



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

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

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE
TEMPERATURA PARA EL HORNO DEL PROCESO DE
SECADO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE 1500 Y 3000 HP
CON SISTEMA “HVAC”, EN LA COMPAÑÍA REPSOL
ECUADOR S.A. BLOQUE 16”**

AUTOR: ALEX HERIBERTO CHANCUSIG PILA

DIRECTOR: ING. DAVID RIVAS

CODIRECTOR: ING. FABRICIO PÉREZ

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN****CERTIFICADO**

Ing. David Rivas (Director)

Ing. Fabricio Pérez (Codirector)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL HORNO DEL PROCESO DE SECADO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE 1500 Y 3000 HP CON SISTEMA “HVAC”, EN LA COMPAÑÍA REPSOL ECUADOR S.A. BLOQUE 16”**, realizado por Alex Heriberto Chancusig Pila, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de alto contenido de investigación, que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en forma portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Alex Heriberto Chancusig Pila que lo entregue al Ing. Franklin Silva, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Agosto del 2015.

Ing. David Rivas

DIRECTOR

Ing. Fabricio Pérez

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Alex Heriberto Chancusig Pila

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL HORNO DEL PROCESO DE SECADO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE 1500 Y 3000 HP CON SISTEMA “HVAC”, EN LA COMPAÑÍA REPSOL ECUADOR S.A. BLOQUE 16”**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas ubicadas al final de cada párrafo, cuyas Fuentes son incluidas en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Latacunga, Agosto del 2015.

Chancusig Pila Alex Heriberto

C.C.: 0502904550

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN
AUTORIZACIÓN

Yo, Alex Heriberto Chancusig Pila

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL HORNO DEL PROCESO DE SECADO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE 1500 Y 3000 HP CON SISTEMA “HVAC”, EN LA COMPAÑÍA REPSOL ECUADOR S.A. BLOQUE 16”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2015.

Chancusig Pila Alex Heriberto

C.C.: 0502904550

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de convertir mis sueños en realidad, a mis padres, gracias a su amor, esfuerzo y abnegación, me impulsaron a seguir adelante, a mis hermanos que son mi ejemplo a seguir los cuales constantemente me apoyaron para alcanzar la meta que me propuse y mis queridos sobrinos quienes llenan mi vida de felicidad.

Alex

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitir llegar a cumplir mi meta profesional.

A toda mi familia, por su apoyo incondicional en todo momento que lo necesité, quienes han sido el pilar fundamental en el desarrollo de mi vida.

A todos los docentes de la especialidad; que con su paciencia, vocación y respeto han logrado transmitir sus valiosos conocimientos en mi paso por las aulas de clases, en especial a mis tutores de tesis Ing. David Rivas e Ing. Fabricio Pérez a quienes respeto y estimo mucho, por toda su ayuda y tiempo brindado.

A la compañía REPSOL ECUADOR S.A. BLOQUE 16 y de manera muy especial a todos los que conforman el departamento de mantenimiento eléctrico por la confianza y apoyo brindado que fue indispensable para realizar el proyecto de finalización de carrera.

A mis compañeros y amigos con quienes compartí muchos momentos y experiencias inolvidables que alegraron mi vida estudiantil.

Alex

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I	1
1. FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1. Introducción	1
1.2. Descripción general del proyecto	2
1.3. Antecedentes	3
1.4. Definición del problema	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general	4

	viii
1.5.2. Objetivos específicos.....	4
1.6. Alcance del proyecto.....	4
1.7. Justificación e importancia del proyecto	5
1.8. Fundamentos del sistema HVAC.....	5
1.8.1. Tipos de sistemas de ventilación y aire acondicionado	6
1.9. Componentes del sistema HVAC	8
1.10. Métodos de control automático.....	16
1.11. Tipos de sistemas de control	17
1.12. Modos de sistemas de control	19
1.12.1. Acción de Control Encendido-Apagado	20
1.12.2. Acción de Control Encendido-Apagado con Banda Muerta	21
1.12.3. Acción de Control Proporcional	22
1.12.4. Acción de Control Integral.....	23
1.12.5. Acción de Control Proporcional Integral.....	24
1.12.6. Acción de Control Proporcional Derivativo.....	25
1.12.7. Acción de Control Proporcional Integral Derivativo.....	27
1.13. Aplicaciones del Sistema HVAC	28
CAPÍTULO II.....	30
2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	30
2.1. Introducción	30
2.2. Especificación de requisitos del sistema.....	30

2.3.	Descripción general de los equipos	31
2.3.1.	Sensor de temperatura Pt100	31
2.3.2.	Driver de accionamiento de triac's	35
2.3.3.	Resistencia calefactora	37
2.3.4.	Ventilador.....	37
2.3.5.	Controlador lógico programable.....	39
2.3.6.	PLC LOGO!	41
2.3.7.	Visualizador de texto TD.....	47
2.4.	Diagrama de bloques y P&ID del sistema.....	52
2.4.1.	Diagrama de bloques.....	52
2.4.2.	Diagrama P&ID.....	53
2.5.	Diagrama de flujo.....	55
2.6.	Programación del LOGO! 12/24 RC	57
2.6.1.	Software de programación LOGO! Soft Comfort	58
2.6.2.	Creación de un proyecto.....	59
2.6.3.	Descripción general de la interfaz de usuario	69
6.2.4.	Regulador PI.....	70
6.2.5.	Programación de HMI	72
6.2.6.	Comunicación con la PC.....	74
6.2.7.	Transferencia del programa probado a LOGO!	75

	x
CAPÍTULO III.....	80
3. RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	80
3.1. Descripción física del sistema.....	80
3.2. Pruebas experimentales al sistema	96
3.3. Funcionamiento del modo de Control Proporcional Integral	98
3.4. Pruebas de aislamiento para motores eléctricos	101
3.4.1. Resistencia de Aislamiento.....	103
3.4.2. Índice de Polarización.....	105
3.5. Pruebas termografías del horno de secado de motores eléctricos	106
3.6. Funcionalidad del panel de control	109
3.7. Manual de operación del horno del proceso de secado de motores eléctricos.....	113
3.7.1. Ubicación e identificación de los componentes del horno.....	113
3.7.2. Procedimiento para operar el horno del proceso de secado de motores eléctricos.....	119
CAPÍTULO IV	121
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
4.1. Conclusiones	121
4.2. Recomendaciones	122

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	xi 123
---	-------------------------

ANEXOS.....	128
--------------------	------------

ANEXO 1: Glosario de términos.

ANEXO 2: Hojas de Especificaciones Técnicas.

ANEXO 3: Programación.

