



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE
ENSAMBLAJE POR PRENSADO CONTROLADO CON MÚSCULO NEUMÁTICO Y
MONITOREADO CON SISTEMA SCADA”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

GUIDO GABRIEL CARRILLO VELARDE

ANGEL ALBERTO SILVA CONDE

Riobamba – Ecuador

2013

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a nuestras queridas familias por todo su apoyo, a nuestros Maestros Ing. Paúl Romero, Ing. Lenin Aguirre quienes con paciencia y continua disposición, supieron guiarnos e impartir sus valiosos conocimientos.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mis queridos padres quienes con su dedicación y amor han estado conmigo a cada paso, dándome fortaleza para continuar y han sido los pilares fundamentales para poder culminar con éxito mi formación académica. A mis hermanos por su ayuda y palabras de aliento que nunca faltaron. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

Guido

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios, que me dio la
oportunidad de vivir y de regalarme una vida
maravillosa, a mis queridos padres, mi esposa y mi hijo
quienes han estado conmigo brindando amor y
comprensión y han sido el pilar fundamental de mi
superación.

Ángel

FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Paúl Romero DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Lenyn Aguirre DIRECTOR DE TESIS.
Ing. Paúl Romero MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Tec. Carlos Rodríguez Carpio DIRECTOR DPTO DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

TEXTO DE RESPONSABILIDAD

“Nosotros **GUIDO GABRIEL CARRILLO VELARDE Y ANGEL ALBERTO SILVA CONDE**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”.

.....
GUIDO GABRIEL CARRILLO VELARDE

.....
ANGEL ALBERTO SILVA CONDE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PLC	Controlador lógico Programable
PID	Proporcional Integral Derivativo
CM	Módulo de Comunicación
CPU	Unidad Central de Proceso
E/S	Entradas y Salidas
IP	Protocolo de Internet
PC	Computadora personal
SCADA	System Control and Data Adquisition.
PWM	Modulación por Ancho de Pulso
R	Resistencia
DCS	Sistema de control Distribuido
RAM	Memoria de lectura y escritura
ROM	Memoria de solo lectura
VDC	Voltaje de corriente directa
VCA	Voltaje de corriente alterna.
E/S	Entradas y salidas
HMI	Interfaz Humano Maquina
IP	Internet Protocol
TIA	Portal Totally Integrated Automation Portal
TCP	Protocolo de control de transmisión
ADC	Convertidor analógico digital
PID	Proporcional Integral Derivativo
NC	Normalmente cerrado
NA	Normalmente abierto
GRAFCECT	Gráfica de Control de Etapas de Transición

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD	
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR	
ÍNDICE	
INTRODUCCIÓN	

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes	21
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo General:.....	22
1.2.2 Objetivos Específicos:	222
1.4 Justificación	22
1.5 Planteamiento de la hipótesis.....	23

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA	24
2.1.1. Sistemas de automatización	24
2.1.2. Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización.....	26
2.1.3. Procesos de ensamblaje y sus variantes	29
2.2 SISTEMAS NEUMÁTICOS, ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS	30
2.2.1 SISTEMAS NEUMÁTICOS	30
2.2.1.1. Partes que componen un sistema neumático	30

2.2.1.2. Actuadores neumáticos	32
2.2.1.3. Elementos de mando y control neumáticos.....	34
2.2.2 SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS	36
2.2.2.1. Sensores	36
2.2.2.2. Actuadores	40
2.2.2.3. Elementos de mando y control.....	43
2.3 EL MÚSCULO NEUMÁTICO.....	44
2.3.1 Tecnología y características del músculo neumático	44
2.3.2 Funcionamiento del músculo neumático.....	45
2.3.3 Dimensionamiento	46
2.3.4 Características cosntructivas del músculo neumático	48
2.3.4 Accionamiento del músculo neumático	50
2.3.4 Aplicaciones	51
2.4 SISTEMAS Y TIPOS DE CONTROL.....	52
2.4.1 Generalidades de un sistema de control.....	52
2.4.2 Elementos de un sistema de control automático	52
2.4.3 Tipos de variables en un sistema de control	54
2.4.4 Características de control	55
2.4.5 Métodos de control clásico	58
2.4.6 Método de sintonización de controladores PID	61
2.5 PANELES DE OPERADOR HMI	64
2.5.1 Paneles Simatic HMI.....	64
2.5.2 Potencia y funcionalidades optimizadas	65

CAPÍTULO III

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

3.1. GENERALIDADES.....	67
3.1.1. Ventajas de los PLC.....	68

3.1.2. Estructura interna	68
3.1.3. Clasificación	70
3.1.4. Cómo funciona un PLC	72
3.2. CONTROLADOR PROGRAMABLE S7-1200	73
3.2.1. Descripción de la CPU S7-1200 CPU 224 AC/DC/RELE	73
3.2.2. Funciones y prestaciones del s7-1200	74
3.2.3. Módulos de ampliación	75
3.2.4. Reglas generales de montaje	76
3.2.5. Comunicación del PLC s7-1200	78
3.3. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN PARA PLC S7-1200	80
3.3.1. Step 7 Basic.....	83
3.3.2. Configurar un proyecto en el TIA PORTAL	84
3.3.3. Estructurar el programa de usuario	84
3.3.4. Área de memoria, direccionamiento y tipos de datos	87
3.3.5. Escalado y normalizado de señales analógicas	89
3.3.6. Regulación PID con el TIA PORTAL	92

CAPÍTULO IV

SISTEMA SCADA

4.1. GENERALIDADES.....	99
4.1.1. Funciones de un Sistema Scada	101
4.1.2. Elementos de un sistema Scada.....	102
4.1.3. HMI de un sistema Scada.....	104
4.2. SOFTWARE WINCC SCADA.....	105
4.2.1. WinCC Flexible 2008	105
4.2.2. Componentes de WinCC Runtime 2008	107
4.2.3. Empezar con WinCC flexible 2008	108
4.2.4. Visualizar procesos con WinCC	110

4.2.5. Variables en WinCC	115
4.2.6. Sistema de Avisos en WinCC	119
4.2.7. Comunicaciones con WinCC	122
4.2.8. Opciones avanzadas de WinCC	124

CAPÍTULO V

DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	131
5.1.1. Descripción de los requerimientos	131
5.1.2. Descripción del proceso	132
5.1.3. Diagrama de flujo del proceso	134
5.1.4. Método de control y tipo de Monitoreo	135
5.2. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE	137
5.2.1. Partes principales del sistema.....	137
5.2.2. Descripción y especificaciones de componentes del sistema.....	139
5.2.2.1. Sensores	139
5.2.2.2. Actuadores	142
5.2.2.3. Elementos de mando y drivers	144
5.2.3. Interfaces de entrada y salida de los sensores y PLC	148
5.2.4. Tarjeta de inversión de giro para motores DC	151
5.2.5. Dimensionamiento músculo neumático	154
5.3. DISEÑO PARTE NEUMÁTICA	155
5.3.1. Descripción parte neumática	155
5.3.2. Esquema del sistema neumático.....	155
5.4. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE.....	157
5.4.1. PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200.....	157
5.4.1.1. Descripción	157
5.4.1.2. Señales de entrada y salidas al PLC S7-1200	157
5.4.1.3. Grafcet de operación del proceso.....	158

5.4.1.4. Implementación de la secuencia en Step 7.....	159
5.4.1.5. Implementación del PID en Step 7.....	160
5.4.2. PROGRAMACIÓN PANEL KTP 600 PN.....	164
5.4.3. APLICACIÓN SCADA WINCC.....	170
5.4.3.1. Tabla de variables.....	170
5.4.3.2. Pantallas.....	171
5.4.3.3. Realización de datos históricos.....	176

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1. Análisis de la comunicación entre dispositivos de control	179
6.2. Prueba de PID de músculo neumático	180
6.3. Prueba de Set-Point de profundidad Vs Presión	182
6.4. Archivación de históricos y muestra en Pantalla de reportes.....	182

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1	Elementos que intervienen en la automatización de un proceso	25
Figura II.2	Fases que requiere un proyecto de automatización	26
Figura II.3	Ejemplo de generación de Grafcet de segundo Nivel	27
Figura II.4	Elementos que intervienen en la fase de interacción	28
Figura II.5	Línea de ensamblaje manual	30
Figura II.6	Línea de ensamblaje automatizada	30
Figura II.7	Sistema neumático básico	31
Figura II.8	Tipos de actuadores neumáticos	33
Figura II.9	Cilindro de Simple efecto	33
Figura II.10	Cilindro de doble efecto.....	34
Figura II.11	Músculo neumático	34
Figura II.12	Esquema y símbolo de una válvula distribuidora	35
Figura II.13	Diagrama ilustrativo y símbolo de una válvula de bloqueo	35
Figura II.14	Diagrama ilustrativo y símbolo de una válvula reguladora de presión	36
Figura II.15	Diagrama ilustrativo y símbolo de una válvula reguladora de caudal	36
Figura II.16	Función de un sensor en el proceso	37
Figura II.17	Diferentes clasificaciones de los sensores	39
Figura II.18	Motor de corriente continua	41
Figura II.19	Motor de corriente alterna	41
Figura II.20	Motor paso a paso	42
Figura II.21	Señales de control para posición de un servomotor.....	43
Figura II.22	Diagrama de conexión de un relé	44
Figura II.23	Principio de contracción de un músculo neumático	45
Figura II.24	Comparación de fuerza de tracción entre músculo y cilindro convencional	46
Figura II.25	Margen de funcionamiento músculo neumático con diámetro 20mm	47
Figura II.26	Tres tipos de músculos neumáticos Festo	49
Figura II.27	Partes de un sistema de control	52

Figura II.28	Elementos de un sistema de control automático	53
Figura II.29	Variables que intervienen en un sistema de control	54
Figura II.30	Gráfica de sistema estable e inestable ante entrada escalón.....	56
Figura II.31	Tipos de respuesta que entrega un sistema	57
Figura II.32	Gráfica de señal que entrega un controlador ON-OFF	58
Figura II.33	Gráfica de señal que entrega un controlador Proporcional	59
Figura II.34	Gráfica de señal que entrega un controlador integral	59
Figura II.35	Gráfica de señal que entrega un controlador derivativo	60
Figura II.36	Valores de sintonización según Ziegler y Nichols	62
Figura II.37	Valores de sintonización según Ziegler y Nichols en lazo abierto	63
Figura II.38	Respuesta al escalón. Curva de reacción en laza abierto de la planta	63
Figura II.39	Panel Simatic HMI KTP 600 PN	65
Figura III.1	Estructura interna y conexionado de un PLC	69
Figura III.2	Diagrama sobre funcionamiento de un PLC.....	73
Figura III.3	Características de la CPU S7-1200	74
Figura III.4	Diagrama de módulo de señal insertable en el PLC S7-1200	75
Figura III.5	Diagrama de módulo de comunicación insertable en el PLC S7-1200	76
Figura III.6	Diagrama sobre tipos de montaje de un PLC S7-1200	77
Figura III.7	Diagrama de tipos de conexiones entre PLC s7-1200 y dispositivos.....	79
Figura III.8	Esquema sobre prestaciones que ofrece Simatic STEP 7	80
Figura III.9	Diagrama sobre interacción entre TIA PORTAL y el sistema	81
Figura III.10	Diagrama sobre interacción entre componentes del TIA PORTAL	82
Figura III.11	Pantallas de inicio y de desarrollo del TIA PORTAL.....	84
Figura III.12	Diagrama sobre interacción entre componentes del TIA PORTAL	85
Figura III.13	Diagrama sobre tipos de estructura de programación.....	86
Figura III.14	Pantalla de selección del bloque de programación en TIA PORTAL	87
Figura III.15	Escalado y normalizado de señales análogas en S7-1200.....	91
Figura III.16	Gráfica sobre comportamiento del sistema al ser regulada con PID	92

Figura III.17	Diagrama sobre objetos tecnológicos para implementar regulador PID	93
Figura III.18	Creación de un bloque de alarma cíclica para PID	94
Figura III.19	Interacción entre bloques que conforman el control PID	95
Figura III.20	Bloque tecnológico PID_Compact	95
Figura III.21	Interconexión entre bloque "PID_Compact" con valores del proceso	96
Figura III.22	Gráfica de método de oscilación para obtener parámetros PID	97
Figura III.23	Pantalla de puesta en marcha de PID en TIA PORTAL	98
Figura IV.1	Esquema de los elementos de un sistema Scada	103
Figura IV.2	Esquema del conexionado para el MTU y el RTU.....	103
Figura IV.3	Esquema de las prestaciones de WinCC	106
Figura IV.4	Esquema de las ediciones de WinCC	107
Figura IV.5	Pantalla de selección de Panel de Operador	109
Figura IV.6	Ventana principal de WinCC Professional	110
Figura IV.7	Ventana de controles de WinCC	112
Figura IV.8	Ventana de Propiedades para animación de un objeto en WinCC.....	114
Figura IV.9	Ventana de propiedades dinamización por eventos de objeto en WinCC	115
Figura IV.10	Relación entre variable externa y valor del proceso	116
Figura IV.11	Escala lineal de una variable entre Controlador y panel de Operador	117
Figura IV.12	Diagrama de los métodos de archivación de variables en WinCC	118
Figura IV.13	Contenido de un tipo de aviso en WinCC.....	119
Figura IV.14	Diagrama de estructura de los diferentes tipos de Avisos en WinCC	120
Figura IV.15	Intercambio de datos entre interlocutores en WinCC.....	121
Figura IV.16	Pantalla de elección de tipo de conexión en WinCC	122
Figura IV.17	Ajustar interface PG/PC	123
Figura IV.18	Esquema de comunicación entre un PC remoto y sistema automatizado.....	125
Figura IV.19	Diagrama de sistema automatizado con estaciones de Control Distribuida	126
Figura IV.20	Diagrama de comunicación mediante protocolo Simatic HMI HTTP Protocol ...	128
Figura IV.21	Diagrama de conexión entre proceso y Microsoft Office	129

Figura V.1	Planta a automatizar con cada una de las etapas	132
Figura V.2	Diagrama de flujo del proceso.....	134
Figura V.3	Red industrial del proceso	136
Figura V.4	Banda transportadora con pieza a prensar	137
Figura V.5	Módulo de transferencia giratorio	138
Figura V.6	Módulo de prensado con músculo neumático	138
Figura V.7	Conexión del Sensor analógico Presión	139
Figura V.8	Sensor óptico	140
Figura V.9	Sensor Inductivo	141
Figura V.10	Sensor magnético.....	142
Figura V.11	Esquema eléctrico de un REED	142
Figura V.12	Músculos neumáticos Festo	143
Figura V.13	Cilindro neumático expulsor	144
Figura V.14	Válvula neumática 5/2 direccional	144
Figura V.15	Manifolds para válvulas direccionales	145
Figura V.16	Válvula proporcional reguladora de caudal	146
Figura V.17	Funcionamiento de válvula reguladora de Caudal.....	146
Figura V.18	Gráfica señal de control vs Porcentaje apertura.....	147
Figura V.19	Interfaz de entrada/Salida de señales al PLC	149
Figura V.20	Diseño del circuito de tarjetas de entrada/Salida de señales al PLC	150
Figura V.21	Diseño del PCB de tarjetas de entrada/Salida de señales al PLC.....	151
Figura V.22	Etapas de diseño del circuito de inversión de giro motor CD	151
Figura V.23	Divisor de voltaje.....	151
Figura V.24	Control de velocidad por ancho de pulso.....	152
Figura V.25	Circuito esquemático, control de velocidad e inversión de giro motores dc	153
Figura V.26	PCB tarjeta inversión de giro con control de velocidad.....	153
Figura V.27	Pantalla de selección de músculo neumático	154
Figura V.28	Vista de componentes que incluye el músculo neumático	155
Figura V.29	Esquema completo del sistema neumático	156

Figura V.30	Graficet del funcionamiento del Sistema	159
Figura V.31	Bloques de normalización y escalado de señal de sensor	160
Figura V.32	Elección de escalas de variables de salida del PID_Compact	161
Figura V.33	Configuración del PID_Compact	161
Figura V.34	Gráfica Presión Vs Profundidad	162
Figura V.35	Código en Matlab para deducir la Ecuación de comportamiento	163
Figura V.36	Establecimiento de parámetros de PID	164
Figura V.37	Inserción de panel KTP 600 PN en el proyecto	165
Figura V.38	Establecimiento de la conexión entre panel y PLC S7-1200	166
Figura V.39	Variables de la pantalla HMI local	167
Figura V.40	Pantalla de inicio en panel KTP 600 PN	167
Figura V.41	Pantalla de datos de la banda transportadora en panel KTP 600 PN	168
Figura V.42	Pantalla de datos de la mesa giratoria en panel KTP 600 PN.....	168
Figura V.43	Pantalla de datos del prensado en panel KTP 600 PN.....	169
Figura V.44	Pantalla de parámetros PID en panel KTP 600 PN	169
Figura V.45	Tabla de variables usada en WinCC	170
Figura V.46	Establecimiento de la conexión entre autómatas y WinCC.....	171
Figura V.47	Pantalla de inicio de Scada WinCC.....	172
Figura V.48	Pantalla principal de Scada WinCC	173
Figura V.49	Indicadores de etapa del proceso	173
Figura V.50	Cuadros de dialogo para establecer valores PID	174
Figura V.51	Botones de acceso a reportes, avisos, usuarios	174
Figura V.52	Pantalla re reportes por fecha	175
Figura V.53	Pantalla de visualización de usuarios en Runtime	175
Figura V.54	Selección de la función Script para generar código de históricos	177
Figura V.55	Script generado para guardar históricos	178
Figura VI.1	Ping hacia panel de operador KTP 600 PN	179
Figura VI.2	Ping hacia dirección de S7-1200	180

Figura VI.3	Gráfica de PID	180
Figura VI.4	Parámetros de PID obtenidos después de primer ajuste de optimización	181
Figura VI.5	Gráfica de PID inestable.....	181
Figura VI.6	Gráfica de presión Vs profundidad	182
Figura VI.7	Pantalla de reportes de prensado en WinCC.....	182

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I	Comparación entre músculo neumático y cilindro convencional.....	48
Tabla III.I	Funciones y prestaciones de los tipos de CPU s7-1200	74
Tabla III.II	Módulos de ampliación para la CPU s7-1200	75
Tabla III.III	Tabla de los tipos de datos que soporta el s7 1200	89
Tabla V.I	Especificaciones Sensor analógico Presión	139
Tabla V.II	Especificaciones Sensor óptico	140
Tabla V.III	Especificaciones Sensor inductivo	141
Tabla V.IV	Especificaciones Motor de corriente continua	142
Tabla V.V	Especificaciones Músculo neumático	143
Tabla V.VI	Especificaciones cilindro neumático	144
Tabla V.VII	Especificaciones válvulas distribuidoras neumáticas	145
Tabla V.VIII	Especificaciones válvulas reguladora	147
Tabla V.IX	Especificaciones unidad de mantenimiento	148
Tabla V.X	Datos técnicos de tarjetas de E/S señales al PLC	149
Tabla V.XI	Combinación de Señales entrada para controlar giro	152
Tabla V.XII	Tabla de símbolos del esquema del sistema neumático	156
Tabla V.XIII	Tabla de señales de E/S del PLC s7-1200	158
Tabla V.XIV	Profundidad Vs Presión en el músculo	161

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la tecnología en procesos industriales se encuentra indisolublemente ligado a la evolución y empleo de diferentes actuadores que proporcionen mayor confiabilidad y robustez que los actualmente usados.

Muchas de las aplicaciones presentes y futuras entran en la necesidad de innovar y mejorar sus actuadores para lograr mayor beneficio tal es el caso de las operaciones de ensamblaje y prensado que llevados a la industria son fundamentales y es imperiosa la necesidad de innovar técnicas y procesos con el fin de hacerlos más susceptibles del control y automatización por lo cual amerita explorar técnicas de control y actuadores que mejoren tales procesos y así lograr un sistema de producción de alto desempeño y competitividad regidas a las normas vigentes.

En el campo de los actuadores uno a los que todavía no se le ha explotado suficientemente es el músculo neumático, que es un dispositivo mecánico de actuación cuyo funcionamiento está basado en un músculo biológico pero conformado por un tubo interno con fibras de caucho capaz de alojar aire a presión en su interior, este a su vez se expande en sentido transversal. En base a la investigación a breves rasgos el músculo neumático presenta muchas características particulares que pueden resultar favorables o desfavorables al momento de usarlos en determinadas aplicaciones tales como elevamiento de cargas en ambientes hostiles, brazos manipuladores destinados a la interacción entre humano-máquina, pinzas especiales.

En los procesos de ensamblaje aparece la necesidad de simularlos, monitorearlos y controlarlos, para esto amerita usar herramientas de software Scada como WinCC que posee tecnologías robustas con la cual podemos desarrollar completos sistemas de visualización de procesos y poder controlarlos en tiempo real desde un servidor o desde cualquier otro dispositivo mediante una red local o remota.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

En la actualidad conocemos que los procesos a nivel industrial y de aplicaciones día a día va innovando técnicas y procesos con el fin de hacerlos más susceptibles del control y automatización por lo cual amerita utilizar técnicas de control nuevas que deben ser estudiadas a profundidad para lograr un sistema de producción de alto desempeño y competitividad regidas a las normas vigentes.

Por lo que se hace hincapié en el estudio del desempeño de estos procesos con nuevos tipos de actuadores que desarrollen mayor velocidad, desempeño y precisión donde cada uno de ellos debe ser analizado en busca de tecnologías robustas que permiten dar soluciones a problemas como la imprecisión o la lentitud en ciertos procesos razón por la cual investigadores realizan estudio con nuevos actuadores lo cuales brindan desempeños superiores a los actuales.

Para solventar estas necesidades de innovaciones y simular procesos propios de la industria es necesario estudiar el desempeño de nuevos actuadores y desarrollar sistemas de control que acorde con la complejidad en su control y automatización sea posible su monitoreo y control en tiempo real ya sea desde una estación local o desde cualquier otro dispositivo mediante una red local o remota.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General:

Implementar y simular un proceso de ensamblaje por prensado controlado con músculo neumático y monitoreado con Scada.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Construir un bastidor para el equipamiento con mesa giratoria, estructura soporte para el músculo neumático y sistema de actuadores mecánicos y neumáticos.
- Integrar los diferentes sistemas tales como sensores, drivers de actuadores, componentes neumáticos y controlador para formar un proceso continuo.
- Desarrollar el programa principal de control en el PLC y programar el panel de visualización local.
- Desarrollar la interfaz del Sistema Scada en el software WinCC Flexible para la comunicación con el operador a distancia.
- Realizar las pruebas del sistema y prueba de fallas.

1.3. Justificación

Existen muchas razones para el estudio de nuevos tipos de actuadores para integrarlos en procesos. Una muy popular es la mejora de las técnicas de control en especial para el control de procesos de ensamblaje y prensado de partes y piezas en la gran y pequeña industria por lo que es una necesidad que viene creciendo de forma acelerada por lo que es imperioso que los estudiantes de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales, tengan una formación sobre estos procesos y se familiarice con estos temas de un modo práctico.

El proyecto se justifica debido a que mediante el estudio de procesos reales con nuevos actuadores neumáticos dar solución a problemas en industria y/o aplicaciones, tendremos

efectores y actuadores más ligeros que consumen menos energía que los convencionales, mayor control de sus movimientos, las pérdidas por fricción disminuyen, así como el mantenimiento de un su sistema con músculos neumáticos disminuye y la gran ventaja del estudio del desempeño de los músculos neumáticos y para trabajos posteriores es que se pueden aplicar en el desarrollo de equipos industriales de prensado, en zonas con peligros de explosión y en equipos para rehabilitación de lesiones en humanos y a largo plazo en el desarrollo de prótesis que se incorporen de la misma forma que lo hacen los músculos humanos.

En definitiva el proyecto ayudará a incrementar los conocimientos de los estudiantes con los recursos tecnológicos y las competencias actuales, se pondrá a disposición una herramienta de simulación basada en tecnologías de última generación para que se facilite el aprendizaje de los estudiantes en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales y sea parte de un programa piloto, modelo de innovación, empeño y muestra de colaboración para obtener como valor agregado el posicionamiento de nuestra escuela a nivel regional y nacional, ganando de este modo el desempeño brillante de sus egresados y el deseo de muchos Ecuatorianos de formarse y capacitarse en tan prestigiosa institución.

1.4. Planteamiento de la hipótesis

“La elaboración del módulo de ensamblaje por prensado controlado con músculo neumático simulará con exactitud el proceso de prensado para que los estudiantes de la Escuela de Ing. Electrónica, Control y RedZes Industriales realicen prácticas de laboratorio y fortalezcan sus conocimientos mediante la práctica”

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA

El término Automatización Industrial se refiere al uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos. Las primeras máquinas simples sustituían una forma de esfuerzo en otra forma que fueran manejadas por el ser humano, tal como levantar un peso pesado con sistema de poleas o con una palanca.

Sin embargo, en pleno siglo XXI, la automatización industrial va más allá que la simple mecanización de los procesos o la reducción del esfuerzo. La automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano, e incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

2.1.1. Sistemas de Automatización

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la *automática* como el conjunto de métodos y procedimientos para la substitución del operario en tareas físicas y mentales

previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la *automatización* como la aplicación de la *automática* al control de procesos industriales.

Por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto. Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos *batch*.

- Los *procesos continuos* se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material, como por ejemplo la purificación de agua o la generación de electricidad.
- Los *procesos discretos* contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, siendo el ejemplo más relevante la fabricación de automóviles.
- Los *procesos batch* son aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material, como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos o la producción de cerveza.



Figura II.1 Elementos que intervienen en la automatización de un proceso

El concepto de proceso está claramente relacionado con los conceptos de productos, programas, así como con la planificación de plantas (Figura II.1). La estructura

organizativa de la empresa debe contar con una clara relación entre estos conceptos, y para ello el ciclo de diseño está basado en la idea de ingeniería concurrente en la que diversos equipos desarrollan de forma coordinada cada uno de los diseños.

2.1.2. Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización

Existen complejos procesos de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una empresa (gestión, logística, automatización, distribución, etc.). En esta sección se enfoca el problema en concreto en la parte de automatización, desde el punto de vista del trabajo que debe realizar el ingeniero/ingeniera técnica. El marco metodológico consta de las fases siguientes, que el operario debe realizar:

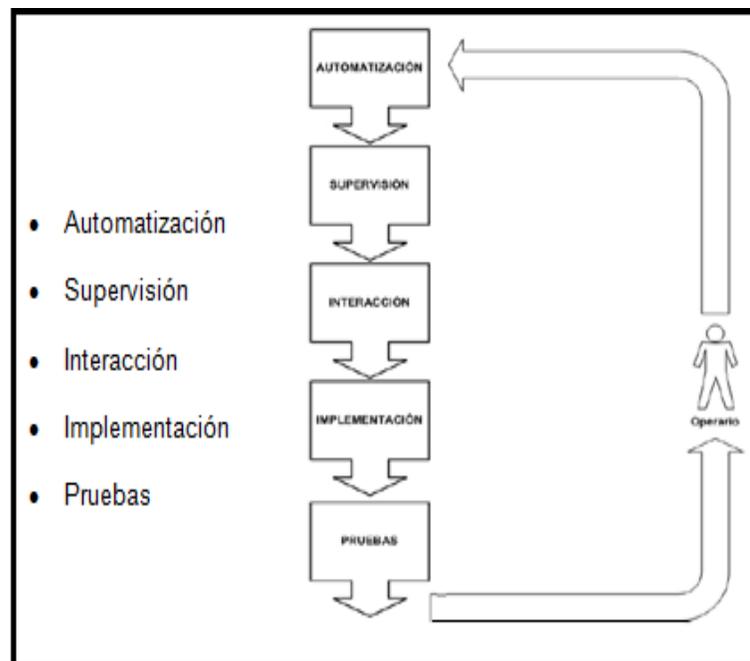


Figura II.2 Fases que requiere un proyecto de automatización

En el caso de llevar a la práctica un proyecto de automatización, es necesario seguir las fases de la metodología presentada (Figura II.2), así como indicar el tipo de operario o grupo de ellos encargados de llevar a cabo las fases por separado o el conjunto de ellas.

a) Automatización

En esta fase elemental hay que desarrollar los pasos siguientes relacionados con el GRAFCET (Grafo de Estados y transiciones) y la puesta en marcha de automatismos:

- Observación del proceso a controlar y generación del GRAFCET de primer nivel en su descripción funcional.
- Selección del automatismo (autómata programable, regulador digital autónomo).
- Selección y cableado físico de sensores y actuadores, con las secciones de E/S.
- Generación del GRAFCET de segundo nivel en descripción tecnológica (Figura II.3).

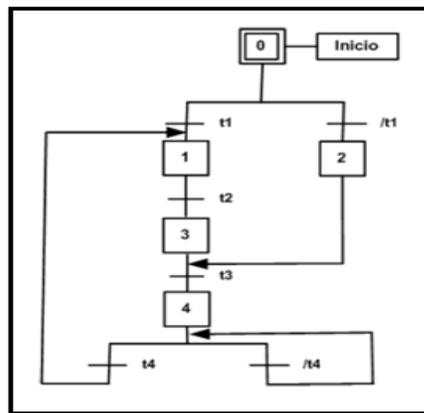


Figura II.3 Ejemplo de generación de Grafcet de segundo Nivel

b) Supervisión

A continuación, en esta segunda fase, hay que desarrollar los pasos siguientes:

- Reunir el máximo de especificaciones a priori sobre los estados posibles en las que se puede encontrar una máquina o un proceso, según la experiencia del agente encargado de la automatización o según las peticiones del cliente.
- Hay que definir los módulos a utilizar según la complejidad del problema (seguridad, modos de marcha, producción) y representar gráficamente el caso de estudio mediante los estados y las transiciones.

- Para cada módulo, hay que generar un GRAFCET parcial. Cabe destacar que en el caso de producción, el GRAFCET de producción ya se ha generado en la fase de automatización, de manera que lo que hay que establecer aquí es la relación con el resto de módulos.

c) Interacción

Es la interacción entre la supervisión humana llevada a cabo por el operario y el proceso controlado por parte del automatismo, hay que concretar la intervención del operario mediante el diseño del panel de mando en función de las acciones físicas sobre dispositivos y la recepción de señales informativas visuales o acústicas (Figura II.4).



Figura II.4 Elementos que intervienen en la fase de interacción

Los dispositivos concretos a utilizar dependen de los módulos definidos en la fase denominada supervisión. En función de la complejidad del problema, el operario debe conocer qué dispositivos necesita y si el panel es el adecuado o conviene hacer mejoras. En automatización industrial, existe una gran diversidad de dispositivos, que se engloban en lo que se conoce como interfaz persona-máquina (*HMI Human-machine interface*).

Una vez realizadas las fases de automatización, supervisión e interacción, y antes de seguir con el resto de fases, el operario puede rehacer convenientemente cada una de ellas a medida que aumenta el conocimiento experto del funcionamiento del sistema.

d) Implementación

Sin duda, ésta es la parte más práctica del método, sus pasos más significativos:

- Selección del lenguaje de programación del automatismo.
- Traducción de GRAFCET a lenguaje de programación.

Esta fase requiere las habilidades prácticas del operario en la programación de automatismos. Respecto a la traducción de GRAFCET a lenguaje de programación de autómatas el programador elije entre el tipo de programación que soporta el software del autómatas programable. Una vez la fase de implementación está consolidada, hay que establecer la fase de pruebas.

e) Pruebas

Una vez implementado el algoritmo general sobre el automatismo, el operario puede verificar dicho algoritmo por partes; vigilar la evolución del proceso o interactuar con el proceso controlado mediante el panel de mando, e incluso puede emular situaciones de emergencia para analizar cómo responde el sistema automatizado. Frente a situaciones problemáticas, el operario puede depurar los algoritmos parciales, o añadir más estados que inicialmente no se habían tomado en consideración y rehacer el algoritmo general.

2.1.3. Procesos de ensamblaje y sus variantes

Dentro del sistema de producción existe la fase en la que en muchos casos las distintas piezas terminadas son unidas para formar piezas más complejas. Esta operación requiere la utilización de líneas de ensamblaje. Se define ensamblado como la unión de dos o más piezas para la creación de una nueva entidad.

a) Línea de ensamblaje manual.

Una Línea de Ensamble manual consiste en múltiples estaciones de trabajo ordenadas en forma secuencial en las cuales trabajadores humanos ejecutan operaciones de ensamble (Figura II.5).

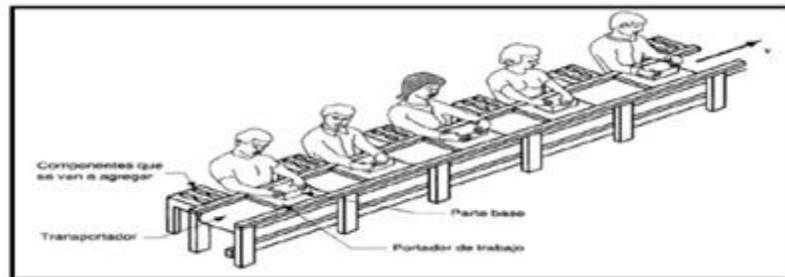


Figura II.5 Línea de ensamblaje manual

b) **Línea de ensamblaje automático.** Las líneas automatizadas modernas son sistemas integrados que operan bajo control de una computadora o controlador inteligente (Figura II.6).

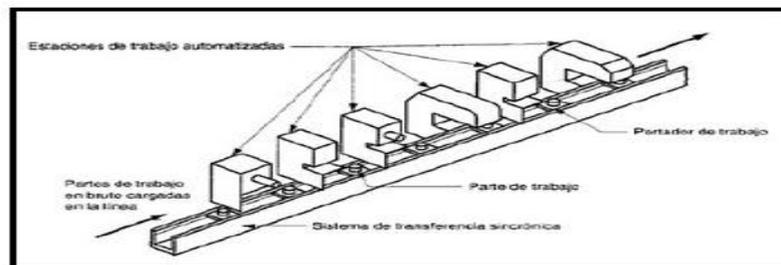


Figura II.6 Línea de ensamblaje automatizada

2.2. SISTEMAS NEUMATICOS, ELECTRICOS Y ELECTRONICOS

2.2.1. SISTEMAS NEUMÁTICOS

2.2.1.1. Componentes de un Sistema Neumático

Un sistema neumático básico se compone de dos secciones principales:

1. Sistema de producción y distribución de aire.
2. Sistema de consumo de aire o utilización.

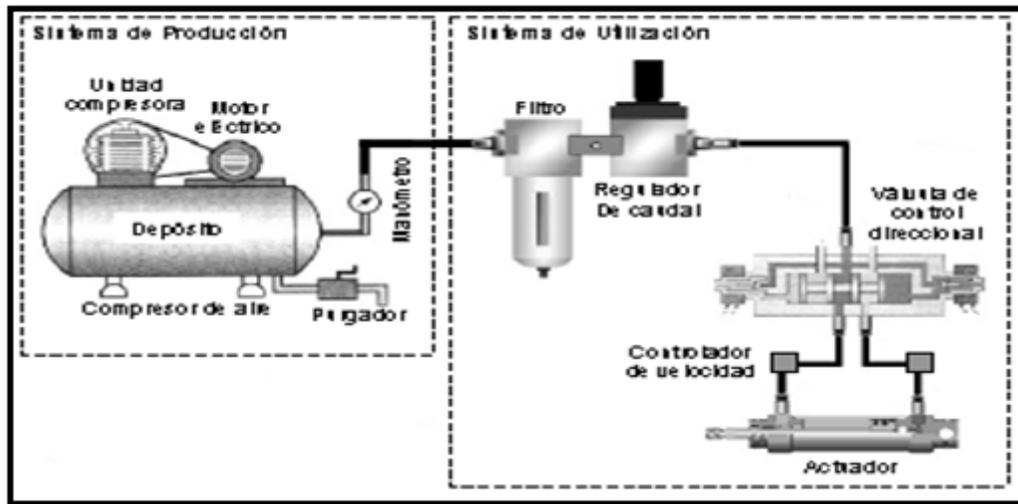


Figura II.7 Sistema neumático básico

El sistema de producción y distribución de aire está compuesto básicamente por la compresora de aire, la cual está compuesta por los siguientes componentes.

- **Compresor.** El aire aspirado a presión atmosférica ambiental se comprime y entrega a presión más elevada al sistema neumático.
- **Motor eléctrico.** Suministra la energía mecánica al compresor. Transforma la energía eléctrica en energía mecánica.
- **Preostato.** Controla el motor eléctrico detectando la presión en el depósito. Se regula a la presión máxima a la que desconecta el motor y a la presión mínima a la que vuelve a arrancar el motor.
- **Válvula Anti retorno.** Deja pasar el aire comprimido del compresor al depósito e impide su retorno cuando el compresor está parado.
- **Deposito.** Almacena el aire comprimido. Su tamaño está definido por la capacidad del compresor. Cuando más grande sea su volumen más largos son los intervalos de funcionamiento del compresor.
- **Manómetro.** Indica la presión del compresor.
- **Purga Automática.** Purga toda el agua que se condensa en el depósito sin necesitar supervisión.

- **Válvula de Seguridad.** Expulsa el aire comprimido si la presión en el depósito sube por encima de la presión permitida.
- **Secador de Aire Refrigerado.** Enfría el aire comprimido hasta pocos grados por encima del punto de presión mínima y la capacidad de eliminar el aceite lubricante en suspensión. Sirve para mantener la línea libre de polvo, agua y aceite.

En tanto que el sistema de utilización de aire está compuesto por:

- **Purga del aire.** Para el consumo, el aire es tomado de la parte superior de la tubería principal para permitir que a condensación ocasional permanezca en la tubería principal; cuando alcanza un punto bajo, una salida de agua desde la pared inferior de la tubería ira una purga automática eliminando así el condensado.
- **Purga Automática.** Cada tubo descendiente, debe tener una purga en su extremo inferior. El método más eficaz es una purga automática impide que el agua se quede en el tubo en el caso en que se descuide la purga manual.
- **Unidad de acondicionamiento del aire.** Acondiciona el aire comprimido para suministrar aire limpio a una presión óptima y ocasionalmente añade lubricante para alargar la duración de los componentes del sistema neumático que necesita lubricación.
- **Válvula Direccional.** Proporciona presión y pone escape alternativamente las dos conexiones del cilindro para controla la dirección del movimiento.
- **Actuador.** Transforma la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico. En la figura se muestra un cilindro lineal, pero puede ser un actuador de giro o una herramienta neumática.

2.2.1.2. Actuadores neumáticos

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos),

movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial. (Figura II.8).

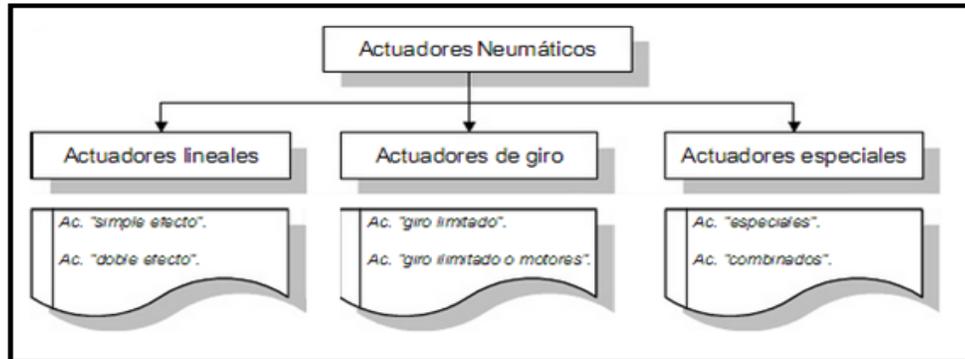


Figura II.8 Tipos de actuadores neumáticos

Los actuadores más comúnmente utilizados son los lineales, que transforman la energía neumática en energía mecánica con movimiento rectilíneo alternativo. Tenemos los siguientes:

- Cilindro de simple efecto.- Desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo retorna a su posición inicial por medio de un resorte interno. Puede ser del tipo “vástago retraído” o “vástago extendido”.

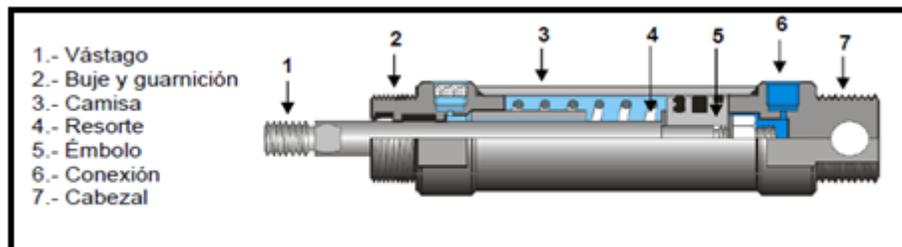


Figura II.9 Cilindro de simple efecto

- Cilindro de doble efecto.- El trabajo se desarrolla en las dos carreras del vástago tanto en la salida como en el retroceso, dado que el aire se aplica alternativamente a los lados opuestos del émbolo.

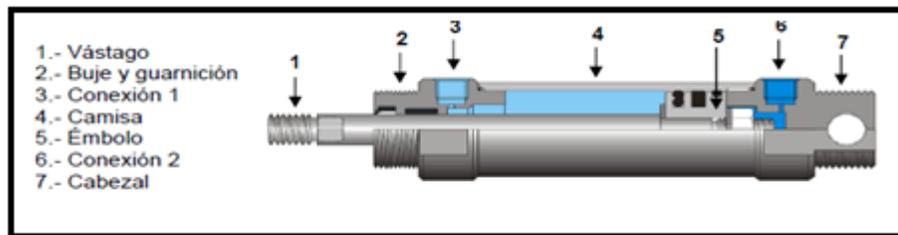


Figura II.10 Cilindro de doble efecto

- **Músculo neumático.**- El músculo neumático es un actuador de tracción que imita la funcionalidad de un músculo. Generalmente, el músculo neumático está compuesto por un tubo flexible contráctil.



Figura II.11 Músculo neumático

El músculo reacciona a un cambio pequeño de la presión en su interior para obtener un cambio pequeño en la contracción y trabaja desde 0 kPa hasta una presión máxima (regularmente de 600 kPa a 800 kPa que equivale a 6 a 8 bar, respectivamente).

2.2.1.3. Elementos de control y mando neumático

Para poder controlar los distintos actuadores neumáticos es preciso emplear otros elementos que desarrollan funciones de mando, a estos elementos se les llama válvulas, las encargadas de distribuir el aire para gobernar el avance y retroceso de los cilindros se denominan válvulas distribuidoras, aunque también hay válvulas de regulación y control.

- **Válvulas Distribuidoras**

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire. Principalmente utilizadas para la puesta en marcha, paro y sentido de paso. Son válvulas de varios orificios (vías) los cuales determinan el camino el camino que debe seguir el aire comprimido. Pueden ser de dos, tres, cuatro, cinco e incluso seis vías, en función del elemento a controlar.

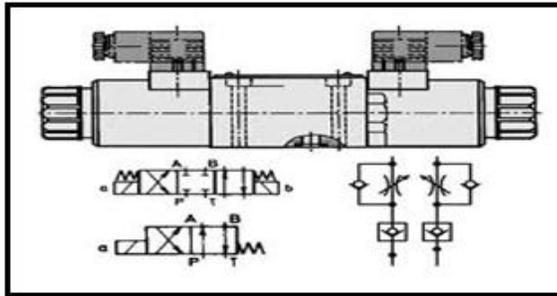


Figura II.12 Esquema y símbolo de una válvula distribuidora

- **Válvulas de Bloqueo**

Las válvulas de bloqueo cortan el paso del aire comprimido. En ellas se bloquea un solo sentido de paso, de forma que el otro sentido queda libre. Las válvulas de bloqueo se suelen construir de forma que el aire comprimido actúa sobre la pieza de bloqueo y así refuerza el efecto cierre.

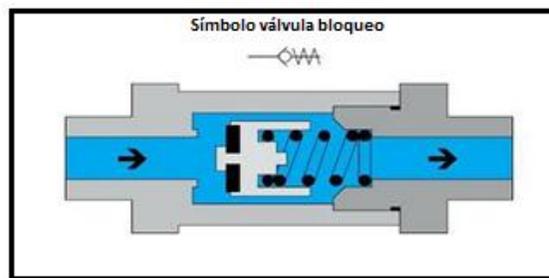


Figura II.13 Diagrama ilustrativo y símbolo de una válvula de bloqueo

- **Válvulas Reguladoras de Presión**

La operación segura y eficiente de los componentes de los circuitos neumáticos, requiere medios de controlar la presión. Hay muchos tipos de válvulas de control automáticas de

presión. Unas proporcionan simplemente un escape para la presión que excede un ajuste de presión del sistema, otras reducen la presión a un sistema o subsistema de menor presión y algunas mantienen la presión un sistema dentro de una gama requerida.

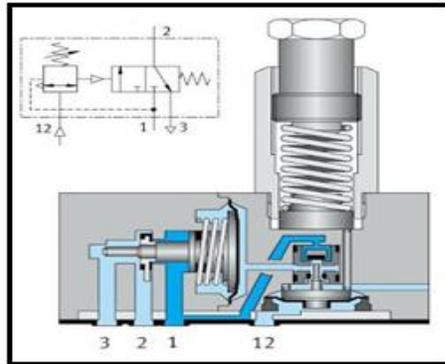


Figura II.14 Diagrama ilustrativo y símbolo de una válvula reguladora de presión

- **Válvulas Reguladoras de flujo**

Estas válvulas influyen sobre la cantidad de circulación de aire comprimido. El caudal se regula en ambos sentidos de flujo o en único sentido, dependiendo de la construcción.

