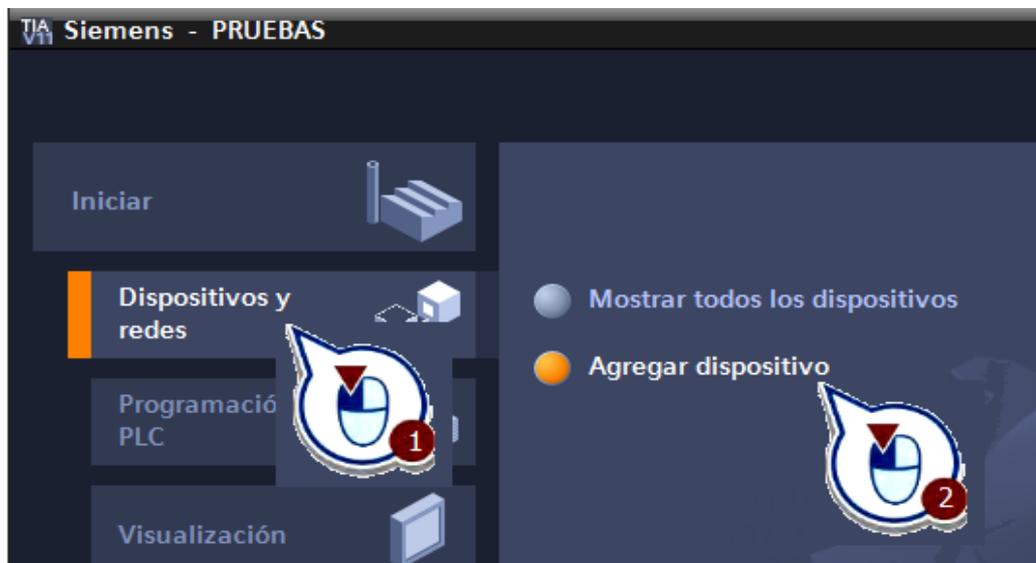


Figura 2.11: Agregar un dispositivo.

2. Seleccione el controlador deseado en este caso el "CPU 1212C AC/DC/Rly".

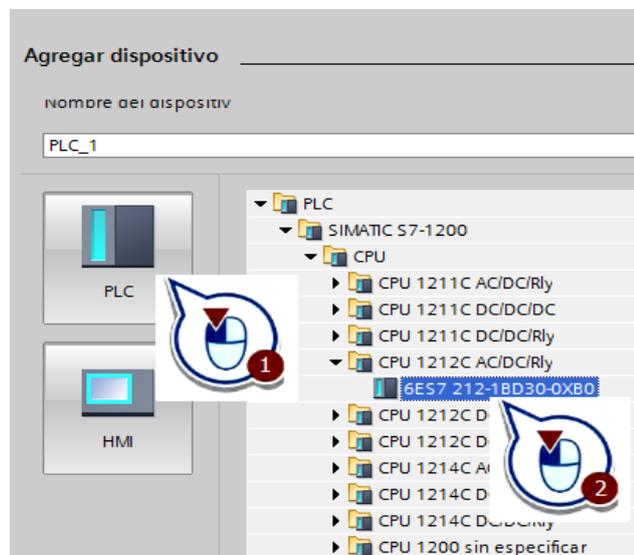


Figura 2.12: Selección del dispositivo.

3. Haga clic en el botón "Agregar".

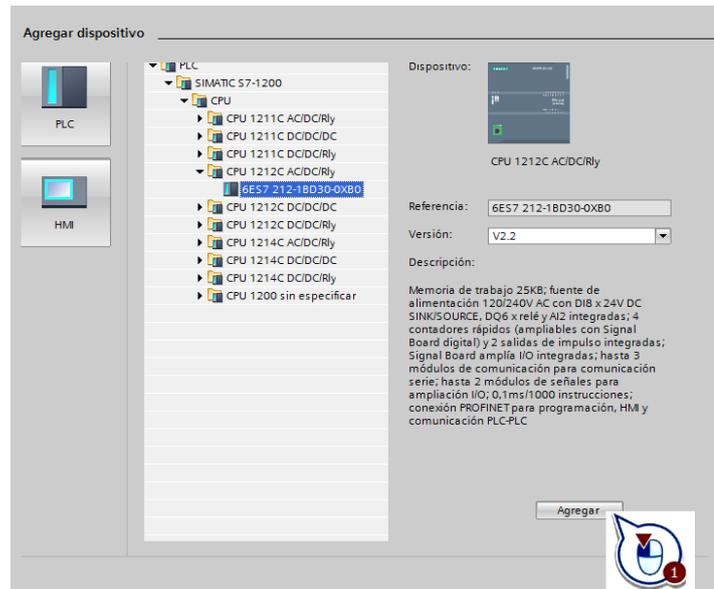


Figura 2.13: Finalización de agregar el dispositivo.

Se ha creado un controlador nuevo en el proyecto y se ha abierto en la vista de dispositivos del editor de dispositivos y redes.

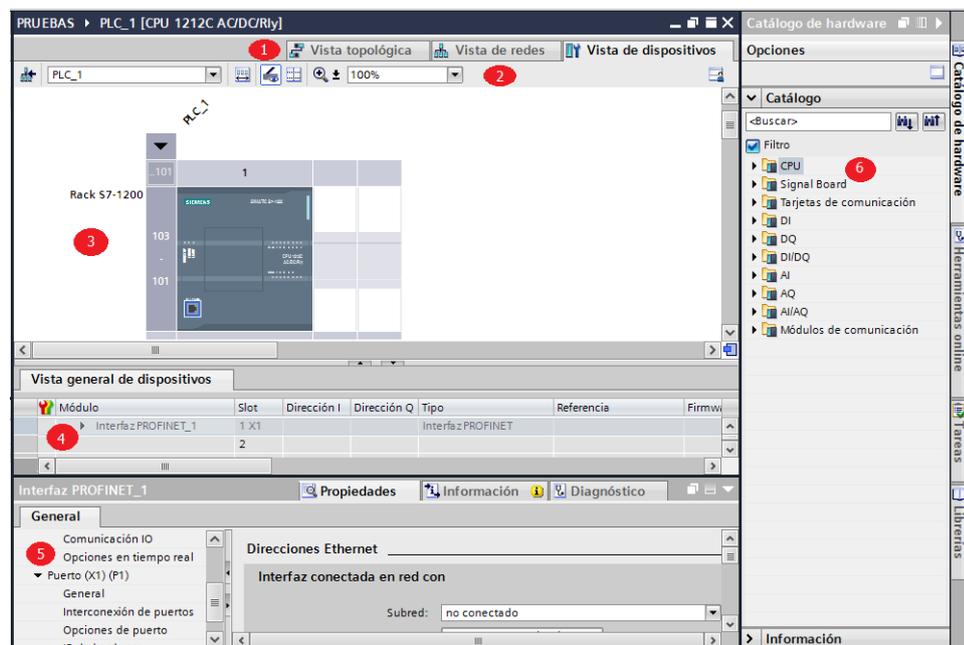


Figura 2.14: Editor de dispositivos y redes.

Partes de la pantalla del editor de dispositivos y redes que se muestran en la figura 2.14:

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 (6) hasta los slots de los racks y configurarlos.

4. Área de tabla:

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

5. 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.

6. 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.

a. EDITOR DE DISPOSITIVOS Y REDES

El editor de dispositivos y redes es el entorno de desarrollo integrado para configurar, parametrizar y conectar dispositivos y módulos en red. Está formado por una vista de redes y una vista de dispositivos. Es posible conmutar en todo momento entre ambos editores.

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

- Configurar y parametrizar dispositivos.
- Interconectar dispositivos.

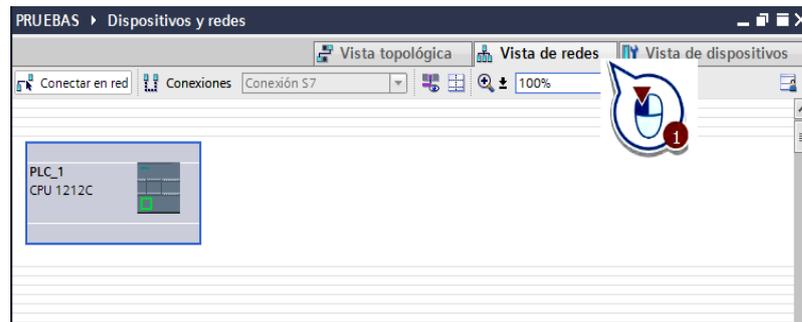


Figura 2.15: Vista de redes.

- 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.

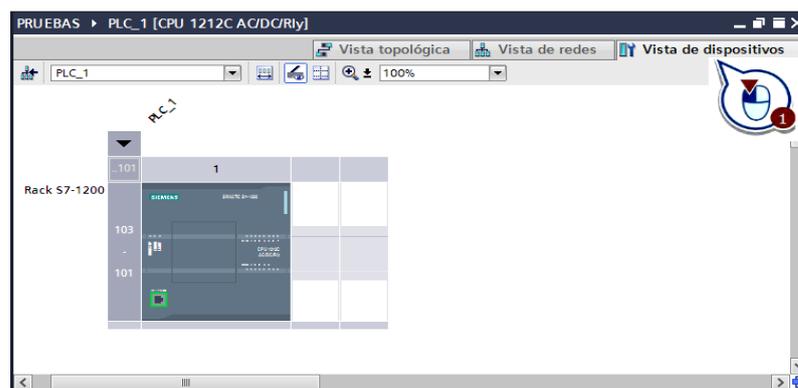


Figura 2.16: Vista de dispositivos.

2.5.4. CONFIGURAR LA INTERFAZ PROFINET DEL CONTROLADOR

1. Seleccione la interfaz PROFINET en la representación gráfica.

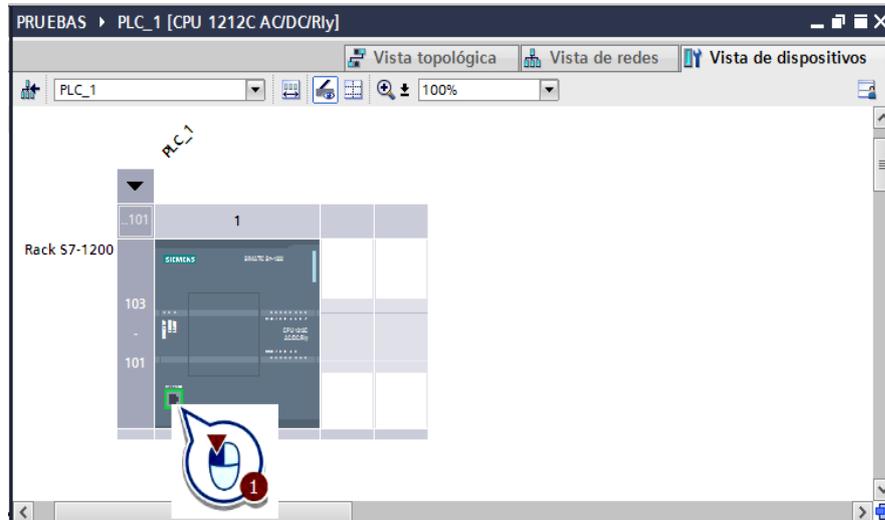


Figura 2.17: Selección de la interfaz PROFINET.

2. Introduzca la dirección IP del controlador en la opción "Direcciones Ethernet" de la ventana de inspección.

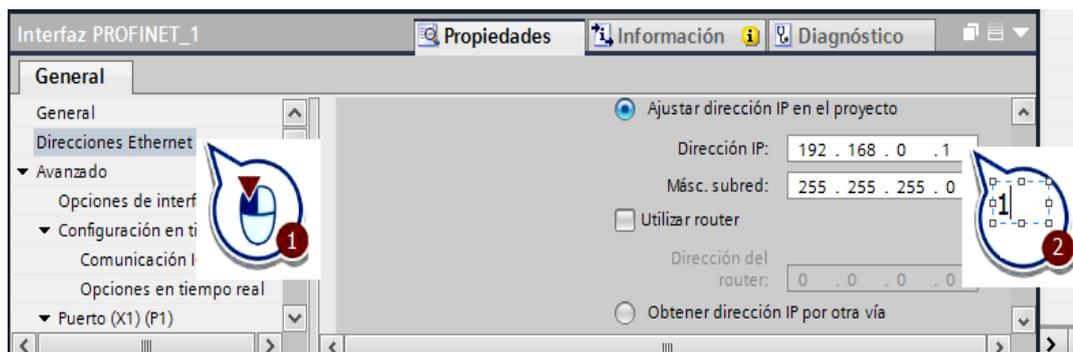


Figura 2.18: Dirección IP del controlador.

3. Guarde el proyecto haciendo clic en el icono "Guardar proyecto" de la barra de herramientas.

2.5.5. CONFIGURAR CONTADOR RÁPIDO (HSC)

1. Seleccione el PLC en la representación gráfica.

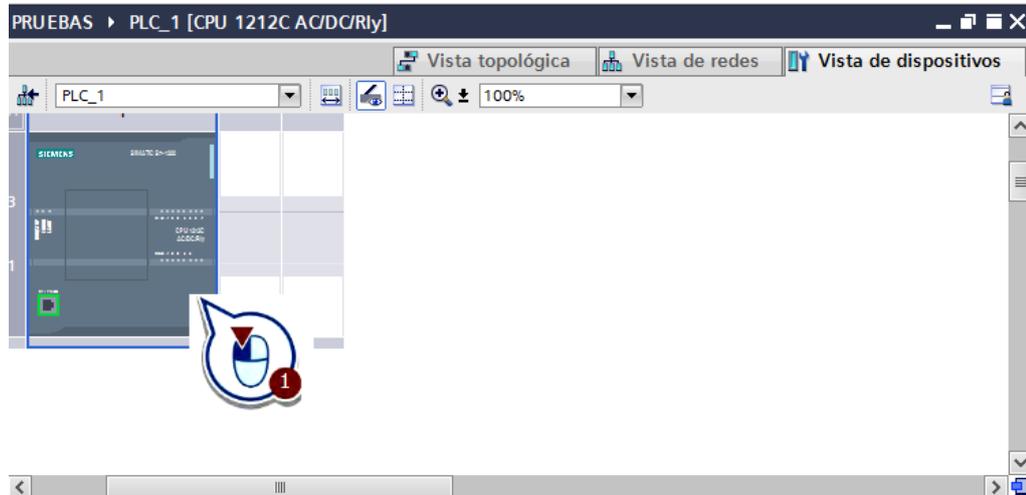


Figura 2.19: Seleccionar el PLC.

2. Seleccione el contador rápido (HSC) que desea activar de la ventana de inspección.

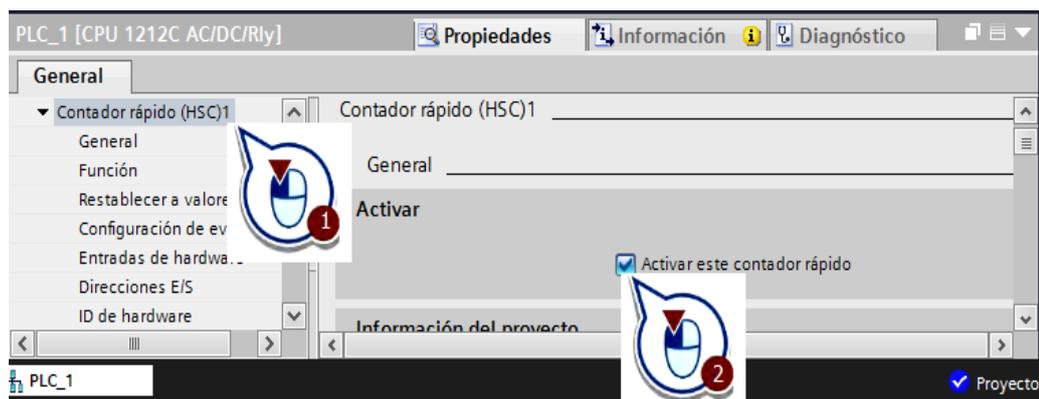


Figura 2.20: Seleccionar y activar el contador rápido.

3. Seleccione la opción función del contador rápido activado de la ventana de inspección, en nuestro caso el (HSC)1, en modo de contaje se debe elegir frecuencia.

Los contadores rápidos pueden trabajar de tres modos distintos, pero sólo es posible elegir un modo de funcionamiento:

- Contaje: cuenta los pulsos cuadrados.
- Frecuencia: actúa como medidor de frecuencia de pulsos cuadrados.
- Eje: es la configuración para generar pulsos cuadrados.

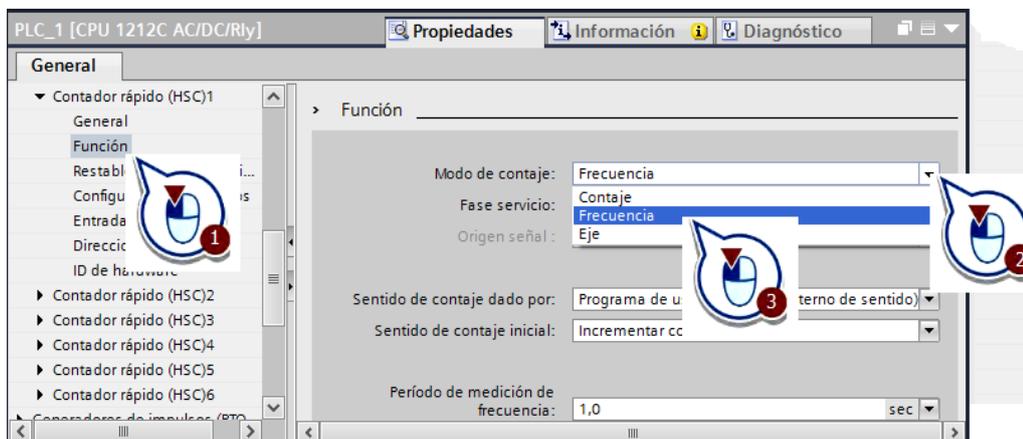


Figura 2.21: Seleccionar el modo de contaje.

El contador rápido (HSC)1 ha sido configurado en modo de contaje frecuencia y su entrada en la arquitectura del PLC es la entrada digital I0.0. Para adquirir el valor del (HSC)1 se utiliza la dirección ID1000.

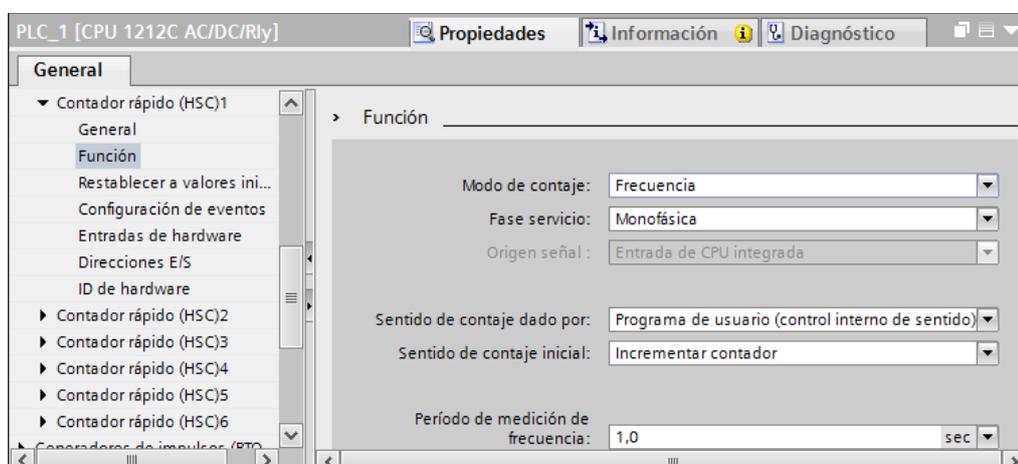


Figura 2.22: Función del contador rápido.

2.5.6. AÑADIR MÓDULO DE SALIDAS ANALÓGICAS

Como se pudo observar al momento de seleccionar el controlador, en su descripción que consta solo de entradas analógicas, por lo que se debe añadir un módulo de salidas analógicas en este caso el “AQ2 x 14 bits”.

1. Ir a “Catálogo de hardware” y buscar módulo de salidas analógicas “AQ2 x 14 bits”.

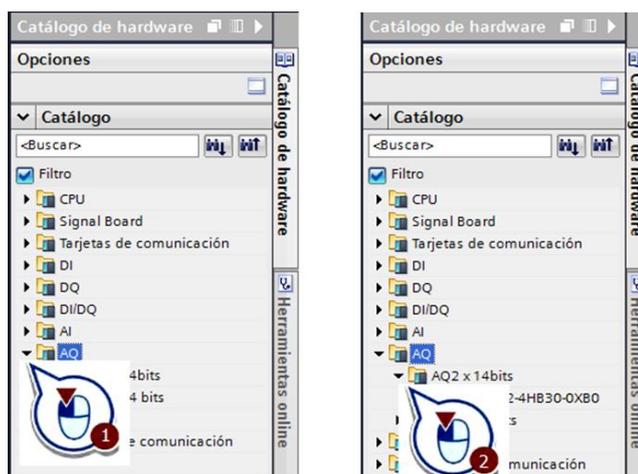


Figura 2.23: Selección del módulo.

2. Arrastre desde el catálogo de hardware hasta el área gráfica de la vista de dispositivos el módulo que se desea añadir.

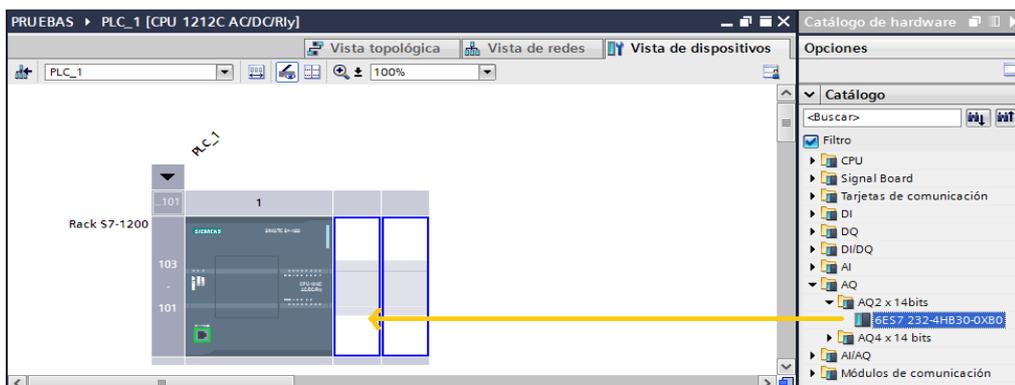


Figura 2.24: Arrastrar el módulo.

El módulo ha sido añadido correctamente como se puede observar en el área gráfica de la vista de dispositivos.

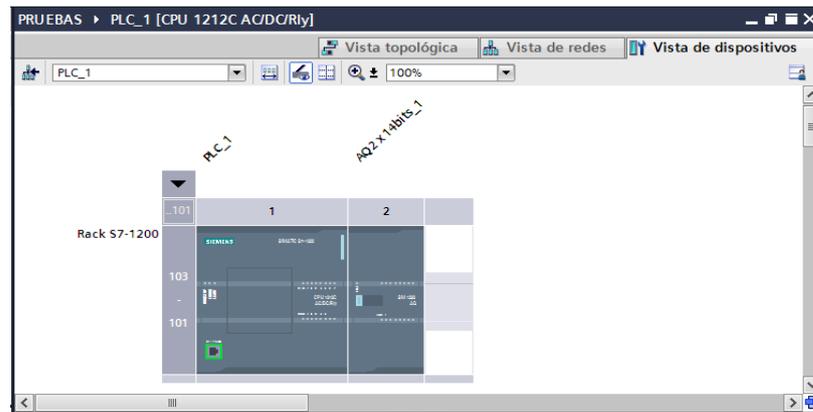


Figura 2.25: Módulo de salidas analógicas.

2.5.7. 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 de usuario. Para abrir el bloque de organización "Main [OB1]", proceda del siguiente modo:

1. Abra la carpeta "Bloques de programa" del árbol del proyecto.

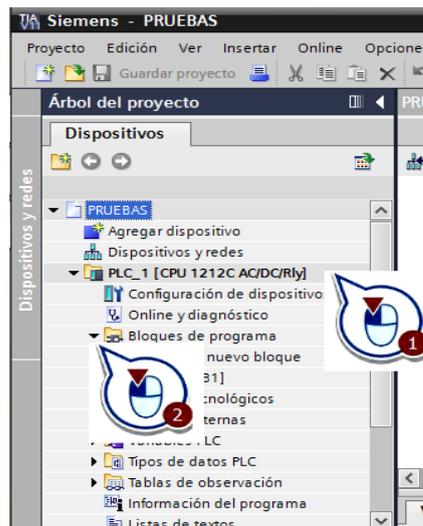


Figura 2.26: Bloques de programa.

2. Abra el bloque de organización "Main [OB1]".

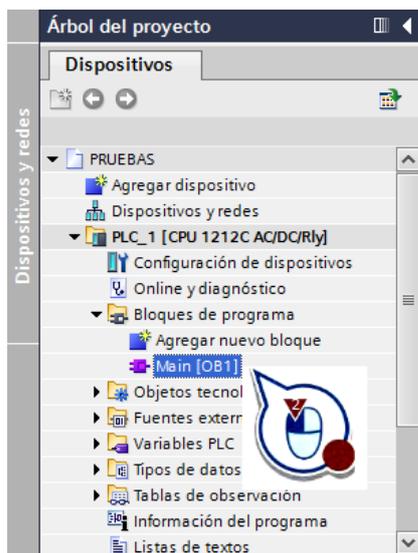


Figura 2.27: Bloque de organización Main [OB1].

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

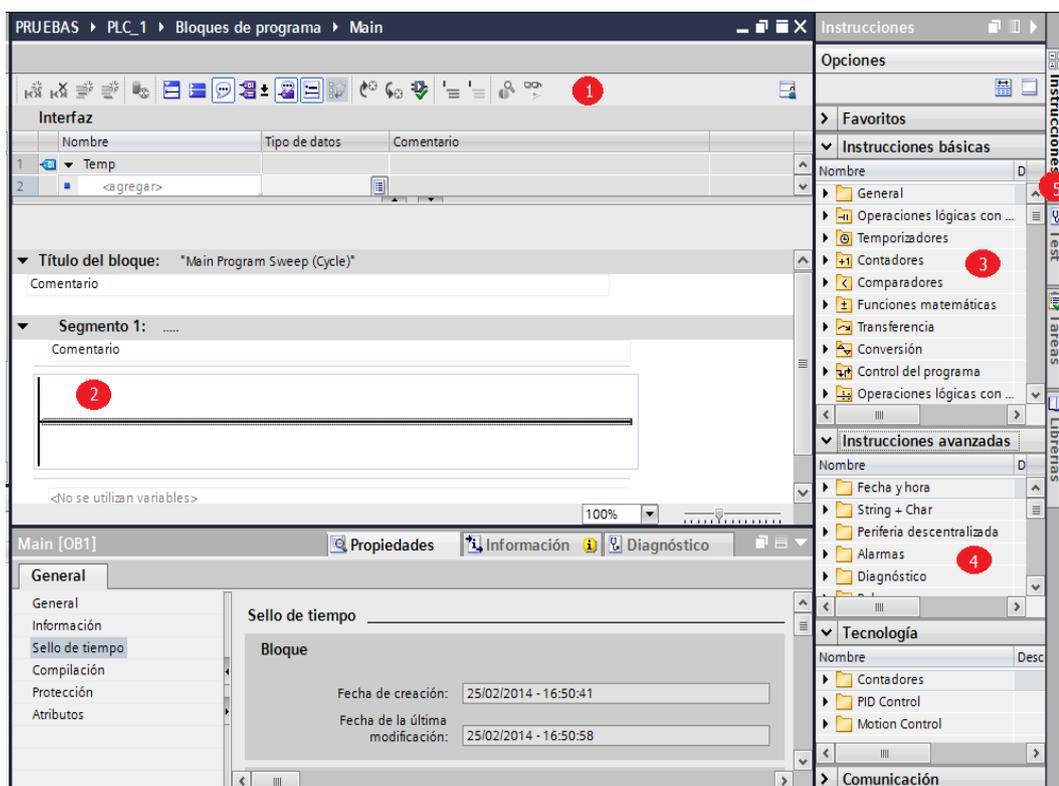


Figura 2.28: Ventana de programación Main [OB1].

Partes de la ventana de programación del bloque de organización que se muestran en la figura 2.28:

1. Barra de herramientas:

La barra de herramientas permite acceder a las principales funciones del editor de programas, tales como:

- Insertar, borrar, expandir y contraer segmentos.
- Mostrar y ocultar operandos absolutos.
- Mostrar y ocultar comentarios de segmento.
- Mostrar y ocultar los Favoritos.
- Mostrar y ocultar la visualización del estado del programa.

2. Ventana de instrucciones:

La ventana de instrucciones es el área de trabajo del editor de programas. Aquí pueden realizarse las tareas siguientes:

- Crear y gestionar segmentos.
- Introducir títulos y comentarios de bloques y segmentos.
- Insertar instrucciones y asignarles variables.

3. Paleta "Instrucciones" de la Task Card "Instrucciones".

4. Paleta "Instrucciones avanzadas" de la Task Card "Instrucciones".

5. Task Card "Instrucciones":

La Task Card "Instrucciones" contiene las instrucciones con las que se crean los contenidos del programa.

2.5.8. DEFINIR VARIABLES PLC

Una variable es una magnitud que se utiliza en el programa y puede adoptar valores distintos. En función del ámbito de validez, las variables se dividen en las categorías siguientes:

- Variables locales: son válidas sólo en el bloque en el que están definidas.
- Variables PLC: son válidas en todo el controlador.

La mayoría de instrucciones del programa trabajan con variables. Al asignar una variable a una instrucción, ésta se ejecuta con los valores de la variable indicada. Para definir una variable, proceda del siguiente modo:

1. Abra la “Tabla de variables estándar” en el árbol del proyecto.
2. Defina la variable "valor".
3. Elija el tipo de dato “real”.

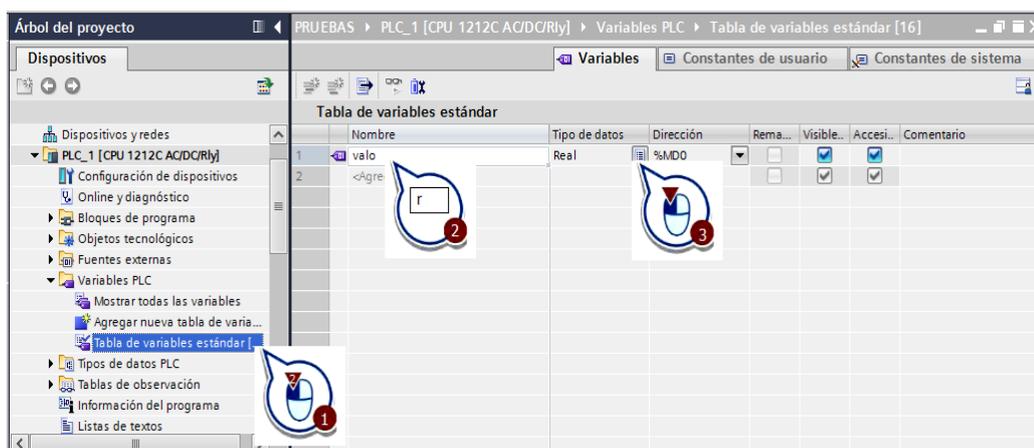


Figura 2.29: Definir variable del PLC.

La variable definida puede ser asignada a alguna instrucción del programa.

2.5.9. CREAR OBJETO TECNOLÓGICO PID

Un regulador PID está formado por un elemento proporcional, uno integral y uno derivativo. Registra continuamente el valor real medido de la magnitud regulada dentro de un lazo de regulación y lo compara con la consigna deseada. A partir del error resultante, el regulador PID calcula una magnitud manipulada que aproxima la magnitud regulada a la consigna con la mayor rapidez y estabilidad posibles.

1. Agregue un objeto tecnológico desde el árbol del proyecto.

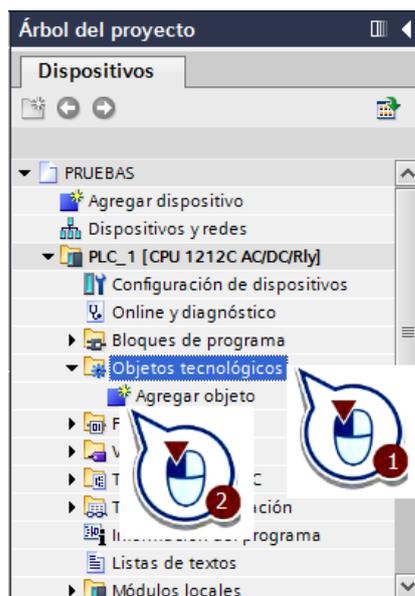


Figura 2.30: Agregar un nuevo objeto tecnológico.

2. Cree el objeto tecnológico "PID_Compact".

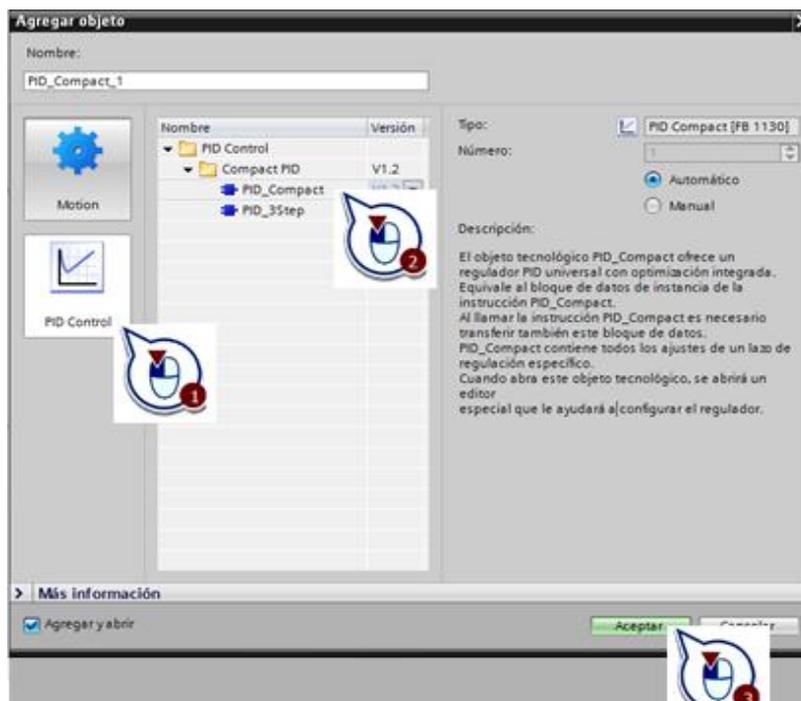


Figura 2.31: Crear objeto tecnológico PID.

2.5.10. CONFIGURAR BLOQUE DE REGULADOR PID

Los bloques para el regulador PID se crean en un bloque de organización nuevo. Como nuevo bloque de organización se utiliza un bloque de organización de alarma cíclica. Los bloques de organización de alarma cíclica sirven para iniciar programas en intervalos periódicos, independientemente de la ejecución cíclica del programa. La ejecución cíclica del programa es interrumpida por el OB de alarma cíclica y continúa después de éste.

1. Agregue un nuevo bloque al control ya existente.

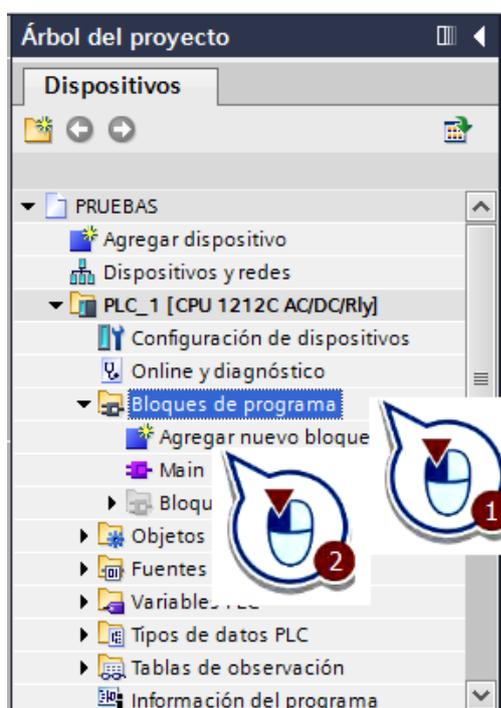


Figura 2.32: Crear un nuevo bloque.

2. Cree un objeto tecnológico (OB) de alarma cíclica. Asegúrese de que la casilla de verificación "Agregar y abrir" esté activada.

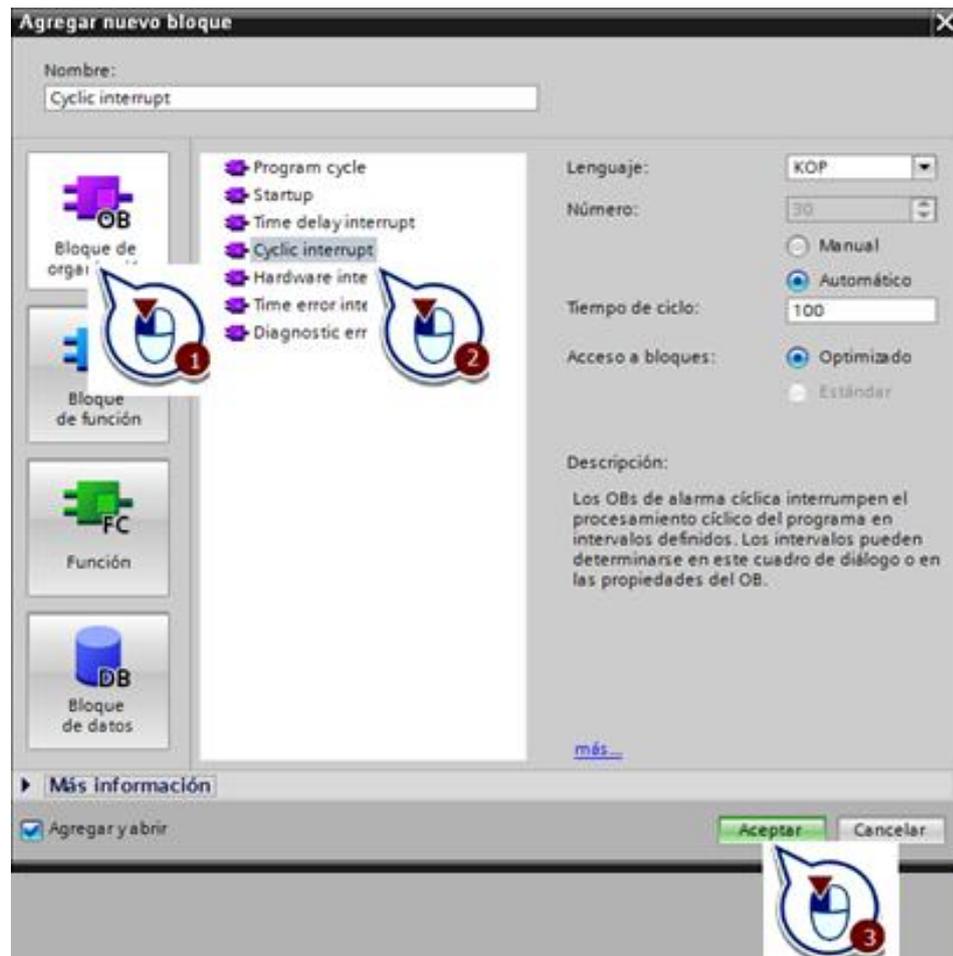


Figura 2.33: Agregar nuevo bloque de alarma cíclica.

3. Abrir el bloque de alarma cíclica y arrastrar el objeto tecnológico "PID_Compact" en el primer segmento del bloque creado.

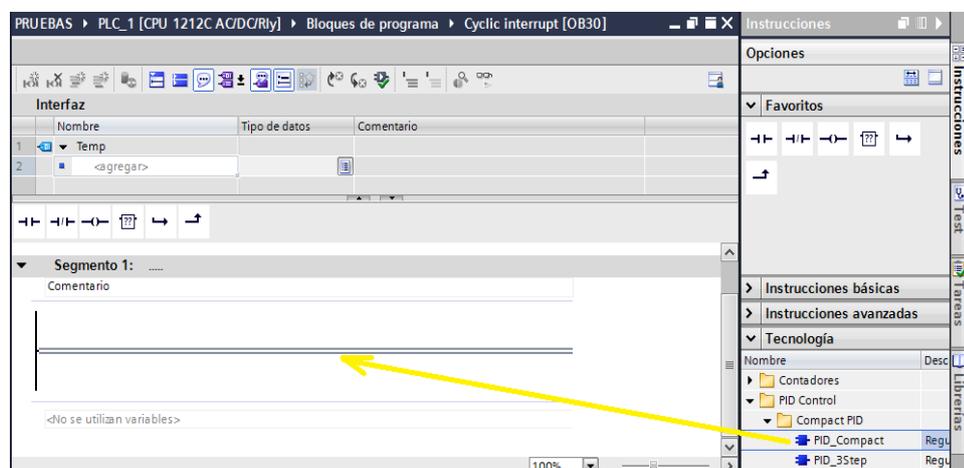


Figura 2.34: Arrastrar el PID Compact.

4. Confirme la creación del bloque de datos para el objeto tecnológico "PID_Compact_1".



Figura 2.35: Confirmación del PID_Compact_1.

En el proyecto se utiliza el OB de alarma cíclica para llamar el objeto tecnológico "PID_Compact_1". El objeto tecnológico "PID_Compact_1" es la imagen del regulador PID en el software. Este objeto tecnológico permite configurar un regulador PID, activarlo y controlar su estado de ejecución.

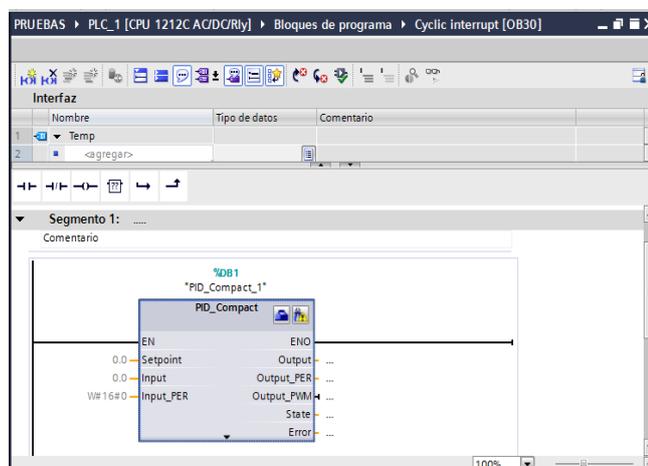


Figura 2.36: Creación del PID_Compact_1.

A continuación se muestran dos tablas correspondientes al regulador PID:

Tabla 2.1: Entradas y salidas del regulador PID.

Parámetro	Tipo de datos	Ajuste predeterminado	Descripción
ENTRADA			
Setpoint	REAL	0.0	Consigna del regulador PID en modo automático
Input	REAL	0.0	Una variable del programa de usuario se utiliza como origen del valor real.
Input_PER	WORD	W#16#0	Entrada analógica como origen del valor real
SALIDA			
Output	REAL	0.0	Valor de salida en el formato REAL
Output_PER	WORD	W#16#0	Valor de salida analógico
Output_PWM	BOOL	FALSE	Valor de salida modulado por ancho de impulso El valor de salida se obtiene mediante tiempos de conexión y desconexión variables.
State	INT	0	Indica el modo de operación actual del regulador PID. El modo de operación se cambia con la variable sRet.i_Mode. <ul style="list-style-type: none"> • State = 0: Inactivo • State = 1: optimización inicial • State = 2: Optimización fina • State = 3: Modo automático • State = 4: Modo manual
Error	DWORD	W#16#0	Indica los mensajes de error. Error = 0000: No hay ningún error.

Tabla 2.2: Modo de operación del regulador PID.