ANEXO 4: Manual técnico de posibles fallas y soluciones.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Sistema HVAC Individual.....	7
Figura 1.2.	Sistema HVAC colectivo o central.	8
Figura 1.3.	Motor eléctrico.	9
Figura 1.4.	Estator y rotor de motor eléctrico.....	9
Figura 1.5.	Sección de motor eléctrico.....	10
Figura 1.6.	Esquema de un ventilador centrifugo típico.	11
Figura 1.7.	Tipo de impulsor y triangulo de velocidades a la salida de este; a) álabes curvados hacia adelante; b) álabes radiales; c) álabes inclinados hacia atrás.	11
Figura 1.8.	Ductos para sistemas de climatización con aislamiento térmico.....	13
Figura 1.9.	Resistencia calefactora aleteada.	14
Figura 1.10.	Rejillas de difusión y aspiración de aire.....	15
Figura 1.11.	Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo abierto.....	18
Figura 1.12.	Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo cerrado.....	19
Figura 1.13.	Diagrama de bloques general de un control automático.....	20
Figura 1.14.	Esquema del Control Encendido-Apagado.....	21
Figura 1.15.	Esquema del Control Encendido-Apagado con Banda Muerta.....	22

Figura 1.16.	Formas de onda del control proporcional con distinta ganancia (K_p).	23
Figura 1.17.	Formas de onda del control integral con distinto tiempo integral (T_i).....	25
Figura 1.18.	Formas de onda del control Derivativo con distinto tiempo derivativo (T_d).....	26
Figura 2.1.	Relación entre Resistencia y Temperatura del PT100.....	32
Figura 2.2.	Conexión de la Pt 100 con 2 hilos.	33
Figura 2.3.	Conexión de la Pt 100 con 3 hilos.	33
Figura 2.4.	Conexión de la Pt 100 con 4 hilos.	34
Figura 2.5.	Control por ángulo de fase de un regulador de alterna.....	36
Figura 2.6.	Sopladores de flujo centrífugo (radial) y de flujo axial.	38
Figura 2.7.	Partes de un soplador.....	39
Figura 2.8.	PLC LOGO!	42
Figura 2.9.	Estructura del LOGO! 12/24 RC con su Módulo de Ampliación DM8.....	43
Figura 2.10.	LOGO! Power 24 V DC.....	46
Figura 2.11.	Estructura del LOGO! Power de 24 VDC.....	46
Figura 2.12.	Visualizador de texto LOGO! TD.	48
Figura 2.13.	Fácil conexión del visualizador de texto LOGO! TD.	49
Figura 2.14.	Diagrama esquemático de comunicación PLC con HMI.....	50
Figura 2.15.	Conexión interfaz de comunicación RS-485.....	50
Figura 2.16.	Diagrama de conexión de HMI TD LOGO!.	51

Figura 2.17.	Diagrama de bloques del sistema en lazo cerrado.	52
Figura 2.18.	Diagrama P&ID del proceso.	54
Figura 2.19.	Diagrama de flujo del sistema.....	56
Figura 2.20.	Esquema general de programación LOGO! Soft Comfort....	57
Figura 2.21.	Software de programación LOGO! Soft Comfort.	58
Figura 2.22.	Acceso al software LOGO!Soft Comfort V8.0.	60
Figura 2.23.	Crear un nuevo proyecto.	60
Figura 2.24.	Configuración general del LOGO!.....	61
Figura 2.25.	Configuración tipo de hardware.	62
Figura 2.26.	Configuración de E/S.	63
Figura 2.27.	Nombres de E/S.	64
Figura 2.28.	Contraseña del programa.	65
Figura 2.29.	Contenido del display en LOGO! tras la conexión.	66
Figura 2.30.	Texto del mensaje.	66
Figura 2.31.	Información adicional.	67
Figura 2.32.	Estadística.	68
Figura 2.33.	Comentario.	68
Figura 2.34.	Interfaz del proyecto.	69
Figura 2.35.	Regulador PI.....	70
Figura 2.36.	Vista de curva PI.....	70
Figura 2.37.	Ventana de configuración del texto de aviso del HMI.	73

	xv
Figura 2.38.	Interfaz de comunicación PC->LOGO! 75
Figura 2.39.	Transferencia utilizando el cable de PC de LOGO! 76
Figura 2.40.	Transferencia vía ethernet..... 77
Figura 2.41.	Transferencia con DNS dinámico. 78
Figura 2.42.	Prueba de conexión..... 79
Figura 3.1.	Horno para el secado de motores eléctricos..... 80
Figura 3.2.	Motor A.O.SMITH Modelo F48SQ6L36. 81
Figura 3.3.	Dimensiones del Motor A.O.SMITH Modelo F48SQ6L36... 81
Figura 3.4.	Ventilador centrífugo de álabes curvados hacia adelante.... 82
Figura 3.5.	Banco de resistencias calefactoras. 82
Figura 3.6.	PT100 MINCO AS7..... 83
Figura 3.7.	LOGO! 12/24RC. 84
Figura 3.8.	Fuente LOGO! Power 24 VDC..... 85
Figura 3.9.	LOGO! AM 2 RTD..... 86
Figura 3.10.	Conexión a 2 hilos y 3 hilos. 87
Figura 3.11.	LOGO! AM2 AQ..... 87
Figura 3.12.	Conexión del LOGO! AM2 AQ. 88
Figura 3.13.	Módulo LOGO! TD..... 89
Figura 3.14.	Driver de accionamiento de triac's..... 90
Figura 3.15.	Contacto SIEMENS SIRIUS 3RH2122 – 1AP00. 91
Figura 3.16.	Contacto Schneider Electric LC1D40 TeSyS..... 93

		xvi
Figura 3.17.	Disyuntor Legrand DPX 125.	93
Figura 3.18.	Disyuntor Schneider Electric iC60N C 6A.	95
Figura 3.19.	Switch Allen-Bradley 800H-HR2.	95
Figura 3.20.	Pulsador Allen-Bradley 800T-XAP.	96
Figura 3.21.	Regulador PI.	98
Figura 3.22.	Parámetros de configuración del Regulador PI.	99
Figura 3.23.	Imagen termográfica del horno.	107
Figura 3.25.	Imagen de luz visible.	107
Figura 3.24.	Histograma de la imagen termográfica.	108
Figura 3.26.	Pantallas configuradas en el display LOGO! TD.	109
Figura 3.27.	Parte frontal del horno.	114
Figura 3.28.	Parte posterior del horno.	115
Figura 3.29.	Parte interior del horno.	116
Figura 3.30.	Tablero de control.	117
Figura 3.31.	Parte interior del gabinete de control.	118
Figura 3.32.	Gabinete secundario.	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Ventajas y desventajas que presentan los sistemas HVAC individuales.....	7
Tabla 1.2.	Resumen de las características de los controles mencionados.	27
Tabla 2.1.	Variantes de LOGO!	44
Tabla 2.2.	Módulos de ampliación LOGO!.....	45
Tabla 2.3.	Características generales de la fuente de alimentación LOGO! Power 24 V DC.....	47
Tabla 2.4.	Datos técnicos del visualizador de textos LOGO! TD.	52
Tabla 2.5.	Conexión y descripción del regulador PI.....	71
Tabla 2.6.	Parámetros de la Interfaz RS-232 entre la PC y el PLC.	74
Tabla 3.1.	Características generales del motor A.O.SMITH Modelo F48SQ6L36.	81
Tabla 3.2.	Dimensiones aproximadas del Motor A.O.SMITH.	82
Tabla 3.3.	Características del Sensor de temperatura PT100 MINCO AS7.....	83
Tabla 3.4.	Características del LOGO! 12/24RC.....	84
Tabla 3.5.	Características de la Fuente LOGO! Power 24 VDC.	85
Tabla 3.6.	Información general módulo LOGO! AM2 AQ.....	88
Tabla 3.7.	Especificaciones generales del driver de accionamiento de triac's	90