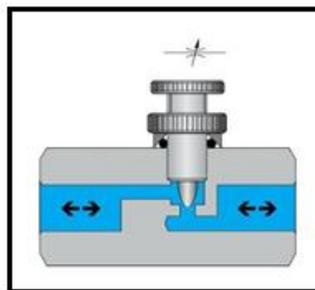


Figura II.15 Diagrama ilustrativo y símbolo de una válvula reguladora de caudal

2.2.2. SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

2.2.2.1. Sensores

En un sistema de control automático el sensor es el elemento que cierra el lazo de control y tiene como tarea captar, del proceso o máquina sobre la que se ejerce el control, la información de cómo se está comportando o realizando el trabajo (Figura II.16)

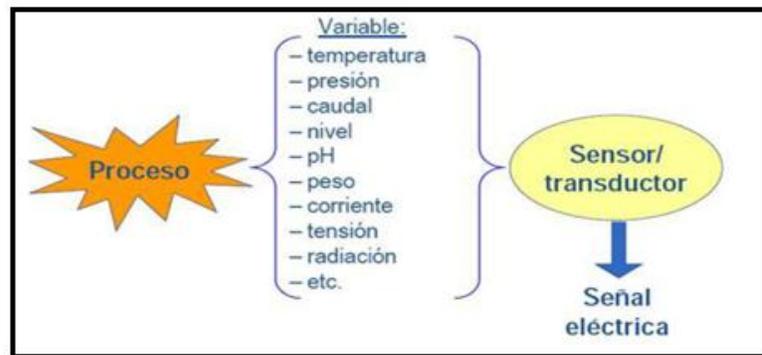


Figura II.16 Función de un sensor en el proceso

¿Qué es un sensor?

Los **sensores** son dispositivos electrónicos con la capacidad de detectar la variación de una magnitud física tales como temperatura, iluminación, movimiento y presión; y de convertir el valor de ésta, en una señal eléctrica ya sea analógica o digital.

En la industria, los sensores son dispositivos encargados de percibir las variables físicas, tales como: presión, temperatura, pH, nivel, flujo, entre otras, controladas por un sistema que sigue una serie de instrucciones para verificar si el proceso está o no está funcionando de acuerdo al programado. Estos dispositivos se pueden llamar elementos primarios, ya que se encargan de sensar el valor de una variable dependiendo de lo que se esté controlando.

Características

Un sensor tiene las siguientes características:

- Convierte una variable física (por ejemplo, temperatura, distancia, presión) en otra variable diferente, generalmente en una señal eléctrica.
- Son codificadores (Encoders), efectores, convertidores, detectores, transductores e iniciadores.
- No siempre generan una señal eléctrica. Ejemplo. Los finales de carrera neumáticos, generan cambios de presión.

- Funcionan con contacto físico y sin contacto físico. Ejemplos, finales de carrera, sensores de fuerza(contacto físico), barreras fotoeléctricas, barreras de aire, detectores de infrarrojos, sensores de reflexión ultrasónicos, sensores magnéticos(sin contacto físico).
- En procesos controlados, son “preceptores” que supervisan un proceso, indicando los errores, recogiendo los estados y transmitiendo esta información a los demás componentes del proceso.

Tipos de sensores

Muchos transductores utilizados en los procesos industriales para convertir variables físicas en señales eléctricas o de otro tipo, necesitan de una o más fuentes auxiliares de energía para realizar su acción básica.

Los sensores electrónicos pueden ser también clasificados de acuerdo al tipo de señal de salida que entregan, el tipo de variable o variables físicas que detectan, el método de detección, el modo de funcionamiento. (Figura II.17)

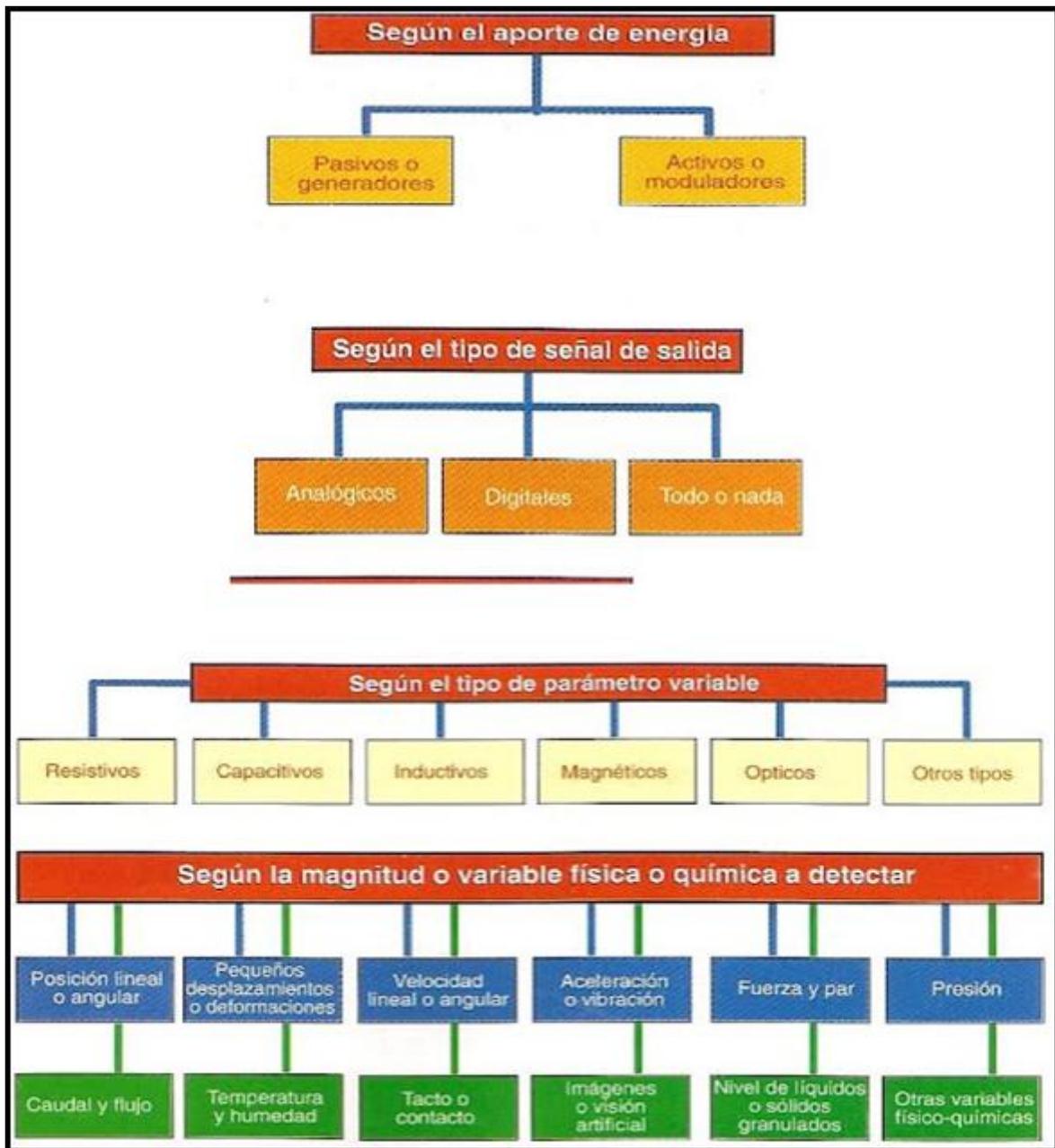


Figura II.17 Diferentes clasificaciones de los sensores

Dentro de cada una de estas clasificaciones existen sus propias subcategorías. Dependiendo del tipo de señal de salida, por ejemplo, un sensor puede ser analógico o digital. Los sensores analógicos entregan como salida un voltaje o una corriente continuamente variable dentro del campo de medida especificado. Los rangos de voltaje de salida son muy

variados, siendo los más usuales $+10\text{v}$, $+5\text{v}$, $\pm 10\text{v}$, $\pm 5\text{v}$ y $\pm 1\text{v}$. Los rangos de corriente de salida están más estandarizados, siendo actualmente el más común el de 4 a 20mA, donde 4mA corresponde a cero en la variable medida y 20 mA a la escala plena.

2.2.2.2. Actuadores

Para que un sistema electrónico de control pueda controlar un proceso o producto es necesario que pueda actuar sobre el mismo. Este tipo de actuador presenta gran control sencillez y precisión, por tanto son los más utilizados en los robots industriales actuales.

Los dispositivos que realizan esta función reciben diversos nombres, entre ellos: accionamientos y actuadores. No existe una única definición de actuador aceptada de manera universal. Se considera, en general, que es todo “dispositivo que convierte una magnitud eléctrica en una salida, generalmente mecánica, que puede provocar un efecto sobre el proceso automatizado”.

- **MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA**

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica continua en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, par y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria (Figura II.18). A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micromotores).

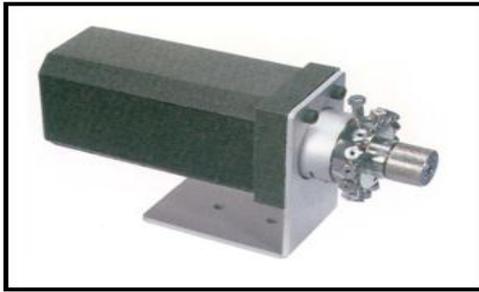


Figura II.18 Motor de corriente continua

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga. Su principal inconveniente, el mantenimiento, muy caro y laborioso.

- **MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA (ASÍNCRONO)**

Se da el nombre de motor asíncrono al motor de corriente alterna cuya parte móvil gira a una velocidad distinta a la de sincronismo. Aunque a frecuencia industrial la velocidad es fija para un determinado motor, Como todas las máquinas eléctricas, un motor eléctrico está constituido por un circuito magnético y dos eléctricos, uno colocado en la parte fija (estator) y otro en la parte móvil (rotor).

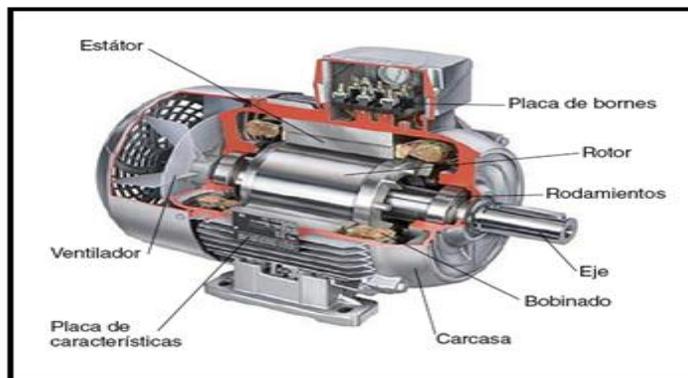


Figura II.19 Motor de corriente alterna

El circuito magnético está formado por chapas apiladas en forma de cilindro en el rotor y en forma de anillo en el estator (Figura II.19). La diferencia del motor asíncrono con el resto

de los motores eléctricos radica en el hecho de que no existe corriente conducida a uno de sus devanados (normalmente al rotor). La corriente que circula por el devanado del rotor se debe a la fuerza electromotriz inducida en él por el campo giratorio; por esta razón, a este tipo de motores se les designa también como motores de inducción.

Hoy en día se puede decir que más del 80% de los motores eléctricos utilizados en la industria son de este tipo, trabajando en general a velocidad prácticamente constante. No obstante, y gracias al desarrollo de la electrónica de potencia (inversores y ciclo convertidores), en los últimos años está aumentando considerablemente la utilización de este tipo de motores a velocidad variable.

- **MOTOR PASO A PASO**

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. (Figura II.20). La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° .

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

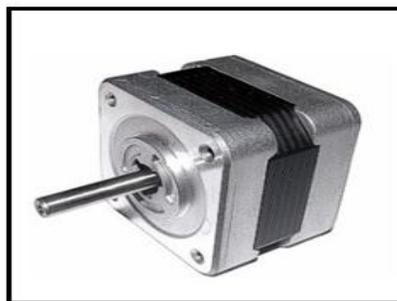


Figura II. 20 Motor paso a paso

- **SERVOMOTORES**

Básica mente es un sistema compuesto por un motor y una retroalimentación conectadas entre si mecánicamente. Estos sistemas pueden hacer movimientos micrométricos además haciéndolo a una gran velocidad. Entre sus usos se encuentran para mover cargas como rodillos, bandas transportadoras, ejes sinfín, mesas, robots y todo sistema que requiera movimientos precisos y a muy baja o alta velocidad.

El funcionamiento, los servomotores son en realidad motores de corriente continua con una serie de engranajes que transforman su velocidad, en torque (fuerza) y un sistema de control que utiliza un potenciómetro para saber constantemente la ubicación del eje, este sistema de control, además, responderá a una señal que nosotros le enviemos para establecer la posición del eje (Figura II.21). La señal que introducimos al servo, es una señal *de* pulsos con una frecuencia mucho menor, 50Hz, y serán meramente digitales.

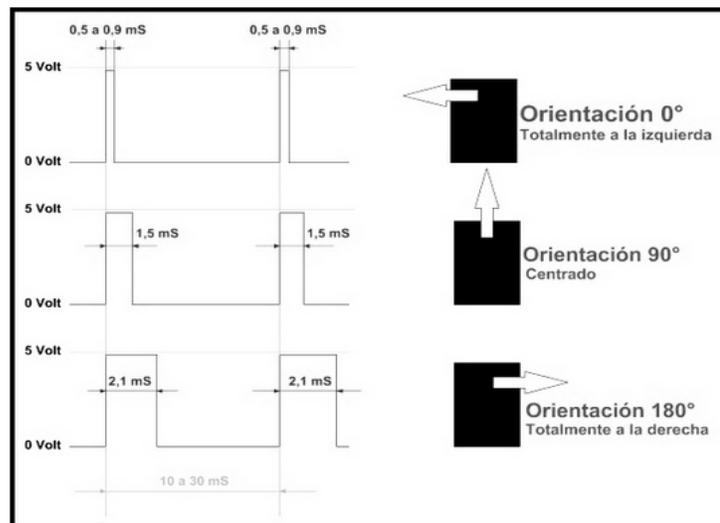


Figura II.21 Señales de control para posición de un servomotor

2.2.2.3. Elementos de mando y control eléctrico

RELÉS Y CONTACTORES:

Son interruptores accionados por un electroimán. Al aplicar una tensión en los terminales A1 y A2, el electroimán atrae a la armadura férrea hacia el núcleo del electroimán. El

terminal 1 se desconecta del terminal NC y se conecta al terminal NA (Figura II.22). Cuando se deja de aplicar tensión, el relé, accionado por el muelle, vuelve al reposo.

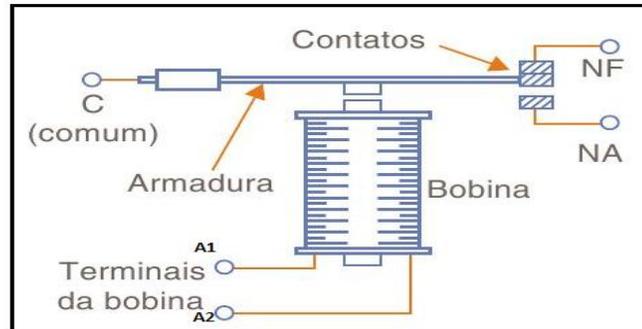


Figura II.22 Diagrama de conexión de un relé.

La diferencia entre relé y contactor es la cantidad de potencia que manejan.

- Relé: potencias pequeñas (menos de 1kw).
- Contactor: potencias grandes (centenares de Kw).

2.3. EL MÚSCULO NEUMÁTICO

2.3.1. Tecnología y características del músculo neumático

El músculo neumático está constituido por una membrana que se contrae. Concretamente, se trata de un tubo flexible que se somete a presión. El tubo flexible es una combinación de material homogéneo y flexible envuelto en una red de fibras resistentes dispuestas en forma de rombos. De esta manera se obtiene una estructura reticular de tres dimensiones.

El músculo permite obtener fuerzas considerables utilizando poco material. Las construcciones sometidas a esfuerzos de tracción suelen ser más sencillas que las que tienen que soportar fuerzas de compresión o pandeo, ya que no se producen inestabilidades en su estructura. Para diseñar un músculo neumático puede recurrirse a fibras de gran resistencia, normalmente no utilizadas en sistemas que funcionan con presión. El músculo neumático de Festo es un producto estándar con estas características. Se trata de una membrana

flexible y resistente a la tracción accionada por aire, otros gases o líquidos. Su forma es cilíndrica y la relación entre la fuerza y la masa es de aproximadamente 400:1.

La contracción a lo largo del eje longitudinal es directamente proporcional al volumen del aire aplicado. La tensión que se produce en las paredes de superficies delgadas de forma esférica o cilíndrica depende de su tamaño.

2.3.2. Funcionamiento del músculo neumático

El funcionamiento del músculo neumático se basa en el principio de un sistema cilíndrico de membrana de contracción (Figura II.23). Un tubo hermético y flexible está rodeado por una red de fibras resistentes dispuestas en forma de rombos. Estas fibras forman una estructura reticular tridimensional a modo de refuerzo del tubo flexible. Si se aplica aire comprimido, el tubo se deforma aumentando su diámetro, produciéndose una fuerza de tracción axial. Cuanto mayor es la presión interior, tanto más se contrae el músculo.

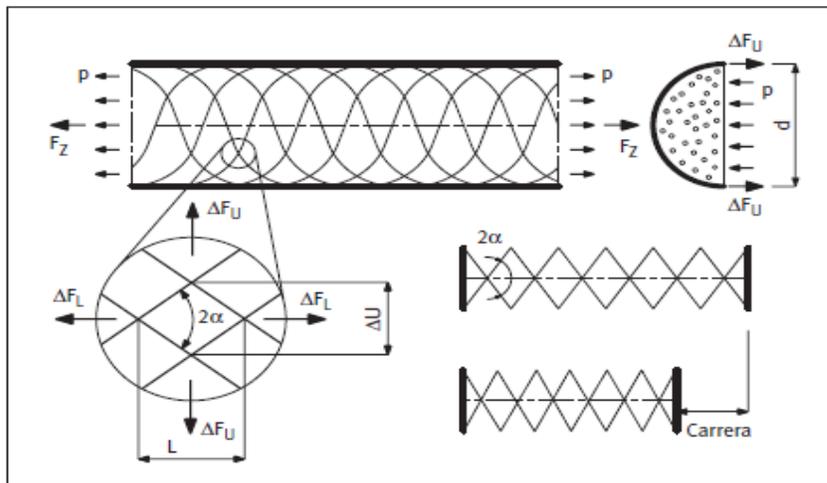


Figura II.23 Principio de contracción de un músculo neumático

Con el músculo neumático es posible obtener carreras útiles de hasta un 25% de su longitud nominal. La aceleración es grande al principio y lenta al aproximarse a la posición prevista. La fuerza de tracción es máxima al principio del proceso de contracción y disminuye casi linealmente hasta llegar a cero al aumentar la carrera. Un cilindro neumático convencional

aplica la misma fuerza en toda la carrera, por lo que es necesario amortiguarlo en las posiciones finales para evitar que se produzca un golpe seco en ellas.

Si se compara el músculo neumático con un cilindro convencional del mismo diámetro, puede apreciarse que el músculo tiene una fuerza inicial muy superior. Esta ventaja del músculo neumático resulta evidente (Figura II.24).

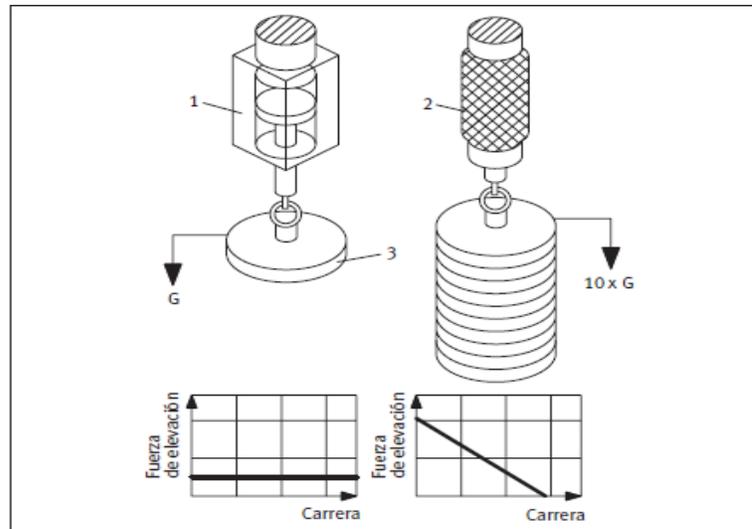


Figura II.24 Comparación de fuerza de tracción entre músculo y cilindro convencional

2.3.3. Dimensionamiento

El margen de funcionamiento del músculo neumático queda reflejado en el diagrama de fuerza y contracción (Figura II.25). El margen de aplicación depende del diámetro y está determinado por los siguientes límites:

- Límite de la tensión previa máxima admisible (línea izquierda vertical).
- Límite de la fuerza máxima posible (línea superior horizontal).
- Límite de la presión de funcionamiento máxima (línea derecha descendente).
- Límite de la deformación máxima (línea derecha vertical).

Al seleccionar un músculo neumático debe tenerse en cuenta que los puntos de aplicación de la carga se encuentren dentro del margen de funcionamiento admisible.

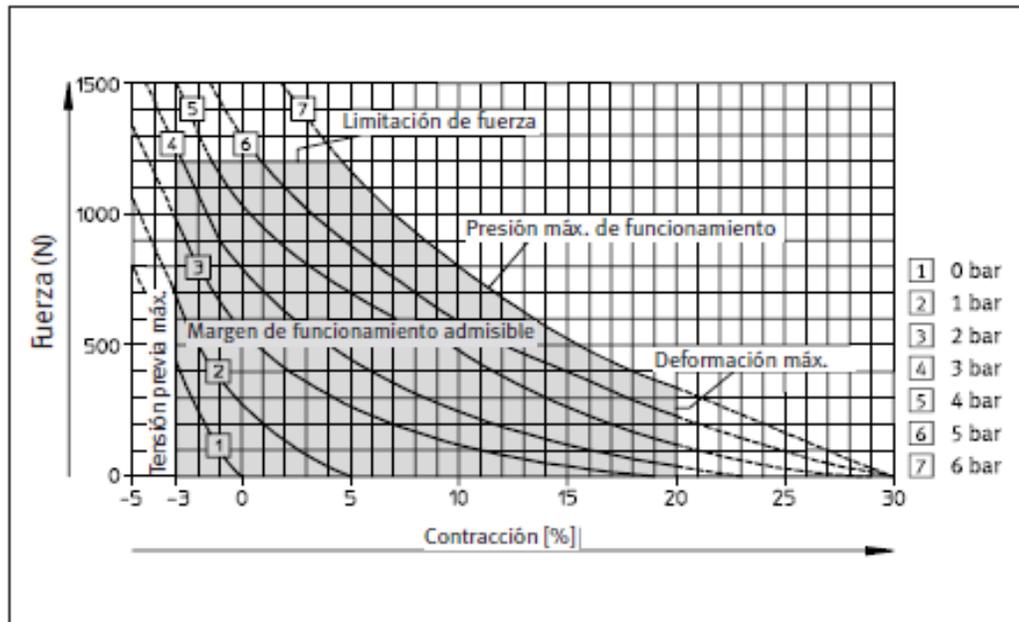


Figura II.25 Margen de funcionamiento admisible de músculo neumático con diámetro 20mm

Para calcular el músculo es recomendable utilizar el software “MuscleSIM”. Debido a la histéresis del músculo, es posible que los resultados obtenidos mediante el diagrama de fuerza/contracción difieran de los que ofrece el software. El software de simulación es muy sencillo:

- Definir la carga
- Incluir los datos del proyecto (carrera, fuerzas, presión)
- Obtención de la recomendación relacionada con los datos del músculo neumático (longitud nominal, grado de contracción, masa total, espacio necesario para el montaje)
- Obtención de la lista de piezas

Al tomar una decisión en favor del músculo neumático, siempre se realiza consciente o inconscientemente una comparación con un cilindro neumático convencional. Por ello se ofrece en la tabla siguiente (Tabla II.I) una comparación de las ventajas y desventajas de ambas soluciones.

Ventajas frente a un cilindro convencional con émbolo	Desventajas frente a un cilindro convencional con émbolo
<ul style="list-style-type: none"> • Siendo igual el diámetro, la fuerza (inicial) máxima es muy superior • Mejor resistencia a los medios • Masa mucho menor por unidad de fuerza • Precio inferior (dependiendo del producto con el que se compara) • Posicionamiento sencillo mediante regulación de la presión; también en lo que se refiere a las posiciones intermedias • Sin fugas (cuerpo hermético) • En muchas aplicaciones, menor consumo de aire comprimido • Fabricación sencilla de actuadores de cualquier longitud • Funcionamiento altamente dinámico, gran capacidad de aceleración • Ausencia de movimientos a tirones • Apropiado para salas limpias y para entornos industriales con suciedad • Posicionamiento sin ruidos • Funcionamiento con aire o con agua • Posibilidad de prescindir de lubricantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor tamaño para igual carrera • La fuerza máxima se reduce a cero en el límite del recorrido (lo que también puede ser una ventaja en función de cada aplicación) • Imposibilidad de generar directamente una fuerza de presión • Imposibilidad de disponer de función de doble efecto • Imposibilidad de guiar la carga; en caso necesario deben preverse estructuras mecánicas adicionales • Envejecimiento del caucho; la duración depende del grado de contracción y de la temperatura • Sensible a cortes ocasionados por objetos con cantos cortantes y a salpicaduras de soldadura; en caso necesario deben montarse sistemas de protección • Peligro de aneurisma o formación de fisuras. El músculo no es resistente a sobrecargas

Tabla II.I Comparación entre músculo neumático y cilindro convencional

2.3.4. Características del músculo neumático

La frecuencia máxima de los ciclos de trabajo depende de numerosos parámetros:

- La carrera necesaria.
- El grado de contracción del músculo.
- La carga, la presión, la temperatura, las válvulas y la forma de la alimentación del aire
- Disposición de la aplicación (amortiguación de la carga, topes, muelles mecánicos para el retroceso).

Si se configura correctamente, el músculo neumático puede funcionar a frecuencias de hasta 3 Hz sin que por ello disminuya la duración del material. Para obtener frecuencias elevadas, es recomendable configurar el músculo de tal modo que su contracción no sea superior a un 10%; además, debería estar conectado por ambos extremos, con el fin de poder llenarlo y vaciarlo de aire muy rápidamente. De lo contrario, el músculo adquiriría una temperatura muy alta debido a la compresión permanente del mismo volumen de aire.

En los parámetros relacionados con la velocidad se aplican los mismos criterios que en relación con la frecuencia. Los ensayos se realizaron bajo condiciones nominales específicas (temperatura ambiente, $L_n = 10 \times$ diámetro interior, 6 bar, músculo suelto en un extremo, sin carga adicional). La velocidad mínima es casi de 0 m/s, la velocidad máxima es de 1,5 m/s en el caso del MAS-10 y de 2 m/s en el caso del MAS-20 y del MAS-40.

La duración depende de la carga que, a su vez, es el resultado del esfuerzo térmico, de la deformación y de la carga adicional. Ventilando el sistema es posible reducir la carga (térmica) de las piezas, consiguiéndose así un aumento significativo de la duración.

El músculo puede tener una longitud de hasta 9000 mm, dependiendo de los requisitos planteados por la aplicación. El tubo flexible puede tener elementos de sujeción desmontables o fijos. El músculo neumático está disponible actualmente con diámetros de 10, 20 y 40 mm (Figura II.26).



Figura II.26. Tres tipos de músculos neumáticos Festo.

2.3.5. Accionamiento de un músculo

El accionamiento de los músculos neumáticos es sencillo y, a la vez, interesante. El músculo reacciona a las más mínimas modificaciones de la presión y funciona con presiones entre 0 bar y $p_{\text{máx.}} = 6$ bar (tratándose de músculos neumáticos con diámetros de 10 mm es posible aplicar una presión de hasta 8 bar).

La relación proporcional existente entre la variación de la longitud y el volumen permite efectuar operaciones de posicionamiento con posiciones intermedias prescindiendo de complicados sistemas electrónicos de regulación, únicamente modificando la presión interior. Sin embargo, el posicionamiento es más bien poco preciso debido a la histéresis del músculo. Ello significa que el músculo neumático utilizado para operaciones de posicionamiento puede considerarse una solución de tecnología sencilla y de bajo costo.

El músculo neumático es muy apropiado para aplicaciones difíciles, ya que no tiene componentes eléctricos o electrónicos y porque el actuador es completamente estanco. Estas características son importantes cuando se utilizan actuadores en zonas con peligro de explosión. Además, el sistema de control también puede ser completamente neumático.

Bajo circunstancias de utilización extremas, la duración del músculo disminuye significativamente. Los siguientes factores inciden negativamente en su duración:

- Aumento de la contracción h , expresada en tanto por ciento
- Aumento de la masa adicional m , expresada en kilogramos
- Aumento de la temperatura ambiente y la temperatura de utilización, expresada en grados centígrados

En los cilindros neumáticos de simple efecto el consumo de aire comprimido es menor que en los cilindros de doble efecto porque sólo se consume aire durante el movimiento de trabajo. Lo mismo se aplica en el caso del músculo neumático.

Además, en comparación con un cilindro neumático convencional, consume aproximadamente un 40% menos de energía siendo igual la fuerza. Dado que el músculo neumático no tiene émbolo, es posible reducir el volumen interior con un cuerpo interno

adicional. De esta manera se disminuye adicionalmente el consumo de aire comprimido sin que por ello se interfiera en el funcionamiento o en la duración del músculo neumático, al menos en circunstancias normales.

En el Anexo2 se muestra los datos más importantes de los músculos neumáticos actualmente disponibles.

2.3.6. Aplicaciones

El músculo neumático es un actuador que se presta muy bien para tareas de elevación de piezas debido a su considerable fuerza y a la ejecución de los movimientos sin tirones. Para aumentar la carrera es posible conectar varios músculos en serie y, además, utilizar sistemas de poleas. Estas soluciones se refieren a equipos manuales de manipulación de piezas. En algunas de ellas, el músculo neumático puede montarse en voladizos y columnas ocupando poco espacio y muchas veces de modo no visible desde el exterior. En estas aplicaciones suele haber suficiente espacio para conectar varios músculos en paralelo con el fin de aumentar la fuerza disponible. Entre las aplicaciones más comunes de un músculo neumático tenemos:

- Sistemas de elevación de objetos
- Sistemas de sujeción (pinzas)
- Maquinas de prensado, estampado, punzonado y cortado.
- Sistemas de fijación de bridas, placas.

2.4. SISTEMAS Y TIPOS DE CONTROL

2.4.1. Generalidades de un Sistema de Control

Un sistema de control puede ser representado gráficamente por un diagrama de bloques, tales diagramas de bloques indican la interrelación existente entre los distintos componentes del sistema.

En un diagrama de bloques, todas las variables del sistema se enlazan entre si por medio de bloques funcionales. El bloque funcional, o simplemente bloque, es un símbolo de la operación matemática que el sistema produce a la salida sobre la señal de entrada. Una flecha hacia adentro del bloque indica la entrada y la que se aleja del bloque indica la salida. Debe notarse que la magnitud de la señal de salida del bloque será la señal de entrada multiplicada por la función de transferencia del bloque.

Un componente importante dentro de un diagrama de bloques es el denominado punto de suma (figura II.27). Su símbolo, un círculo con una cruz, indica la operación suma. El signo “+” ó “-“, expresa si la señal ha de sumarse o restarse.

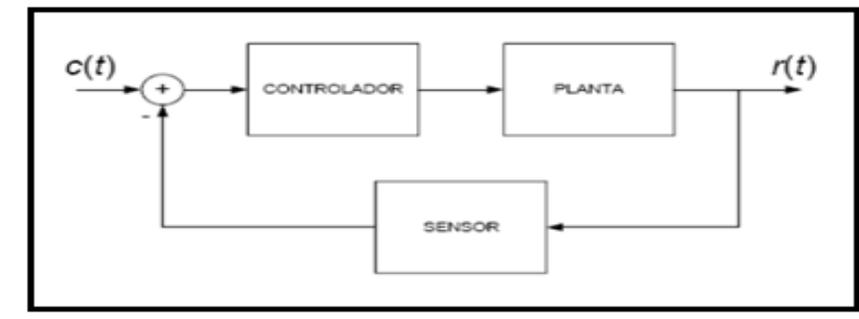


Figura II.27 Partes de un sistema de control

2.4.2. Elementos de un sistema de control automático

Este sistema de control va a actuar independiente del operario y va a determinar por sí mismo los mejores valores para las señales de control. Para ello se contará con una referencia, que es un valor dado por el operario, este valor es fijo y depende del tipo de

proceso y de las exigencias que este amerite; es conocido como set-point, este valor es el que se desea alcanzar y mantener (figura II.28).

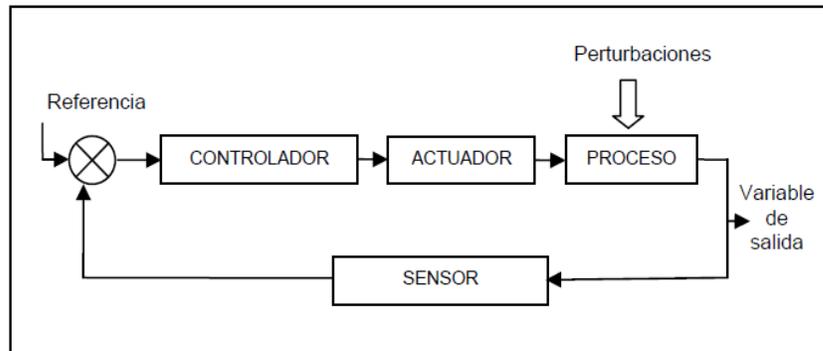


Figura II.28 Elementos de un sistema de control automático

CONTROLADOR: Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error (diferencia entre valor medido y deseado), para luego actuar a fin de corregir este error. Tiene por objetivo elaborar la señal de control que permita que la variable controlada corresponda a la señal de referencia.

ACTUADOR: Es aquel equipo que sirve para regular la variable de control y ejecutar la acción de control, es conocido como elemento final de control, estos pueden ser de 3 tipos:

- Actuadores eléctricos: Son usados para posicionar dispositivos de movimientos lineales o rotacionales. Ej. motor , relé, switch, electroválvulas.
- Actuadores neumáticos: Trabajan con señales de presión, estas señales son convertidas a movimientos mecánicos. Ej. pistones neumáticos, válvulas.
- Actuadores hidráulicos: Operan igual a los neumáticos, son usados en áreas que requieren mayor fuerza por ejemplo levantar compuertas, mover grúas, elevadores, etc. Ej. Pistones hidráulicos.

PROCESO: Esta referido al equipo que va a ser automatizado, por ejemplo puede ser una bomba, tolva , tanque, compresor , molino, intercambiador de calor, horno, secador, chancadora, caldera, etc.

SENSOR: Es un elemento de medición de parámetros o variables del proceso. Los sensores pueden ser usados también como indicadores, para transformar la señal medida en señal eléctrica. Los sensores más comunes son los de nivel, temperatura, presencia, proximidad, flujo, presión, entre otros.

2.4.3. Tipos de variables de un sistema de control

Se define como variables a todo aquel parámetro físico cuyo valor puede ser medido (Figura II.29). Puede ser:

- *Variable Controlada:* Es aquella que se busca mantener constante o con cambios mínimos. Su valor debe seguir al set-point.
- *Variable Manipulada:* A través de esta se debe corregir el efecto de las perturbaciones. Sobre esta se colocará el actuador
- *Variable Perturbadora:* Esta dado por los cambios repentinos que sufre el sistema y que provocan inestabilidad.
- *Variable Medida:* Es toda variable adicional, cuyo valor es necesario registrar y monitorear, pero que no es necesario controlar.

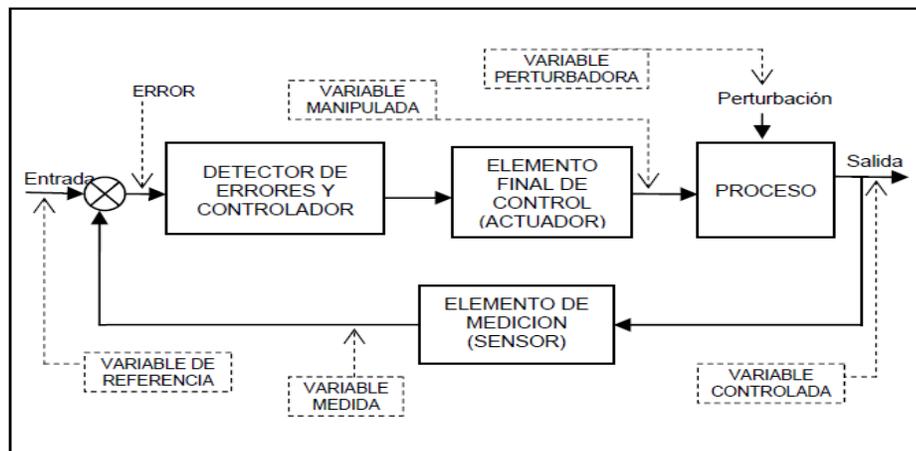


Figura II.29 Variables que intervienen en un sistema de control

2.4.4. Características del control

Existen formas y métodos a través de los cuales los sistemas de control pueden ser representados por medio de funciones matemáticas, esta representación recibe el nombre de Modelamiento Matemático, este modelo describirá las características dinámicas del sistema a través de ecuaciones diferenciales. El modelamiento puede ser:

- Analítico: Cuando se aplican las leyes físicas correspondientes a cada componente del sistema, que en conjunto forman una estructura o función matemática.
- Experimental: Consiste en la identificación de los parámetros, mediante el análisis de datos de entrada y salida, estimando valores posibles que se ajusten al sistema

A partir del modelamiento matemático, aplicando fórmulas matemáticas, teoremas, y transformadas, se puede llegar a una función que represente la relación entre la salida y entrada del sistema, esta función se denomina Función de Transferencia.

El proceso experimental es denominado Identificación de Sistemas, y corresponde a la planta o proceso que se desea analizar, consiste en recoger datos de la variable de salida con su correspondiente dato de entrada que provocó dicha salida, para luego mediante algoritmos matemáticos aproximar una función de transferencia, la cual debe generar una salida (estimada) similar a la salida sensada, y dependiendo de la diferencia entre ambas (error) se dará validez a la función obtenida, o se tendrá que recalcular con nuevos valores en los algoritmos matemáticos de análisis.

El análisis de un sistema que se desea controlar, significa analizar su comportamiento dinámico en el tiempo, partiendo de sus características matemáticas se puede llegar a conclusiones respecto al funcionamiento del sistema, tanto aislado como dentro de un lazo cerrado, afectado por ruido y gobernado por un controlador. Para conocer dicho funcionamiento se debe llegar a conclusiones puntuales respecto a las siguientes características.

- **ESTABILIDAD:** Se dice que un sistema es estable cuando después de transcurrido un tiempo t , su valor de respuesta (salida) permanece constante. El siguiente gráfico muestra dos curvas, una de un sistema estable, y la otra de un sistema inestable, lograda s luego de aplicar una entrada escalón unitario (Figura II.30).

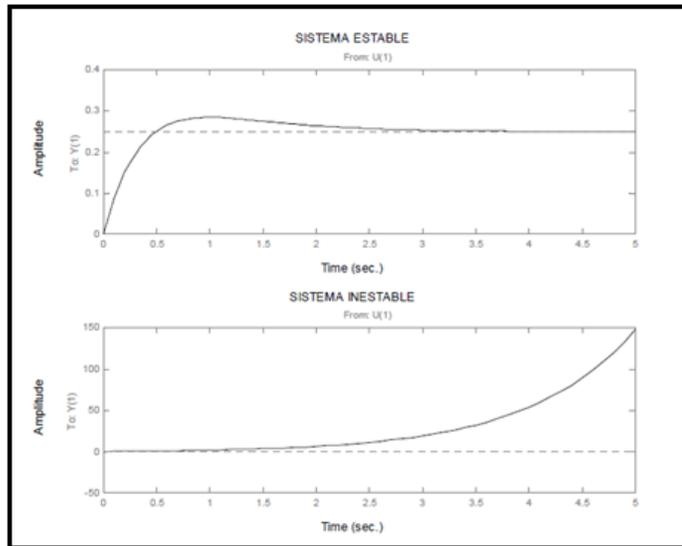


Figura II.30 Gráfica de sistema estable e inestable ante entrada escalón

- **EXACTITUD:** La exactitud del sistema se mide en base a la desviación existen entre el valor deseado (referencia) y el valor real obtenido en la respuesta del sistema (valor en estado estable), a esta diferencia se le denomina error en estado estable.
- **VELOCIDAD DE RESPUESTA:** Esta característica indica que tan rápidamente es capaz de llegar el sistema, a su valor en estado estable o estacionario. La gráfica siguiente muestra los tipos de respuesta que se puede obtener en función de la velocidad de respuesta (Figura II.31).

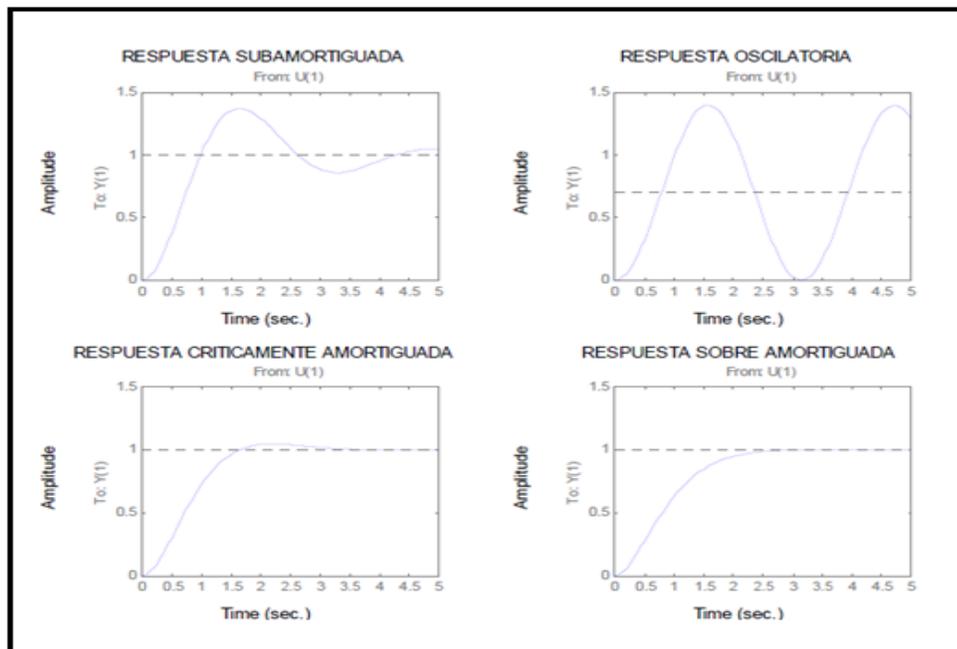


Figura II.31 Tipos de respuesta que entrega un sistema

SENSIBILIDAD: Este concepto explica la dependencia de unas variables con respecto a otras, puesto que en un sistema habrá algunas variables manipuladas, otras controladas, y otras perturbadoras, es inevitable que la acción de una repercute sobre las otras, por ello la necesidad de conocer e identificar cada variable a fin de conocer su naturaleza antes mencionada.

ALCANZABILIDAD: Cuando un sistema cuenta con esta característica, entonces mediante un controlador se puede llevar este sistema desde un estado inicial hasta otro estado cualquiera, en un tiempo finito.

CONTROLABILIDAD: Un sistema es controlable cuando es posible llevar al sistema a una posición de equilibrio, al aplicar le una entrada y transcurrido un período de tiempo finito.

OBSERVABILIDAD: Se dice que un sistema es de rango completo observable, si mediante la observación de la salida y es posible determinar cualquier estado $x(t)$, en un tiempo finito.

2.4.5. Métodos de control clásico

Los métodos de control clásico son aquellos que esperan a que se produzca un error para luego realizar una acción correctiva. El error se presenta a causa de la diferencia de lectura entre la variable de salida sensada y la señal de referencia, este error está presente en todo momento, y la finalidad es minimizar lo. En algunos casos suele generarse un comportamiento oscilatorio alrededor del valor de referencia.

Los métodos de control clásico pueden ser:

- **CONTROL ON-OFF:** Este método solo acepta dos posiciones para el actuador: encendido (100%) y apagado (0%). La lógica de funcionamiento es tener un punto de referencia, si la variable es mayor el actuador a sume una posición, y si la variable es menor el actuador a sume la otra posición. Por ejemplo tenemos los sistemas de seguridad contra robos, las refrigeradoras domésticas, sistemas de aire acondicionado, et c. A continuación se muestra su función en el tiempo:

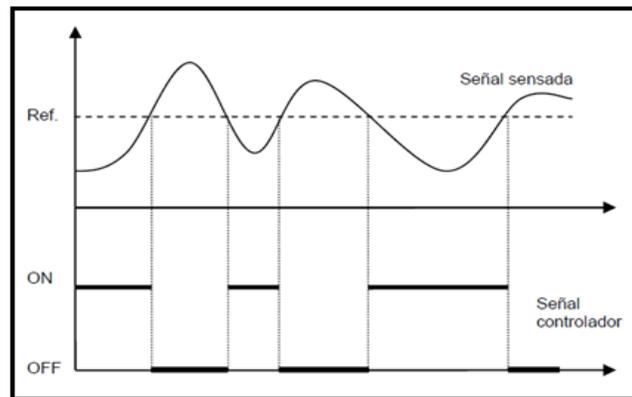


Figura II.32 Gráfica de señal que entrega un controlador ON-OFF

- **CONTROLADOR PROPORCIONAL (P):** Es un control que se basa en la ganancia aplicada al sistema, se basa en el principio de que la respuesta del controlador debe ser proporcional a la magnitud del error. No corrige ni elimina perturbaciones, puede atenuar o aumentar la señal de error. Se representa a través del parámetro K_p y define la fuerza o potencia con que el controlador reacciona frente a un error.