State / sRet.i_Mode	Descripción del modo de operación
0	<p>Inactivo:</p> <p>Antes de realizar una optimización inicial el regulador se encuentra en el modo de operación "Inactivo".</p> <p>Durante el funcionamiento, el regulador PID cambia al modo de operación "Inactivo" cuando se produce un error o cuando se hace clic en el botón "</p>
1	<p>Optimización inicial:</p> <p>La optimización inicial determina la respuesta del proceso a un escalón del valor de salida y busca el punto de inflexión. A partir de la inclinación máxima y del tiempo muerto del sistema regulado se calculan los parámetros PID óptimos.</p>
2	<p>Optimización fina:</p> <p>La optimización fina genera una oscilación constante y limitada del valor real. Los parámetros PID se optimizan a partir de la amplitud y la frecuencia de esta oscilación. Se analizan las diferencias entre la respuesta de proceso durante la optimización inicial y la optimización fina. A partir de los resultados se vuelven a calcular todos los parámetros PID. Los parámetros PID existentes después de la optimización fina muestran en su mayoría un comportamiento de guía y ante fallos mucho mejor que los parámetros PID de la optimización inicial.</p>
3	<p>Modo automático:</p> <p>En el modo automático, PID_Compact regula el sistema regulado conforme a los parámetros predefinidos. Cuando se cumple uno de los requisitos siguientes, se cambia al modo automático:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimización inicial finalizada correctamente. • Optimización fina finalizada correctamente. • Cambio de la variable sRet.i_Mode al valor 3.
4	<p>Modo manual:</p> <p>En el modo manual se especifica un valor de salida manual en el parámetro ManualValue.</p>

2.5.11. COMPILAR EL PROGRAMA

Para verificar si el programa realizado tiene algún error de sintaxis o mal uso de alguna instrucción, se debe compilar todos los bloques creados.

Para compilar el programa, proceda del siguiente modo:

1. Inicie el proceso de compilación en el árbol de proyecto.

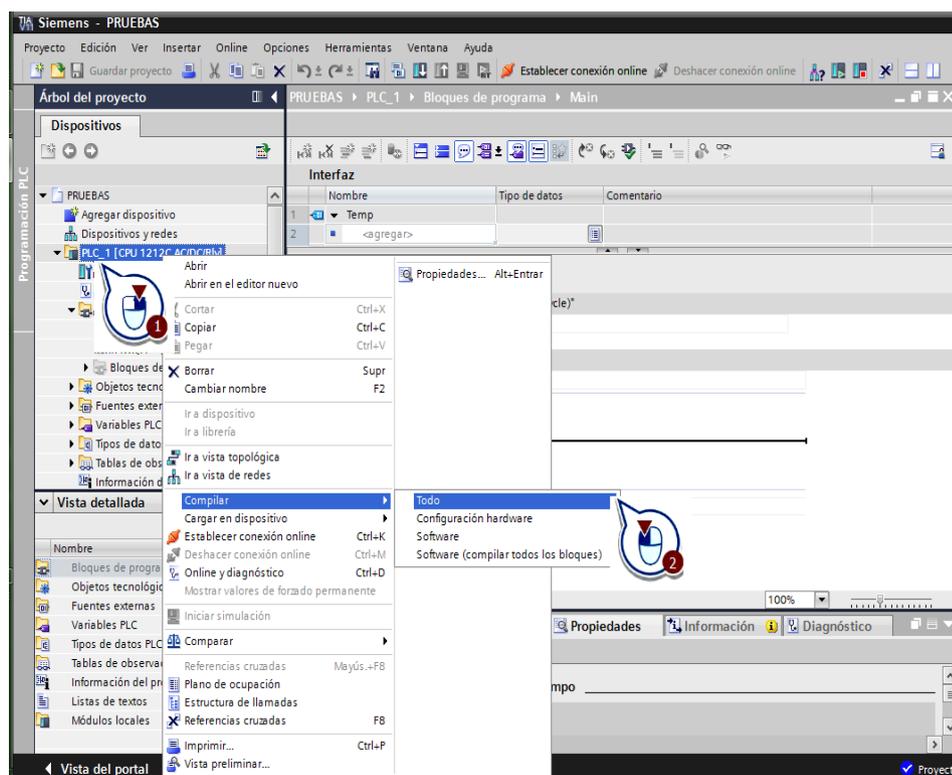


Figura 2.37: Compilar todo el programa.

Si existe algún error o advertencia lo podrá observar en la ventana de inspección.

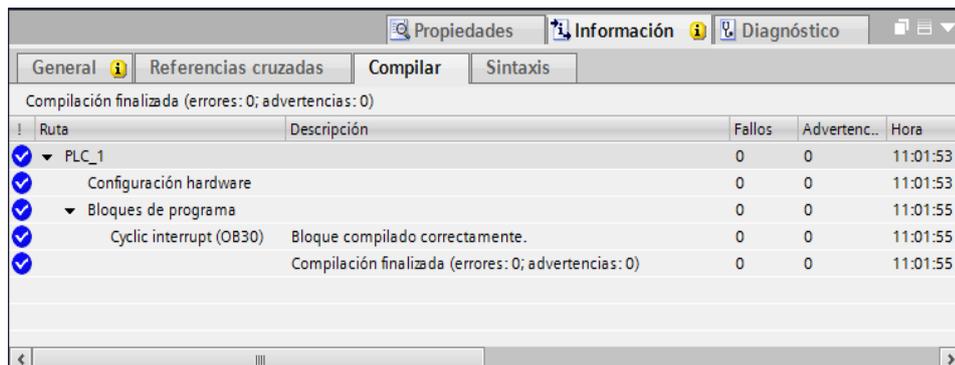


Figura 2.38: Ventana de inspección.

2.5.12. CARGAR EL PROGRAMA Y LA CONFIGURACIÓN AL CONTROLADOR.

Para cargar un proyecto y la configuración al controlador, se procede del siguiente modo:

1. Iniciar el proceso de carga en el árbol del proyecto.

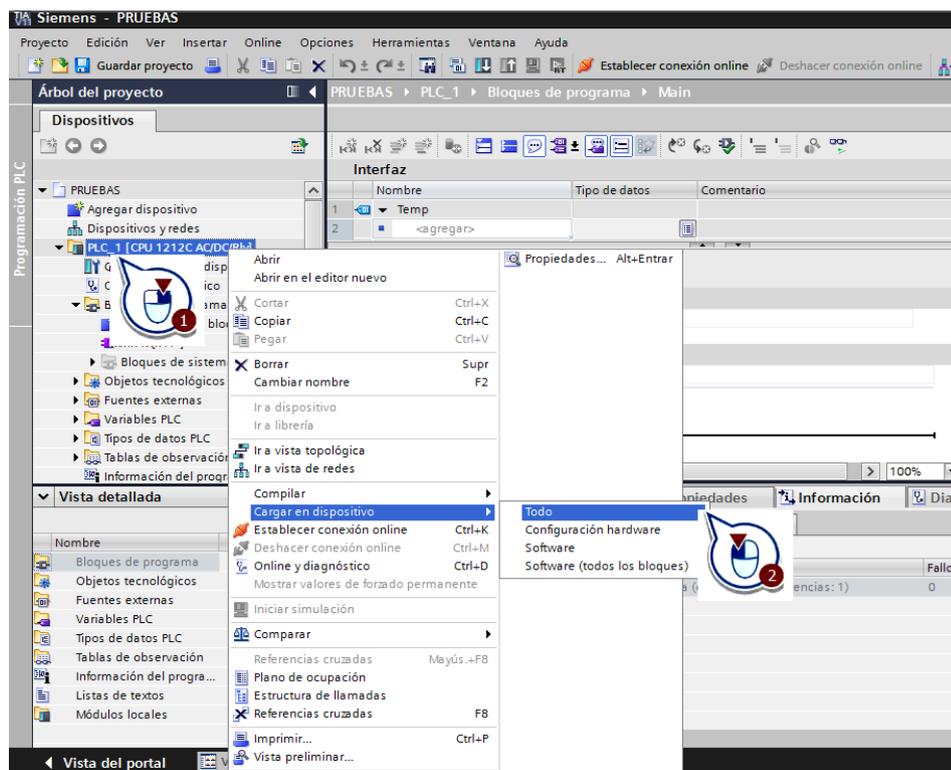


Figura 2.39: Inicio del proceso de carga del controlador.

2. Seleccione la interfaz con la que desee conectar el dispositivo. Active 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. Seleccione el controlador y cargue el programa de usuario.

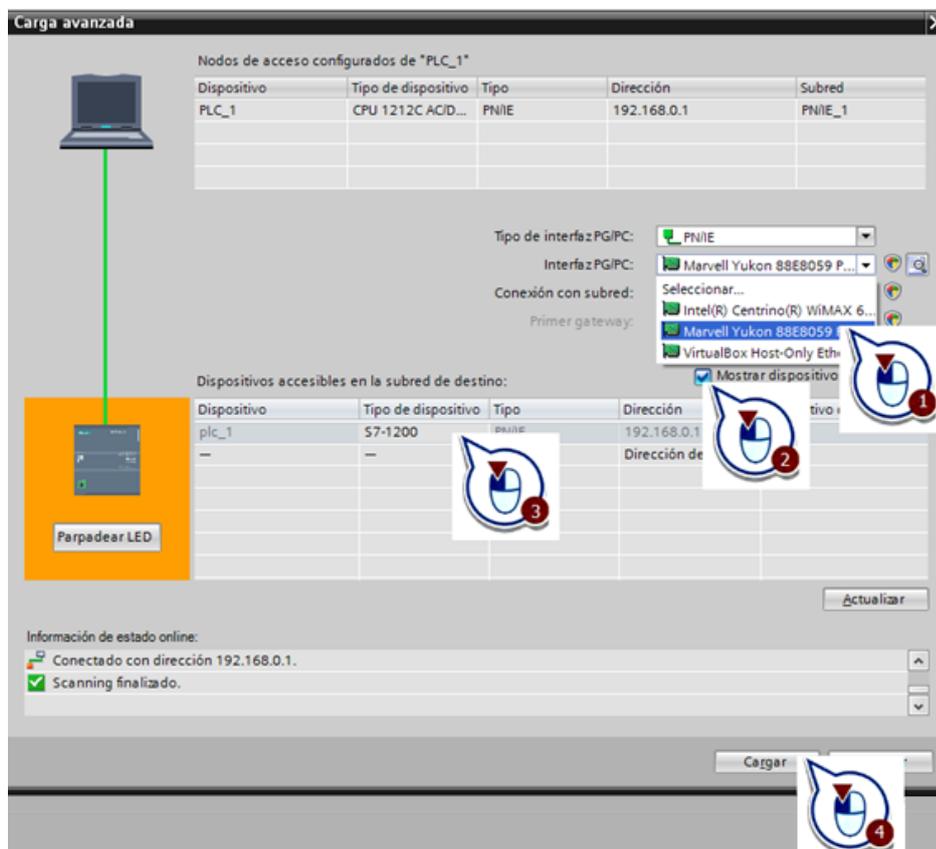


Figura 2.40: Selección de la interfaz.

3. Confirme la asignación de la dirección IP correcta, si todavía no está asignada.

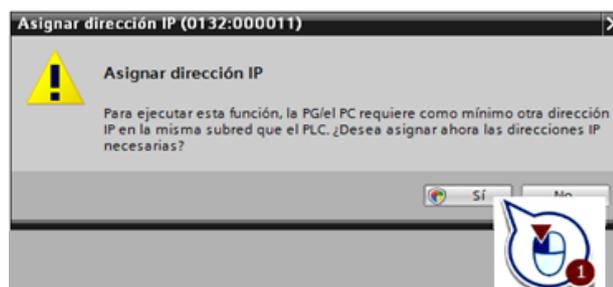


Figura 2.41: Confirmación de dirección IP.

- Si hay diferencias entre los módulos configurados y los módulos de destino, active la casilla de verificación correspondiente para aplicar las diferencias. Haga clic en el botón "Cargar". Asegúrese de que la casilla de verificación "Continuar" esté activada.

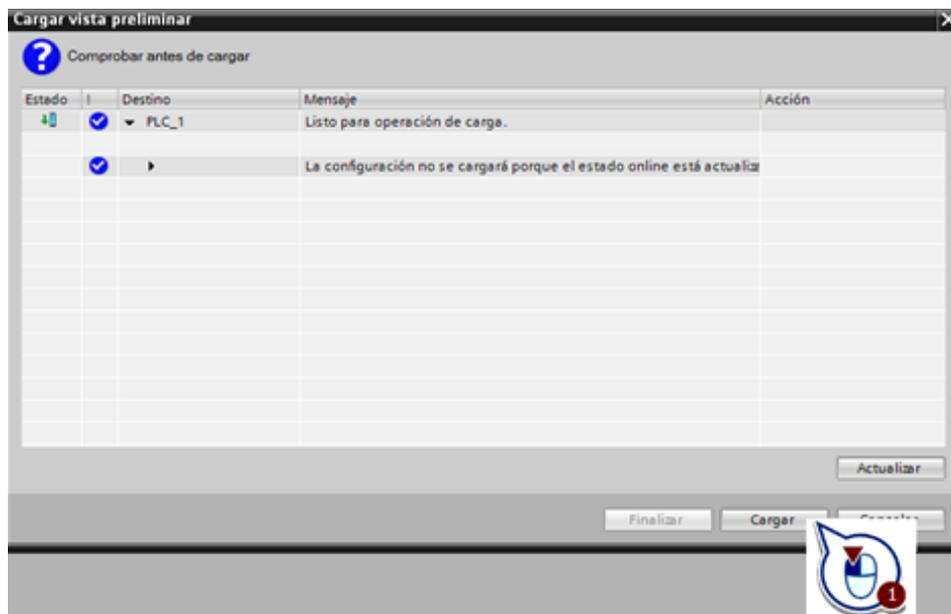


Figura 2.42: Comprobación antes de cargar.

- Arranque el módulo.

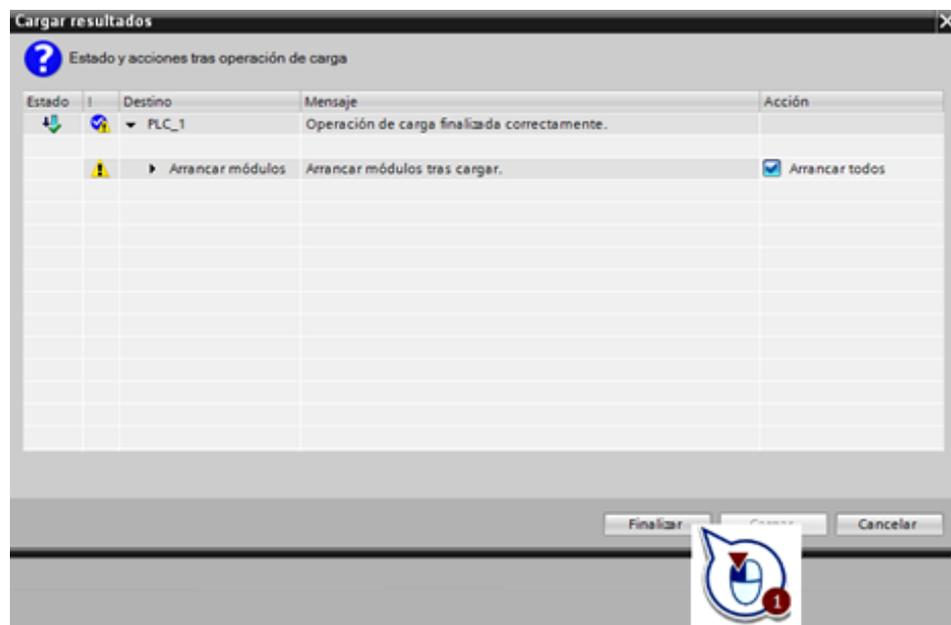


Figura 2.43: Arranque del módulo.

2.6. PROGRAMACIÓN DE LA TOUCH PANEL KTP600 BASIC COLOR PN

Al igual que el PLC SIEMENS S7-1200 la TOUCH PANEL KTP600 BASIC COLOR PN necesita solamente de la herramienta SIMATIC WinCC TIA (Totally Integrated Automation) Portal para la configuración homogénea de todos sus aplicaciones en un HMI.

El software SIMATIC WinCC (TIA Portal) permite configurar de forma simple y eficiente un proyecto por lo que no se requieren conocimientos de programación avanzados. Siemens ofrece una gama completa de componentes coordinados para soluciones de automatización y control. Esto procura ventajas decisivas de configuración/programación, gestión de datos y comunicaciones además de reducir los costes de ingeniería y dar una solución de automatización.

2.6.1. IMAGEN HMI

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Humano Máquina. A los sistemas HMI se los puede pensar como una “ventana” de un proceso, ésta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador.

Para manejar y observar máquinas e instalaciones existen las posibilidades siguientes, entre otras:

- Visualizar procesos.
- Manejar procesos.
- Emitir avisos.
- Administrar parámetros de proceso y recetas.

2.6.2. CREAR UN PANEL DE OPERADOR CON IMAGEN HMI

Para agregar un nuevo panel de operador, proceda del siguiente modo:

1. Inserte un dispositivo nuevo desde el árbol del proyecto.

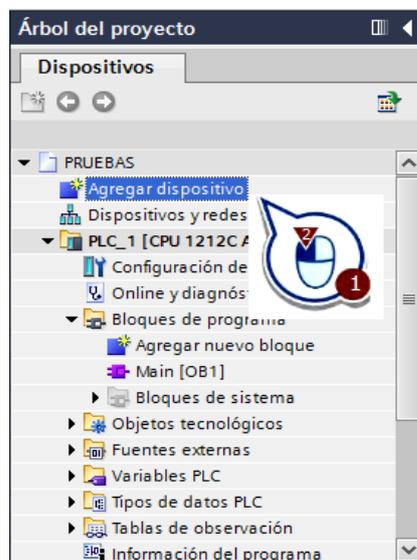


Figura 2.44: Agregar un dispositivo.

2. Seleccione un panel de operador. Deje activada la casilla de verificación "Iniciar el asistente de dispositivos".

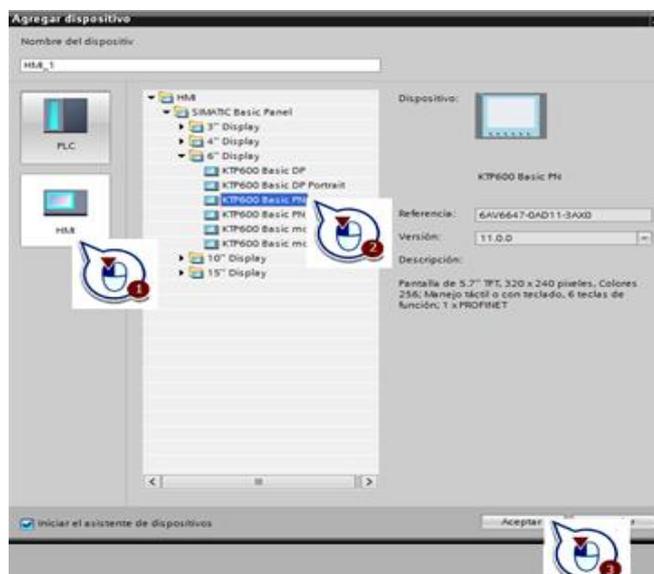


Figura 2.45: Selección del dispositivo.

2.6.3. CREAR UNA PLANTILLA PARA UNA IMAGEN HMI

Después de crear un panel de operador, se abre el asistente para paneles de operador. El asistente para paneles de operador se abre con el cuadro de diálogo "Conexiones de PLC".

Para crear una plantilla para la imagen HMI, proceda del siguiente modo:

1. Configure la conexión con el controlador.

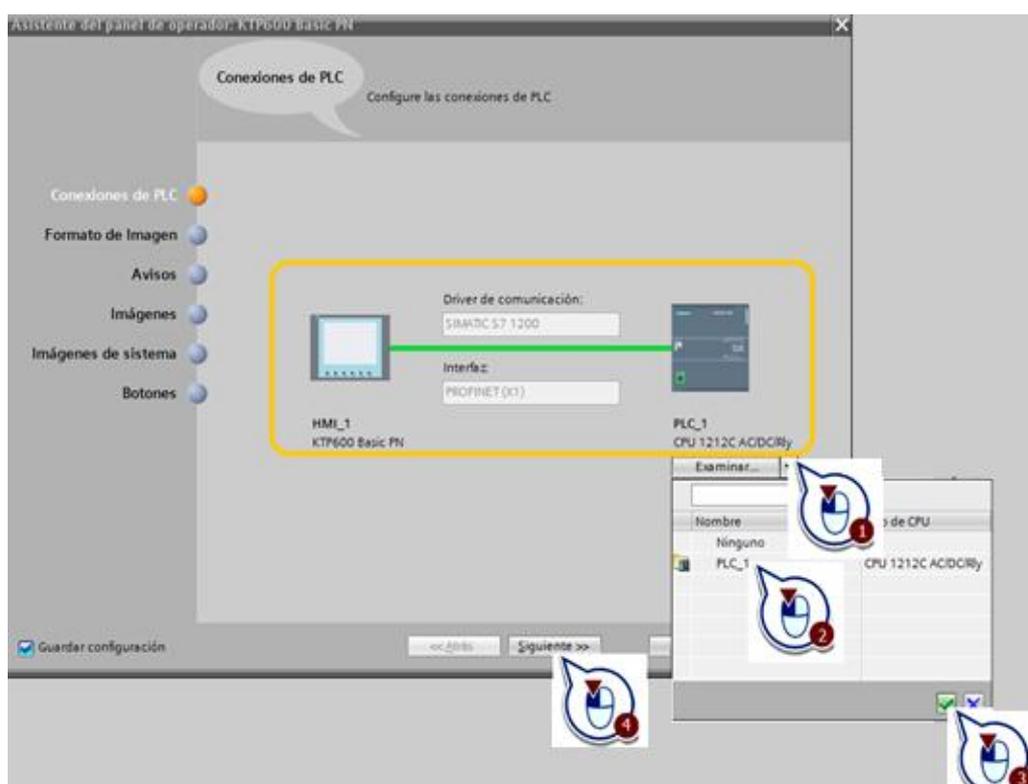


Figura 2.46: Configuración de conexión.

En el cuadro amarillo se observa la conexión con el controlador.

2. Seleccione el color de fondo de la plantilla y desactive los elementos del encabezado pues no son necesarios para este proyecto.

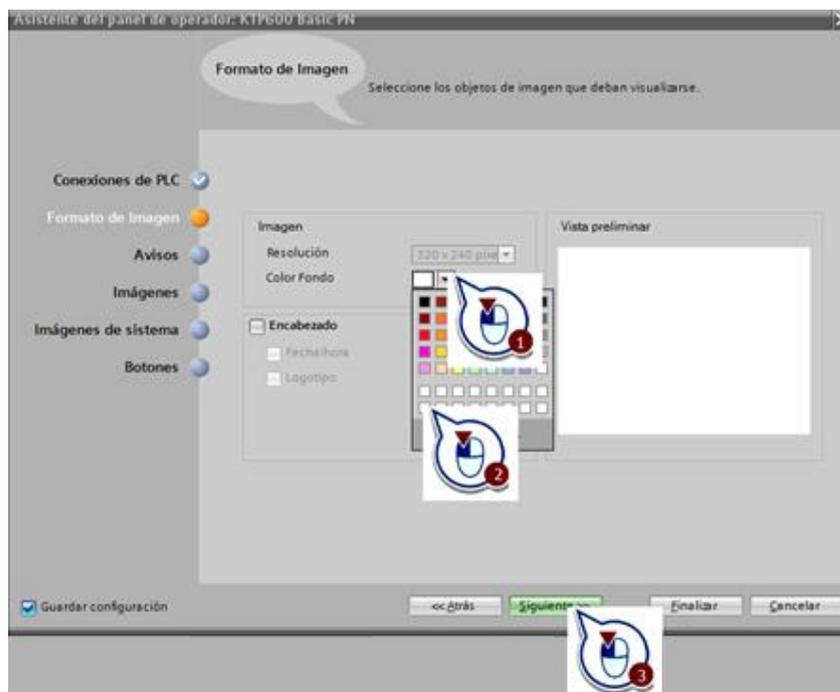


Figura 2.47: Selección de color de pantalla.

3. Desactive los avisos, pues no son necesarios para este proyecto.

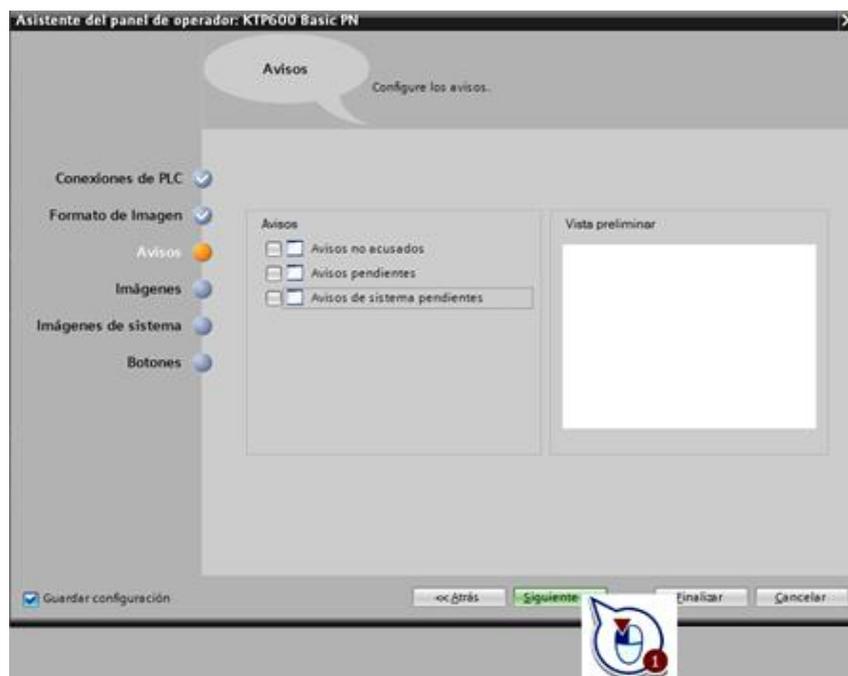


Figura 2.48: Desactivación de avisos.

4. Cambie el nombre de la imagen en la que se crearán posteriormente los elementos gráficos por "PRESENTACION" y agregue imágenes.

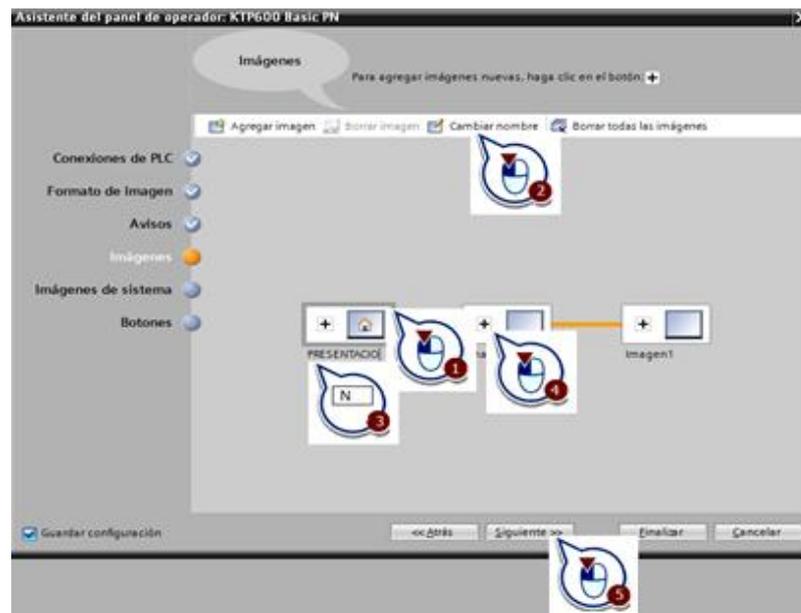


Figura 2.49: Agregar imágenes a la pantalla.

5. Desactive las imágenes de sistema, pues no son necesarias para este proyecto.



Figura 2.50: Desactivación de imágenes del sistema.

6. Active el área inferior de botones e inserte el botón de sistema "Salir". Con este botón de sistema se finaliza el HMI.

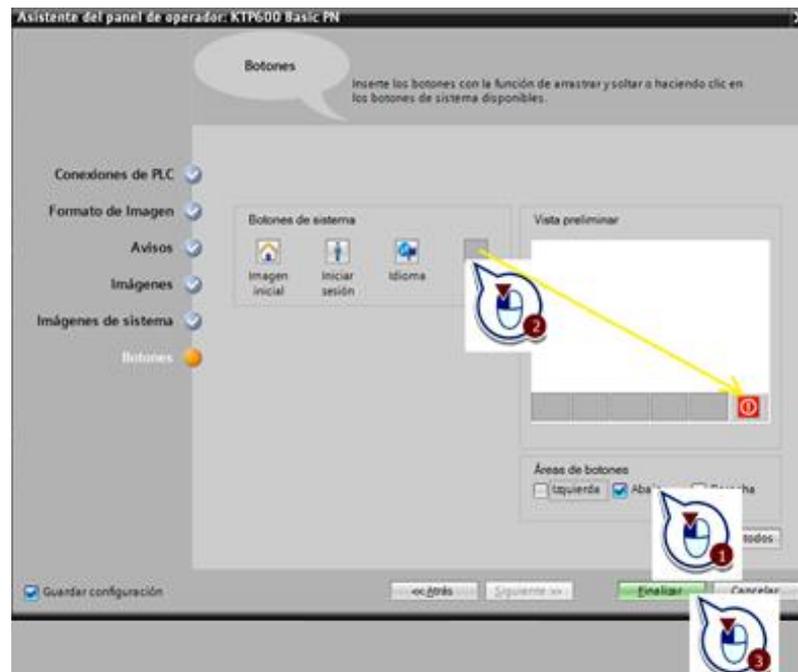


Figura 2.51: Activación de los botones.

7. Guarde el proyecto pulsando el botón "Guardar proyecto" de la barra de herramientas.

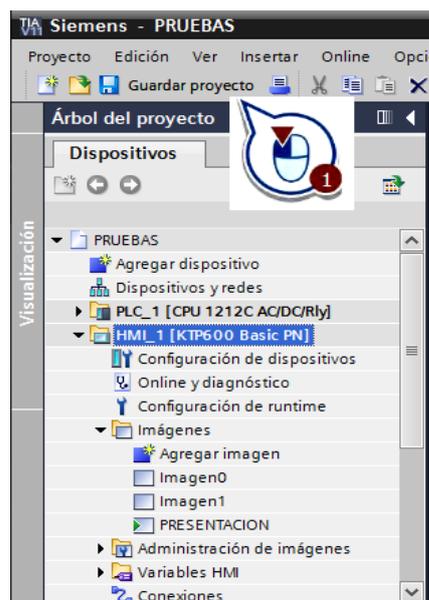


Figura 2.52: Guardar el proyecto.

2.6.4. CREAR Y CONFIGURAR OBJETOS GRÁFICOS

1. Seleccione la imagen en la que se crearán los elementos gráficos.

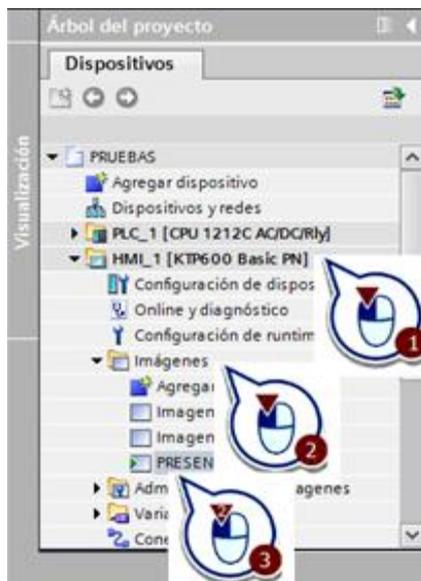


Figura 2.53: Selección de la imagen.

2. Borre el campo de texto predeterminado "Bienvenido..." de la imagen HMI.
3. Cree un botón.

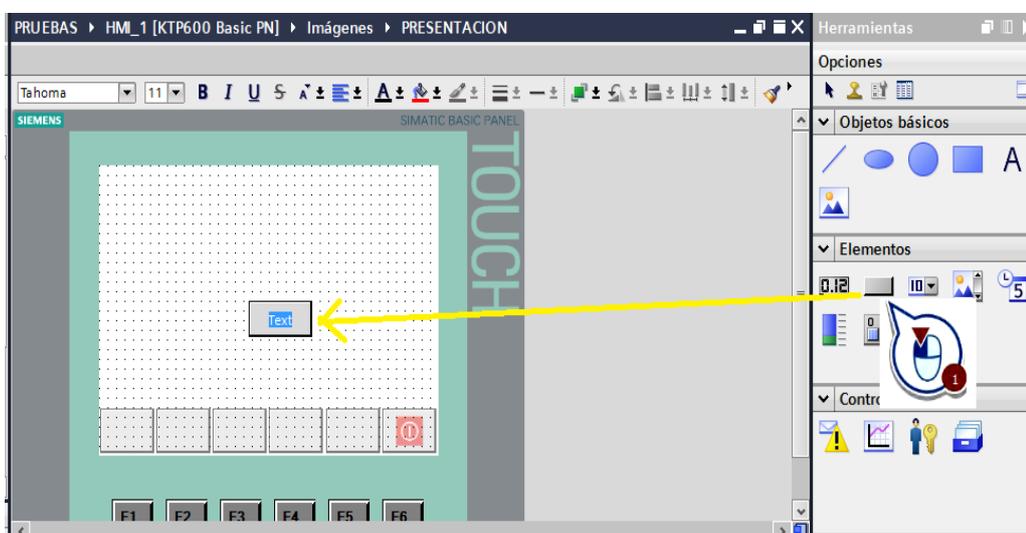


Figura 2.54: Crear un botón.

4. En la ventana de inspección, active la opción "Gráfico" para insertar en el botón un gráfico en vez de texto.

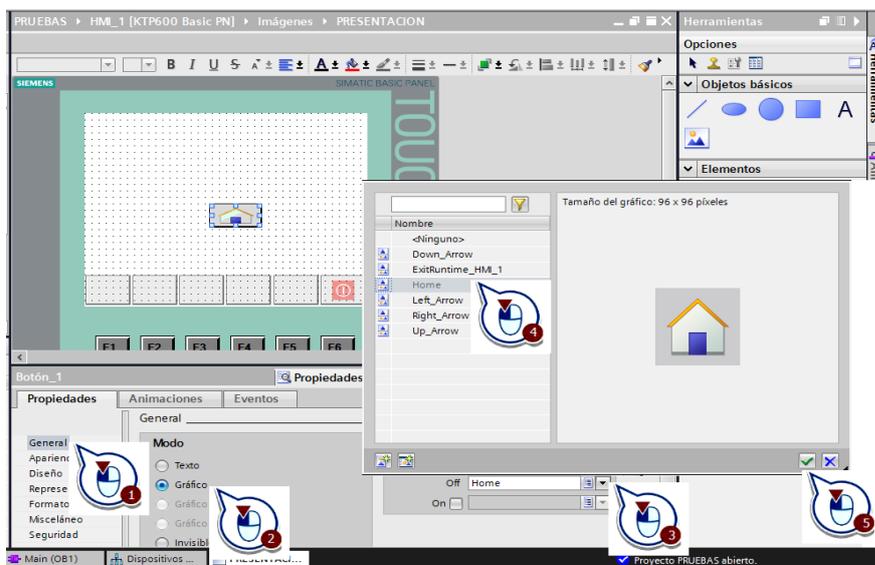


Figura 2.55: Activar la opción gráfico.

5. Asigne la función "ActivarImagen" al evento "Soltar" del botón para ir a otra imagen.

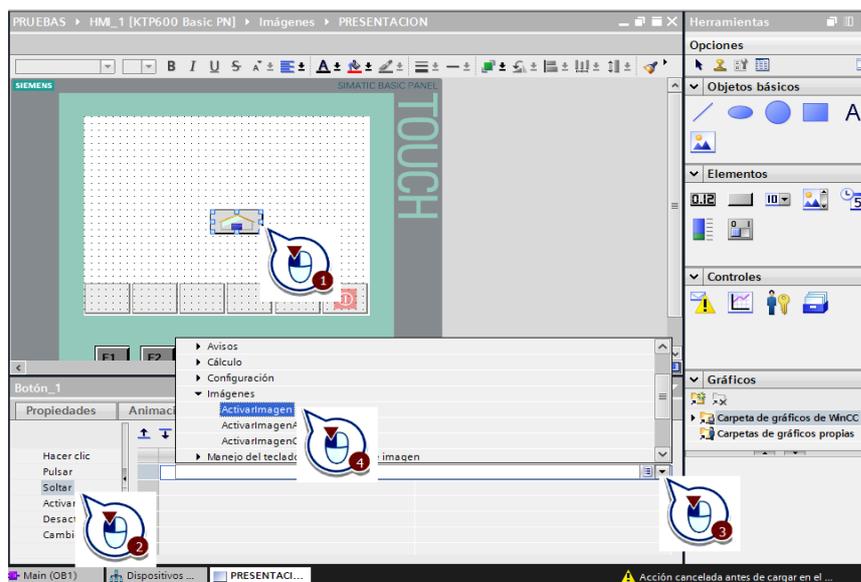


Figura 2.56: Activar la función "ActivarImagen".

6. Enlace la función "ActivarImagen" con la "Imagen0" creada en el asistente del panel de operador.

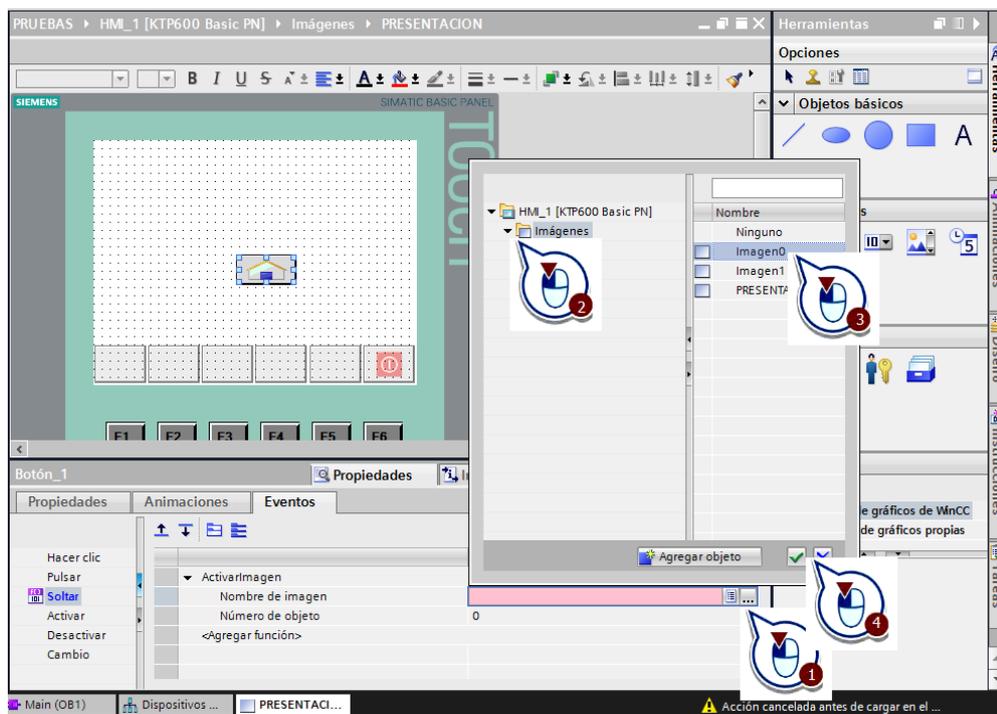


Figura 2.57: Enlazar la función "ActivarImagen".

2.6.5. ENLAZAR VARIABLES DEL PLC

1. Cree un campo E/S.

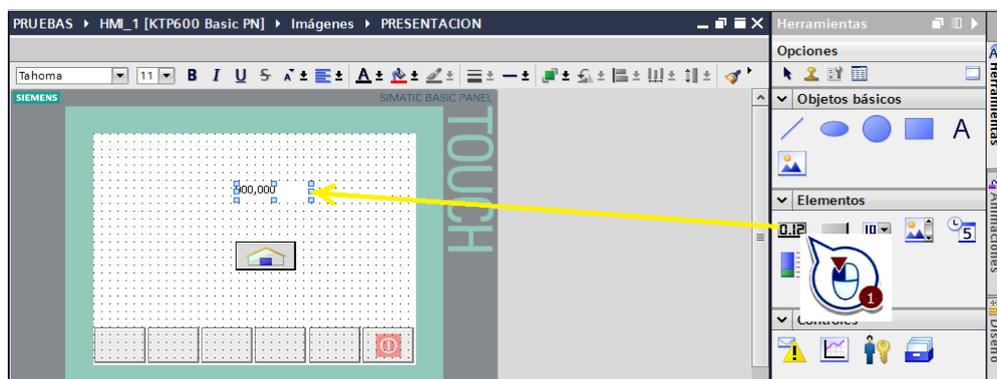


Figura 2.58: Crear un campo de E/S.

2. Ubíquese en la ventana de inspección y enlace la variable "valor" del PLC, configure el tipo entrada o salida y su representación.

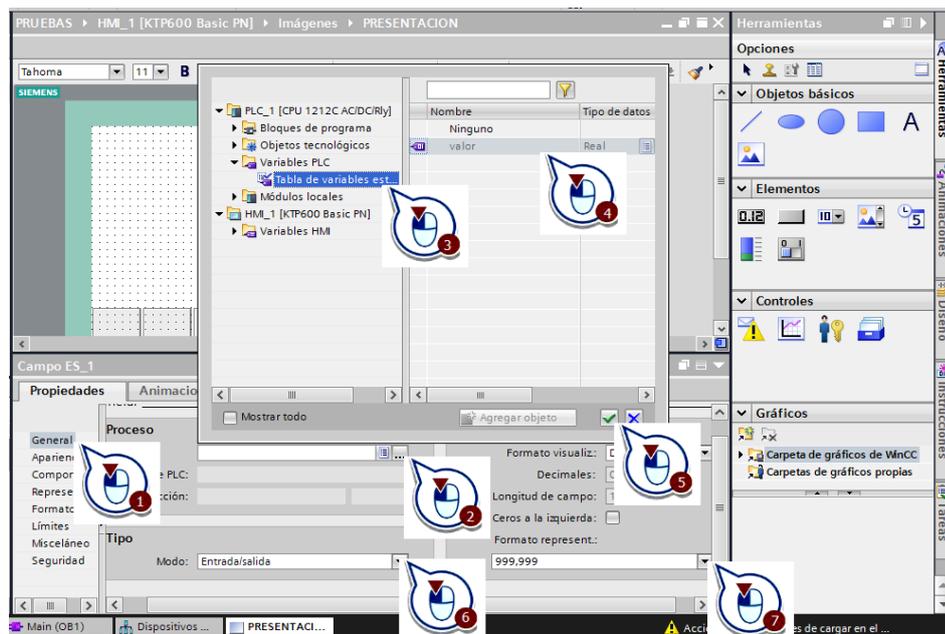


Figura 2.59: Enlazar la variable del PLC.

2.6.6. CARGAR LA IMAGEN HMI EN EL PANEL DE OPERADOR

1. Inicie el proceso de carga del software en el panel de operador. El proyecto se compila automáticamente antes de cargarse.