Tabla 3.8.	Características generales de SIEMENS SIRIUS 3RH2122 – 1AP00.....	91
Tabla 3.9.	Características del contactor Schneider Electric LC1D40 TeSyS.....	92
Tabla 3.10.	Características del disyuntor DPX-125.....	94
Tabla 3.11.	Información técnica general del disyuntor iC60N.....	94
Tabla 3.12.	Información del Switch Allen-Bradley 800H-HR2.....	95
Tabla 3.13.	Especificaciones generales del pulsador Allen-Bradley.....	96
Tabla 3.14.	Conexión y descripción Regulador PI.....	100
Tabla 3.15.	Juego de parámetros del regulador PI.....	101
Tabla 3.16.	Voltaje de c.c. aplicado durante una prueba de resistencia de aislamiento.....	103
Tabla 3.17.	Resistencia de aislamiento mínima recomendada.....	104
Tabla 3.18.	Índice de polarización mínimo recomendado.....	105
Tabla 3.19.	Información de la imagen termográfica.....	108
Tabla 3.20.	Marcadores de la imagen principal.....	108
Tabla 3.21.	Descripción de la actividad que cumple cada pantalla configurada.....	110
Tabla 3.22.	Componentes de la parte frontal del horno.....	114
Tabla 3.23.	Componentes de la parte posterior del horno.....	115
Tabla 3.24.	Componentes de la parte interior del horno.....	116
Tabla 3.25.	Componentes del tablero de control.....	117
Tabla 3.26.	Componentes internos del gabinete.....	118

Tabla 3.27.	Componentes del gabinete secundario.....	xix 119
Tabla 3.28.	Procedimiento de arranque del horno.....	120
Tabla 3.29.	Procediendo de apagado del horno.....	120
Tabla 3.30.	Pruebas de tiempo de secado de los motores eléctricos antes y después de implementado el horno secador con sistema HVAC.....	120

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y la implementación del control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos con sistema “HVAC” (Sistema de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado) en la compañía REPSOL Ecuador S.A. bloque 16, debido a que es importante mantener las condiciones del entorno controladas. El sistema HVAC con sus respectivas partes/elementos como la resistencia calefactora, convertor de corriente AC/AC (driver de accionamiento de triac's), el ventilador centrifugo, el motor eléctrico, los conductos de ventilación, el sensor de temperatura, el panel de control y el PLC (Controlador Lógico Programable), los mismos que tiene como principales funciones la de entregar calefacción y ventilación (aire acondicionado). Las resistencias calefactoras gobernadas por un convertor de corriente AC/AC (driver de accionamiento de triac's), permite variar la cantidad de tensión que se entrega las resistencias calefactoras para así lograr calentarse e incrementar la temperatura; el ventilador centrifugo en conjunto con el motor permite entregar un respectivo flujo de aire constante para su ventilación; el sensor de temperatura entrega la señal para el funcionamiento de los elementos de control; el PLC, permite la implementación del sistema de control; manipula entradas y salidas a la vez, tiene una memoria programable para el almacenamiento del programa de instrucciones a través de un lenguaje de programación lo que permite realizar operaciones lógicas, aritméticas, secuencias, temporización, conteo e implementar cualquier algoritmo de control y trabajar en conjunto con el Panel de operación para efectuar el control del proceso, visualización y monitoreo.

PALABRAS CLAVE:

- **CONTROL DE TEMPERATURA**
- **SECADO DE MOTORES ELÉCTRICOS**
- **SISTEMAS HVAC**
- **SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO**
- **SISTEMAS DE CALEFACCIÓN**

ABSTRACT

This project aims to design and implementation of the temperature control for the oven of the drying process of electric motors with system "HVAC" (System of Heating, Ventilation and Air Conditioning) in the company REPSOL Ecuador S.A. block 16, due to the fact that it is important to maintain the conditions of the environment controlled. The HVAC system with their respective parties/elements such as resistance heating, converter of current AC/AC (driver drive triac's), the centrifugal fan, electric motor, the ventilation ducts, the temperature sensor, control panel, and the PLC (Programmable Logic Controller), the same that has as its principal functions to deliver heating and ventilation (air conditioning). The resistances heating mantles governed by a converter of current AC/AC (driver drive triac's), allows you to vary the amount of voltage delivery the resistance heating to achieve warm up and increase the temperature; the centrifugal fan in conjunction with the engine enables you to deliver a respective constant air flow for ventilation; the temperature sensor signal is delivered to the operation of the control elements; the PLC, allows for the implementation of the control system; manipulates inputs and outputs at the same time, it has a programmable memory for program storage of instructions through a programming language which allows you to perform logical operations, arithmetic, sequences, timing, counting and deploy any control algorithm and Working in conjunction with the operation panel to carry out the process control, display and monitoring.

KEYWORDS:

- **TEMPERATURE CONTROL**
- **DRYING OF ELECTRIC MOTORS**
- **HVAC SYSTEMS**
- **AIR CONDITIONING SYSTEMS**
- **HEATING SYSTEMS**

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. Introducción

El sistema HVAC; es un proceso relacionado con la regulación de las condiciones ambientales con propósitos industriales o para hacer más confortable el clima en una zona determinada [1].

Los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire tienen como función principal mantener condiciones de comodidad, temperatura, humedad y calidad de aire adecuadas para generar condiciones de climatización artificial controladas, dependiendo del tipo de aplicación y uso que se requiera de las instalaciones.

Los sistemas HVAC son útiles ya sea cuando se requiere de un sistema de calefacción para ingresar calor al local, o un sistema de enfriamiento cuando es necesario evacuar el calor local.

La función principal de los sistemas de ventilación es la de mantener en los locales un ambiente que proporcione sensación de comodidad y también en ocasiones, la de proporcionar cierta depresión o sobre presión respecto a los locales adyacentes o al exterior.

El aire se vacía por la pérdida de oxígeno que es consumido en la respiración, en los procesos de combustión, así como por el ácido carbónico y el vapor de agua procedente de la respiración, y por la acumulación de sustancias odorantes y gases perjudiciales.

El aumento de temperatura por el calor cedido por las personas y otros focos de calor, y un desfavorable grado de humedad de ambiente del local, deben ser también corregidos mediante climatización [2].

La finalidad de un sistema HVAC, es proporcionar una corriente de aire, calefacción y enfriamiento adecuado a cada área; manteniendo de forma

fiable los valores requeridos de temperatura, humedad y calidad del aire, con independencia de las fluctuaciones en el ambiente, zonas adyacentes o exteriores.

1.2. Descripción general del proyecto

El desarrollo del presente proyecto permitirá realizar el diseño y la implementación del control de la temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos con sistema "HVAC" (Heating, Ventilating and Air Conditioning), el cual consiste en un sistema de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado, que engloba el conjunto de métodos y técnicas que estudian y analizan el tratamiento del aire en cuanto a su enfriamiento, calentamiento, deshumificación, calidad, movimiento, entre otros; debido a la importancia de mantener las condiciones del entorno controladas.

El sistema HVAC con sus respectivos equipos y elementos como la resistencia calefactora, el ventilador, el motor, los conductos, los sensores de temperatura, el panel de operación y el PLC (Controlador Lógico Programable); en su conjunto tienen como principales funciones de entregar calefacción y ventilación, es decir aire acondicionado a un determinado lugar.

La resistencia calefactora tiene la función de calentarse, permitiendo incrementar la temperatura; el blower, que es el ventilador en conjunto con el motor permite entregar un respectivo flujo de aire para su ventilación; los sensores cumplen con la función de medir o detectar la posición de un determinado objeto en el espacio y entregan señales eléctricas para el funcionamiento de los elementos de control; el PLC, permite la implementación del sistema de control en lazo cerrado; manipula entradas y salidas además tiene una memoria programable para el almacenamiento del programa de instrucciones a través de un lenguaje de programación lo que permite realizar operaciones lógicas, aritméticas, secuencias, temporización, conteo, implementar cualquier algoritmo de control y trabajar en conjunto con el Panel de operación para efectuar el control del proceso, visualización y monitoreo.