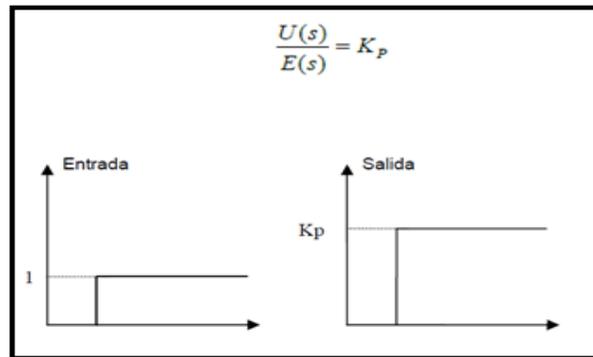


Figura II.33 Gráfica de señal que entrega un controlador Proporcional

- **CONTROLADOR INTEGRAL (I):** Conocido como RESET. Este tipo de controlador anula errores y corrige perturbaciones, mediante la búsqueda de la señal de referencia, necesita de un tiempo T_i para localizar dicha señal. Se representa mediante el término K_i que es el coeficiente de acción integral y es igual a $1/T_i$.

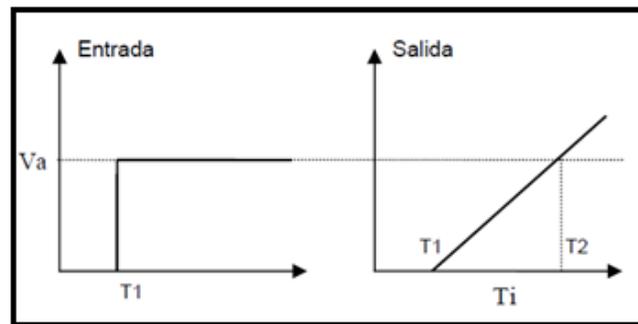


Figura II.34 Gráfica de señal que entrega un controlador integral

- **CONTROLADOR DERIVATIVO (D):** Conocido como RATE. Este controlador por sí solo no es utilizado, necesita estar junto al proporcional y a un integral. Sirve para dar la rapidez o aceleración a la acción de control. Necesita de una diferencia de tiempo T_d para alcanzar la señal de referencia, se representa mediante el término K_d que es el coeficiente de acción derivativa y es igual a $1/T_d$.

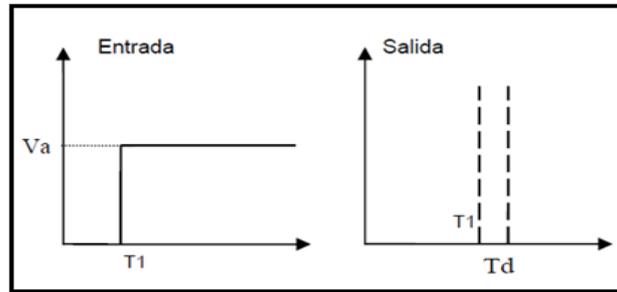


Figura II.35 Gráfica de señal que entrega un controlador derivativo

- CONTROLADOR PROPORCIONAL-INTEGRAL (PI): Actúa en forma rápida, tiene una ganancia y corrige el error, no experimenta un offset en estado estacionario. La aplicación típica es en el control de temperatura.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_P \left(1 + \frac{1}{T_N \cdot s} \right)$$

Donde K_P es la ganancia proporcional y T_N se denomina tiempo de acción integral. Ambos valores son ajustables. El tiempo integral regula la velocidad de acción de control, mientras que una modificación en K_P afecta tanto a la parte integral como a la parte proporcional de la acción de control.

- CONTROLADOR PROPORCIONAL-DERIVATIVO (PD): Es estable, y reduce los retardos, es decir es más rápido. Es usado típicamente para el control de flujo de minerales.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_P (1 + T_V \cdot s)$$

El control derivativo mide la pendiente instantánea de $e(t)$, prediciendo que tan grande será el sobreimpulso aplicando las correcciones apropiadas antes de que se presente ese sobreimpulso. Donde T_V se denomina duración predicha.

- **CONTROLADOR PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO (PID):** Este controlador es el más completo y complejo, tiene una respuesta más rápida y estable siempre que esté bien sintonizado.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_P \left(1 + \frac{1}{T_N \cdot s} + T_V \cdot s \right)$$

Resumiendo se puede decir que:

- El control proporcional actúa sobre el tamaño del error.
- El control integral rige el tiempo para corregir el error
- El control derivativo le brinda la rapidez a la actuación.

2.4.6. Métodos de sintonización de Control PID

El controlador PID, de lejos, es el algoritmo de control más común. El proceso de seleccionar los parámetros del controlador para que el sistema cumpla con las especificaciones de diseño se conoce como calibración o ajuste del controlador.

Sintonizar un controlador PID significa establecer el valor que deben tener los parámetros de Ganancia (Banda Proporcional), Tiempo Integral (Reset) y Tiempo derivativo (Rate), para que el sistema responda en una forma adecuada. La primera etapa de todo procedimiento de sintonización consiste en obtener la información estática y dinámica del lazo. Existen diversos métodos para ajustar los parámetros de controladores PID, pero todos caen dentro de dos tipos:

- **Método de Ziegler y Nichols en Lazo Cerrado o de la Oscilaciones sostenidas.**

El Método consiste en obtener la respuesta de la señal medida a una perturbación (por ejemplo un pulso en el set-point) con controlador proporcional. Se observa la respuesta y si es amortiguada, se incrementa la ganancia hasta lograr Oscilaciones Sostenidas (oscilación con amplitud constante).

La ganancia del controlador (proporcional) en este caso se denomina “**Ganancia Última**” y se nota **K_{cu}** y el período de la oscilación se llama “**Periodo Último**”. Los valores recomendados de sintonización son:

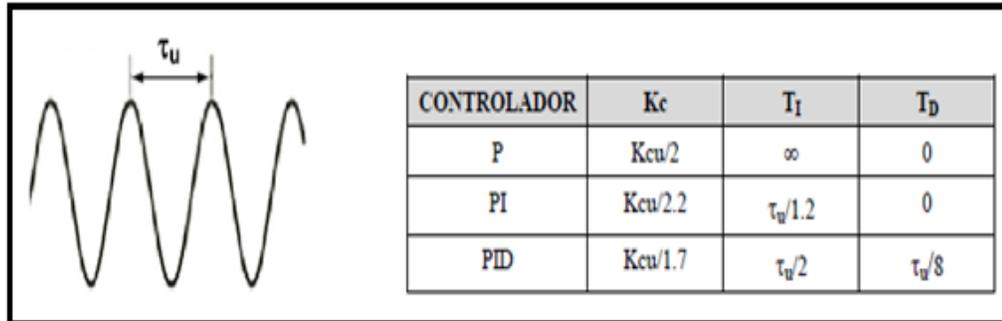


Figura II.36 Valores de sintonización según Ziegler y Nichols

Este método propone un arreglo para determinar los valores de ganancia proporcional K_p, tiempo integral T_i, y tiempo derivativo T_d, con base en la respuesta transitoria de una planta específica. El procedimiento es el siguiente:

1. Aplicar a la planta solo control proporcional con ganancia K_p pequeña.
2. Aumentar el valor de K_p hasta que el lazo comience a oscilar. La oscilación debe ser lineal y debe detectarse en la salida del controlador u(t).
3. Registrar la ganancia crítica K_p, K_c y el período de oscilación P_c de u(t) a la salida del controlador.
4. Ajustar los parámetros del controlador PID. (Figura II.36)

- **Método de Ziegler y Nichols en Lazo Abierto o de la Curva de respuesta.**

Por ser un método en lazo abierto, primero se realiza un ensayo en lazo abierto, introduciendo un escalón en la señal de control (salida del controlador que actúa sobre el elemento final de control) y se registra el transitorio de la variable medida o controlada (Curva de Respuesta). Aplicando el Método del Punto de inflexión, se obtiene una caracterización simplificada de la planta a controlar como una capacidad de primer orden más un tiempo muerto.

$$G(s) = G_T(s)G_P(s)G_I(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{\tau s + 1}$$

El ajuste del controlador se hace según:

CONTROLADOR	K_c	T_I	T_D
P	$\frac{1}{K} \left(\frac{\tau}{L} \right)$	∞	0
PI	$\frac{0.9}{K} \left(\frac{\tau}{L} \right)$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$\frac{1.2}{K} \left(\frac{\tau}{L} \right)$	$\frac{L}{0.5}$	$\frac{L}{2}$

Figura II.37 Valores de sintonización según Ziegler y Nichols en lazo abierto

Una versión linealizada cuantitativa de este modelo puede obtenerse mediante un experimento a lazo abierto con el siguiente procedimiento:

1. Llevar manualmente la planta a lazo abierto a un punto de operación normal manipulando $u(t)$. Supongamos que la planta se estabiliza en $y(t) = y_0$ para $u(t) = u_0$.
2. En un instante inicial t_0 aplicar un cambio escalón en la entrada, desde u_0 a u_1 (el salto debe estar entre un 10 a 20 por ciento del valor nominal).
3. Registrar la respuesta de la salida hasta que se estabilice en el nuevo punto de operación (Figura II.38).

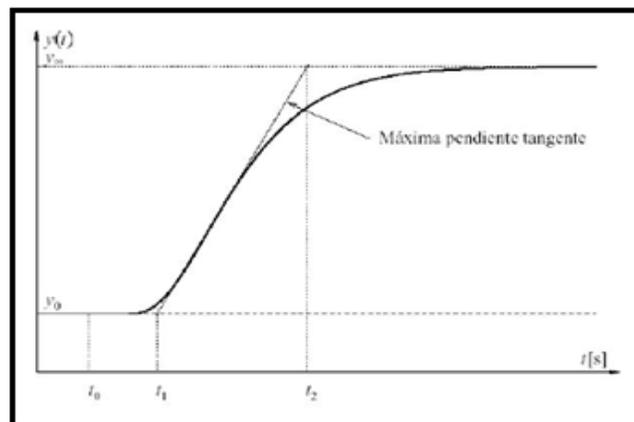


Figura II.38 Respuesta la escalón. Curva de reacción en lazo abierto de la planta

2.5. PANELES DE OPERADOR HMI

Simatic HMI ofrece una amplia gama de posibilidades para realizar las múltiples tareas del operador. Con Simatic HMI podremos controlar el proceso localmente en cada momento y mantener en funcionamiento las máquinas e instalaciones. Sistemas Simatic HMI sencillos son como en este caso, por ejemplo, los paneles táctiles incorporados en las proximidades de la máquina. Los sistemas Simatic HMI que se emplean para controlar y supervisar las instalaciones de producción constituyen la parte principal de esta amplia gama de posibilidades. Éstos son, por ejemplo, los eficaces sistemas cliente-servidor.

En la actualidad la automatización industrial se encuentra enfocada a la utilización de interfaces HMI que representan la interfaz entre el hombre y el proceso. Estas interfaces son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o geográficamente dispersos.

Una interfaz HMI se encarga de:

- Representar procesos
- Manejar procesos
- Emitir avisos
- Archivar valores de proceso y avisos
- Documentar valores de proceso y avisos
- Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina

2.5.1. Paneles Simatic HMI

Los paneles SIMATIC HMI Basic Panels han sido diseñados para operar a la perfección con el nuevo controlador SIMATIC S7-1200. Los nuevos modelos de la gama SIMATIC HMI Basic Panels para aplicaciones compactas ofrecen una solución que puede adaptarse a la perfección a las necesidades específicas de visualización: potencia y funcionalidad optimizada, gran variedad de tamaños de pantalla y un montaje sencillo que facilita la ampliación.

2.5.2. Potencia y funcionalidad optimizadas

La perfecta integración de SIMATIC S7-1200 y los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels permite un control y visualización sencillos, aptos para tareas de automatización compactas. Gracias a la interacción entre el software de ingeniería del controlador y de HMI, SIMATIC STEP 7 Basic con SIMATIC WinCC Basic integrado, pueden obtenerse las mejores soluciones en el tiempo más breve y con resultados óptimos.

Los nuevos modelos de la gama SIMATIC HMI Basic Panels ofrecen de serie una pantalla táctil que proporciona un manejo intuitivo. Además de la funcionalidad táctil, los equipos de 4", 6" y 10" están provistos de teclas con feedback táctil. Para las aplicaciones que requieren más espacio de visualización existen equipos provistos de una pantalla táctil de 15". Los paneles SIMATIC HMI Basic Panels, con grado de protección IP65, son idóneos también para el uso en entornos industriales duros.

2.5.3. Pantalla HMI KTP 600 PN BASIC

Puesto que la visualización se está convirtiendo cada vez más en un componente estándar de la mayoría de las máquinas, el Basic Panels SIMATIC HMI KTP 600 ofrece tareas básicas de control y supervisión. Todos los paneles tienen el tipo de protección IP65.

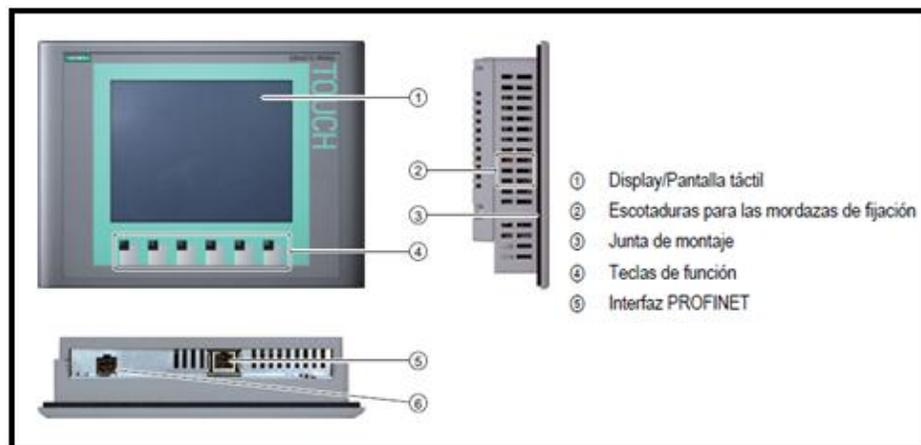


Figura II.39 Panel Simatic HMI KTP 600 PN

El mono KTP600 Basic está equipada con un 5,7 pulgadas de pantalla STN-que ofrece 4 escalas de grises. Una resolución de 320 x 240 píxeles permite que la representación de las pantallas de explotación menos complejos a un tamaño conveniente (Figura II.39)

El panel puede ser operado por una pantalla táctil analógica resistiva y, complementariamente, de 6 teclas de función libremente configurables que cuando se acciona proporcionan retroalimentación táctil. KTP600 Basic mono El es el ideal HMI-componente para los pequeños sistemas S7-1200.

Se puede configurar con WinCC Basic (TIA Portal) o WinCC flexible. El KTP600 ofrece una funcionalidad básica HMI (alarmas, curvas de tendencia, recetas) con 500 etiquetas.

CAPÍTULO III

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

3.1. GENERALIDADES

PLC son las iniciales de **P**rogrammable **L**ogic **C**ontroller, que traducido resulta Controlador Lógico Programable. También se usa para nombrar a estos dispositivos el término **Autómatas Programables**. Cualquier modificación en los procesos en una planta, significa re cablear, agregar relés, temporizadores, etc. en los tableros de mando y control. Esto implica largas paradas de máquinas y a menudo los tableros quedan chicos para absorber los cambios. También es por ustedes conocido que las modificaciones “provisorias” no siempre se vuelcan en los planos eléctricos, con lo cual se dificulta el mantenimiento y por lo tanto aumenta el tiempo de parada de las máquinas.

A fines de la década del 60, consciente de estos problemas, la General Motor le encarga a sus proveedores de controladores el diseño de equipos que cumplieran las siguientes especificaciones:

- **Flexibles:** Los aparatos debían ser capaces de adaptarse a una gran variedad de situaciones, incluso reutilizarse para otras máquinas. Esta flexibilidad pretendía ser lograda mediante la programación.

- **Estado Sólido:** Los nuevos equipos debían estar realizados usando componentes electrónicos.
- **Ambiente:** Debían poder soportar los ambientes industriales.
- **Sencillos:** Tanto la programación, como el mantenimiento y la instalación debían estar a cargo del propio personal de la industria, ingenieros y técnicos, normalmente en esa época sin conocimientos informáticos
- **Lógicos:** Las funciones que debían gobernar eran del tipo on/off (todo/nada).

3.1.1. Ventajas de los PLC.

Se puede hablar de las siguientes ventajas del uso de los PLC frente a lógica cableada antigua:

- Menor tiempo empleado en la elaboración del proyecto.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir elementos.
- Reducido espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de instalación.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento, al quedar reducido el de cableado.
- Posibilidad de controlar varias máquinas con el mismo autómata.
- Economía de mantenimiento.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.
- Como es una tecnología que sigue evolucionando seguramente este listado se incrementará día a día.

3.1.2. Estructura interna.

Podemos distinguir cinco bloques en la estructura interna de los Autómatas Programables, que pasaremos a describirlos:

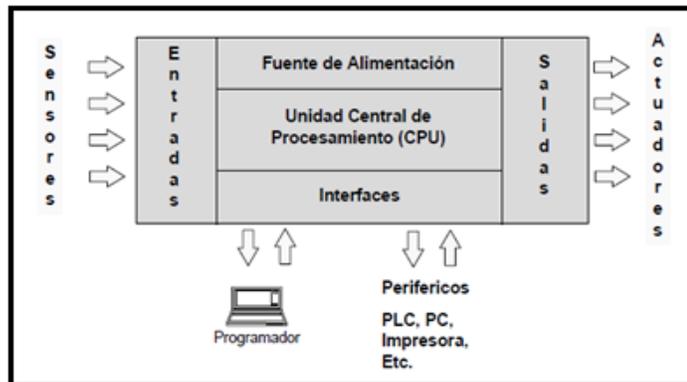


Figura III.1 Estructura interna y conexionado de un PLC

- **Bloque de Entradas.** En él se reciben las señales que proceden de los sensores. Estas son adaptadas y codificadas de forma tal que sean comprendidas por la CPU. También tiene como misión proteger los circuitos electrónicos internos del PLC, realizando una separación eléctrica entre éstos y los sensores.
- **Bloque de Salidas:** Trabaja de forma inversa al anterior. Interpreta las órdenes de la CPU, las descodifica y las amplifica para enviarlas a los actuadores. También tiene una interface para aislar la salida de los circuitos internos.
- **Unidad Central de Procesamiento CPU):** En ella reside la inteligencia del sistema. En función de las instrucciones del usuario (programa) y los valores de las entradas, activa las salidas.
- **Fuente de Alimentación:** Su misión es adaptar la tensión de red (220V/50Hz) a los valores necesarios para los dispositivos electrónicos internos (generalmente 24Vcc y 5Vcc).
- **Interfaces:** Son los canales de comunicación con el exterior. Por ejemplo con:
 - * Los equipos de programación
 - * Otros autómatas.
 - * Computadoras.
 - * Etc.

3.1.3. Clasificación de los PLC.

La idea de esta sección es mostrar el amplio espectro de los PLC que actualmente existen en el mercado, para ayudar al usuario a decidir en el momento de realizar una compra. Con este objetivo, vamos a realizar varias clasificaciones de los Autómatas Programables, teniendo en cuenta sus distintas características.

Estructura externa. Se refiere al aspecto físico exterior del PLC. Actualmente en el mercado existen dos tendencias:

- **Diseño compacto:** En un solo bloque residen todos sus elementos (fuente, CPU, entradas/salidas, interfaces, etc.). Tienen la ventaja de ser generalmente más baratos y su principal desventaja es que no siempre es posible ampliarlos.
- **Diseño modular:** Los distintos elementos se presentan en módulos con grandes posibilidades de configuración de acuerdo a las necesidades del usuario. Una estructura muy popular es tener en un bloque la CPU, la memoria, las interfaces y la fuente. En bloques separados las unidades de entrada/salida que pueden ser ampliadas según necesidades.

Memorias. Llamamos memoria a cualquier dispositivo que nos permita guardar las instrucciones escritas por el programador. Su capacidad de almacenamiento se mide en Kbyte o en Mbyte y está relacionada con el tamaño máximo de programa que podemos escribir. En la mayoría de los casos están diseñadas con elementos electrónicos. Se distinguen varios tipos:

- **PROM (Programmable Read Only Memory).** Memorias para ser leídas únicamente. Permiten ser programadas una sola vez. Normalmente se usan para automatismos de equipos fabricados en serie. Ante una falta de energía mantienen su contenido.
- **EPROM.** Son iguales a las anteriores, pero está permitido borrar su contenido para reprogramarlas. El borrado se realiza por la aplicación de luz ultravioleta, a través de una ventanilla de cuarzo en su encapsulado.

- **EEPROM.** Iguales a las anteriores pero el borrado se realiza por la aplicación de señales eléctricas.
- **RAM.** O memorias de acceso aleatorio. Está permitido escribirlas y borrarlas eléctricamente. Su lectura y escritura son muy veloces. Ante una falta de energía su contenido se pierde, por lo que deben usarse alimentadas con pilas de Litio (duración de la pila más o menos 5 años). Estas dos últimas son las más usadas en la actualidad.

Unidades de Entrada. Son los dispositivos básicos por donde llega la información de los sensores. Vienen con distintas posibilidades.

- **Analógicas.** Se deben usar cuando la entrada corresponde a una medida de por ejemplo: temperatura, presión, etc. En su interior tienen un dispositivo que convierte la señal analógica a digital (convertor A/D). Vienen en distintos rangos de tensión e intensidad. (por ejemplo 0 a 10V, 0 a +- 10V, 4 a 20 mA, etc.). La resolución puede ser de 8 o 12 bits.
- **Digitales.** Son las más utilizadas y corresponde a señales todo/nada. O sea la presencia o no de una tensión (por ejemplo de fines de carrera, termostatos, pulsadores, etc.). Esta tensión puede ser alterna (0-220V, 0-110V) o continua (generalmente 0-24V).

Unidades de Salida. Son los bloques básicos que excitarán los actuadores. Al igual que las entradas pueden ser analógicas o digitales.

- **Analógicas.** Se deben usar cuando el actuador que se debe activar es analógico (por ejemplo una válvula modulante, un variador de velocidad, etc.). En este caso se dispone de un dispositivo interno que realiza el proceso inverso al de las entradas analógicas, un convertor D/A.
- **Digitales.** Vienen de tres tipos. Con salida a triac, a relé o a transistor. En el primer caso es exclusivamente para corriente alterna. En el segundo puede ser para continua o alterna. En el caso de salida a transistor es exclusivamente para continua. Soportan en todos los casos corrientes entre 0,5 y 2 A.

Lenguajes de Programación. Son las reglas por las cuáles se le escribe el programa al PLC. Es más bien una característica del dispositivo programador. Existen diferentes lenguajes que el usuario puede elegir de acuerdo a su gusto o experiencia.

- **Listado de instrucciones.** Como su nombre lo indica se trata de introducir una lista de instrucciones que debe cumplir el autómata.
- **Con símbolos lógicos.** La programación se realiza usando símbolos similares a los que vimos para las compuertas lógicas.
- **Con símbolos de contactos.** Es el más popular y la programación se lleva a cabo usando redes de contactos (Ladder)

Tamaño de los PLC. El tamaño se lo determina generalmente por la cantidad de entradas y salidas disponibles. Pudiendo variar entre 10 E/S hasta varios miles. Las denominaciones son: nano autómatas, micro autómatas, etc.

3.1.4. Cómo funciona un PLC.

En el funcionamiento de un PLC (Figura III.2) se puede distinguir una secuencia que cumple a la puesta en marcha, dónde realiza un auto test para verificar sus conexiones con el exterior (por ejemplo si tiene conectado algún dispositivo de programación). Además dentro de este mismo proceso coloca todas las salidas a 0.

Luego entra en un ciclo que comienza **leyendo** y fijando (“fotografiando”) el **valor** de las **entradas** (hasta que vuelva a pasar por esta etapa no detectará cualquier variación en ellas). A continuación comienza a cumplir instrucción por instrucción del programa (**ejecución**). Con los resultados que va obteniendo “**arma**”, internamente, “una imagen” de lo que va a ser la **salida**. Una vez que llega al final del programa recién transfiere esa imagen a los bornes de la salida (**actualiza salidas**).

Cumplida esta tarea, realiza una nueva prueba interna, y vuelve a “cargar” las entradas y así sucesivamente.

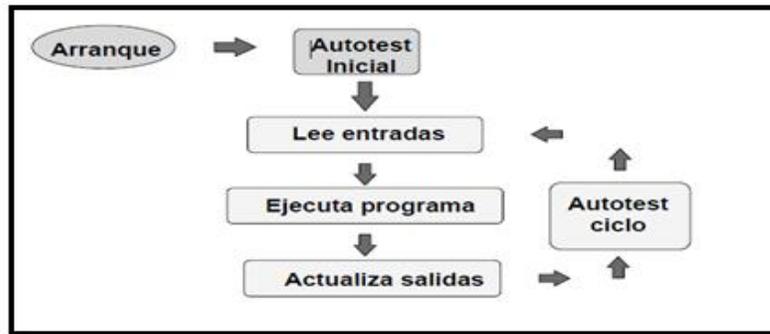


Figura III.2 Diagrama sobre funcionamiento de un PLC

El tiempo que demora en recorrer el ciclo de trabajo, depende del tamaño del programa (cantidad de instrucciones) pero es muy pequeño, del orden de los milisegundos (un milisegundo = una milésima parte de un segundo).

3.2. CONTROLADOR PROGRAMABLE S7-1200

3.2.1. Descripción de la CPU S7-1200 CPU 224 AC/DC/RELE

Para el proyecto se ha usado 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.

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 conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

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 (Figura III.3)

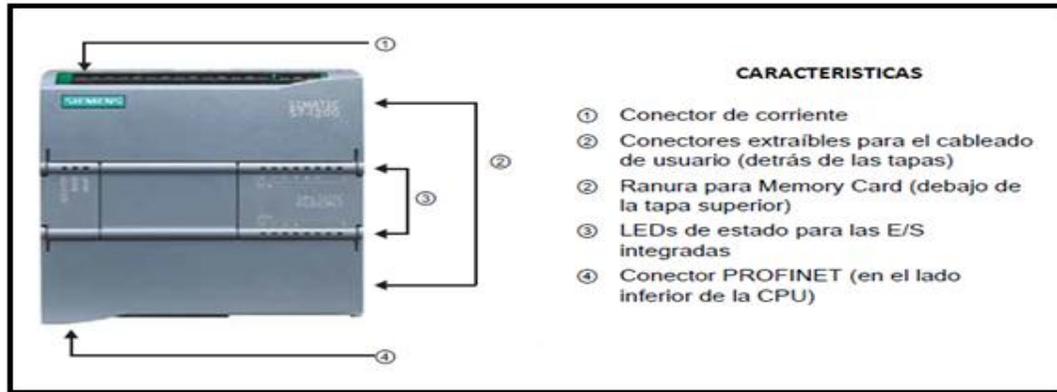


Figura III.3 Características de la CPU S7-1200

3.2.2. Funciones y prestaciones del s7-1200

Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones (Tabla III.I).

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Memoria de trabajo • Memoria de carga • Memoria remanente 		<ul style="list-style-type: none"> • 50 KB • 2 MB • 2 KB
E/S integradas locales	<ul style="list-style-type: none"> • Digitales • Analógicas 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 entradas/4 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 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		

Tabla III.I Funciones y prestaciones de los tipos de CPU s7-1200

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 (Tabla III.II).

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 				

Tabla III.II Módulos de ampliación para la CPU s7-1200

3.2.3. Módulos de ampliación

- **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.

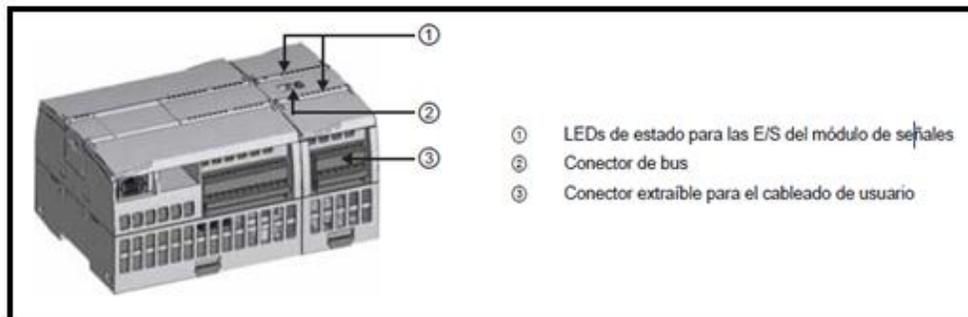


Figura III.4 Diagrama de módulo de señal insertable en el PLC S7-1200

- **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).

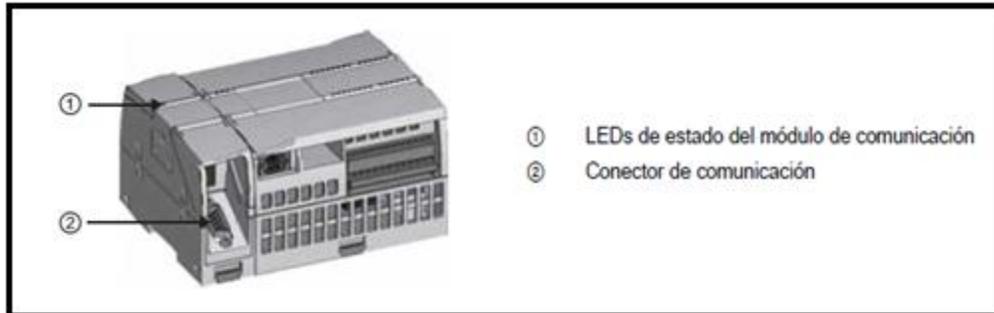


Figura III.5: Diagrama de módulo de comunicación insertable en el PLC S7-1200

3.2.4. Reglas generales de montaje

Los equipos S7-1200 son fáciles de montar. El S7-1200 puede montarse en un panel o en un raíl DIN, bien sea horizontal o verticalmente. El tamaño pequeño del S7-1200 permite ahorrar espacio.

Las CPUs, los SMs y CMs pueden montarse en un perfil DIN o en un panel. Utilice los clips del módulo previstos para el perfil DIN para fijar el dispositivo al perfil. Estos clips también pueden extenderse a otra posición para poder montar la unidad directamente en un panel. La dimensión interior del orificio para los clips de fijación en el dispositivo es 4,3 mm. Es preciso prever una zona de disipación de 25 mm por encima y por debajo de la unidad para que el aire pueda circular libremente.

- MONTAJE Y DESMONTAJE DE DISPOSITIVOS S7-1200

La CPU se puede montar fácilmente en un perfil estándar o en un panel. Los clips de fijación permiten fijar el dispositivo al perfil DIN (Figura III.6). Estos clips también encajan en una posición extendida para proveer orificios de montaje que permiten montar el dispositivo directamente en un panel.

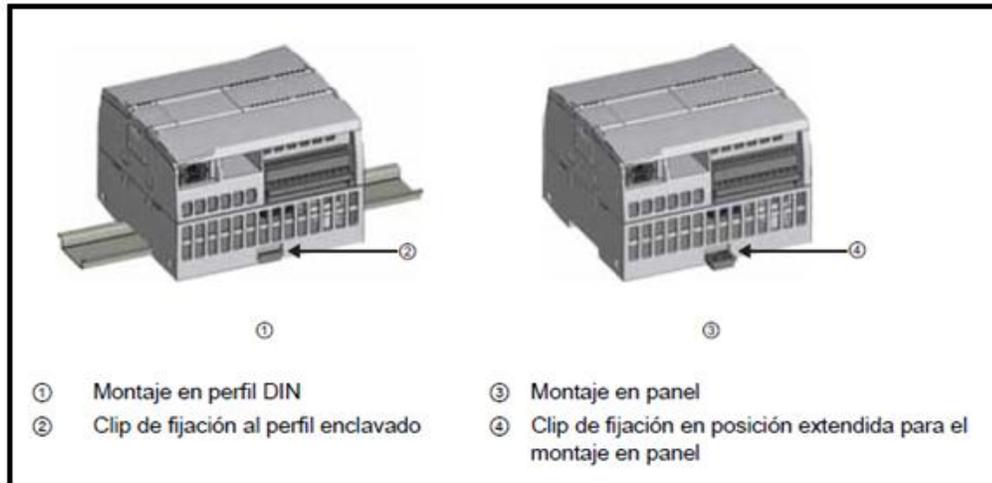


Figura III.6 Diagrama sobre tipos de montaje de un PLC S7-1200

Antes de montar o desmontar cualquier dispositivo eléctrico, asegúrese que se ha desconectado la alimentación. Asegúrese también que está desconectada la alimentación eléctrica de todos los dispositivos conectados.

- DIRECTRICES DE PUESTA A TIERRA DEL S7-1200

La mejor forma de poner a tierra la aplicación es garantizar que todos los conductores neutros y de masa del S7-1200 y de los equipos conectados se pongan a tierra en un mismo punto. Este punto debería conectarse directamente a la toma de tierra del sistema.

Todos los cables de puesta a tierra deberían tener la menor longitud posible y una sección grande, p. ej. 2 mm² (14 AWG). Al definir físicamente las tierras es necesario considerar

los requisitos de puesta a tierra de protección y el funcionamiento correcto de los dispositivos protectores.

- **DIRECTRICES DE CABLEADO DEL S7-1200**

Al diseñar el cableado del S7-1200, prevea un interruptor unipolar para cortar simultáneamente la alimentación de la CPU S7-1200, de todos los circuitos de entrada y de todos los circuitos de salida. Prevea dispositivos de protección contra sobre intensidad (p. ej. fusibles o cortacircuitos) para limitar las corrientes de fallo en el cableado de alimentación.

Evite colocar las líneas de señales de baja tensión y los cables de comunicación en una misma canalización junto con los cables AC y los cables DC de alta energía y conmutación rápida. El cableado deberá efectuarse por pares; con el cable de neutro o común combinado con el hilo caliente o de señal.

Utilice el cable más corto posible y vigile que tenga una sección suficiente para conducir la corriente necesaria. El conector acepta cables con una sección de 2 mm² a 0,3 mm² (14 AWG a 22 AWG). Utilice cables apantallados para obtener una protección óptima contra interferencias. Por lo general, los mejores resultados se obtienen poniendo a tierra la pantalla del S7-1200.

3.2.5. Comunicación del PLC s7-1200

PROFINET

La CPU S7-1200 incorpora un puerto PROFINET que soporta las normas Ethernet y de comunicación basada en TCP/IP. La CPU S7-1200 soporta los siguientes protocolos de aplicación:

- TCP
- ISO sobre TCP (RFC 1006).

La CPU S7-1200 puede comunicarse con otras CPUs S7-1200, programadoras STEP 7 Basic, dispositivos HMI y dispositivos no Siemens que utilicen protocolos de comunicación TCP estándar. Hay dos formas de comunicación vía PROFINET:

- Conexión directa: La comunicación directa se utiliza para conectar una programadora, dispositivo HMI u otra CPU a una sola CPU.
- Conexión de red: La comunicación de red se utiliza si deben conectarse más de dos dispositivos (p. ej. CPUs, HMIs, programadoras y dispositivos no Siemens) (Figura III.7).

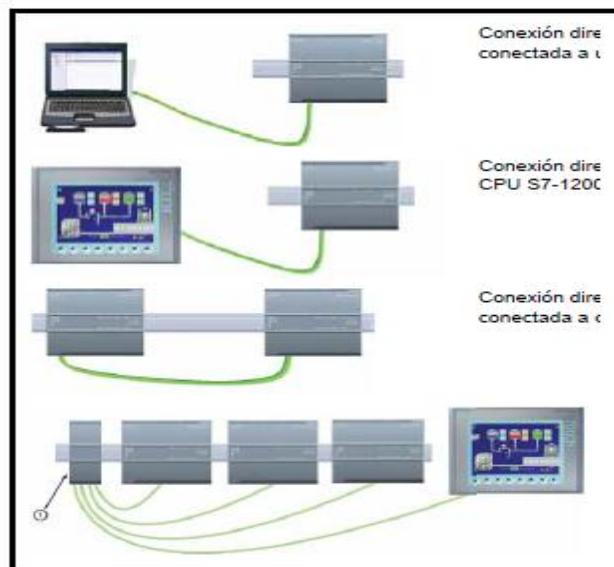


Figura III.7 Diagrama de tipos de conexiones entre PLC s7-1200 y dispositivos

Para la conexión directa entre una programadora o un HMI y una CPU no se requiere un switch Ethernet. Un switch Ethernet se requiere para una red que incorpore más de dos CPUs o dispositivos HMI. El switch Ethernet de 4 puertos CSM1277 de Siemens montado en un rack puede utilizarse para conectar las CPUs y los dispositivos HMI. El puerto PROFINET de la CPU S7-1200 no contiene un dispositivo de conmutación Ethernet.

3.3. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DE PLC S7-1200

Bajo el sistema de ingeniería TIA PORTAL los usuarios puedan llevar a cabo, la puesta en marcha, operación y monitorización de todos los componentes de automatización y accionamientos Siemens a través de una única plataforma de control. El siguiente cuadro muestra el volumen de prestaciones de los distintos productos de Step 7 TIA PORTAL (Figura III.8)

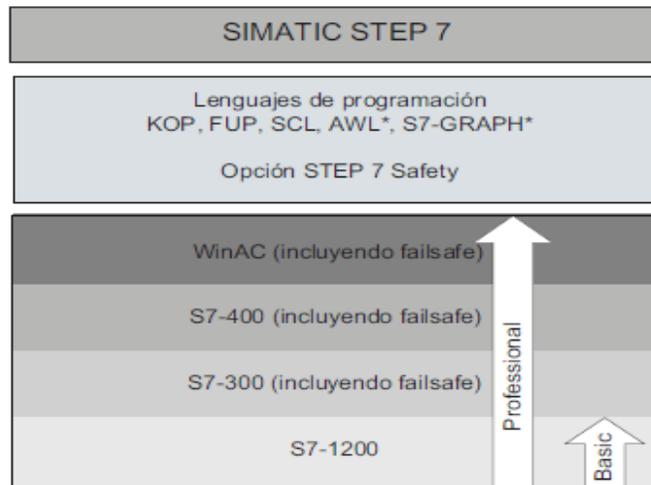


Figura III.8: Esquema sobre prestaciones que ofrece Simatic STEP 7

El Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permitirá aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización.

Una solución de automatización típica abarca lo siguiente:

- Un controlador que controla el proceso con la ayuda del programa.
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso (Figura III.9)

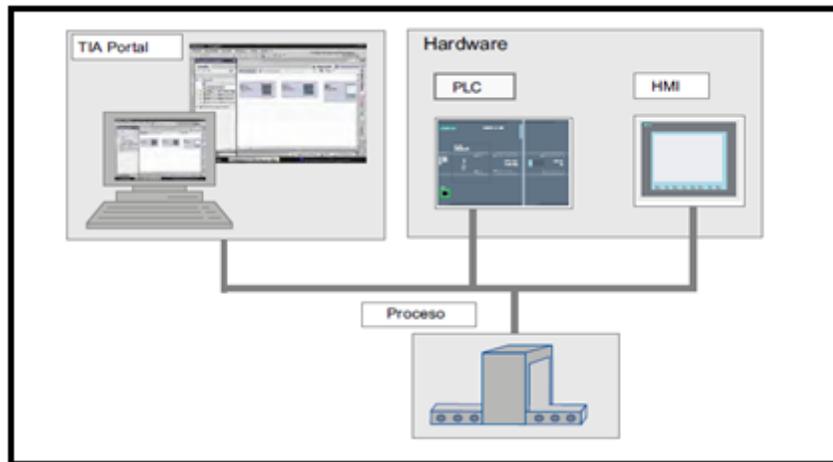


Figura III.9 Diagrama sobre interacción entre TIA PORTAL y el sistema

El TIA Portal le ayuda a crear una solución de automatización. Los principales pasos de configuración son:

- Creación del proyecto
- Configuración del hardware
- Conexión en red de los dispositivos
- Programación del controlador
- Configuración de la visualización
- Carga de los datos de configuración
- Uso de las funciones Online y diagnóstico

Con el TIA Portal se configura tanto el control como la visualización en un sistema de ingeniería unitario. Todos los datos se guardan en un proyecto. Los componentes de programación (STEP 7) y visualización (WinCC) no son programas independientes, sino editores de un sistema que accede a una base de datos común. Todos los datos se guardan en un archivo de proyecto común.

Todos los datos se guardan en un proyecto del TIA Portal. Los cambios en los datos de aplicación, por ejemplo las variables, se actualizan automáticamente en todo el proyecto, abarcando incluso varios dispositivos.

Si se utiliza una variable de proceso en varios bloques de distintos controladores y en imágenes HMI, dicha variable puede crearse o modificarse desde cualquier punto del programa. No importan ni el bloque ni el dispositivo en el que se realice la modificación (Figura III.10). El TIA Portal ofrece las posibilidades siguientes para definir variables PLC:

- Definición en la tabla de variables PLC.
- Definición en el editor de programas.
- Definición mediante conexión con las entradas y salidas del controlador.

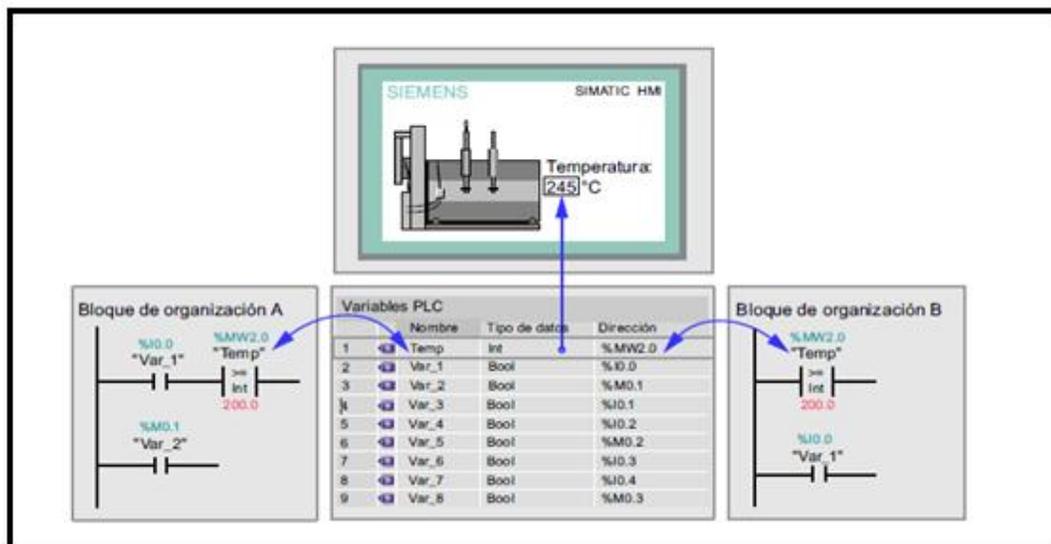


Figura III.10 Diagrama sobre interacción entre componentes del TIA PORTAL

Todas las variables PLC definidas aparecen en la tabla de variables PLC, donde se pueden editar. Las modificaciones se realizan de forma centralizada y se actualizan continuamente. Gracias a la gestión de datos coherente, ya no es necesario que los diferentes participantes de un proyecto se sincronicen, por ejemplo el programador y el diseñador HMI.

El STEP 7 (TIA Portal) es el software de ingeniería para configurar las familias de controladores programables SIMATIC S7-1200, S7-300/400 y WinAC. STEP 7 (TIA

Portal) está disponible en 2 ediciones distintas en función de las familias de controladores configurables:

- STEP 7 Basic para la configuración del S7-1200.
- STEP 7 Professional para la configuración del S7-1200, S7-300/400.

3.3.1 STEP 7 Basic

El software STEP 7 Basic ofrece un entorno amigable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI. STEP 7 Basic ofrece dos lenguajes de programación (KOP y FUP) que permiten desarrollar el programa de control de la aplicación de forma fácil y eficiente.

Al ingresar al software del Step 7 Basic10.5 se muestra la vista del portal que ofrece las tareas del proyecto y la organización de las funciones y las herramientas según las tareas que deban realizarse, por ejemplo configurar los componentes de hardware y las redes.

Es posible determinar fácilmente el procedimiento y la tarea que debe seleccionarse. Seguidamente la vista del proyecto proporciona acceso a todos los componentes del proyecto (Figura III.11). Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. El proyecto contiene todos los elementos que se han creado.

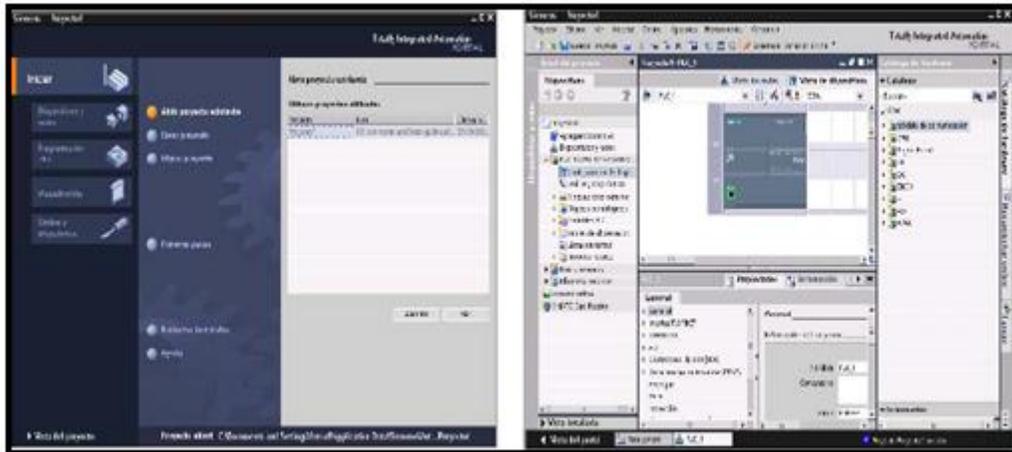


Figura II.11 Pantallas de inicio y de desarrollo del TIA PORTAL

3.3.2. Configurar un proyecto en el TIA PORTAL

Para configurar un proyecto se abre el TIA Portal en la vista del portal y se procede a realizar los siguientes pasos:

- Crear un proyecto.
- Configurar el controlador.
- Crear el programa.
- Cargar el programa en el controlador.
- Probar el programa.
- Crear una imagen HMI.