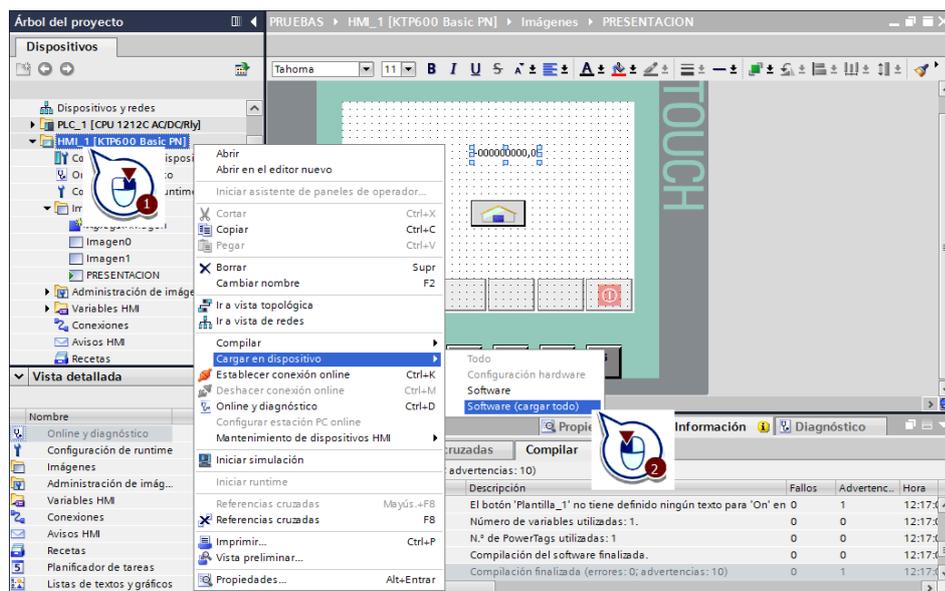


Figura 2.60: Inicio del proceso de carga del HMI.

- Haga clic en el botón "Cargar".

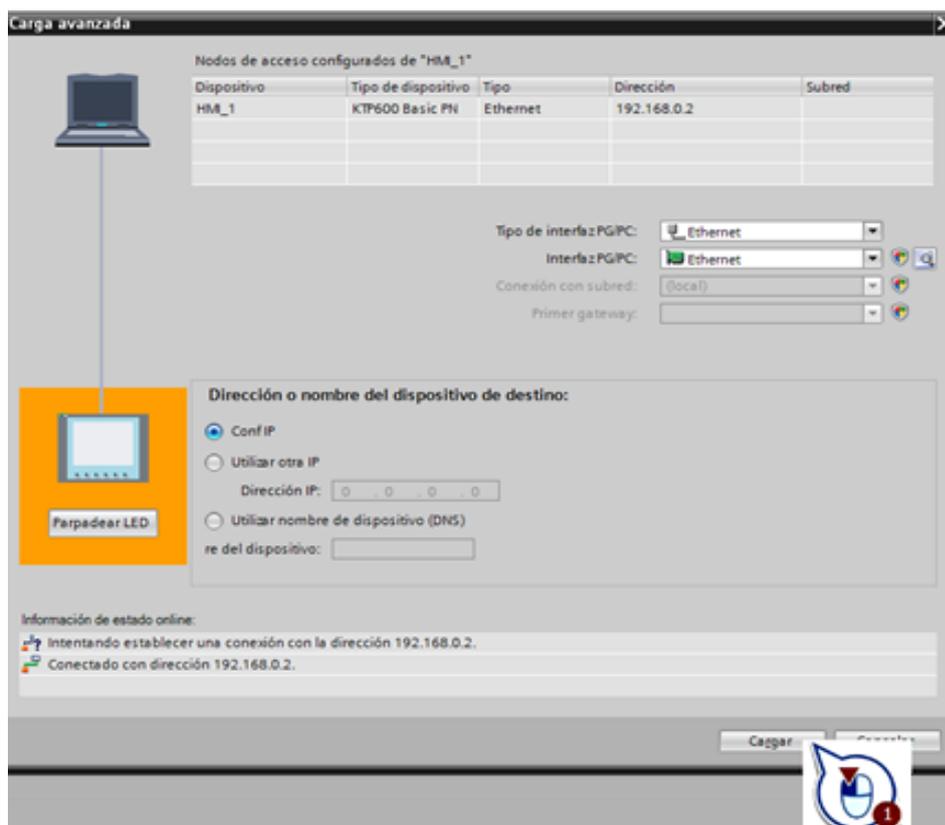


Figura 2.61: Carga avanzada del HMI.

- Dado el caso, sobrescriba el software previamente cargado en el panel de operador.

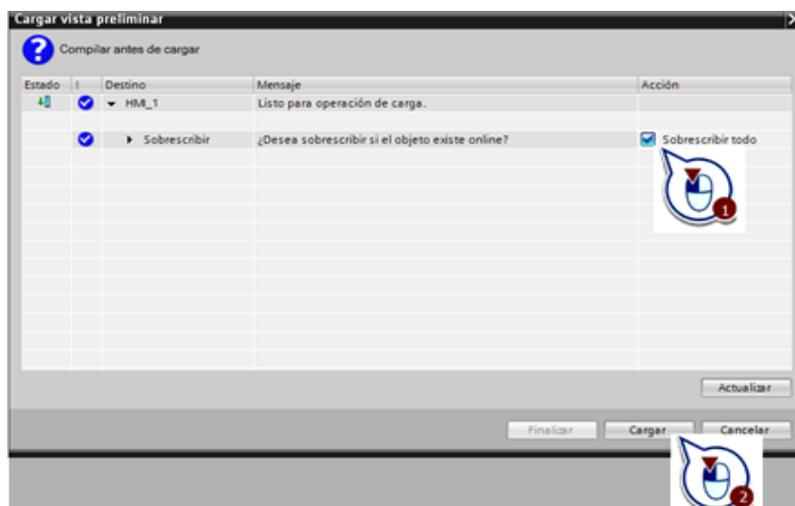


Figura 2.62: Finalizar la carga del HMI.

2.7. PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER 440

Los variadores de frecuencia son utilizados para facilitar el control de velocidad en motores trifásicos, siempre y cuando se encuentren configurados de acuerdo a sus características de fábrica. A continuación se muestra un organigrama de la puesta en servicio rápida para los variadores de frecuencia utilizados en el módulo didáctico (figura 2.63).

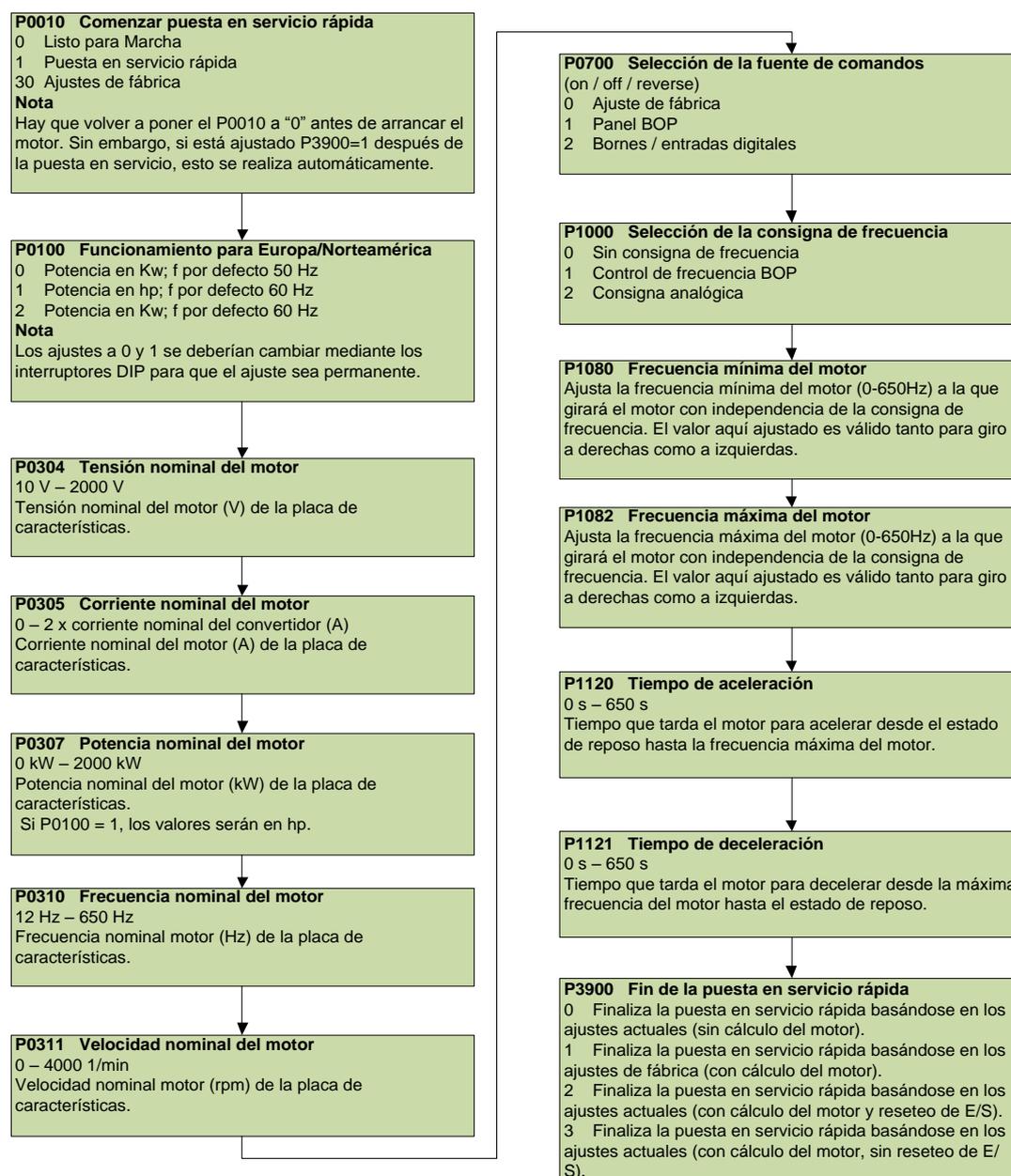


Figura 2.63: Organigrama de puesta en servicio rápida.

Para realizar la puesta en servicio rápida de los variadores de frecuencia se debe configurar los parámetros que vienen detallados en las placas de los equipos utilizados en cada proceso, esto se lo hace mediante las teclas del panel BOP, escogiendo los parámetros como se detallan a continuación:

En la figura 2.64 se muestran las características de la bomba centrífuga trifásica marca THEBE, además en la tabla 2.3 se detallan los parámetros necesarios para la puesta en servicio rápida del variador de frecuencia del proceso de caudal.

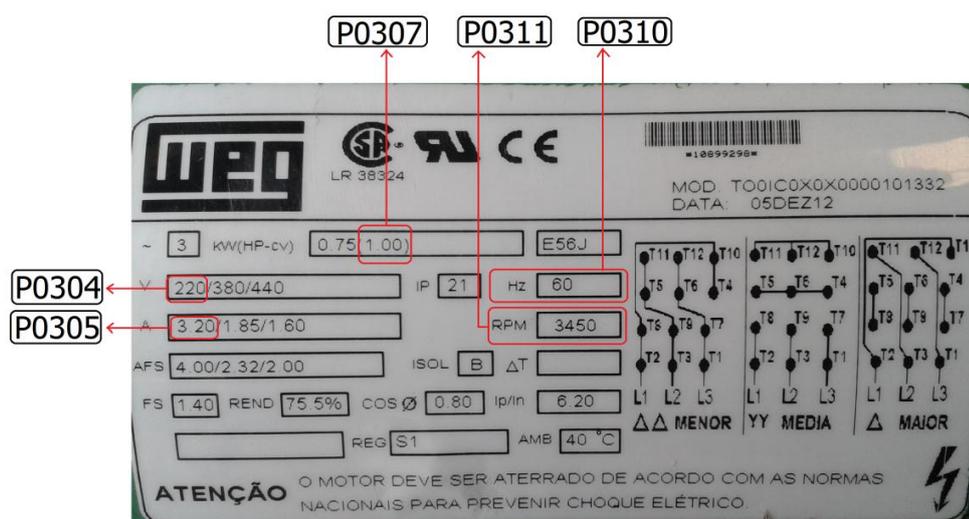


Figura 2.64: Características de la bomba centrífuga trifásica.

Tabla 2.3: Parámetros ingresados al variador del proceso caudal.

PARAMETRO	DETALLES	VALORES
P0010	Iniciar puesta en servicio rápida. Escoger la opción 1: puesta en servicio rápida.	1
P0100	Funcionamiento para Europa/Norteamérica. Escoger la opción 1: potencia en hp, f por defecto 60 Hz.	1
P0304	Tensión nominal del motor. Observar en la placa.	220

CONTINUA



P0305	Corriente nominal del motor. Observar en la placa.	3.20
P0307	Potencia nominal del motor. Observar en la placa.	1.00
P0310	Frecuencia nominal del motor. Observar en la placa.	60.00
P0311	Velocidad nominal del motor (rpm). Observar en la placa.	3450
P0700	Selección de la fuente de comando. El variador va a ser comandado mediante su entrada análoga de 0-10 v para variar la velocidad del motor de la bomba centrífuga y con una entrada digital de 0-24 v para poner en funcionamiento o detenido el mismo.	2
P1000	Selección de la consigna de frecuencia. Como se detalló en el paso anterior la velocidad del motor de la bomba centrífuga está controlada desde su entrada análoga.	2
P1080	Frecuencia mínima del motor. El valor mínimo de frecuencia es de 0 Hz lo que corresponde al detenido total del motor.	0.00
P1082	Frecuencia máxima del motor. El valor máximo de frecuencia es de 42.10 Hz ya que al sobrepasar dicho valor, el rotámetro quedaría fuera de su rango de medición.	42.10
P1120	Tiempo de aceleración	Default
P1121	Tiempo de desaceleración	Default
P3900	Fin de puesta en servicio rápido. Para que la puesta en servicio finalice basándose en los ajustes actuales escogemos la opción 0.	0
P0010	Iniciar puesta en servicio rápida. Puesto que el variador no empieza a funcionar automáticamente con los ajustes actuales escogemos la opción 0.	0

En la figura 2.65 se muestran las características del motor asíncrono trifásico marca SIEMENS, además en la tabla 2.4 se detallan los parámetros necesarios para la puesta en servicio rápida del variador de frecuencia del proceso de velocidad.

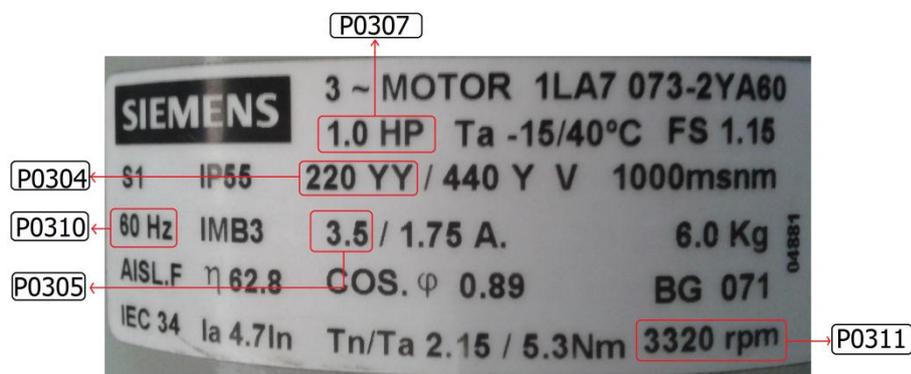


Figura 2.65: Características del motor asíncrono trifásico.

Tabla 2.4: Parámetros ingresados al variador del proceso velocidad.

PARAMETRO	DETALLES	VALORES
P0010	Iniciar puesta en servicio rápida. Escoger la opción 1: puesta en servicio rápida.	1
P0100	Funcionamiento para Europa/Norteamérica. Escoger la opción 1: potencia en hp, f por defecto 60 Hz.	1
P0304	Tensión nominal del motor. Observar en la placa.	220
P0305	Corriente nominal del motor. Observar en la placa.	3.50
P0307	Potencia nominal del motor. Observar en la placa.	1.00
P0310	Frecuencia nominal del motor. Observar en la placa.	60.00

CONTINUA



P0311	Velocidad nominal del motor (rpm). Observar en la placa.	3320
P0700	Selección de la fuente de comando. El variador va a ser comandado mediante su entrada análoga de 0-10 v para variar la velocidad del motor asíncrono trifásico y con una entrada digital de 0-24 v para poner en funcionamiento o detenido el mismo.	2
P1000	Selección de la consigna de frecuencia. Como se detalló en el paso anterior la velocidad del motor asíncrono trifásico está controlada desde su entrada análoga.	2
P1080	Frecuencia mínima del motor. El valor mínimo de frecuencia es de 0 Hz lo que corresponde al detenido total del motor.	0.00
P1082	Frecuencia máxima del motor. El valor máximo de frecuencia es de 40 Hz debido a la que la carga aplicada al eje del motor asíncrono trifásico provoca que éste se detenga totalmente lo cual podría ocasionar algún desperfecto en el mismo, para conservar la garantía y el buen funcionamiento de motor no deben existir cambios bruscos con el sistema de frenado.	40.00
P1120	Tiempo de aceleración	Default
P1121	Tiempo de desaceleración	Default
P3900	Fin de puesta en servicio rápido. Para que la puesta en servicio finalice basándose en los ajustes actuales escogemos la opción 0.	0
P0010	Iniciar puesta en servicio rápida. Puesto que el variador no empieza a funcionar automáticamente con los ajustes actuales escogemos la opción 0.	0

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA

Los procesos tanto de caudal como de velocidad están formados de varios materiales, dispositivos e instrumentos para llevar a cabo las funciones de control de cada uno de ellos, los mismos que se detallan a continuación.

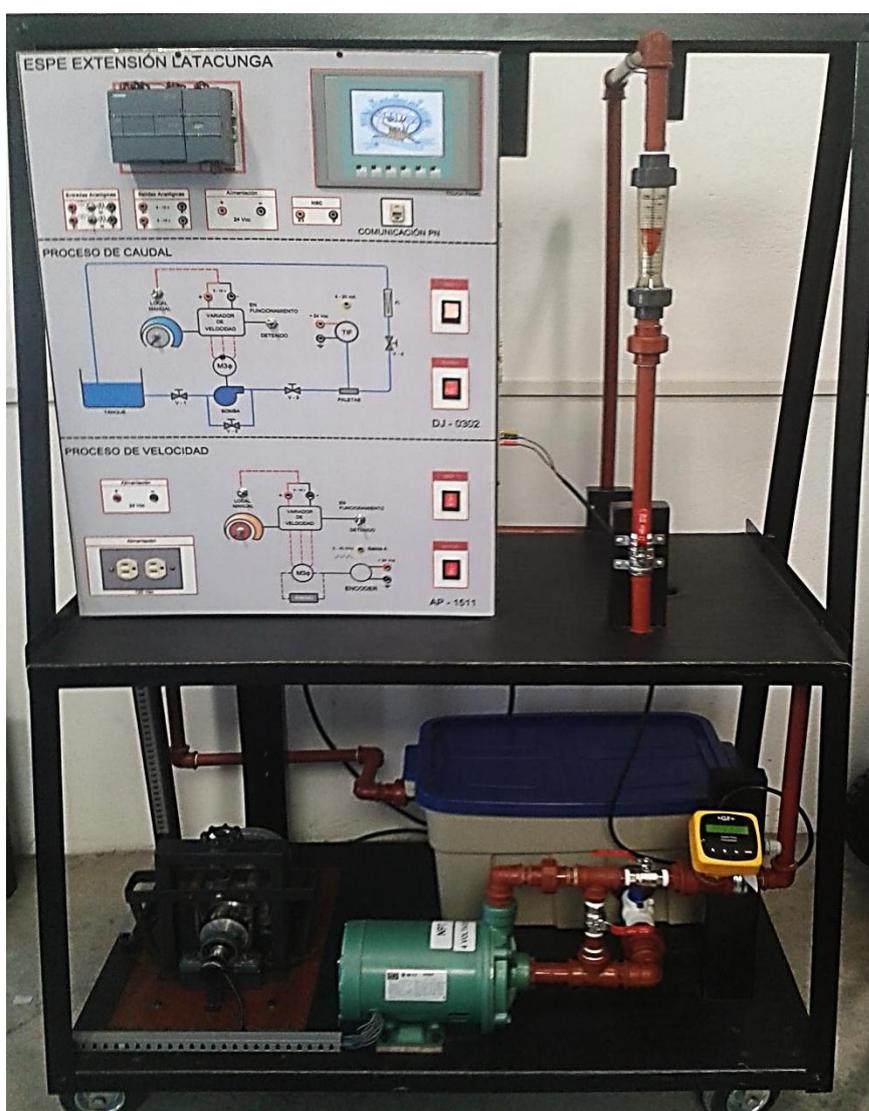


Figura 3.1: Módulo didáctico de los procesos caudal y velocidad.

3.1.1. PROCESO DE CAUDAL

Tanque de 40 litros (figura 3.2): recipiente en el cual se almacena el agua, representa el punto de partida y de llegada del sistema.



Figura 3.2: Tanque de almacenamiento.

Tubo de ¾ de pulgada PVC (figura 3.3): canal o conducto por donde circula el agua del proceso.



Figura 3.3: Tubería.

Bomba trifásica de 1HP (figura 3.4): bomba centrífuga que funciona mediante un motor trifásico que permite succionar e impulsar el agua, para que circule por la tubería del sistema.



Figura 3.4: Bomba trifásica de 1HP.

Variador de frecuencia MICROMASTER 440 (figura 3.5): dispositivo encargado de variar la velocidad del motor trifásico de la bomba centrífuga, mediante la variación de frecuencia suministrada al motor variando así el flujo de agua que circula por la tubería del proceso.



Figura 3.5: Variador de frecuencia del proceso caudal.

Panel básico de operador BOP (figura 3.6): permite modificar el valor de los parámetros de la bomba a controlar, con el fin de que el variador de frecuencia funcione correctamente.



Figura 3.6: BOP del proceso caudal.

Válvulas de tipo bola (figura 3.7): mecanismo con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos mediante una pieza móvil que en su interior tiene forma de esfera perforada la cual abre, cierra u obstruye en forma parcial o total orificios o conductos.



Figura 3.7: Válvula tipo bola.

Sensor de flujo de rueda de paletas (figura 3.8): ubicado en contacto con la variable controlada y conectado de forma compacta al transmisor de flujo.



Figura 3.8: Sensor de flujo.

Transmisor de flujo (figura 3.9): instrumento que convierte la señal de frecuencia senoidal dada por el sensor de flujo en una señal estándar de 4 a 20 mA para una transmisión a larga distancia.



Figura 3.9: Transmisor de flujo.

Rotámetro (figura 3.10): indicador de flujo industrial usado para la medición de líquidos, consiste de un flotador que se mueve dentro de un tubo vertical cónico, el fluido entra por la parte inferior del tubo y hace que el flotador suba hasta equilibrar su peso, el tubo lleva grabado una escala lineal que indica el caudal en GPM o LPM, que circula por la tubería del proceso.



Figura 3.10: Rotámetro.

3.1.2. PROCESO DE VELOCIDAD

Motor asíncrono trifásico de 1HP (figura 3.11): motor de tipo jaula de ardilla, transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos, es la base del proceso de velocidad.

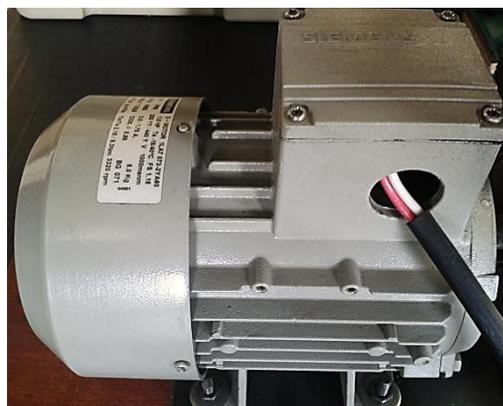


Figura 3.11: Motor asíncrono trifásico de 1HP.

Guardamotor de 2.5-4 A (figura 3.12): interruptor de cierre automático diseñado para la protección contra la destrucción de motores por fallo del arranque, sobrecargas y cortocircuitos.



Figura 3.12: Guardamotor.

Variador de frecuencia MICROMASTER 440 (figura 3.13): dispositivo encargado de variar la velocidad del motor asíncrono trifásico, mediante la variación de frecuencia suministrada al motor variando así las revoluciones por minuto (RPM) del proceso.



Figura 3.13: Variador de frecuencia del proceso velocidad.

Panel básico de operador BOP (figura 3.14): permite modificar el valor de los parámetros del motor a controlar, con el fin de que el variador de frecuencia funcione correctamente.



Figura 3.14: BOP del proceso velocidad.

Sistema de frenado (figura 3.15): Estructura metálica que permite el ajuste de la banda sobre la rueda adosada al eje del motor de manera que provee una forma sencilla de aplicar una carga al mismo.



Figura 3.15: Sistema de frenado.

Encoder incremental (figura 3.16): sensor que genera señales digitales en respuesta al movimiento del eje del motor asíncrono trifásico.



Figura 3.16: Encoder Incremental.

3.1.3. DISPOSITIVOS COMPARTIDOS ENTRE PROCESOS

PLC S7-1200 CPU-1212C AC/DC/RLY (figura 3.17): controlador lógico programable marca SIEMENS, encargado de realizar las funciones de control independiente de cada proceso, en lazo cerrado y gestionar las comunicaciones con la TOUCH PANEL.



Figura 3.17: PLC S7-1200 CPU-1212C.

Módulo de expansión SM-1232 (figura 3.18): dispositivo de salidas analógicas, que permite interactuar al autómatas con los instrumentos de campo, integrado de dos salidas analógicas de voltaje de +/-10V o corriente de 0 – 20 mA.

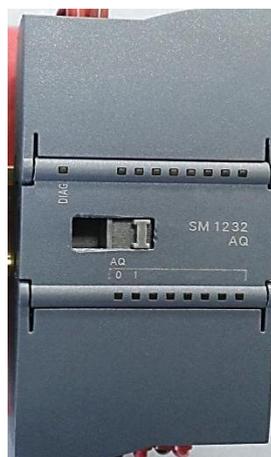


Figura 3.18: Módulo de expansión SM-1232.

Touch Panel KTP600 Basic Color PN (figura 3.19): instrumento que permite realizar una interfaz humano máquina a través del cual el usuario podrá visualizar y configurar el funcionamiento de los dos procesos entregando al operador valores de set point, parámetros de sintonización, curvas de proceso e históricos.



Figura 3.19: Touch Panel KTP600.

Fuente LOGO Power de 24 Vdc (figura 3.20): fuente de alimentación de corriente continua de 24 voltios, como la mayoría de los equipos e instrumentos están diseñados para funcionar con una tensión de 24 Vdc, se la utiliza en ambos procesos para alimentar la TOUCH PANEL, el transmisor de flujo, el encoder incremental y los interruptores.



Figura 3.20: Fuente de alimentación de 24 Vdc.

3.2. PRUEBAS EXPERIMENTALES

Una vez que se disponga del módulo didáctico ya ensamblado, interconectado, configurado y programado de manera correcta, se procede necesaria e indispensablemente a realizar las pruebas respectivas a los procesos tanto de caudal como de velocidad por secciones y en completo funcionamiento de cada uno de ellos.

3.2.1. PROCESO DE CAUDAL

Dentro de las pruebas del proceso de caudal se debe comprobar la adquisición de la señal del transmisor de flujo, que está configurado para trabajar en un rango de 1 a 10 galones por minutos (GPM) y entregar una corriente de 4 a 20 mA en forma proporcional, además se debe visualizar los datos en la TOUCH PANEL, así como las señales que adquiere y emite el PLC hacia los dispositivos asociados.

a. TRANSMISOR DE FLUJO GF SIGNET 8550

Para comprobar el funcionamiento del transmisor se necesita un amperímetro, se enciende la red del proceso de caudal y la bomba, a continuación se observa el incremento de la corriente proporcional al flujo de agua que circula por la tubería.

El transmisor presenta una respuesta proporcional y lineal de 4mA a 20mA, para un rango de valores entre 1 y 10 GPM, al utilizar las opciones de promediado y sensibilidad el caudal se estabiliza y los cambios repentinos se reflejan rápidamente.

b. PLC S7-1200, MÓDULO SALIDAS ANALÓGICAS SM1232 Y TOUCH PANEL KTP600

Por su importancia se deben analizar estos tres instrumentos de manera conjunta debido a su funcionamiento, puesto que la señal de corriente

proveniente del transmisor de flujo es adquirida por el PLC, el mismo que procesa los datos con el fin de realizar un escalamiento y utilizarlos para el control del proceso, la información se envía desde el PLC al módulo de salidas analógicas SM1232, para luego mediante el puerto de comunicación ser visualizada por el operador del sistema a través de la TOUCH PANEL KTP600.

Desde el panel frontal el operador puede variar parámetros como las constantes de los controladores y el valor de consigna (set point), necesarios para que el PLC realice el control del proceso, los cuales se muestran en el HMI, de esta forma se genera un flujo de datos en el sentido contrario desde la TOUCH PANEL hacia el PLC.

c. VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER 440

Este dispositivo es comandado de dos formas; manual mediante una perilla ubicada en el panel frontal o automática en la que el variador recibe la señal de control de 0 a 10V enviada por el PLC, de esta manera varía la velocidad del motor trifásico de la bomba centrífuga con lo que se ve reflejado en la variación del flujo de agua que circula por la tubería del proceso desde y hasta el tanque de almacenamiento. Es necesario un voltímetro para comprobar la señal de control enviada desde el PLC de acuerdo al control establecido para este proceso.

3.2.2. PROCESO DE VELOCIDAD

Dentro de las pruebas del proceso de velocidad se debe comprobar la señal emitida por el encoder incremental, la cual genera una frecuencia comprendida de 0 a 40 KHz de forma proporcional a las revoluciones por minuto (RPM) generadas por el motor asíncrono trifásico, además se debe visualizar los datos en la TOUCH PANEL, así como las señales que adquiere y emite el PLC hacia los dispositivos asociados.

a. ENCODER INCREMENTAL, SISTEMA DE FRENADO

Para comprobar el funcionamiento del encoder incremental se necesita un osciloscopio, se enciende la red del proceso de velocidad y el motor, a continuación se observa el incremento de la frecuencia proporcional a las revoluciones del motor. El encoder presenta una respuesta proporcional y lineal de 0 a 40 KHz, para un rango de valores entre 0 y 2380 RPM. El sistema de frenado permite el ajuste de la banda sobre el eje del motor de manera que provee una forma sencilla de aplicar una carga al mismo.

b. PLC S7-1200, MÓDULO SALIDAS ANALÓGICAS SM1232 Y TOUCH PANEL KTP600

Por su importancia se deben analizar estos tres instrumentos de manera conjunta debido a su funcionamiento, puesto que la señal de frecuencia proveniente del encoder incremental es adquirida por el PLC, el mismo que procesa los datos utilizando un contador rápido con el fin de escalarlos y utilizarlos en el control del proceso, la información se envía desde el PLC al módulo de salidas analógicas SM1232, para luego mediante el puerto de comunicación ser visualizada por el operador del sistema a través de la TOUCH PANEL KTP600.

Desde el panel frontal el operador puede variar parámetros como las constantes de los controladores y el valor de consigna (set point), necesarios para que el PLC realice el control del proceso, los cuales se muestran en el HMI, de esta forma se genera un flujo de datos en el sentido contrario desde la TOUCH PANEL hacia el PLC.

c. VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER 440

Este dispositivo es comandado de dos formas; manual mediante una perilla ubicada en el panel frontal o automática en la que el variador recibe la señal de control de 0 a 10 v enviada por el PLC, de esta manera varía la velocidad del motor asíncrono trifásico con lo que se ve reflejado en la

variación de frecuencia emitida por el encoder incremental. Es necesario un voltímetro para comprobar la señal de control enviada desde el PLC de acuerdo al control establecido para este proceso.

3.3. FUNCIONAMIENTO EN LOS DISTINTOS MODOS DE CONTROL

Luego de realizar las conexiones necesarias en el panel frontal para el funcionamiento del módulo didáctico, se debe ingresar el nombre de usuario y su respectiva contraseña, con el fin de acceder a cualquiera de los dos procesos caudal o velocidad, para lo cual existen dos tipos de usuario que se detallan a continuación:

- **OPERADOR:** el nombre de usuario es “operador” y su contraseña “monitoreo”, este usuario permite solo el monitoreo de los procesos.
- **ADMINISTRADOR:** el nombre de usuario es “administrador” y su contraseña es “control”, este usuario permite acceder a todos los atributos de los procesos, tales como poner en funcionamiento los procesos, configuración del modo de control y de las constantes PID, configuración del set point, etc.

Se debe iniciar el usuario ADMINISTRADOR ya que éste es el único que tiene todos los privilegios para realizar las distintas configuraciones y cambios de los procesos (figura 3.21). Cada proceso tiene cuatro tipos de control los cuales son:

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

Para configurar el tipo de control, primero se debe seleccionar el proceso a controlar (figura 3.22), para luego ingresar a menú y oprimir el botón CONTROL, entonces se despliega una pantalla en la cual se puede escoger el tipo de control (figura 3.23).

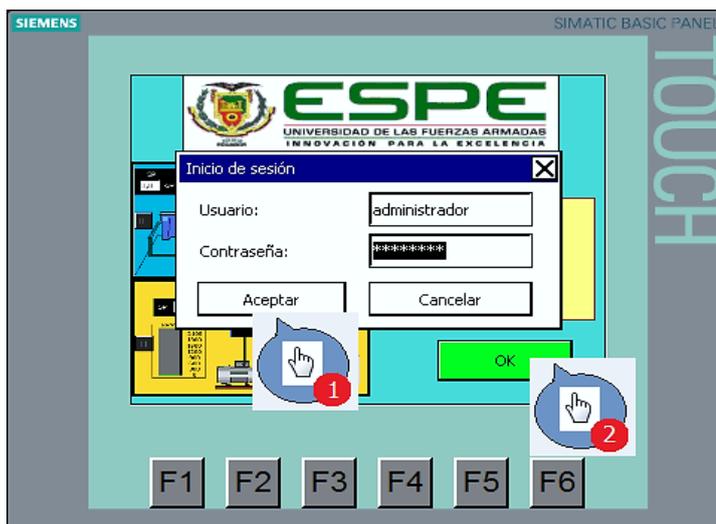


Figura 3.21: Ingreso de usuario y contraseña.

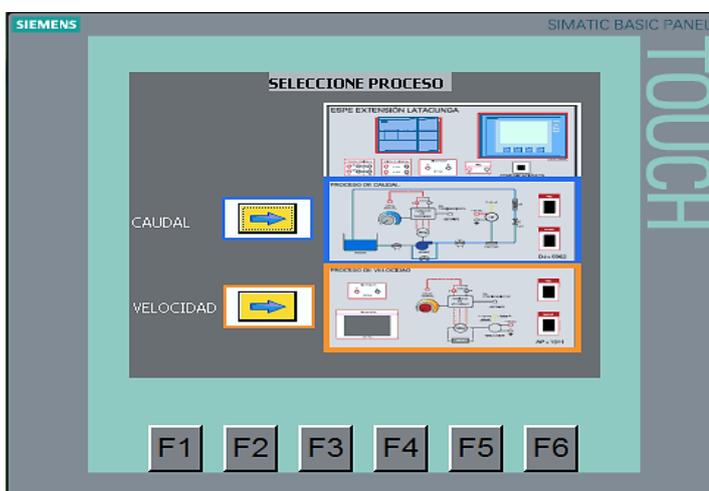


Figura 3.22: Selección del proceso.

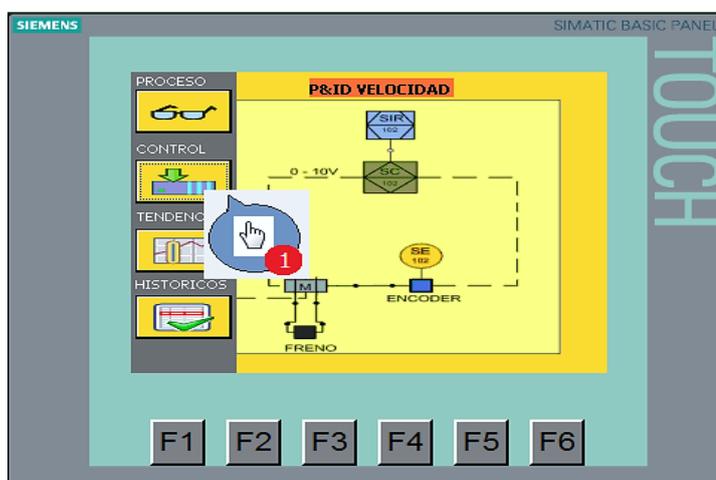


Figura 3.23: Ingreso a la pantalla tipos de control.

3.3.1. CONTROL PROPORCIONAL

Para configurar este tipo de control se debe ingresar oprimiendo el botón de control proporcional (P), entonces se mostrará activa solamente la constante de ganancia proporcional K_p como parámetro configurable (figura 3.24).

Funcionamiento

El control proporcional establece una relación lineal entre la variable controlada y el elemento de control final con el objeto de reducir la magnitud del error, así como dar estabilidad al proceso. La desventaja de este control es que no elimina el error en estado estacionario y si su valor es demasiado alto puede dar inestabilidad al proceso.

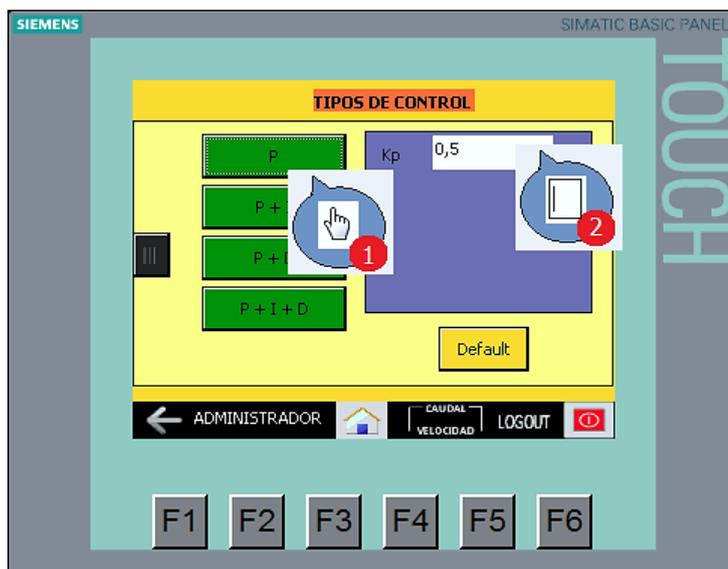


Figura 3.24: Configuración del control proporcional.

3.3.2. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL

Para configurar este tipo de control se debe ingresar oprimiendo el botón de control proporcional integral (PI), entonces se mostrarán activas las constantes de ganancia proporcional K_p y tiempo integral T_i como parámetros configurables (figura 3.25).

Funcionamiento

El control proporcional integral tiene como finalidad eliminar el error en estado estacionario, debido a que la acción proporcional da una respuesta rápida al proceso mientras que la acción integral elimina el error en estado estacionario que provoca el control proporcional solo. La única desventaja que presenta este control es la inestabilidad del proceso.

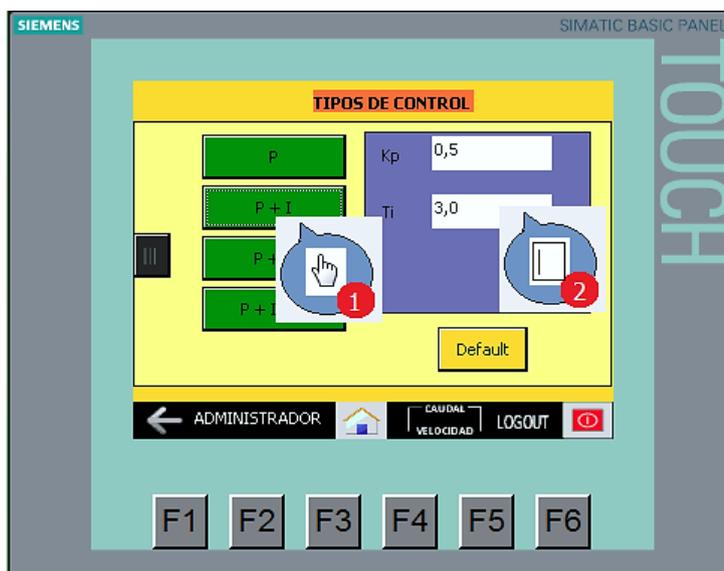


Figura 3.25: Configuración del control proporcional integral.

3.3.3. CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO

Para configurar este tipo de control se debe ingresar oprimiendo el botón de control proporcional derivativo (PD), entonces se mostrarán activas las constantes de ganancia proporcional K_p y tiempo derivativo T_d como parámetros configurables (figura 3.26).

Funcionamiento

El control proporcional derivativo tiene como finalidad reducir el sobreimpulso y el tiempo de estabilización, por lo que se tendrá mejor estabilidad en el sistema mejorando así la respuesta del proceso, éste control nunca se lo utiliza solo, debido a que únicamente es eficaz durante períodos transitorios, además posee varias desventajas; no elimina el error

en estado estacionario, amplifica las señales de ruido y puede provocar un efecto de saturación en el actuador.

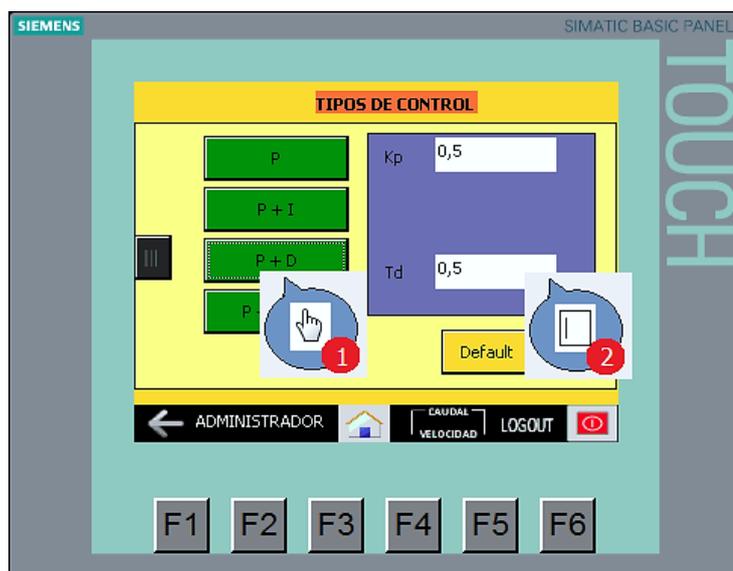


Figura 3.26: Configuración del control proporcional derivativo.

3.3.4. CONTROL PROPOCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO

Para configurar este tipo de control se debe ingresar oprimiendo el botón de control proporcional integral derivativo (PID), entonces se mostrarán activas las constantes de ganancia proporcional K_p , tiempo integral T_i y tiempo derivativo T_d como parámetros configurables (figura 3.27).

Funcionamiento

El control proporcional integral derivativo posee mejor respuesta que los controles anteriores debido a sus tres acciones de control, la acción proporcional da una respuesta rápida al proceso, la acción integral elimina el error en estado estacionario y la acción derivativa da estabilidad al proceso determinando la reacción del tiempo en el que el error se produce.

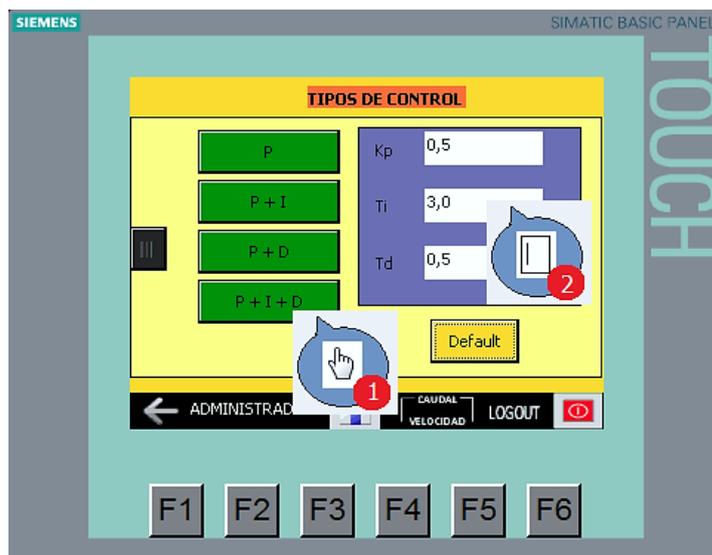


Figura 3.27: Configuración del control proporcional integral derivativo.

3.3.5. DEFAULT

Para obtener las constantes de cada proceso en forma automática se debe oprimir el botón (Default), entonces se mostrará el valor recomendado de las constantes de ganancia proporcional K_p , tiempo integral T_i y tiempo derivativo T_d (figura 3.28).