1.3. Antecedentes

Repsol es una compañía energética global cuyo principal objetivo es contribuir en la construcción de un modelo energético sostenible a largo plazo, a través del desarrollo de energías inteligentes, que beneficien el crecimiento económico de la sociedad y el bienestar de las personas.

En sus actividades energéticas, Repsol Ecuador opera los Bloques 16 y Tivacuno, con una importante producción de barriles diarios de petróleo. Además, a través de Duragas y Repsolgas ofrece productos de calidad en envasado, granel y canalizado, y automoción a gas.

La planta de producción SPF del bloque 16 de la compañía REPSOL Ecuador S.A., en la actualidad no cuenta con el control de la temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos con sistema HVAC, el cual permita realizar el secado uniforme de los motores eléctricos en la tarea de mantenimiento que se lo realiza de forma periódica.

Con la finalidad de incrementar la vida útil de los motores eléctricos, disminuir el tiempo de secado de cada uno ellos e incrementar la eficiencia y eficacia en la tarea del mantenimiento se determinó la importancia de contar con un sistema que proporcione el control de la temperatura; por los motivos indicados, se ejecutó el proyecto de control de temperatura con sistema HVAC para el horno del proceso.

1.4. Definición del problema

La inexistencia del medio adecuado que permita realizar el secado uniforme de los motores eléctricos de 1500 y 3000 HP a una temperatura que no exceda los 90 grados centígrados después del proceso de barnizado en la tarea de mantenimiento que toma un lapso de tiempo prolongado por cada uno de los motores a ser secados, se determinó implementar el control de temperatura para el horno del proceso de secado con sistema HVAC, que proporcione el secado adecuado de los motores eléctricos, permitiendo proteger contra la humedad, temperaturas elevadas y suciedades en general, incrementando de esta manera la vida útil de los motores y reduciendo el

tiempo de secado, lo cual permitirá incrementar la eficiencia y eficacia de la tarea de mantenimiento en la planta de producción SPF del bloque 16 de compañía REPSOL Ecuador S.A.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Diseñar e implementar el control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos de 1500 y 3000 HP con sistema “HVAC”, en la compañía REPSOL Ecuador S.A. bloque 16.

1.5.2. Objetivos específicos

- Investigar las aplicaciones de los Sistemas HVAC en la industria.
- Realizar un análisis detallado del Sistema HVAC.
- Investigar y seleccionar los dispositivos que sean necesarios para la implementación del control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos con sistema HVAC.
- Realizar la interconexión de los elementos que conforman el Sistema HVAC en el horno del proceso de secado de motores eléctricos.
- Desarrollar e implementar el algoritmo de control en el PLC.
- Diseñar la Interfaz Humano Máquina (HMI), para efectuar el control del proceso, visualización y monitoreo del secado de los motores eléctricos.
- Realizar las pruebas del correcto funcionamiento del control de temperatura en el horno del proceso de secado de motores eléctricos con sistema HVAC.
- Interpretar los resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento del control de temperatura en el horno.

1.6. Alcance del proyecto

De manera general el desarrollo y ejecución del proyecto permitirá dotar de un sistema que proporcione el control de la temperatura al horno del proceso,

para garantizar el secado uniforme de los motores eléctricos después del proceso de barnizado, lo cual permite tener un nivel de aislamiento adecuado de tal forma que brinde protección contra la humedad, temperaturas elevadas y suciedades a la que están expuestos cada uno de los motores eléctricos, además de lograr la reducción en el tiempo de mantenimiento que se brinda a cada uno de los motores.

1.7. Justificación e importancia del proyecto

Debido a la inexistencia del medio adecuado y al prolongado lapso de tiempo de aproximadamente una semana que lleva realizar el secado de un motor eléctrico dependiendo del tamaño, se ha visto en la necesidad de implementar el control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos con sistema HVAC que proporcione las condiciones necesarias para realizar el secado homogéneo de los motores eléctricos de 1500 y 3000 HP, permitiendo proteger contra la humedad, incrementando de esta manera la vida útil de los motores y reduciendo de manera significativa el tiempo de secado, lo cual permitirá incrementar la eficiencia y eficacia en la tarea del mantenimiento.

El sistema HVAC es muy importante, porque permite controlar automáticamente, el flujo de aire y la temperatura, de una manera exacta y estable, que son características que deben tenerse en cuenta en el proceso de secado de los motores eléctricos, por lo cual se pone en manifiesto el proyecto “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL HORNO DEL PROCESO DE SECADO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE 1500 Y 3000 HP CON SISTEMA “HVAC”, EN LA COMPAÑÍA REPSOL ECUADOR S.A. BLOQUE 16”, el mismo que brindará las condiciones óptimas de secado para los motores eléctricos en un periodo de tiempo menor.

1.8. Fundamentos del sistema HVAC

El Sistema HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning). Consiste en un sistema de Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado, que engloba el

conjunto de métodos y técnicas que estudian y analizan el tratamiento del aire en cuanto a su enfriamiento, calentamiento, (des)humidificación, calidad, movimiento, entre otros. El sistema HVAC refiere al control del clima, un factor importante en la automatización de edificios y/o procesos.

Se puede definir un sistema de aire acondicionado como un conjunto de equipos y elementos que tienen como objeto suministrar condiciones de confort en un determinado lugar a las personas que lo habitan, en el caso industrial, el objeto es mantener los equipos dentro de un cuarto de control en estado de humedad y temperatura óptimo para su correcto funcionamiento y por ende evitar el deterioro de los metales por corrosión. Al automatizar el sistema de aire acondicionado se disminuye los gastos de mantenimiento y ahorro de energía.

El sistema de aire acondicionado es monitoreado por medio de sensores de llenado, sensores de presión diferencial en bombas, sensores de flujo, sensores de gases de CO₂, sensores de gases tóxicos, inflamables, y demás según se requieran [3].

1.8.1. Tipos de sistemas de ventilación y aire acondicionado

A continuación se definen los diferentes tipos de sistemas de ventilación y aire acondicionado más utilizados en la actualidad.

a. Sistemas HVAC individuales.

Cuando en cada local hay un ambiente se dice que el sistema de calefacción es individual. Los sistemas individuales o locales pueden usar combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

La Figura 1.1 se presenta ejemplos de sistemas HVAC individuales.

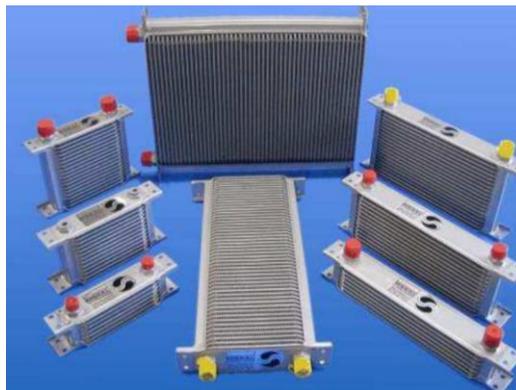


Figura 1.1. Sistema HVAC Individual

Fuente: [2]

Las ventajas y desventajas que presentan los sistemas HVAC individuales se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1

Ventajas y desventajas que presentan los sistemas HVAC individuales

Características	Descripción
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • La limpieza del sistema es sencilla y rápida. • Reducido costo de adquisición. • Facilidad de transporte. • Ideal si se desea climatizar áreas pequeñas.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada temperatura de las superficies que ceden calor, provocando mayor pérdida de calor por radiación a través de los vidrios y una mala distribución de la temperatura del aire si el área es muy grande. • Cuando no hay evacuación de gases al exterior se puede producir el vaciamiento del aire y concentración de olores desagradables en caso de utilizar sistemas de combustible líquido o gaseoso.