3.3.3. Estructurar el programa de usuario

Al crear el programa de usuario para las tareas de automatización, las instrucciones del programa se insertan en bloques lógicos:

- Un bloque de organización (OB) reacciona a un evento específico en la CPU y puede interrumpir la ejecución del programa de usuario. El bloque predeterminado para la ejecución cíclica del programa de usuario (OB 1) ofrece la estructura básica y es el único bloque lógico que se requiere para el programa de usuario. Si se incluyen otros

OBs en el programa, éstos interrumpen la ejecución del OB 1. Los demás OBs ejecutan funciones específicas, tales como tareas de arranque, procesamiento de alarmas y tratamiento de errores, o ejecución de un código de programa específico en determinados intervalos. A continuación (Figura III.12) se muestra la ejecución de un OB de ciclo.



Figura II.12 Diagrama sobre interacción entre componentes del TIA PORTAL

- Un bloque de función (FB) es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). El bloque que efectúa la llamada transfiere parámetros al FB e identifica un bloque de datos determinado (DB) que almacena los datos de la llamada o instancia específica de este FB. La modificación del DB instancia permite a un FB genérico controlar el funcionamiento de un conjunto de dispositivos. Por ejemplo, un solo FB puede controlar varias bombas o válvulas. Diferentes DBs de instancia contienen los parámetros operativos específicos de cada bomba o válvula.
- Una función (FC) es una subrutina que se ejecuta cuando se llama desde otro bloque lógico (OB, FB o FC). La FC no tiene un DB instancia asociado. El bloque que efectúa la llamada transfiere los parámetros a la FC. Los valores de salida de la FC deben escribirse en una dirección de la memoria o en un DB global.

Seleccionar el tipo de estructura del programa de usuario

Según los requisitos de la aplicación, es posible seleccionar una estructura lineal o modular para crear el programa de usuario:

- Un programa lineal ejecuta todas las instrucciones de la tarea de automatización de forma secuencial, es decir, una tras otra. Generalmente, el programa lineal deposita todas las instrucciones del programa en el OB encargado de la ejecución cíclica del programa (OB 1).
- Un programa modular llama bloques de función específicos que ejecutan determinadas tareas. Para crear una estructura modular, la tarea de automatización compleja se divide en tareas subordinadas más pequeñas, correspondientes a las funciones tecnológicas del proceso. Cada bloque lógico provee el segmento del programa para cada tarea subordinada. El programa se estructura llamando uno de los bloques lógicos desde otro bloque (Figura III.13).

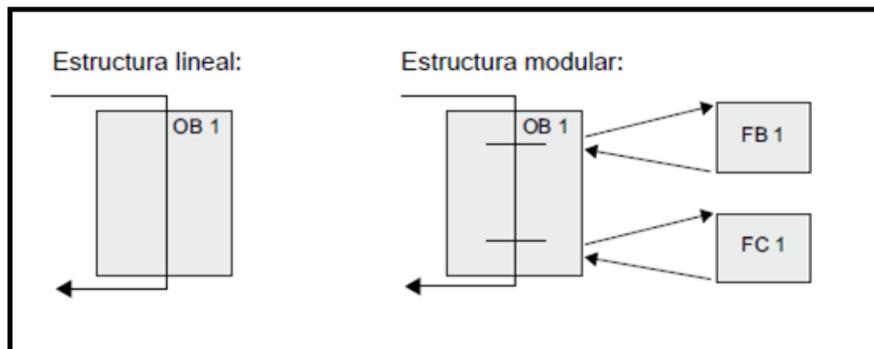


Figura III.13 Diagrama sobre tipos de estructura de programación

Crear bloques lógicos reutilizables

Utilice el diálogo "Agregar nuevo bloque" en "Bloques de programa" en el árbol del proyecto para crear OBs, FBs, FCs y DBs globales (Figura III.14). Al crear el bloque lógico se selecciona el lenguaje de programación para el bloque. El lenguaje de un DB no se selecciona, puesto que éste sólo almacena datos.

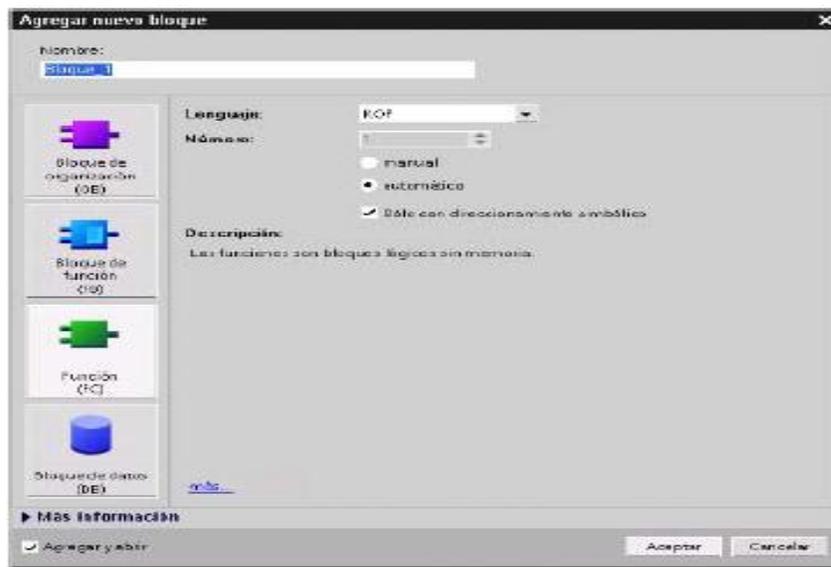


Figura III.14 Pantalla de selección del bloque de programación en TIA PORTAL

Un programa de usuario puede estar formado por uno o varios bloques. Hay que utilizar como mínimo un bloque de organización. Los bloques contienen todas las funciones necesarias para ejecutar la tarea de automatización específica.

Algunas de las tareas del programa son:

- Tratamiento de datos de proceso, por ejemplo combinación lógica de señales binarias, lectura y evaluación de valores analógicos, definición de señales binarias para la salida, salida de valores analógicos
- Reacción a alarmas, por ejemplo alarma de diagnóstico al rebasar por defecto el rango de medición de un módulo de ampliación analógico
- Tratamiento de anomalías durante la ejecución normal del programa

3.3.4. Área de memoria, direccionamiento y tipos de datos

La CPU provee las áreas de memoria siguientes para almacenar el programa de usuario, los datos y la configuración:

- La memoria de carga permite almacenar de forma no volátil el programa de usuario, los datos y la configuración. Cuando un proyecto se carga en la CPU, se almacena primero en el área de memoria de carga. Esta área se encuentra bien sea en una

Memory Card (si está disponible) o en la CPU. Esta área de memoria no volátil se conserva incluso tras un corte de alimentación. Es posible aumentar la cantidad de memoria de carga disponible para registros con la instalación de una Memory Card.

- La memoria de trabajo ofrece almacenamiento volátil para algunos elementos del proyecto mientras se ejecuta el programa de usuario. La CPU copia algunos elementos del proyecto desde la memoria de carga en la memoria de trabajo. Esta área volátil se pierde si se desconecta la alimentación. La CPU la restablece al retornar la alimentación.
- La memoria remanente permite almacenar de forma no volátil un número limitado de valores de la memoria de trabajo. El área de memoria remanente se utiliza para almacenar los valores de algunas posiciones de memoria durante un corte de alimentación. Si ocurre un corte de alimentación, la CPU dispone de suficiente tiempo de retención para respaldar los valores de un número limitado de posiciones de memoria definidas. Estos valores remanentes se restablecen al retornar la alimentación.

Tipos de datos

Los tipos de datos se utilizan para determinar el tamaño de un elemento de datos y cómo deben interpretarse los datos (Tabla III.III). Todo parámetro de instrucción soporta como mínimo un tipo de datos. Algunos parámetros soportan varios tipos de datos. Sitúe el cursor sobre el campo de parámetro de una instrucción para ver qué tipos de datos soporta el parámetro en cuestión.

Tipos de datos	Descripción
Tipos de datos de bits y secuencias de bits	<ul style="list-style-type: none"> • Bool es un valor de bit o booleano. • Byte es un valor de byte (8 bits). • Word es un valor de 16 bits. • DWord es un valor de palabra doble (32 bits).
Tipos de datos enteros	<ul style="list-style-type: none"> • USInt (entero sin signo de 8 bits) y Sint (entero con signo de 8 bits) son enteros "cortos" (8 bits o 1 byte de memoria) que pueden tener o no signo. • UInt (entero sin signo de 16 bits) e Int (entero con signo de 16 bits) son enteros (16 bits o 1 palabra de memoria) que pueden tener o no signo. • UDInt (entero de 32 bits sin signo) y DInt (entero de 32 bits con signo) son enteros dobles (32 bits o 1 palabra doble de memoria) que pueden tener o no signo.
Tipos de datos de números reales	<ul style="list-style-type: none"> • Real es un valor de número real de 32 bits o en coma flotante. • LReal es un valor de número real de 64 bits o en coma flotante.
Tipos de datos de fecha y hora	<ul style="list-style-type: none"> • Date es un valor de fecha de 16 bits (similar a un valor UInt) que contiene el número de días desde el 1 de enero de 1990. El valor de fecha máximo es 65535 (16#FFFF), que corresponde al 6 de junio de 2169. Todos los posibles valores de Date son válidos. • DTL (Date and Time Long) es una estructura de 12 bytes que almacena información de fecha y hora en una estructura predefinida. <ul style="list-style-type: none"> - Año (UInt): de 1970 a 2564 - Mes (USInt): de 1 a 12 - Día de la semana (USInt): de 1 (domingo) a 7 (sábado) - Horas (USInt): de 0 a 23 - Minutos (USInt): de 0 a 59 - Segundos (USInt): de 0 a 59 - Nanosegundos (UDInt): de 0 a 999999999 • Time es un valor de tiempo CEI de 32 bits (parecido al valor DInt) que almacena el número de milisegundos (de 0 a 24 días, 20 horas, 31 minutos, 23 segundos y 647 ms). Todos los posibles valores de Time son válidos. Los valores de Time se pueden usar para cálculos, y se pueden obtener tiempos negativos. • TOD (Time of Day) es un valor de hora de 32 bits (parecido al valor DInt) que contiene el número de milisegundos desde medianoche (de 0 a 86399999).
Tipos de datos de caracteres y cadenas	<ul style="list-style-type: none"> • Char es un carácter simple de 8 bits. • String es una cadena de longitud variable de hasta 254 caracteres.

Tabla III.III Tabla de los tipos de datos que soporta el s7 1200

3.3.5. Escalado y normalizado de señales analógicas

Los sensores en la mayoría de los casos vienen linealizados por el fabricante, para una aplicación en particular por lo tanto se trabaja con líneas rectas, lo mismo rige para los actuadores que en su mayoría responden a los estándares antes mencionados.

En los PLC la medición de señales analógicas o el envío de valores analógicos se consigue a través de los módulos de E/S analógicos, los cuales realizan conversiones analógicas/digitales para el procesamiento de señales.

Donde cada entrada y cada salida de el PLC s7-1200 cuenta con un determinado número de bits que da la resolución, razón por la cual a la variable que queramos medir es necesaria realizar una adecuación su medida a su lectura máxima o mínima en el proceso con la entrada o salida análoga y su número de bits respectivo. Este proceso se lo llama **Escalamiento**.

Tratamiento de las señales analógicas

Para realizar el escalado de valores analógicos se pueden utilizar los conversores SCALE_X "Escalado" y NORM_X "Normalización". Estos bloques están disponibles en el STEP 7, en la paleta "Instrucciones" dentro de "Conversores". Una descripción detallada de la función y la parametrización está disponible en la ayuda online del STEP 7. Para abrir la ayuda online de un bloque, selecciónelo (por ejemplo, SCALE_X) y pulse la tecla "F1".

En el siguiente ejemplo (Figura III.15) se muestra con se realiza la adecuación de una variable que lee el módulo de E/S de el PLC s7-1200 para obtener una salida semejante al valor real medido. El valor de entrada entero que rige el comportamiento de una E/S en el PLC s7-1200 está entre 0 y 27648, éste rango podemos variarlo de acuerdo al tipo de señal que entrega nuestro sensor.

Para modificar la conversión de tipo de datos en los bloques, seleccione dicho bloque y haga clic sobre la flecha amarilla. En la lista desplegable que se abre, se puede elegir la conversión de tipo de datos necesaria. A continuación tiene que adaptar la parametrización, ya que los tipos de datos de los parámetros han cambiado.

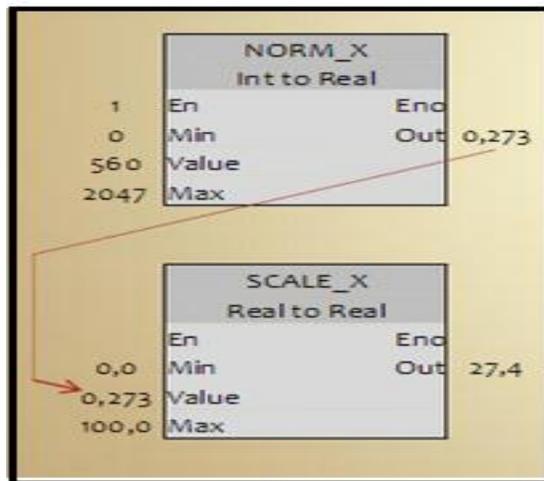


Figura III.15 Escalado y normalizado de señales análogas en S7-1200

- **Bloque NORM_X**

La operación permite normalizar el valor de la entrada “Value” mapeando en una escala lineal. Los parámetros Min y Max sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala. En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, el resultado se calcula en la salida Out y se deposita como número de coma flotante. Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada Min, la salida adopta el valor 0,0. Si el valor que se debe normalizar adopta el valor de la entrada Max, la salida Out devuelve el valor 1,0

- **Bloque SCALE_X**

Esta operación permite escalar el valor de entrada Value, mapeándolo en un determinado rango de valores. Al ejecutar la operación “Escalar”, el número de coma flotante de la entrada Value se escala al rango de valores definidos por los parámetros Min y Max. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida Out.

3.3.6. Regulación PID con el TIA portal

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

Un regulador PID está formado por un elemento proporcional, uno integral y uno diferencial. 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.

Utilización del regulador PID

El regulador PID se utiliza para alcanzar lo antes posible un valor deseado y mantener la consigna lo más constante posible. En la gráfica vemos que puede producirse un rebase de la consigna porque el elemento calefactor sigue irradiando calor una vez desconectado. Este efecto se denomina sobreoscilación y aparece cuando entre la regulación y la medición del valor real se produce un retardo. La (Figura III.16) muestra la posible evolución de la curva de temperatura después de conectar la instalación por primera vez.

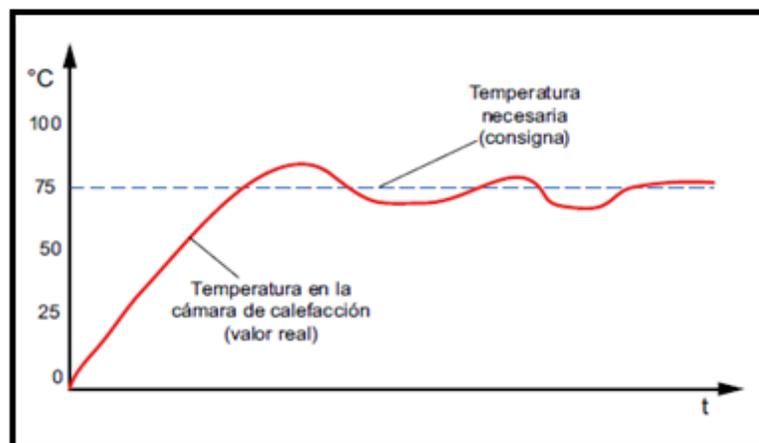


Figura III.16. Gráfica sobre comportamiento del sistema al ser regulada con PID

Pasos a seguir para añadir regulación PID

La figura siguiente muestra un sinóptico de los objetos que se tendrán que crear para utilizar el controlador PID que incluye el equipo:

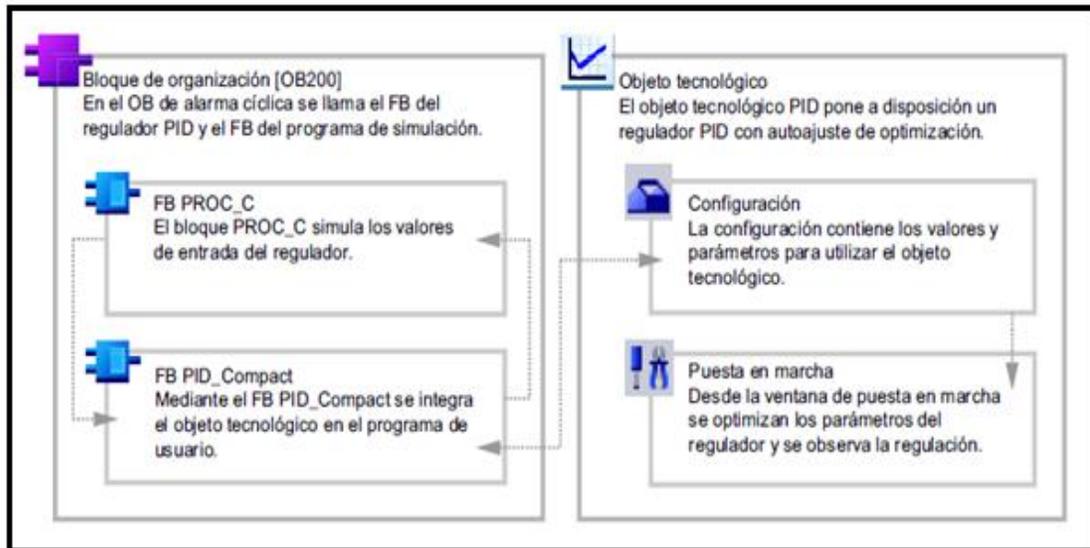


Figura III.17 Diagrama sobre objetos tecnológicos para implementar regulador PID

Para crear los objetos hay que llevar a cabo los pasos siguientes:

- Una vez que se ha ingresado en el TIA PORTAL el controlador programable, ir al bloque de programa.
- Crear un segundo bloque de organización [OB200], es un bloque de alarma cíclica el cual actuará cada 100ms independiente del programa principal, en éste bloque en el que se llamarán los bloques del regulador PID.
- Crear el objeto tecnológico "PID_Compact".
- Configure el objeto tecnológico "PID_Compact":
 - Seleccione el tipo de regulación.
 - Defina una consigna para la regulación.
 - Interconecte el valor real y el valor manipulado con los datos reales de su proceso o simulados con el PROC_C.

- Cargue el programa de usuario y optimice el regulador en la ventana de puesta en servicio del objeto tecnológico.

Crear un bloque de organización para el regulador PID

Los bloques para el regulador PID se crean en un bloque de organización nuevo. Como dijimos el nuevo bloque de organización que se utiliza es un bloque de alarma cíclica (Figura III.18)

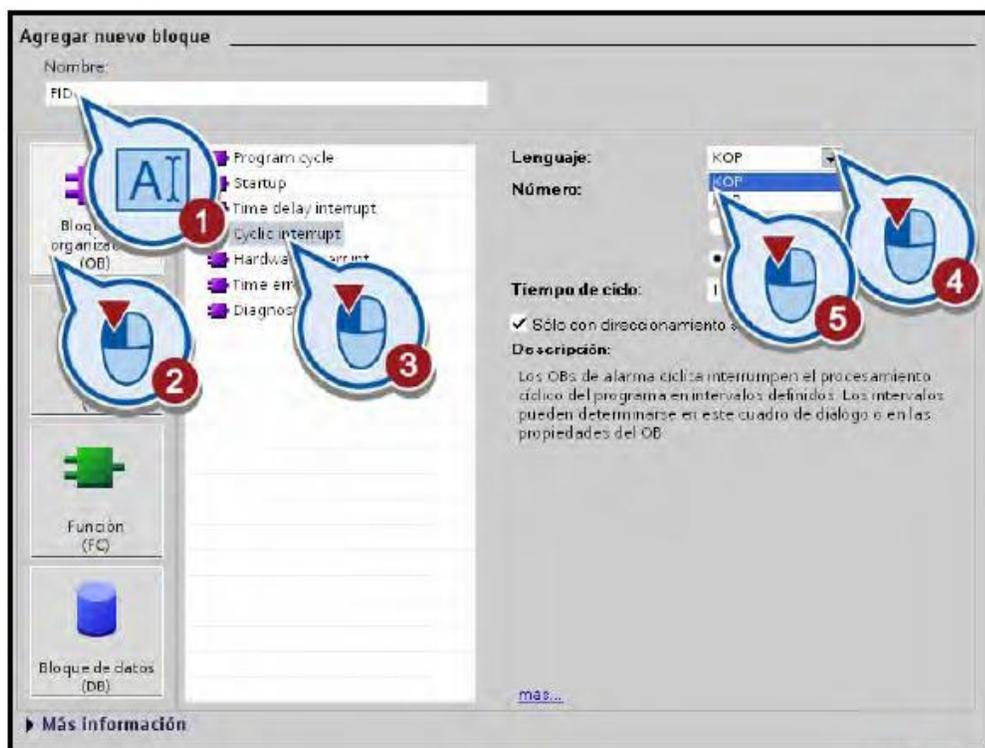


Figura III.18 Creación de un bloque de alarma cíclica para PID

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 (Figura III.19).

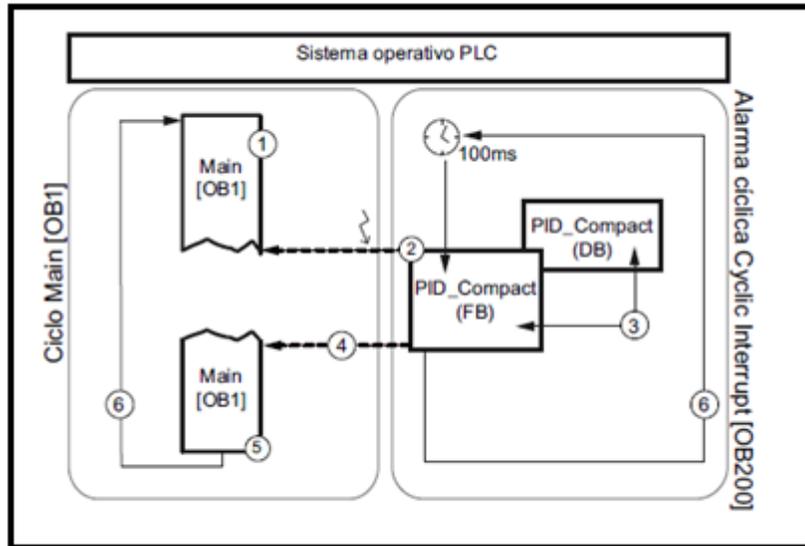


Figura III.19 Interacción entre bloques que conforman el control PID

En el proyecto se utiliza el OB de alarma cíclica para llamar el objeto tecnológico "PID_Compact". El objeto tecnológico "PID_Compact" 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 III.20).

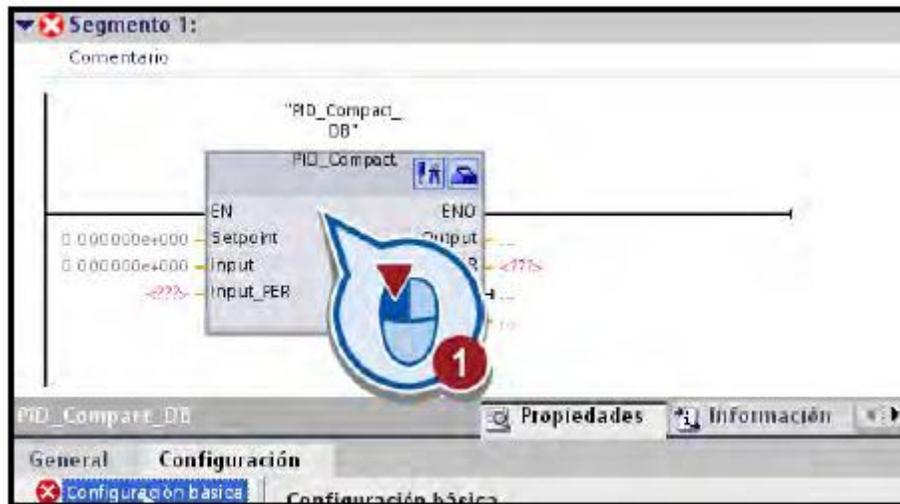


Figura III.20 Bloque tecnológico PID_Compact

Ajustes para configurar el regulador PID

- Tipo de regulación.- Mediante el tipo de regulación se preselecciona la unidad del valor que debe regularse. Por ejemplo se utiliza el tipo de regulación "Presión" con la unidad "BAR".
- Parámetros de entrada y salida.- En esta área se suministran los parámetros de entrada y salida de la consigna, el valor real y el valor manipulado del objeto tecnológico "PID_Compact".

La figura siguiente muestra cómo se interconectan el objeto tecnológico "PID_Compact", en este caso Input_PER es un la entrada del módulo de señal analógico del PLC, del mismo modo Output_PER es una salida. (Figura III.21).

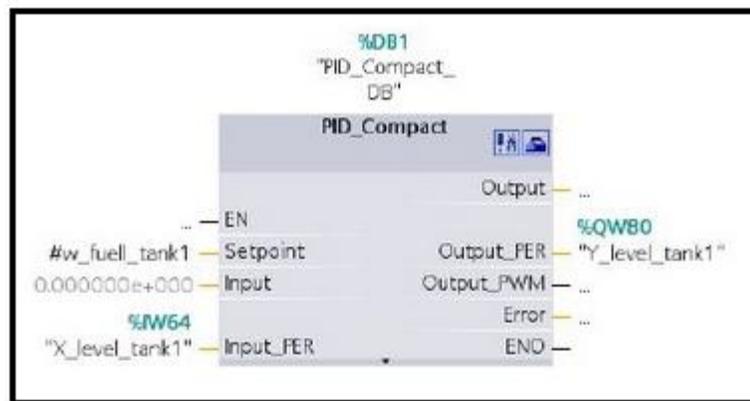


Figura III.21 Interconexión entre bloque "PID_Compact" con valores del proceso

Para esto hay que tener en cuenta que se necesita que:

- El OB de alarma cíclica "PID [OB200]" está abierto.
- El bloque "PID_Compact" se llama en el bloque de organización "PID [OB200]".

Activar el regulador PID en modo online

Los pasos siguientes muestran cómo poner en marcha la función del regulador PID. Para ello, cargue primero el programa en el controlador y active el regulador PID en modo online. Después de optimizar el regulador, observe cómo se desarrolla la regulación en la ventana de curvas.

La optimización permite adaptar el regulador al proceso regulado. Para optimizar el regulador hay dos opciones disponibles:

- **Autoajuste en el primer arranque-** En el autoajuste en el primer arranque se utiliza el método de la tangente en el punto de inflexión. Con este método se determinan las constantes de tiempo de la respuesta al escalón. En la respuesta al escalón del proceso regulado aparece un punto de inflexión.

En el punto de inflexión se traza una tangente con la que se determinan los parámetros del proceso tiempo de retardo (T_u) y tiempo de compensación (T_g). Para determinar los parámetros por el método de la tangente en el punto de inflexión, la diferencia entre la consigna y el valor real debe ser como mínimo del 30%.

- **Autoajuste en el punto de operación.-** El autoajuste en el punto de operación utiliza el método de oscilación para optimizar los parámetros del regulador. Este procedimiento se utiliza para determinar el comportamiento del proceso regulado de forma indirecta. El factor de ganancia se aumenta hasta que se alcanza el límite de estabilidad y la magnitud regulada oscila homogéneamente. Los parámetros del regulador se calculan a partir de la duración de la oscilación.

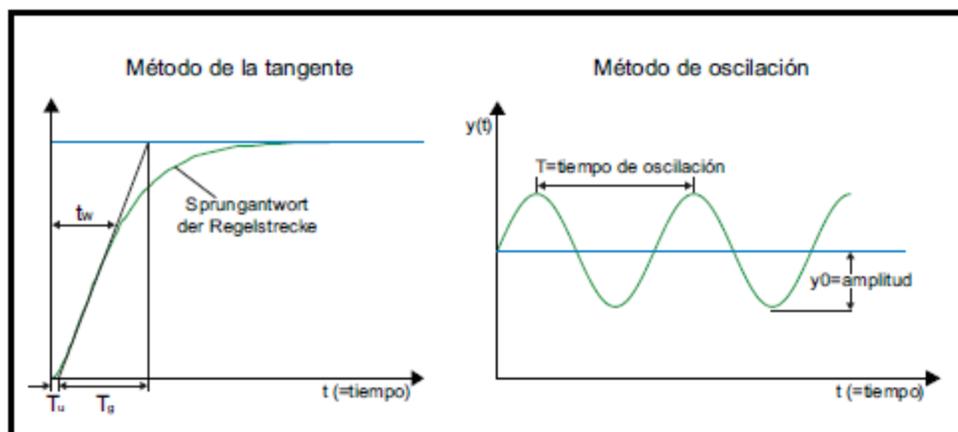


Figura III.22 Gráfica de método de oscilación para obtener parámetros PID

Se ha activado el regulador PID en modo online. Ahí es donde empieza el proceso de optimización. En el Campo “Status” los actuales pasos y errores durante el proceso de sintonización son mostrados y la barra de progreso indica el estado actual de la sintonización (Figura III.23).

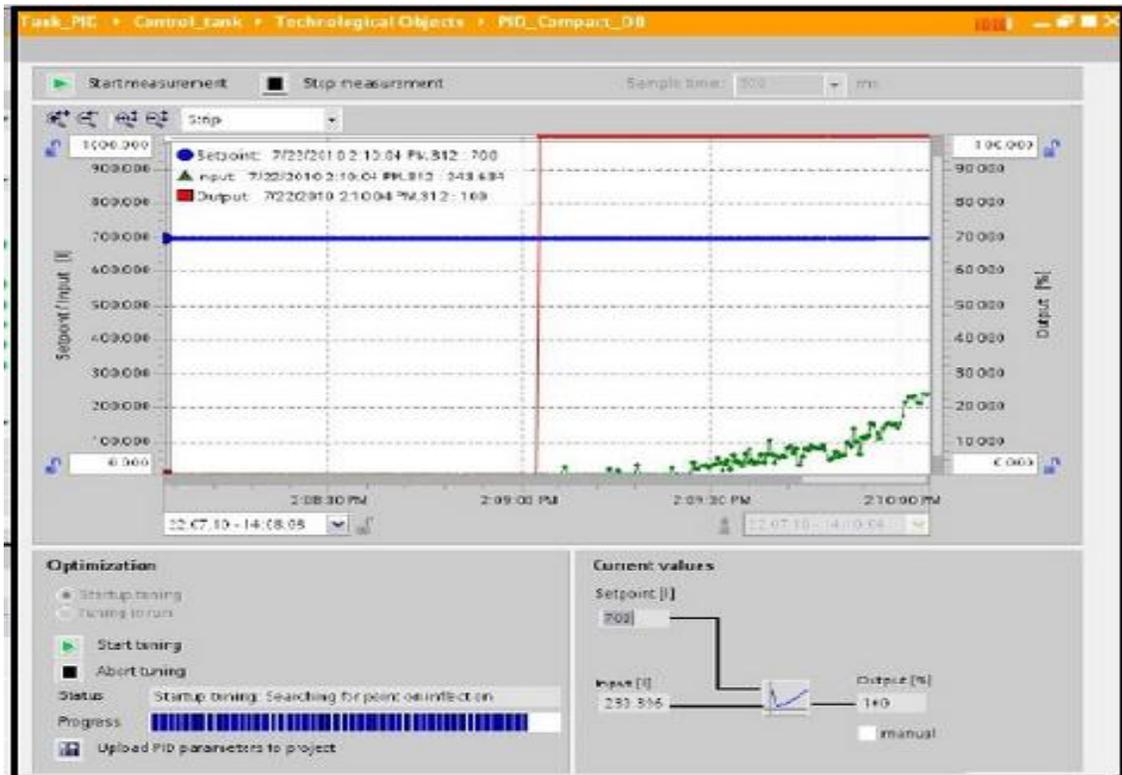


Figura III.23 Pantalla de puesta en marcha de PID en TIA PORTAL

Si deseamos guardar los parámetros PID optimizados damos click en Guardar parámetros de PID o antes de iniciar el modo Automático se conservan al conectar y reanunciar el controlador. Si desea volver a utilizar los parámetros PID optimizados en la CPU cuando vuelva a cargar los datos del proyecto en la CPU, puede guardar los parámetros PID en el proyecto.

CAPÍTULO IV

SISTEMA SCADA

4.1. GENERALIDADES

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos.

Se trata de una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Cada uno de los ítems de SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de datos) involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información

la transmita hacia un equipo de radio vía su puerto serial, y así existen muchas otras alternativas.

Las tareas de Supervisión y Control generalmente están más relacionadas con el software SCADA, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de ésta, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Estos sistemas actúan sobre los dispositivos instalados en la planta, como son los controladores, autómatas, sensores, actuadores, registradores, etc. Además permiten controlar el proceso desde una estación remota, para ello el software brinda una interfaz gráfica que muestra el comportamiento del proceso en tiempo real. Generalmente se vincula el software al uso de una computadora o de un PLC, la acción de control es realizada por los controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente vía computadora. Sin embargo el operador puede gobernar el proceso en un momento dado si es necesario.

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de datos históricos de las señale de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del fabricante y sobre todo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema, por ello antes de decidir cuál es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos:

- Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.
- La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso
- Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión)
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.

4.1.1. Funciones principales del sistema

Las funciones principales de un sistema Scada son las siguientes:

- *Supervisión remota de instalaciones y equipos:* Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- *Control remoto de instalaciones y equipos:* Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- *Procesamiento de datos:* El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.
- *Visualización gráfica dinámica:* El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la

impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

- *Generación de reportes:* El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- *Representación de señales de alarma:* A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- *Almacenamiento de información histórica:* Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
- *Programación de eventos:* Esta se refiere a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

4.1.2. Elementos del sistema SCADA

Un sistema SCADA está conformado por:

Interfaz Operador Máquinas: Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

Unidad Central (MTU): Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). También se encarga del almacenamiento y procesamiento ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Unidad Remota (RTU): Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.

Sistema de Comunicaciones: Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

Transductores: Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos.

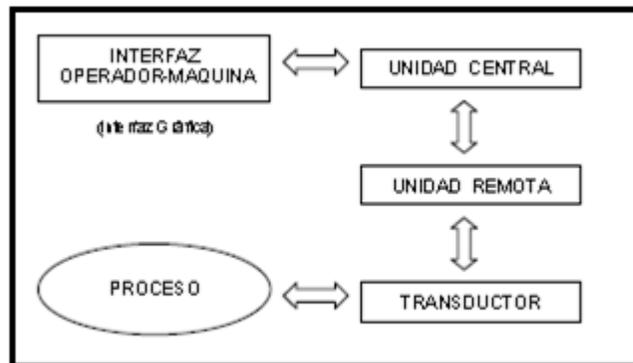


Figura IV.1 Esquema de los elementos de un sistema Scada

En la siguiente figura se observa un esquema referente a las conexiones del MTU y el operador, y del RTU con los dispositivos de campo (sensores, actuadores).

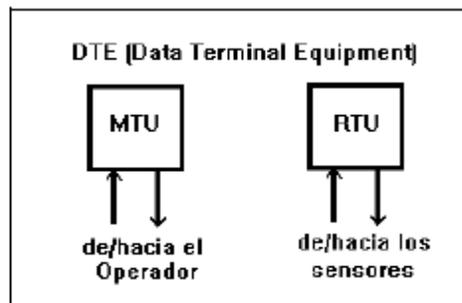


Figura IV.2 Esquema del conexionado para el MTU y el RTU

La RTU es un sistema que cuenta con un microprocesador e interfaces de entrada y salida tanto analógicas como digitales que permiten tomar la información del proceso provista por los dispositivos de instrumentación y control en una localidad remota y, utilizando técnicas

de transmisión de datos, enviarla al sistema central. Un sistema puede contener varios RTUs; siendo capaz de captar un mensaje direccionado hacia él, decodificando lo actuando, respondiendo si es necesario, y esperar por un nuevo mensaje

La MTU, bajo un software de control, permite la adquisición de la data a través de todas las RTUs ubicadas remotamente y brinda la capacidad de ejecutar comandos de control remoto cuando es requerido por el operador. Normalmente el MTU cuenta con equipos auxiliares como impresoras y memorias de almacenamiento, éstas son también parte del conjunto MTU.

4.1.3. HMI de un sistema Scada

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana de un proceso". La podemos encontrar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador. Los sistemas HMI en ordenadores se los conoce también como software HMI o de monitorización y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's, PACs, RTU o DRIVER's. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI. Un sistema HMI se encarga de:

- **Representar procesos.-** El proceso se representa en el panel de operador. Si se modifica por ejemplo un estado en el proceso, se actualizará la visualización en el panel de operador.
- **Controlar procesos.-** El operador puede controlar el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario. Por ejemplo, el operador puede especificar un valor teórico para el autómatas o iniciar un motor.

- **Emitir avisos.-** Si durante el proceso se producen estados de proceso críticos, automáticamente se emite un aviso (por ejemplo, si se sobrepasa un valor límite especificado).
- **Archivar valores de proceso y avisos.-** El sistema HMI puede archivar avisos y valores de proceso. De esta forma se puede documentar el transcurso del proceso y posteriormente, también será posible acceder a anteriores datos de producción.
- **Documentar valores de proceso y avisos.-** El sistema HMI permite visualizar avisos y valores de proceso en informes. De este modo podrá, por ejemplo, emitir los datos de producción una vez finalizado el turno.
- **Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina.-** El sistema HMI permite almacenar los parámetros de proceso y de máquina en "Recetas". Dichos parámetros se pueden transferir, por ejemplo, desde el panel de operador al autómata en un solo paso de trabajo para que la producción cambie a otra gama de productos.

4.2. SOFTWARE WINCC SCADA

4.2.1. WinCC flexible 2008

Es un programa que permite construir la interfaz (Machine Interface), debe ser capaz de restringir el generar señales de alarma dispositivos de campo, como entre los niveles de supervisión, niveles gerenciales y administrativos.

Es el Scada (sistema de visualización y control para procesos industriales desde PC) muy utilizado en la industria, tiene un gran número de prestaciones para cumplir con todas las funciones de un robusto sistema Scada.

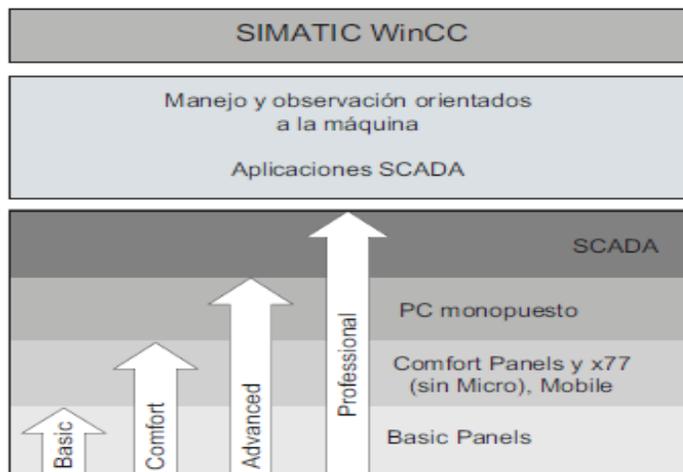


Figura IV.3 Esquema de las prestaciones de WinCC

El paquete de software Simatic WinCC constituye el entorno de desarrollo de Siemens en el marco de los Scadas para visualización y control de procesos industriales. Sus características más importantes se pueden resumir en:

- Arquitectura de desarrollo abierta (programación en C, Basic)
- Soporte de tecnologías Active X
- Comunicación con otras aplicaciones vía OPC
- Comunicación sencilla mediante drivers (código que implementa el protocolo de comunicaciones con un determinado equipo inteligente) implementados.
- Programación online: No es necesaria detener la Runtime del desarrollo para poder actualizar las modificaciones en la misma.

WinCC es un software de ingeniería para configurar SIMATIC Panels, SIMATIC PC industriales y Standard PC con el software de visualización WinCC Runtime Advanced o el sistema SCADA WinCC Runtime Professional. Está disponible en 4 ediciones distintas en función de los sistemas de operador configurables (Figura IV.4)

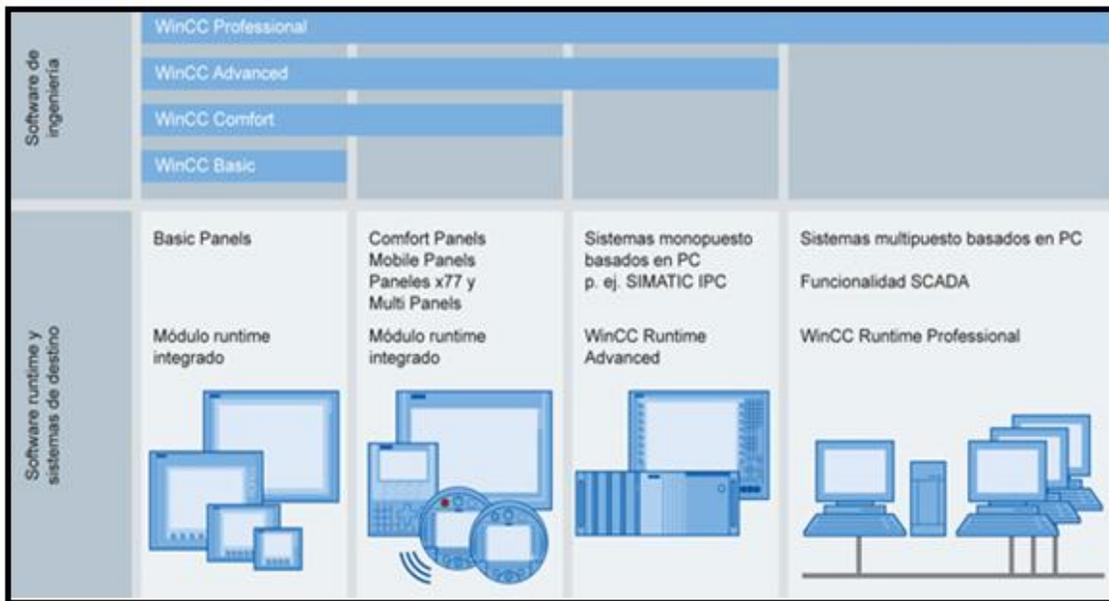


Figura IV.4 Esquema de las ediciones de WinCC

- a) WinCC Basic para la configuración de los Basic Panels WinCC Basic se incluye siempre en las ediciones STEP 7 Basic y STEP 7 Professional.
- b) WinCC Comfort para la configuración todos los Panels (incluidos los Comfort Panels, Mobile Panels).
- c) WinCC Advanced para la configuración de todos los Panels y PCs con el software de visualización WinCC Runtime Advanced. WinCC Runtime Advanced es un software de visualización para sistemas monopuesto basados en PC.
- d) WinCC Professional para configurar Panels así como PCs con WinCC Runtime Advanced o el sistema SCADA WinCC Runtime Professional. WinCC Runtime Professional es un sistema SCADA para crear una configuración con sistemas monopuesto y sistemas multipuesto con clientes estándar o web.

4.2.2. Componentes de WinCC Runtime 2008

En WinCC Runtime 2008 se incluyen los siguientes componentes, los cuales deben ser validados con la respectiva licencia.

- ✓ WinCC Recipes (sistema de recetas, hasta ahora WinCC /UserArchives)
- ✓ WinCC Logging (sistema de ficheros, hasta ahora WinCC /TagLogging)

Las siguientes opciones pueden seleccionarse e instalarse en el cuadro de diálogo de instalación.

- WinCC WebNavigator (control y visualización vía web).
- WinCC DataMonitor (visualización y evaluación de estados del proceso y datos históricos).

Aparte de las opciones Runtime es posible ampliar WinCC Runtime mediante controles específicos del cliente. Para desarrollar los controles se requiere la opción WinCC Control Development.

4.2.3. Empezar con WinCC Scada

Para la realización de la aplicación vamos a proceder con los siguientes pasos:

- *Creación de un nuevo proyecto.*- Para la creación de un nuevo proyecto debemos abrir el programa. Al abrirlo nos aparecen varias opciones:
 1. *Abrir último proyecto procesado.* Esta opción nos permite abrir el último proyecto con el que hemos trabajado
 2. *Crear proyecto nuevo con el asistente de proyectos.* En cada paso se seleccionan o configuran datos del proyecto, como controlados-res, paneles de operador, imágenes y librerías. Al final el asistente crea el proyecto acorde con los datos indicados y lo abre en Wincc Flexible.
 3. *Abrir proyecto existente.* Esta opción nos permite abrir un proyecto creado con anterioridad.
 4. *Crear proyecto vacío.* Con esta opción creamos un nuevo proyecto. Vamos a utilizar esta opción para crear nuestro primer programa Scada.

- *Selección del tipo de panel.*- En esta ventana vamos seleccionar el tipo de panel. Aquí tendremos la oportunidad de elegir entre una larga gama de paneles fabricados por Siemens así como sus versiones. En nuestro caso vamos a elegir en el PC “WinCC flexible Runtime”, (Figura IV. 5). Con esta opción vamos a crear la aplicación Scada para controlarla desde nuestro computador.

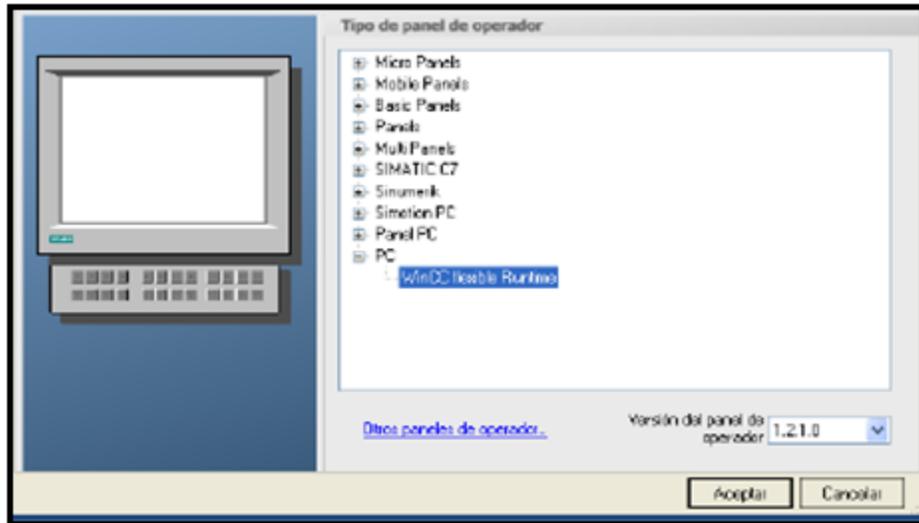


Figura IV.5 Pantalla de selección de Panel de Operador

- Ventana del proyecto. Al realizar el paso anterior nos aparece la ventana. (Figura IV.6). Aquí vamos a encontrar:
 - *Explorador del proyecto.* Está situado a la izquierda de la ventana. Aquí se pueden explorar todas las opciones de configuración relacionado con el proyecto. En esta parte accedemos a las variables y conexiones creadas situados en el apartado de comunicaciones. Además de esto se pueden realizar otras tareas tales como: la creación de recetas, estructuras scripts.
 - *Área de trabajo.* Corresponde con la parte central de la ventana del proyecto. Aquí mediante el editor gráfico podemos crear las formas que queremos dándoles distintas animaciones como: visibilidad, apariencia, parpadeo, movimientos.