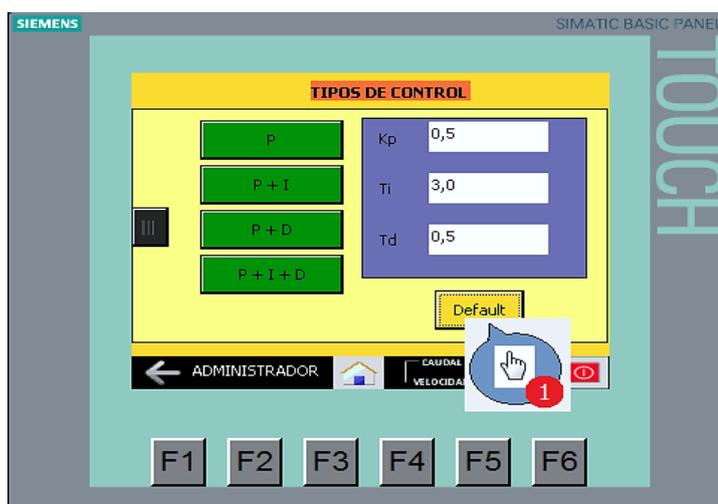


Figura 3.28: Control PID con valores recomendados.

3.4. ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE PROCESO

Para visualizar las curvas de respuesta de cada proceso, primero se debe seleccionar el proceso a controlar (figura 3.22), para luego ingresar a menú y oprimir el botón TENDENCIAS, entonces se despliega una pantalla en la cual se puede observar el PV, CV y SP, con la facilidad de modificar el valor de la consigna (figura 3.29).

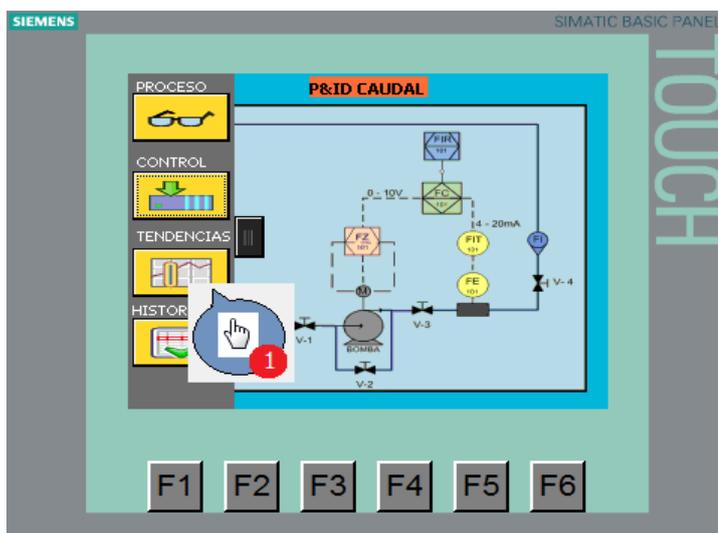


Figura 3.29: Ingreso a la pantalla tendencias.

Para analizar las curvas de respuesta de cada proceso utilizando cada uno de los modos de control se empleó fotografías que fueron tomadas directamente de la TOUCH PANEL KTP600, con el fin de observar el comportamiento de los proceso caudal y velocidad, en los cuales cada línea de las gráficas muestran una variable según el color de las mismas de tal manera que; la variable del proceso (PV) está representado con el color verde, el set point (SP) está representado con el color negro y la variable de control (CV) está representado con el color rojo como se muestra en la figura 3.30.

En la pantalla tendencias se observa el comportamiento del proceso dependiendo del modo de control seleccionado mediante curvas en representación gráfica de línea continua y valor numérico, en esta pantalla también se puede ingresar y modificar el valor del SP (set point), observar el

comportamiento del CV (variable de control) con el fin de alcanzar el valor de PV (variable del proceso). Así por ejemplo en la figura 3.30 se observa el funcionamiento del controlador PID en el proceso de caudal en donde el valor del SP es de 8,0 GPM, el valor de la CV es del 57% y el valor del PV es de 8,0 GPM.

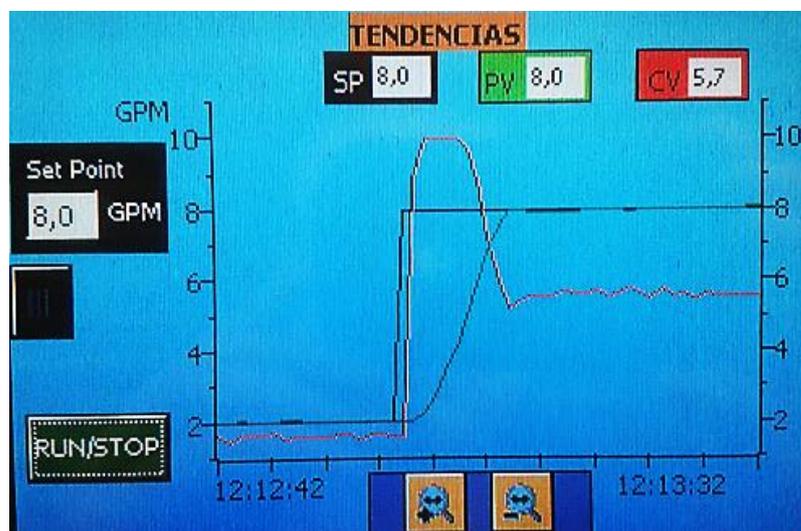


Figura 3.30: Curvas de proceso según su color.

Para realizar la sintonización de los parámetros (K_p , T_i , T_d) en los controladores de los procesos de caudal y velocidad, se empleó el método del tanteo, ya que con los otros métodos de sintonización la variable de control (CV) se mantiene inestable, lo que puede ocasionar un daño en los actuadores de los procesos.

3.4.1. PROCESO DE CAUDAL

a. CONTROL PROPORCIONAL

Para analizar la respuesta del proceso de caudal con control proporcional, se debe ingresar el valor de la ganancia proporcional K_p en la pantalla de TIPOS DE CONTROL seleccionando el botón (P). Como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional del proceso caudal.

SP [GPM]	Kp	PV [GPM]	Características
5,5	10,0	2,0±0,4	Inestable
5,5	7,0	2,0±0,1	Inestable
5,5	5,0	1,9	Oscilatorio
5,5	3,5	1,8	Estable con error

La figura 3.31 muestra la curva de respuesta de control proporcional con una pequeña oscilación hasta que el proceso se estabilice y con error en estado estacionario de 3,7 GPM, debido a que la variable del proceso no llega al punto de consigna.

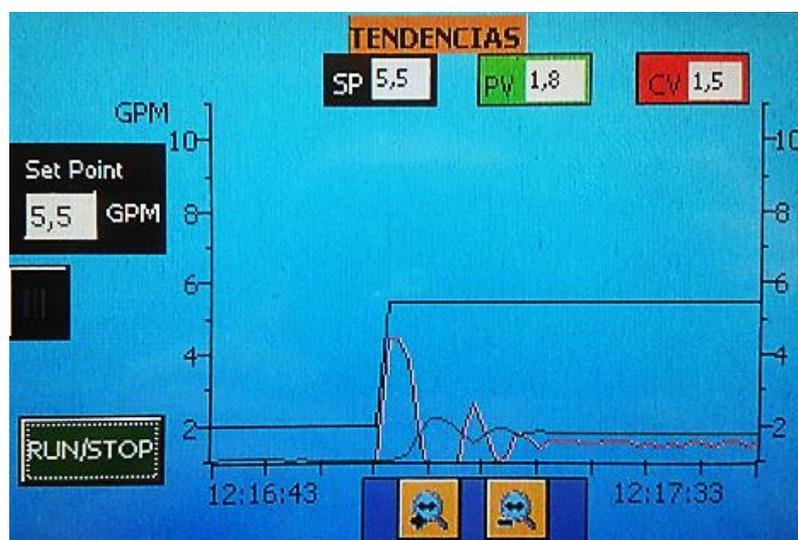


Figura 3.31: Curva de respuesta del control proporcional con $K_p=3,5$.

Al aplicar una perturbación a este tipo de control (figura 3.32), se observa en la curva de respuesta inestabilidad en el proceso creando una oscilación que es compensada por el control proporcional, pero manteniendo un error en estado estacionario de 3,7 GPM.

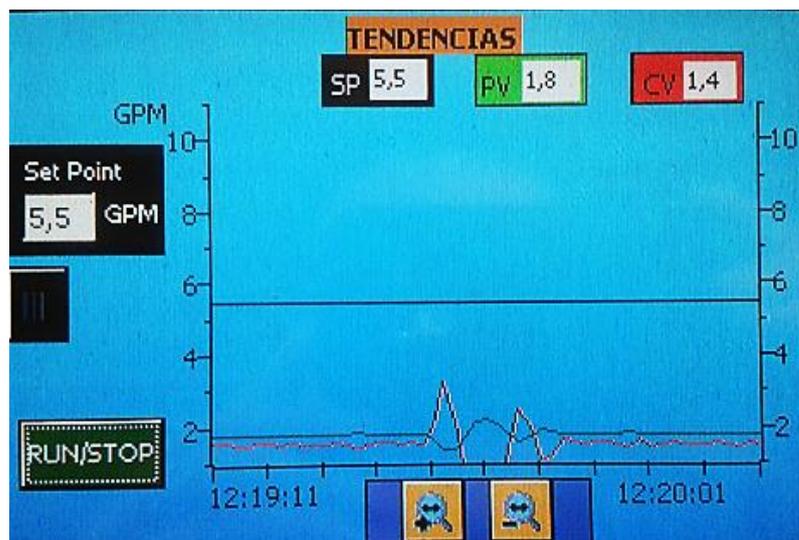


Figura 3.32: Curva de respuesta del control proporcional ante una perturbación del proceso caudal.

b. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL

Para analizar la respuesta del proceso de caudal con control proporcional integral, se debe ingresar el valor de la ganancia proporcional K_p y el tiempo integral T_i en la pantalla de TIPOS DE CONTROL seleccionando el botón (PI). Como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional integral del proceso caudal.

SP [GPM]	K_p	T_i	PV [GPM]	Características
5,5	5,0	2,0	$5,5 \pm 1,0$	Inestable
5,5	3,5	2,5	$5,5 \pm 0,3$	Inestable
5,5	2,5	3,5	5,5	Demora en estabilizar
5,5	2,5	4,5	5,5	Mínima oscilación

La figura 3.33 muestra la curva de respuesta del control proporcional integral con sobreimpulso del 7% y una mínima oscilación hasta que el proceso se estabilice, además este tipo de control elimina el error en estado estacionario.

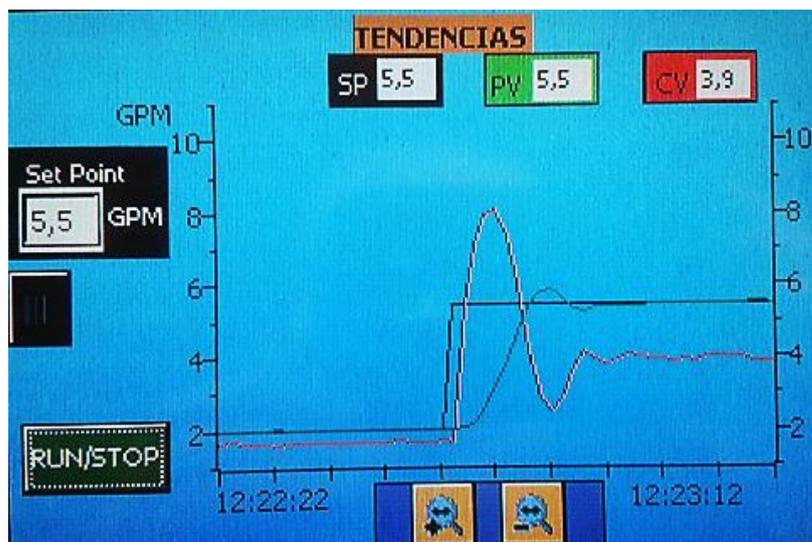


Figura 3.33: Curva de respuesta del control proporcional integral con $K_p=2,5$ y $T_i=4,5$.

Al aplicar una perturbación a este tipo de control (figura 3.34), se observa en la curva de respuesta que el proceso corrige de forma rápida la perturbación creando una pequeña oscilación y eliminando el error en estado estacionario.

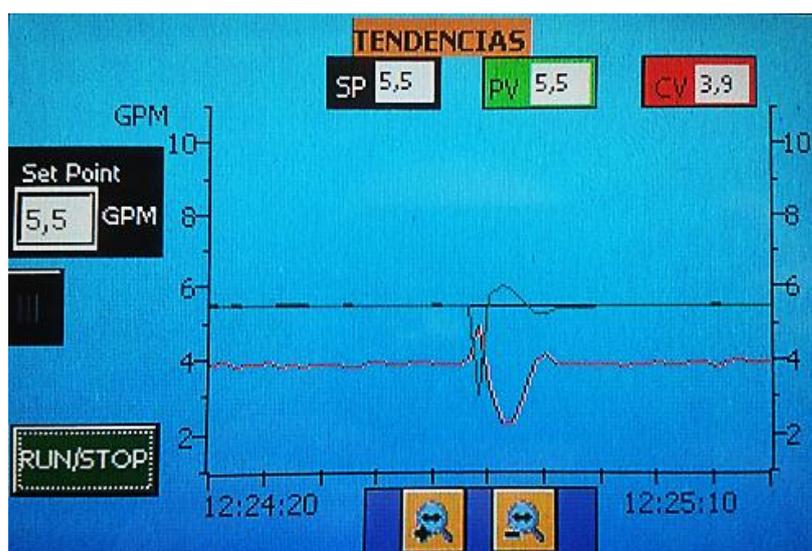


Figura 3.34: Curva de respuesta del control proporcional integral ante una perturbación del proceso caudal.

c. CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO

Para analizar la respuesta del proceso de caudal con control proporcional derivativo, se debe ingresar el valor de la ganancia proporcional K_p y el tiempo derivativo T_d en la pantalla de TIPOS DE CONTROL seleccionando el botón (PD). Como se muestra en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional derivativo del proceso caudal.

SP [GPM]	K_p	T_d	PV [GPM]	Características
5,5	10,0	1,0	2,0±0,1	Inestable
5,5	8,0	0,8	2,0	Inestable
5,5	6,0	0,6	1,9	Inestable al Inicio
5,5	5,0	0,5	1,9	Estable con error

La figura 3.35 muestra la curva de respuesta del control proporcional derivativo con una mínima oscilación hasta que el proceso se estabilice y con error en estado estacionario de 3,6 GPM, debido a que la variable del proceso no llega al punto de consigna.

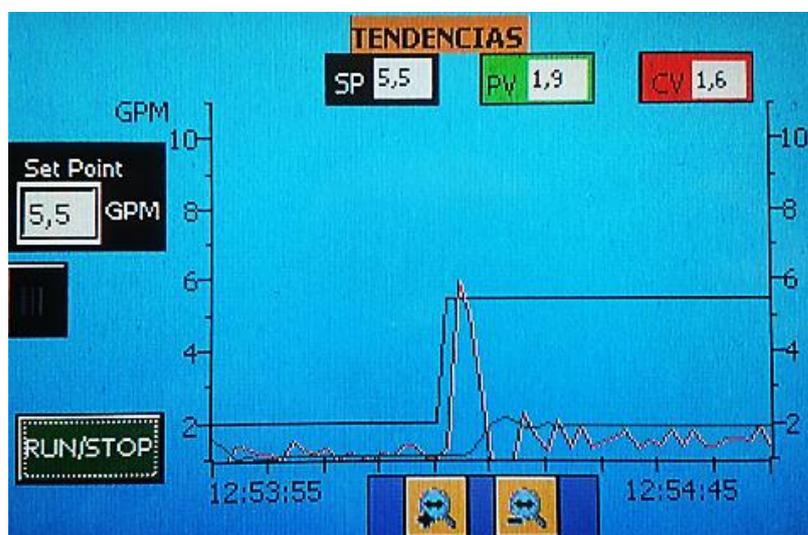


Figura 3.35: Curva de respuesta del control proporcional derivativo con $K_p=5,0$ y $T_d=0,5$.

Al aplicar una perturbación a este tipo de control (figura 3.36), se observa en la curva de respuesta que el proceso tiene una excelente sensibilidad, ya que corrige rápidamente la perturbación de forma casi invisible para el usuario, pero manteniendo un error en estado estacionario de 3,6 GPM.

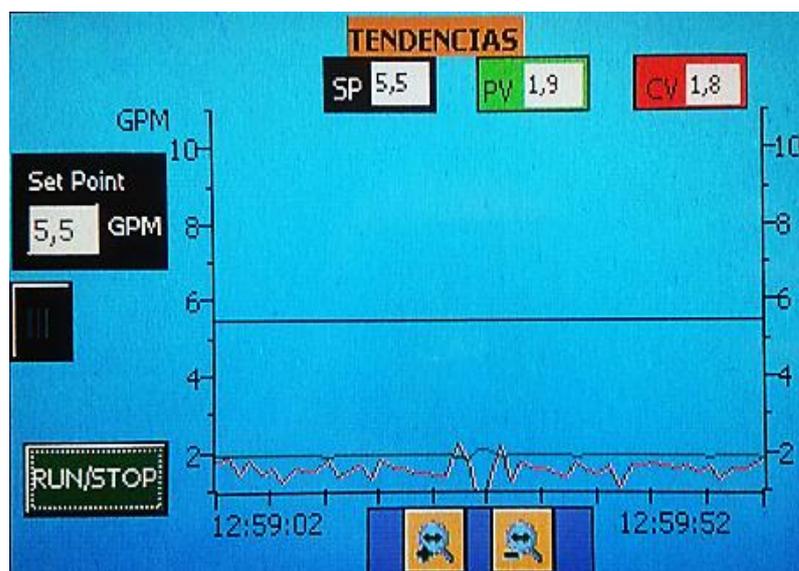


Figura 3.36: Curva de respuesta del control proporcional derivativo ante una perturbación del proceso caudal.

d. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO

Para analizar la respuesta del proceso de caudal con control proporcional integral derivativo PID, se debe ingresar el valor de la ganancia proporcional K_p , el tiempo integral T_i y el tiempo derivativo T_d en la pantalla de TIPOS DE CONTROL seleccionando el botón (PID). Como se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional integral derivativo del proceso caudal.

SP [GPM]	Kp	Ti	Td	PV [GPM]	Test (seg)	Características
5,5	2,5	3,5	0,1	5,5	20,0	Sobreimpulso
5,5	2,5	4,5	0,1	5,5	15,0	Menor sobreimpulso
5,5	2,5	4,5	0,2	5,5	11,0	Mínimo sobreimpulso
5,5	2,4	4,5	0,3	5,5	8,0	Estable sin error

La figura 3.37 muestra la curva de respuesta del control proporcional integral derivativo, en la cual se observa un tiempo de estabilización de 8 segundos hasta que la variable de proceso llegue al punto de consigna y permanece constante.

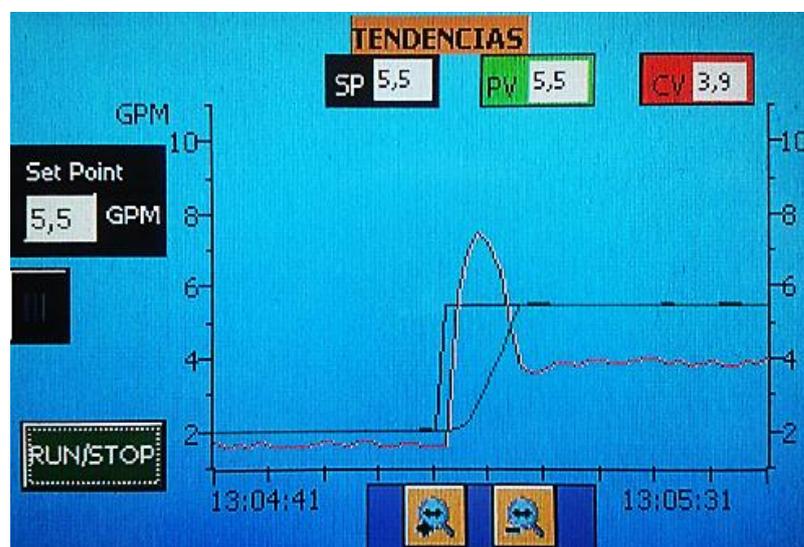


Figura 3.37: Curva de respuesta del control proporcional integral derivativo con $K_p=2,4$, $T_i=4,5$ y $T_d=0,3$.

Al aplicar una perturbación a este tipo de control (figura 3.38), se observa en la curva de respuesta que el proceso corrige de forma rápida la perturbación generando una mínima oscilación y eliminando el error en estado estacionario, ya que posee las mejores características de los tres controladores a la vez.

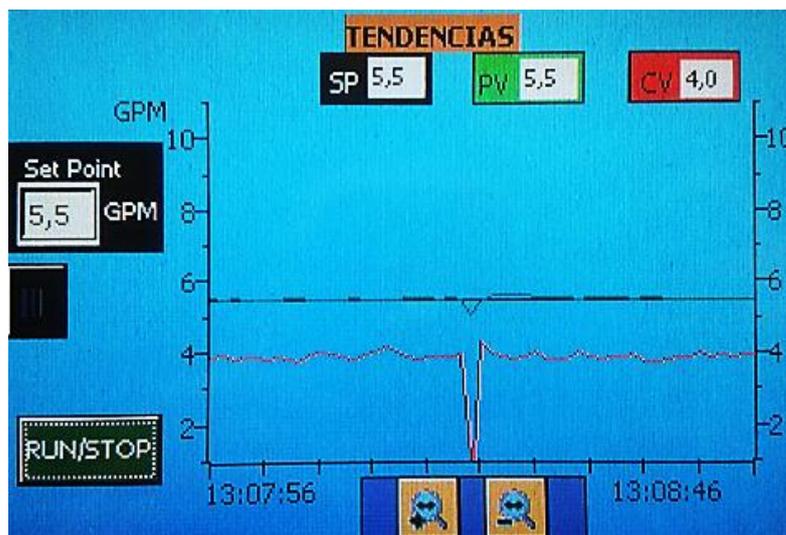


Figura 3.38: Curva de respuesta del control proporcional integral derivativo ante una perturbación del proceso caudal.

3.4.2. PROCESO DE VELOCIDAD

a. CONTROL PROPORCIONAL

Para analizar la respuesta del proceso de velocidad con control proporcional, se debe ingresar el valor de la ganancia proporcional K_p en la pantalla de TIPOS DE CONTROL seleccionando el botón (P). Como se muestra en la tabla 3.5.

Tabla 3.5: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional del proceso velocidad.

SP [%]	K_p	PV [%]	Características
50,0	2,0	30,0±6,0	Inestable
50,0	1,5	27,0±5,0	Inestable
50,0	1,0	24,0	Oscilatorio
50,0	0,85	22,0	Estable con error

La figura 3.39 muestra la curva de respuesta de control proporcional con una pequeña oscilación hasta que el proceso se estabilice y con error en

estado estacionario del 28%, debido a que la variable del proceso no llega al punto de consigna.

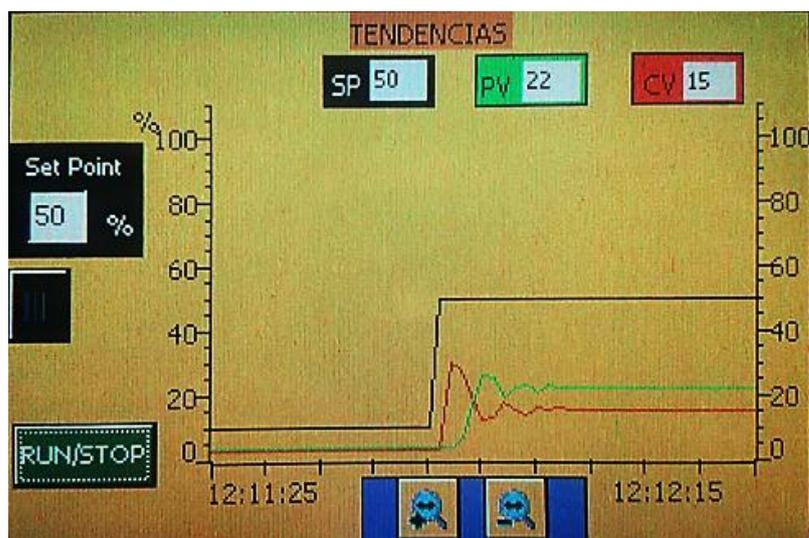


Figura 3.39: Curva de respuesta del control proporcional con $K_p=0,85$.

Al aplicar una perturbación a este tipo de control (figura 3.40), se observa en la curva de respuesta inestabilidad en el proceso creando una pequeña oscilación que es compensada por el control proporcional, pero manteniendo un error en estado estacionario del 28%.

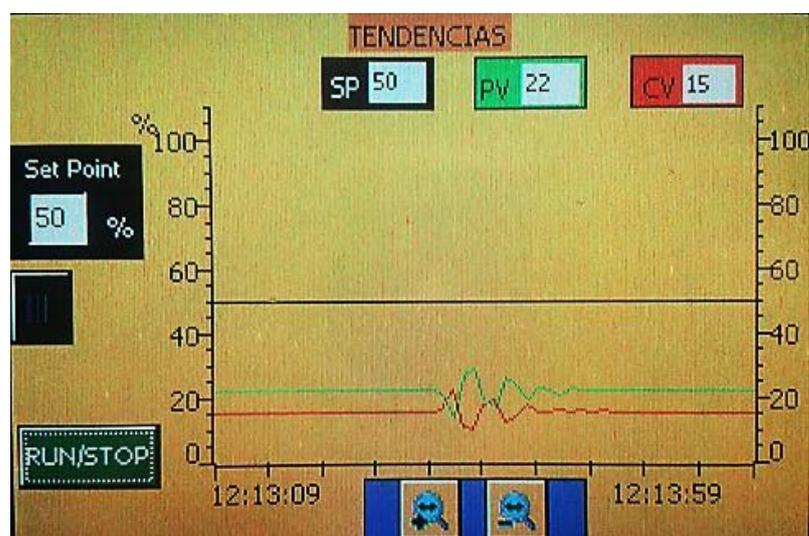


Figura 3.40: Curva de respuesta del control proporcional ante una perturbación del proceso velocidad.

b. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL

Para analizar la respuesta del proceso de velocidad con control proporcional integral, se debe ingresar el valor de la ganancia proporcional K_p y el tiempo integral T_i en la pantalla de TIPOS DE CONTROL seleccionando el botón (PI). Como se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional integral del proceso velocidad.

SP [%]	K_p	T_i	PV [%]	Características
50,0	1,0	1,0	50,0±5,0	Inestable
50,0	1,0	2,0	50,0±1,0	Inestable al inicio
50,0	0,9	3,0	50,0	Demora estabilizar
50,0	0,85	3,5	50,0	Pequeña oscilación

La figura 3.41 muestra la curva de respuesta del control proporcional integral con un sobreimpulso del 2% y una mínima oscilación hasta que el proceso se estabilice, además este tipo de control elimina el error en estado estacionario.

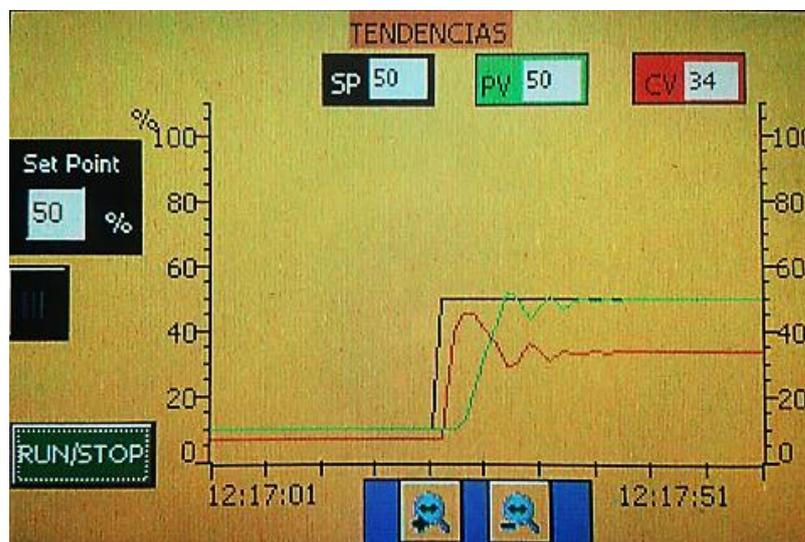


Figura 3.41: Curva de respuesta del control proporcional integral con $K_p=0,85$ y $T_i=3,5$.

Al aplicar una perturbación a este tipo de control (figura 3.42), se observa en la curva de respuesta que el controlador PI corrige la perturbación creando una pequeña oscilación y eliminando el error en estado estacionario.

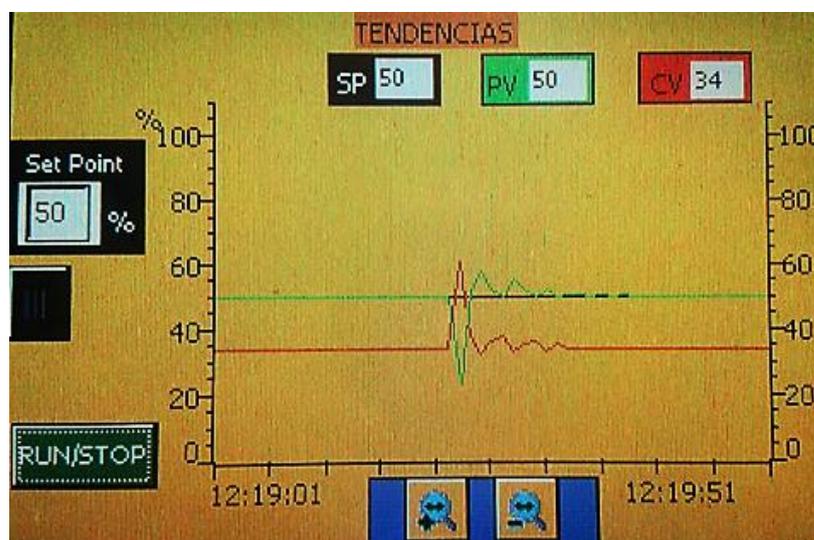


Figura 3.42: Curva de respuesta del control proporcional integral ante una perturbación del proceso velocidad.

c. CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO

Para analizar la respuesta del proceso de velocidad con control proporcional derivativo, se debe ingresar el valor de la ganancia proporcional K_p y el tiempo derivativo T_d en la pantalla de TIPOS DE CONTROL seleccionando el botón (PD). Como se muestra en la tabla 3.7.

Tabla 3.7: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional derivativo del proceso velocidad.

SP [%]	K_p	T_d	PV [%]	Características
50,0	1,0	0,8	23,0±1,0	Inestable
50,0	0,95	0,6	23,0±1,0	Inestable
50,0	0,9	0,5	22,0	Inestable al inicio
50,0	0,85	0,5	22,0	Estable con error

La figura 3.43 muestra la curva de respuesta del control proporcional derivativo con una mínima oscilación hasta que el proceso se estabilice y con error en estado estacionario de 28%, debido a que la variable del proceso no llega al punto de consigna.

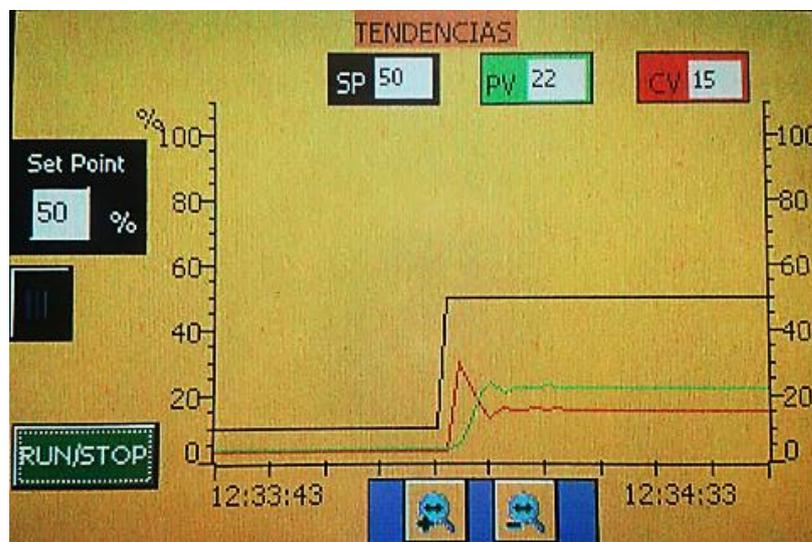


Figura 3.43: Curva de respuesta del control proporcional derivativo con $K_p=0,85$ y $T_d=0,5$.

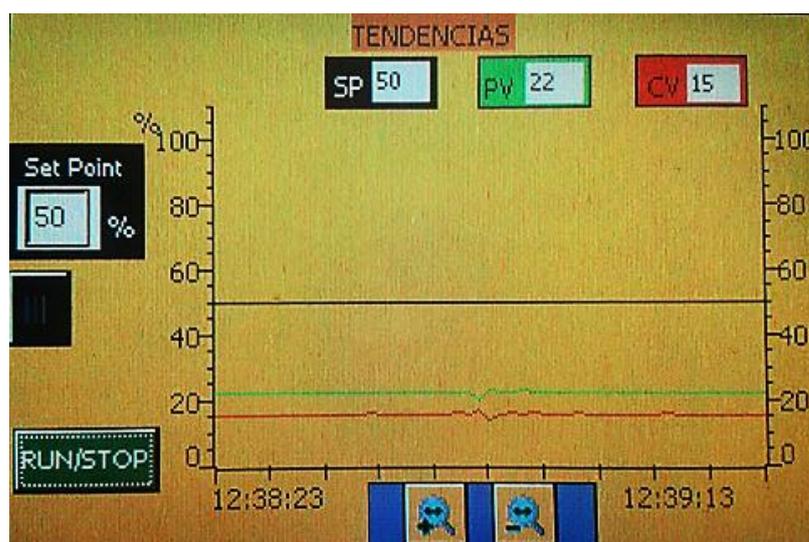


Figura 3.44: Curva de respuesta del control proporcional derivativo ante una perturbación del proceso velocidad.

Al aplicar una perturbación a este tipo de control (figura 3.44), se observa en la curva de respuesta que el proceso tiene una excelente sensibilidad, ya

que corrige rápidamente la perturbación de forma casi invisible para el usuario, pero manteniendo un error en estado estacionario de 28%.

d. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO

Para analizar la respuesta del proceso de velocidad con control proporcional integral derivativo PID, se debe ingresar el valor de la ganancia proporcional K_p , el tiempo integral T_i y el tiempo derivativo T_d en la pantalla de TIPOS DE CONTROL seleccionando el botón (PID). Como se muestra a continuación en la tabla 3.8.

Tabla 3.8: Valores ingresados para la sintonización del control proporcional integral derivativo del proceso velocidad.

SP [%]	K_p	T_i	T_d	PV [%]	Test (seg)	Características
50,0	0,8	2,0	0,2	50,0	20,0	Sobreimpulso
50,0	0,7	2,5	0,3	50,0	15,0	Pequeña oscilación
50,0	0,6	3,0	0,4	50,0	20,0	Mínima oscilación
50,0	0,5	3,0	0,5	50,0	24,0	Estable sin error

La figura 3.45 muestra la curva de respuesta del control proporcional integral derivativo, en la cual se observa un tiempo de estabilización de 24 segundos hasta que la variable de proceso llegue al punto de consigna y permanece constante.

Al aplicar una perturbación a este tipo de control (figura 3.46), se observa en la curva de respuesta que el proceso corrige de forma rápida la perturbación generando una mínima oscilación y eliminando el error en estado estacionario, ya que posee las mejores características de los tres controladores a la vez.

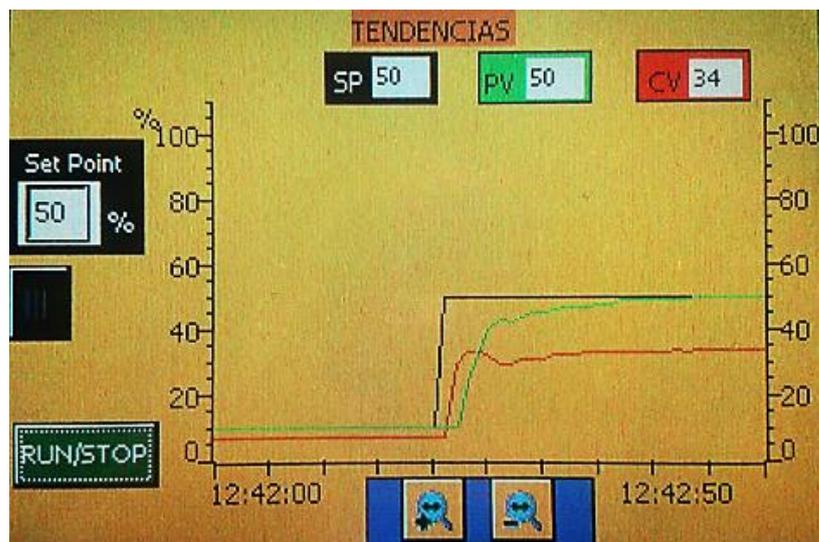


Figura 3.45: Curva de respuesta del control proporcional integral derivativo con $K_p=0,5$, $T_i=3,0$ y $T_d=0,5$.

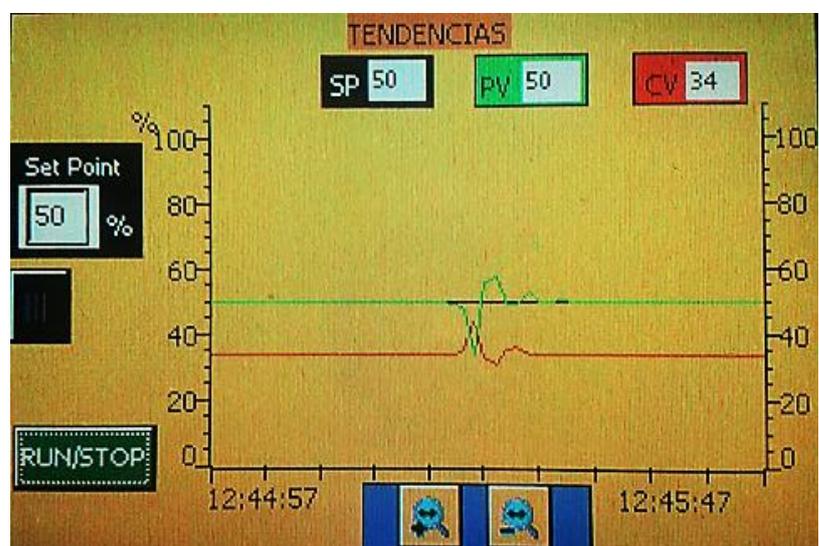


Figura 3.46: Curva de respuesta del control proporcional integral derivativo ante una perturbación del proceso velocidad.

3.5. AVISOS MOSTRADOS EN LA TOUCH PANEL

Para visualizar los avisos que se producen en cada proceso, primero se debe seleccionar el proceso a controlar (figura 3.22), una vez sintonizado dicho proceso se debe ingresar a menú y oprimir el botón HISTÓRICOS, entonces se despliega una pantalla en la cual se puede observar el cambio de inicio/cierre de sesión según el tipo de usuario, el cambio de

encendido/apagado de los procesos, el cambio del set point y las modificaciones de las constantes del controlador PID (figura 3.47).

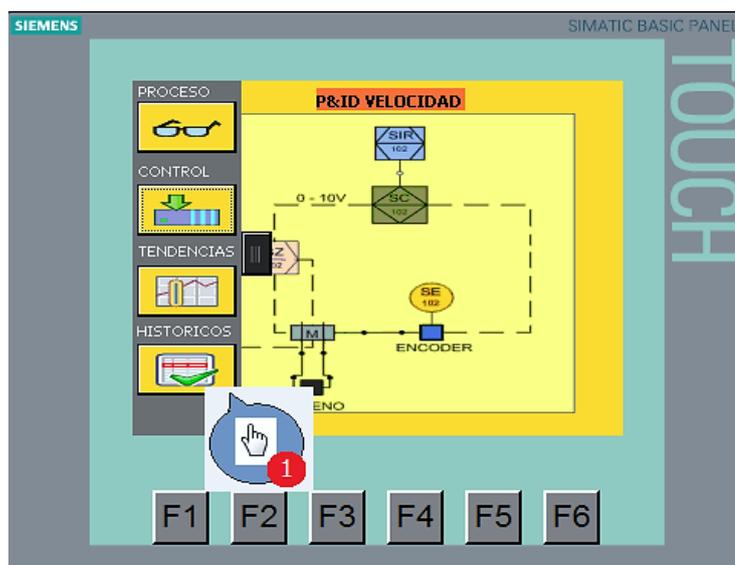


Figura 3.47: Ingreso a la pantalla históricos.

En la figura 3.48 se observa el aviso en la pantalla HISTÓRICOS del cambio de inicio a cierre del usuario ADMINISTRADOR, imagen tomada del proceso de caudal, mientras que la figura 3.49 se observa el aviso del cambio de inicio a cierre del usuario OPERADOR, imagen tomada del proceso de velocidad.



Figura 3.48: Cambio de inicio/cierre de usuario proceso velocidad.

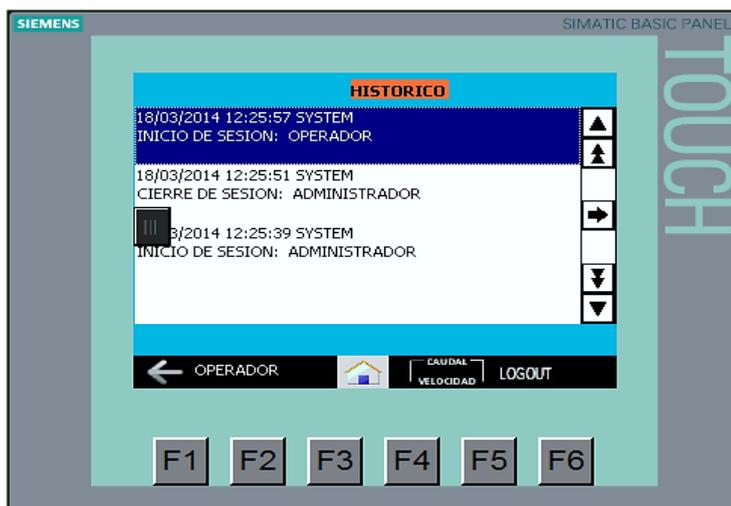


Figura 3.49: Cambio de inicio/cierre de usuario proceso caudal.

Para observar los avisos de cada proceso mostrados en la pantalla HISTÓRICOS se empleó fotografías que fueron tomadas directamente de la TOUCH PANEL KTP600 Basic color PN.

3.5.1. PROCESO DE CAUDAL

En la figura 3.50 se observa el aviso del cambio de encendido/apagado del proceso de caudal. Una vez sintonizado este proceso aplicando los parámetros de la tabla 3.4, se observa en la figura 3.51 el cambio del valor del set point.