Fuente: [2]

b. Sistemas HVAC colectivos o centrales

Este tipo de sistemas presentan en general mejores condiciones higiénicas y de comodidad y, lo que es más importante, permite con poca atención personal calentar uniformemente áreas extensas como edificios o casas de más de una planta.

En la Figura 1.2 se puede observar un sistema HVAC colectivo o central.



Figura 1.2. Sistema HVAC colectivo o central

Fuente: [2]

1.9. Componentes del sistema HVAC

Los componentes que forma parte principal en el sistema HVAC son los siguientes:

a. Motor eléctrico

Es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos variables.

Atendiendo al tipo de corriente utilizada para su alimentación, se clasifican en:

- **Motores de corriente continua**
 - De excitación independiente.
 - De excitación serie.
 - De excitación (Shunt) o derivación.
 - De excitación compuesta (Compund).
- **Motores de corriente alterna**
 - Motores síncronos
 - Motores asíncronos:
 - Monofásicos
 - De bobinado auxiliar.
 - De espira en cortocircuito.
 - Universal.

- Trifásicos.
 - De rotor bobinado
 - De rotor en cortocircuito (Jaula de ardilla).

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) (véase la Figura 1.3).



Figura 1.3. Motor eléctrico

Fuente: [4]

El circuito magnético está formado por chapas apiladas en forma de cilindro en el rotor y en forma de anillo en el estator (véase la Figura 1.4).



Figura 1.4. Estator y rotor de motor eléctrico

Fuente: [4]

El cilindro se introduce en el interior del anillo y, para que pueda girar libremente, hay que dotarlo de un entrehierro constante.

El anillo se dota de ranuras en su parte interior para colocar le bobinado inductor y se envuelve exteriormente por una pieza metálica con soporte llamada carcasa.

El cilindro se adosa al eje del motor y puede estar ranurado en su superficie para colocar el bobinado inducido (motores de rotor bobinado) o bien se le incorporan conductores de gran sección soldados a anillos del mismo material en los extremos del cilindro (motores de rotor en cortocircuito) similar a una jaula de ardilla, de ahí que reciban el nombre de rotor de jaula de ardilla.

El eje se apoya en unos rodamientos de acero para evitar el rozamiento y se saca al exterior para transmitir el movimiento, y lleva acoplado un ventilador para refrigeración. Los extremos de los bobinados se sacan al exterior y se conectan a la placa de bornes (véase la Figura 1.5).

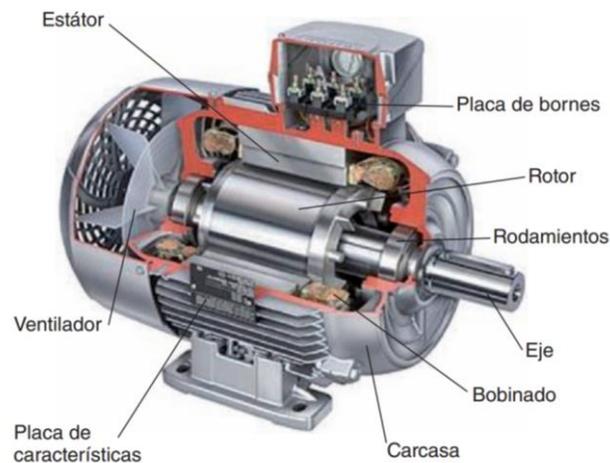


Figura 1.5. Sección de motor eléctrico

Fuente: [4]

b. Ventilador centrífugo

Es un aparato compuesto de un rodete de álabes o aletas que giran dentro de una carcasa espiral o espiraloide conocida como voluta. La rotación del rodete se asegura mediante un motor, generalmente eléctrico, siendo su finalidad poner en movimiento aire o un fluido gasiforme (véase la Figura 1.6).

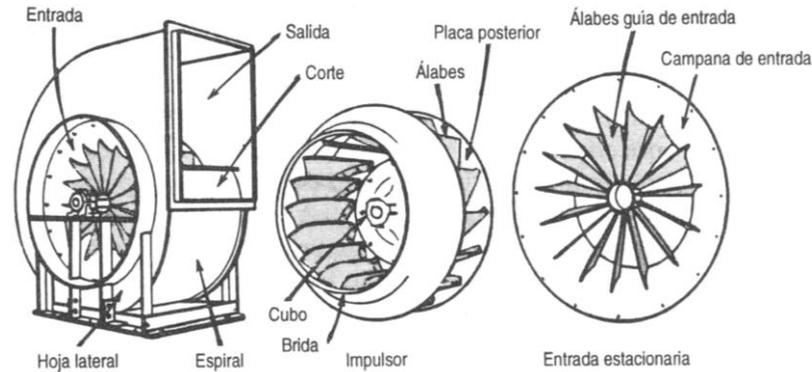


Figura 1.6. Esquema de un ventilador centrífugo típico

Fuente: [5]

Los ventiladores centrífugos se clasifican según el tipo de impulsor en: álabes de curvatura hacia adelante, álabes radiales y álabes hacia atrás (véase la Figura 1.7).

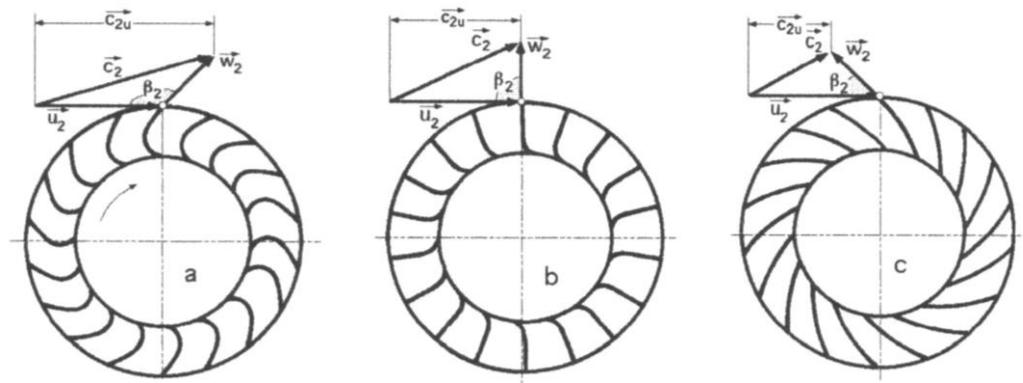


Figura 1.7. Tipo de impulsor y triangulo de velocidades a la salida de este; a) álabes curvados hacia adelante; b) álabes radiales; c) álabes inclinados hacia atrás

Fuente: [5]

- **Álabes curvados hacia adelante, $\beta_2 > 90^\circ$.** Este tipo de ventilador necesita poco espacio, baja velocidad periférica y presenta bajo nivel de ruido. Se utiliza cuando la presión estática necesaria es de baja a media. No se recomienda utilizar aire con polvo, ya que el polvo se adhiere fácilmente a los pequeños álabes, por lo que se puede provocar un desequilibrio del impulsor. Su rendimiento es bajo, el máximo está en un orden de 65% al 75%.