- *Herramientas.* En esta parte disponemos de distintas herramientas tales como: formas geométricas simples (línea, círculo, cuadrado, poli línea...), campo de fecha, campo de texto, botón, interruptor... aquí también podemos acceder a librerías ya creadas por nosotros o importadas. En este proyecto se recurrió a una biblioteca de objetos llamada **Symbol Factory**.

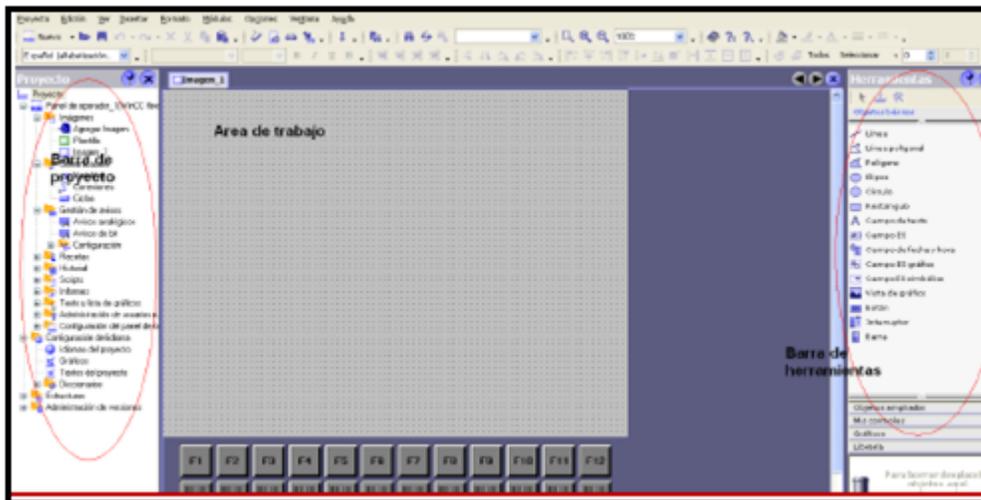


Figura IV.6 Ventana principal de WinCC Professional

4.2.4. Visualizar procesos con WinCC

WinCC permite crear imágenes para controlar y supervisar máquinas e instalaciones. Para crear imágenes se dispone de objetos predefinidos para reproducir la instalación, visualizar los distintos procesos y preseleccionar valores de proceso. Los objetos se configuran de acuerdo con las necesidades del proceso. Las imágenes del proceso se pueden componer de elementos estáticos y dinámicos.

- Los elementos estáticos, tales como los textos y los gráficos, no cambian en Runtime. En el ejemplo de la mezcladora, son estáticos por ejemplo los rótulos de los depósitos (W, K, Z, A).
- Los elementos dinámicos van cambiando en función del proceso. Los valores de proceso actuales se visualizan como se indica a continuación:

- Desde la memoria del controlador.
- Desde la memoria del panel de operador mediante indicadores alfanuméricos, curvas y barras.

El intercambio de valores de proceso y entradas entre el controlador y el panel de operador se realiza a través de variables.

Características de las imágenes

La representación de la imagen depende del panel de operador para el que se configure. La representación equivale al aspecto de la interfaz de usuario del panel de operador. Si el panel de operador configurado dispone de teclas de función, éstas se visualizan en la imagen. Otras propiedades, como la resolución, las fuentes y los colores disponibles, dependen también del panel de operador configurado.

Administrar controles propios

En "Herramientas > Controles propios" se agregan controles estandarizados o personalizados. Para utilizarlos en WinCC están disponibles todos los controles ActiveX registrados en el sistema operativo así como los controles .Net existentes en el sistema.

- *Controles ActiveX.*- Los controles ActiveX son elementos de control de cualquier fabricante que pueden ser utilizados por otros programas por medio de una interfaz definida basada en OLE.
- *Controles .Net.*- Los controles .Net son elementos de control de cualquier fabricante basados en el Framework .Net de Microsoft.
- *Controles .Net específicos.*- Los controles .Net personalizados son elementos de control de cualquier fabricante basados en el Framework .Net de Microsoft.

Para agregar un control nuevo al grupo "Controles propios" se realiza lo siguiente:

1. Abra "Herramientas > Controles propios".

2. En el menú contextual, elija el comando "Seleccionar objetos". Aparecerá un cuadro de diálogo en el que se indican todos los controles disponibles en el sistema. Los controles ya contenidos en la Task Card "Herramientas" se identifican con una marca de verificación.
3. Seleccione la ficha deseada, por ejemplo Controles ActiveX.
4. Active el control deseado.
5. Confirme la selección con "Aceptar".

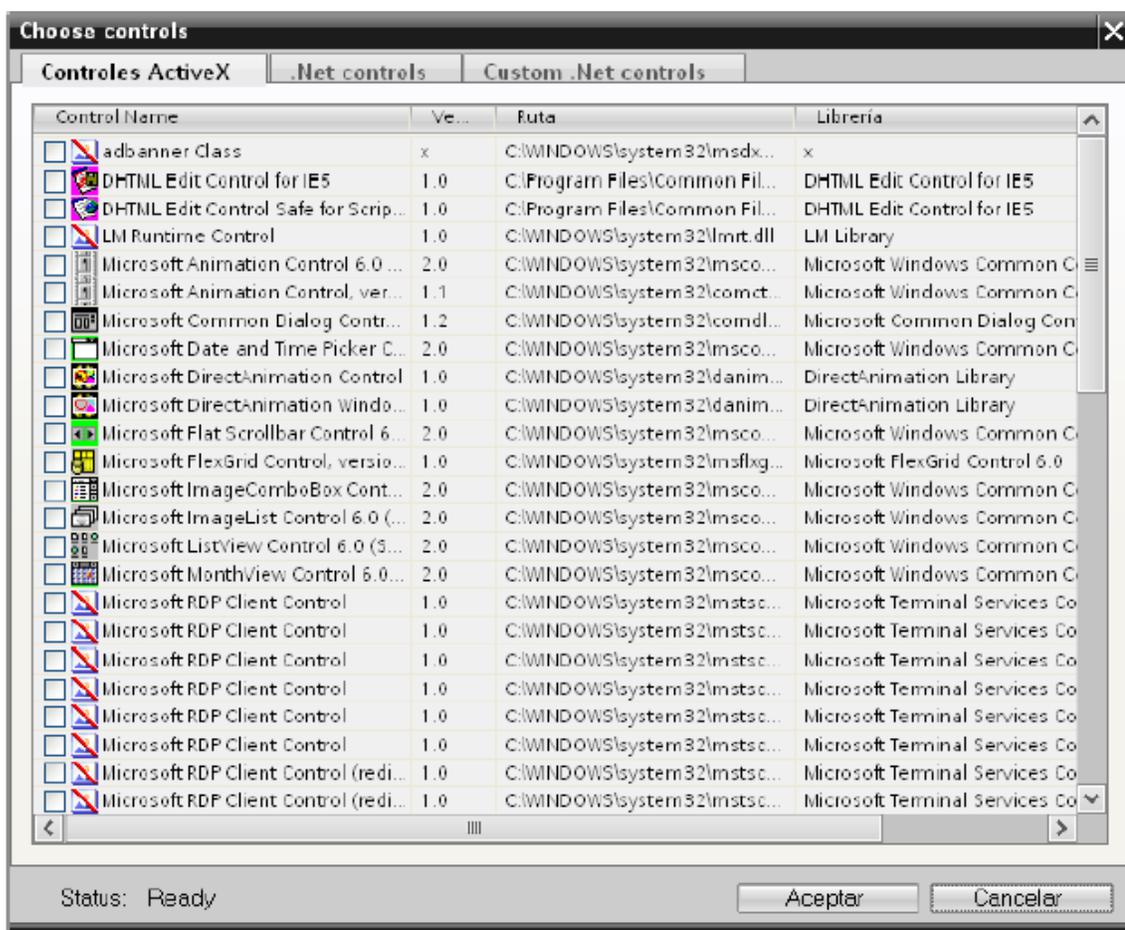


Figura IV.7 Ventana de controles de WinCC

Para Insertar un control .Net específico al grupo "Controles propios"

1. Seleccione la ficha "Controles .Net específicos". La primera vez que se llama, la lista está vacía.

2. Haga clic en el botón "...".
3. Seleccione la carpeta que contiene el Assembly.
4. Seleccione un archivo.
5. Haga clic en "Abrir". En la ficha "Controles .Net específicos" se muestran todos los controles disponibles.
6. Active el control .Net deseado.
7. Confirme la selección con "Aceptar".

Dinamización de objetos con WinCC

En WinCC se dinamizan objetos para proyectar su instalación en paneles de operador y visualizar el transcurso de los procesos.

Un ejemplo es la reproducción de un depósito cuyo nivel de líquido aumenta o disminuye en función de un valor de proceso. Las posibilidades de dinamización dependen del objeto. Al copiar un objeto se copian también sus dinimizaciones.

En WinCC se dinamizan objetos para proyectar su instalación en paneles de operador y visualizar el transcurso de los procesos. Las dinimizaciones se realizan mediante:

- Animaciones
- Funciones de sistema
- Variables
- Scripts locales

Animaciones

WinCC le asiste en la dinamización mediante animaciones predefinidas. Si se desea animar un objeto, en primer lugar debe configurarse la animación deseada en la ventana de inspección del objeto. A continuación, adapte la animación a las exigencias de su proyecto.

La selección de animaciones asistidas depende del panel de operador y del objeto seleccionado. Seleccione uno de los siguientes tipos de animación:

- Representación: apariencia, visibilidad
- Movimientos: movimiento directo, diagonal, horizontal y vertical
- Enlace de variables
- Se puede configurar varias veces el tipo de animación "Enlace de variables" para un mismo objeto.

Las animaciones se configuran en la ventana de inspección "Propiedades > Animaciones" (Figura IV.8).

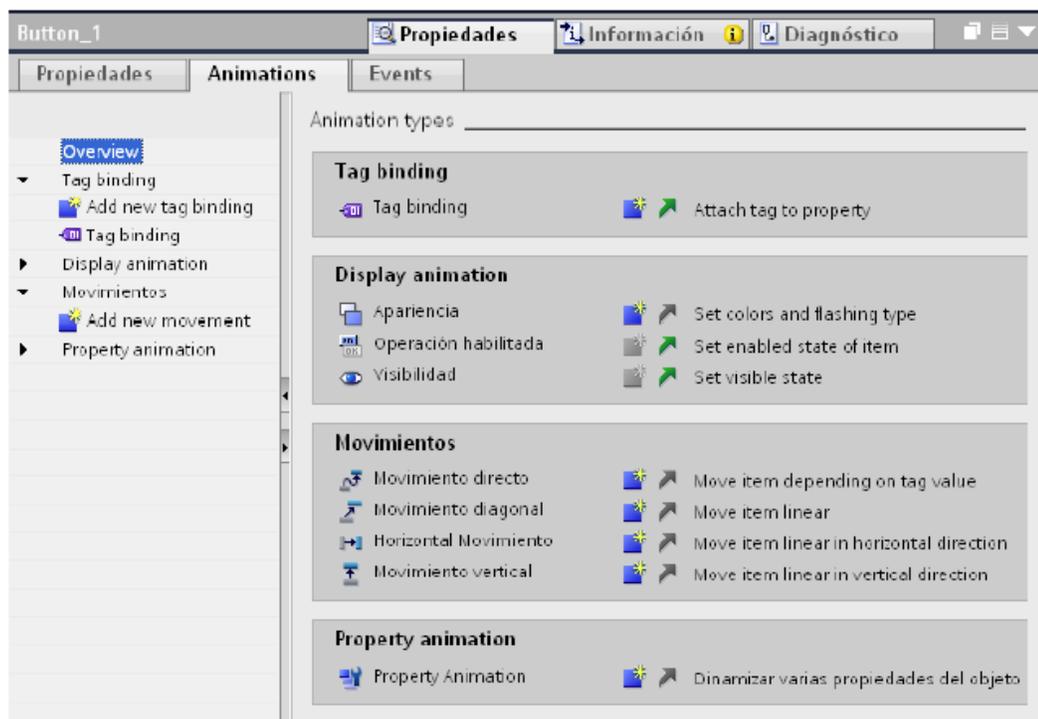


Figura IV.8 Ventana de Propiedades para animación de un objeto en WinCC

Eventos

Los objetos manejables reaccionan además a eventos, por ejemplo a un clic del ratón. Dentro de un evento, se configura una lista de funciones con funciones de sistema. Como

reacción al evento desencadenado, se procesarán las funciones de sistema. Los eventos se configuran en la ventana de inspección "Propiedades > Eventos" (Figura IV.9).

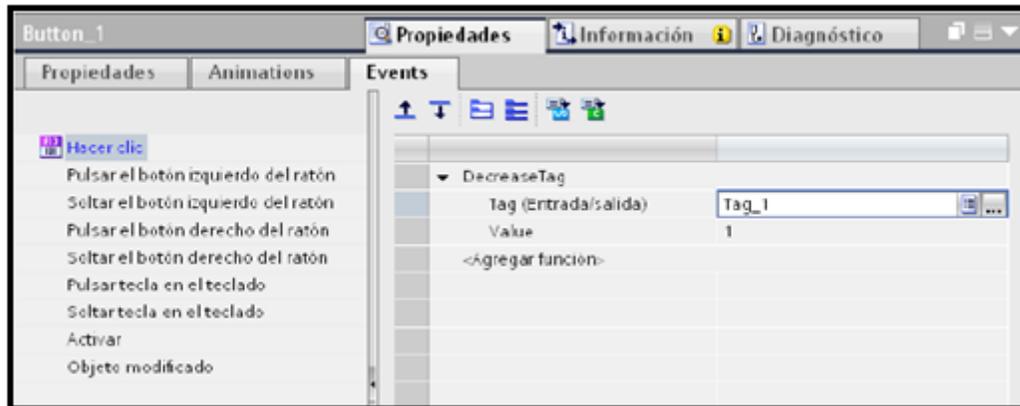


Figura IV.9 Ventana de propiedades para dinamización por eventos de un objeto en WinCC

4.2.5. Variables en WinCC

Los valores de proceso se transfieren en Runtime por medio de variables. Los valores de proceso son datos que se almacenan en la memoria de uno de los sistemas de automatización conectados. Representan el estado de una instalación en forma de temperaturas, niveles de llenado o estados de conexión. Para la edición de los valores de proceso en WinCC se definen variables externas.

WinCC trabaja con dos tipos de variables:

- Variables externas
- Variables internas

Las variables externas constituyen el vínculo entre el WinCC y los sistemas de automatización. Los valores de variables externas se corresponden con los valores de proceso de la memoria de un sistema de automatización. El valor de una variable externa se determina mediante la lectura del valor de proceso de la memoria del sistema de automatización. A la inversa, también se puede reescribir un valor de proceso en la memoria del sistema de automatización.



Figura IV.10 Relación entre variable externa y valor del proceso

Las variables internas no poseen ninguna conexión a proceso y sólo transportan valores dentro de WinCC. En el caso de las variables externas, en las propiedades de la variable correspondiente se determina a través de qué conexión se comunica WinCC con el sistema de automatización y cómo se realiza el intercambio de datos.

Actualizando el valor de variables externas.

El valor de una variable externa se actualiza del modo siguiente:

- ***Cíclico durante el funcionamiento.***- Si se selecciona el modo de adquisición "Cíclico durante el funcionamiento", la variable se actualizará en Runtime mientras se visualice en una imagen o se archive. El ciclo de adquisición determina en qué intervalo de tiempo se actualiza el valor de la variable en el panel de operador. La adquisición cíclica puede basarse en un ciclo predefinido o en un ciclo definido por el usuario.
- ***Cíclico continuo.***- Si se seleccione al modo de adquisición "Cíclico continuo", la variable se actualizará en Runtime de forma continua, aunque no se encuentre en la imagen abierta. Esta configuración se activa p. ej. para variables que tienen una lista de funciones configurada para una modificación de su valor. Utilice la opción "Cíclico continuo" sólo para variables que realmente deban actualizarse de forma continua. Las lecturas frecuentes aumentan la carga de la comunicación.

- **Bajo demanda.-** Si se selecciona el modo de adquisición "Bajo demanda", la variable no se actualizará cíclicamente, sino sólo cuando se solicite, p. ej. con la función de sistema "Actualizar Variable" o con un script.

Para la escala lineal de una variable se indican un rango de valores en el panel de operador y un rango de valores en el controlador. Los rangos de valores se reproducen de forma lineal entre sí (Figura IV.11).

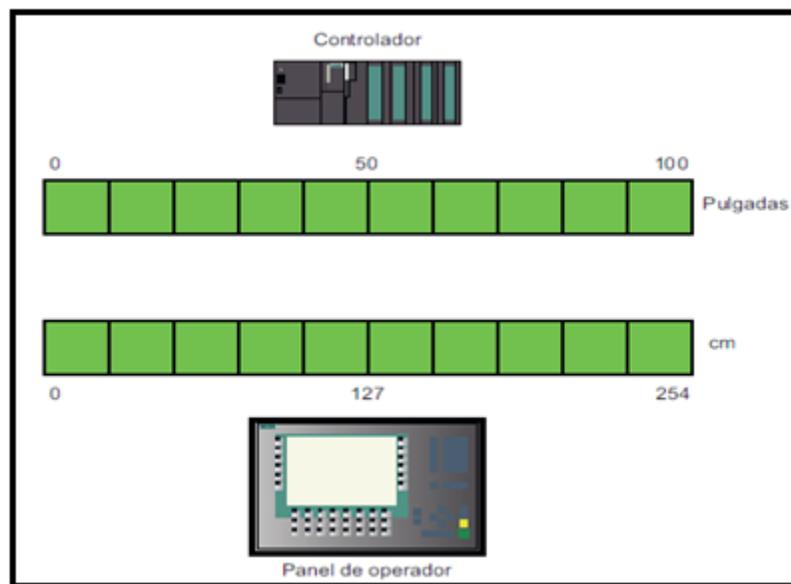


Figura IV.11 Escala lineal de una variable entre Controlador y panel de Operador

En cuanto el panel de operador escribe un valor de proceso en una variable externa, se reproduce automáticamente en el rango de valores del control. En cuanto el panel de operador lee un valor de proceso de una variable externa, se realiza una transformación inversa pertinente.

Archivación de variables

Las variables externas en WinCC sirven para registrar valores de proceso y acceden a una dirección de almacenamiento en un sistema de automatización conectado. Las variables

internas no poseen ninguna conexión de proceso y sólo están disponibles en el panel de operador correspondiente.

Los valores de variables externas e internas se archivan en ficheros de variables. Asimismo, se crea una variable de fichero y se determina en qué fichero se almacenará cada variable. La archivación de variables se controla mediante ciclos y eventos. Los ciclos de archivación se encargan de la adquisición y el almacenamiento continuo de los valores de variables.

Además, la archivación de variables también puede ser provocada por eventos, por ejemplo si se modifica el valor de una variable. Esta configuración se define para cada variable de fichero por separado. En Runtime se registran y procesan los valores de variables que se van archivar y se almacenan en una base de datos ODBC o en un archivo.

Medios de almacenamiento y ubicación

Los datos de fichero se almacenan o en una base de datos ODBC o en un archivo (Figura IV.12). La base de datos ODBC sólo está disponible en un PC.

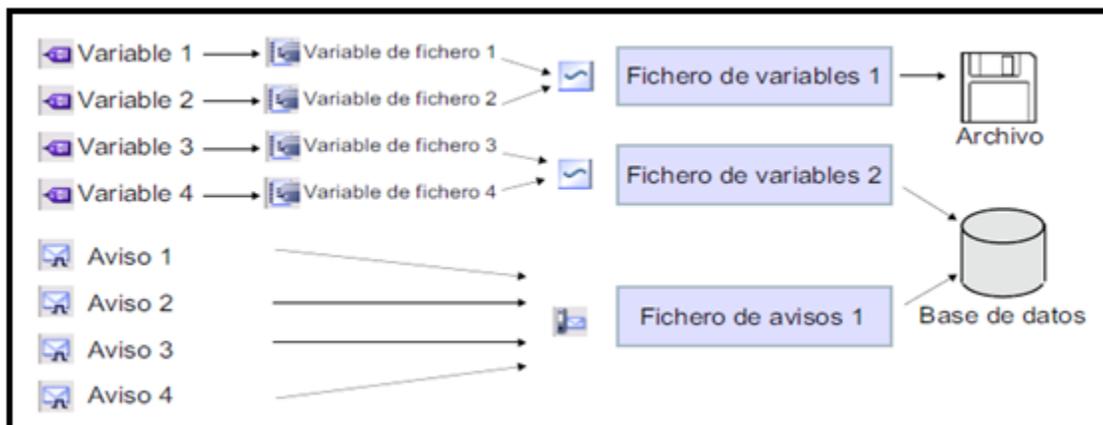


Figura IV.12 Diagrama de los métodos de archivación de variables en WinCC

Dependiendo de la configuración del hardware del panel de operador, se podrán almacenar ficheros de variables y de avisos de forma local (en el disco duro del PC o en la tarjeta de almacenamiento de los paneles) o, en caso de que exista, en una red. Los datos almacenados se pueden seguir editando en otros programas los cuales pueden ser usados para realizar análisis.

4.2.6. Sistema de avisos en WinCC

El sistema de avisos permite visualizar en el panel de operador los estados operativos y las averías que están pendientes o se producen en una instalación. Un aviso tiene el contenido siguiente:

Nº	Hora	Fecha	Texto de aviso	Estado	Categoría
5	12:50:24 :590	24.02. 2007	La presión de la caldera supera el límite superior.	Aparecido Desaparecido	Advertencia: Color rojo

Figura IV.13 Contenido de un tipo de aviso en WinCC

El sistema de avisos procesa diferentes procedimientos de aviso del controlador y del panel de operador. Los procedimientos de aviso se dividen en avisos definidos por el sistema y avisos definidos por el usuario:

- Los avisos definidos por el usuario sirven para vigilar la instalación.
- Los avisos definidos por el sistema sirven para supervisar el panel de operador o el controlador.

Los eventos de aviso registrados se muestran en el panel de operador. Con el sistema de avisos se archivan los avisos del proceso en marcha. Los accesos selectivos a los avisos y la información complementaria acerca de los diferentes avisos garantizan una localización y solución rápida de las averías. Los tiempos de parada se reducen o suprimen por completo (Figura IV.14).



Figura IV.14 Diagrama de estructura de los diferentes tipos de Avisos en WinCC

Los avisos anteriores realizan la siguiente función:

Avisos definidos por el usuario

- **Avisos analógicos.-** Los avisos analógicos muestran las violaciones de valores límite durante el proceso en curso.
- **Avisos de bit.-** Los avisos de bit muestran un estado durante el proceso en curso.
- **Avisos de controlador.-** El ingeniero de configuración del controlador crea los avisos de controlador definidos por el usuario en STEP 7. El aviso del controlador reproduce los valores de estado del controlador.
- **Avisos de controlador para varios paneles de operador.-** Si un controlador está conectado a varios paneles de operador, el ingeniero de configuración asignará discriminadores a los avisos de controlador en STEP 7. Los discriminadores regulan la asignación al panel de operador. Active para el panel de operador en cuestión las categorías que deban visualizarse en dicho panel. En este caso, el panel de operador mostrará sólo los avisos de controlador de este discriminador. Son posibles 17 discriminadores como máximo.

Avisos definidos por el sistema

Avisos de sistema.- Ejemplos, "Se ha establecido correctamente la conexión online con el controlador." Un aviso de sistema muestra el estado del sistema y los errores de comunicación entre el panel de operador y el sistema. En "Configuración de Runtime > Avisos" se determina el tiempo durante el que se visualizará un aviso de sistema en el panel de operador.

4.2.7. Comunicaciones con WinCC

El intercambio de datos entre dos interlocutores se denomina comunicación. Los interlocutores pueden estar interconectados a través de un enlace directo o en una red.

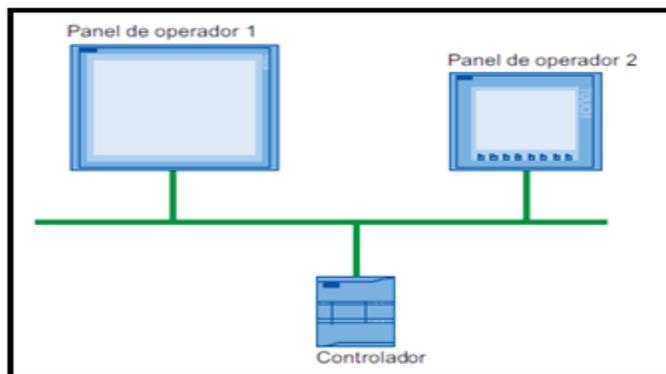


Figura IV.15 Intercambio de datos entre interlocutores en WinCC

Un interlocutor puede ser cualquier estación de una red que pueda comunicarse con otras estaciones e intercambiar datos. En el entorno de WinCC flexible, pueden ser interlocutores las estaciones siguientes:

- Módulos centrales y módulos de comunicación en el sistema de automatización
- Paneles de operador y procesadores de comunicaciones en el PC

Los datos transferidos entre los interlocutores pueden servir para distintos fines:

- Controlar un proceso
- Captar datos de un proceso
- Notificar estados en un proceso
- Archivar datos del proceso

Comunicación entre WinCC y controladores

La comunicación con WinCC en el entorno industrial significa que las informaciones se intercambian a través de variables y punteros de área. Para captar los datos, el panel de operador envía telegramas de petición al sistema de automatización mediante un driver de comunicación. El sistema de automatización envía los datos solicitados en los correspondientes telegramas de respuesta al panel de operador.

DRIVER DE COMUNICACIÓN

Un driver de comunicación es un componente de software que establece un enlace entre un sistema de automatización y un panel de operador. Gracias al driver de comunicación, las variables de WinCC flexible se abastecen con valores de proceso. En WinCC flexible se dispone de diversos drivers de comunicación para conectar distintos sistemas de automatización. Para establecer la comunicación primeramente se crea un enlace en el WinCC Flexible 2008 desde la Opción “Comunicación--- Enlaces”, por ejemplo elegiremos los parámetros para conectar un PLC s7-1200 (Figura IV.16).

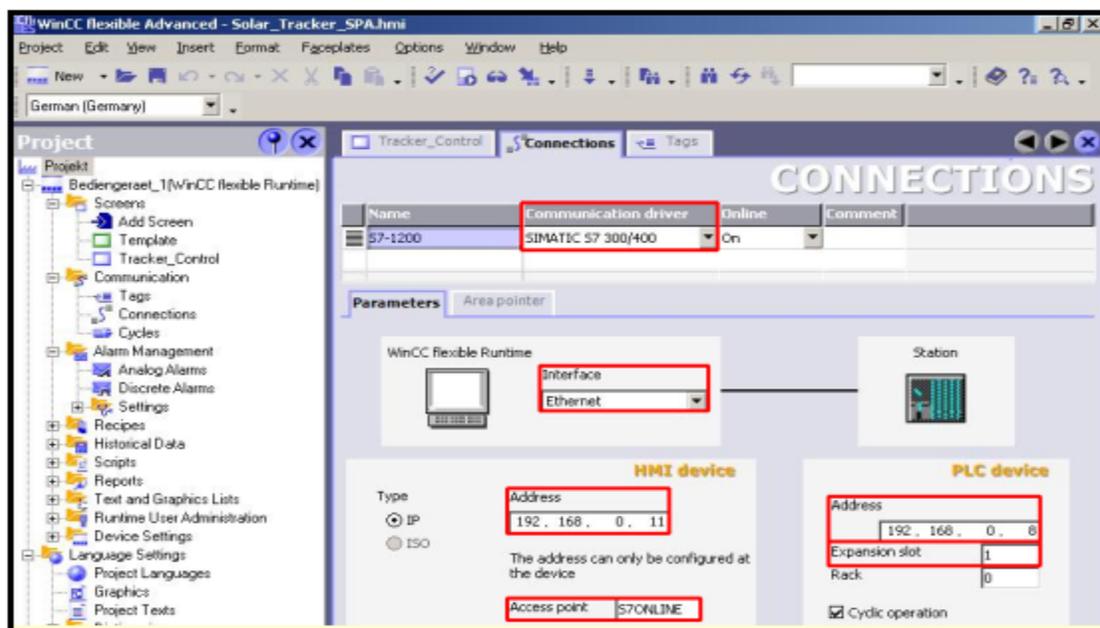


Figura IV.16 Pantalla de elección de tipo de conexión en WinCC

- Elija "SIMATIC S7 300/400" como driver de comunicaciones.
- Seleccione "Ethernet" como interface.
- Indique la dirección IP para el WinCC flexible Runtime y el control S7-1200.
- Elija "S7ONLINE" como punto de acceso del equipo de servicio.
- Introduzca el slot del control: "0" ó "1".

Dependiendo de los interlocutores utilizados, es posible seleccionar la interfaz a utilizar, así como el perfil y la velocidad de transferencia.

Para que la conexión sea exitosa tenemos que configurar la interface PG/PC desde la opción "Inicio -> Panel de control -> Ajustar interface PG/PC". En la interface PG/PC, hay que ajustar el punto de acceso "S7ONLINE" a "TCP/IP -> [Tarjeta de red utilizada]" (Figura IV.17).

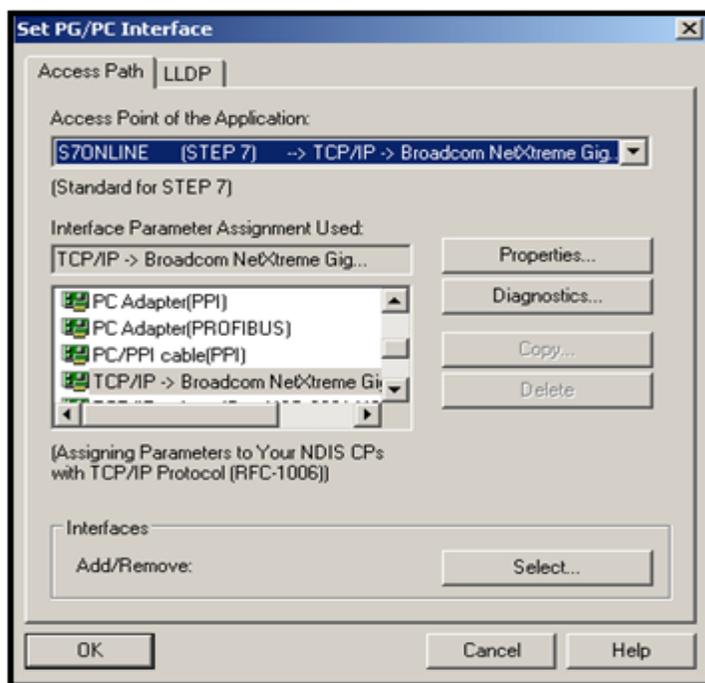


Figura IV.17 Ajustar interface PG/PC

Al momento de crear las variables que usaremos en el WinCC procedemos a seleccionar el tipo de conexión que hemos configurado anteriormente.

4.2.8. Opciones avanzadas de WinCC

Opciones Sm@rt

Con las opciones Sm@rt de WinCC se puede establecer la comunicación entre y con sistemas HMI a través de conexiones TCP/IP (por ej. LAN). Las opciones *Sm@rt* se las utiliza en lo siguiente:

- Estaciones de control distribuidas con Sm@rtClients para el manejo de máquinas de gran tamaño o repartidas espacialmente.
- Estaciones de control con acceso de todo el sistema a datos de proceso actuales mediante el driver "SIMATIC HTTP Protocol".
- Solución de espera local para el archivo central, el análisis y el procesamiento posterior de datos de proceso.
- Facilitación de datos actuales de proceso a los sistemas de rango superior (SCADA, sistemas de gestión de producción, aplicaciones de Office).
- Control remoto de un sistema HMI a través de Internet, Intranet y LAN.
- Envío de correos electrónicos sobre la base de avisos y eventos
- Facilitación de páginas HTML estándar al sistema HMI con información de servicio y mantenimiento, así como funciones de diagnóstico.

Utilidad:

- Solución flexible para acceder a sistemas HMI y datos de proceso independientemente del lugar.
- Descarga de los buses de campo:

WinCC Runtime y los paneles SIMATIC permiten por ejemplo que un sistema de control acceda a los datos de proceso. El nivel de campo no es sometido a carga alguna por el nivel de control en lo que respecta a las exigencias de comunicación. Las peticiones son procesadas por HMI Runtime y por los paneles SIMATIC.

- El control remoto permite evitar el empleo costoso de personal de servicio in situ. Los tiempos de inactividad imprevistos disminuyen y se aumenta la producción de la instalación.

Envío de correo electrónico y diagnóstico a distancia

Una empresa tiene un contrato de mantenimiento con una empresa de servicios externa. El panel de operador y el PC del técnico de servicio postventa responsable están comunicados a través de una red apta para TCP/IP. En el proyecto se ha configurado el envío por correo electrónico de determinados mensajes al técnico de servicio postventa. A través de Internet, el técnico de servicio accede al panel de operador y realiza un diagnóstico a distancia (Figura IV.18)

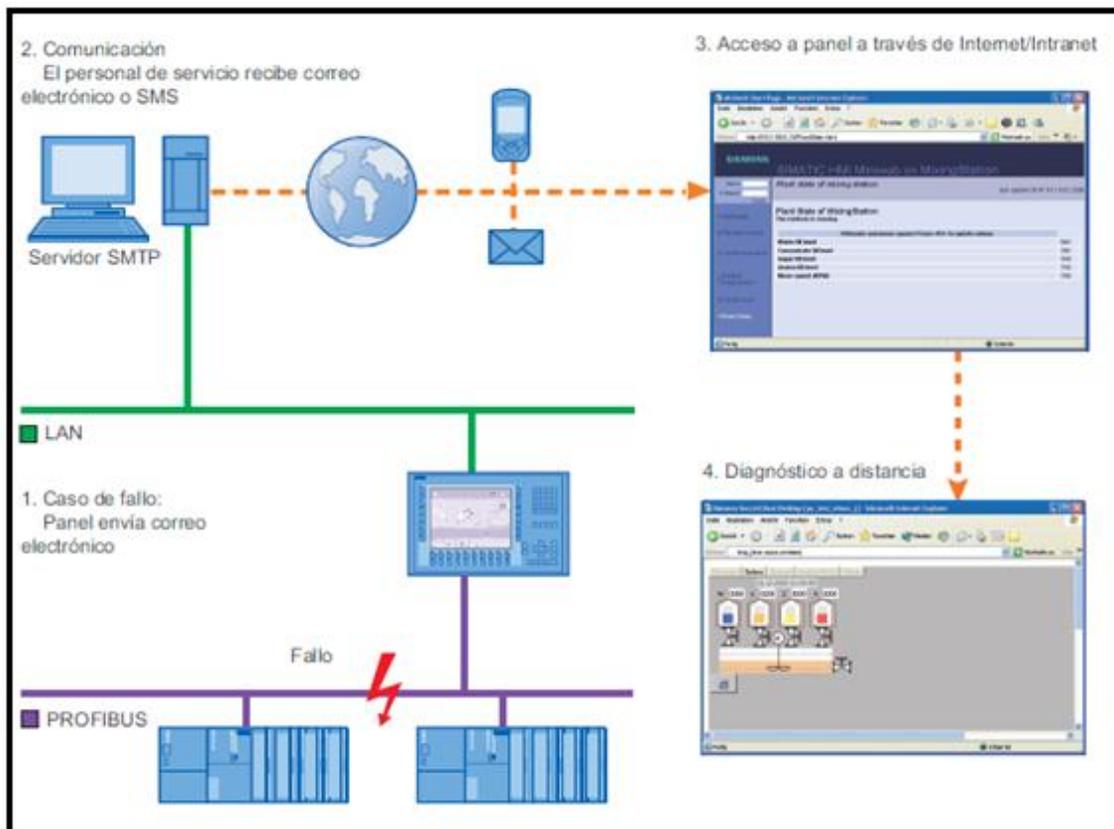


Figura IV.18 Esquema de comunicación entre un PC remoto y sistema automatizado

Estaciones de control distribuidas

Para el manejo de máquinas de gran tamaño, distribuidas espacialmente, y de instalaciones se utilizan estaciones de control distribuidas, las Sm@rtClients. El panel de operador cliente agrega la conexión al Sm@rtServer a través de la visualización de Sm@rtClient. Los paneles de operador están conectados entre sí a través de una red TCP/IP (LAN o Intranet/Internet).

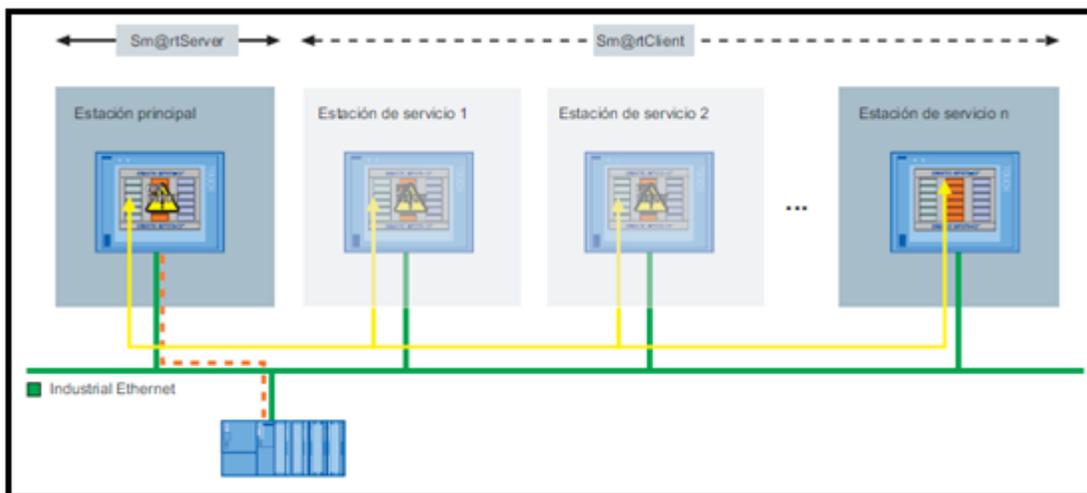


Figura IV.19 Diagrama de un sistema automatizado con estaciones de Control Distribuida

El operador puede manejar y observar la instalación desde diferentes puntos. El operador ve en cada estación de control la misma imagen, manejando en un momento únicamente una estación.

El tipo de manejo se denomina también manejo coordinado. Sólo deberá cambiar la configuración en el Sm@rtServer. Sólo uno de los paneles de operador, el Sm@rtServer, contiene los datos de configuración. El Sm@rtServer se opera desde paneles de operador. Las estaciones de control descentralizadas son los Sm@rtClients. Estas estaciones visualizan todo el mismo sinóptico del servidor. Para operar y observar, en el sinóptico se configura un visor Sm@rtClient.

Todos los equipos tienen la misma resolución de la pantalla. Las estaciones de control están en modo distribuido. Si durante un tiempo determinado no se ha ejecutado ninguna acción en una estación de control, se podrá activar una estación de control diferente. Si la vista Sm@rtClient está configurada correspondientemente, el usuario también podrá darse de baja directamente.

VENTAJAS

- La observación y la operación se pueden realizar desde diferentes puntos sin grandes problemas. El proyecto sólo ha de ejecutarse en un panel de operador que se encuentre configurado como servidor. En el resto de paneles de operador se ejecuta el mismo proyecto cliente y una imagen contiene el objeto "Vista Sm@rtClient". La imagen del servidor se muestra a través de la vista Sm@rtClient.
- El servidor está lejos de la máquina y no está expuesto, por tanto, a las condiciones ambientales de la sala de la máquina.
- El servicio coordinado lo establece el Sm@rtServer. No se requiere hacer nada más en el autómeta. De este modo, por ejemplo se descongestiona también el bus de campo, pues se suprime la carga por comunicación del bus mediante los mecanismos de bloqueo en el lado del PLC.

Acceso a variables a través de SIMATIC HMI HTTP Protocol

Estaciones de control con acceso de todo el sistema. Al emplear el protocolo SIMATIC HMI HTTP se pueden poner las variables de un equipo (servidor HTTP) a disposición de otro equipo (cliente HTTP).

Los paneles de operador utilizados localmente o de manera central acceden así a las variables de otras estaciones. De este modo se pueden realizar fácilmente conceptos de celda o de línea. La información descentralizada está disponible de manera central.

Este concepto permite también la configuración de salas de control centrales pequeñas y económicas. Si se utiliza para ello un PC, se obtienen posibilidades adicionales para la archivación, el análisis y el procesamiento posterior de los datos de proceso registrados.

En la comunicación desde el protocolo SIMATIC HMI HTTP, un panel de operador accede a las variables de otro panel de operador. Según la configuración del panel de operador en cuestión, el acceso será de "sólo lectura" o de "lectura y escritura". El panel de operador que pone las variables a disposición es el servidor HTTP, el otro panel de operador es el cliente HTTP. El acceso a las variables, sin embargo, funciona en ambas direcciones.

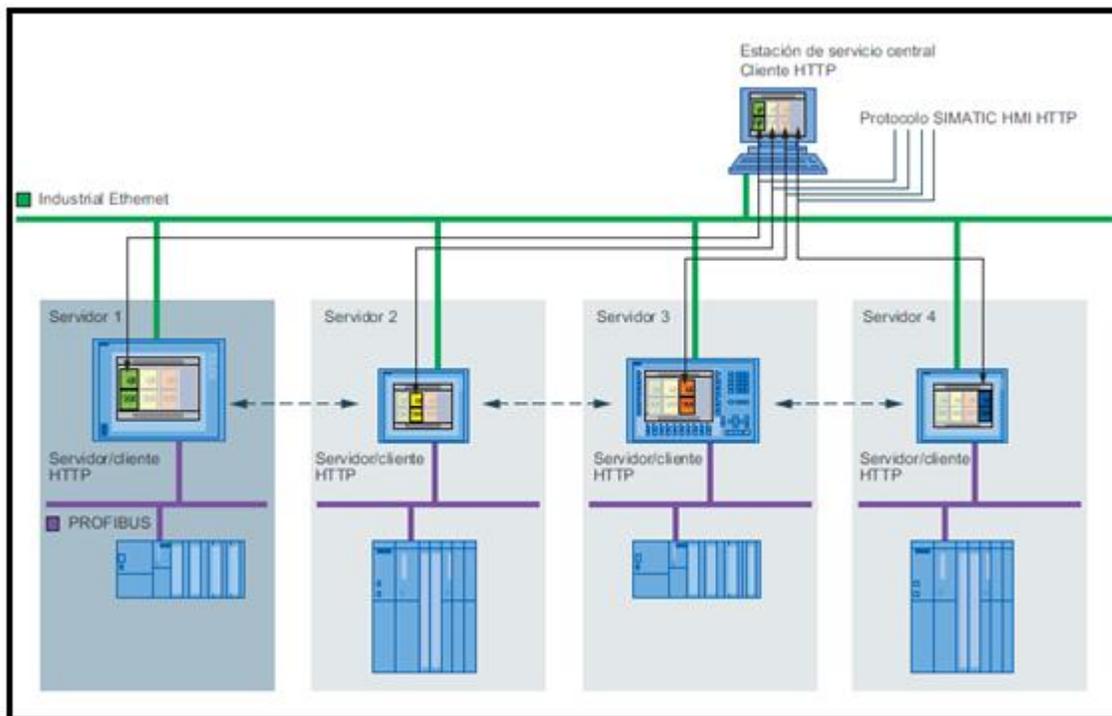


Figura IV.20 Diagrama de comunicación mediante protocolo Simatic HMI HTTP Protocol

La visualización remota y control remoto son soluciones para salas de control, si se interconecta la utilización del protocolo SIMATIC HMI HTTP y del Sm@rtServer, se puede realizar una compleja solución para salas de control.

En este proceso se visualizan las variables que interesan de los paneles de operador en el PC de control. En caso necesario, utilice el PC para la visualización remota y el control remoto de un determinado panel de operador. De este modo, los paneles de operador utilizados de manera local se interconectan y el proceso en su conjunto se controla de manera general.

Conexión con el mundo de Office

También existe la posibilidad de intercambiar datos entre el panel de operador y las aplicaciones de Office, por ejemplo MS Excel, con ayuda de una macro VBA. Para ello, el panel de operador debe soportar el servicio Web (SOAP). En la utilización externa, se llamará a un script o a una macro que acceda en modo de lectura o de escritura a la variable en cuestión según la sintaxis predeterminada.