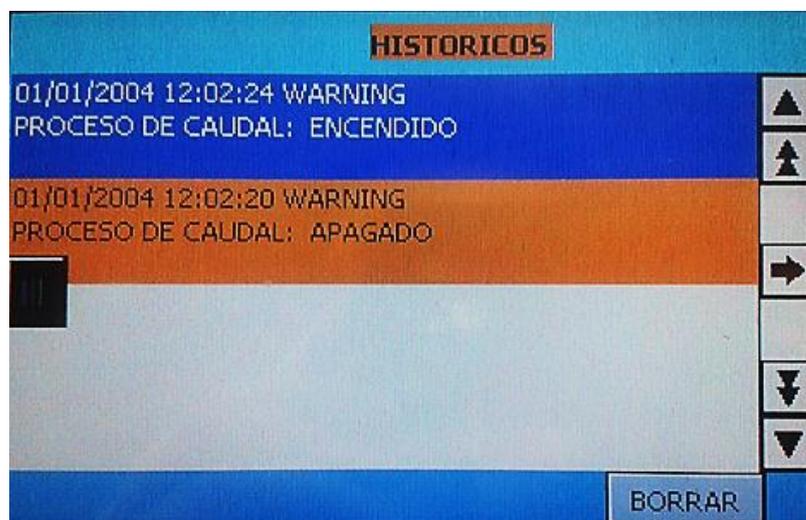
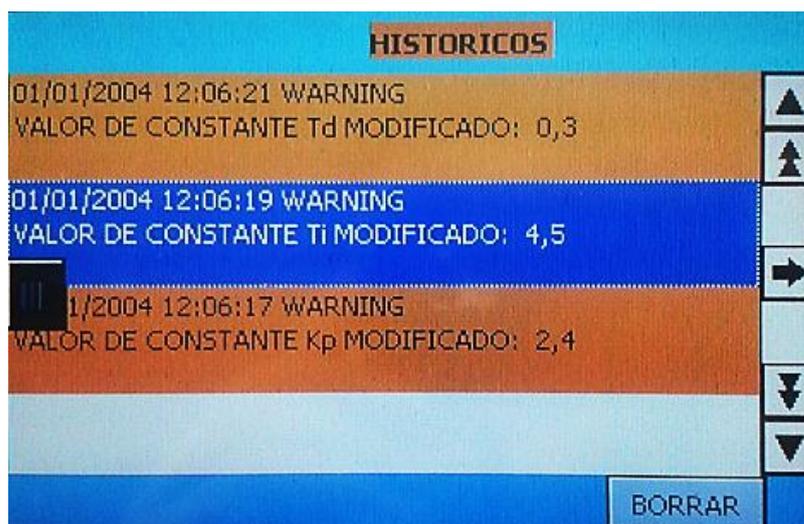


Figura 3.50: Cambio de encendido/apagado del proceso caudal.



Figura 3.51: Cambio del valor de set point del proceso caudal.

En la figura 3.52 se observan los avisos de las modificaciones generadas al cambiar el valor de las constantes; ganancia proporcional K_p , tiempo integral T_i y tiempo derivativo T_d del controlador PID.

Figura 3.52: Modificación de las constantes K_p , T_i , T_d del proceso caudal.

3.5.2. PROCESO DE VELOCIDAD

En la figura 3.53 se observa el aviso del cambio de encendido/apagado del proceso de velocidad. Una vez sintonizado este proceso aplicando los parámetros de la tabla 3.8, se observa en la figura 3.49 el cambio del valor del set point.

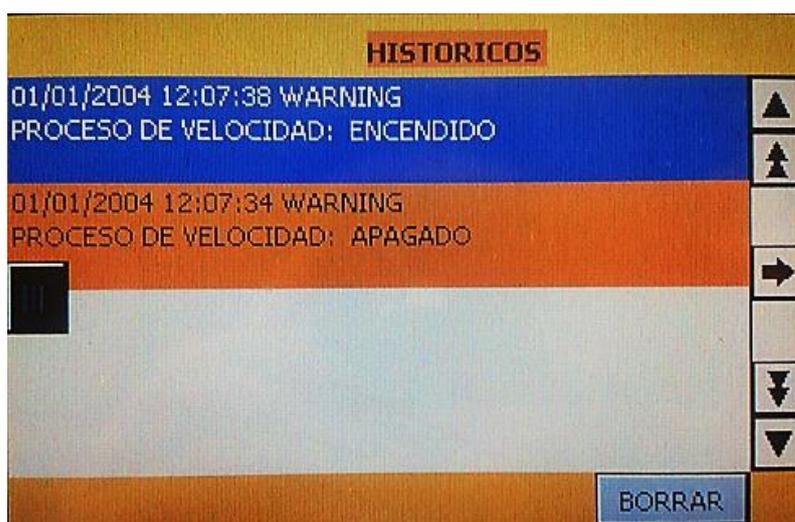


Figura 3.53: Cambio de encendido/apagado del proceso velocidad.



Figura 3.54: Cambio del valor de set point del proceso velocidad.

En la figura 3.55 se observan los avisos de las modificaciones generadas al cambiar el valor de las constantes; ganancia proporcional K_p , tiempo integral T_i y tiempo derivativo T_d del controlador PID.

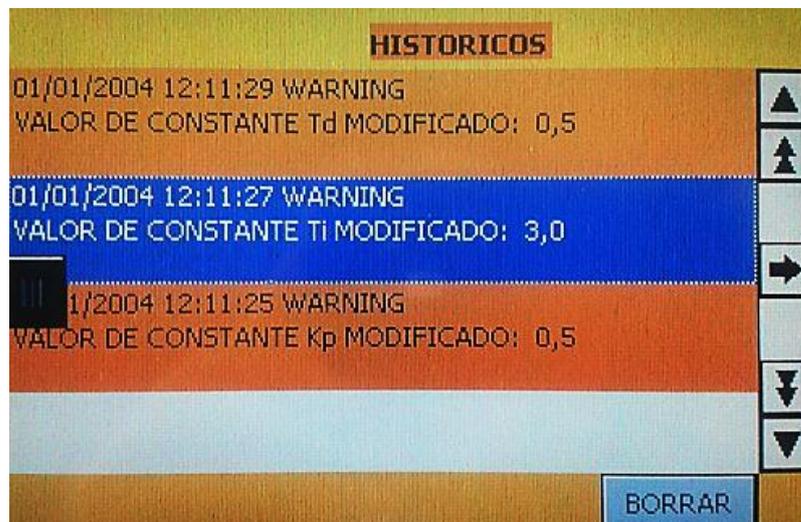


Figura 3.55: Modificación de las constantes K_p , T_i , T_d del proceso velocidad.

3.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

3.6.1. ALCANCES

Durante la implementación, funcionamiento y análisis de resultados del módulo didáctico se pudo observar los alcances generados por cada proceso, los mismos que se detallan a continuación:

a. MÓDULO DIDÁCTICO

- Este módulo permite la visualización del comportamiento de la variable de proceso (PV) para los sistemas de caudal y velocidad de forma independiente y en el momento requerido por los usuarios, sin la necesidad de recurrir a un antiguo registrador de papel, gracias a la TOUCH PANEL.
- Es posible modificar el valor de las constantes K_p , T_i y T_d del controlador, además cambiar el valor del setpoint o activar/desactivar el regulador PID, directamente desde la TOUCH PANEL sin la

necesidad de establecer una comunicación del PLC con un ordenador, esto se lo realiza de forma independiente para cada proceso de caudal y velocidad.

- El variador de frecuencia de cada proceso posee un protocolo USS de comunicación propio de la marca SIEMENS, el cual permite realizar una red de variadores entre los dos procesos.

b. PROCESO DE CAUDAL

- Es posible tener como entrada análoga una señal de voltaje de 1-5V o una señal de corriente de 4-20mA, dependiendo de la posición del interruptor de palanca ubicado en el panel frontal del módulo didáctico.
- Mediante la válvula V-2 la cual se encuentra paralela a la bomba del proceso, se puede evitar la cavitación producida por defecto en las bombas centrífugas.
- Es posible visualizar el flujo de agua que circula por la tubería del proceso mediante un rotámetro el cual está ubicado en forma vertical, paralela al panel frontal.

c. PROCESO DE VELOCIDAD

- Es posible visualizar las salidas del encoder incremental mediante un osciloscopio, con el fin de utilizarlas en aplicaciones que requieran mejor exactitud en la medición de los pulsos por revolución (PPR).
- El indicador de este sistema fue creado digitalmente en la pantalla de proceso que es mostrada por la touch panel, en la cual se puede observar las revoluciones por minuto RPM que son generadas por el encoder incremental, el mismo que esta acoplado al eje del motor asíncrono trifásico.

3.6.2. LIMITACIONES

De la misma manera se pudo observar algunas limitaciones que presenta cada proceso del módulo didáctico, mismas que se detallan a continuación:

a. MÓDULO DIDÁCTICO

- Este módulo no puede trabajar con una alimentación eléctrica monofásica de (110 Vac) ya que no le suministraría la suficiente energía a los variadores de frecuencia para el funcionamiento de la bomba centrífuga y del motor asíncrono trifásico respectivamente.
- Para formar una red industrial con éste módulo didáctico es necesario conectar un switch o agregar módulos de comunicación, puesto que el PLC cuenta solamente con un puerto nativo profinet, además se deberá modificar la programación del controlador.

b. PROCESO DE CAUDAL

- El rotámetro utilizado como indicador en este proceso no es proporcional al caudal que circula por su interior, puesto que al compararlo con el valor indicado en el transmisor, éste presenta un pequeño error de apreciación.
- La velocidad del motor de la bomba centrífuga está limitada de acuerdo a la escala graduada del rotámetro, ya que ésta no puede exceder los 10 GPM.
- Si se cerrara por completo las válvulas V-1, V-3 y V-4 durante un largo tiempo puede causarse un desperfecto en la bomba centrífuga y la tubería del proceso, además si esto ocurriera con la válvula V-2 el flujo de agua no alcanzaría un punto de consigna superior a 4,5 GPM, debido a que el fluido permanece circulante entre la entrada y salida de la bomba.

- La tubería del proceso tiene un diámetro de $\frac{3}{4}$ in en ella se realizaron ciertas modificaciones utilizando reductores, para la instalación del transmisor de flujo de paletas ya que éste tiene un diámetro de $1\frac{1}{4}$ in producto de lo cual el trasmisor entrega una lectura con cierta desviación.

c. PROCESO DE VELOCIDAD

- La velocidad del motor asíncrono trifásico se encuentra limitada por acción del sistema de frenado, ya que la carga aplicada en exceso al eje del motor, provoca cambios bruscos en su velocidad.
- El motor asíncrono trifásico se detiene en forma violenta debido a que éste no posee un torque adecuado al aplicarle una carga sobre su eje, esto produce daños al motor y desperfectos en el funcionamiento del sistema.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Al finalizar el presente proyecto se tienen las siguientes conclusiones:

4.1.1 MÓDULO DIDÁCTICO

- Se ha diseñado e implementado un módulo didáctico que realiza el monitoreo y control automático de dos procesos caudal y velocidad, utilizando los conocimientos adquiridos durante la formación académica como profesionales de la carrera, permitiendo tener una visión general de la estructura y de las etapas que intervienen en cada proceso industrial.
- El desarrollo de este módulo didáctico complementa la formación académica de los futuros profesionales, permitiéndoles fomentar sus conocimientos de una forma más práctica puesto que los procesos caudal y velocidad, permiten familiarizarse con el control y automatización industrial mediante tecnología actual.
- Se creó el módulo didáctico con el fin de utilizarlo como herramienta didáctica en el laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, ya que al elaborar una guía de prácticas y a través del trabajo dirigido se permitirá proporcionar conocimientos complementarios para el desenvolvimiento de los estudiantes en el campo laboral.
- Los campos de la ingeniería como Control de Procesos, Sistemas SCADA, Instrumentación Industrial y Redes Digitales Industriales, fueron necesarios para el desarrollo e implementación de este módulo didáctico, debido a que los conocimientos adquiridos en estas áreas se encuentran estrechamente relacionados con el sector industrial.

- Puesto que el presente módulo didáctico consta de dos procesos industriales con tecnología moderna, se puede decir que éste equivale a los beneficios generados por dos módulos didácticos diferentes, además existe un ahorro económico sustancial al compararlo con los módulos que se encuentran en el laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos.
- La herramienta de software TIA (Totally Integrated Automation) Portal permitió realizar la configuración, administración y programación del PLC S7-1200 y la TOUCH PANEL KTP600, bajo un mismo entorno fácil y de una manera intuitiva con lo cual se pudo comprobar la flexibilidad del mismo.
- La comunicación entre el PLC S7-1200 y la TOUCH PANEL KTP600 se facilitó debido a que ambos dispositivos pertenecen a la misma marca, en este caso SIEMENS, ya que poseen un puerto de comunicación PROFINET cada uno.
- El HMI cumple con las funciones de monitoreo, control y supervisión de cada proceso, el cual brinda un entorno amigable y eficiente puesto que a través del mismo se puede ingresar parámetros de control, cambiar el punto de consigna, visualizar gráficas de tendencias e históricos que se presentan en los cambios que se realicen en cada proceso, el cual se lo visualiza en la TOUCH PANEL KTP600.
- El PLC S7-1200 CPU-1212C permitió realizar eficazmente los distintos modos de control de los dos procesos caudal y velocidad, ya que en este controlador se puede configurar y manipular hasta 32 lazos de control en forma secuencial, además el controlador permite realizar un modo de control específico con solo anular las acciones reguladoras de determinados términos en su algoritmo de control.
- Al comparar las gráficas de tendencias de los dos procesos se observó que el tiempo de estabilización del proceso de caudal es menor que el de velocidad, pudiendo concluir con esto que el proceso de caudal es el más rápido.

4.1.2 PROCESO DE CAUDAL

- El variador de frecuencia MICROMASTER 440 actúa como elemento de control final en este proceso, ya que refleja la señal de control enviada desde el PLC en forma proporcional al mismo, además éste permite reducir el desgaste de la bomba centrífuga en su arranque y el consumo energético de la misma.
- La válvula V-2 que se encuentra paralela a la bomba centrífuga evita el efecto de la cavitación en la misma, puesto que al estar abierta permite que el agua recircule por la bomba, evitando un efecto de vacío en el interior de ésta con el fin de reducir la formación de pequeñas burbujas de vapor.
- El transmisor utilizado en este proceso brinda la facilidad de ajustar su rango de medición por medio de los botones y la pantalla destinados para este propósito, además se utilizó las opciones de promediado y sensibilidad del mismo, con el fin de obtener una estabilización en la medición del caudal.
- Se comprobó que este proceso funciona correctamente con un control Proporcional-Integral (PI), debido que se trata de un proceso rápido se requiere de una pequeña ganancia proporcional y de un tiempo integral (Ti) mayor, pues presenta un error en estado estacionario considerable, este proceso no necesita un tiempo derivativo (Td) alto, ya que éste puede ser obviado si el proceso no está expuesto constantemente a perturbaciones.

4.1.3. PROCESO DE VELOCIDAD

- El variador de frecuencia MICROMASTER 440 actúa como elemento de control final en este proceso, ya que refleja la señal de control enviada desde el PLC en forma proporcional al mismo, además éste permite reducir el desgaste del motor asíncrono trifásico en su arranque y el consumo energético del mismo.

- El acople realizado entre el eje del motor asíncrono trifásico y el encoder incremental refleja la estabilidad de estos dispositivos, de tal manera que al funcionar el motor en su velocidad nominal los datos adquiridos por el encoder no presentan una desviación significativa en la medición de la frecuencia.
- Se comprobó que el motor utilizado en este proceso sirve para aplicaciones netamente de estudio ya que no posee un torque adecuado en su funcionamiento, además al aplicarle una carga considerable no responde de forma adecuada por lo que el sistema de frenado no trabaja en su totalidad.
- Se pudo comprobar que este proceso funciona correctamente con un control Proporcional-Integral-Derivativo (PID), ya que al tratarse de un proceso rápido se requiere de una mínima ganancia proporcional y de un tiempo integral (T_i) mayor, pues presenta un error en estado estacionario considerable, este proceso tiene además un tiempo derivativo (T_d) mínimo, con el fin de evitar cambios bruscos de la variable de proceso reduciendo oscilaciones y disminuyendo el tiempo de estabilización.

4.2. RECOMENDACIONES

- Antes de empezar a manipular el módulo didáctico se debe leer y entender la información dispuesta en la guía de prácticas, con el fin de manejar todos los recursos del proyecto implementado y evitar un mal funcionamiento o daños graves al módulo.
- Se recomienda realizar las instalaciones eléctricas adecuadas para el buen funcionamiento del módulo didáctico, en el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos ya que es necesario una conexión a tierra para proteger tanto al operador del módulo como a los equipos que conforman el mismo.
- Luego de encender la red de cada proceso se debe esperar 10 segundos para encender el interruptor de bomba o motor respectivamente, debido a que el variador de frecuencia de cada proceso demora ese tiempo en iniciar y reconocer sus entradas.
- Se debería leer el manual técnico de posibles fallas y soluciones cuando el módulo didáctico o los procesos no respondan adecuadamente.
- Se recomienda revisar el nivel de agua que se encuentra en el tanque de almacenamiento del proceso de caudal, con el fin de tener un correcto funcionamiento del proceso, además se debería realizar cambios ocasionales del agua de este proceso ya que podría llenarse de impurezas y estas puedan ocasionar daños a los dispositivos que conforman el mismo.
- Se recomienda tener cuidado en la manipulación del sistema de frenado del proceso de velocidad, ya que el eje del motor se encuentra girando y esto puede causar daños al operador al estar expuesto al medio ambiente.
- En caso que se desee modificar la programación del PLC, se debe tener en cuenta que las variables creadas están enlazadas con los objetos creados en el HMI de la TOUCH PANEL, por lo que se puede crear un error en la compatibilidad de estos equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- CREUS Solé, A. (1998). *Instrumentación Industrial*. México DF: Alfaomega.
- DELTA ELECTRONICS. (2007). *Manual de Encoders*.
- DOEBELIN, E. (1983). *Measurement Systems*, New York: Mc Graw Hill.
- ENRIQUEZ, H. (2004). *El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales*. México DF: Limusa.
- GEORG FISCHER Signet LLC. (2013).
- MORRIS, A. (2002). *Principios de medición e instrumentación*. México DF: Pearson Education.
- OGATA, K. (1978). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid, España: Prentice Hall.
- SIEMENS International. (2013). *Manual del sistema de automatización S7-1200*.
- UTILITES SUPPLY Co. (2011). *Manual del transmisor de flujo*.

NETGRAFÍA

- ALFARO , V. (2002). *UNIVERSIDAD DE COSTA RICA*. Obtenido de http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/documentos/pub_inv/articulos/valfaro02B.pdf
- AMAYA, OÑATE. (2011). *Repositorio Digital ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4035/1/T-ESPEL-0797.pdf>
- ARÁNTGUI, J. (2010). *Universitat de Lleida*. Obtenido de http://web.udl.es/usuaris/w3511782/Control_de_procesos/Unidades_files/apuntes_10-11.pdf
- CATEDU. (2012). *Centro Aragonés de Tecnologías para la Educación*. Obtenido de www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf
- CONRAD. (2012). *Centro de descargas Conrad*. Obtenido de http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/500000-524999/514345-da-01-es-SIEMENS_LOGO_POWER_24_V_2_5_A.pdf
- DELTA ELECTRONICS. (2007). *Lubi Electronics*. Obtenido de http://www.lubielectronics.com/admin/uploads/Encoder_catalouge_en.pdf
- DISA. (2010). *Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática*. Obtenido de http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/ftp/material_asignaturas/Ing_Sistemas_I/Transparencias%20de%20Clase/Tema%2006%20-%20Acciones%20B%20E1sicas%20de%20Control.pdf
- ELTRA. (2010). *Universidad Interamericana de Puerto Rico*. Obtenido de <http://facultad.bayamon.inter.edu/arincon/encoderIncrementales.pdf>

- GEORG FISCHER Signet LLC. (2013). Obtenido de
http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&ved=0CDIQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.gfps.com%2Fappgate%2Fecat%2Fcommon_flow%2F100005%2FBR%2Fen%2F4459%2Fdownload%2Fdocument.html&ei=VFu9UuadEpTRkQeT-oCwBQ&usg=AFQjCNEhqPUG1DivmZrSAsu
- IDENTI. (2012). *TUS DESCARGAS SIN LIMITES*. Obtenido de
<http://www.identi.li/index.php?topic=104089#sthash.XkZkvkrg.dpuf>
- ITESCAM. (2010). *Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche*. Obtenido de
<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r73348.PDF>
- LÓPEZ, S. (2009). *SINTONIA DE REGULADORES PID*. Obtenido de
<http://web.usal.es/~sebas/PRACTICAS/PRACTICA%207.pdf>
- NIKRON. (2006). *Nikron sudamericana S.A*. Obtenido de
<http://www.nikron.com.ar/automacion/media/8550-1spa.pdf>
- POLO, R. (2008). *Repositorio Digital ESPE*. Obtenido de
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/506/1/T-ESPE-019530.pdf>
- SENNINGER. (2012). *Senninger Irrigation Inc*. Obtenido de
<http://www.senninger.com/wordpress/wp-content/uploads/2013/04/Senninger-Rotor-X-8510-Manual-Spanish.pdf>
- SEVILLANO, F. (2011). *Portal de Ingenieros Españoles*. Obtenido de
http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores_de_frecuencia.pdf
- SIEMENS AG. (2009). *Industry Automation*. Obtenido de
<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Documents/HMI%20KTPs.pdf>
- SIEMENS AG. (2009). *Industry Automation*. Obtenido de
<http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- SIEMENS International. (2001). *Equipo Comercial Hispanofil*. Obtenido de
http://www.hispanofil.es/hf_doc_tecnica/mat_industrial/industria/siemens/siemens_03.pdf

- SIEMENS International. (2001). *Totally Integrated Automation*. Obtenido de http://cache.automation.siemens.com/dnl/jk/jkzMTEyOQAA_11887362_HB/MM440_PList_Span_B1.pdf
- SIEMENS International. (2013). *Industry Automation and Drive Technologies*. Obtenido de <http://www.simatec.ir/uploads/files/HMI%20KTP600%20Basic%20color.pdf>
- UDLAP. (2008). *Universidad de las Américas Puebla*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/nunez_e_f/capitulo1.pdf
- UTILITES SUPPLY Co. (2011). *Webb USCO Industrial Plastic Fluid Handling*. Obtenido de <http://products.uscosupply.com/viewitems/gories-flowmeters-process-controls-gf-signet-flow-/8550-flow-transmitter>.
- UTN. (2012). *Universidad Tecnológica Nacional*. Obtenido de http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planestudio/quintonivel/electronicall/apuntes/variadores_de_frecuencia.pdf
- WEST México. (2009). *West Instruments de México*. Obtenido de <http://www.westmexico.com.mx/pfd/dynapar/catalogos/4.-Manual%20de%20Aplicacion%20de%20Encoders.pdf>

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Glosario de Términos

ANEXO B: Hojas de Especificaciones Técnicas

ANEXO C: Programación

ANEXO D: Manual Técnico de Posibles Fallas y Soluciones

ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

ALARMA. Expresa una situación anormal que puede causar importantes incidentes y pérdidas de producción, y en casos extremos de vidas.

AUTOCROSSING. Es una función de los puertos RJ45 en la cual no es necesario diferenciar entre cables directos y cables cruzados.

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

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

AC. Abreviatura de corriente alterna.

B

BLOQUE DE ORGANIZACIÓN. Los bloques de organización constituyen el interface entre el sistema operativo y el programa de usuario, determinan la secuencia (eventos de arranque) en la que habrán que ejecutarse las diferentes partes del programa.

BOP. (Basic Operator Panel) Panel de operador Básico.

C

CAUDAL. En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que avanza 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.

CONTROL AUTOMÁTICO. El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

CONTROL MANUAL. Es el control en donde existe la presencia y la intervención de una persona en la acción de controlar y regular el comportamiento del sistema.

CONTROLADOR. Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.

D

DISPOSITIVO. Es un aparato o mecanismo que desarrolla determinadas acciones.

E

ELEMENTO FINAL DE CONTROL. Es un mecanismo que altera la variable manipulada en respuesta a una señal de salida desde el dispositivo de control automático.

ERROR. Diferencia entre el punto de consigna y la variable controlada.

ESCALABILIDAD. Es la capacidad de adaptación y respuesta de un sistema con respecto al rendimiento del mismo a medida que aumentan de forma significativa el número de usuarios del mismo.

ETHERNET. Es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD).

F

FLEXIBILIDAD. Hace referencia a establecer en qué medida el programa es susceptible de ser cambiado.

G

GPM. (Galones por minuto) es una unidad de caudal.

H

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

HSC. (High Speed Counters) contadores rápidos. Es un módulo de hardware independiente de la CPU, capaz de contar pulsos de eventos externos que se ejecutan más a prisa de lo que puede controlarlos el ciclo normal de la CPU.

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.

M

MODOS DE CONTROL. Son los modos con los que cuenta un controlador para efectuar la acción de control.

P

PANEL DE OPERADOR. Es un equipo basado en hardware industrial que permite la interacción entre el operador y el proceso o máquina. Cuenta con una pantalla y teclado o touchscreen para llevar a cabo el diálogo entre operador y máquina.

PERTURBACION. Cualquier señal de entrada que ocasione la desviación de la variable controlada del punto de consigna.

PID. Acción de control Proporcional-Integral-Derivativo.

PLC. (Programmable Logic Controller) Controlador Lógico Programable.

PRECISIÓN. Es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio.

PROCESO. Es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que, al interactuar, transforman elementos de entrada y los convierten en resultados.

PROFIBUS. Es un estándar de comunicaciones para bus de campo. Deriva de las palabras PROcess Field BUS.

PROFINET. Es el estándar Ethernet abierto que cumple las especificaciones para la automatización industrial. PROFINET permite conectar equipos desde el nivel del campo (PICS y otros dispositivos) hasta el nivel de gestión (sistemas informáticos e internet).

PROTOCOLO. Es un conjunto de reglas y normas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellos para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física.

R

RACK. Es un soporte metálico destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones.

REGISTRADOR. Es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación a la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente. Casi todos están basados en microcontroladores.

RETROALIMENTACIÓN. Es un mecanismo de control de los sistemas dinámicos por el cual una cierta proporción de la señal de salida se dirige a la entrada, y así regula su comportamiento.

RPM. (Revoluciones por minuto) una unidad de frecuencia que se usa también para expresar velocidad angular.

RUNTIME. Es el intervalo de tiempo en el que un programa de computadora se ejecuta en un sistema operativo.

S

SENSIBILIDAD. Es la razón entre la respuesta en la salida a un estímulo en la entrada.

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

SET POINT. Es la señal de entrada que especifica al sistema de control el valor deseado de la variable controlada.

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.

T

TRANSMISOR. Es un instrumento que capta la variable en proceso y la transmite a distancia a un instrumento indicador o controlador.

TIA. (Totally Integrated Automation) es un sistema de ingeniería para todas las tareas de automatización de Siemens.

TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN. Tiempo que tarda la respuesta en alcanzar y mantenerse en un rango alrededor del valor final establecido en $\pm 5\%$.

U

USS. Es un protocolo de transmisión en serie sencillo, diseñado y elaborado por la firma Siemens AG para cubrir las exigencias en la técnica de accionamientos.

V

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

ANEXO B

HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SIMATIC S7-1200 CPU 1212C

1

Sinopsis del producto

1.1 Introducción al PLC S7-1200

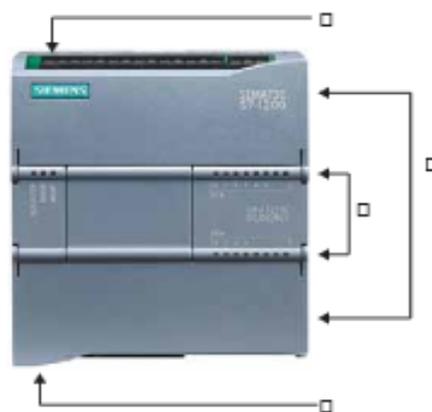
El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta 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 contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.
- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico. Encontrará más detalles en el capítulo "[Principios básicos de programación](#)" (Página [99](#)).

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232.



- ① Conector de corriente
- ② Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- ③ Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior)
- ④ LEDs de estado para las E/S integradas
- ⑤ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones. Para más información sobre una CPU en particular, consulte los [datos técnicos](#) (Página [319](#)).

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 76		110 x 100 x 76
Memoria de usuario			
• Memoria de trabajo	• 26 KB		• 60 KB
• Memoria de carga	• 1 MB		• 2 MB
• Memoria remanente	• 2 KB		• 2 KB
E/S integradas locales			
• Digitales	• 6 entradas/4 salidas	• 8 entradas/6 salidas	• 14 entradas/10 salidas
• Analógicas	• 2 entradas	• 2 entradas	• 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) / 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
• Fase simple	• 3 a 100 kHz	• 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz	• 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
• Fase en cuadratura	• 3 a 80 kHz	• 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz	• 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

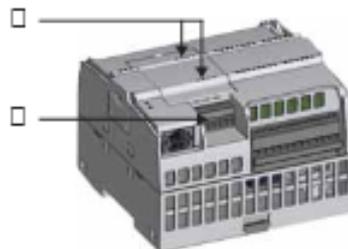
La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y Signal Boards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación. Para más información sobre un módulo en particular, consulte los [datos técnicos](#) (Página 319).

Módulo		Sólo entradas	Sólo salidas	Entradas y salidas
Módulo de señales (SM)	Digital	8 entradas DC	8 salidas DC 8 salidas de relé	8 entradas DC/8 salidas DC 8 entradas DC/8 salidas de relé
		16 entradas DC	16 salidas DC 16 salidas de relé	16 entradas DC/16 salidas DC 16 entradas DC/16 salidas de relé
	Analógico	4 entradas analógicas 8 entradas analógicas	2 salidas analógicas 4 salidas analógicas	4 entradas analógicas/2 salidas analógicas
Signal Board (SB)	Digital	-	-	2 entradas DC/2 salidas DC
	Analógico	-	1 salida analógica	-
Módulo de comunicación (CM)				
<ul style="list-style-type: none"> • RS485 • RS232 				

1.2 Signal Boards

Una Signal Board (SB) permite agregar E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.

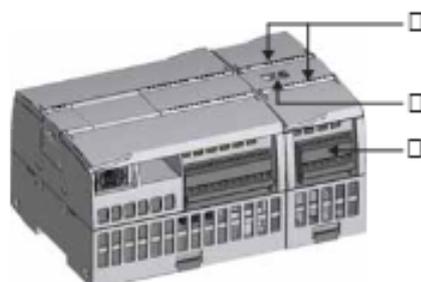
- SB con 4 E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- SB con 1 entrada analógica



- ① LEDs de estado en la SB
- ② Conector extraíble para el cableado de usuario

1.3 Módulos de señales

Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU.

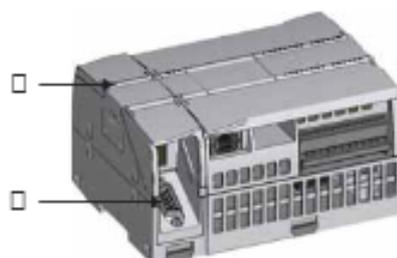


- ① LEDs de estado para las E/S del módulo de señales
- ② Conector de bus
- ③ Conector extraíble para el cableado de usuario

1.4 Módulos de comunicación

La gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación, a saber: RS232 y RS485.

- La CPU soporta como máximo 3 módulos de comunicación
- Todo CM se conecta en lado izquierdo de la CPU (o en lado izquierdo de otro CM)



- ① LEDs de estado del módulo de comunicación
- ② Conector de comunicación

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 Descargas electrostáticas	Descarga en el aire de 8 kV en todas las superficies Descarga en contactos de 6 kV en las superficies conductoras expuestas
EN 61000-4-3 Campos electromagnéticos radiados	80 a 1000 MHz, 10 V/m, 80% AM a 1 kHz 1-4 a 2,0 GHz, 3 V/m, 80% AM a 1 kHz 2,0 a 2,7 GHz, 1 V/m, 80% AM a 1 kHz
EN 61000-4-4 Transitorios eléctricos rápidos	2 kV, 6 kHz con red de conexión a la alimentación AC y DC 2 kV, 6 kHz con borne de conexión a las E/S
EN 61000-4-5 Inmunidad a ondas de choque	Sistemas AC - 2 kV en modo común, 1kV en modo diferencial Sistemas DC - 2 kV en modo común, 1kV en modo diferencial Para los sistemas DC (señales E/S, sistemas de alimentación DC) se requiere protección externa.
EN 61000-4-6 Perturbaciones conducidas	150 kHz a 80 MHz, 10 V RMS, 80% AM a 1kHz
EN 61000-4-11 Inmunidad a cortes e interrupciones breves	Sistemas AC 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 EN 66011, clase A, grupo 1 0,15 MHz a 0,5 MHz 0,6 MHz a 6 MHz 6 MHz a 30 MHz	<79dB (µV) casi cresta; <66 dB (µV) valor medio <73dB (µV) casi cresta; <60 dB (µV) valor medio <73dB (µV) casi cresta; <60 dB (µV) valor medio
Emisiones radiadas EN 66011, clase A, grupo 1 30 MHz a 230 MHz 230 MHz a 1 GHz	<40dB (µV/m) casi cresta; medida a 10m <47dB (µV/m) casi cresta; medida a 10m

Condiciones ambientales

Condiciones ambientales - Transporte y almacenamiento	
EN 60068-2-2, ensayo Eb, calor seco / EN 60068-2-1, ensayo Ab, frío	-40° C a +70° C
EN 60068230, ensayo Dd, calor húmedo	25° C a 65° 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, 6 veces, embalado para embarque
Presión atmosférica	1080 a 660h Pa (equivalente a una altitud de -1000 a 3500m)

Condiciones ambientales - Funcionamiento	
Rango de temperatura ambiente (aire de entrada 25 mm bajo la unidad)	0° C a 65° C en montaje horizontal 0° C a 45° C en montaje vertical 95% de humedad no condensante
Presión atmosférica	1080 to 796 hPa (equivalente a una altitud de -1000 a 2000m)
Concentración de contaminantes	SO ₂ : < 0,6 ppm; H ₂ S: < 0,1 ppm; RH < 60% no condensante
EN 60068214, ensayo Nb, cambio de temperatura	5° C a 65° 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: 3,6 mm de 6 a 9 Hz, 1G de 9 a 160 Hz Montaje en panel: 7,0 mm de 6 a 9 Hz, 2G de 9 a 160 Hz 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)/1960 V DC (ensayo de tipo)
Circuitos de 115/230 V a circuitos de 115/230 V	1.500 V AC (ensayo de rutina)/1960 V DC (ensayo de tipo)
Circuitos de 115 V/230V a circuitos de 24 V/5 V	1.500 V AC (ensayo de rutina)/3260 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 60529
- 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.

Tensiones nominales

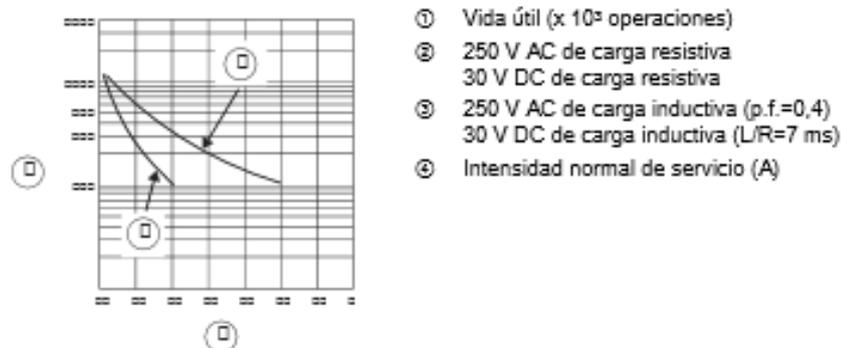
Tensión nominal	Tolerancia
24 V DC	20,4 V DC a 28,8 V DC
120/230 V AC	86 V AC a 264 V AC, 47 a 63 Hz

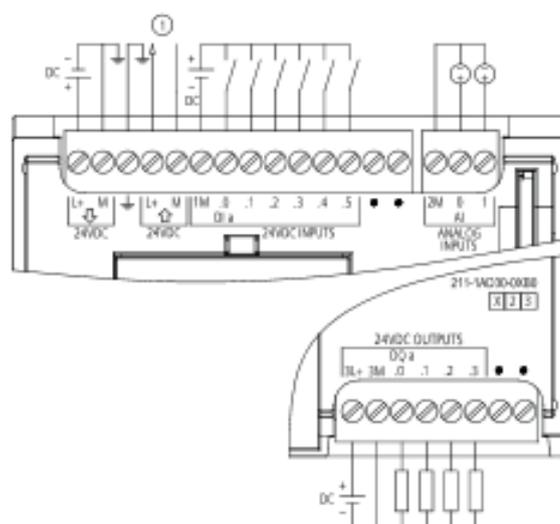
ATENCIÓN

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. 50 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.





Ⓢ Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-3 CPU 1211C DC/DC/DC (6ES7 211-1AD30-0XB0)

A.2.2 Datos técnicos de la CPU 1212C

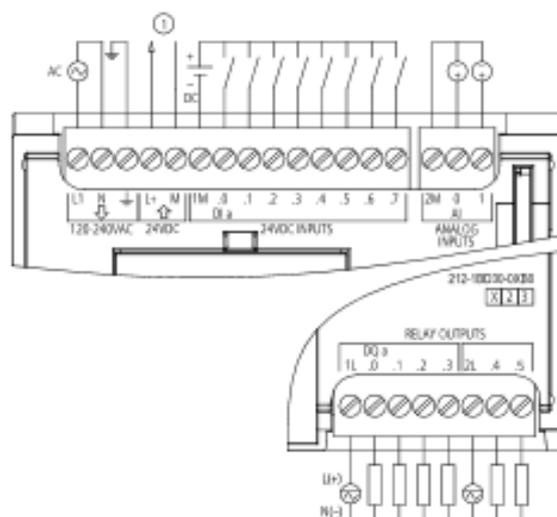
Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 212-1BD30-0XB0	6ES7 212-1HD30-0XB0	6ES7 212-1AD30-0XB0
General			
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 76		
Peso	426 gramos	386 gramos	370 gramos
Disipación de potencia	11 W	9 W	
Intensidad disponible (SM \neq bus CM)	1000 mA.máx. (6 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA.máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada		
Características de la CPU			
Memoria de usuario	25 KB de memoria de trabajo / 1 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente		
E/S digitales integradas	8 entradas/6 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)	4096 bytes		
Ampliación con módulos de señales	2 SIMs máx.		

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Ampliación con Signal Boards	1 SB máx.		
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.		
Contadores rápidos	4 en total Fase simple: 3 a 100 kHz / 1 a 30 kHz de frecuencia de reloj Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz / 1 a 20 kHz de frecuencia de reloj		
Salidas de impulsos	2		
Entradas de captura de impulsos	8		
Alarmas de retardo/cíclicas	4 en total con resolución de 1 ms		
Alarmas de flanco	8 ascendentes / 8 descendentes (12 / 12 con Signal Board opcional)		
Memorí Card	SIMATIC Memorí Card (opcional)		
Precisión del reloj en tiempo real	+/- 60 segundos/mes		
Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real	10 días típ./6 días mín. a 40°C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)		
Rendimiento			
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		
Comunicación			
Número de puertos	1		
Tipo	Ethernet		
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> • 3 para HMI • 1 para la programadora • 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario • 3 para CPU a CPU 		
Transferencia de datos	10/100 Mb/s		
Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1600 V DC		
Tipo de cable	CAT6e apantallado		
Fuente de alimentación			
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.	80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC	400 mA a 24 V DC	
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC	1200 mA a 24 V DC	
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1600 V AC	Sin aislamiento	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,6 mA máx.	-	

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Tiempo de mantenimiento (pérdida de potencia)	20 ms a 120 V AC 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		
Alimentación de sensores			
Rango de tensión	20,4 a 28,8 V DC	L+ menos 4 V DC mín.	
Intensidad de salida nominal (máx.)	300 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		
Entradas digitales			
Número de entradas	8		
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 0,6 seg.		
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA		
Señal 0 lógica (máx.)	6 V DC a 1 mA		
Aislamiento (campo a lógica)	600 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 = 16 a 26 V DC)	Fase simple: 100 KHz (la.0 a la.6) y 30 KHz (la.6 a la.7) Fase en cuadratura: 80 KHz (la.0 a la.6) y 20 KHz (la.6 a la.7)		
Número de entradas ON simultáneamente	8		
Longitud de cable (metros)	600 apantallado, 300 no apantallado, 50 apantallado para entradas HSC		
Entradas analógicas			
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 sobreimpulso (palabra de datos)	27.649 a 32.611 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión (Página 346))		
Desbordamiento (palabra de datos)	32.612 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 paso en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (Página 346))		

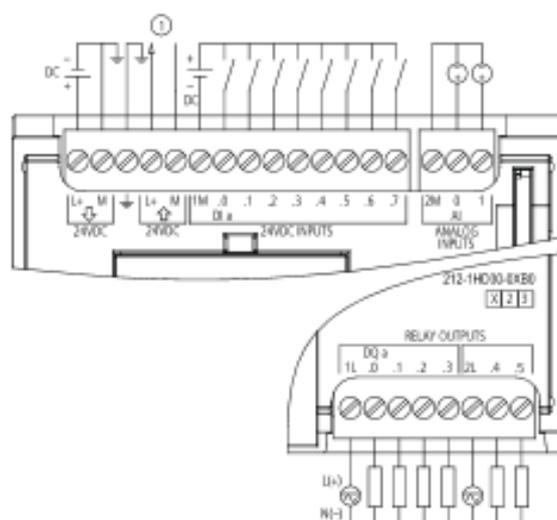
Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Rechazo de interferencias	10, 60 ó 60 Hz (consulte las frecuencias de muestreo en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (Página 346))		
Impedancia	≥100 KΩ		
Aislamiento (campo a lógica)	Ninguno		
Precisión (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		
Salidas digitales			
Número de salidas	6		
Tipo	Relé, contacto seco		Estado sólido - MOSFET
Rango de tensión	5 a 30 V DC ó 5 a 260 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		0,6 A
Carga de lámparas	30 W DC/200 W AC		6 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)	1600 V AC durante 1 minuto (bobina a contacto) Ninguno (bobina a lógica)		600 V AC durante 1 minuto
Resistencia de aislamiento	100 MΩ mín. si son nuevas		--
Aislamiento entre contactos abiertos	760 V AC durante 1 minuto		--
Grupos de aislamiento	2		1
Tensión de bloqueo inductiva	--		L+ menos 48 V DC, disipación de 1 W
Retardo de conmutación (Qa.0 a Qa.3)	10 ms máx.		1,0 µs máx., OFF a ON 3,0 µs máx., ON a OFF
Retardo de conmutación (Qa.4 a Qa.6)	10 ms máx.		60 µs máx., OFF a ON 200 µs máx., ON a OFF
Frecuencia de tren de impulsos (Qa.0 y Qa.2)	No recomendado		100 KHz máx., 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	6		
Longitud de cable (metros)	600 apantallado, 160 no apantallado		

Diagramas de cableado



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-4 CPU 1212C AC/DC relé (6ES7 212-1BD30-0XB0)



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-5 CPU 1212C DC/DC relé (6ES7 212-1HD30-0XB0)

Sinopsis

1.1 Descripción del producto

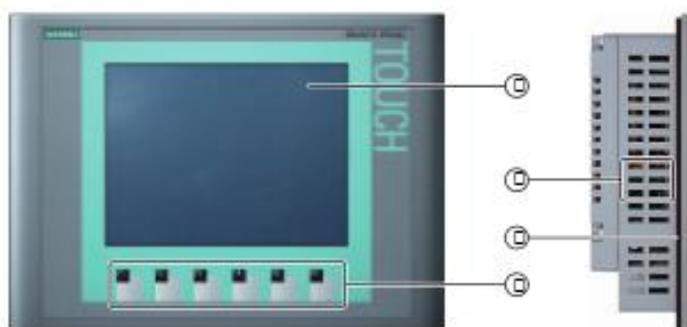
Centrados en lo esencial - los nuevos Basic Panels

Hoy en día, la mayoría de las máquinas ofrecen la visualización de forma estándar. Especialmente en las máquinas de menor tamaño y en las aplicaciones sencillas el factor coste juega un papel decisivo. Para las aplicaciones básicas se consideran totalmente suficientes los paneles de operador con funciones básicas.

Estas exigencias son justo las que queremos satisfacer... con nuestros nuevos SIMATIC Basic Panels. Centrados en lo esencial, los paneles de operador de los Basic Panels ofrecen justo la funcionalidad básica deseada y a un precio óptimo. Una perfecta relación rendimiento/precio.

Al igual que todos los equipos de nuestra gama de productos, los nuevos Basic Panels se basan en la acreditada calidad SIMATIC e, independientemente del tamaño de su display, ofrecen de forma estándar numerosas funciones de software, a saber: sistema de avisos, administración de recetas, funcionalidad de curvas y cambio de idioma. Los usuarios se benefician así de las ventajas de la visualización así como de una calidad del proceso mejorada.