- **Álabes radiales, $\beta_2 = 90^\circ$.** Tienen por lo general entre 6 y 12 álabes; se emplean para impulsar aire sucio; la disposición radial de los álabes evita la acumulación de material sobre los mismos. Su principal característica es la flexibilidad en la construcción de anchura proporcional, que permite lograr presión estática alta con una capacidad más o menos baja. La velocidad periférica es media, alto nivel de ruido y se utilizan en sistemas de extracción de aire sucio o limpio.
- **Álabes inclinados hacia atrás, $\beta_2 < 90^\circ$.** Tienen un ángulo óptimo para convertir gran parte de la energía directamente a presión; por ello, son muy eficientes con un nivel de ruido relativamente bajo y de bajo consumo de energía. Estos ventiladores funcionan a velocidad media, tienen amplia capacidad de presión y volumen y producen menos carga de velocidad que los del mismo tamaño con curvatura al frente. Otra ventaja es que las pequeñas variaciones en el volumen del sistema suelen ocasionar pequeñas variaciones en la presión del aire, lo cual facilita su control. Estos poseen normalmente de 8 a 16 álabes.

c. Sistema de ductos

Los ductos constituyen las vías por las cuales el aire acondicionado en las unidades de tratamiento es llevado hacia los locales que se desea climatizar.

En cualquier sistema para la climatización con circulación mecánica, el ventilador o los ventiladores deben tener la capacidad adecuada en cuanto a volumen de aire y una presión estática igual o ligeramente mayor que la resistencia total que se tiene en el sistema de ductos.

El tamaño de los ductos se elige para las velocidades máximas de aire sin que se causen ruidos molestos o pérdidas excesivas de presión. Los ductos grandes reducen las pérdidas de fricción, sin embargo la inversión y espacio son factores que deben ser compensados por el ahorro de potencia del ventilador. El trazado de los ductos debe ser en lo posible muy directo evitando vueltas muy agudas y ductos muy desproporcionados.

Para la construcción de ductos se emplean láminas metálicas generalmente tol galvanizado, los ductos más utilizados son rectangulares aunque también pueden ser de forma circular (véase la Figura 1.8).

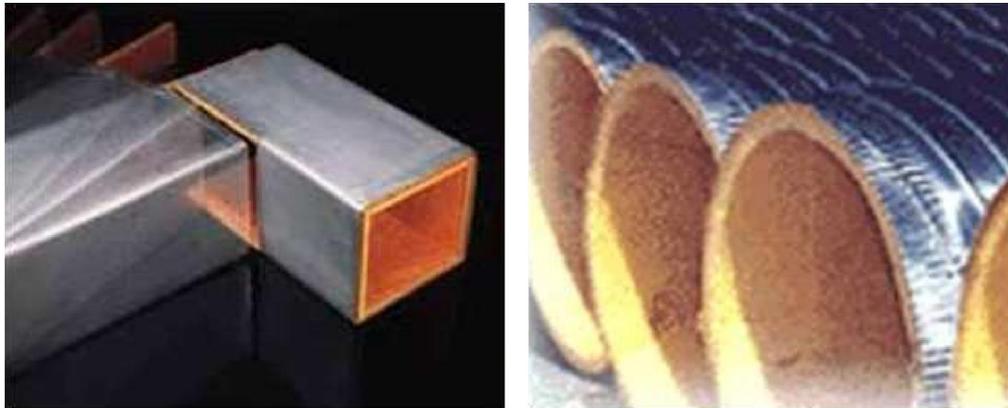


Figura 1.8. Ductos para sistemas de climatización con aislamiento térmico

Fuente: [6]

Cualquier sistema de ductería en lámina metálica debe ser aislado térmica y acústicamente a fin de evitar la transmisión de sonido de las máquinas y la formación de condensados que terminan por corroer el metal. Las láminas de fibra de vidrio son un eficiente aislamiento térmico y por lo tanto con su uso se garantiza el ahorro de energía.

Los ductos deben ser herméticos ya que si se presentan pérdidas de aire caliente o frío se requiere emplear equipos de mayor capacidad de la necesaria para compensar posibles pérdidas de aire. Además de los ductos, todos los accesorios utilizados para la instalación del sistema deben tolerar esfuerzos extremos para evitar cualquier tipo de fuga.

d. Resistencia calefactora

Es un dispositivo eléctrico que convierte energía eléctrica en calor. Su funcionamiento se basa en el Efecto Joule. Las resistencias eléctricas calefactoras pueden realizar el calentamiento tanto por convección, conducción o radiación (véase la Figura 1.9).



Figura 1.9. Resistencia calefactora aleteada

Fuente: [7]

La resistencia de un conductor está definida por la conductividad, longitud, la superficie transversal del objeto y por la temperatura. A una temperatura dada, la resistencia es proporcional a la longitud del conductor e inversamente proporcional a su conductividad y a su superficie transversal. Generalmente, la resistencia de un material aumenta cuando crece la temperatura.

e. Difusores y rejillas de aspiración

Los difusores son dispositivos diseñados para prolongar el aire acondicionado en diversas direcciones, generalmente se ubica en los techos falsos aunque, en algunas situaciones se reparten a nivel del suelo o en paredes, esto debido a los criterios de algunos diseñadores sobre la eficacia en la distribución del aire.

Las rejillas de aspiración al contrario de los difusores, se encargan de tomar el aire ya contaminado del interior de los locales para que sea conducido a la unidad de tratamiento donde podrá ser acondicionado nuevamente o para ser expulsado. Estos dispositivos se ubican a nivel del piso o en la parte inferior de las paredes.

Tanto ductos como rejillas de aire no deben generar ruidos elevados por el paso del aire. La potencia sonora de una unidad terminal de impulsión de aire dependerá de la misma velocidad de paso de aire de su geometría y del caudal de aire que pasa a través de la misma o sea de su sección efectiva.

Las rejillas de aire son dispositivos que poseen ranuras que permiten el paso del aire por estas, según su diseño pueden ser empleadas tanto para el suministro, retorno o la extracción. Estos equipos pueden tener diversas geometrías como se observa en la Figura 1.10.

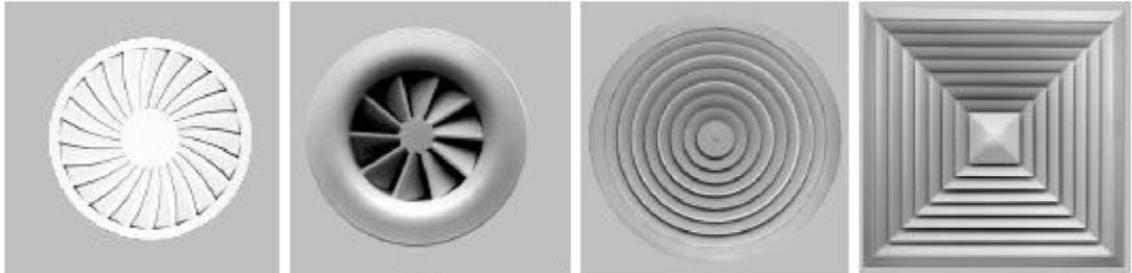


Figura 1.10. Rejillas de difusión y aspiración de aire

Fuente: [6]

f. Sensores

Son dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde con una señal eléctrica.

Los criterios de clasificación de los sensores son los siguientes:

- **Según requerimientos de fuente de energía**

Sensor activo: Es un sensor que requiere una fuente externa de excitación como las RTD o células de carga.

Sensor pasivo: Es un sensor que no requiere una fuente externa de excitación como los termopares o fotodiodos

- **Naturaleza de la señal de salida**

Sensores Analógicos. Proveen una señal continua tanto en magnitud como en contenido espacial o temporal.