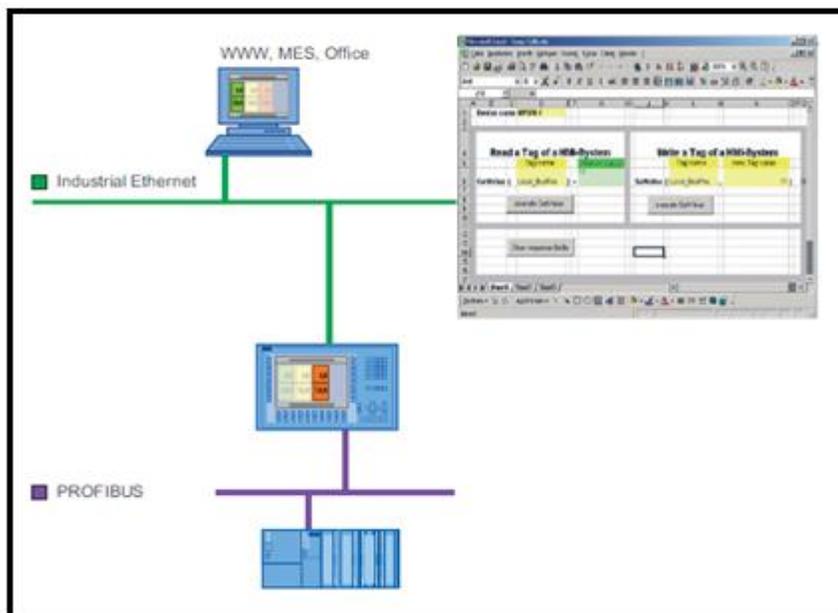


Figura IV.21 Diagrama de conexión entre proceso y Microsoft Office

Para visualizar las variables se puede utilizar por ej. Microsoft Excel. Para ello se requiere la versión actual del "MS SOAP Toolkit V2.0". Esta versión está disponible para su

descarga en Microsoft. Windows 7 No soporta el acceso de datos a través de SOAP. Utilice OPC para visualizar las variables en MS Excel.

Funciones de sistema y Runtime Scripting

Para las tareas de configuración convencionales, WinCC flexible ofrece funciones de sistema predefinidas que permiten resolver muchas tareas en Runtime sin necesidad de disponer de conocimientos de programación.

Para otro tipo de tareas se puede recurrir al Runtime Scripting. Runtime Scripting es una interfaz de programación que permite acceder en Runtime a algunos datos del proyecto. La aplicación de Runtime Scripting se dirige a ingenieros programadores con conocimientos de Visual Basic (VB) y Visual Basic Script (VBS).

SCRIPTS

El código VBScript propio se guarda en un script. El script se utiliza en el proyecto del mismo modo que una función de sistema. En los scripts es posible acceder a las variables del proyecto, así como al modelo de objetos Runtime de WinCC flexible. Además, en los scripts se pueden utilizar todas las funciones VBS estándar. En un script se puede acceder a otros scripts y a otras funciones de sistema.

Las funciones de sistema y los scripts se ejecutan en Runtime al aparecer un evento configurado (por ejemplo clic con el ratón en un botón).

CAPÍTULO V

DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se hará una descripción de la planta, tanto sus requerimientos como los criterios necesarios para la implementación, detallaremos las características generales del sistema, así como también todos los elementos que permiten ejecutar el control, toma de señales, procesamiento de señales y monitoreo del proceso, y demás hardware y software óptimos para la ejecución del proyecto.

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

5.1.1. Determinación de los requerimientos

El sistema tiene dos partes claramente diferenciadas, que serían el módulo del proceso de prensado de estructura de aluminio junto con los elementos neumáticos y electrónicos detallados a continuación tales como (filtro-regulador, distribuidor, manómetros, válvula proporcional 5/3, actuadores, acumulador de aire comprimido y sensor analógico de presión), y un sistema de control, supervisión y adquisición de datos en modo HMI (Human Machine Interface) compuesto por una PLC que será la encargada de controlar el sistema, una pantalla Siemens KTP 600 PN como panel HMI local y un software SCADA mediante el cual el usuario podrá loguearse para remotamente supervisar el estado del proceso, visualizarlo dinámicamente, realizar reportes, guardar y graficar datos históricos, visualizar

datos del proceso en tiempo real, conectarse con base de datos para registros y configurar los diferentes parámetros de control del sistema.

5.1.2. Descripción del proceso

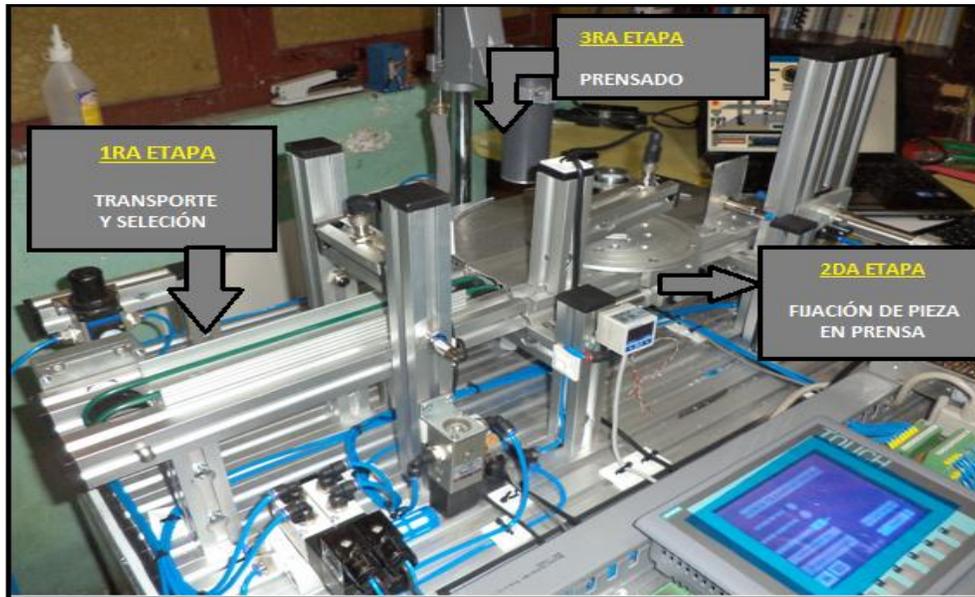


Figura V.1 Planta a automatizar con cada una de las etapas

La planta a automatizar en este proyecto está diseñada para transportar, ensamblar insertando piezas en cuerpos mediante prensado con músculo neumático, el proceso dividido en tres etapas (Figura V.1):

1. Etapa de transporte y selección.
 2. Etapa de fijación.
 3. Etapa de prensado.
- **1ra. Etapa.-** En la etapa de transporte y selección se dispone de una banda transportadora actuada con motor DC la cual conduce la pieza hasta la mitad de su recorrido. Se realiza la selección, un juego de sensores evalúa si la pieza está lista para el

ensamble (posee pieza de inserción) continúa hacia el módulo de fijación, caso contrario regresa la pieza.

- **2da. Etapa.-** La segunda etapa, tiene por objetivo colocar la pieza en posición para ensamble, consta de un actuador giratorio/lineal (dispositivo de transferencia) el cual mueve la mueve la pieza con el inserto bajo la prensa. Una vez prensada esta misma unidad ubica la pieza en la posición de salida empujándola linealmente hacia un depósito.
- **3ra. Etapa.-** La etapa de prensado tiene por objetivo el prensado de la pieza, es un proceso discreto que realiza lo siguiente:
 - Realizar el prensado con el músculo neumático, con la fuerza o profundidad indicada.
 - Esperar un tiempo determinado para estabilizar el prensado.
 - Reponer la posición de la prensa a su posición inicial.

Los valores de prensado tanto la profundidad, fuerza y presión con que actúa el músculo de prensado son supervisados y visualizados, estos datos lo calculamos en base al sensor analógico de presión.

5.1.3. Diagrama de flujo del proceso

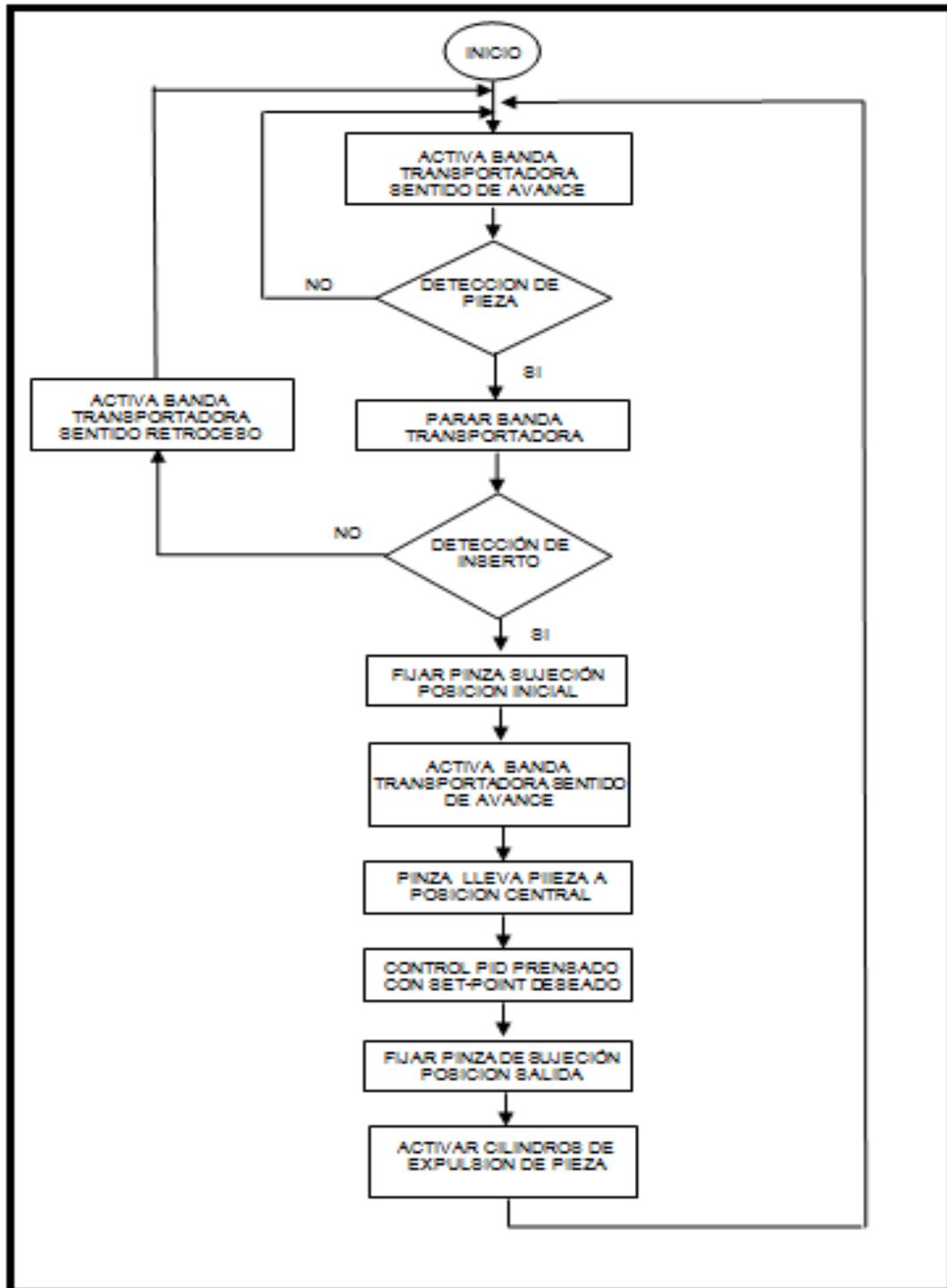


Figura V.2 Diagrama de flujo del proceso

5.1.4. Método de control y tipo de monitoreo

A pesar de que en los sistemas SCADA tiene un gran peso la parte software, el cual no requiere de grandes exigencias de hardware, no por ello hay que menospreciar a los elementos físicos que lo componen.

Un sistema SCADA tradicional, en cuanto a hardware, se compone de un interfaz hombre-máquina (HMI), un ordenador central o MTU (Master Terminal Unit), una red de comunicación y una instrumentación de campo.

ELEMENTOS

Para la realización del sistema SCADA de este proyecto ha sido necesario un ordenador que hace las funciones de interfaz HMI como unidad central, una HMI local que controla directamente al proceso, una comunicación basada en Ethernet Industrial, además la PLC que a su vez trabaja como unidad remota junto a la instrumentación de campo formada por sensores ópticos, inductivos, magnéticos, sensor de presión, válvulas direccionales y una válvula proporcional.

El método de control de la planta es secuencial, la activación de cada estación etapa o módulo depende de la ubicación y condiciones de la pieza. El PLC S7-1200 con sus módulos de ampliación digitales y analógicos incorporados es el que realiza el control general del proceso.

a) Interfaz HMI y unidad central MTU.

La unidad central es básicamente un ordenador personal marca Hp que sirve como soporte para la interfaz del sistema Scada, que cuenta con la pantalla HMI, y el servidor de almacenamiento de datos local.

b) Comunicación.

La comunicación establecida entre el ordenador (MTU) y el autómatas (RTU) es Ethernet del tipo topología árbol. Esta línea de comunicación se basa en un router que conecta el puerto Ethernet del PC con el del S7-1200, y el panel local KTP 600 PN y el puerto Ethernet del PLC s7-1200. (Figura V.3)

c) Unidades remotas RTU's.

Los dispositivos de este proyecto que quedarían encuadrados en este tipo de hardware serían la PLC, la instrumentación de campo y la pantalla local KTP 600 PN.

Para el control del prensado con el músculo neumático se optó por el control PID propio del PLC s7 1200, donde cerrará el lazo de control un sensor análogo de presión, todas las variables y valores de consigna se visualizaran y controlaran en una panel táctil local Simatic KTP 600 PN, y para el monitoreo y control remoto se optó por el Sistema Scada de WinCC flexible 2008, en el cual se realiza la dinamización del proceso, generación de avisos, reportes, conexión con base de datos SQL Server 2005, toda la comunicación de estos dispositivos de control se realiza vía Ethernet.

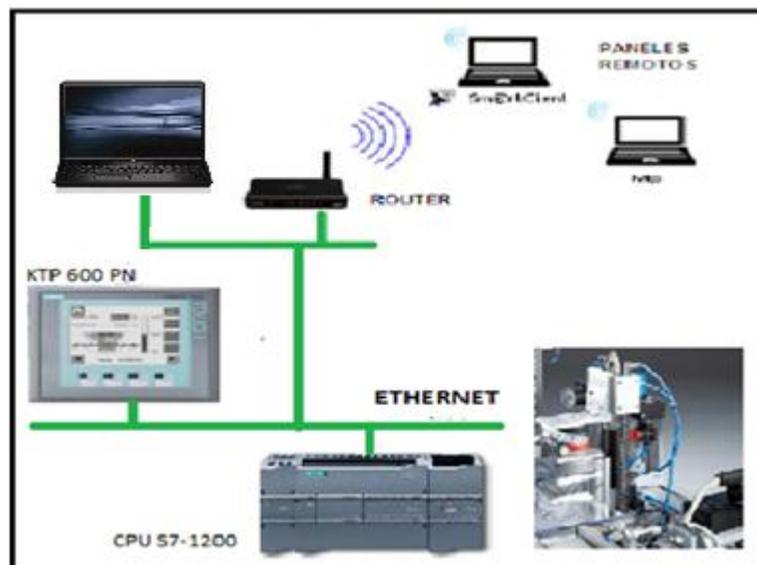


Figura V.3 Red industrial del Proceso

5.2. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

5.2.1. Partes principales del sistema

Banda transportadora

El transporte de piezas de una estación de fabricación a la siguiente es una tarea importante de la producción. Para ello a menudo hay que hacer uso de sistemas de transporte sin conductor, carretillas elevadoras o cintas transportadoras especiales. La cinta transportadora realizada hace posible una simulación realista del transporte industrial de piezas. El motor de accionamiento puede funcionar hacia delante y hacia atrás; los detectores pueden reconocer piezas y diferenciarlas entre sí.

El sistema que compone la banda transportadora consta de elementos que hacen posible su interacción con las demás partes del sistema tales como motores de corriente continua, detectores inductivos, sensores ópticos, conmutación por tarjeta de potencia que controla la inversión de giro y velocidad de motores.

Todo éste conjunto forma un módulo transportador con motor de corriente continua con base en una placa perfilada de aluminio, donde van montados bandejas y cauchos para el desplazamiento de piezas.



Figura V.4 Banda transportadora con pieza a prensar

Módulo de transferencia giratorio

El módulo contiene una unidad lineal manejada por un cilindro de doble efecto que controla el desplazamiento lineal de la pinza de sujeción. El movimiento giratorio se realiza utilizando un accionamiento giratorio basado en un motor de corriente continua que permite giros de 0° a 180° en uno u otro sentido. Las posiciones en todo momento se controlan por medio de un encoder el cual informará al controlador la posición de la pinza.

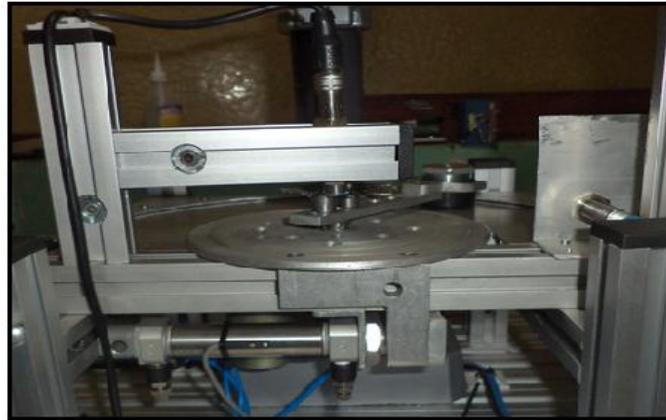


Figura V.5 Módulo de transferencia giratorio

Módulo de prensado con músculo neumático

Este módulo se usa para insertar piezas a prensa en el cuerpo. La prensa se acciona mediante un músculo neumático. El módulo contiene un regulador de presión ajustable electrónicamente, que puede utilizarse para ajustar la profundidad de prensado.

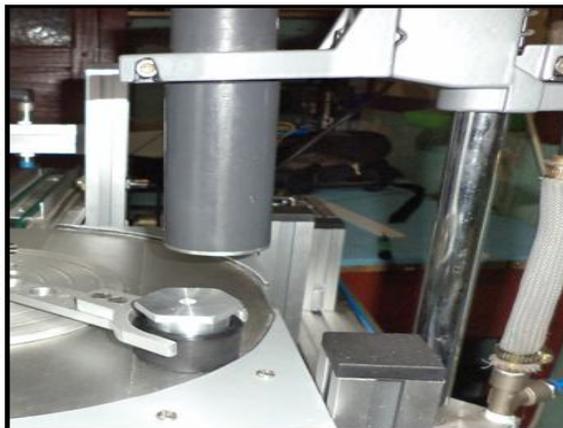


Figura V.6 Módulo de prensado con músculo neumático

5.2.2. Descripción y especificaciones de componentes del sistema

5.2.2.1. Sensores

- SENSOR ANÁLOGO DE PRESIÓN

El sensor analógico de presión entrega una señal eléctrica de salida proporcional a la señal de presión medida, El sensor a usar es un sensor de presión neumático análogo digital de alta precisión. (Tabla V.I)

SENSOR ANÁLOGO DE PRESIÓN	
<i>Marca</i>	Mindman
<i>Serie</i>	M20
<i>Voltaje</i>	12 -24 VDC \pm 10%.
<i>Rango de Presión</i>	100.0~100 kPa
<i>Histéresis</i>	Ajustable
<i>Señal salida</i>	NPN or PNP open collector 2 outputs Análoga: 1-5VCD Max. Load current: 80mA Max. supply voltage: 30VDC
<i>Tamaño del puerto</i>	G 1/8
<i>7 Lcd Display</i>	3 1/2 digit LED display

Tabla V.I Especificaciones Sensor analógico Presión

Las conexiones para la fuente de tensión y las entradas analógicas de la PLC se realizan mediante cuatro clavijas de diferentes cables (Figura V.7)

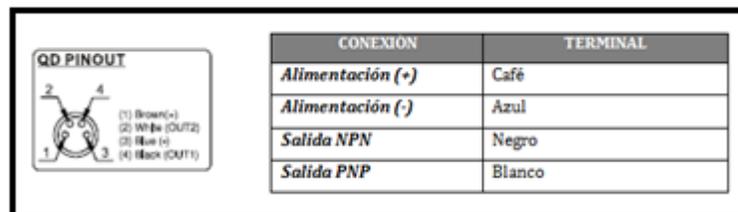


Figura V.7 Conexión del Sensor analógico Presión

Del mismo modo como posee una pantalla LCD Display de visualización, que permite ver al operador en forma codificada el valor actual de presión así como la unidad de presión, tipo de salida, y el puerto.

- **SENSOR ÓPTICO**

El sensor óptico es un dispositivo que convierte rayos de luz en señales electrónicas. Consta de un emisor que posee un diodo emisor de luz (led) y un receptor (fotodiodo) el cual recepta rayos de luz a través de un lente óptico. Se lo alimenta con una fuente de energía de 24 VCD. Lo usamos para detectar la presencia de la pieza.



Figura V.8 Sensor óptico

La especificación del sensor óptico. (Tabla V.II)

SENSOR ÓPTICO	
<i>Marca</i>	IBEST
<i>Serie</i>	PESL D-18P
<i>Voltaje</i>	10 – 30 VCD.
<i>Tipo</i>	Retro reflectivo
<i>Conexión</i>	CC 3 hilos
<i>Distancia máxima sensado</i>	10 cm

Tabla V.II Especificaciones Sensor óptico

- **SENSOR INDUCTIVO**

Los sensores inductivos incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. Los sensores inductivos usados permite detectar la presencia de la parte metálica de la pieza (inserto) y la posición inicial de la pinza, hay que tener en cuenta la distancia de senseo ya que no admite grandes distancias de detección.



Figura V.9 Sensor Inductivo

Los sensores sensor inductivo usado cuenta con las siguientes especificaciones. (Tabla V.III)

SENSOR INDUCTIVO	
<i>Marca</i>	IBEST
<i>Serie</i>	IPSI-12PO2B PNP
<i>Voltaje</i>	10- 30 VCD.
<i>Diámetro</i>	Tipo cilindro 12mm
<i>Conexión</i>	3/4 hilos
<i>Distancia de detección</i>	2 mm
<i>Indicador de detección</i>	Led rojo
<i>Protección</i>	IP67 resistente al agua

Tabla V.III Especificaciones Sensor inductivo

- **SENSOR MAGNÉTICO**

Estos pequeños sensores los usamos en los cilindros neumáticos para detectar la posición de fin de carrera del émbolo magnético que posee el cilindro. Este posee un circuito interno que responde cuando un campo magnético incide sobre éste, funciona tipo switch.

Los sensores utilizados con 2 sensores REED. Uno para cada cilindro expulsor. Estos sensores al detectar el final de carrera correspondiente se activan cambiando el valor de la entrada correspondiente del autómeta. Además llevan incorporada una pequeña lámpara que se enciende al activarse el sensor para así poder comprobar su estado a simple vista.



Figura V.10 Sensor Inductivo

Los sensores de proximidad por contacto REED tienen la conexión eléctrica (Figura V.11).

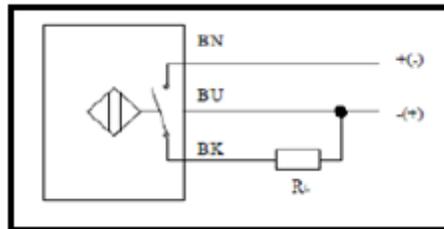


Figura V.11 Esquema eléctrico de un REED

5.2.2.2. Actuadores

- MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

El módulo cuenta con dos motores de corriente continua que unidos a un juego de engranajes generan el movimiento de la banda transportadora y de la pinza ubicada en módulo de transferencia. Los motores implementados cuentan con las siguientes especificaciones (Tabla V.IV).

MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA	
<i>Marca</i>	BRUSHLESS DC motor
<i>Serie</i>	BL5776 Series
<i>Voltaje</i>	24 VCD.
<i>Corriente con carga</i>	5 A
<i>Max. Eficiencia</i>	80%
<i>Max. Torque</i>	0.783 N m
<i>Max. Potencia</i>	186,74 W

Tabla V.IV Especificaciones Motor de corriente continua

- **MÚSCULO NEUMÁTICO**

El actuador más importante del sistema es el músculo neumático encargado del prensado de las piezas, Se a seleccionada este tipo de músculo en base a el cálculo de fuerza y carrera necesarias realizadas en el software MuscleSIM. Se seleccionada este tipo de actuador en lugar de un cilindro convencional ya que ofrece una fuerza inicial diez veces superior, no produce tirones, el accionamiento es sencillo mediante presión, actúa con gran rapidez y no posee fugas.



Figura V.12 Músculos neumáticos Festo

Las especificaciones del músculo (Tabla V.V).

MUSCULO NEUMÁTICO	
<i>Marca</i>	FESTO
<i>Modelo</i>	DMPS
<i>Funcionamiento</i>	Simple Efecto de tracción
<i>Fluido</i>	Aire comprimido filtrado.
<i>Presión trabajo</i>	0 bar – 6 bar
<i>Temperatura</i>	-5°C a 60°C
<i>Diámetro interior</i>	40 mm
<i>Longitud nominal</i>	60 - 9000 mm
<i>Fuerza teórica</i>	1500 N

Tabla V.V Especificaciones Músculo neumático

- **CILINDROS NEUMÁTICOS EXPULSORES**

Los cilindros neumáticos expulsosres consiste en cilindros de doble efecto, los cuales cumplen con la Norma ISO 6432, poseen un émbolo magnético par el control de su

posición, se suministra con tuerca de fijación y contratuerca del vástago. Son controlados por una electroválvula 5/2 monoestable con reposición por resorte. Para ajustar la velocidad de avance y retroceso se dispone de dos válvulas estranguladoras. Las especificaciones de los cilindros están en (Tabla V.VI).



Figura V.13 Cilindro neumático expulsor

CILINDRO NEUMÁTICO DOBLE EFECTO	
<i>Marca</i>	Airtac
<i>Serie</i>	RM/8000
<i>Fluido</i>	Aire comprimido filtrado.
<i>Presión trabajo</i>	1.5 bar – 10 bar
<i>Máxima Presión</i>	10 bar
<i>Temperatura</i>	-10°C a 80°C
<i>Diámetro cilindro</i>	20 mm
<i>Diámetro vástago</i>	8 mm
<i>Carrera</i>	50 mm

Tabla V.VI Especificaciones cilindro neumático

5.2.2.3. Elementos de mando y drivers

- VALVULAS DISTRIBUIDORAS 5/2

Las electroválvulas conmutan aire hacia el actuador neumático en función de la activación de la bobina piloto, cuando así lo disponga la lógica de programación.



Figura V.14 Válvula neumática 5/2 direccional

Las electroválvulas implementas cumplen con las siguientes características. (Tabla V.VII).

ELECTROVÁLVULA	
<i>Marca</i>	Airtac
<i>Serie</i>	4V300 Series
<i>Número de vías</i>	5 vías / 2 posiciones
<i>Tamaño orificio</i>	25 mm ²
<i>Fluido</i>	Aire comprimido filtrado.
<i>Accionamiento</i>	Solenoide
<i>Presión trabajo</i>	1.5 bar – 8 bar
<i>Máxima Presión</i>	10 bar
<i>Temperatura</i>	-5°C a 60°C
<i>Voltaje</i>	24 Vcd
<i>Protección</i>	IP65
<i>Tiempo de Respuesta</i>	0,05 seg
<i>Max ciclaje</i>	5 ciclos/seg

Tabla V.VII Especificaciones válvulas distribuidoras neumáticas

- MANIFOLDS PARA VÁLVULAS 5/2

Los manifolds permiten instalar un conjunto de válvulas facilitando el montaje al utilizar una única entrada, reduciendo así la cantidad de racores, mangueras y silenciadores.

Admiten combinar cualquier válvula solenoide serie 4V 5/2 o 5/3 y válvulas de piloto neumático serie 4^a para mayor versatilidad. La forma de colocación de la válvula con el manifold se puede observar en la siguiente figura.

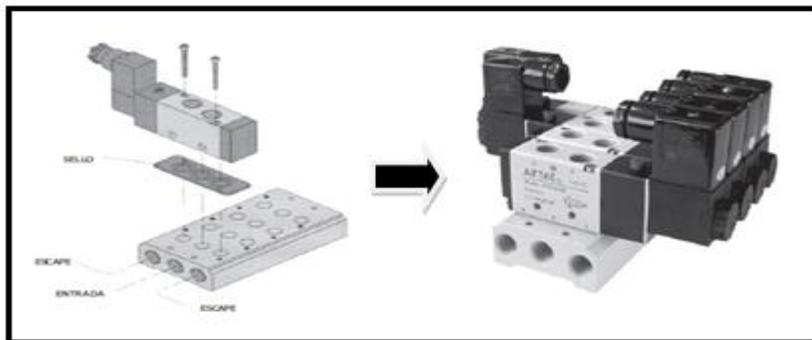


Figura V.15 Manifolds para válvulas direccionales

- VALVULA PROPORCIONAL REGULADORA DE CAUDAL

Este tipo especial de válvula es un regulador híbrido que combina un regulador de caudal y una válvula solenoide. Ofrece un control gradual a través de una señal eléctrica.



Figura V.16 Válvula proporcional reguladora de caudal

El un puerto puede ser usada mediante la combinación de una válvula electro neumática pilotada y el siguiente puerto como un regulador de alta capacidad.

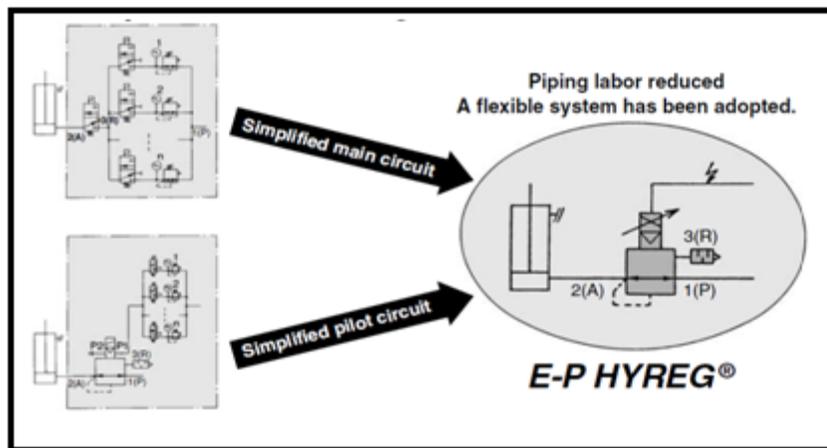


Figura V.17 Funcionamiento de válvula reguladora de Caudal

La válvula proporcional usada cumple con las siguientes características. (Tabla V.VIII).

ELECTROVÁLVULA PROPORCIONAL	
<i>Marca</i>	SMC E-P HYREG
<i>Serie</i>	VY 1100
<i>Tamaño orificio</i>	G 1/8
<i>Fluido</i>	Aire comprimido filtrado.
<i>Rango presión regulable</i>	0.05 MPa - 0.84 MPa
<i>Máxima Presión</i>	0.9 MPa
<i>Temperatura</i>	0C a 50°C
<i>Voltaje</i>	24 VDC
<i>Tipo de señal</i>	1 -5 VDC
<i>Tiempo de Respuesta</i>	30 ms

Tabla V.VIII Especificaciones válvulas reguladora

El tipo de regulación que ofrece la válvula. (Figura V.18)

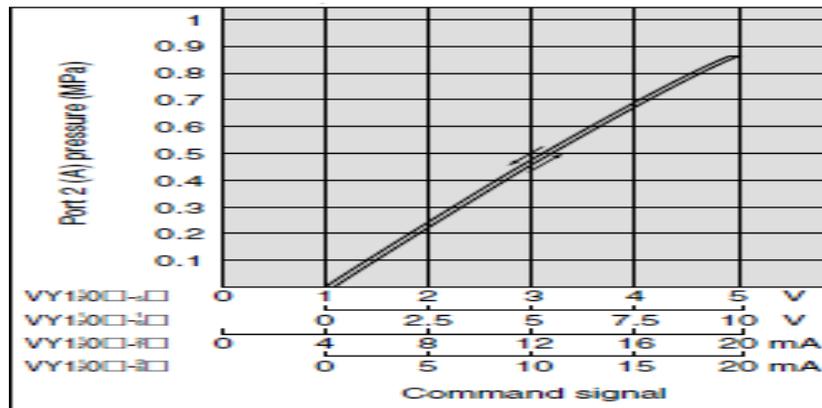


Figura V.18 Gráfica señal de control vs Porcentaje apertura

- UNIDAD DE MANTENIMIENTO

Consta de una unidad de filtración neumática y regulación de la presión, además dispone de una válvula de interrupción, aquí el filtro con separador de agua elimina la suciedad, arrastres de los tubos, óxido y condensados. La válvula reguladora de presión regula la alimentación de aire a la presión de funcionamiento y compensa las fluctuaciones de presión. El vaso del filtro tiene una válvula para drenar condensados. La unidad de mantenimiento implementada cumple con las siguientes características. (Tabla V.IX).

UNIDAD DE MANTENIMIENTO	
<i>Marca</i>	Airtac
<i>Serie</i>	GFC 1/8
<i>Remoción partículas</i>	50 micrones
<i>Fluido</i>	Aire comprimido
<i>Accionamiento</i>	Solenoide
<i>Presión trabajo</i>	1.5 bar – 9 bar
<i>Máxima Presión</i>	10 bar
<i>Temperatura</i>	-5°C a 60°C
<i>Tiempo de Respuesta</i>	0,05 seg
<i>Caudal</i>	750 lt/min
<i>Racor</i>	G 1/8

Tabla V.IX Especificaciones unidad de mantenimiento

5.2.3. Interfaces de entrada y salida de los sensores y PLC

CONSTRUCCIÓN

Los bornes ubicados en la tarjeta electrónica están dedicadas para 8 entradas y 8 salidas con sus respectivos indicadores led del estado, adicionalmente esta interfaz incluye bornes de distribución para dos voltajes de alimentación de 0 V y 24 V para los sensores, actuadores, tarjetas electrónicas, PLC, KTP600 mono y electroválvulas. El cuerpo o base se puede montar en perfiles DIN, donde queda sujeto mediante clips.

Todos los puntos de conexión y, también, la alimentación de corriente eléctrica, se encuentran en el conector DB-25 tipo hembra que mediante un cable DB-25 macho lleva las señales de los sensores y tarjetas electrónicas de manera cómoda, rápida, con una excelente presentación y simplicidad del cableado hacia donde se procesaran estas señales para lograr la automatización de la planta.

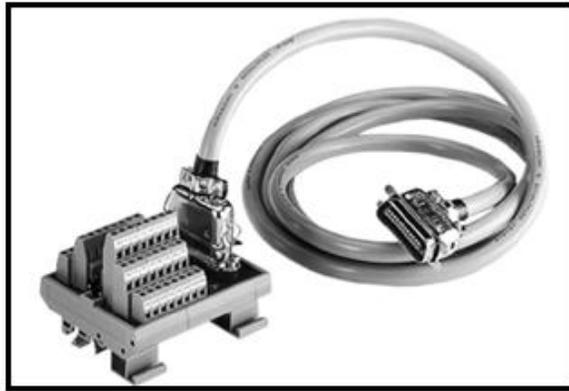


Figura V.19 Interfaz de entrada/Salida de señales al PLC

FUNCIONAMIENTO

El terminal E/S dispone de 8 entradas y 8 salidas, bornes distribución para 0V y para dos alimentaciones de 24V mediante bornes de conexión rápida. La indicación de estado está a cargo de 16 led que muestran el estado de conmutación de las E/S.

DATOS TÉCNICOS

PARTE ELÉCTRICA DE TERMINAL DE E/S	
<i>Cantidad de entradas con LED</i>	8
<i>Cantidad de salidas con LED</i>	8
<i>Cantidad de bornes de 0V total</i>	22
<i>Cantidad de bornes de 24V total</i>	12
<i>Conector</i>	Cable DB-25 macho-macho

Tabla V.X Datos técnicos de tarjetas de E/S señales al PLC

El diagrama y la especificación de los pines del conector que corresponden con cada borne. Cabe recalcar que la tarjeta electrónica admite conexiones de sensores de tipo PNP (de conexión a positivo).

DISEÑO DEL CIRCUITO.

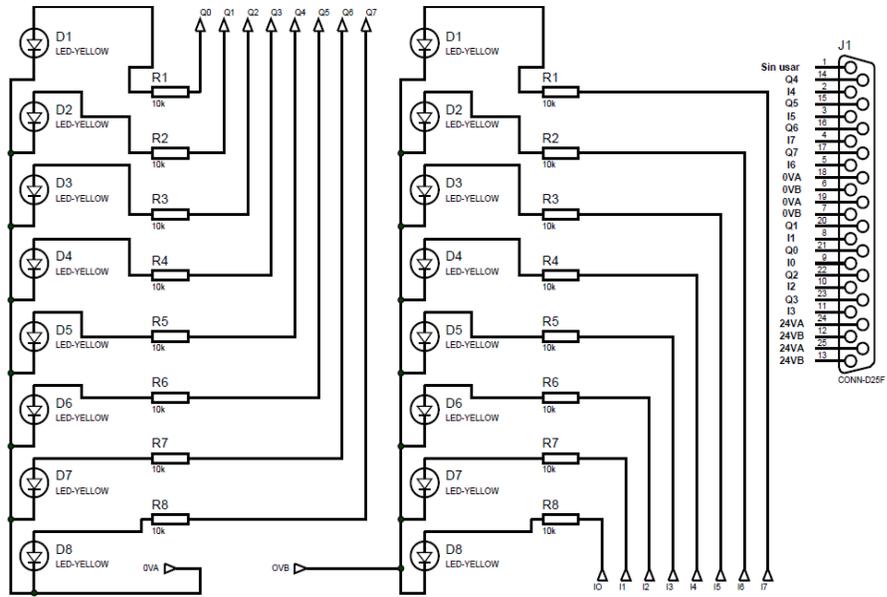


Figura V.20 Diseño del circuito de tarjetas de entrada/Salida de señales al PLC

DISEÑO DEL PCB

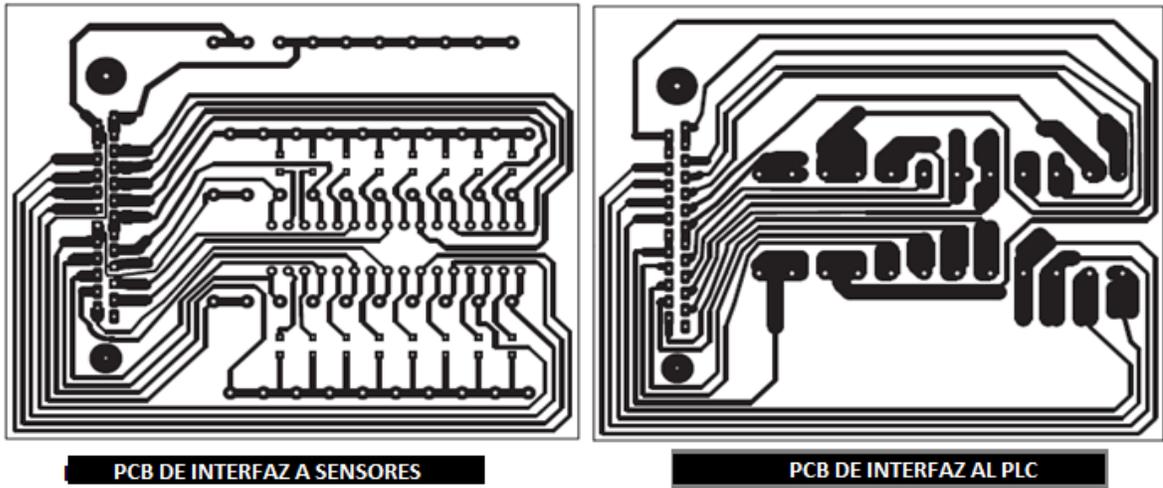


Figura V.21 Diseño del PCB de tarjetas de entrada/Salida de señales al PLC

5.2.4. Tarjeta de inversión de giro para motores CD

DESCRIPCIÓN.

La tarjeta de inversión de giro con control de velocidad consta de tres etapas principales que permiten que el motor tenga una acción de giro controlado por velocidad y sentido. La alimentación de la tarjeta es de 24 VCD así como también la inversión de giro se la hace por medio de dos entradas que funcionan también a 24 VCD.



Figura V.22 Etapas de diseño del circuito de inversión de giro y velocidad motor CD

ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE VOLTAJES

La tarjeta de control de velocidad consta de una primera etapa de acondicionamiento del voltaje de entrada por medio de un divisor de voltaje que permite que el diseño del circuito funcione con los voltajes nominales requeridos que ayuda a que los elementos del circuito no trabajen con sobre voltajes. (Figura V.23)

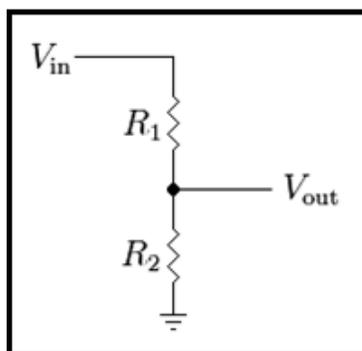


Figura V.23 Divisor de voltaje

ETAPA DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD

En esta etapa se logra obtener a la entrada del motor de corriente continua una entrada de PWM (Pulse-Width Modulation) que permite que el motor funcione por el tiempo que el pulso se mantenga en alto, es decir funciona en el transcurso del ancho de pulso lo que hace que reduzca o aumente la velocidad conservando el torque entregado por el eje del motor. Los pulsos son entregados por medio de un temporizador 555 que mediante la acción de otros dispositivos ayudan a la regulación de velocidad. (Figura V.24)

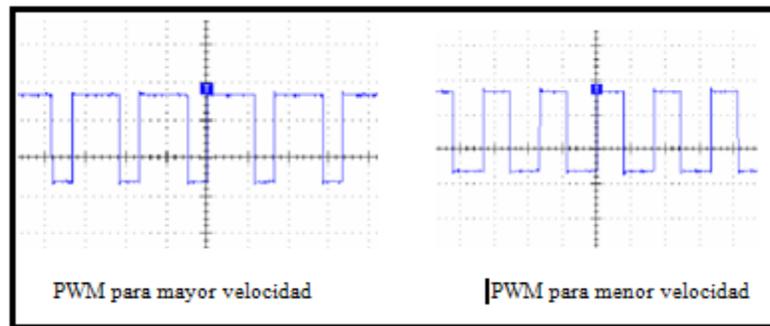


Figura V.24 Control de velocidad por ancho de pulso

ETAPA DE INVERSIÓN DE GIRO.

La etapa final es la que produce el cambio de giro del motor, gracias a la acción de dos swich electrónicos (transistor 2N3904) permiten pasar la señal PWM a la entrada del motor. La activación de los dos transistores se la hace por medio de las entradas de inversión de giro que se encuentran en la bornera de la tarjeta, estas entradas tienen que ser activadas de tres distintas formas para lograr los efectos de giro en sentido horario, giro en sentido anti horario y desactivación. (Tabla V.XI)

IN1	IN2	Motor
0	0	Motor desactivado
0	1	Giro en un sentido
1	0	Giro en el otro sentido
1	1	Entradas no validas

Tabla V.XI Combinación de Señales entrada para controlar giro

CIRCUITO CONTROL DE VELOCIDAD CON INVERSIÓN DE GIRO PARA MOTORES DC.

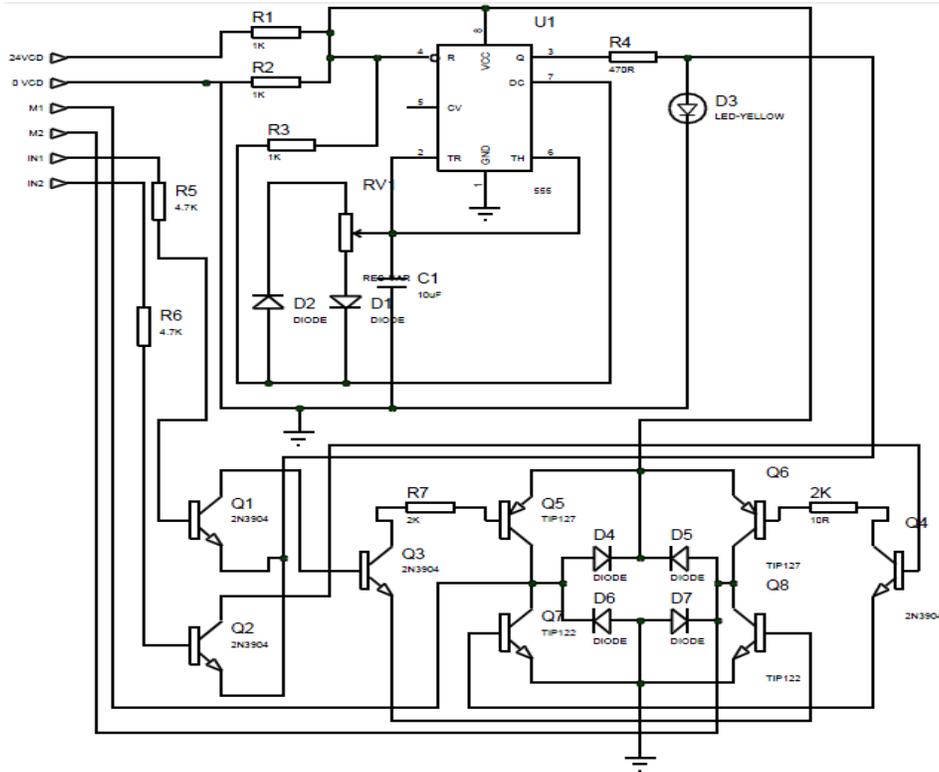


Figura V.25 Circuito esquemático, control de velocidad e inversión de giro motores dc.

PCB TARJETA INVERSIÓN DE GIRO CON CONTROL DE VELOCIDAD.