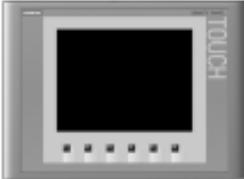
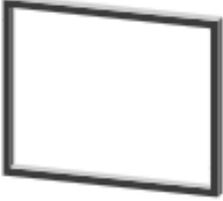
1.4 Componentes del KTP600 PN Basic



- | | |
|---|---|
| ① Display/Pantalla táctil | ⑦ Conexión para la fuente de alimentación |
| ② Escotaduras para las mordazas de fijación | ⑧ Placa de características |
| ③ Junta de montaje | ⑨ Nombre del puerto |
| ④ Teclas de función | ⑩ Guía para las tiras rotulables |
| ⑤ Interfaz PROFINET | ⑪ Conexión para tierra funcional |

1.8 Volumen de suministro

El volumen de suministro del panel de operador incluye los siguientes componentes:

Nombre	Figura	Cantidad	
Panel de operador		1	
Instrucciones de instalación		1	
Junta de montaje		1 Incluye sin pegar en el KTP 600, pegada en todos los demás paneles.	
Mordzas de fijación con espárragos		5	KTP400 Basic
		6	KTP600 Basic
		12	KTP1000 Basic
		14	TP1600 Basic
Borne de conexión a red		1	

8.5 Datos sobre los ensayos de aislamiento, clase y grado de protección

Tensiones de ensayo

La resistencia al aislamiento ha sido demostrada en un ensayo rutinario con las siguientes tensiones según IEC 61131-2:

Circuitos eléctricos con una tensión nominal U_n o otros circuitos y tierra	Tensión de ensayo
< 50 V	500 V DC

Clase de protección

Clase de protección I según IEC 60536, es decir, el conductor de protección debe conectarse al perfil soporte.

Protección contra impurezas y agua

Grado de protección según IEC 60629	Significado
Parte frontal	Montado: <ul style="list-style-type: none"> • IP66 • Enclosure tipo 4X/tipo 12 (indoor use only)
Lado posterior	IP20 Protección al contacto con dedos de ensayo estándar. El equipo no está protegido contra la penetración de agua.

Los grados de protección de la parte frontal sólo pueden garantizarse si la junta de montaje tiene perfecto contacto con el recorte de montaje. Tenga en cuenta las indicaciones al respecto incluidas en el capítulo "Realizar el recorte de montaje".

Consulte también

Realizar el recorte de montaje ([Página 25](#))

8.8 Datos técnicos

8.8.1 Datos técnicos del KTP400 Basic y KTP600 Basic

Peso

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Peso sin embalaje	aprox. 320 g	aprox. 1070 g		

Pantalla

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Tipo	LCD mono FSTN		LCD-TFT	
Área activa del display	76,79 mm x 67,69 mm (3,8")	116,2 mm x 86,4 mm (4,6")		
Resolución, píxeles	320 x 240			
Colores representables	4 niveles de gris		266	
Regulación de contraste	Sí		No	
Categoría de error de píxel según DIN EN ISO 13406-2	-		II	
Retroiluminación	LED	CCFL		
Half Brightness Life Time, típico	30.000 h	50.000 h		

Unidad de entrada

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Tipo	Pantalla táctil analógica resistiva			
Teclas de función	4	6		
Tiras rotulables	Sí			

Memoria

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Memoria de aplicación	512 kBytes			

Interfaces

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
1 x RS 422/RS 485	-	-	Máx. 12 Mbit/s	-
1 x Ethernet	RJ45 10/100 Mbit/s	RJ45 10/100 Mbit/s	-	RJ45 10/100 Mbit/s

Tensión de alimentación

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Tensión nominal	+24 V DC			
Rango admisible	de 19,2 V a 28,8 V (-20 %, +20 %)			
Transitorios, máximo admisible	36 V (500 ms)			
Tiempo entre dos transitorios, mínimo	50 s			
Consumo				
• Típico	aprox. 70 mA	aprox. 240 mA	aprox. 350 mA	
• Corriente continua máx.	aprox. 160 mA	aprox. 350 mA	aprox. 550 mA	
• Corriente transitoria de conexión I _T	aprox. 0,5 A _T	aprox. 0,6 A _T	aprox. 0,6 A _T	
Fusible interno	electrónico			

Otros componentes

	KTP400 Basic Mono PN	KTP600 Basic Mono PN	KTP600 Basic Color DP	KTP600 Basic Color PN
Reloj de tiempo real	Sí, no respaldado			

TRANSMISOR DE FLUJO GF SIGNET 8550

Signet 8550-1 Transmisor de flujo

Spanish



3-8550.090-1 Rev. L 6/06 Spanish



¡ADVERTENCIA!

- Desenchufar la unidad antes de instalar el cableado de las conexiones de entrada y salida.
- Seguir estrictamente las instrucciones de seguridad para evitar lesiones personales

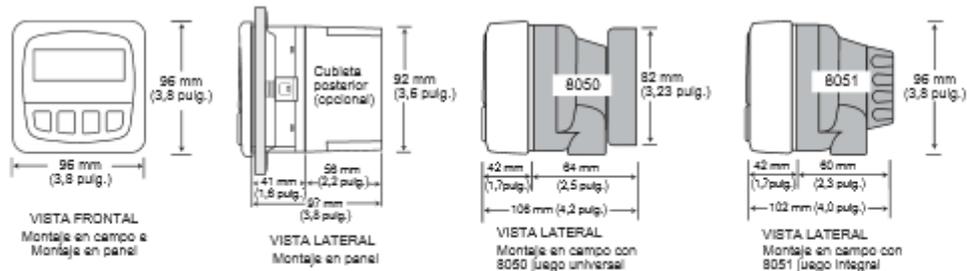
Contenido

1. Especificaciones
2. Instalación
3. Conexiones eléctricas
4. Funciones del menú



1. Especificaciones

Dimensions



Generales

Compatibilidad: Sensores de flujo con salida de frecuencia

Exactitud:

Cubierta:

- Clasificación: NEMA 4X/IP65 (frontal)
- Caja: PBT
- Empaquetadura: Neoprene
- Ventana: policarbonato revestido con poliuretano
- Teclado: caucho de silicona, 4 teclas, obturado
- Peso: aproximadamente 325 g (12 onzas)

Pantalla:

- Pantalla de cristal líquido, caracteres alfanuméricos 2 x 16
- Tasa de actualización: 1 segundo
- Contraste: a selección del usuario, cinco niveles
- Precisión: $\pm 0.5\%$ de la lectura a 25°C
- Desviación por sensibilidad térmica: 0.005% de la lectura por °C

Eléctricas

- Energía: 12 a 24 V CC $\pm 10\%$, regulada, 61 mA máx.

Entrada del sensor:

- Límites: 0,5 - 1500 Hz
- Energía del sensor: 2 alambres: 1,5 mA a 5 V CC $\pm 1\%$
3 ó 4 alambres: 20 mA a 5 V CC $\pm 1\%$
- Aislamiento óptico de la corriente del lazo
- Protección contra cortocircuitos

Salida de corriente:

- 4 - 20 mA, aislada, totalmente ajustable y reversible
- Máxima impedancia de lazo: 50 Ω máx. a 12 V
325 Ω máx. a 18 V
600 Ω máx. a 24 V
- Tasa de actualización: 100 ms
- Exactitud: $\pm 0,03$ mA

Salida de colector abierto:

- 50 mA (colector o fuente), voltaje de elevación: 30 VCC (máx.)
- Ajustes de funcionamiento:
 - Alto o Bajo punto establecido con histéresis ajustable
 - Impulso basado en el volumen de fluido
 - Máxima velocidad de pulso: 300 pulsos/min

Especificaciones ambientales

- Temperatura de funcionamiento: 10 a 70°C (14 a 158°F)
- Temperatura de almacenamiento: 15 a 80°C (5 a 176°F)
- Humedad relativa: 0 a 95 %, sin condensación
- Altitud máxima: 2000 m (6562 pies)
- Categoría de aislamiento: II
- Grado de contaminación: 2

Normas y certificados de aprobación

- Certificaciones CE, UL
- Inmunidad y Emisiones: EN 61328
- Fabricado bajo las normas ISO 9001 e ISO 14001

2. Instalación

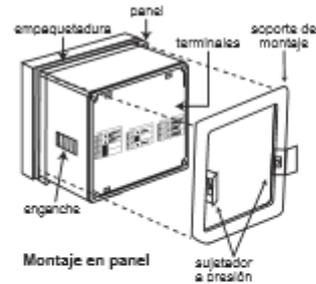
Los transmisores ProcessPro están disponibles en dos estilos: montaje en panel y montaje en campo. El montaje en panel se suministra con los componentes necesarios para instalar el transmisor. Este manual contiene las instrucciones completas para el montaje en panel.

El montaje en campo requiere uno de dos juegos de montaje: el juego integral 3 8051, que permite integrar el sensor al instrumento para formar un solo sistema; y el juego universal 3 8050, que facilita la instalación del transmisor en prácticamente cualquier sitio.

El juego integral 3 8051 o el juego universal 3 8050 están acompañados de instrucciones detalladas para el montaje integral u otras opciones de instalación en campo.

2.1 Instalación del panel

1. El transmisor de montaje en panel está diseñado para instalarse con un puntón de $\frac{1}{4}$ DIN. A fin de facilitar el recorte manual del panel, se proporciona una plantilla adhesiva para utilizarla como guía de instalación. Se recomienda dejar una distancia de separación entre instrumentos (para todos los lados) de 2,5 cm (1 pulg.).
2. Colocar la empaquetadura en el instrumento e instalarla en el panel.
3. Deslizar el soporte de montaje en la parte posterior del instrumento hasta que los sujetadores a presión encajen en los enganches situados a los lados del instrumento.
4. Para desmontar, avanzar el instrumento temporalmente colocándole una cinta al frente o sujetándolo por la parte posterior; NO AFLOJAR. Presionar los sujetadores a presión hacia afuera y retirar la unidad.



3. Conexiones eléctricas



Precaución: Es necesario abrir completamente las mordazas de los terminales antes de sacar los alambres. El no hacerlo puede causar daños permanentes al instrumento.

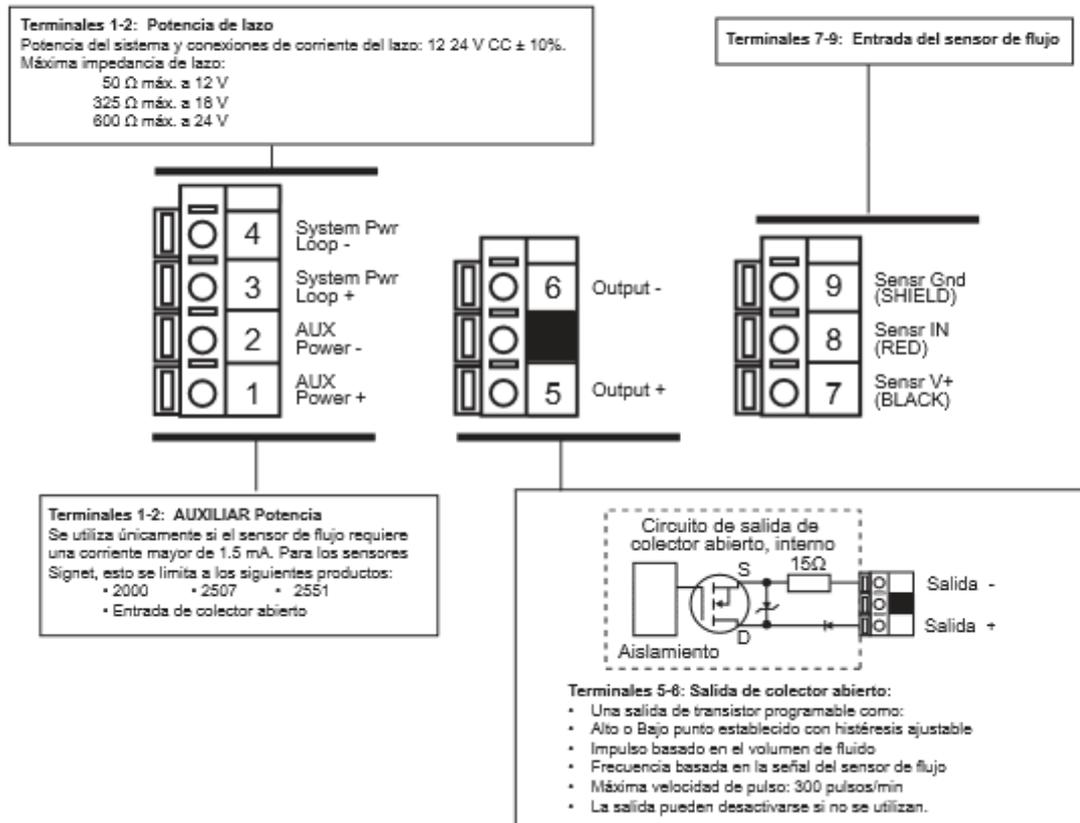
Procedimiento de cableado

1. Pelar aproximadamente de 13 a 16 mm (0.5 a 0.625 pulg.) de aislamiento del extremo del alambre.
2. Con un destornillador pequeño, empujar hacia abajo la palanca del terminal naranja para abrir las mordazas del terminal.
3. Introducir el extremo del alambre expuesto (no aislado) en el agujero del terminal hasta que llegue al tope.
4. Aflojar la palanca del terminal naranja para fijar el alambre. Tirar cuidadosamente de cada alambre para asegurarse de que haya una buena conexión.



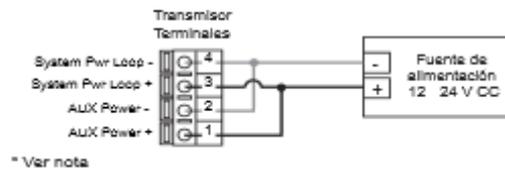
Procedimiento de desmontaje del cableado

1. Con un destornillador pequeño, empujar hacia abajo la palanca del terminal naranja para abrir las mordazas del terminal.
2. Una vez abiertas las mordazas totalmente, sacar el alambre del terminal.

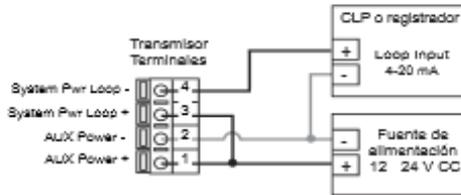


3.1 Energía del sistema/Conexiones de lazo

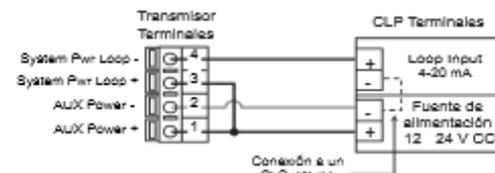
Aplicación independiente, sin lazo de corriente



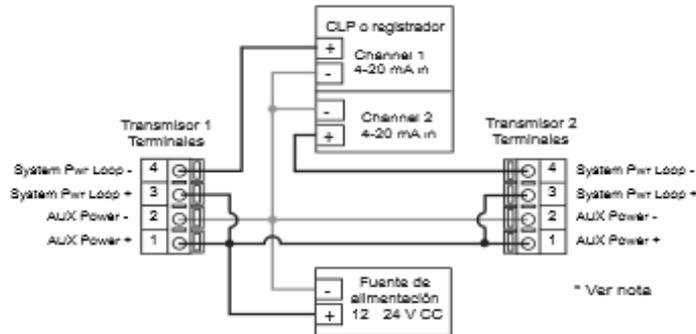
Conexión a un CLP/registrador, alimentación separada



Conexión a un controlador lógico programable (CLP) con fuente de alimentación incorporada



Ejemplo. dos transmisores conectados a un CLP/registrador con fuente de alimentación separada



AUXILIAR Potencia

- Se utiliza únicamente si el sensor de flujo requiere una corriente mayor de 1.5 mA.
- Para los sensores Signet, esto se limita a los siguientes productos:
- 2000, 2507, 2551, Entrada de colector abierto

3.2 Conexiones de entrada del sensor

Sugerencias para instalar el cableado:

- Mantener el cable del sensor alejado de conductos que contengan líneas de energía eléctrica de CA. El ruido eléctrico podría alterar la señal del sensor.
- Para evitar riesgos de ruidos eléctricos y daños mecánicos, se recomienda colocar el cable del sensor en un conducto metálico conectado a tierra.
- Obturar los puntos de entrada del cable para impedir daños por humedad.
- Se debe insertar un solo cable en un terminal. Empalmar los cables dobles fuera del terminal.

La longitud máxima del cable es 60 m (200 pies) para 515/8510 XX, 525, 2517 y cualquier señal de flujo sinusoidal.



La longitud máxima del cable es 300 m (1000 pies) para 2538/8512 XX, 2540 vórtice y cualquier señal de flujo de colector abierto.



Terminales	No AUXILIAR Potencia	AUXILIAR Potencia
Sensor Gnd (SHIELD) 9	515/3 8510 XX	2000
Sensor IN (RED) 8	525	2507
Sensor V+ (BLACK) 7	2100	2551
	2517	Entrada de colector abierto
	2538/3 8512 XX	
	2540/	
	7000 Vortex	

Signet 8550 1 Transmisor de flujo

+GF+

3.3 Salida de colector abierto

La salida de colector abierto puede utilizarse como un conmutador que responde cuando el caudal sobrepasa un punto establecido o cae por debajo del mismo, o puede utilizarse para generar un impulso que es relativo al volumen de flujo (IMPULSO) o al caudal (FRECUENCIA).

Baja punto establecido:

La salida se activa cuando el caudal es inferior al punto establecido. La salida se relaja cuando el caudal sobrepasa el punto establecido más el valor de histéresis.

Alta punto establecido:

La salida se activa cuando el caudal es superior al punto establecido. La salida se relaja cuando el caudal cae por debajo del punto establecido más el valor de histéresis.

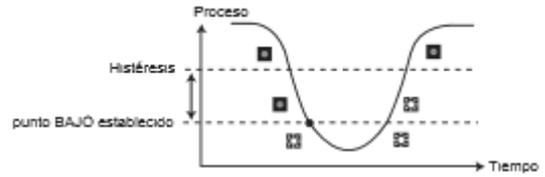
Frecuencia

La salida es una corriente de impulsos basada en la señal del sensor de flujo de entrada. Cuando se fija en 1, frecuencia de entrada = frecuencia de salida. Se fija en números pares (2, 4, 8, 8... 254 [máximo]) para variar la frecuencia de salida.

Impulso

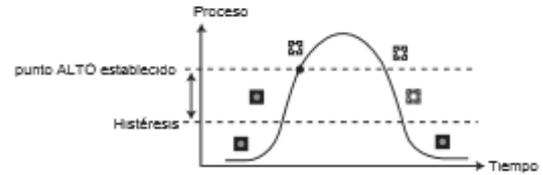
La salida es un impulso basado en el volumen de fluido que pasa por el sensor. Seleccionar cualquier valor entre 0.0001 y 99999.

La salida puede deshabilitarse cuando no se utilice.



Salida activa

Salida inactiva



Menú de INFORMACIÓN:

- Durante la operación normal, el ProcessPro presenta el menú de INFORMACIÓN (VIEW).
- Cuando se utilizan los menús de CALIBRACIÓN (CALIBRATE) u OPCIONES (OPTIONS), el ProcessPro regresará al menú de INFORMACIÓN si no hay ninguna actividad durante 10 minutos.
- Para seleccionar el elemento que se desee visualizar, se deben apretar las teclas ARRIBA o ABAJO. Los elementos aparecerán en un lazo continuo.
- Al cambiar la selección de la pantalla no se interrumpen las operaciones del sistema.
- No se requiere un código de acceso para cambiar la pantalla.
- Los ajustes de salida no pueden modificarse desde el menú de INFORMACIÓN.



Menú de información

Pantalla	Descripción
0.0 GPM Total: 12345678 >	Monitorizar el caudal y el totalizador reinicializable. Apretar la tecla FLECHA DERECHA para reiniciar el totalizador. Si el interruptor de Reinicio está trabado, es necesario ingresar primero el código de llave. Trabrar o destrabar el totalizador desde el menú de OPCIONES. Ésta es la pantalla de Información permanente.
Perm: 12345678 Gallons	Monitorizar el valor del totalizador permanente.
Loop Output: 12.00 mA	Monitoree las salida del lazo.
Last CAL: 4-20-06	Muestra la fecha programada para el mantenimiento o la fecha de la última calibración.



Esta pantalla es temporal. La pantalla permanente volverá después de 10 minutos.

Procedimiento de modificación del ProcessPro:

Paso 1. Apretar y mantener la tecla ENTER (ENTRAR):

- 2 segundos para seleccionar el menú de CALIBRACIÓN
- 5 segundos para seleccionar el menú de Opciones

Paso 2. Código de acceso: teclas ARRIBA-ARRIBA-ARRIBA-ABAJO (en secuencia).

- Después de ingresar el código de acceso, la pantalla mostrará el primer elemento en el menú seleccionado.

Paso 3. Recorrer el menú con las teclas ARRIBA o ABAJO.

Paso 4. Apretar la tecla FLECHA DERECHA para seleccionar un elemento del menú que desee modificarse.

- Comenzará a destellar el primer elemento de la pantalla.

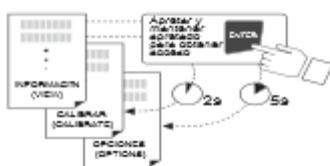
Paso 5. Apretar las teclas ARRIBA o ABAJO para modificar el elemento que destella.

- Apretar la FLECHA DERECHA para avanzar el elemento que destella.

Paso 6. Apretar la tecla ENTER para guardar el nuevo ajuste y regresar al paso 3.

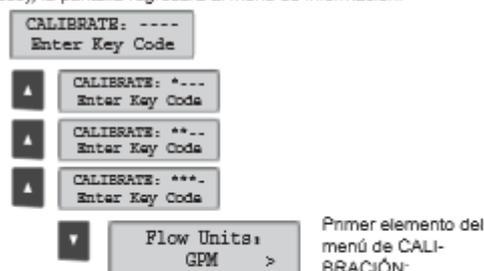
Notas sobre el paso 1:

- Normalmente se muestra el menú de información.
- Los menús de CALIBRACIÓN y Opciones requieren un CÓDIGO DE ACCESO.



Notas sobre el paso 2:

- Si no se aprieta ninguna tecla durante 5 minutos mientras la pantalla muestra el mensaje "Enter Key Code" (Ingresar código de acceso), la pantalla regresará al menú de información.



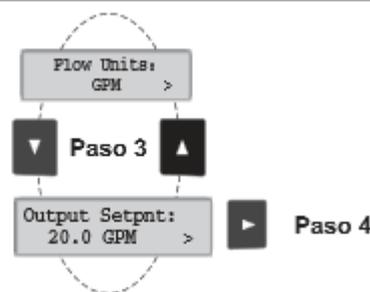
Notas sobre los pasos 3 y 4:

- En las págs. 6 y 7 se encuentra una lista completa de los elementos del menú y su función.
- Desde la pantalla del paso 3, apretar simultáneamente las teclas ARRIBA y ABAJO para regresar al menú de INFORMACIÓN.
- La pantalla también regresará al menú de INFORMACIÓN si no se aprieta ninguna tecla durante 10 minutos.



Paso 3: ¿Cambios listos?

Después de guardar el último ajuste, apretar simultáneamente las teclas ARRIBA y ABAJO para regresar a operación normal.

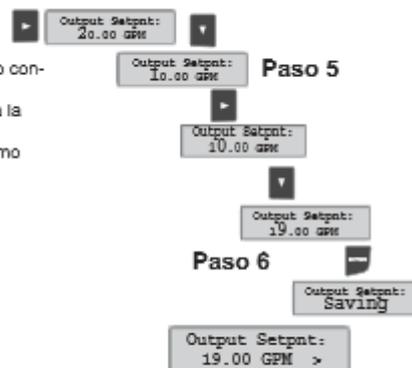


Notas sobre los pasos 5 y 6:

- Todas las funciones de salida permanecen activas durante la modificación.
- Sólo se puede modificar el elemento que destella.
- Al apretar la FLECHA DERECHA se avanza el elemento que destella en un lazo continuo.
- El valor modificado se hace efectivo inmediatamente después de que se aprieta la tecla ENTER.
- Si no se aprieta ninguna tecla durante 10 minutos, la unidad restablecerá el último valor guardado y regresará al paso 3.
- Al apretar la tecla ENTER (paso 6) la unidad siempre regresa al paso 3.
- Repetir los pasos 3 a 6 hasta finalizar todos los cambios necesarios.

Paso 5: Si se comete un error...

Apretar simultáneamente las teclas ARRIBA y ABAJO mientras cualquier elemento esté destellando. Así se recobrará el último valor guardado del elemento que se esté modificando, y la unidad regresará al paso 3.



Menú de calibración

Pantalla	Descripción
Se muestran las configuraciones de la fábrica	
Flow Units: GPM >	Los primeros tres caracteres establecen las unidades de medición del caudal. No afectan los cálculos, y pueden ser cualquier carácter alfanumérico, en mayúsculas o minúsculas. El último carácter establece la base de tiempo del caudal. Seleccionar S (segundos), M (minutos), H (horas) o D (días).
Flow K-Factor: 60 >	Este ajuste le indica al transmisor cómo convertir la frecuencia de entrada del sensor de flujo en un caudal. El factor K es exclusivo según el modelo del sensor y el tamaño y el espesor de pared (schedule) de la tubería. Para determinar el valor correcto, consultar los datos publicados en el manual del sensor. Límites: 0.0001 a 99999 (el factor K no se puede fijar en 0)
Total Units: Gallons >	Este ajuste identifica las unidades del totalizador. No afecta ningún cálculo, y sirve sólo como etiqueta. Se puede emplear cualquier carácter alfanumérico, en mayúsculas o minúsculas.
Total K-Factor 60 >	Este ajuste le indica al transmisor cómo convertir la frecuencia de entrada del sensor de flujo en un total volumétrico. También se utiliza como la base para el modo de impulso del colector abierto. Usualmente el ajuste es el mismo que el del factor K de flujo, o puede diferir en un factor x10 o x100. Límites: 0.0001 a 99999 (el factor K no se puede fijar en 0)
Loop Range: GPM 000.00 – 100.00 >	Seleccionar los valores mínimos y máximos para la salida del lazo de corriente de 4-20 mA. El 8550 acepta cualquier valor desde 0.0000 hasta 99999.
Output Mode: Low >	Seleccionar el modo de operación para esta salida de colector abierto: APAGADO, ALTO o BAJO punto establecido, PULSO o FRECUENCIA (Máxima velocidad de pulso: 300 pulsos/min)
Output Setpnt: 10.0 GPM >	Si la salida de colector abierto está en modo de Alto o Bajo: La salida de colector abierto será activada cuando el valor llegue a este punto. Este ajuste deberá modificarse si se cambian las unidades de la escala.
Output Hys: 5.0 GPM >	La salida de colector abierto será desactivada en el punto establecido ± histéresis (según la selección de Alto o Bajo)
Output Volume: 100.00 Gallons >	En el modo de impulso, la salida del colector abierto generará un impulso cuando este volumen de flujo pase por el sensor. La medición se basa en el factor K total. El 8550 acepta cualquier valor desde 0.0001 hasta 99999.
Output PlsWdth: 0.1 Seconds >	En el modo de impulso, este ajuste define la duración del impulso de salida del colector abierto. El 8550 acepta cualquier valor desde 0.1 hasta 999.9 segundos.
Output Freq.: Divide by 1 >	En el modo de frecuencia, la salida del colector abierto simula la frecuencia del sensor, dividida por este ajuste. Si se fija en 1, frecuencia de entrada = frecuencia de salida. Se puede fijar para números pares (2, 4, 6, 8 . . . 254 [máximo]) para variar la frecuencia de salida.
Last CAL: 04-20-06	Emplear esta "libreta" para anotar fechas importantes, tales como las fechas de recertificación anual o de mantenimiento.

SENSOR DE FLUJO DE RUEDA DE PALETAS GF SIGNET 8510

Manual de sensor de flujo Rotor X 8510

3-0515.090 Rev. R 03/12



INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

1. Despresurizar el sistema y ventilarlo antes de instalar o desmontar este producto.
2. Confirmar la compatibilidad química antes de utilizar este producto.
3. No exceder los valores máximos especificados de temperatura y presión.
4. Utilizar gafas de seguridad y careta durante los procedimientos de instalación y servicio.
5. No modificar el montaje del producto.



1. Especificaciones

General Data

Margen de Velocidad de Flujo:

515: 0,3 a 6 m/s (1 a 20 pies/s)
2536: 0,1 a 6 m/s (0,3 a 20 pies/s)

Margen de Tamaño de Tubo:

DN15 a DN900 (0,5 a 36 pulg.)

Capacidad lineal: ±1% de margen completo @ 25 °C

Capacidad de repetición: ±0,5% de margen completo @ 25 °C

Longitud de cable: 7,6 m (25 pies) estándar

515: 60 m (200 pies) máximo
2536: 305 m (1000 pies) máximo

Tipo de cable:

Cable blindado trenzado de dos conductores (22 AWG)

Número mínimo de Reynolds requerido: 4500

Material de la tapa: Polipropileno con relleno de vidrio

515: Rojo, 2536: Azul

Materiales mojados:

- Cuerpo del sensor: Polipropileno relleno de vidrio o PVDF
- Juntas tóricas: FPM (estándar) o EPDM o FFKM
- Pasador: Titanio o Hastelloy-C o PVDF; (otros materiales opcionales)

• Rotor:

PVDF negro o PVDF natural; opcional: Tefzel® con o sin manguito de PTFE reforzados con fibra de carbono

Peso de embarque:

-X0	0,454 kg (1 lbs.)
-X1	0,476 kg (1,04 lbs.)
-X2	0,680 kg (1,50 lbs.)
-X3	0,794 kg (1,75 lbs.)
-X4	0,850 kg (1,87 lbs.)
-X5	1,0 kg (2,20 lbs.)
3519	1,3 kg (2,86 lbs.)

Sensor 515

- Frecuencia: 19,7 Hz por m/s nominal (6 Hz por pie/s)
- Amplitud: 3,3 V p/p por m/s nominal (1 V p/p por pie/s)
- Impedancia de Fuente: 8 KΩ

Sensor 2536

- Frecuencia: 49 Hz por m/s nominal (15 Hz por pie/s nominal)
- Voltaje de alimentación: 3,3 a 24 VCC regulada
- Corriente de voltaje: <1,5 mA @ 3,3 - 6 VCC, <20 mA @ 6 - 24 VCC
- Tipo de salida: Transistor de colector abierto, hundimiento
- Corriente de salida: 10 mA máx.

Condiciones de fluidos

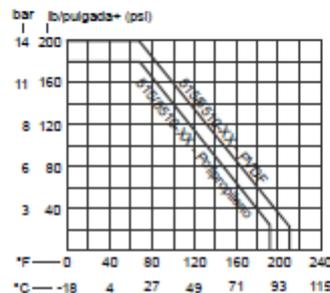
Regímenes nominales de temperatura/presión del sensor del rotor X:

Cuerpo de polipropileno:

- 12,5 bar (180 lb/pulgada²) máx. @ 20 °C (68 °F)
- 515: 1,7 bar (25 lb/pulg²) máx. a 90 °C (194 °F)
- 2536: 1,7 bar (25 lb/pulgada²) máx. @ 85 °C (185 °F)

Estructura PVDF:

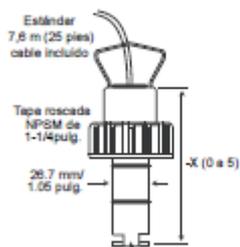
- 14 bar (200 lb/pulg²) máx a 20 °C (68 °F)
- 515: 1,7 bar (25 lb/pulg²) máx a 100 °C (212 °F)
- 2536: 1,7 bar (25 lb/pulgada²) máx. @ 85 °C (185 °F)



Sensor 515

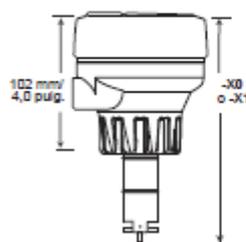
Dimensiones

Sensor 515/2536



Tamaño de tuberías:
1/2 e 4 pulg. -X0 = 104 mm/4.1 pulg.
5 e 8 pulg. -X1 = 137 mm/5.4 pulg.
10 pulg. o mayor -X2 = 213 mm/8.4 pulg.
1/2 e 4 pulg. -X3 = 297 mm/11.7 pulg.
5 e 8 pulg. -X4 = 332 mm/13.1 pulg.
10 pulg. o mayor -X5 = 408 mm/16.1 pulg.

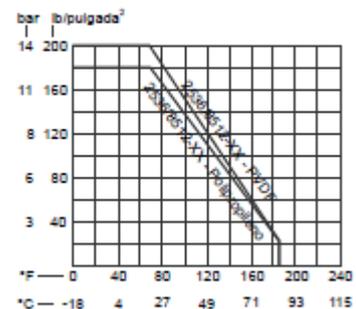
Sensor integral 8510-XX/8512-XX mostrado con transmisor y kit de adaptador integral (se vende por separado)



-X0 = 152 mm/6.0 pulg.
-X1 = 185 mm/7.3 pulg.

Longitudes de Wet-Tap

Sensor 2536

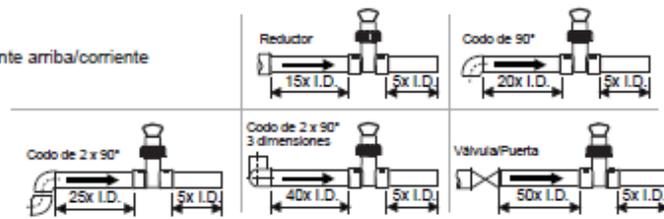


Normas y certificados de aprobación

- Fabricado bajo norma ISO 9001 y ISO 14001
- 2536 solamente: CE

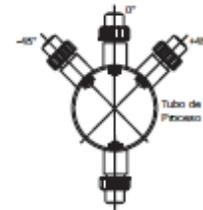
2. Ubicación de Pieza de Unión

Requisitos recomendados de montaje de corriente arriba/corriente abajo del sensor



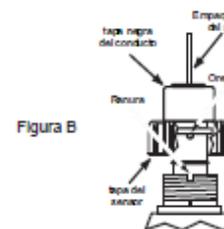
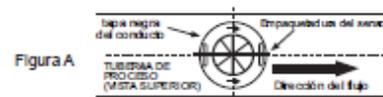
3. Posición del Montaje del Sensor

- Disposición horizontal del tubo: Monte el sensor en posición derecha (0°) para lograr el mejor rendimiento. Monte a un máximo de 45° cuando hayan burbujas de aire (el tubo debe estar lleno). No monte en la parte inferior del tubo cuando encuentre sedimentos.
- Disposición vertical del tubo: El sensor puede montarse en cualquier orientación. Se prefiere un flujo ascendente para garantizar el llenado del tubo.



4. Instalación del sensor estándar

- Lubrique las juntas tóricas con un lubricante (grasa) viscoso no derivado del petróleo compatible con el sistema.
- Mediante una torsión o traslado, baje el sensor a la pieza de encaje y asegúrese de que las flechas de instalación en la tapa negra señalan la dirección de flujo, veáse Figura A.
- Acople una rosca de la tapa del sensor y luego haga girar el sensor hasta que la pestaña de lineación entre en la ranura de la pieza de encaje. Ajuste la tapa del sensor manualmente. NO utilice ningún tipo de herramienta para ajustar la tapa del sensor o las roscas de pueden dañarse, veáse Figura B.

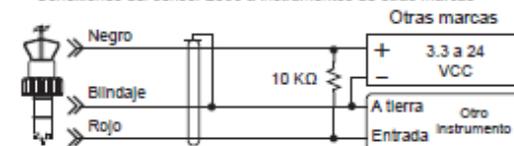


5. Cableado del sensor

Notas técnicas

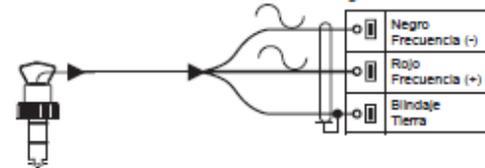
- Utilice cables blindados trenzados de dos conductores como cables de extensión.
- Debe mantener la protección del cable a lo largo del empalme del cable.
- Consulte el manual del instrumento para información específica sobre el cableado.

Conexiones del sensor 2536 a Instrumentos de otras marcas

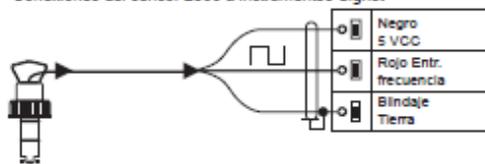


- La energía de CC del sensor proviene del instrumento +GF+ SIGNET. Es posible que se requiera una resistencia elevadora de 10 KW para instrumentos de fabricantes diferentes a Signet.

Conexiones del sensor 515 a Instrumentos Signet

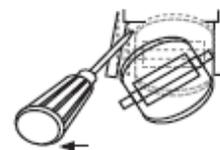


Conexiones del sensor 2536 a Instrumentos Signet



6. Procedimiento de reemplazo del rotor

1. Para extraer el rotor inserte un destornillador pequeño entre el rotor y la oreja del sensor.
2. De vuelta la hoja del destornillador para curvar la oreja hacia afuera lo suficiente como para sacar un extremo del rotor y del eje. ¡NO doble la oreja más de lo necesario! Si se rompe, no se puede reparar el sensor!
3. Instale el nuevo rotor. Para ello, inserte una punta del pasador en el agujero, seguidamente doble la oreja opuesta hacia adentro, lo suficiente como para deslizar el rotor y encajarlo en su sitio.



7. Factores K

El Factor K es el número de impulsos que genera un sensor por cada unidad de líquido que pasa por el sensor. En las tablas de abajo se muestran los factores K para agua (en unidades de galones norteamericanos [E.E. UU.] y litros). Por ejemplo, en una tubería de PVC de 1 pulg., la 515 rueda de paletas genera 172.07 impulsos por galón de agua que pasa por el rotor. Los Factores K mostrados son para tuberías de tamaños de hasta 12 pulg. (Para tuberías mayores de 12 pulg., consulte con el distribuidor de Signet de su localidad).

TUBO TAMAÑO (PULG.)	TIPO DE ENCAJE	515R010-XX		253R010-XX	
		LITROS	GAL. (E.E.UU.)	LITROS	GAL. (E.E.UU.)
TUBOS PVC EN T SCH 80 PARA TUBO PVC SCH 80					
1/2	MPV0705	137.42	520.12	271.27	1027.1
3/4	MPV0707	78.61	297.82	154.08	583.19
1	MPV0710	45.46	172.07	88.86	335.53
1-1/4	MPV0712	24.19	91.54	47.24	178.79
1-1/2	MPV0715	16.44	62.22	32.08	121.42
2	MPV0720	9.80	36.33	18.87	71.44
TUBOS PVC EN T SCH 80 PARA TUBO PVC SCH 80					
2-1/2	PV0725	5.782	21.823	11.359	42.984
3	PV0730	3.575	13.541	7.0414	26.682
4	PV0740	2.2147	7.8258	3.9645	15.008
TUBOS CPVC EN T SCH 80 PARA TUBO CPVC SCH 80					
1/2	MCPV0705	137.42	520.12	271.27	1027.1
3/4	MCPV0707	78.61	297.82	154.08	583.19
1	MCPV0710	45.46	172.07	88.86	335.53
1-1/4	MCPV0712	24.19	91.54	47.24	178.79
1-1/2	MCPV0715	16.44	62.22	32.08	121.42
2	MCPV0720	9.80	36.33	18.87	71.44
MONTURAS PVC SCH 80 PARA TUBO PVC SCH 80					
2	PV0820	5.782	21.823	11.359	42.984
2-1/2	PV0825	3.575	13.541	7.0414	26.682
3	PV0830	2.2147	7.8258	3.9645	15.008
4	PV0840	1.3897	4.9223	2.1984	8.2246
6	PV0860	0.6953	2.3705	1.3253	5.0184
8	PV0880	0.4632	1.8300	0.888	3.3060
10	PV0910	0.3801	1.4600	0.571	2.1600
MONTURA PVC SCH 80 SOBRE TUBO PVC SCH 40					
2	PV0920	7.2259	27.350	14.452	54.700
2-1/2	PV0925	4.6868	18.874	9.8175	37.159
3	PV0930	3.2889	12.828	6.2668	23.697
4	PV0940	1.7776	6.7282	3.3582	13.456
6	PV0960	0.9854	3.7267	1.9178	7.4584
8	PV0980	0.5988	2.1817	1.1969	4.5292
10	PV0910	0.3807	1.3800	0.740	2.8000
12	PV0910	0.2538	0.9600	0.523	1.9600

TUBO TAMAÑO (PULG.)	TIPO DE ENCAJE	515R010-XX		253R010-XX	
		LITROS	GAL. (E.E.UU.)	LITROS	GAL. (E.E.UU.)
TUBOS EN T DE ACERO COMÚN EN TUBO SCH 40					
1/2	CS4T005	87.808	330.20	169.74	756.00
3/4	CS4T007	56.027	212.06	115.90	436.69
1	CS4T010	37.288	141.14	75.700	286.70
1-1/4	CS4T012	16.025	60.885	32.038	121.22
1-1/2	CS4T015	11.842	45.290	24.079	91.139
2	CS4T020	7.0717	26.787	14.361	54.460
TUBOS EN T DE ACERO INOXIDABLE EN TUBO SCH 40					
1/2	CR4T005	84.038	315.96	163.96	734.20
3/4	CR4T007	53.530	202.91	105.60	412.10
1	CR4T010	35.590	137.14	69.794	262.70
1-1/4	CR4T012	16.387	61.910	33.849	128.12
1-1/2	CR4T015	10.876	40.410	20.428	77.320
2	CR4T020	6.5917	25.200	12.995	48.790
TUBOS EN T DE HIERRO GALVANIZADO EN TUBO SCH 40					
1	IR4T010	27.819	104.54	56.277	213.01
1-1/4	IR4T012	16.826	62.979	33.751	127.75
1-1/2	IR4T015	12.305	46.890	24.841	94.401
2	IR4T020	7.7102	29.459	15.686	59.420
TUBOS EN T DE BRONCE EN TUBO SCH 40					
1	BR4T010	27.819	104.54	56.277	213.01
1-1/4	BR4T012	16.826	62.979	33.751	127.75
1-1/2	BR4T015	12.305	46.890	24.841	94.401
2	BR4T020	7.7102	29.459	15.686	59.420
ENCAJES EN T DE COBRE EN TUBO DE COBRE SCH 1/2					
1/2	CUKT005	117.10	443.21	242.50	917.84
3/4	CUKT007	56.022	212.18	113.15	428.27
1	CUKT010	33.800	127.18	67.748	255.43
1-1/4	CUKT012	15.948	59.862	30.598	115.69
1-1/2	CUKT015	10.948	40.942	20.548	76.444
2	CUKT020	7.2952	27.740	14.590	54.305
ENCAJES EN T DE COBRE EN TUBO DE COBRE SCH 1/2					
1/2	CUKT005	108.49	414.41	226.74	855.22
3/4	CUKT007	50.485	191.98	101.81	385.74
1	CUKT010	31.862	119.84	63.841	241.84
1-1/4	CUKT012	15.276	56.451	30.552	113.60
1-1/2	CUKT015	10.273	38.180	20.548	76.444
2	CUKT020	7.5815	28.005	15.310	57.14

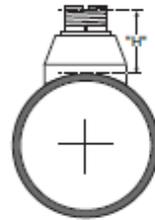
TUBO TAMAÑO (PULG.)	TIPO DE ENCAJE	515R010-XX		253R010-XX	
		LITROS	GAL. (E.E.UU.)	LITROS	GAL. (E.E.UU.)
WELDOLETS DE ACERO INOXIDABLE EN TUBO SCH 40					
2-1/2	CR4W025	4.9670	18.600	9.9359	37.800
3	CR4W030	3.2153	12.170	6.4306	24.340
4	CR4W040	1.8388	6.9600	3.6777	13.920
5	CR4W050	1.3697	5.2000	2.7392	10.380
6	CR4W060	0.9749	3.6900	1.9488	7.3200
8	CR4W080	0.5927	2.1300	1.1466	4.3400
10	CR4W100	0.3907	1.3500	0.7292	2.7600
12	CR4W120	0.2538	0.9600	0.5125	1.9400
WELDOLETS DE ACERO INOXIDABLE EN TUBO SCH 40					
2-1/2	CS4W025	4.9670	18.600	9.9359	37.800
3	CS4W030	3.2153	12.170	6.4306	24.340
4	CS4W040	1.8388	6.9600	3.6777	13.920
5	CS4W050	1.3697	5.2000	2.7392	10.380
6	CS4W060	0.9749	3.6900	1.9488	7.3200
8	CS4W080	0.5927	2.1300	1.1466	4.3400
10	CS4W100	0.3907	1.3500	0.7292	2.7600
12	CS4W120	0.2538	0.9600	0.5125	1.9400
BRAZOLETE DE COBRE/BRONCE EN TUBO SCH 40					
2-1/2	BR40025	4.9670	18.600	9.934	37.800
3	BR40030	3.2153	12.170	6.431	24.340
4	BR40040	1.8388	6.9600	3.678	13.920
5	BR40050	1.3697	5.2000	2.739	10.380
6	BR40060	0.9749	3.6900	1.947	7.3200
8	BR40080	0.5927	2.1300	1.147	4.3400
10	BR40100	0.3907	1.3500	0.729	2.7600
12	BR40120	0.2538	0.9600	0.513	1.9400
MONTURAS DE HIERRO SCH 80 EN TUBO SCH 80					
2	IR0820	5.5495	20.300	10.899	41.720
2-1/2	IR0825	3.5025	13.230	7.005	26.480
3	IR0830	2.3458	8.880	4.691	17.620
4	IR0840	1.4239	5.3600	2.844	10.720
5	IR0850	1.0482	3.9600	2.091	7.840
6	IR0860	0.6954	2.6400	1.391	5.160
8	IR0880	0.4388	1.6400	0.864	3.160
10	IR0910	0.3402	1.2800	0.680	2.560
12	IR0910	0.2301	0.8800	0.460	1.760
MONTURA DE HIERRO SCH 80 EN TUBO SCH 40					
2	IR0920	7.0859	26.820	14.173	53.640
2-1/2	IR0925	4.6970	18.000	9.394	35.000
3	IR0930	3.1870	11.960	6.335	23.320
4	IR0940	1.8098	6.8500	3.623	13.280
5	IR0950	1.4082	5.3300	2.817	10.640
6	IR0960	0.9834	3.7000	1.913	7.2400
8	IR0980	0.5927	2.1300	1.182	4.4000
10	IR0910	0.3907	1.3500	0.740	2.8000
12	IR0910	0.2538	0.9600	0.523	1.9600

Tubos DIN, Factores K

TUBO TAMAÑO (PULG.)	TIPO DE ENCAJE	515R010-XX		253R010-XX	
		LITROS	GAL. (E.E.UU.)	LITROS	GAL. (E.E.UU.)
ENCAJES DE POLIPROPILENO (DN150, 85 Y ANSI)					
DN 15	PNMT005	127.23	481.05	251.75	952.87
DN 20	PNMT007	73.207	277.09	148.77	563.10
DN 25	PNMT010	37.300	141.18	77.942	291.80
DN 32	PNMT012	22.071	83.540	44.709	168.22
DN 40	PNMT015	13.544	51.262	27.450	103.90
DN 50	PNMT020	7.9193	29.998	16.060	60.789
ENCAJES PVC (DN150, 85 Y ANSI)					
DN 15	DNV0705	111.19	420.07	218.58	827.28
DN 20	DNV0707	60.277	228.15	120.42	456.87
DN 25	DNV0710	36.116	136.70	74.815	283.55
DN 32	DNV0712	20.850	79.294	41.889	158.09
DN 40	DNV0715	11.490	43.490	22.980	86.860
DN 50	DNV0720	6.8450	25.908	13.512	50.385
ENCAJES PVC (DN150) - EUROPA SOLAMENTE					
DN 15	PNMT005	126.45	480.18	250.60	937.37
DN 20	PNMT007	64.160	242.05	128.32	485.89
DN 25	PNMT010	36.270	140.64	76.540	287.274
DN 32	PNMT012	22.480	85.125	44.960	170.249
DN 40	PNMT015	13.700	51.885	27.400	103.709
DN 50	PNMT020	7.8000	29.750	15.720	58.500

8. Dimensiones H

El encaje plástico del sensor en la pieza de unión Weldolet DEBE quitarse durante el proceso de soldadura. Cuando se vuelva a instalar es importante que el encaje se enrosque hasta la altura adecuada (dimensión "H").