Sensores Digitales. La salida toma la forma de escalones o estados discretos.

- **Naturaleza de la magnitud a medir**

Mecánicos, Térmicos, Magnéticos, Químicos, etc.

- **Variable física de medida**

Resistivo, Inductivo, Capacitivo, Piezoeléctrico, etc.

g. Actuador

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso físico. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final.

Tipos:

- **Actuadores electrónicos.** Basados en mecanismos electrónicos.
- **Actuadores hidráulicos.** Basados en líquidos a presión.
- **Actuadores neumáticos.** Basados en aire a presión.
- **Actuadores eléctricos.** Basados en energía eléctrica.

Todo el equipamiento suplementario involucrado en los sistemas HVAC necesita estar correctamente instalado para asegurarse de que el sistema esté trabajando a una eficiencia óptima. Las abrazaderas correctas en un sistema HVAC tienen una resistencia a la tensión de al menos 50 libras (22,67 kg) y tienen una categoría de temperatura a aproximadamente 165° Fahrenheit (74° C). Los sistemas HVAC de calidad emplean sellantes no tóxicos que son resistentes al agua y están clasificados para uso de exteriores. Los metales galvanizados son el material recomendado para utilizar para los conductos y las conexiones.

1.10. Métodos de control automático

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

Actualmente, cualquier mecanismo, sistema o planta industrial presenta una parte actuadora, que corresponde al sistema físico que realiza la acción, y otra parte de mando o control, que genera las órdenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo.

El uso intensivo de las técnicas del control automático de procesos tiene como origen la evolución y tecnificación de las tecnologías de medición y control aplicadas al ambiente industrial [8].

Su estudio y aplicación ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas y beneficios asociados al ámbito industrial, que es donde tiene una de sus mayores aplicaciones debido a la necesidad de controlar un gran número de variables, sumado esto a la creciente complejidad de los sistemas. El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo asociado a la generación de bienes y servicios, incrementa la calidad y volúmenes de producción de una planta industrial entre otros beneficios asociados con su aplicación.

El principio de todo sistema de control automático es la aplicación del concepto de realimentación o feedback (medición tomada desde el proceso que entrega información del estado actual de la variable que se desea controlar) cuya característica especial es la de mantener al controlador central informado del estado de las variables para generar acciones correctivas cuando así sea necesario [9].

1.11. Tipos de sistemas de control

Los sistemas de regulación se pueden clasificar en:

Sistemas de bucle o lazo abierto: son aquellos en los que la acción de control es independiente de la salida.

Sistemas de bucle o lazo cerrado: son aquellos en los que la acción de control depende en cierto modo de la salida.

a. Sistemas de control de lazo abierto

Un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Los sistemas de control de lazo abierto son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la señal o acción de control. La Figura 1.11 se muestra la forma de cómo se implementa un sistema de control de este tipo. [8]



Figura 1.11. Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo abierto

Fuente: [8]

Los sistemas de lazo abierto son económicos pero normalmente inexactos. Un sistema de control de lazo abierto es insensible a las perturbaciones; por consiguiente un sistema de control de este tipo es útil cuando se tiene la seguridad que no existen perturbaciones actuando sobre el mismo.

En la práctica solo se puede usar el control de lazo abierto si la relación entre la entrada y la salida es conocida, y si no hay perturbaciones internas ni externas importantes.

De lo dicho anteriormente no deberá concluirse que los sistemas de control de lazo abierto sean ineficaces. Debido a la simplicidad y economía se los utiliza en muchas aplicaciones no críticas.

b. Sistema de control de lazo cerrado

En los sistemas de control de lazo cerrado, la salida o señal controlada, debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se debe enviar una señal actuante o acción de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y la salida a través del sistema, para disminuir el error y corregir la salida [9].

La Figura 1.12 muestra la relación entrada-salida de un sistema de control de lazo cerrado.

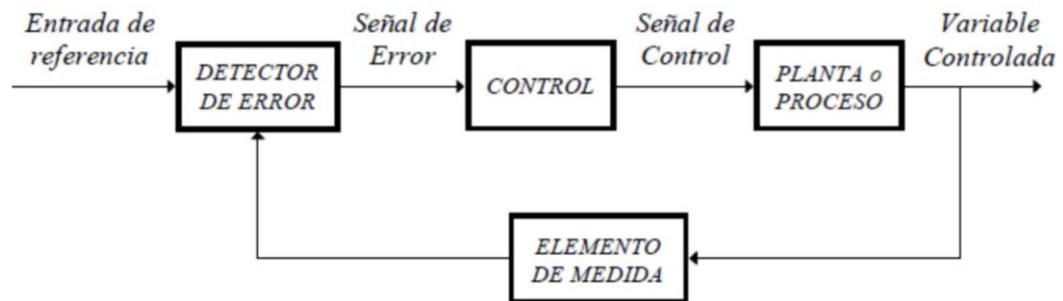


Figura 1.12. Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo cerrado

Fuente: [9]

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control. Esto es, los sistemas de control de lazo cerrado son sistemas de control realimentados. La diferencia entre la señal de entrada y la señal de salida se la denomina señal de error del sistema; esta señal es la que actúa sobre el sistema de modo de llevar la salida a un valor deseado. En otras palabras el término lazo cerrado implica el uso de acción de realimentación negativa para reducir el error del sistema.

1.12. Modos de sistemas de control

La forma en la cual el controlador automático produce la señal de control se llama “acción de control”. Los controladores automáticos comparan el valor real de la salida de la planta con la entrada de referencia, lo cual determina la desviación con la que el controlador debe producir una señal de control que reduzca la desviación.

En la Figura 1.13 se muestra un sistema de control automático general formado por un controlador, un actuador, una planta y un sensor.

En el diagrama siguiente el controlador detecta la señal de error, el controlador amplifica la señal y la envía al actuador que produce la entrada a la planta; la salida de la planta es medida por un sensor que transforma la

señal y la envía al controlador para que pueda ser comparada con la señal de referencia [10].

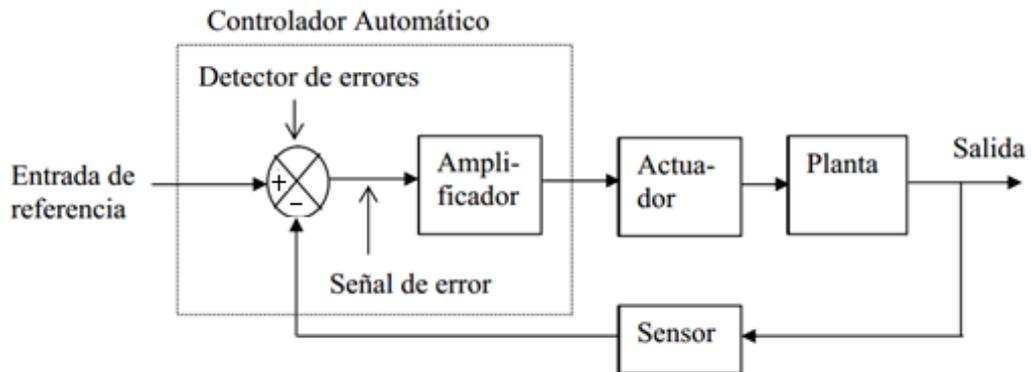


Figura 1.13. Diagrama de bloques general de un control automático

Fuente: [10]

Las acciones básicas de control son las siguientes:

- Acción de Control Encendido-Apagado.
- Acción de Control Encendido-Apagado con Banda Muerta.
- Acción de Control Proporcional.
- Acción de Control Integral.
- Acción de Control Proporcional Integral.
- Acción de Control Proporcional Derivativo.
- Acción de Control Proporcional Integral Derivativo.