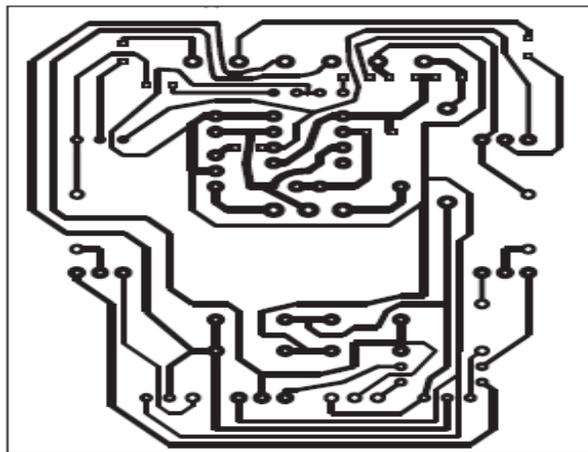


Figura V.26 PCB tarjeta inversión de giro con control de velocidad

5.2.5. Dimensionamiento del musculo neumático

Para la selección del músculo es importante conocer el ambiente donde va a trabajar, una vez especificadas las dimensiones del área de trabajo se hizo una selección bajo catalogo al proveedor de Festo Didactic adjuntando los requerimientos como diámetro, longitud nominal, tipo de conexión mecánica, aceleración, presión y qué tipo de conexión de presión (simple efecto).



Figura V.27 Pantalla de selección de músculo neumático

DETALLE

- Función: DMSP músculo neumático con conexión prensada
- Tamaño: 40mm, es el tamaño del diámetro del musculo neumático.
- N-Longitud nominal mm: 120mm, es la longitud medida en los extremos del musculo neumático.
- Primera conexión: RM de conexión radial, rosca exterior con conexión para presión.
- Segunda conexión: CM de conexión radial, cabeza de rotula sin conexión para presión.

En la vista de sección se puede apreciar la disposición de los materiales que componen el musculo neumático y el tipo de conexiones mecánicas y de presión.

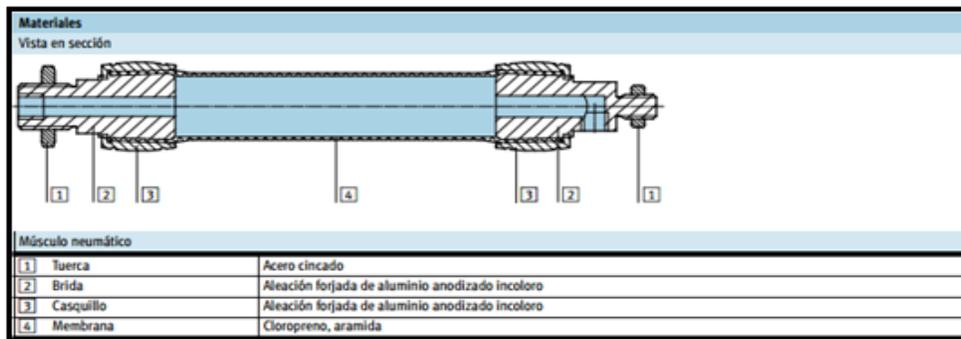


Figura V.28 Vista de componentes que incluye el músculo neumático

5.3. DISEÑO DE PARTE NEUMÁTICA

5.3.1. Descripción parte neumática

Uno de las partes necesarias para el funcionamiento del módulo, es el sistema neumático. Este sistema permite el funcionamiento de los diferentes elementos neumáticos de la estación de transferencia, estación de expulsión y estación de prensado con PID todo esto acompañado del bloque de distribución, las electroválvulas, válvula reguladora VY1100, cilindros neumáticos expulsores y músculo neumático simple efecto para la secuencia.

Se debe tener mucho cuidado al momento de realizar el montaje neumático, principalmente se debe tener en cuenta las distancias de la carrera de los actuadores neumáticos.

El sistema puede trabajar con presión de aire de hasta 100 PSI según las características de los elementos, para evitar daños se recomienda trabajar con 80 PSI de presión.

5.3.2. Esquema del sistema neumático

Para el proceso el sistema neumático se lo adecuó para que realice el movimiento de la mesa giratoria, expulsión de la pieza y el control de la cantidad de aire que suministra la válvula para regular la presión.

El sistema consta de los siguientes elementos. (Tabla V.XII).

SIMBOLOS ESQUEMA NEUMÁTICO	
DESIGNACIÓN	COMPONENTE
A	Actuador lineal de la mesa
B	Actuador lineal de expulsión
C	Actuador Músculo neumático
V6	Válvula proporcional
V1	Válvula de escape rápido
V2	Válvula estranguladora
V3	Válvula distribuidora
V4	Válvula estranguladora
V5	Válvula distribuidora
--	Unidad de mantenimiento
--	Fuente de aire comprimido

Tabla V.XII Tabla de símbolos del esquema del sistema neumático

El esquema completo de la parte neumática (Figura V.29).

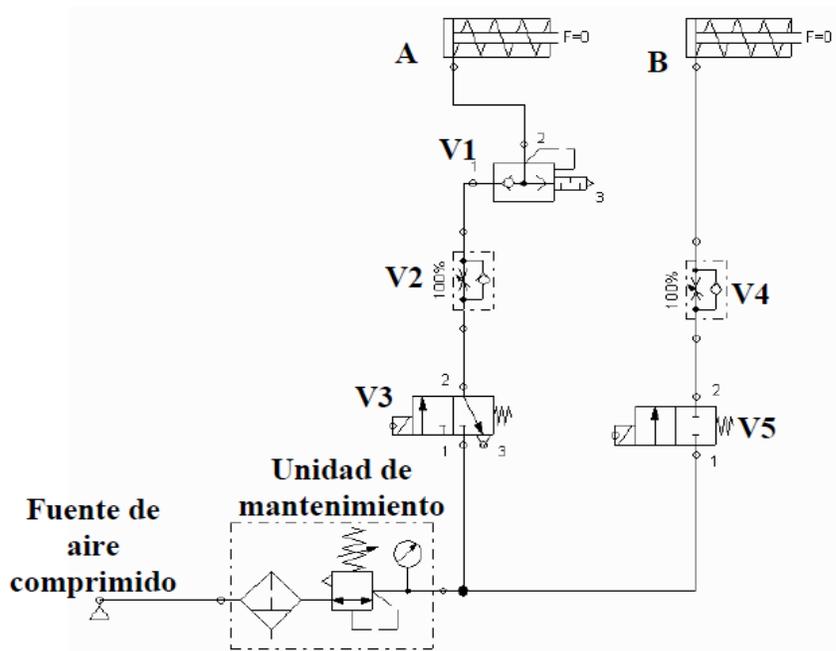


Figura V.29 Esquema de Sistema neumático

NOTA. Como la válvula proporcional y el músculo neumático no se encuentran en el software de simulación de FluidSIM procedemos solo a mencionarlos en la tabla.

5.4. DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE

5.4.1. PROGRAMACIÓN DEL PLC S7 – 1200

5.4.1.1. Descripción

La programación del S7-1200 se realizó con el software Simatic Step7 [14], que está especialmente diseñado para programar autómatas Siemens Simatic como es el caso. Este software soporta programación en los lenguajes KOP (contactos), FUP (funciones lógicas) y AWL (código de instrucciones). El lenguaje en que se desarrolló el proyecto fue en KOP.

Para realizar la programación del PLC, se analiza el funcionamiento de todas las etapas, sus tipos de señales a controlar y transiciones, haciendo que todas las operaciones del sistema trabajen autónomamente.

5.4.1.2. Señales de entrada/salida al PLC S7-1200

Para la programación e interpretación del sistema primeramente se recurre a la identificación de las entradas y salidas que se asignaran al PLC, su numeración y asignación de puerto y memorias, su tipo de señal y su función para realizar una respectiva conexión y poder desarrollar el programa de control en el software (Tabla V.XIII).

TABLA DE VARIABLES DEL PLC		
SEÑALES DE ENTRADA		
NOMBRE	SÍMBOLO	FUNCIÓN
Sensor óptico	I 0.0	Detecta presencia de pieza
Sensor inductivo 1	I 0.4	Detecta inserto en la pieza
Sensor inductivo 2	I 0.1	Cuenta pulsos rueda dentada
Sensor inductivo 3	I 0.6	Detecta pinza posición inicial
Sensor magnético cilindro lineal	I 0.2	Detecta pistón fuera de cilindro lineal
Sensor magnético cilindro expulsión	I 0.3	Detecta pistón fuera de cilindro de expulsión
Sensor Presión análogo	IW 64	Recibe señal de voltaje análogo de 1-5Vcd
SEÑALES DE SALIDA		
Motor banda avanza	Q 0.3	Activa tarjeta de motor de banda sentido avance
Motor banda retrocede	Q 0.2	Activa tarjeta de motor de banda sentido retroceso
Motor pinza izquierda	Q 0.4	Activa tarjeta de motor de pinza sentido anti horario
Motor pinza derecha	Q 0.5	Activa tarjeta de motor de pinza sentido horario
Válvula de Cilindro1	Q 0.0	Activa electroválvula para actuar cilindro lineal
Válvula de Cilindro2	Q 0.1	Activa electroválvula para actuar cilindro expulsión
Válvula Proporcional	QW 96	Entrega señal análoga de voltaje 1-5Vcd

Tabla V.XIII Tabla de señales de E/S del PLC s7-1200

5.4.1.3. Grafcet de operación del proceso

La secuencia de operación del sistema consiste en realizar un proceso a la vez, es decir cada etapa de operación activa la siguiente, trabajando una sola pieza hasta terminar su proceso. Por lo tanto esta secuencia es la que se programa en el PLC para el funcionamiento del Módulo. Una vez identificadas las señales de entradas y salidas, se aplica el método de programación Grafcet para determinar la secuencia de funcionamiento del módulo.

Se diseño Grafcet de primer nivel en su descripción funcional que da una visión esquemática y el de segundo nivel (Anexo4) en su descripción operativa la cual detalla la

5.4.1.4. Implementación de la secuencia en el Step 7.

Teniendo bien en claro las secuencias de trabajo y realizado el Graficet correspondiente, se realiza el paso a el lenguaje KOP Ladder el cual será cargado en el PLC que controle la secuencia autónomamente.

5.4.1.5. Implementación del PID en el Step 7.

El sensor analógico nos entrega señales 1-5V teniendo un rango de presión medida de 0-150 PSI. Esto quiere decir que el convertidor analógico de señales del PLC nos va a entregar una señal tipo entera del rango de (2890 a 13824) en la variable ENTRADA_PRESION. A este valor tenemos que realizarlo la normalización y el escalado para llevarlo a expresiones en PSI en la variable PRESION_REAL. (Figura V.29).



Figura V.31 Bloques de normalización y escalado de señal de sensor

De mismo la señal de control que recibe la válvula proporcional corresponde al rango de 1-5V razón por lo cual tenemos que aplicar el mismo principio pero ahora en el interior de el bloque tecnológico PID_Compact.

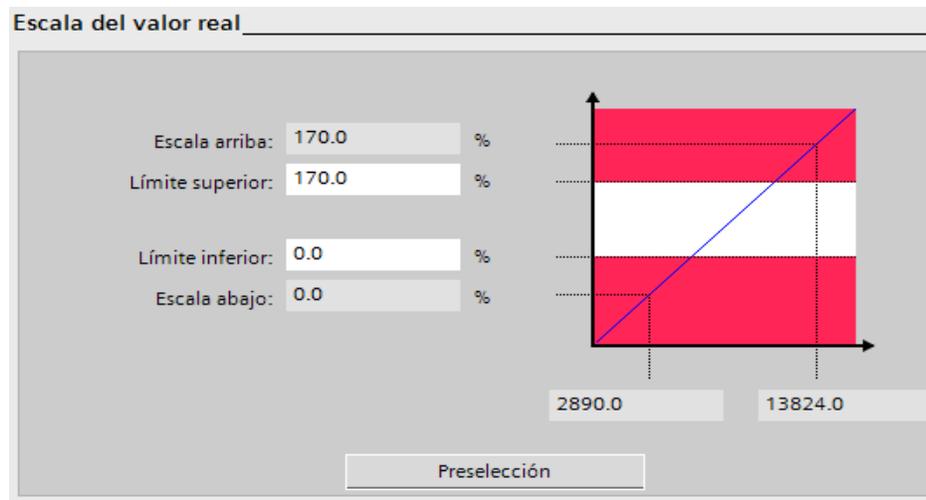


Figura V.32 Elección de escalas de variables de salida del PID_Compact
CONFIGURACIÓN DEL BLOQUE PID_COMPACT

Para configurar nuestro PID seleccionamos el tipo de regulación, la cual optamos por una de tipo general, elección del Set-point analizado para lograr determinada profundidad de prensado, valor real que viene a ser el valor normalizado y el valor manipulado la señal de salida por el puerto analógico.

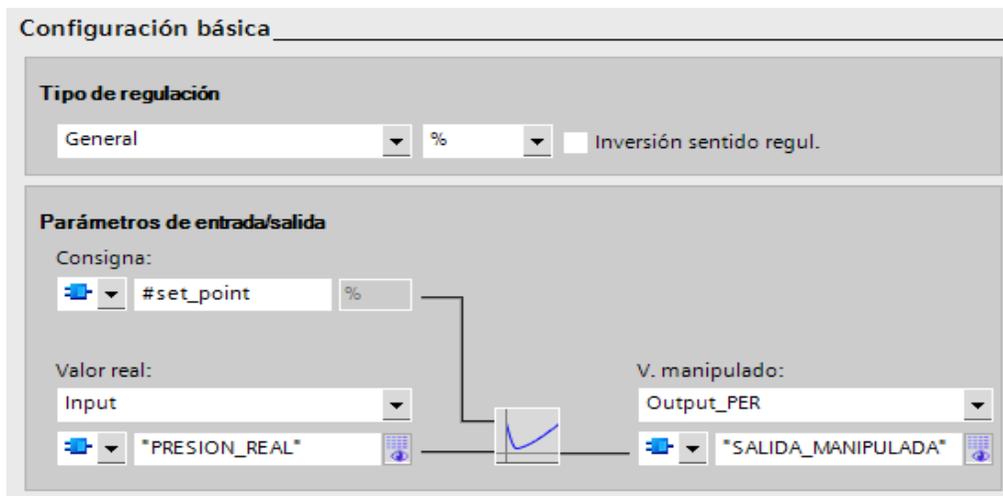


Figura V.33 Configuración del PID_Compact

CALCULO DEL SET-POINT PARA PROFUNDIDAD DE Prensado

Mediante pruebas experimentales realizados con el sensor de precisión PANTEC (Sensor de Precisión para medir posicionamientos precisos, Anexo 3), se tomo medidas de la profundidad de prensado en función de la presión suministrada a el músculo. (Tabla V.IV)

Profundidad [cm]	Presión [Psi]
0	20
0.2	30
0.4	40
0.6	50
0.8	60
1	70
1.2	80
1.5	90
1.7	100

Tabla V.XIV Profundidad Vs Presión en el músculo

Donde se obtuvo la siguiente gráfica para su posterior análisis y deducción de la Ecuación:

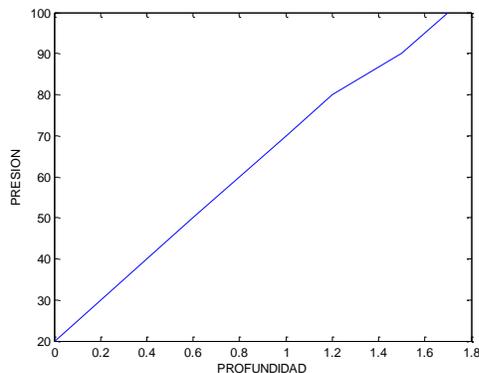


Figura V.34 Gráfica Presión Vs Profundidad

Método de Cálculo de la Ecuación mediante Lagrange

Programa realizado en Matlab a través del método de interpolación de Lagrange en donde la función obtenida es el polinomio que interpola un conjunto de puntos dados en la forma de Lagrange.

```

clear all;
clc;
fprintf('Interpolacion con el Metodo del Polinomio de Lagrange\n\n');
X=input('Deme los valores de Profundidad: ');
Y=input('Deme los valores de Presion: ');
plot(X,Y);
ylabel('PRESION');
xlabel('PROFUNDIDAD');
n=length(X);
p=0;
    syms x;
    for i=1:n
        L=1;
        for j=1:n
            if i~=j
                L=L*(x-X(j))/(X(i)-X(j));
            end
        end
        p=p+L*Y(i);
        %p=simplify(p);
    end
    p=simplify(p);
    fprintf('\n');
    fprintf('f(x)= ');disp(p);
    fprintf('\n');

```

Figura V.35 Código en Matlab para deducir la Ecuación de comportamiento

Se obtuvo la siguiente Ecuación:

$$\begin{aligned}
 Y = f(x) = & (20000000*x^8)/196911 - (64000000*x^7)/106029 + (286400000*x^6)/196911 - \\
 & (361600000*x^5)/196911 + (256928000*x^4)/196911 - (101862400*x^3)/196911 + \\
 & (762880*x^2)/7293 + (6408370*x)/153153 + 20
 \end{aligned}$$

Donde X son los valores de la profundidad que deseamos e ingresamos en la pantalla táctil local o en el HMI del sistema Scada y Y=f(x) son los valores de presión que le corresponden y que ingresan al bloque PID_Compact. Gracias a esta analogía ya podemos introducir como valor de setpoint el dato de la profundidad para regular la profundidad de prensado.

PUESTA EN MARCHA DE PID_COMPACT

Después de haber cargado el programa completo en el PLC, procedemos a establecer la conexión online para configurar los parámetros del PID (Figura V.36)

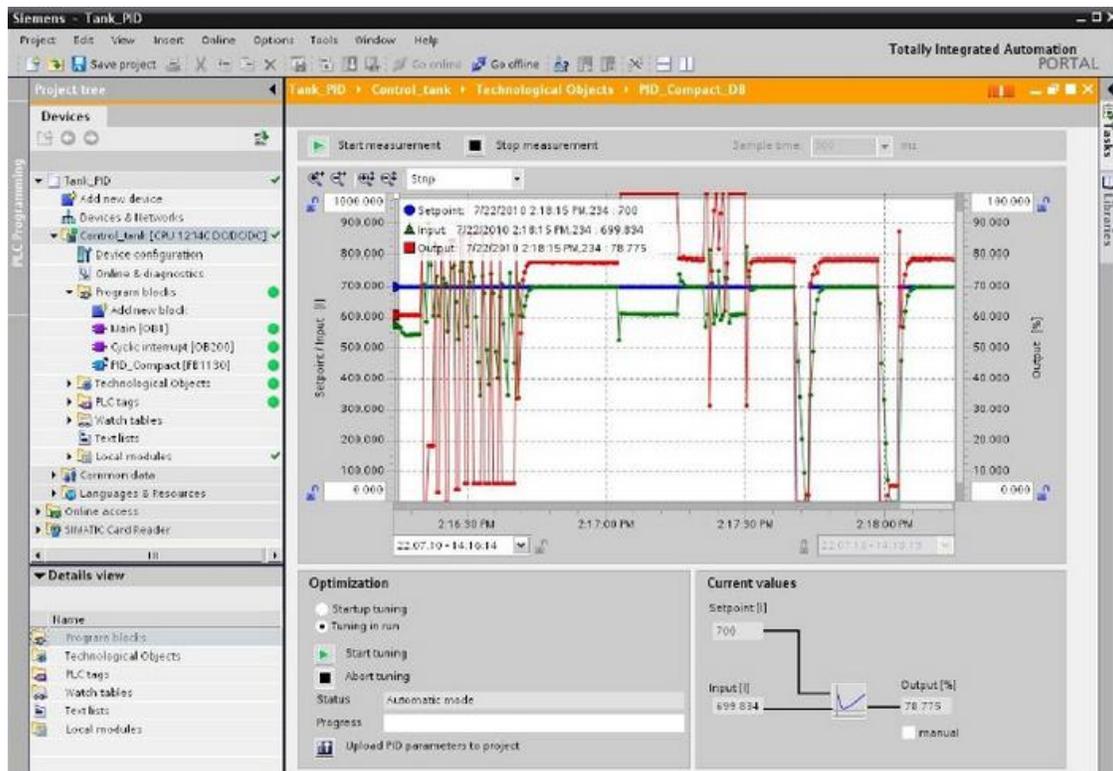


Figura V.36 Establecimiento de parámetros de PID

Los parámetros de PID los calcula el mismo PLC tomando datos de sus entradas y salidas y realizando la mejor optimización. Después de terminado el proceso y si no han surgido errores procedemos al guardado de los parámetros en la memoria el autómeta.

5.4.2. PROGRAMACIÓN PANEL KTP 600 PN

La programación de la pantalla KTP 600 PN se la realizó en mismo TIA PORTAL ya que como vimos anteriormente es un sistema completo de programación y puesta a punto de controladores y pantallas HMI. Para incorporar el panel al proyecto se procede a dar click en agregar nuevo dispositivo en el área de dispositivos y a continuación aparece un cuadro de diálogo que nos permite seleccionar el tipo de panel Simatic, procedemos a seleccionar panel KTP 600 PN (Figura V.37)

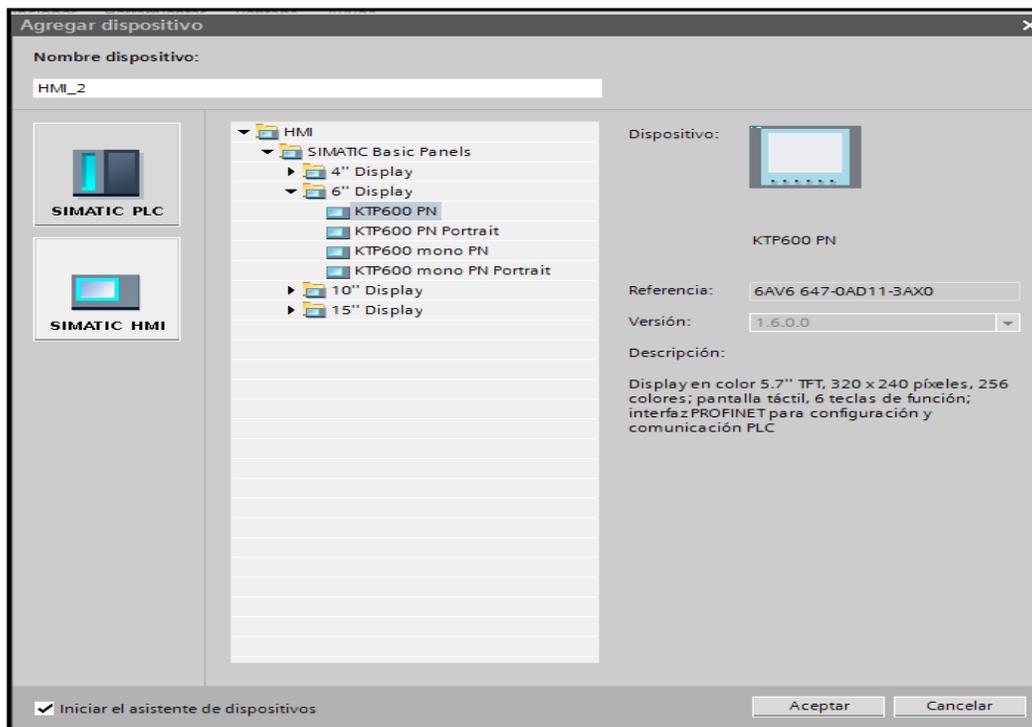


Figura V.37 Inserción de panel KTP 600 PN en el proyecto

Seguidamente nos aparece el Asiste de configuración del panel de operador (Figura V.38), donde debemos primeramente establecer la conexión con el controlador, posteriormente rellenar campos los cuales posteriormente serán modificados.

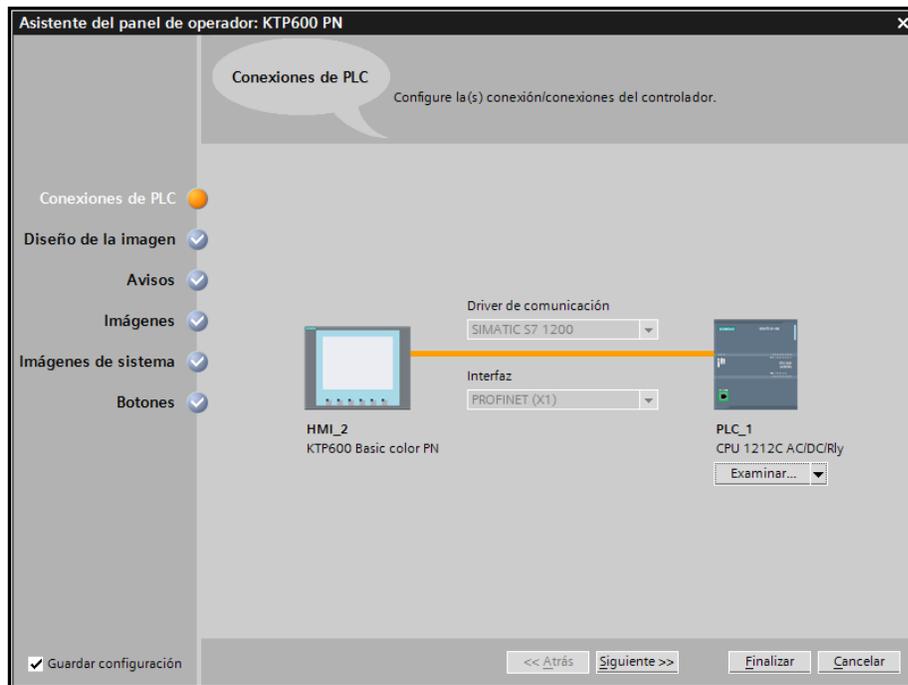


Figura V.38 Establecimiento de la conexión entre panel y PLC s7-1200

Ahora el panel se encuentra listo para ingresar botone, gráficos, imágenes de que controlen nuestro proceso. Por lo tanto las variables HMI usadas son las mismas variables que fueron creadas en el dispositivo s7-1200, (Figura V.39). Las imágenes que se mostrarán depende en todo momento en la etapa que encuentre ejecutando en todo momento, es decir la activación/desactivación de determinadas pantallas depende de la transición o activación de etapa en el controlador.

modulo musculo neumático ▶ HMI_1 ▶ Variables HMI					
Variables HMI					
	Nombre ▲	Conexión	Tipo de datos	Variable PLC	Dirección
	contaje_ida	Conexión H... ..	Int	contaje_ida	<acceso simbólico
	inductivo1	Conexión HMI_1	Bool	inductivo1	<acceso simbólico
	inductivo2	Conexión HMI_1	Bool	inductivo2	<acceso simbólico
	Iniciar_banda_transpotadora	Conexión HMI_1	Bool	Iniciar_banda_transpotadora	<acceso simbólico
	Número_imagen_variable	<Variable interna>	UShort		
	optico	Conexión HMI_1	Bool	optico	<acceso simbólico
	Para_banda_mover_pinza	Conexión HMI_1	Bool	para_banda3_mover_pinza	<acceso simbólico
	Para_banda2	Conexión HMI_1	Bool	para_banda2	<acceso simbólico
	parar_sistema	Conexión HMI_1	Bool	parar_sistema	<acceso simbólico
	paro_pinza_mitad	Conexión HMI_1	Bool	paro_pinza_mitad	<acceso simbólico
	pieza_completa	Conexión HMI_1	Bool	pieza_completa	<acceso simbólico
	pieza_incompleta	Conexión HMI_1	Bool	pieza_incompleta	<acceso simbólico
	Prensado_completo	Conexión HMI_1	Bool	Prensado_completo	<acceso simbólico
	Prensado_medio	Conexión HMI_1	Bool	Prensado_medio	<acceso simbólico
	prueba_avanza_banda	Conexión HMI_1	Bool	prueba_avanza_banda	<acceso simbólico
	prueba_derecha_pinza	Conexión HMI_1	Bool	prueba_derecha_pinza	<acceso simbólico
	prueba_izq_pinza	Conexión HMI_1	Bool	prueba_izq_pinza	<acceso simbólico
	prueba_retrocede_banda	Conexión HMI_1	Bool	prueba_retrocede_banda	<acceso simbólico
	Set_point_Prueba_valvul	Conexión HMI_1	Int	Set_point_Prueba_valvul	<acceso simbólico
	Sin_prensar	Conexión HMI_1	Bool	Sin_prensar	<acceso simbólico

Figura V.39 Variables de la pantalla HMI local

Pantallas de KTP 600 PN

- Pantalla de Inicio o habilitación del módulo completo. El botón HABILITAR SISTEMA habilita todas las funciones y etapas del proceso, y direcciona hacia la pantalla de inicio de proceso o de la banda transportadora.

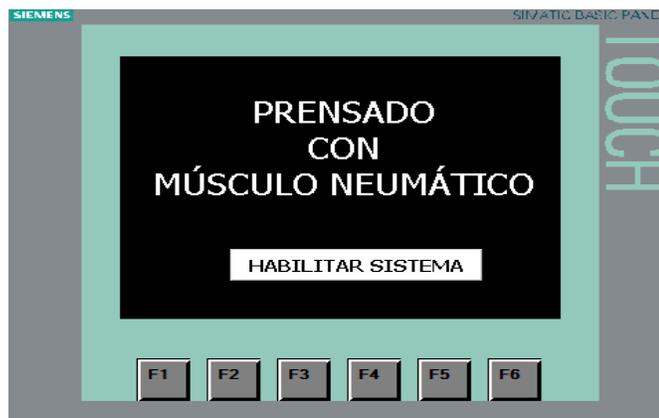


Figura V.40 Pantalla de inicio panel KTP 600 PN

- Pantalla de banda transportadora, se activa únicamente cuando la pieza se encuentre en la banda transportadora, posee indicadores para los sensores de selección, botones para pantallas de prueba de actuadores, parámetros del PID y muestra en tiempo real si la pieza está completa o incompleta.



Figura V.41 Pantalla de datos de la banda transportadora en panel KTP 600 PN

- Pantalla de mesa giratoria, aparece esta pantalla seguidamente de haberse ejecutado la etapa de selección en la banda transportadora cuando la pieza se encuentre en el módulo de transferencia giratorio, tiene indicadores que nos muestra la posición actual de la pieza.



Figura V.42 Pantalla de datos de la mesa giratoria en panel KTP 600 PN

- La pantalla de prensado aparece cuando se detiene en la etapa de prensado, tenemos indicadores de la fuerza que está aplicando el músculo neumático, la presión en su interior y el valor de la profundidad, así como el tiempo que se ejecutará el prensado.



Figura V.43 Pantalla de datos del prensado en panel KTP 600 PN

- Para iniciar con el proceso en la pantalla de la banda transportadora tenemos el botón de parámetros del PID, éste nos permite a nosotros establecer datos de consigna tales como la profundidad a la que queremos prensar, fuerza a aplicar y el tiempo de prensado.



Figura V.44 Pantalla de parámetros PID en panel KTP 600 PN

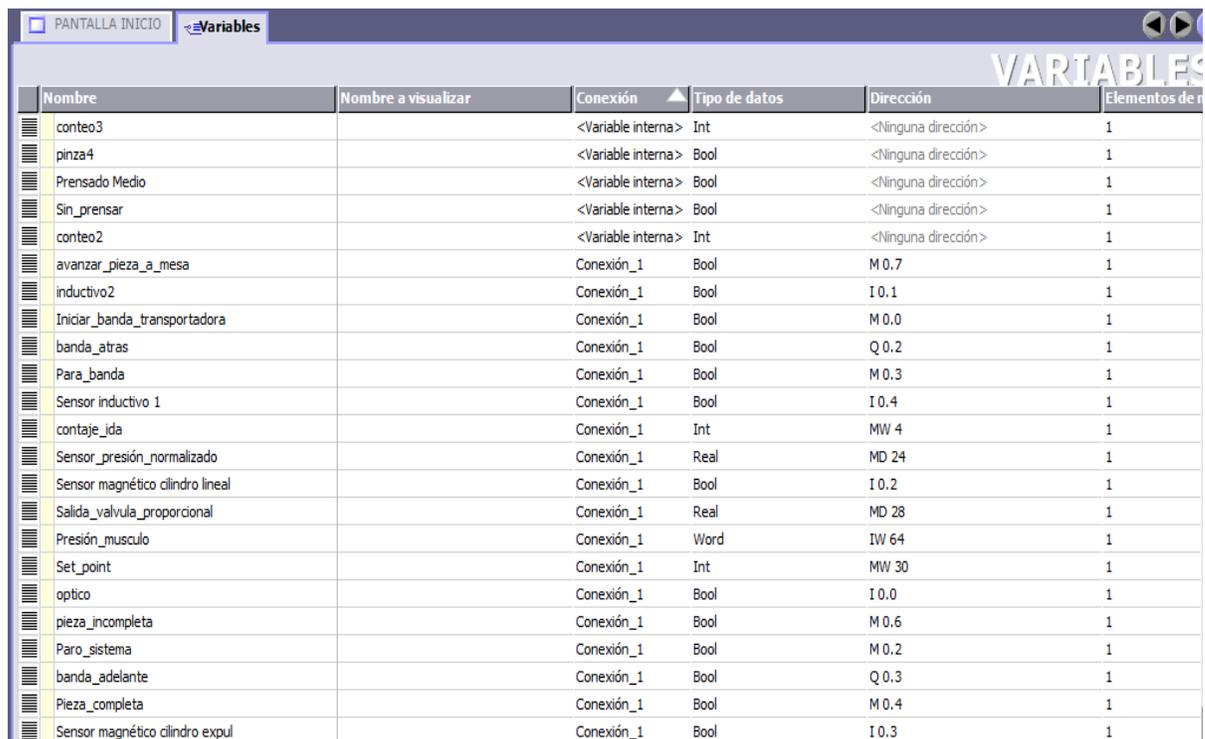
5.4.3. APLICACIÓN SCADA WINCC

Una vez realizada la programación del equipo S7-1200, la programación del panel de operador local KTP-600 PN se va a proceder a la realización de la aplicación SCADA. Para este fin, se ha utilizado el software WinCC Flexible 2008 perteneciente a Siemens.

El desarrollo de la aplicación se ha hecho teniendo en cuenta la gran mayoría de las características de proceso real. De este modo se aprovecha al máximo las características de los sistemas Scada haciendo que el parecido entre lo virtual y lo real.

5.4.3.1. Tabla de variables.

A continuación se va a mostrar la tabla de variables utilizada en WinCC Flexible 2008. No es necesario que las variables tengan la misma denominación pero lo recomendable es que sí para evitar confusiones y asignaciones erróneas.



Nombre	Nombre a visualizar	Conexión	Tipo de datos	Dirección	Elementos de r
conteo3		<Variable interna >	Int	<Ninguna dirección >	1
pinza4		<Variable interna >	Bool	<Ninguna dirección >	1
Prensado Medio		<Variable interna >	Bool	<Ninguna dirección >	1
Sin_prensar		<Variable interna >	Bool	<Ninguna dirección >	1
conteo2		<Variable interna >	Int	<Ninguna dirección >	1
avanzar_pieza_a_mesa		Conexión_1	Bool	M 0.7	1
inductivo2		Conexión_1	Bool	I 0.1	1
Iniciar_banda_transportadora		Conexión_1	Bool	M 0.0	1
banda_atras		Conexión_1	Bool	Q 0.2	1
Para_banda		Conexión_1	Bool	M 0.3	1
Sensor inductivo 1		Conexión_1	Bool	I 0.4	1
contaje_ida		Conexión_1	Int	MW 4	1
Sensor presión normalizado		Conexión_1	Real	MD 24	1
Sensor magnético cilindro lineal		Conexión_1	Bool	I 0.2	1
Salida_valvula_proporcional		Conexión_1	Real	MD 28	1
Presión_musculo		Conexión_1	Word	IW 64	1
Set_point		Conexión_1	Int	MW 30	1
optico		Conexión_1	Bool	I 0.0	1
pieza_incompleta		Conexión_1	Bool	M 0.6	1
Paro_sistema		Conexión_1	Bool	M 0.2	1
banda_adelante		Conexión_1	Bool	Q 0.3	1
Pieza_completa		Conexión_1	Bool	M 0.4	1
Sensor magnético cilindro expul		Conexión_1	Bool	I 0.3	1

Figura V.45 Tabla de variables usadas en WinCC

Para una correcta comunicación entre el autómatas S7-1200 y el Scada WinCC Runtime 2008 debemos tener establecida la conexión. En este caso la denominación es Conexión_1 la cual es una conexión usando driver para el autómatas s7-300 / s7-400 que es compatible con autómatas de la gamma S7-1200 con el que estamos trabajando.

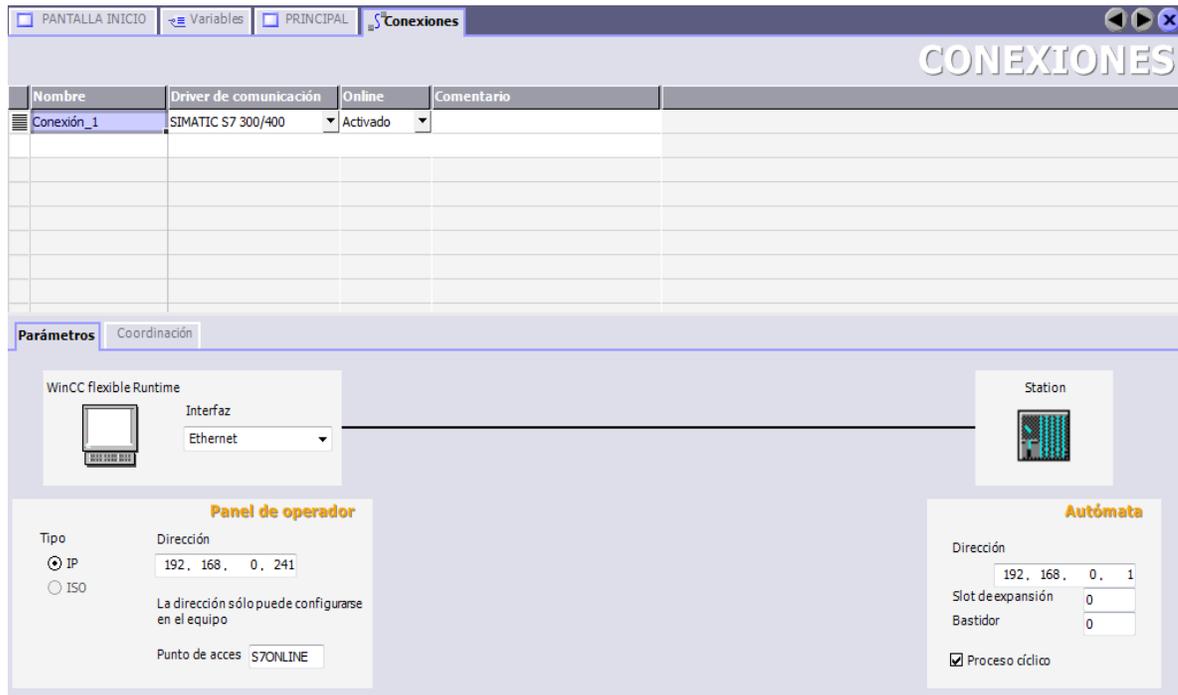


Figura V.46 Establecimiento de la conexión entre autómatas y WinCC

Los parámetros de esta conexión como la interfaz de comunicación, las direcciones IP y los puertos de acceso deben coincidir con las programadas en STEP 7, como se puede ver en el Capítulo IV *Conexiones*. El diseño de cada una de las pantallas y su función son detalladas a continuación.

5.4.3.2. Pantallas

a) Pantalla de Inicio

Esta pantalla se compone de una imagen con información acerca del funcionamiento del sistema, descripción del módulo y un botón llamada Aceptar. El cual al ser pulsado permite ingresar el Usuario y el Password. De ser correcto el programa direcciona hacia la pantalla principal donde se tiene una imagen virtual del proceso.



Figura V.47 Pantalla de Inicio de Scada WinCC

b) Pantalla Principal

La pantalla principal cuenta con toda la imagen del proceso, esta se reproduce dinámicamente en función de las activación/desactivación de los dispositivos en el módulo real y en función de cada etapa de la secuencia de programación.

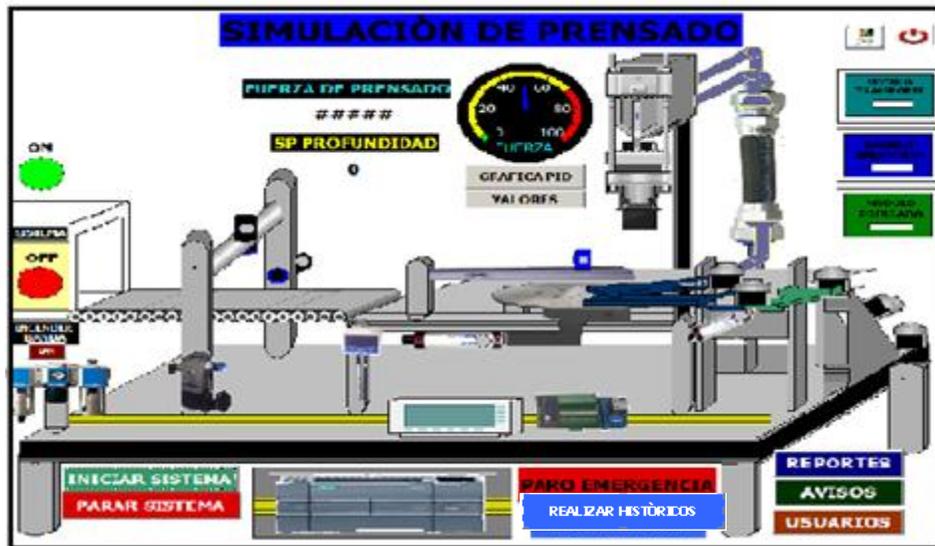


Figura V.48 Pantalla Principal de Scada WinCC

La pantalla principal consta de:

- **Panel de control.-** El panel de control como en un sistema real se compone de un pulsador de marcha, un interruptor manual-automático, un interruptor de emergencia y 2 lámparas (verde y roja).
- **Tipo de pieza.-** En el área inmediatamente superior al panel de operador se han creado 2 mensajes que indican que tipo de pieza está situada en la plataforma porta piezas. Para ello se han creado tres nuevas variables: PIEZA_COMPLETA, P_INCOMPLETA. De este modo al colocar una pieza en porta-pieza aparecerá uno de los mensajes que indicara el tipo de pieza.
- **Etapa del proceso.-** En el área superior derecha se tiene tres indicadores los cuales indican en que parte del proceso se encuentra la pieza. De este modo se encenderá uno a la vez el indicar correspondiente.



Figura V.49 Indicadores de etapa del proceso

- **Control de valores de Consigna para prensado.-** En dos cuadros que aparecen tras pulsar los botones de Grafica PID y Valores se tiene la gráfica de evolución del prensado y los cuadros de entrada y seteo de valores de consigna para la cantidad de prensado.

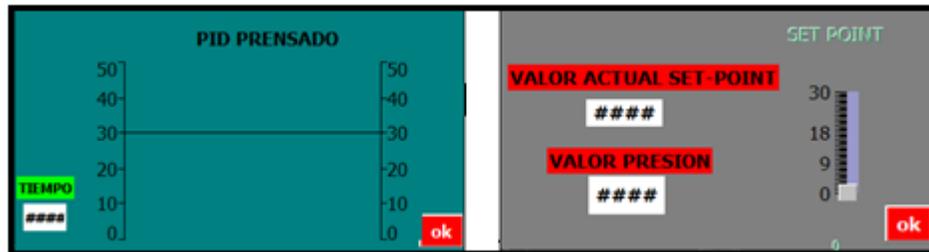


Figura V.50 Cuadros de dialogo para establecer valores PID

- **Botones de Anexos del Scada.-** El sistema Scada como dijimos es actuar como un sistema completo donde consta de funciones de acceso a base de datos para realizar reportes, avisos del sistema o del mismo proceso, visualización y dada de alta de usuarios, botones de inicio y fin de sesión y salida del modo Runtime.



Figura V.51 Botones de acceso a reportes, avisos, usuarios.

c) Pantalla de reportes

En esta pantalla se ha incluido un objeto Active X, de Microsoft Excel con la finalidad de poder visualizar los datos históricos generados. Posee un cuadro de texto donde se ingresa la fecha la cual se desea consultar y posteriormente se despliega toda la información de la fecha indicada que se encuentra guardada en la base de datos.

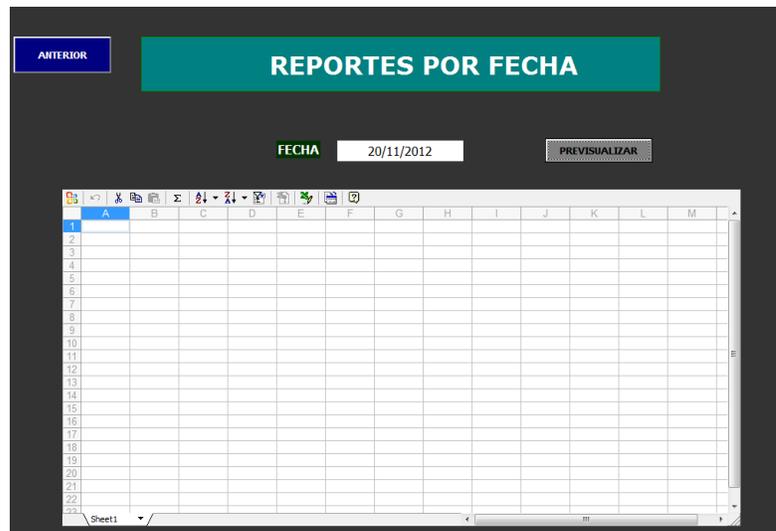


Figura V.52 Pantalla de Reportes por fecha

d) Pantalla de Usuarios

En esta pantalla se encuentra una tabla propia de el programa donde se muestra todos los usuarios del Runtime, además se está en la capacidad de cambiar contraseñas, nombre de usuarios, dar de alta o baja o determinado usuarios, todo esto en Runtime.