Número de pieza de Weldolet	Dimensión "H"		Número de pieza de Weldolet	Dimensión "H"	
	mm	pulg.		mm	pulg.
CS4W020	80,45	2,38	CS4W240	105,88	4,18
CS4W025	82,99	2,48	CS4W360	104,14	4,10
CS4W030	82,73	2,47			
CS4W040	82,23	2,45	CR4W020	80,45	2,38
CS4W050	82,29	3,24	CR4W025	82,99	2,48
CS4W060	78,99	3,11	CR4W030	82,73	2,47
CS4W080	73,15	2,88	CR4W040	82,23	2,45
CS4W100	143,00	5,83	CR4W050	82,29	3,24
CS4W120	137,18	5,25	CR4W060	78,99	3,11
CS4W140	129,54	5,40	CR4W080	73,15	2,88
CS4W160	123,19	4,85	CR4W100	143,00	5,83
CS4W180	118,84	4,80	CR4W120	137,18	5,40
CS4W200	111,25	4,38			

9. Piezas de Unión Signet

Tipo	Descripción	Tipo	Descripción
 <p>T⁺ plásticas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Versiones de 0.5 a 2 pulg. • MPVC o CPVC 	 <p>Uniones en "T" roscadas de acero al carbono y acero inoxidable</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Versiones de 0.5 a 2 pulg. • Se instala en extremos de tuberías roscadas
 <p>Monturas de PVC engomadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibles únicamente en tamaños de 10 y 12 pulg. • Haga un orificio de 2-1/2 pulg. en la tubería. • Se fijan en su sitio con un cemento disolvente 	 <p>Wettable soldados de acero al carbono y acero inoxidable</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 a 4 pulg.: haga un orificio de 1-7/16 pulg. en la tubería • Por encima de 4 pulg.: haga un orificio de 2-1/8 pulg. en la tubería.
 <p>Monturas de PVC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 a 4 pulg.: haga un orificio de 1-7/16 pulg. en la tubería • 6 a 8 pulg.: haga un orificio de 2-1/8 pulg. en la tubería 	 <p>Monturas y uniones en "T" de fibra de vidrio FPT</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Encaje de PVDF, 1.5 a 2 pulg.
 <p>Monturas con flejes de hierro</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 a 4 pulg.: haga un orificio de 1-7/16 pulg. en la tubería • Por encima de 4 pulg.: haga un orificio de 2-1/8 pulg. en la tubería. • Por encima de 14 pulg.: pedido especial 	 <p>Accesorio de unión métrico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Para tuberías DN 15 a 50 mm • PP o PVDF

10. Compatibilidad química

Los productos Georg Fischer Signet están hechos de una variedad de materiales humectados para adaptarse a diversos líquidos y productos químicos.

Todos los materiales de plástico, incluidos los tipos de tuberías típicas (PVC, PVDF, PP y PE), son más o menos permeables a los medios contenidos, como agua o sustancias volátiles, incluidos algunos ácidos. Este efecto no está relacionado con la porosidad, sino que se trata simplemente de la difusión de gas por el plástico.

Si el material de plástico es compatible con el medio según las guías de aplicación, la permeación no dañará el plástico mismo. No obstante, si el plástico incluye otros componentes sensibles, como en el caso de sensores de paletas de plástico GF Signet, éstos pueden verse afectados o dañados por los medios que se difunden por el cuerpo y el rotor de plástico.

Hemos recibido informes de fallas de los sensores de paletas de PVDF cuando se usen en aplicaciones de ácido nítrico caliente. Se sabe que el PVDF permite una permeación sustancial de los constituyentes del ácido nítrico sin dañarse. No se puede dar ninguna guía clara aquí, ya que el efecto dañino en el sensor depende en gran medida de la temperatura, presión y concentración.

Es posible utilizar sensores en aplicaciones con sustancias agresivas. A petición especial, GF Signet puede proporcionar sensores con una encapsulación de resina interna diferente que retardará el efecto dañino de los ácidos en los sensores. En caso de que se deseen hacer consultas sobre productos especiales o hacer pedidos, envíe un correo electrónico a signet-specialproduct@georgfischer.com.



¡ADVERTENCIA!

Las tuercas de retención de los sensores de la rueda de paletas no están diseñados para un contacto prolongado con sustancias agresivas. Los ácidos fuertes, las sustancias cáusticas y los disolventes o sus vapores pueden ocasionar la falla de las tuercas de retención, la expulsión de los sensores y la pérdida del fluido del proceso con posibles consecuencias graves, como daños en los equipos y lesiones personales graves. Se deben reemplazar las tuercas de retención que puedan haber estado en contacto con dichas sustancias debido a fugas o derrames por ejemplo.

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.

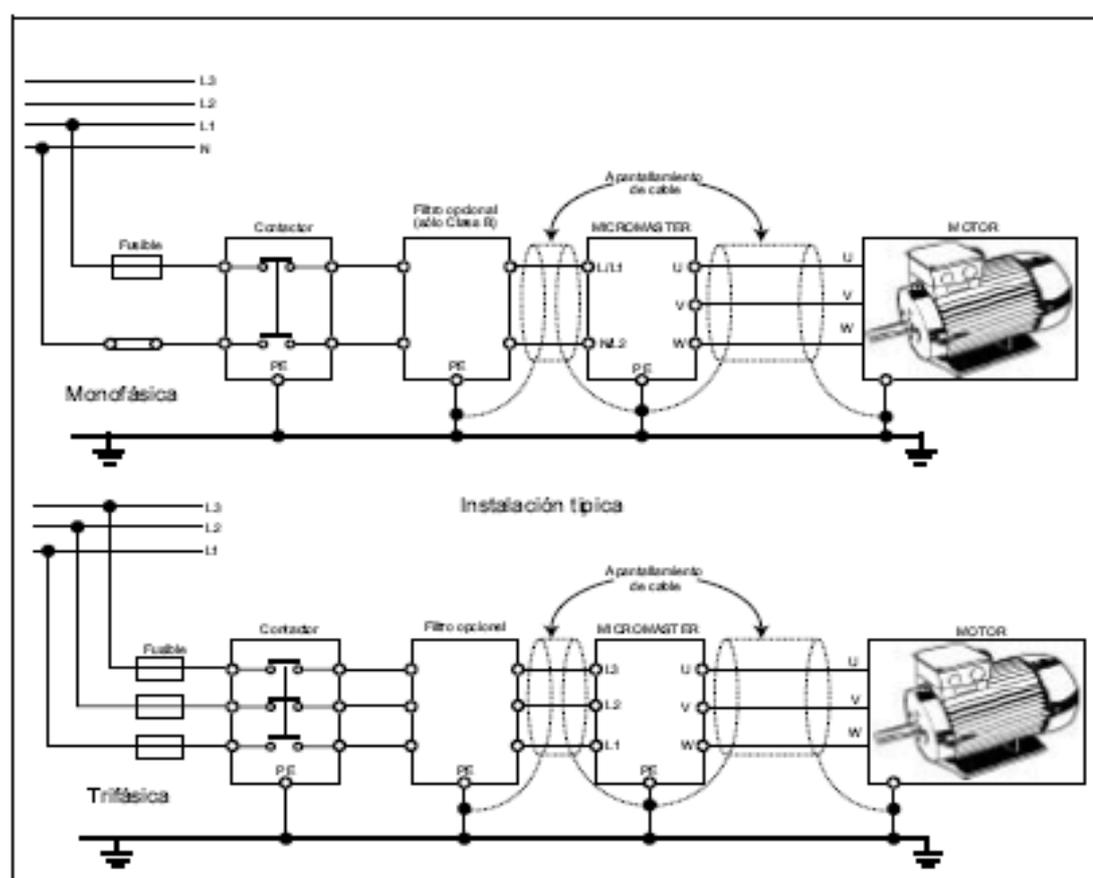


Figura 2-6 Conexiones del motor y la red

3.2.2.1 Puesta en servicio con el panel BOP



Mediante el panel BOP se pueden modificar los valores de parámetros. Para parametrizar con el panel BOP se debe retirar el SDP y se debe colocar el BOP (véase Anexo 0).

El panel BOP contiene una pantalla de siete segmentos en la que se muestran los números y valores de parámetros, mensajes de alarma y de fallo así como valores de consigna y valores reales. No es posible el almacenamiento de información de parámetros con el BOP.

La Tabla 3-2 muestra los ajustes por defecto de fábrica para funcionamiento usando el panel BOP.

ATENCIÓN

- ◆ Por defecto están bloqueadas las funciones de control del motor del BOP. Para controlar el motor mediante el panel BOP, se debe ajustar el parámetro P0700 a 1 y el parámetro P1000 a 1.
- ◆ El panel BOP se puede colocar y retirar del convertidor mientras se esté aplicando potencia.
- ◆ Si el panel BOP se ha ajustado como control E/S (P0700 = 1), el accionamiento se parará si se retira el panel BOP.

Tabla 3-2 Ajustes por defecto para funcionamiento mediante panel BOP

Parámetro	Significado	Por defecto Europa (Norteamérica)
P0100	Modo operación Europa/USA	50 Hz, kW (60Hz, hp)
P0307	Potencia nominal del motor	Las unidades (kW o Hp) dependen del ajuste de P0100. [valor dependiente de la variante.]
P0310	Frecuencia nominal del motor	50 Hz (60 Hz)
P0311	Velocidad nominal del motor	1395 (1680) rpm [dependiendo de la variante]
P1082	Frecuencia máxima del motor	50 Hz (60 Hz)

Botones en el panel BOP

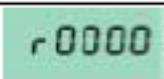
Panel/Botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitar este botón, ajustar P0700 = 1.
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. Por defecto está bloqueado; para habilitarlo, ajustar P0700 = 1. 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. Pulsando y manteniendo este botón apretado durante 2 segundos desde cualquier parámetro durante la operación, muestra lo siguiente: 1. Tensión del circuito intermedio (Indicado mediante d – unidades en V). 2. Corriente de salida. (A) 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. Tensión de salida (Indicada mediante o – unidades en V). 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). Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente. Función de salto 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

Cambio de parámetros con el panel BOP

A continuación se describe cómo se puede modificar el parámetro P0004. La modificación del valor de un parámetro indexado se muestra con un ejemplo del P0719. Para el resto de los parámetros que se deseen ajustar mediante el BOP, se debe proceder exactamente de la misma forma.

Cambiar P0004 – función de filtro de parámetros

Paso	Resultado en pantalla
1 Pulsar  para acceder a parámetros	r0000
2 Pulsar  hasta que se visualice P0004	P0004
3 Pulsar  para acceder al nivel de valor del parámetro	0
4 Pulsar  o  hasta el valor requerido	7
5 Pulsar  para confirmar y guardar el valor	P0004
6 Sólo los parámetros de mando son visibles al usuario.	

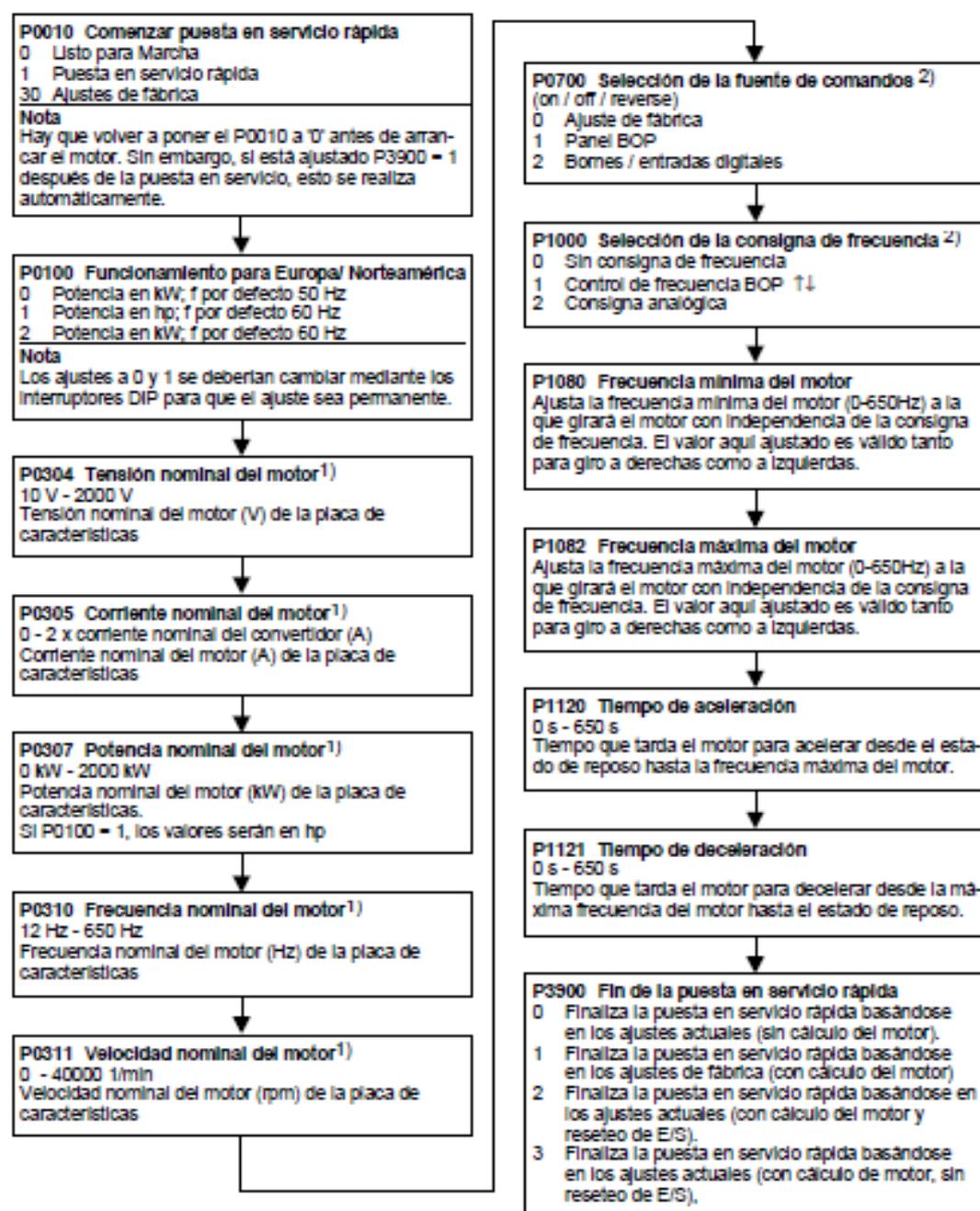
Cambiar P0719 un parámetro indexado

P0719 – Selección de fuente de comandos/valores de consigna

Paso	Resultado en pantalla
1 Pulsar  para acceder a parámetros	r0000
2 Pulsar  hasta que se visualice P0719	P0719
3 Pulsar  para acceder al nivel del valor del parámetro	r0000
4 Pulsar  para visualizar el valor actual ajustado	0
5 Pulsar  o  hasta el valor requerido	12
6 Pulsar  para confirmar y guardar el valor	P0719
7 Pulsar  hasta que se visualice r0000	r0000
8 Pulsar  para que la pantalla vuelva a su forma estándar (tal y como se definió por el cliente)	

Figura 3-8 Cambiar parámetros mediante el 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

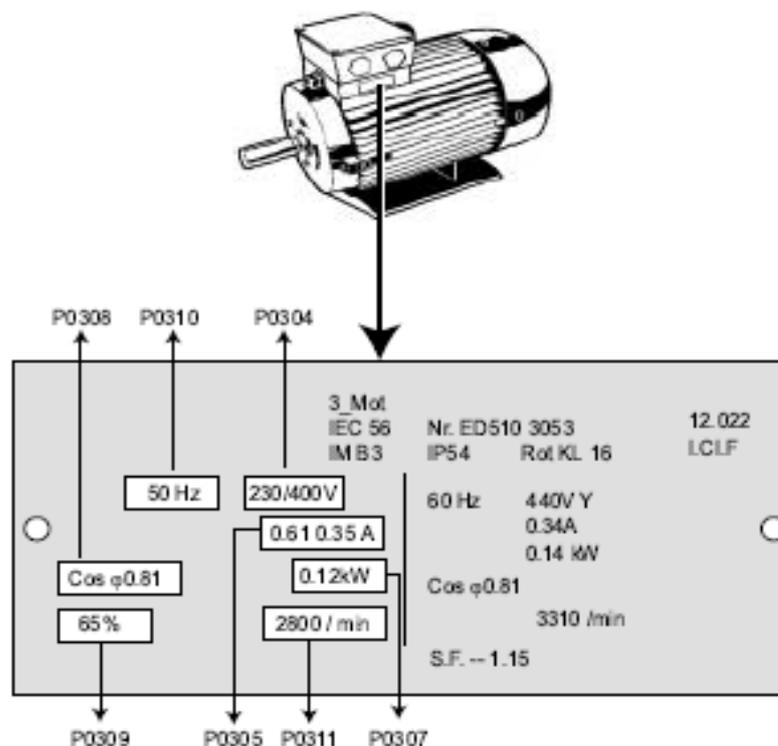


Figura 3-7 Ejemplo placa de características típica motor

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.

6.3 Códigos de fallo

Si se produce una avería, el convertidor se desconecta y en pantalla aparece un código de fallo.

NOTE

To reset the fault code, one of three methods listed below can be used:

1. Cycle the power to the drive.
2. Press the  button on the BOP or AOP.
3. Via Digital Input 3 (default setting)

Error	Causa	Diagnóstico & Eliminar	Reacción
F0001 Sobrecorriente	<ul style="list-style-type: none"> > Potencia del Motor (P0307) no corresponde a la potencia del convertidor (P0206) > Cortocircuito en la alimentación del motor > Fallo a tierra 	Revisar lo siguiente: 1. La potencia del motor (P0307) debe corresponder a la potencia del convertidor (P0206). 2. El tamaño límite de cables no debe ser sobrepasado. 3. Los cables del motor y el motor no deben tener cortocircuitos o fallos a tierra. 4. Los parámetros del motor deben ajustarse al motor utilizado. 5. Debe corregirse el valor de la resistencia del estator (P0350). 6. El motor no debe estar obstruido o sobrecargado. Incrementar el tiempo de rampa Reducir el nivel de elevación	Off II
F0002 Sobretensión	<ul style="list-style-type: none"> > tensión circuito intermedio (r0026) sobrepasa el nivel de fallo (P2172) > La sobretensión puede estar ocasionada bien por una tensión de alimentación demasiado alta o por un funcionamiento regenerativo del motor. > El modo regenerativo puede ser ocasionado por rampas de aceleración rápidas o cuando el motor es arrastrado por una carga activa. 	Revisar lo siguiente: 1. Tensión alimentación (P0210) debe ajustarse dentro de los límites indicados en la placa de características. 2. El regulador del circuito intermedio debe estar habilitado (P1240) y parametrizado adecuadamente. 3. El tiempo de deceleración (P1121) debe ajustarse a la inercia de la carga. 4. La potencia de frenado requerida debe ajustarse a los límites especificados. Nota Una inercia más alta necesita tiempos de rampa más largos; de otro modo, utilizar resistencias de frenado.	Off II
F0003 Subtensión	<ul style="list-style-type: none"> > Fallo alimentación principal. > Carga brusca fuera de los límites especificados. 	Revisar lo siguiente: 1. Tensión de alimentación (P0210) debe ajustarse dentro de los límites indicados en la placa de características. 2. El suministro de tensión no debe ser susceptible a fallos temporales o reducciones de tensión.	Off II
F0004 Sobretemperatura convertidor	<ul style="list-style-type: none"> > Ventilación insuficiente > Ventilador no operativo > Temperatura ambiente demasiado alta 	Revisar lo siguiente: 1. El ventilador debe girar cuando el convertidor este funcionando. 2. La frecuencia de pulsación debe ajustarse al valor por defecto. 3. Temperatura ambiente podría ser superior a la especificada para el convertidor. 4. Comprobar que no estén obstruidos los puntos de entrada y salida de aire.	Off II
F0005 Convertidor I2T	<ul style="list-style-type: none"> > Convertidor sobrecargado. > Ciclo de carga demasiado repetitivo. > Potencia motor (P0307) sobrepasa la capacidad de potencia del convertidor (P0206). 	Revisar lo siguiente: 1. Ciclo de carga debe situarse dentro de los límites especificados. 2. Potencia motor (P0307) debe ajustarse a la potencia del convertidor (P0206).	Off II

Error	Causa	Diagnóstico & Eliminar	Reacción
F0011 Sobre-temperatura I2T del motor	Motor sobrecargado	Revisar lo siguiente: 1. Ciclo de carga debe ser corregido 2. La constante tiempo térmica del motor (P0611) debe ser corregida 3. Deje ajustarse el nivel de aviso de la temperatura del motor (P0604) 4. Comprobar el parámetro de la constante de tiempo térmica del motor. 5. Comprobar el parámetro de nivel de alarma del I ² T del motor.	Off II
F0012 Temperatura convertidor. pérdida señal	Rotura de hilo del sensor de temperatura (disipador)		Off I
F0015 Temperatura motor pérdida señal	Sensor de temperatura motor abierto o cortocircuito. Si se detectó pérdida de señal, la monitorización de temperatura cambia a monitorización con modelo térmico del motor.		OFF2
F0020 Mains Phase Missing	Fault occurs if one of the three input phases is missed and the pulses are enabled and drive is loaded	Check the input wiring of the mains phases	OFF2
F0021 Fallo a tierra	El fallo se produce si la suma de las intensidades por fase es superior al 5 % de la intensidad nominal del motor. Nota Este fallo sólo ocurre en convertidores con tres sensores de corriente. Tamaños D a F		Off II
F0022 Fallo en memoria	Fallo ocasionado por los siguientes ventos: (1) sobrecorriente en circuito intermedio = cortocircuito de IGBT (2) cortocircuito del choperr (3) fallo a tierra > Tamaños A a C (1),(2),(3) > Tamaños D a E (1),(2) > Tamaño F(2) Como todos estos fallos están asignados a una sola zona de la memoria, no es posible establecer cual de ellos ha ocurrido realmente..		Off II
F0030 El ventilador ha fallado	El ventilador no funciona	El fallo no puede ser enmascarado mientras los módulos opcionales (AOP o BOP) estén conectados. Necesita un nuevo ventilador.	Off II
F0040 Calibración automática del fallo			Off II

Error	Causa	Diagnóstico & Eliminar	Reacción
F0041 Fallo en la identificación de datos del motor	Fallo en la identificación de datos del motor. > Valor de alarma =0: Sin carga > Valor de alarma =1: Alcanzado nivel de limitación de corriente durante la identificación. > Valor de alarma =2: Resistencia de estator identificada inferior a 0.1% o superior a 100%. > Valor de alarma =3: Resistencia del rotor identificada inferior a 0.1% o superior a 100%. > Valor de alarma =4: Reactancia del estator identificada inferior a 50% y superior a 500%. > Valor de alarma =5: Reactancia principal identificada inferior al 50% y superior a 500%. > Valor de alarma =6: Constante de tiempo del rotor identificada inferior a 10ms o superior a 5s. > Valor de alarma =7: Reactancia de fuga identificada inferior al 5% y superior a 50%. > Valor de alarma =8: Reactancia de fuga del estator inferior al 25% y superior a 250%. > Valor de alarma =9: Reactancia de fuga del rotor identificada inferior a 25% y superior a 250%. > Valor de alarma = 20: Identificada IGBT en-tensión inferior a 0.5 o superior a 10V. > Valor de alarma = 30: Regulador Intensidad al límite de tensión. > Valor de alarma = 40: Inconsistencia en el juego de datos identificado, al menos un fallo identificado. Porcentaje de valor basado en la Impedancia $Z_b = V_{mot, nom} / \sqrt{3} / I_{mot, nom}$	0: Revisar que el motor está conectado al motor. 1-40: Revisar si los datos del motor en P0304-P0311 son correctos. Revisar qué tipo de cableado de motor se necesita (star, delta).	Off II
F0051 Fallo parámetro EEPROM	Fallo de lectura o escritura mientras guarda parámetros permanentes.	1. Reajuste de fábrica y nueva parametrización. 2. Sustituir el convertidor.	Off II
F0052 Fallo pila de energía	Fallo de lectura para información de pila de energía o datos no válidos.	Sustituir el convertidor.	Off II
F0053 Fallo EEPROM ES	Fallo de lectura para información EEPROM ES o datos no válidos.	1. Revisar datos. 2. Change IO module	Off II
F0054 Wrong IO Board	> Wrong IO board is connected. > No ID detected on IO board, No data.	1. Check data 2. Change IO module	Off II
F0060 Timeout del ASIC	Fallo comunicaciones	1. Si el fallo persiste, cambiar convertidor 2. Contactar con el Servicio Técnico	Off II
F0070 CB fallo consigna	No se recibe consigna de la tarjeta de comunicaciones durante el tiempo de telegrama off.	1. Comprobar las conexiones de la tarjeta de comunicaciones. 2. Comprobar el maestro.	Off II
F0071 USS (enlace-BOP) fallo consigna	No hay respuesta durante el tiempo de telegrama off via enlace BOP.	1. Comprobar las conexiones de la tarjeta de comunicaciones. 2. Comprobar el maestro.	Off II
F0072 USS (enlace-COMM) fallo consigna	No hay respuesta durante el tiempo de telegrama off enlace COMM.	1. Comprobar las conexiones de la tarjeta de comunicaciones. 2. Comprobar el maestro.	Off II
F0080 pérdida señal de entrada ADC	> Rotura de hilo > Señal fuera de límites	Comprobar la conexión a la entrada analógica.	Off II
F0085 Fallo Externo	Fallo externo disparado a través	Bloquear la entrada disparo de fallo.	Off II

Error	Causa	Diagnóstico & Eliminar	Reacción
F0101 Desbordamiento de memoria	Error de software o fallo del procesador	1. Activar rutinas de autotest. 2. Sustituir el convertidor.	Off II
F0221 Realimentación PID por debajo del valor mínimo.	Realimentación PID por debajo del valor mínimo P2268.	1. Cambiar el valor de P2268. 2. Ajustar la ganancia de la realimentación.	Off II
F0222 PID Realimentación por encima del máximo.	Realimentación PID por encima del valor máximo P2267.	1. Cambiar el valor de P2268. 2. Ajustar la ganancia de la realimentación.	Off II
F0450 Fallo en test BIST (sólo para modo de servicio técnico)	Valor de fallo: 1 Ha fallado alguno de los tests de la sección de la etapa de potencia. 2 Ha fallado alguno de los tests de las placas de mando 4 Ha fallado alguno de los tests funcionales 8 Ha fallado alguno de los tests de E/S. (sólo MM 420) 16 La RAM interna ha fallado en su verificación al ponerla en marcha	1. El convertidor puede ponerse en marcha pero determinadas acciones pueden no funcionar. 2. Sustituir el convertidor.	Off II
F0452 Detectado fallo en transmisión	Condiciones de carga en el motor indican fallo en la transmisión por correa o fallo mecánico.	Revisar lo siguiente: 1. Sin rotura, detención u obstrucción del movimiento del convertidor. 2. Funcionamiento correcto del sensor externo de velocidad, si está en uso. 3. P0402 (Pulsos por minuto a la velocidad nominal), P2164 (frec. histéresis desviación) y P2165 (retraso de tiempo para la desviación permitida) deben tener valores correctos. 4. P2155 (frecuencia umbral f1), P2157 (frecuencia umbral f2), P2159 (frecuencia umbral f3), P2174 (umbral de par superior 1), P2175 (umbral de par inferior 1), P2176 (retraso par T), P2182 (umbral de par superior 2), P2183 (umbral de par inferior 2), P2184 (umbral de par superior 3) and P2185 (umbral de par inferior 3) deben tener valores correctos.	Off II

6.4 Códigos de alarma

A0501 Limitación corriente	<ul style="list-style-type: none"> > La potencia del motor no corresponde a la potencia del convertidor > Los cables al motor son demasiado cortos > Fallo a tierra 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar si la potencia del motor se corresponde con la potencia del convertidor. 2. Comprobar que no se han superado los límites de longitud del cable. 3. Comprobar el cable del motor y el motor para detectar cortocircuitos y defectos a tierra. 4. Comprobar si los parámetros del motor se corresponden con el motor utilizado. 5. Comprobar la resistencia del estator. 6. Incrementar el tiempo de aceleración. 7. Reducir la elevación. 8. Comprobar si el motor está obstruido o sobrecargado. 	—
A0502 Limite por sobretensión	<ul style="list-style-type: none"> > Limite por sobretensión alcanzado. > Este aviso puede ocurrir durante la aceleración, si el regulador del circuito intermedio está habilitado (P1240 = 0). 	Si se muestra este aviso permanentemente, revisar la entrada de tensión convertidor.	—
A0503 Limite de mínima tensión	<ul style="list-style-type: none"> > Fallo en la alimentación de tensión > Alimentación principal (P0210) y consecuentemente la tensión en el circuito intermedio (R0026) por debajo de los límites especificados (P2172). 	Revisar la tensión de la alimentación principal (P0210).	—
A0504 Sobre-temperatura del convertidor	Superado nivel de temperatura en el disipador del convertidor (P0614), de ello resultará reducción en la frecuencia de pulsación y/o la frecuencia de salida (dependiendo de la parametrización en (P0610))	Revisar lo siguiente: <ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura ambiente debe situarse dentro de los límites especificados 2. Comprobar las condiciones y ciclo de carga 3. Comprobar si el ventilador está girando cuando está en marcha el accionamiento 	—
A0505 Ít del convertidor	Se ha superado el nivel de alarma; la corriente se reduce si está parametrizado (P0610 = 1)	Comprobar si el ciclo de carga está dentro de los límites especificados	—
A0506 Ciclo de carga del convertidor	La temperatura del disipador y el modelo térmico de la unión del semiconductor están fuera del rango admisible	Revisar el ciclo de carga y los cambios de carga entran dentro de los límites especificados	—
A0510 Sobre-temperatura motor			—
A0511 Sobre-temperatura Ít	<ul style="list-style-type: none"> > Sobrecarga motor. > Ciclo de carga demasiado alta. 	Revisar lo siguiente: <ol style="list-style-type: none"> 1. P0611 (constante de tiempo del motor (Ít)) debería ajustarse al valor correcto 2. P0614 (Nivel de sobrecarga de motor (Ít)) debería ajustarse a un nivel adecuado 3. Comprobar si ha habido largos periodos de funcionamiento a baja velocidad. 4. Comprobar si los ajustes de elevación no son demasiado altos. 	—
A0512 Pérdida de la señal de temperatura del motor	Rotura de hilo del sensor de temperatura del motor.	Si se detecta la rotura de hilo, la monitorización de la temperatura cambia a la monitorización del modelo térmico.	—
A0535 Resistencia de frenado calientes			—
A0541 Identificación de datos de motor activo	Identificación datos de motor (P1910) seleccionado o funcionamiento		—
A0600 Aviso RTOS			—
A0700 CB alarma 1	Específico de la tarjeta de comunicaciones (CB)	Ver manual de usuario CB	—
A0701 CB alarma 2	Específico de la tarjeta de comunicaciones (CB)	Ver manual de la CB	—
A0702 CB alarma 3	CB Específico de la tarjeta de comunicaciones	Ver Manual de la CB	—

A0703 CB alarma 4	Específico de la tarjeta de comunicaciones	Ver Manual de la CB	—
A0704 CB alarma 5	Específico de la tarjeta de comunicaciones	Ver Manual de la CB	—
A0705 CB alarma 6	Específico de la tarjeta de comunicaciones	Ver Manual de la CB	—
A0706 CB alarma 7	Específico de la tarjeta de comunicaciones	Ver Manual de la CB	—
A0707 CB alarma 8	Específico de la tarjeta de comunicaciones	Ver Manual de la CB	—
A0708 CB alarma 9	Específico de la tarjeta de comunicaciones	Ver Manual de la CB	—
A0709 CB alarma 10	Específico de la tarjeta de comunicaciones	Ver Manual de la CB	—
A0710 Error comunicaciones CB	Se ha perdido comunicación con CB (tarjeta de comunicación)	Comprobar el hardware de la CB	—
A0711 Error configuración CB	CB (tarjeta comunicación) notifica error de configuración.	Comprobar parámetros CB	—
A0910 Regulador Vdc-max activo	<ul style="list-style-type: none"> > El regulador de Vdc máximo ha sido desactivado, debido a que el regulador no es capaz de mantener la tensión en el circuito intermedio (r0026) dentro de los límites (P2172). > Ocurre cuando la tensión de alimentación principal (P0210) está alta permanentemente. > Ocurre si el motor es arrastrado por la carga activa, ocasionando que el motor entre en modo regenerativo. > Ocurre con cargas con gran inercia, cuando se desacelera. 	Revisar lo siguiente: 1. Entrada tensión (P0756) debe estar dentro de los límites. 2. Debe ajustarse la carga. En ciertos casos utilizar resistencias de frenado.	—
A0911 Regulador Vdc-max activo	Regulador Vdc max activo; los tiempos de desaceleración se incrementarán automáticamente para mantener la tensión en el circuito intermedio (r0026) dentro de los límites (P2172).		—
A0912 Regulador Vdc-min activo	<ul style="list-style-type: none"> > Regulador Vdc min se activará si la tensión en el circuito intermedio (r0026) cae por debajo del nivel mínimo (P2172). > a energía cinética del motor se utiliza para almacenar la tensión en el circuito intermedio, provocando la desaceleración del convertidor. > Fallos cortos en la alimentación no ocasionan necesariamente fallos por sobretensión. 		—
A0920 Los parámetros del ADC no están ajustados adecuadamente.	<ul style="list-style-type: none"> > Parámetros ADC no deben estar todos ajustados al mismo valor, ya que esto produce resultados lógicos. > Índice 0: Ajustes de parámetro para salida idéntica > Índice 1: Ajustes de parámetro para entrada idéntica > Índice 2: Ajustes de parámetro para entrada no corresponden al tipo ADC 	Los parámetros de entrada analógica no deben estar todos ajustados al mismo valor.	—
A0921 Los parámetros de DAC no ajustados correctamente.	<ul style="list-style-type: none"> > Los parámetros del DAC no deben estar ajustados al mismo valor, ya que esto produce resultados lógicos. > Index 0: Ajustes de parámetro para idéntica salida > Index 1: Ajustes de parámetro para idéntica entrada > Index 2: Ajustes de parámetro para la salida no corresponde al tipo DAC 	Los parámetros de salida analógica no deben estar todos ajustados al mismo valor.	—

A0922 No hay carga aplicada al convertidor	<ul style="list-style-type: none"> > No hay carga aplicada al convertidor. > Como resultado algunas funciones no trabajan correctamente ya que no hay condiciones de carga normales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar que la carga está aplicada al convertidor. 2. Comprobar si los parámetros del motor se corresponden con los del motor conectado. 3. Como resultado algunas funciones no trabajan correctamente ya que no hay condiciones de carga normales. 	—
A0923 Señales JOG a derechas y JOG a izquierdas activas	Señales JOG a derechas y JOG a izquierdas activas conjuntamente. Esto paraliza la frecuencia de salida RFG a su valor real.	Asegurarse de que las señales JOG a derechas y JOG a izquierdas no estén aplicadas simultáneamente.	—
A0936 PID Autotuning Active	PID Autotuning (P2350) selected or running		—
A0952 Detectado fallo en la correa de transmisión	Las condiciones de carga en el motor indican un fallo en la correa de transmisión o un fallo mecánico.	Revisar lo siguiente: <ol style="list-style-type: none"> 1. Sin rotura, detención u obstrucción del movimiento del convertidor. 2. Funcionamiento correcto del sensor externo de velocidad, si está en uso. 3. P0402 (Pulsos por minuto a la velocidad nominal), P2164 (frec. histéresis desviación) y P2165 (retraso de tiempo para la desviación permitida) deben tener valores correctos. 4. P0402 (pulsos por minuto a la velocidad nominal), P2164 (frec. histéresis desviación), P2155 (frecuencia umbral f1), P2157 (frecuencia umbral f2), P2159 (frecuencia umbral f3), P2174 (umbral de par superior 1), P2175 umbral de par inferior 1), P2176 (retraso T_Par), P2182 (umbral de par superior 2), P2183 (umbral de par inferior 2), P2184 (umbral superior de par 3) and P2185 (umbral de par inferior 3) deben tener valores correctos. 	—

ENCODER INCREMENTAL ES3-10LN-6941



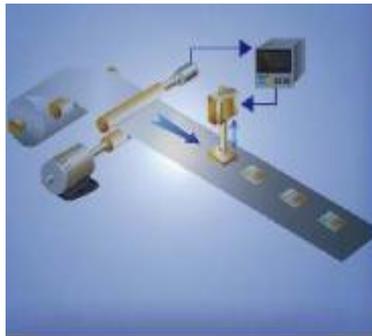
ROE

Delta Rotary Optical Encoders

Incremental / Absolute / Commutation Encoder (For Servo Motor)



www.delta.com.tw/industrialautomation



Rotary Optical Encoder

Ordering Information

E S 5 - 0 5 C N 8 9 4 2 F ← Example

1 2 3 - 4 5 6 7 8 9 10 11 ← Code Order

Model Name Explanation

ES5-05CN8942F is an Incremental Encoder, Shaft Type is Solid Shaft, Outer Diameter is 50mm, Resolution can reach 500PPR, Output Form is Open Collector, Signal Output is A, B & Z (Ungated), Shaft/Bore Diameter is 8mm, Input Voltage is 7-24VDC and Operation Environment is IP40. It means ES5-05CN8942F this product has protection against solid foreign objects of 1.0 mm in diameter and greater but does not have waterproof protection. Also, it is suitable for the use within -10°C ~ 70°C operating temperature. Besides, the Cable Length of ES5-05CN8942F is 2000mm and mechanism code is F (F: Flange).

1. Product Type

E: Incremental Encoder A: Absolute Encoder
M: Incremental Encoder with commutation UVW
(for Servo Motor)

2. Shaft Type

S: Solid Shaft H: Hollow Shaft T: Through Hole Shaft

3. Outer Diameter

3: 36.6mm 4: 38.7mm 5: 50mm A: 100mm

4. Resolution

ES/EH/ET (PPR):
01: 100; 02: 200; 0B: 256; 03: 300; 0C: 360;
04: 400; 05: 500; 06: 600; 10: 1000; 11: 1024;
12: 1200; 20: 2000; 25: 2500; 36: 3600; 50: 5000

AS/AH (BIT):

05; 06; 07; 08; 09; 10; 11; 12

MH/MT (PPR)

25: 2500

5. Output Form

V: Voltage Output C: Open Collector L: Line Driver
P: Push Pull

6. Signal Output

ES/EH/ET:

A: A (without Z signal output)
B: A & B (without Z signal output)
G: A, B & Z (Gated with A&B)
N: A, B & Z (Ungated)
U: A, B & Z (Ungated, active low)
V: A, B & Z (Gated with A&B, active low)

AS/AH:

B: Binary code G: Gray code

MH/MT:

F: 14 cores, A, B & Z and U, V, W
output simultaneously
N: 8 cores, A, B & Z and U, V, W
do not output simultaneously

7. Shaft/Bore Diameter

4: 4mm 5: 5mm 6: 6mm
8: 8mm M: 30mm Q: 1/4 inch
T: 9mm with Taper 1: 10

8. Input Voltage

6: 6VDC; 8: 6-12VDC
9: 7-24VDC

9. Operating Environment

1: IP40 & 60°; 4: IP40 & 70°;
6: IP65 & 70°; C: IP30 & 85°

10. Cable Length

1: 1000 mm; 2: 2000 mm;
3: 3000 mm; 5: 500 mm;
7: 170 mm; A: 300 mm;

11. Suffix Code

0: UVW 10 poles 4: UVW 4 poles
6: UVW 6 poles 8: UVW 8 poles
F: Flange
N: Optical Fringe Subdivision

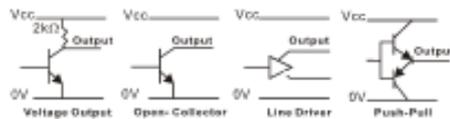
IP (Ingress Protection) is a coding system which is used to indicate the environmental protection of enclosures around the electrical equipment. The environmental protection includes the degree of protection from ingress of solid foreign objects, ingress of water and mechanical impacts. IP code normally has two numbers. The first number indicates the degree of protection against solid foreign objects and the degree that persons are protected against hazardous parts or harmful deposit. The second number indicates the degree of protection against water. The number is higher, the protection is better. For example, IP Rating IP 45, 4 describes the level of protection from totally protected against dust and 5 describes the level of protection against low pressure jetting water from all directions.



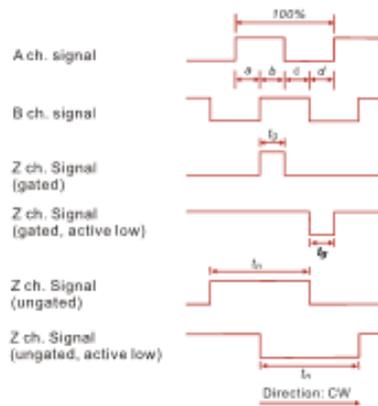
ES/EH/ET Series

Wire Color	Brown	Blue	Black	Black (Red)	White	White (Red)	Orange	Orange (Red)
Function	Vcc	0V	A	\bar{A}	B	\bar{B}	Z	\bar{Z}
Voltage Output	○	○	○	-	○	-	○	-
Open Collector	○	○	○	-	○	-	○	-
Line Driver	○	○	○	○	○	○	○	○
Push-Pull	○	○	○	-	○	-	○	-

Output Circuit



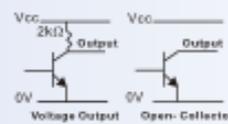
Output Waveform (Viewed from Shaft End)



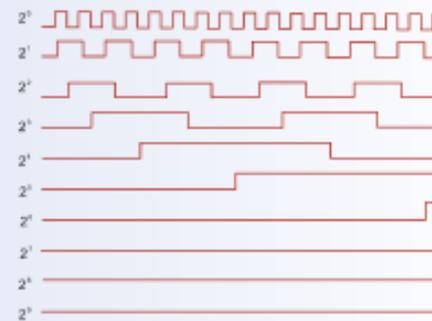
AS/AH Series

Wire Color	Function	Wire Color	Function
Red	Vcc	Blue	2 ⁴
Black	0V	Purple	2 ⁵
Brown	2 ⁶	Gray	2 ⁸
Orange	2 ¹	White	2 ⁷
Yellow	2 ²	Pink	2 ⁹
Green	2 ³	Light Blue	2 ⁰

Output Circuit



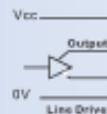
Output Waveform (Viewed from Mounting Surface)



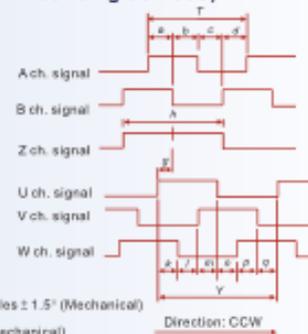
MH4/MT4 Series

Wire Color	Function	Wire Color	Function
Black	A	Yellow	U
Black/Red	\bar{A}	Yellow/Red	\bar{U}
White	B	Green	V
White/Red	\bar{B}	Green/Red	\bar{V}
Orange	Z	Pink	W
Orange/Red	\bar{Z}	Pink/Red	\bar{W}
Brown	DC+5V	Blue	0V

Output Circuit



Output Waveform (Viewed from Mounting Surface)



$$T = 360^\circ / 2500$$

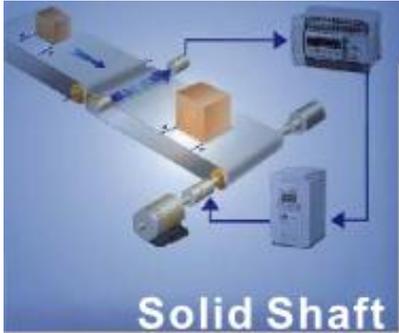
$$a, b, c, d = T/4 \pm T/8$$

$$h = T \pm T/2$$

$$k, l, m, n, p, q = 120^\circ / \text{poles} \pm 1.5^\circ \text{ (Mechanical)}$$

$$r = 720^\circ / \text{poles} \pm 1.5^\circ \text{ (Mechanical)}$$

$$g = \pm 1^\circ \text{ (Between Zch center and Uch rise)}$$



Incremental Encoder

Solid Shaft Outer Diameter 36.6mm

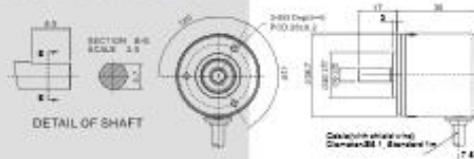
ES3



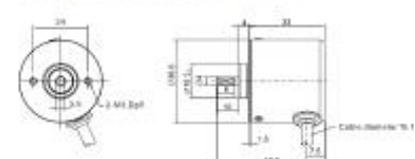
Series	ES3 Series			
	Model Name	ES3...5XX	ES3...8XX	ES3...9XX
Rated Voltage	5±5%V	5-5%-12±5%V	7-5%-24±5%V	
Output Type	Open Collector	Voltage Output	Push Pull	Line Driver
Sink Current	20 mA	--	20 mA	20mA
Source Current	--	--	20 mA	26C31 or equivalent
Max. Load Power Voltage	DC30V	--		
Output Signal	A, B, Z		A, \bar{A} , B, \bar{B} , Z, \bar{Z}	
Output Voltage	VH	>(V _{cc} -2V)		>(V _{cc} -2V)
	VL	<500mV		
Electrical Specifications	Encoder Resolution: 100 to 2500 (PPR)			
	Current Consumption : 100mA max			
	Max. Response Frequency : 300KHz Max			
	Cable Diameter : 5.1mm			
	Output Phase Difference: Output phase difference 90° + zero point signal			
	Cable Length : 500/1000/2000±20mm			
Mechanical Specifications	Cross Sectional Area : 0.18mm ²			
	Signal Characteristic : Rise Time t _r s Typ. ; Fall Time t _f s Typ.			
	Max. Speed of Main Shaft : 6000rpm			
	Starting Torque : 2.0 N·mm Typ / 5.0 N·mm Typ. (IP65)			
	Moment of Inertia : 0.3 kg·mm ² Typ.			
	Outer Diameter : 36.6mm			
Environmental Specifications	Height : 33mm (S4) / 35mm (S6) / 50.2mm (IP65)			
	Weight : <70g / <120g (IP65)			
	Shaft Diameter : 4mm/ 6mm			
	Max. Shaft Load: Thrust: 15N / Radial: 30N (10mm: 10 mm from shaft end)			
	Wire Color : Vcc: Brown, 0V: Blue, A: Black, \bar{A} : Black/Red, B: White, \bar{B} : White/Red, Z: Orange, \bar{Z} : Orange/Red			
	Operating Temperature: -10°C~70°C, 95%RH (Non-condensing, Non-freezing)			
Storage Temperature: -25°C~85°C (Non-condensing, Non-freezing)				
Shock: 100G's 6ms				
Vibration: 10 to 200Hz at 5G's				
Protection Degree: IP40 / IP65				

Dimensions

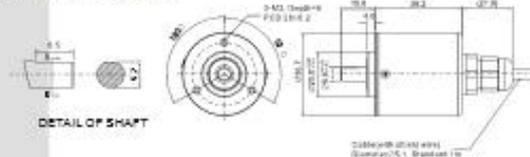
Shaft Diameter 6mm



Shaft Diameter 4mm



Shaft Diameter 6mm (IP65 Type)



FUENTE LOGO 6EP1332-1SH43

SIEMENS

hoja de datos del producto

6EP1332-1SH43

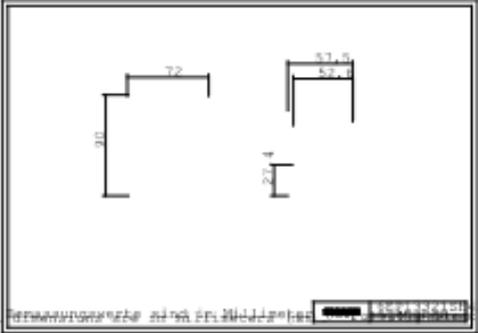


LOGO!POWER 24 V FUENTE ALIMENT. ESTABILIZADA
ENTRADA: AC 100-240 V (DC 110-300 V) SALIDA: DC 24
V/2,5 A

Datos técnicos	
Producto	LOGO!Power
Fuente de alimentación, tipo	24 V/2,5 A
Entrada	
Entrada	AC monofásica o DC
Tensión nominal U_e nom/mín.	100 ... 240V
Rango de tensión/mín.	85 ... 264V
Tensión de entrada / con DC	110 ... 300V
Entrada de rango amplio	Sí
Resistencia a sobretensiones	2,3 x U_{enom} , 1,3ms
Respaldo de red con la nom, mín.	40ms
Respaldo de red	Con $U_e = 187 V$
Frecuencia nominal de red/1	50 / 60Hz
Rango de frecuencia de red/mín.	47 ... 63Hz
Intensidad de entrada/con valor nominal de la tensión de entrada 120 V/valor nominal	1,22A
Intensidad de entrada/con valor nominal de la tensión de entrada 230 V/valor nominal	0,66A
Limitación de la intensidad de conexión (+ 25 °C), máx.	46A
IT, máx.	3A ² s
Fusible de entrada incorporado	Interno

Protección del cable de red (IEC 898)	Interruptor magnetotérmico recomendado: a partir de 16 A, característica B o a partir de 10 A, característica C
Salida	
Salida	Tensión continua estabilizada y aislada galvánicamente
Tensión nominal U_s nom DC	24V
Tolerancia total, estática \pm	3%
Compens. estática variación de red, aprox.	0,1%
Compens. estática variación de carga, aprox.	1,5%
Ondulación residual entre picos, máx.	200mV
Ondulación residual entre picos, tip.	10mV
Spikes entre picos, máx. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	300mV
Spikes entre picos, tip. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	50mV
Rango de ajuste/mín.	22,2 ... 26,4V
Función del producto/tensión de salida ajustable	SI
Ajuste de la tensión de salida	Mediante potenciómetro
Pantalla normal	LED verde para tensión de salida O.K.
Comportamiento al conectar/desconectar	Sin rebase transitorio de U_a (arranque suave)
Retardo de arranque, máx.	0,5s
Subida de tensión, tip.	10ms
Intensidad nominal I_a nom	2,5A
Rango de intensidad	0 ... 2,5A
• Observación	2,5 A a +55 °C, 1,7 A a +70 °C
Potencia activa entregada/típica	60W
Posibilidad de conex. en paralelo para aumento de potencia	SI
Número de equipos conectables en paralelo para aumentar la potencia, unidades	2
Rendimiento	
Rendimiento con U_a nominal, I_a nominal, aprox.	88%
Pérdidas con U_a nom, I_a nom, aprox.	8W
Regulación	
Compens. dinám. variación de red (U_e nom \pm 15%), máx.	0,2%
Compens. dinám. variación de carga (I_a : 10/90/10%), $U_a \pm$ tip.	2%
Tiempo de recuperación escalón de carga 10 a 90%, tip.	1ms
Tiempo de recuperación escalón de carga 90 a 10%, tip.	1ms
Protección y vigilancia	
Protección sobretensión en salida	SI, según EN60950
Limitación de intensidad, tip.	3,3A
Propiedades de la salida/resistente a cortocircuitos	SI
Prot. contra cortocircuito	Característica de intensidad constante
Intensidad de cortocircuito sostenido/valor eficaz/máxima	4,8A

Señalización de sobrecarga/cortocircuito	-
Seguridad	
Aislamiento galvánico primario/secundario	SI
Aislamiento galvánico	Tensión de salida MBTS/SELV Us según EN 60950-1 y EN 50178
Clase de protección	Clase II (sin conductor de protección)
Marcado CE	SI
Homologación UL/CSA	SI
Aprobación UL/cUL (CSA)	cULus-Listed (UL 508, CSA C22.2 No. 107.1), File E197259; cURus-Recognized (UL 60950, CSA C22.2 No. 60950), File E151273
Protección contra explosiones	ATEX (EX) II 3G Ex nA IIC T3; cCSAus (CSA E60079, UL 60079), Class I, Div. 2, Group ABCD, T4
Homologación FM	Class I, Div. 2, Group ABCD, T4
Homologación CB	SI
Homologación para la construcción naval	GL, ABS, DNV, LRS (BV en preparación)
Grado de protección (EN 60529)	IP20
CEM	
Emisión de Interferencias	EN 55022 clase B
Limitación de armónicos en red	No aplicable
Inmunidad a Interferencias	EN 61000-6-2
Datos de servicio	
Temperatura ambiente/durante la operación/valor inicial	-20 ... +70°C
• Observación	Con convección natural
Temperatura ambiente/durante el transporte/valor inicial	-40 ... +85°C
Temperatura ambiente/durante el almacenamiento/valor inicial	-40 ... +85°C
Clase de humedad según EN 60721	Clase climática 3K3, sin condensación
Mecánica	
Sistema de conexión	conexión por tornillo
Conexiones/entrada de red	L, N: 1 borne de tornillo resp. para 0,5 ... 2,5 mm ² monofilar/flexible
Conexiones/salida	+, -: 2 bornes de tornillo resp. para 0,5 ... 2,5 mm ²
Conexiones/contactos auxiliares	-
Ancho/de la caja	72mm
Altura/de la caja	90mm
Profundidad/de la caja	55mm
Ancho de montaje	72mm
Altura de montaje	130mm
Peso aprox.	0,25kg
Característica del producto/de la carcasa/carcasa disponible en hilera	SI
Tipo de fijación/montaje en pared	No
Tipo de fijación/montaje en perfil normalizado	SI

Tipo de fijación/montaje en perfil soporte S7-300	No
Montaje	Sobre perfil normalizado EN60715 35x7,5/15 por abroche
notas adicionales	Siempre que no se diga lo contrario, son aplicables todos los datos para la tensión nominal de entrada y una temperatura ambiente de +25 °C
 <p>Technical drawing of a terminal block profile. The drawing shows a cross-section of the profile with the following dimensions: a vertical height of 30, a horizontal width of 7.2, a total width of 51.5, a distance of 42.0 from the left edge to the start of the terminal block, a terminal block width of 5.0, and a distance of 4.0 from the right edge to the end of the terminal block. A small rectangular area at the bottom right of the drawing is shaded and contains the text 'Siempre que no se diga lo contrario, son aplicables todos los datos para la tensión nominal de entrada y una temperatura ambiente de +25 °C'.</p>	

letzte Änderung:

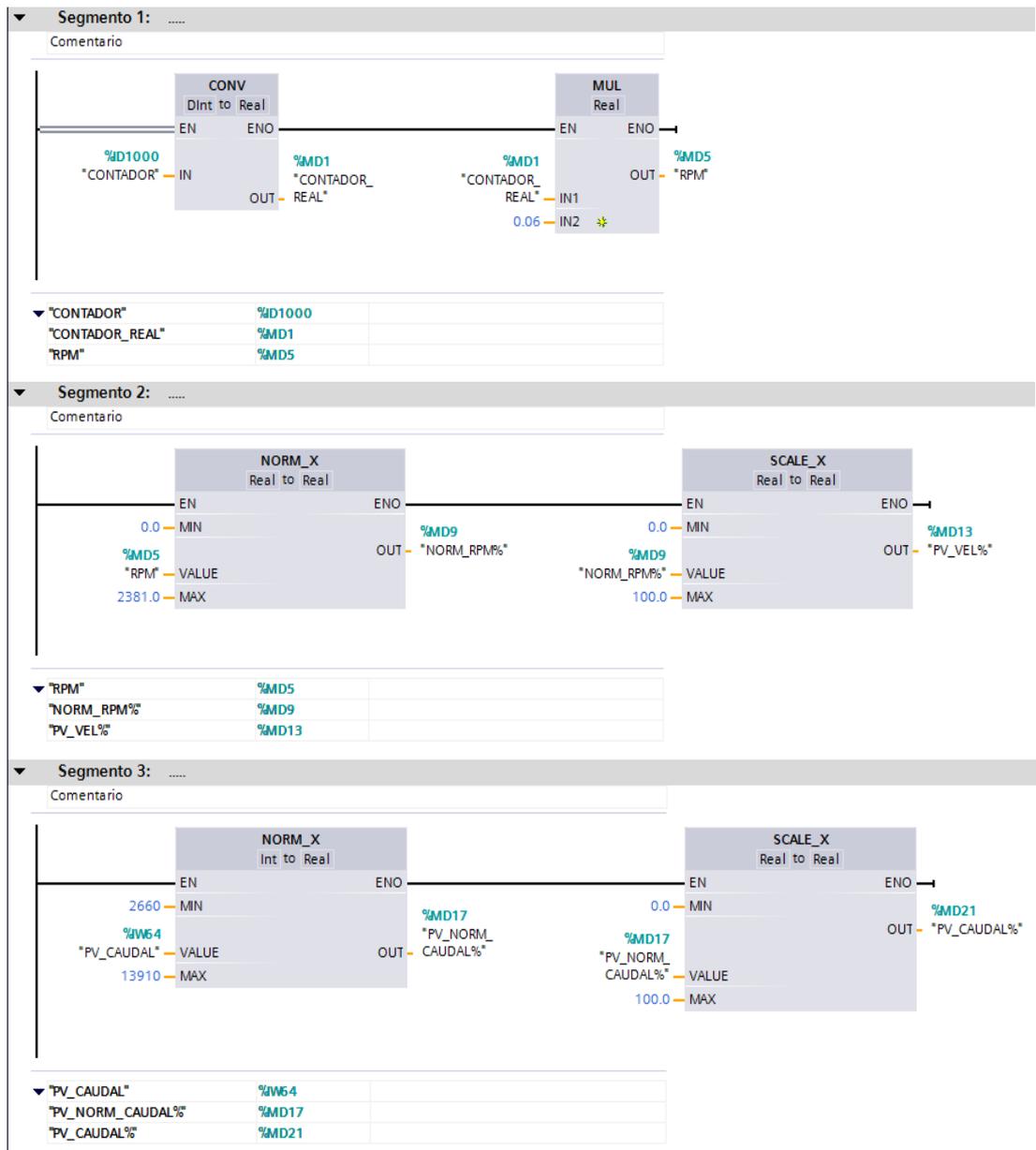
10-sep-2012

ANEXO C

PROGRAMACIÓN

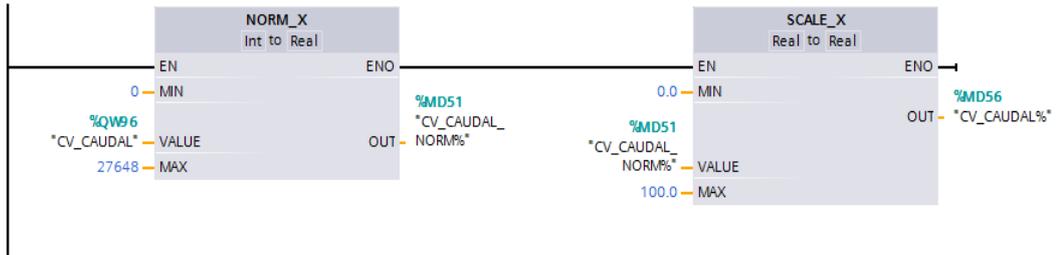
PLC S7-1200

BLOQUE DE PROGRAMA MAIN



▼ Segmento 4:

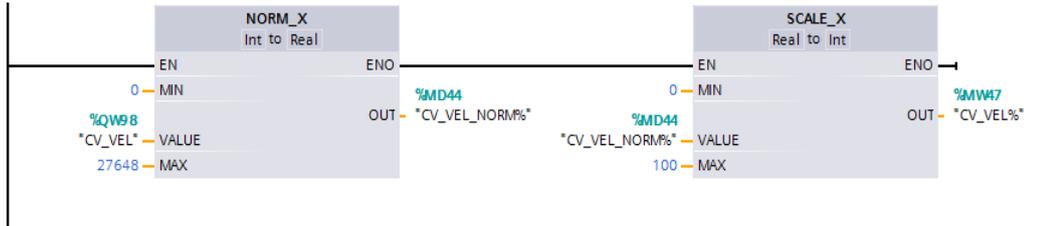
Comentario



*CV_CAUDAL%	%QW96	
*CV_CAUDAL_NORM%	%MD51	
*CV_CAUDAL%	%MD56	

▼ Segmento 5:

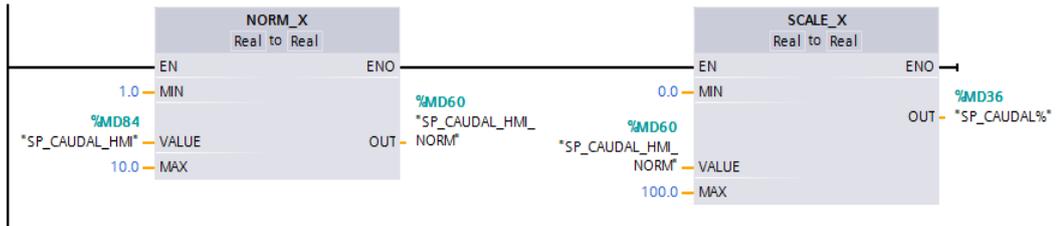
Comentario



*CV_VEL%	%QW98	
*CV_VEL%	%MW47	
*CV_VEL_NORM%	%MD44	

▼ Segmento 6:

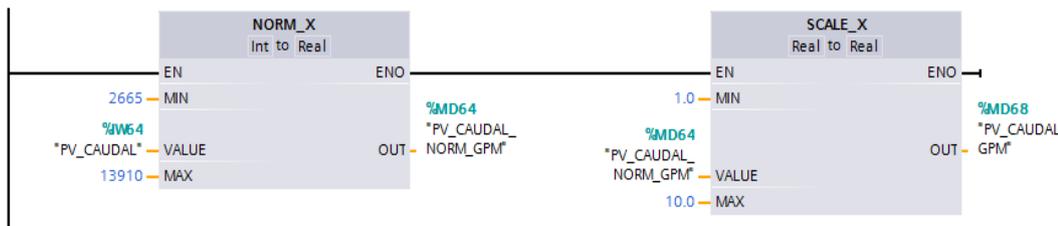
Comentario



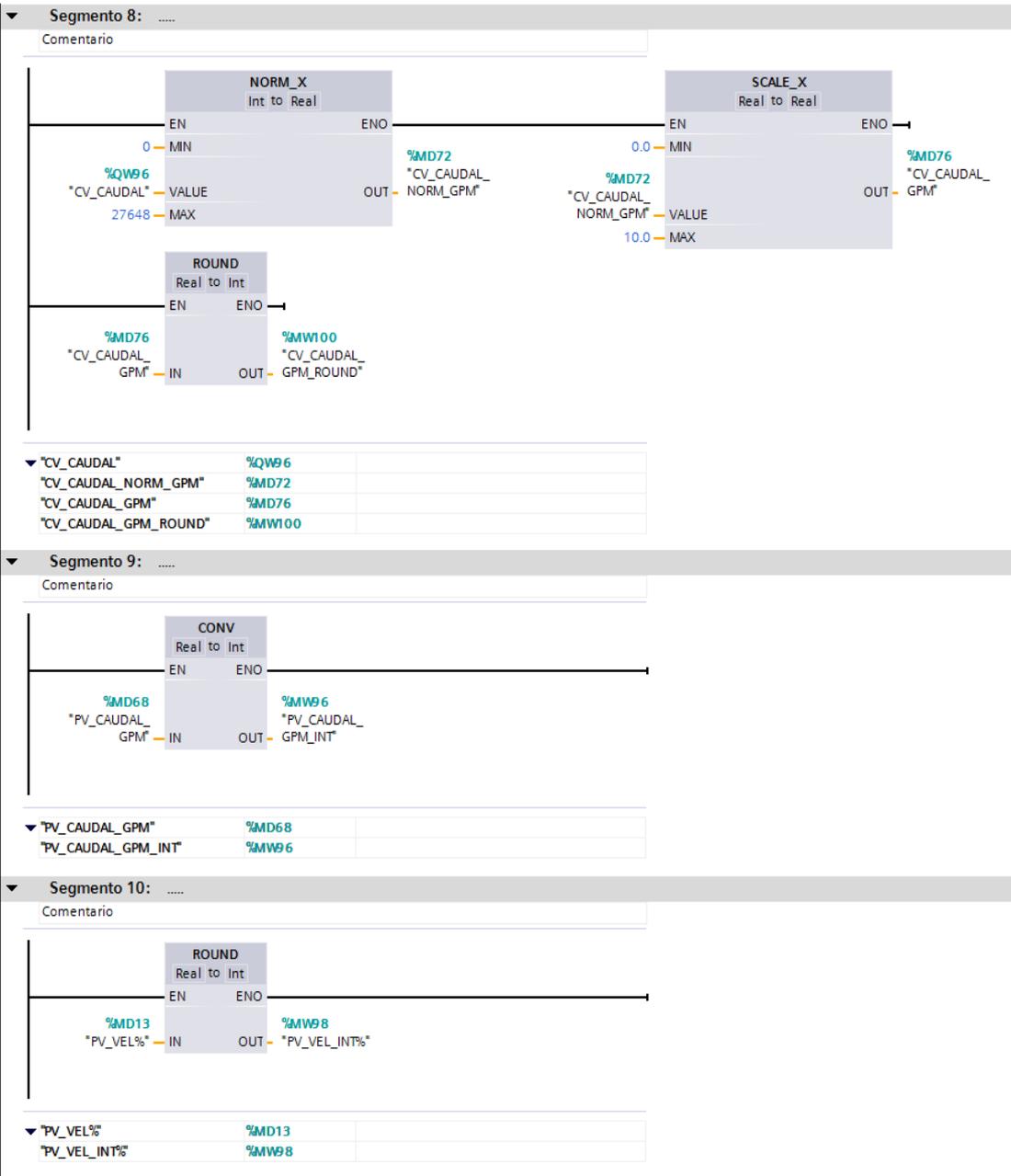
*SP_CAUDAL_HMI_NORM%	%MD60	
*SP_CAUDAL%	%MD36	
*SP_CAUDAL_HMI%	%MD84	

▼ Segmento 7:

Comentario

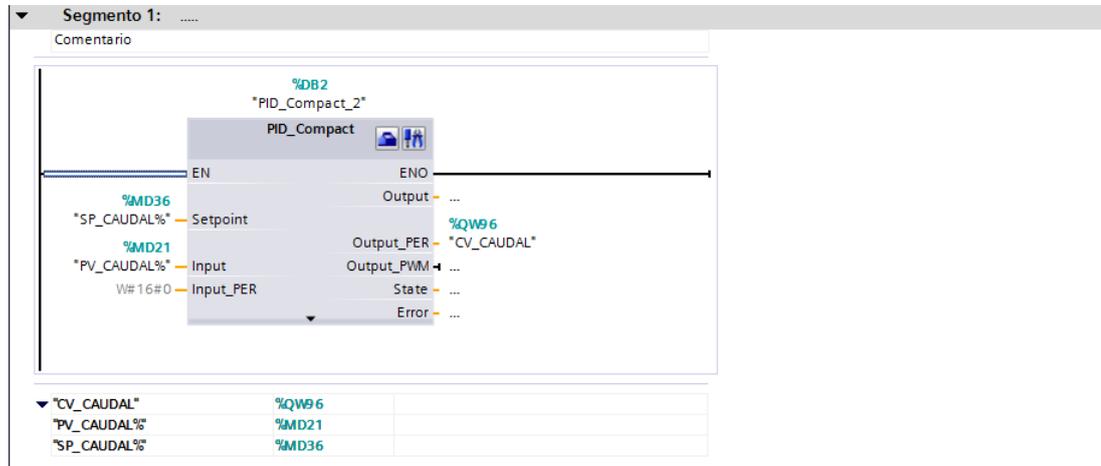


*PV_CAUDAL%	%W64	
*PV_CAUDAL_NORM_GPM%	%MD64	
*PV_CAUDAL_GPM%	%MD68	

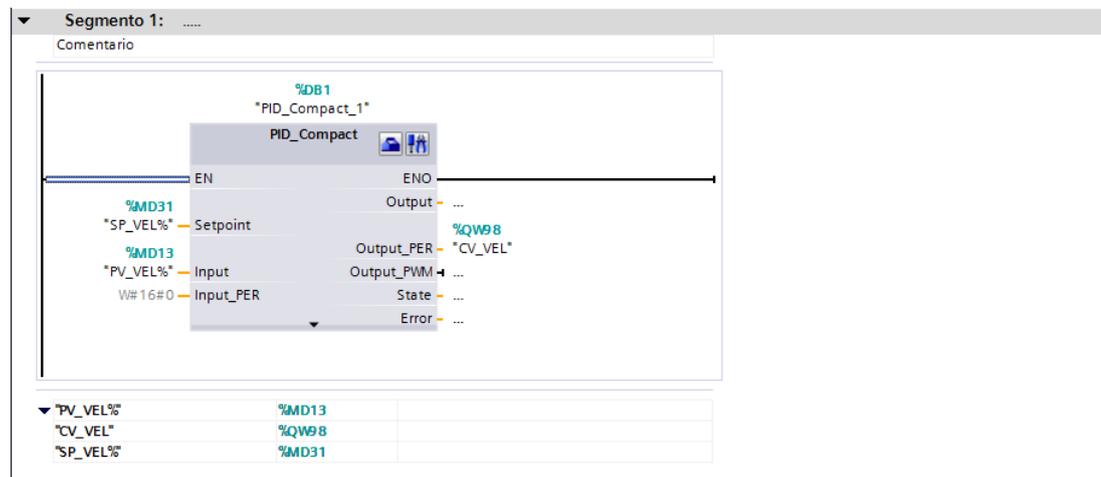


BLOQUE DE PROGRAMA CYCLIC INTERRUPT

PROCESO CAUDAL



PROCESO VELOCIDAD



TOUCH PANEL KTP600

PRESENTACIÓN



INICIO

The slide has a teal background. At the top left is the ESPE logo, which includes a crest and the text 'ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA'. Below the logo are two circuit diagrams. The top diagram is on a blue background and shows a power supply, a motor, and various electronic components. The bottom diagram is on a yellow background and is titled 'PROBLEMA DE VIBRACIONES', showing a similar circuit setup. To the right of the diagrams is a yellow box containing the text 'INTEGRANTES:' followed by two names: '* DIEGO JIMENEZ' and '* ANDRES PEREZ'. At the bottom right, there is a small, empty rectangular box with a dotted border, containing a small blue icon of a person.

MENÚ



PROCESO CAUDAL



CONSTANTES PID CAUDAL

TIPOS DE CONTROL

P

P+I

P+D

P+I+D

Kp 2,4

Ti 4,5

Td 0,3

Default

← ADMINISTRADOR CAUDAL VELOCIDAD LOGOUT

TENDENCIAS CAUDAL



HISTÓRICOS CAUDAL

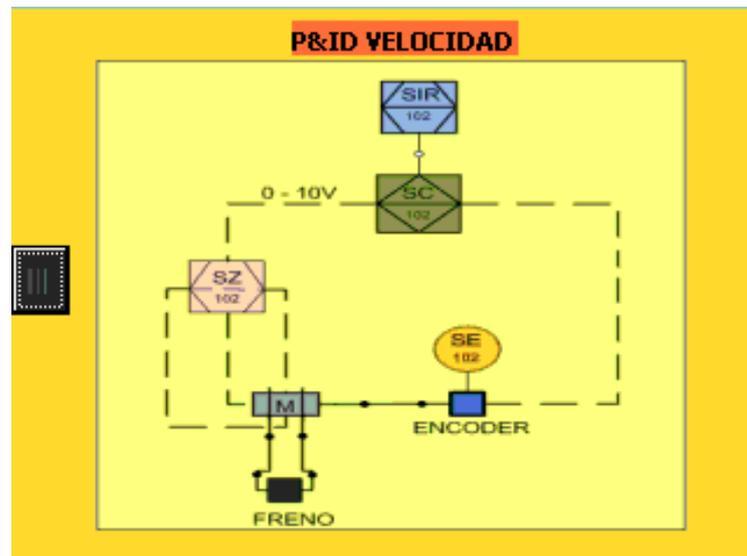
HISTORICOS

25/03/2014 11:03:38 WARNING VALOR DE CONSTANTE Ti MODIFICADO: %0	▲
25/03/2014 11:03:38 WARNING VALOR DE CONSTANTE Td MODIFICADO: %0	▲
25/03/2014 11:03:38 WARNING VALOR DE CONSTANTE Kp MODIFICADO: %0	▶
25/03/2014 10:44:13 SYSTEM INICIO DE SESION: ADMINISTRADOR	▼

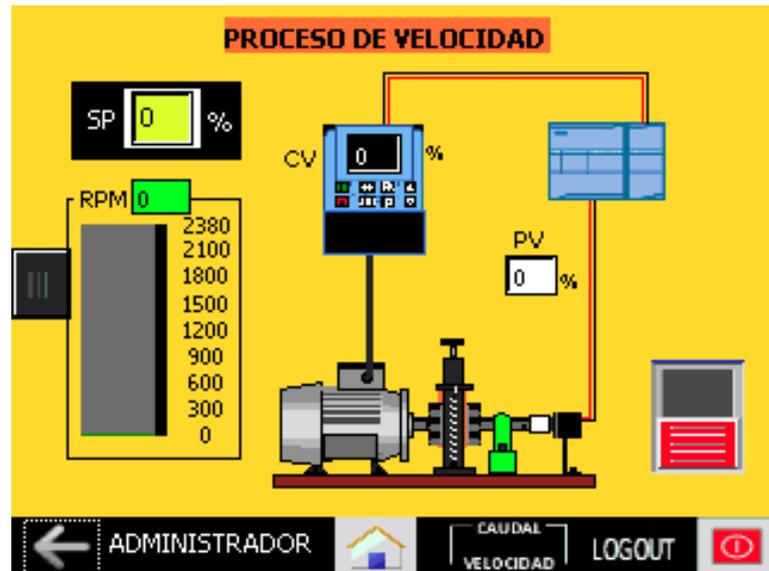
BORRAR

← ADMINISTRADOR  CAUDAL VELOCIDAD LOGOUT 

P&ID VELOCIDAD



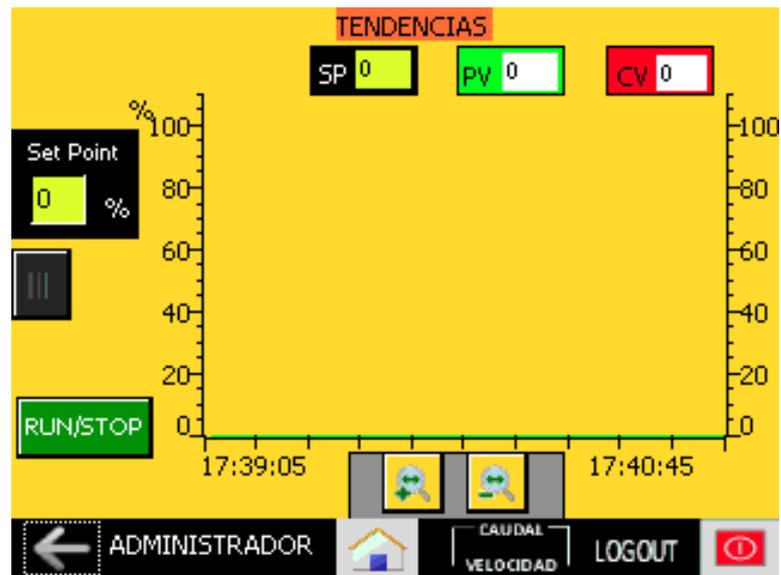
PROCESO VELOCIDAD



CONSTANTES PID VELOCIDAD

The screenshot shows the 'TIPOS DE CONTROL' (PID Control Constants) configuration screen. The title 'TIPOS DE CONTROL' is at the top. On the left, there are four green buttons for selecting control types: 'P', 'P+I', 'P+D', and 'P+I+D'. On the right, a purple panel contains three input fields for PID constants: K_p (0,5), T_i (3,0), and T_d (0,5). A 'Default' button is located at the bottom right of this panel. The bottom navigation bar is identical to the previous screenshot, showing 'ADMINISTRADOR', a home icon, a dropdown menu with 'CAUDAL VELOCIDAD', 'LOGOUT', and a power button icon.

TENDENCIAS VELOCIDAD



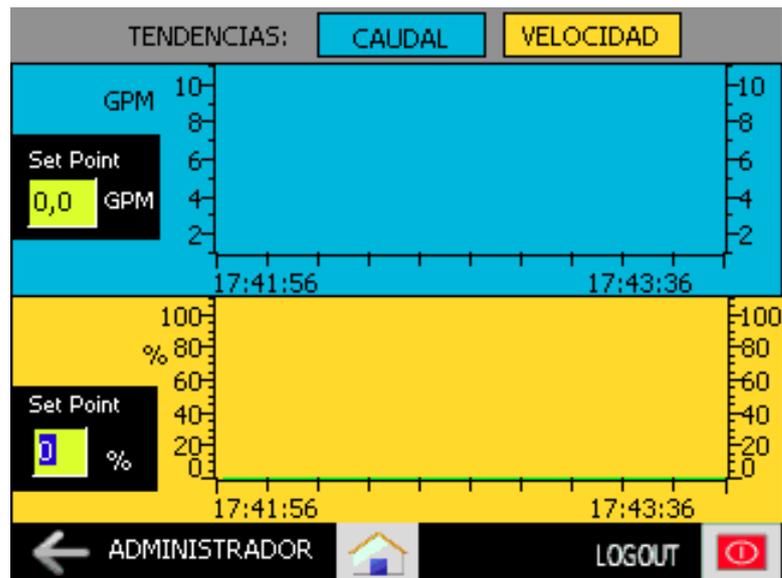
HISTÓRICOS VELOCIDAD

The image shows a log screen titled "HISTÓRICOS". It displays a list of events with a vertical scroll bar on the right. The events are:

- 25/03/2014 11:20:08 WARNING
VALOR DE CONSTANTE T_i MODIFICADO: %0
- 25/03/2014 11:20:08 WARNING
VALOR DE CONSTANTE T_d MODIFICADO: %0
- 25/03/2014 11:20:08 WARNING
VALOR DE CONSTANTE K_p MODIFICADO: %0
- 25/03/2014 10:44:13 SYSTEM
INICIO DE SESION: ADMINISTRADOR

At the bottom right of the log area is a "BORRAR" button. The bottom navigation bar is identical to the one in the previous image, showing "ADMINISTRADOR", a home icon, "CAUDAL VELOCIDAD", "LOGOUT", and a power button.

TENDENCIAS PROCESOS CAUDAL Y VELOCIDAD



ANEXO D

MANUAL TÉCNICO DE POSIBLES FALLAS Y SOLUCIONES

FALLAS	SOLUCIONES
EL módulo didáctico no enciende.	<ul style="list-style-type: none">• Verificar con un voltímetro la alimentación necesaria para el módulo.• Verificar la continuidad del fusible 1.• Verificar si el relé térmico 1 que se encuentra dentro del módulo está activado o resetearlo.• Verificar el interruptor de red de los dos procesos.
El PLC no enciende.	<ul style="list-style-type: none">• Verificar si el interruptor del PLC que se encuentra dentro del módulo está encendido.• Revisar las conexiones internas de alimentación del PLC.
Falla del PLC.	<ul style="list-style-type: none">• Verificar que el interruptor de las estradas análogas se encuentre cerrado.• Verificar que las conexiones realizadas en el panel frontal sean correctas
La TOUCH PANEL no enciende.	<ul style="list-style-type: none">• Verificar si el interruptor de la touch panel que se encuentra dentro del módulo está

	<p>encendido.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar si la fuente LOGO de 24 Vdc está funcionando correctamente. • Revisar las conexiones internas de alimentación de la fuente LOGO hacia la touch panel.
<p>Variador de frecuencia (Bomba) no enciende.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si se encuentra encendido el botón red del proceso de caudal. • Verificar si el variador de frecuencia está alimentado por 220Vac. • Verificar la continuidad del fusible 2. • Verificar si el relé térmico 2 que se encuentra dentro del módulo está activado o resetearlo.
<p>El trasmisor de flujo de paletas no enciende.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que las conexiones externas al costado y al frente del módulo sean correctas. • Verificar si la salida de alimentación de 24 Vdc del proceso caudal está funcionando correctamente.
<p>La bomba centrífuga trifásica no funciona.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si el interruptor bomba en el panel frontal está encendido. • Resetear el interruptor de palanca funcionamiento/detenido del

	<p>proceso caudal.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar si el variador de frecuencia (Bomba) no tiene ningún fallo. • Verificar si el rotor de la bomba no está remordido. • Verificar las conexiones entre el variador de frecuencia (Bomba) y la bomba centrifuga. • Verificar que el interruptor de palanca del proceso caudal esté en funcionamiento. • Si se encuentra el interruptor del proceso caudal en la posición manual, verificar la posición del potenciómetro. • Si se encuentra el interruptor del proceso caudal en la posición local, verificar si las conexiones entre la salida análoga de voltaje (0-10V) al variador de frecuencia en el panel frontal son correctas.
<p>La bomba centrifuga trifásica no controla de forma correcta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que las válvula V-1, V-3 y V-4 se encuentren abiertas y la válvula V-2 se encuentre completamente cerrada.
<p>No existe flujo de agua en las tuberías.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si el nivel de agua que se encuentra en el tanque sea el correcto. • Verificar que todas las

	válvulas se encuentren en su posición correcta.
El nivel de agua visualizado en el rotámetro no llega a 10 GPM.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la válvula V-2 se encuentre cerrada totalmente.
Variador de frecuencia (Motor) no enciende.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si se encuentra encendido el botón red del proceso de velocidad. • Verificar si el variador de frecuencia está alimentado por 220Vac. • Verificar la continuidad del fusible 2. • Verificar si el relé térmico 2 que se encuentra dentro del módulo está activado o resetearlo.
El motor asíncrono trifásico no funciona.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si el interruptor motor en el panel frontal está encendido. • Resetear el interruptor de palanca funcionamiento/detenido del proceso velocidad. • Verificar si el variador de frecuencia no tiene ningún fallo. • Verificar si el eje del motor no está frenado. • Verificar las conexiones entre el variador de frecuencia (Motor) y el motor. • Verificar que el guardamotor que se encuentra dentro del

	<p>módulo está activado o resetearlo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el interruptor de palanca del proceso velocidad esté en funcionamiento. • Si se encuentra el interruptor del proceso velocidad en la posición manual, verificar la posición del potenciómetro. • Si se encuentra el interruptor del proceso velocidad en la posición local, verificar si las conexiones entre la salida análoga de voltaje (0-10V) al variador de frecuencia en el panel frontal son correctas.
<p>Encoder Incremental no funciona</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que las conexiones externas en el panel frontal sean correctas. • Verificar si la salida de alimentación de 24 Vdc del proceso velocidad está funcionando correctamente. • Verificar las salidas que se encuentran al costado del módulo con un osciloscopio.
<p>La TOUCH PANEL no registra las curvas de los procesos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si el cable Ethernet entre el PLC y la touch panel esté bien conectado. • Verificar que el cable Ethernet que se encuentra dentro del módulo didáctico esté bien conectado.

CERTIFICACIÓN

Latacunga, Abril del 2014

ELABORADO POR:

Diego Jiménez J.
C.C. 0503493702

Andrés Pérez P.
C.C. 1804599791

APROBADO POR:

Ing. José Bucheli A.
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICADO POR:

Dr. Rodrigo Vaca
**SECRETARIO ACADÉMICO
UNIDAD ADMISIÓN Y REGISTRO**