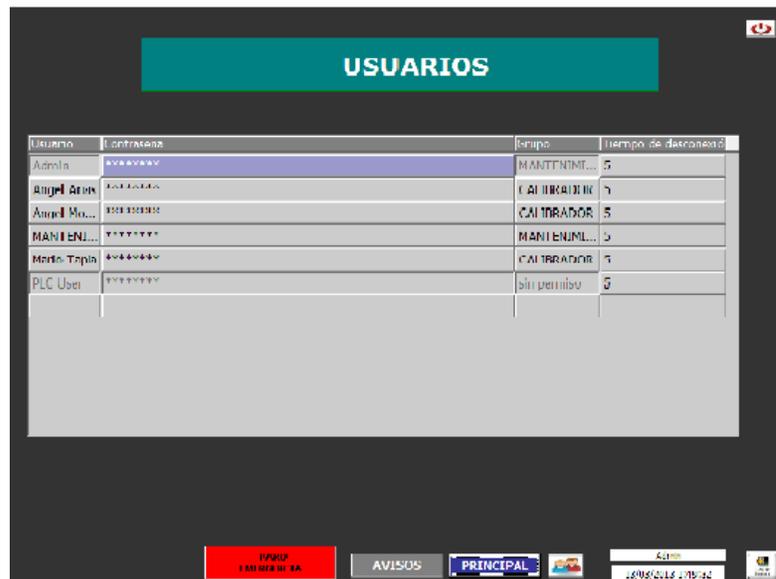


Figura V.53 Pantalla de visualización de usuarios en Runtime

5.4.3.3. Realización de datos históricos

Para el guardado de los datos de prensado de cada pieza, se procede a diseñar en SQL SERVER 2005 una base de datos la cual contendrá una tabla con los siguientes campos:

- Número de pieza
- Tipo de prensado
- Profundidad de prensado
- Fuerza de prensado
- Fecha

Con el fin de poseer un registro histórico se añadió al Scada la posibilidad de guardar datos del proceso periódicamente, después de terminar el prensado de cada pieza, para lo cual se hizo uso de las funciones de Script propias del WinCC.

Para insertar el Script que guardará los datos periódicamente, nos dirigimos hacia el árbol del Proyecto, y en nuestro Panel de Operador nos dirigimos hacia Scripts seleccionando Agregar Script. (Figura V.54).

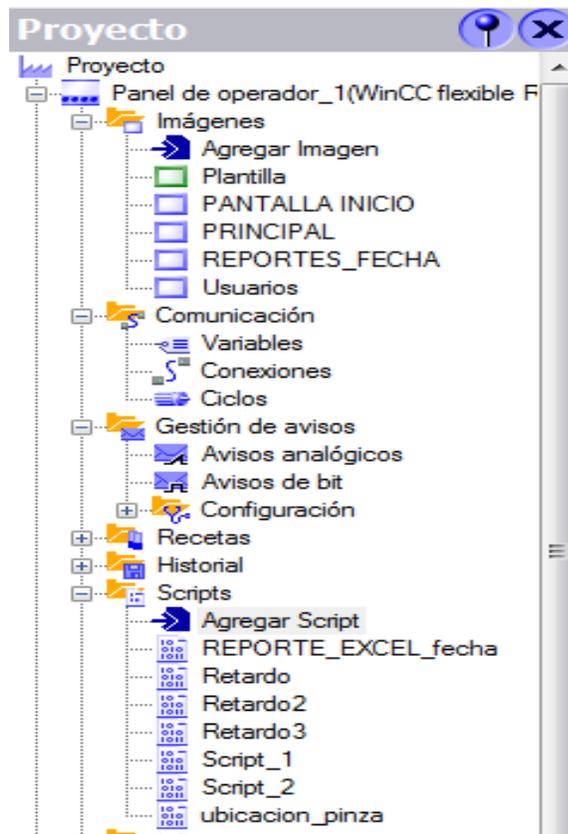


Figura V.54 Selección de la función Script para generar código de históricos

Para la generación automática de históricos, una vez que la pieza a terminado y a sido expulsada se activa el contacto (Histórico) en el PLC s7-1200, el cual se lo añade en las variables de WinCC y en el evento ante un cambio de valor se ejecuta el siguiente Script. (Figura V.55)

```

Sub Script_2( )
1 Dim conn, rst, SQL_Table, OBSERVACION, PRENSADO, valor, valor2
2 On Error Resume Next
3 Set conn = CreateObject("ADODB.Connection")
4 Set rst = CreateObject("ADODB.Recordset")
5 conn.Open "Provider=MSDASQL;Initial Catalog=PIEZA" & _
6           ";DSN=PIEZA1"
7 Select Case SmartTags("BD NIVEL PRENSADO")
8     Case 100
9         PRENSADO="BAJO"
10    Case 200
11        PRENSADO="MEDIO"
12    Case 300
13        PRENSADO="COMPLETO"
14 End Select
15
16
17 valor2 = Join( Split(VARIACION PROFUNDIDAD, ","), ".")
18 SQL_Table = "INSERT INTO CALIBRACION VALUES ('& NUM &', '& PRENSADO & _
19           '& valor2 &', '& valor2 &', '& Date() & ''')"
20 Set rst = conn.Execute(SQL_Table)
21
22 If Err.Number <> 0 Then
23     ShowSystemAlarm "Error #" & Err.Number & " " & Err.Description
24     Err.Clear
25     Exit Sub
26 End If
27 ShowSystemAlarm "ENSAMBLAJE DE PIEZA INGRESADA!"
28 rst.close
29 conn.close
30 Set rst = Nothing
31 Set conn = Nothing

```

Figura V.55 Script generado para guardar históricos

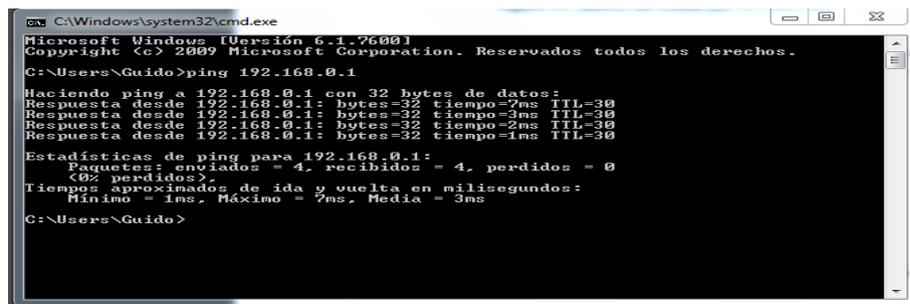
CAPITULO VI

RESULTADOS

6.1 Análisis de la comunicación entre dispositivos de control

Para la comprobación de toda la comunicación y sincronización de los dispositivos se realizar la verificación de las conexiones de red con el comando ping, de esta manera se verificar el estado de la conexión del host local con uno o varios equipos remotos en la red. Primeramente accedemos al computador donde reside el programa Scada WinCC Runtime, nos dirigimos a Inicio y buscamos Ejecutar.

El primer comando ping que realizamos es hacia la dirección de la pantalla KTP 600 PN, para lo cual escribimos ping 192.168.0.2, se nos abre el símbolo de pantalla y nos muestra que la comunicación está levantada.



```
CA\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
C:\Users\Guido>ping 192.168.0.1
Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=7ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=3ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos)
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 7ms, Media = 3ms
C:\Users\Guido>
```

Figura VI.1 Ping hacia panel de Operador KTP 600 PN

El siguiente comando ping que realizamos es hacia la dirección de la pantalla KTP 600 PN, para lo cual escribimos ping 192.168.0.1, se nos abre el símbolo de pantalla y nos muestra que la comunicación está levantada.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\Guido>ping 192.168.0.2

Haciendo ping a 192.168.0.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30

Estadísticas de ping para 192.168.0.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
            (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
            Mínimo = 1ms, Máximo = 4ms, Media = 1ms

C:\Users\Guido>
  
```

Figura VI.2 Ping hacia dirección de S7-1200

6.2 Prueba de PID de músculo neumático

Como se mencionó anteriormente en el capítulo 5 una vez realizada la puesta en marcha del PID se realizó la carga de los parámetros definitivos y posteriormente las pruebas con diferentes tipos de set-point dándonos la siguiente gráfica:

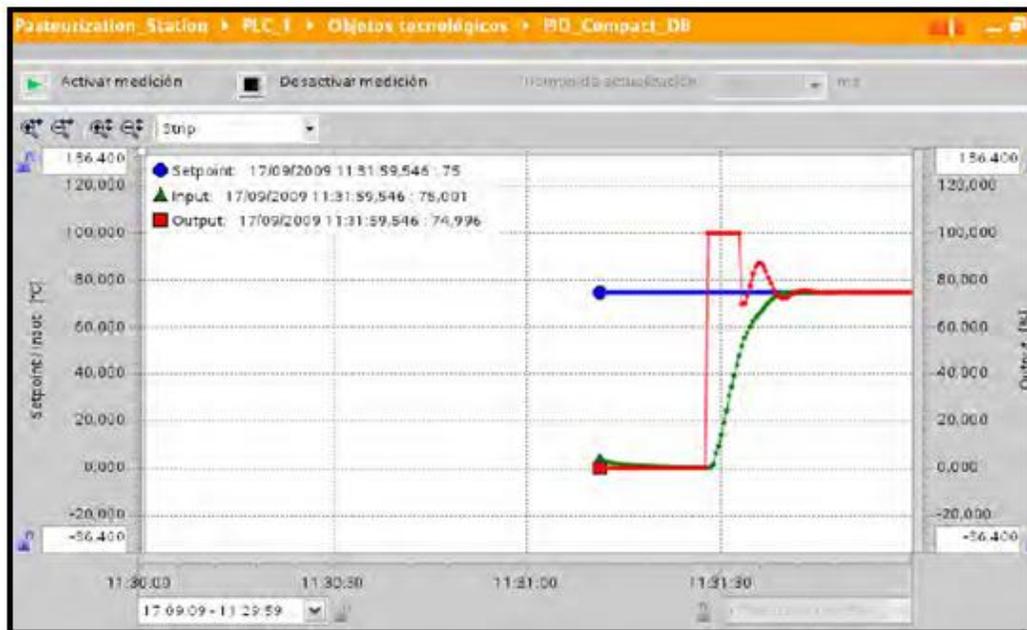


Figura VI.3 Gráfica de PID

Vemos que la variable del proceso con línea verde se estabiliza casi instantáneamente con el valor del Set-Point con línea azul. Posteriormente ingresamos al el bloque PID_Compact dándole click derecho en Propiedades y nos ubicamos en Opciones avanzadas, ahí podemos ver los parámetros PID que se han alcanzado después de la optimización por el método de oscilaciones sostenidas.

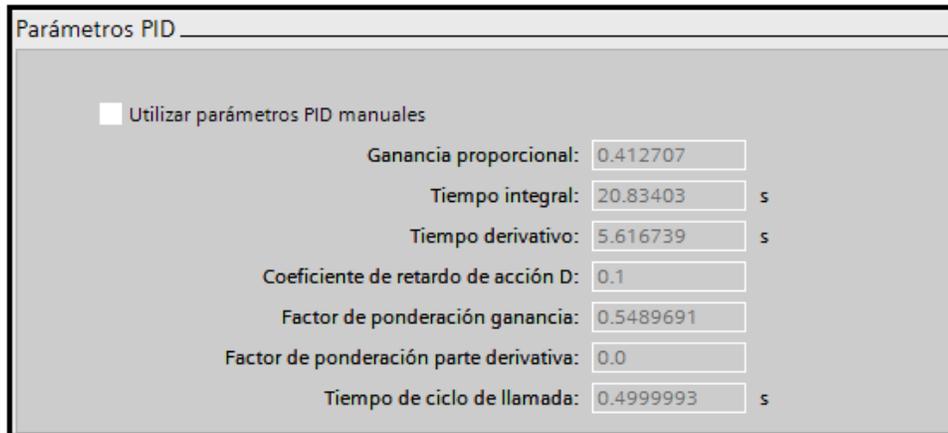


Figura VI.4 Parámetros de PID obtenidos después del primer ajuste de optimización

No ocurre de la misma manera cuando se ha realizado una mala optimización de los parámetros, donde la señal del proceso tiende a oscilar abruptamente provocando cambios bruscos en la estabilización de la prensa.

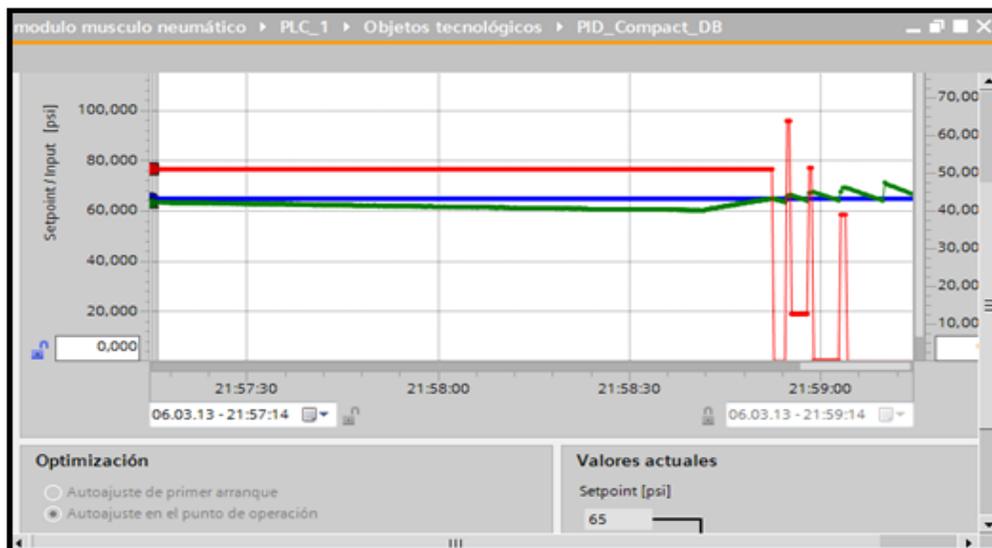


Figura VI.5 Gráfica de PID inestable

6.3 Prueba de Set-point de Profundidad Vs Presión

Mediante pruebas experimentales realizados con el sensor de precisión PANTEC, se tomo especificaciones del la profundidad de prensado en función de la presión suministrada a el músculo. (Tabla V.13)

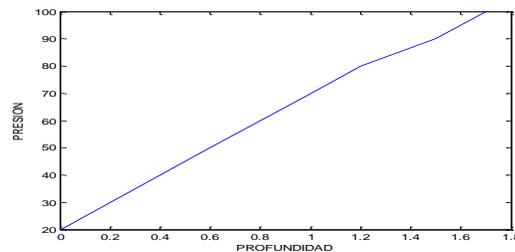


Figura VI.6 Gráfica Presión Vs Profundidad

Se obtiene que la relación es casi lineal salvo cuando llega el músculo neumático a sus valores límites que es a 90PSI-100PSI donde la profundidad de prensado no avanza linealmente con la presión suministrada.

6.4. Archivado de históricos y muestra en pantalla de Reportes de Scada

NUMERO	TIPO PRENSADO	PROFUNDIDAD	FUERZA	FECHA
1	MEDIO	5mm	400N	
2	COMPLETO	10mm	500N	
3	MEDIO	4mm	350N	
4	BAJO	2mm	100N	
5	BAJO	2mm	100N	
6	MEDIO	5mm	400N	
7	COMPLETO	10mm	500N	
8	COMPLETO	9mm	450N	
9	COMPLETO	10mm	500N	
10	MEDIO	5mm	400N	

Figura VI.7 Gráfica de PID inestable

Los datos son archivados y se pueden visualizar desde la pantalla de reportes del programa Scada y también con la posibilidad de exportarlos directamente hacia Excel.

CONCLUSIONES

- Se ha logrado el principal objetivo como es el de implementar un proceso controlado con músculo neumático el cual forme parte de un completo sistema de ensamblaje, dotado de panel táctil donde se puede interactuar directamente con cada etapa del proceso, de esta manera el control del proceso se lo realiza de manera más interactiva.
- Se obtuvo un comportamiento estable del regulador PID, hubo que identificar correctamente las señales que ofrece el sensor análogo de presión y la válvula proporcional, sobre todo evitar que existan fugas de aire en el sistema ya que si las hubiera el proceso de optimización del PID retarda y ocurre errores haciendo que la regulación no sea precisa y ocurra sobrepasos considerables de la presión deseada.
- La serie de pruebas para dotar de mayor precisión al control del músculo neumático fueron satisfactorias, se evaluó con presiones límite el comportamiento del músculo neumático dando tiempos de reacciones muy inferiores a un cilindro convencional, se comprobó que el músculo neumático reacciona al más mínimo cambio de nivel de presión pasado los 20 PSI, la fuerza y presión que soporta es exacto con las especificaciones del fabricante.
- Se monitorea dinámicamente todo el proceso, se incluye animaciones y movimientos puesto que se ha incluido y diseñado controles propios los cuales realizan tareas específicas en el HMI, de esta manera se logra dotar al sistema Scada de un ambiente más real que ejecute las mismas acciones del proceso.

RECOMENDACIONES

- Se debe tener mucho cuidado con las señales de alimentación de los dispositivos electrónicos ya que estos son muy sensibles y ante malas conexiones podrían dañarse, además siempre tener muy en cuenta las especificaciones de cada fabricante acerca de la instalación, montaje y puesta en servicio de cada dispositivo.
- Para sintonizar controladores y verificar el correcto funcionamiento de los mismos se deben muy claros los conceptos de la parte teórica los mismos que son de gran ayuda al momento de analizar la forma en que se comportan y a que se debe alguna inestabilidad de los mismos.
- Para la despresurización del músculo neumático hay que esperar unos segundos ya que la válvula proporcional necesita una contrapresión mayor para un desfogue más rápido, al programar un secuencia se recomienda dar un tiempo para el restablecimiento del músculo.
- Para la realización de un proyecto y cuando se trabaja con tecnologías y actuadores nuevos se hace muy necesario la consultoría con personas o profesionales con experiencia en el manejo de los mismos. De tal manera que brinden orientaciones para despejar dudas sobre su funcionamiento.

RESUMEN

Diseño, implementación y simulación de un proceso de ensamblaje por prensado controlado con músculo neumático y monitoreado con sistema SCADA, realizado en la Facultad de Informática y Electrónica, escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El objetivo es obtener un sistema de control adecuado para aplicar una determinada fuerza sobre un área específica mediante un músculo neumático para que la pieza sea ensamblada correctamente.

Para la optimización del proceso se usó métodos experimentales, lógicos y de medición por medio del software Totally Integrated Automation (TIA) Portal v10.5 con la finalidad de linealizar las señales del sistema.

Las herramientas para implementar el sistema son principalmente el software Scada Industrial WinCC 2008, Controlador Lógico Programable (PLC) s7-1200 que controla el automatismo, instrumentación y sensores, HMI KTP 600 conectados mediante una red Industrial Ethernet por medio de un router, un completo Sistema de Adquisición de Datos y Control Supervisor (SCADA), actuadores como motores, cilindros y el músculo neumático.

Los resultados numéricos principales obtenidos en el transcurso de la simulación e implementación del proyecto son curvas estables con variaciones de ± 0.5 psi respecto al valor de consigna, entradas y salidas analógicas al PLC entre 0 y 10 Voltios, valores lógicos de 0 y 24 Voltios.

Concluimos que las pruebas para dotar de mayor precisión al control del músculo neumático fueron satisfactorias, se monitorea dinámicamente el proceso, además se logra fortalecer los laboratorios con nuevas tecnologías para el desarrollo en el aprendizaje del estudiante.

Se recomienda incursionar en el uso de controles modernos para lograr mejor aprovechamiento de las capacidades del Músculo Neumático en ámbito industrial.

SUMMARY

Design, implementation and simulation of an assembly process by pressing fluidic muscle controlled and monitored with Scada system, conducted in the Informatics and Electronics, School, School of Electronics Engineering and Industrial Networking and Control of the Polytechnic School of Chimborazo.

The goal is to obtain a suitable control system for a given force applied over a specific area through a pneumatic muscle for the part to be assembled correctly.

For optimization of the process used experimental methods, measurement software and software through the Totally Integrated Automation (TIA) Portal v10.5 order to linearize the system signals.

The tools to implement the system are mainly software WinCC Scada Industrial 2008, Programmable Logic Controller (PLC) S7-1200 that controls automation system, instrumentation and sensors, HMI KTP 600 connected by an Industrial Ethernet network through a router, a complete data Acquisition System and Supervisory Control (SCADA), actuators, motors, pneumatic cylinders and muscle.

The main numerical results obtained in the course of the simulation and implementation of the project are stable curves with variations of ± 0.5 psi compared to setpoint, analog inputs and outputs to the PLC between 0 and 10 volts, logical values of 0 and 24 volts.

It is concluded that the evidence to give greater precision pneumatic muscle control were satisfactory monitors the process is monitored dynamically, and is achieved strengthen laboratories with new technologies for development in student learning.

It is recommended dabble in the use of modern controls to achieve better utilization of capacities fluidic muscle in industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- BOLTON, W.**, Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería., 3.ed., Guadalajara. ME., Alfaomega., 2006., Pp. 100-150.
- 2.- GUERRERO, V.**, Comunicaciones industriales Siemens., Ediciones Marcombo S.A., Pp. 1-67.
- 3.- OGATA, K.**, Teoría de Control Moderna., 3 ed., México., Pp. 600-709.
- 4.- PALLAS, A.**, Sensores y acondicionadores de señal., 3. ed., España., 1998., Pp. 124-365.
- 5.- RODRÍGUEZ, A.**, Sistemas SCADA., 2.ed., Barcelona-España. 2007., Pp. 20-105.
- 6.- RODRÍGUEZ, A.**, Instrumentación Industrial., 6.ed., España., Ediciones Marcombo S.A., 1997., Pp. 1-67.
- 7.- INACAP.**, Manual de Hidráulica y Manual Neumática., 1.ed., 2006., Pp. 26-110.
- 8.- MANUAL DEL SISTEMA S7-1200.**, Manual S71200N_s., SIMATIC., Sistemas de automatización S7-1200.

9.- EQUIPOS PARA LÍNEAS DE AIRE COMPRIMIDO

<http://img70.xooimage.com/files/0/b/7/airmatic-1-28ad567.pdf>

2012-12-20

10.- FESTO.

http://www.festo.com/net/esco_co/SupportPortal/default.aspx?cat=1393

2013-02-12

11.- HESSE MÚSCULO NEUMÁTICO

<http://es.scribd.com/doc/97079046/El-musculo-neumatico-y-sus-aplicaciones>

2013-01-10

12.- SIEMENS SOPORTE TÉCNICO

<http://support.automation.siemens.com>

2012-12-18

13.- SIEMENS MANUAL DE TIA PORTAL STEP 7. BASIC V 10.5

http://cache.automation.siemens.com/dnl/Dg/Dg0NzA2OQAA_40263542_HB/GS_STEP7Bas105esES.pdf

2013-02-12

ANEXOS

ANEXO 1



Módulo Completo automatizado



Pantalla KTP 600 PN en funcionamiento

ANEXO 2

Festo MuscleSIM - Version 2.0.1.5 : MAS-40-134N-AA-MC-O

File Technical data Settings... Help

Exit Open project Print Dimensions ? Language

Application parameter settings

System simulation

FESTO

Home page
Introduction
Application
Start parameters
Simulation
Configuration
Parts list
Printout/Save

[Reset results](#)

Input values

Desired length difference (stroke)	30	mm
Pressure setting	4	bar
Required force	500	N

Effective installation length (with accessoires) ?

- Select muscle diameter

The Muscle's maximum tensile force depends on its internal diameter. The MAS-40 can develop a tensile force of up to 4000 N (~400 kg).

10 mm - MAS 10 - N...
 20 mm - MAS 20 - N...
 40 mm - MAS 40 - N...

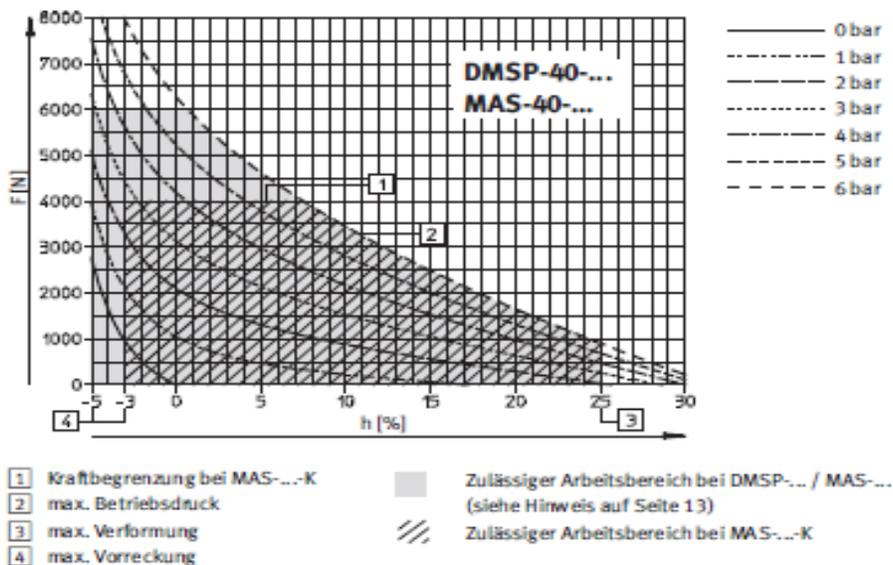
Results for MAS-40-134N-AA-MC-O

Nominal length as supplied	133,6	mm
Air consumption	1,278	l
Degree of contraction	22 %	

Above-average loading of Muscle diaphragm.
Non-cost-effective working range with regard to pressure/force ratio of Muscle

Dimensionamiento del músculo neumático usando MuscleSIM

Tipo	MAS-10-...	MAS-20-...	MAS-40-...
Presión máxima de funcionamiento	8 bar	6 bar	
Frecuencia de trabajo máxima	3 Hz		2 Hz
Rosca de conexión	M10 x 1,25	M16 x 1,5	M20 x 1,5
Diámetro interior del tubo flexible reforzado	10 mm	20 mm	40 mm
Asimetría máxima admisible de las conexiones	- Desfase del ángulo < 1° - Desfase transversal < 2 mm por cada 100 mm longitud nominal		
Extensión previa máxima admisible	3% de la longitud nominal ***)		
Contracción máxima	20% de la longitud nominal ***)		25% de la longitud nominal ***)
Margen de temperatura admisible	+5 °C ... +60 °C		
Fuerza de elevación máxima a 6 bar**)	400 N	1200 N	4000 N
Carga útil máxima admisible (pieza colgante)	30 kg	60 kg	120 kg
Histéresis máxima	inferior a 5%		
Relajamiento máximo	inferior a 5% (a temperatura ambiente) inferior a 10% (a temperatura máxima)		
Velocidad mínima máxima	0,05 m/s 1,5 m/s	0,05 m/s 2 m/s	0,05 m/s 2 m/s
Consumo teórico de aire a 1 Hz ^{*)}	10 l/min	75 l/min	600 l/min
Fugas normales	inferiores a 1 l/h		
Precisión de repetición	Variación máxima del 3%		
Materiales Brida de conexión: Tubo flexible: Pegamento:	Al (anodizado); acero (cincado); NBR Cloropreno, aramida Loctite 243		
^{*)}	Condiciones nominales: 6 bar, longitud nominal x diámetro, estiramiento previo máximo		
^{**)}	Limitada por sistema de seguridad de limitación de la fuerza		
^{***)}	Longitud nominal – Zona visible del tubo flexible sin carga		



Especificaciones músculo neumático DMPS 40mm

Relógios Comparadores Digitais

- Resolução 0,01mm
- Caixa metálica resistente a impactos.
- Display com dígitos grandes, que facilitam a leitura.
- Três teclas: Liga/desliga, zero e conversão mm/polegada.
- Diâmetro do canhão 8mm
- Bateria SR44 – 1,5V
- Inclui estojo plástico.
- Desligamento automático após 5 minutos sem uso.

CÓDIGO	CURSO	RESOLUÇÃO	DIAM. MOSTRADOR	EXATIDÃO
12100-10	0-10mm/0-.4"	0,01mm/0.0005"	58mm	±0,02mm
12100-25	0-25mm/0-1"	0,01mm/0.0005"	58mm	±0,03mm
12100-50	0-50mm/0-2"	0,01mm/0.0005"	58mm	±0,04mm

Relógio Comparador Digital

- Resolução 0,001mm
- Caixa metálica resistente a impactos.
- Display com dígitos grandes, que facilitam a leitura.
- Cinco teclas: Liga/desliga, zero, conversão mm/polegada, modo absoluto ou relativo e tolerância de medição.
- Diâmetro do canhão 8mm
- Bateria SR44 – 1,5V
- Inclui estojo plástico.

CÓDIGO	CURSO	RESOLUÇÃO	DIAM. MOSTRADOR	EXATIDÃO
12101-12	0-12mm/0-.5"	0,001mm/0.00005"	55mm	±0,005mm

Relógio Comparador Digital

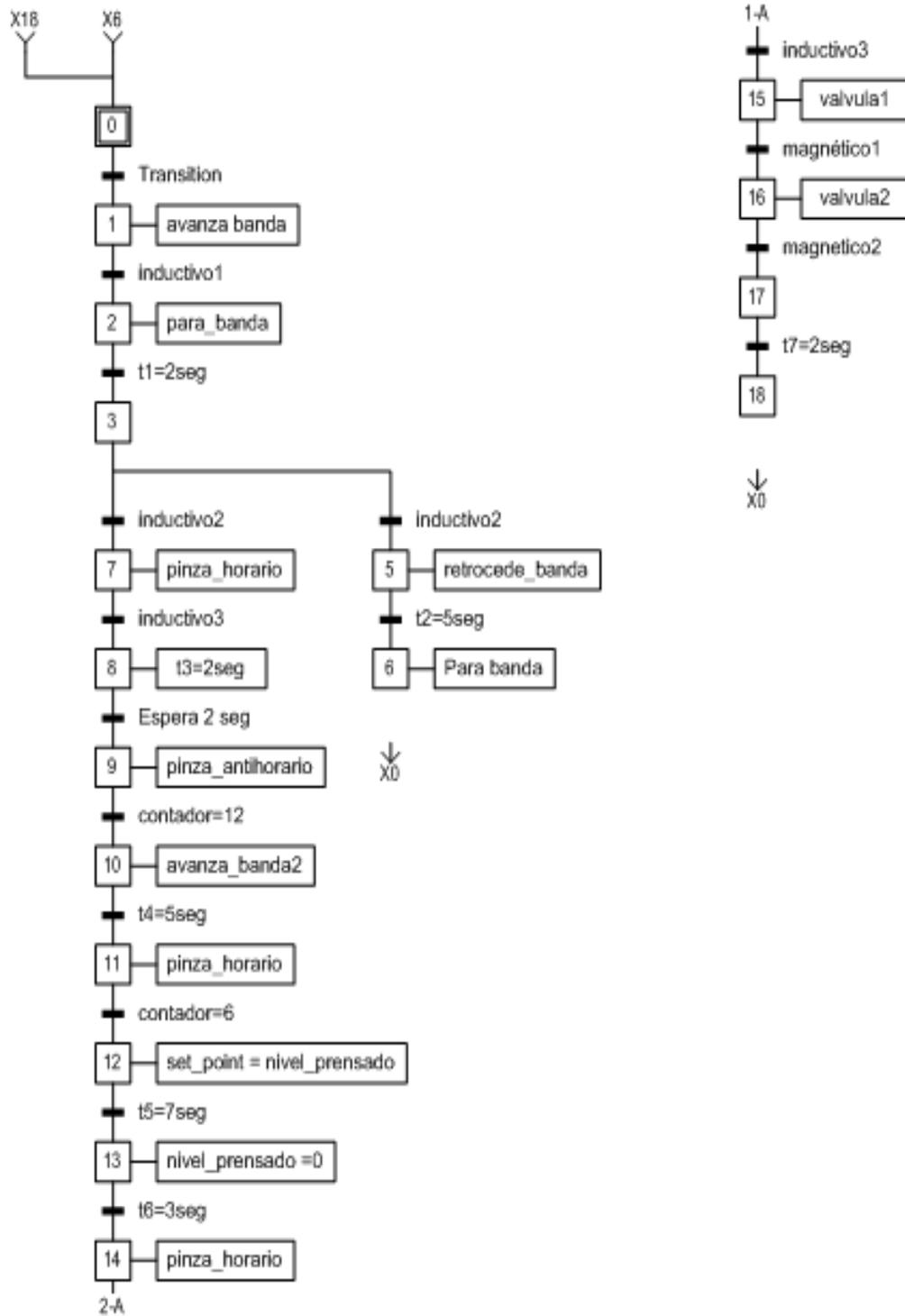
- Display analógico e digital conjugado.
- Dígitos grandes, que facilitam a leitura.
- Exatidão de medidas mesmo em altas velocidades de medição.
- Caixa metálica, resistente a impactos.
- Display giratório que possibilita fácil leitura em qualquer posição de fixação.
- Cinco teclas: Liga/zero, conversão mm/polegada, tolerância, modo absoluto/relativo/preset, inversão do sentido de medição e ponto máximo e mínimo.
- Diâmetro do canhão 8mm
- Bateria CR2032 – 3V
- Inclui estojo plástico.

CÓDIGO	CURSO	RESOLUÇÃO	DIAM. MOSTRADOR (D)	EXATIDÃO
12106-10	0-10mm/0-.4"	0,001mm/0.00005"	62mm	±0,005mm



Relógio comparador digital Pantec

ANEXO 4



Grafcet de segundo Nivel del Proceso

MINDMAN INDUSTRIAL CO., LTD.

For your safety, please read the following before using.

- ⊗ Do not use corrosive or flammable gas or liquid with this product.
- ⊗ Please use within the operating pressure range. Do not apply pressure beyond recommended maximum pressure, permanent damage to the pressure sensor may occur.
- ⊗ Do not drop, hit or allow excessive shock (1000m/s² or 100G). Even if switch body appears undamaged, internal components may be broken and can cause malfunction.
- ⊗ Turn power off before connecting wiring. Wrong wiring or short circuit will damage and / or cause malfunction.
- ⊗ Do not use in environment contains steam or oil vapor.
- ⊗ This product is not explosion-proof rated. Do not use in atmosphere containing flammable or explosive gases.
- ⊗ Wiring for pressure sensor should avoid power source line and high voltage line. If use in the same circuit, noise may cause malfunction.

Click PDF EXCEL

ORDERING INFORMATION

M P 2 0 C - 0 1 - F 1

Pressure range: C: 100.0 ~ 100.0kPa; P: 100.0 ~ 100.0kPa; V: Vacuum; **Output specification:** 01: 2 MPa output & Analog output; 02: 2 MPa output & Analog output; 03: 2 MPa output & 4 Analog output; 04: 2 MPa output & 4 Analog output
Output pressure: MP20A - Mounting bracket BT (A/B/T/Z); MP20B - Panel adapter (PA-1/PA-2); MP20C - Panel adapter (FPC-1/FPC-2)
Option package: MP20A - Mounting bracket BT (A/B/T/Z); MP20B - Panel adapter (PA-1/PA-2); MP20C - Panel adapter (FPC-1/FPC-2)

UNIT DIMENSION / PANEL INSTRUCTIONS

1. This product has one lead pressure ports, and one output connector. 2. Please plug the analog input port with supplied jack cable. Use see label to prevent product damage.

OUTPUT CIRCUIT WIRING GRAPH

INSTALLATION

TYPE OF SPARE PARTS / DIMENSION GRAPH

① Mounting bracket

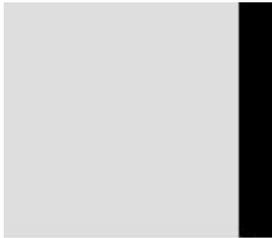
② Panel type

Unit:mm

SPECIFICATIONS

	MP20C-□-□ (Compound)	MP20V-□-□ (Vacuum)	MP20F-□-□ (Positive)
Rated pressure range	-100.0 ~ 100.0kPa	0.2 ~ -101.3kPa	0.20 ~ 1.200MPa
Operating/setting pressure range	-100.0 ~ 100.0kPa	10.0 ~ -101.3kPa	-0.100 ~ 1.000MPa
Withstand pressure	3 times of rated pressure range	1.5 times of rated pressure range	1.5 times of rated pressure range
Fluid	Air, Non-corrosive gases (combustible gases)		
MPa	0.1	—	—
MPa	—	—	0.05
kgf/cm ²	0.01	—	0.51
bar	0.01	—	0.51
psi	0.51	—	0.1
inHg	0.1	—	—
mmHg	1	—	—
mmH ₂ O	0.1	—	—
Power supply voltage	12 to 24VDC ± 10%, Ripple (p-p) 10% or less		
Current consumption	≤ 5mA		
Switch output	NPN or PNP open collector 2 outputs Max. load current: 50mA Max. load voltage: 24V (load current 8mA)		
Repeatability (Switch output)	± 0.2% F.S. ± 1 digit		
Hysteresis mode	Adjustable		
Hysteresis comparator mode	Fixed 0 degree		
Resolution rate	Yes		
Output short circuit protection	3 1/2 digit LED display (Sampling rate: 2 times/sec)		
7 segment LED display	± 2% F.S. ± 1 digit (ambient temperature: 25±3°C)		
Indicator accuracy	Green LED (OUT1) Red LED (OUT2)		
Analog output	Output voltage: 1 to 5V, 0.5V F.S. (min. load resistance 10kΩ) Linearity: ± 1% F.S.		
Enclosure	IP40		
Ambient temp. range	Operation: 0 ~ 50°C, Storage: -20 ~ 60°C (No condensation or freezing)		
Ambient humidity range	Operation/Storage: 30 ~ 95% RH (No condensation)		
Withstand voltage	1000VAC 1 min (between case and lead wire)		
Insulation resistance	50MΩ min. (at 500VDC b/w between case and lead wire)		
Vibration	Total amplitude 1.5mm, 10Hz-55Hz-10Hz scan for 1 minute, two hours each direction of X, Y and Z		
Shock	± 2% F.S. of selected pressure (25°C) at temp. Range of 0-50°C		
Temperature characteristic	F1: 100ppm/F, F2: 100ppm/°C, F3: 0.1%		
Part size	Off-resistance cable (0.5mm ²)		
Lead wire	Adopt 16pin (with 2-rear lead wire), Adopt 7pin (with multi connector)		
Weight	—		

ANEXO 6



E-P HYREG® Series VY1

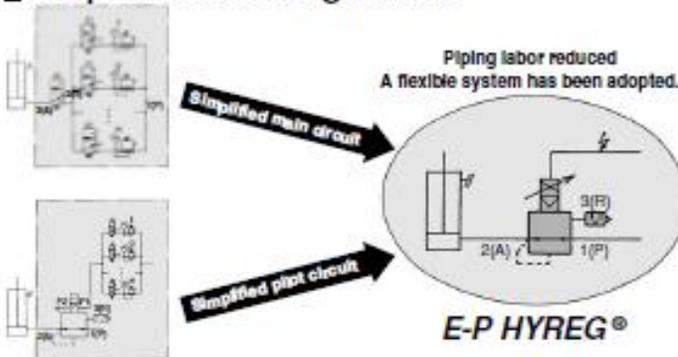
This hybrid regulator combines a regulator and a solenoid valve.

Stepless control through electric signals

Port sizes M5 to 2 inches can be covered by combining an ultra-compact electro-pneumatic pilot valve and a 3 port high-capacity exhaust main regulator.



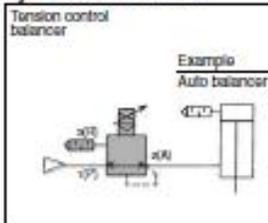
Simple circuit configuration



Application example

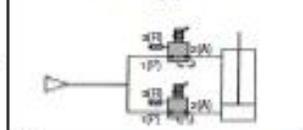
Capable of performing multistage pressure control and stepless pressure control by varying the electrical signals.

Cylinder Thrust Control



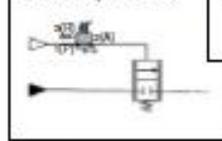
Drive and Thrust Control

Cylinder behavior and pressurization control for peening and stamping.
Example
Welding pressure control of spot welding gun cylinder
Loading cylinder control



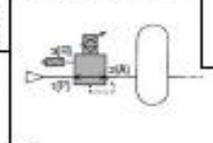
Flow Control of Various Fluids

For remote control of another air operated valve



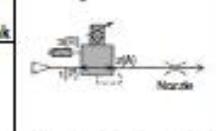
Pressure Control of Tank

Automatic adjustments



Air Flow Control of Nozzle ^{Note)}

Air blowing
Air cooling



Note) Use for the sonic flow.

Ease of handling

Having the amplifier built into the electro-pneumatic pilot valve, only an external power supply and signal (voltage, current) need to be connected.

Manifold capable

Using the VVEXB24 series, a maximum 10 station manifold is possible.

Válvula proporcional

Standard Specifications

Model		VY1D00	VY1A0 ¹⁾	VY1B0 ¹⁾	VY110 ¹⁾	VY120 ¹⁾	VY130 ¹⁾	VY140 ¹⁾	VY150 ¹⁾	VY170 ¹⁾	VY190 ¹⁾									
Port size	Port	M5	M5	M5	01	02	01	02	02	03	04	02	03	04	04	10	10	12	14	20
	1(P)	M5	M5	M5	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1	1	1 1/4	1 1/2	2
	2(A)																			
3(R)	M5	M5	M5	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	1	1	1 1/4	1 1/2	2		
Mass (kg) ¹⁾																			0.11	0.16
Hysteresis ²⁾		0.009 MPa		0.023 MPa				0.027 MPa		0.045 MPa										
Sensitivity ²⁾		0.005 MPa		0.009 MPa				0.014 MPa		0.018 MPa										
Repeatability ²⁾		± 0.005 MPa		± 0.009 MPa				± 0.009 MPa		± 0.018 MPa										
Response time ²⁾		10 ms	30 ms																	
Fluid		Air																		
Ambient and fluid temperature		0 to 50°C (No condensation)																		
Maximum operating pressure		0.9 MPa																		
Regulating pressure range		0.05 to 0.84 MPa (Supply pressure 0.9 MPa)																		
External pilot pressure		— (Direct operated)	Set pressure + 0.04 to 0.9 MPa (VY1□01)																	
Command signal ³⁾		1 to 5 VDC, 0 to 10 VDC, 4 to 20 mA DC, 0 to 20 mA DC																		
Power supply		12 VDC±10%, 24 VDC±10%, 1.8 W or less																		
Electrical entry		DIN terminal																		
Applicable cable		Cable O.D. φ4 to 6.5																		
Bleed air flow (Port P2)		When not operating: Zero, When operating: 10 slmin (ANR) (Supply pressure 0.88 MPa)																		
Installation		Universal																		
Lubrication		Not required ⁴⁾																		

- Note 1) The mass of the base mounting type (DVB2/4 size) with sub-plate is indicated.
 Note 2) All property values indicate maximum values.
 Note 3) Cut off the command signal when the pressure control on the outlet side is not required, such as when the line is temporarily halted, etc.
 Refer to Specific Product Precautions on page 17.
 Note 4) To lubricate the outlet side of "VY", use "VY" as an external pilot. Avoid lubrication to the pilot air.
 Note 5) The non-lubricated specification is not applicable to these models.
 Note 6) The service life is approximately 4500 to 5000 operating hours. (When using AF + AFM)
 This may be approximately 3000 hours with ultra-dry air (dew point -40°C or equivalent).

Option

Description	Part no.										
	VY1D00	VY1A0 ¹⁾	VY1B0 ¹⁾	VY110 ¹⁾	VY120 ¹⁾	VY130 ¹⁾	VY140 ¹⁾	VY150 ¹⁾	VY170 ¹⁾	VY190 ¹⁾	
Bracket	B	—	VEXA-18-2A	—	VEX1-18-1A	—	VEX3-32A	—	VEX5-32A	VEX7-32A	VEX9-32A
(With bolt, washer)	F	—	VEXA-18-3A	—	VEX1-18-3A	—	—	—	—	—	—
Pressure gauge	G	—	—	G27-10-P1-□□□	G27-10-01	G36-10-01	—	—	G46-10-01	—	—
Pilot EXH port silencer	N	AN120-M5	—	—	AN120-M5	AN101-01	AN120-M5	—	AN210-02	—	—

Sub-plate and Base Gasket Part No.

Valve size	D	B																																																
Sub-plate	VEXD-5 (Port size: M5)	VEXB-2-2 <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Port size</th> <th colspan="2">Thread type</th> </tr> <tr> <td>Symbol</td> <td>Port size</td> <td>Symbol</td> <td>Thread type</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>M5</td> <td>NH</td> <td>Rc</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1/8</td> <td>F</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>N</td> <td>NPT</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>T</td> <td>NPTF</td> </tr> </table>	Port size		Thread type		Symbol	Port size	Symbol	Thread type	A	M5	NH	Rc	B	1/8	F	G			N	NPT			T	NPTF																								
Port size		Thread type																																																
Symbol	Port size	Symbol	Thread type																																															
A	M5	NH	Rc																																															
B	1/8	F	G																																															
		N	NPT																																															
		T	NPTF																																															
Base gasket	VEXD-7	VEXB-4-1																																																
Valve size	2	4																																																
Sub-plate	VEX1-9-1 <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Port size</th> <th colspan="2">Thread type</th> </tr> <tr> <td>Symbol</td> <td>Port size</td> <td>Symbol</td> <td>Thread type</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1/8</td> <td>NH</td> <td>Rc</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1/8</td> <td>F</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>N</td> <td>NPT</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>T</td> <td>NPTF</td> </tr> </table>	Port size		Thread type		Symbol	Port size	Symbol	Thread type	A	1/8	NH	Rc	B	1/8	F	G			N	NPT			T	NPTF	VEX4-2A- <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Port size</th> <th colspan="2">Thread type</th> </tr> <tr> <td>Symbol</td> <td>Port size</td> <td>Symbol</td> <td>Thread type</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1/8</td> <td>NH</td> <td>Rc</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1/8</td> <td>F</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>1/8</td> <td>N</td> <td>NPT</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>T</td> <td>NPTF</td> </tr> </table>	Port size		Thread type		Symbol	Port size	Symbol	Thread type	A	1/8	NH	Rc	B	1/8	F	G	C	1/8	N	NPT			T	NPTF
Port size		Thread type																																																
Symbol	Port size	Symbol	Thread type																																															
A	1/8	NH	Rc																																															
B	1/8	F	G																																															
		N	NPT																																															
		T	NPTF																																															
Port size		Thread type																																																
Symbol	Port size	Symbol	Thread type																																															
A	1/8	NH	Rc																																															
B	1/8	F	G																																															
C	1/8	N	NPT																																															
		T	NPTF																																															
Base gasket	VEX1-11-2	VEX4-4																																																



Válvula proporcional