1.12.1. Acción de Control Encendido-Apagado

La acción de Encendido-Apagado es también conocida por su nombre en inglés On-Off. Para esta acción de control el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas que en la mayoría de los casos son apagado y encendido. Este control es relativamente simple y barato, por lo cual su uso es muy extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

Si tenemos una señal de salida del controlador $u(t)$ y una señal de error $e(t)$, en el control de dos posiciones, la señal $u(t)$ permanece en un valor ya

sea máximo o mínimo, dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa. De este modo

$$u(t) = U_1, \quad \text{para } e(t) > 0 \quad \text{Ecuación 1.1}$$

$$u(t) = U_2, \quad \text{para } e(t) < 0 \quad \text{Ecuación 1.2}$$

donde U_1 y U_2 son constantes. Por lo general, el valor mínimo de U_2 es cero o menos U_1 [11].

En la Figura 1.14 se muestra el diagrama de bloques de un controlador Encendido-Apagado.

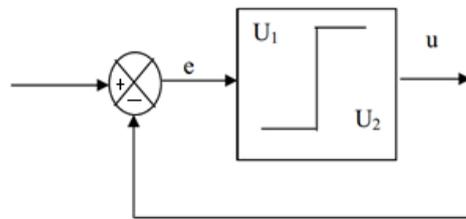


Figura 1.14. Esquema del Control Encendido-Apagado

Fuente: [11]

1.12.2. Acción de Control Encendido-Apagado con Banda Muerta

La brecha diferencial o banda muerta es el rango en el que debe moverse la señal de error antes de que ocurra la conmutación. La banda provoca que la salida del controlador $u(t)$ conserve su valor presente hasta que la señal de error se haya desplazado ligeramente más allá de cero.

La banda muerta en el control Encendido-Apagado es usada con frecuencia para evitar una operación demasiado frecuente del mecanismo de encendido y apagado.

Para una acción de control Encendido-Apagado con Banda Muerta la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$$u(t) = U_1, \quad \text{para } e(t) + B/2 > 0 \quad \text{Ecuación 1.3}$$

$$u(t) = U_2, \quad \text{para } e(t) - B/2 < 0$$

Ecuación 1.4

donde B es la brecha diferencial.

La magnitud de la banda muerta debe determinarse a partir de consideraciones tales como la precisión requerida y la vida del componente, ya que la reducción de la banda diferencial aumenta la cantidad de conmutaciones de encendido y apagado por minuto y reduce la vida útil del componente [12].

La Figura 1.15 muestra el diagrama de bloques de un controlador Encendido-Apagado con Banda Muerta.

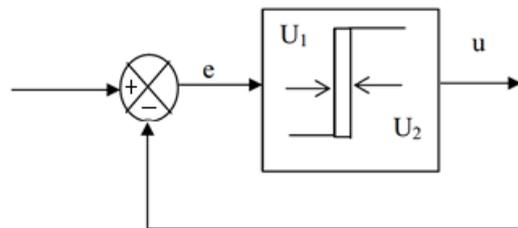


Figura 1.15. Esquema del Control Encendido-Apagado con Banda Muerta

Fuente: [12]

1.12.3. Acción de Control Proporcional

El controlador Proporcional es en realidad un amplificador con ganancia ajustable. Este control reduce el tiempo de subida, incrementa el sobreimpulso y reduce el error de estado estable. [13]

Para una acción de control Proporcional la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$$u(t) = K_p e(t) \quad \text{Ecuación 1.5}$$

donde K_p es la ganancia proporcional.

Un ejemplo típico de control proporcional se muestra en la Figura 1.16, donde se observa la conducta de la variable controlada después de un salto en

escalón unitario en el punto de consigna. Se observan los siguientes hechos característicos cuando aumenta la ganancia K_p del controlador:

1. El error en estado estacionario disminuye.
2. El proceso responde más rápidamente.
3. La sobre oscilación y las oscilaciones aumentan.

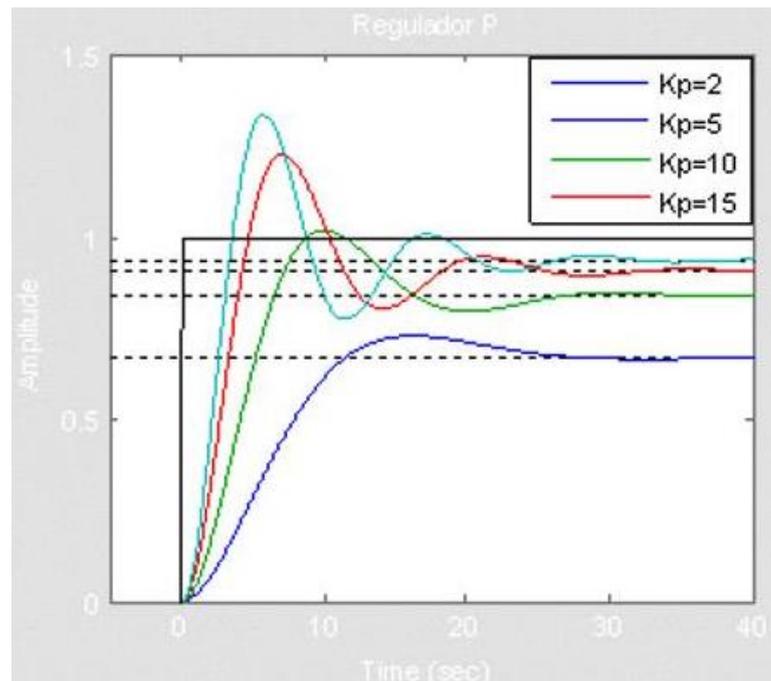


Figura 1.16. Formas de onda del control proporcional con distinta ganancia (K_p)

Fuente: [14]

1.12.4. Acción de Control Integral

La acción de control Integral se denomina control de reajuste (reset). En un controlador integral la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t) \quad \text{Ecuación 1.6}$$

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) \quad \text{Ecuación 1.7}$$

donde K_i es una constante ajustable.

Si se duplica el valor de $e(t)$, el valor de $u(t)$ varía dos veces más rápido. Para un error de cero, el valor de $u(t)$ permanece estacionario. [15]

1.12.5. Acción de Control Proporcional Integral

El control Proporcional Integral decrementa el tiempo de subida, incrementa el sobreimpulso y el tiempo de estabilización, y tiene efecto de eliminar el error de estado estable pero empeorará la respuesta transiente.

La acción de control Proporcional Integral se define mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad \text{Ecuación 1.8}$$

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

El tiempo integral ajusta la acción del control, mientras que un cambio en el valor de K_p afecta las partes integral y proporcional de la acción de control. El inverso del tiempo integral T_i se denomina velocidad de reajuste. La velocidad de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. La velocidad de reajuste se mide en términos de las repeticiones por minuto. [16]

Las propiedades de la acción integral se muestran en la Figura 1.17 en la que se puede ver la simulación de un controlador PI. Se observan los siguientes hechos característicos cuando se aumenta el tiempo integral y la constante proporcional se mantiene constante.

1. La sobre oscilación y las oscilaciones disminuye.
2. El error en estado estable tiende a cero.
3. El proceso responde más lento.

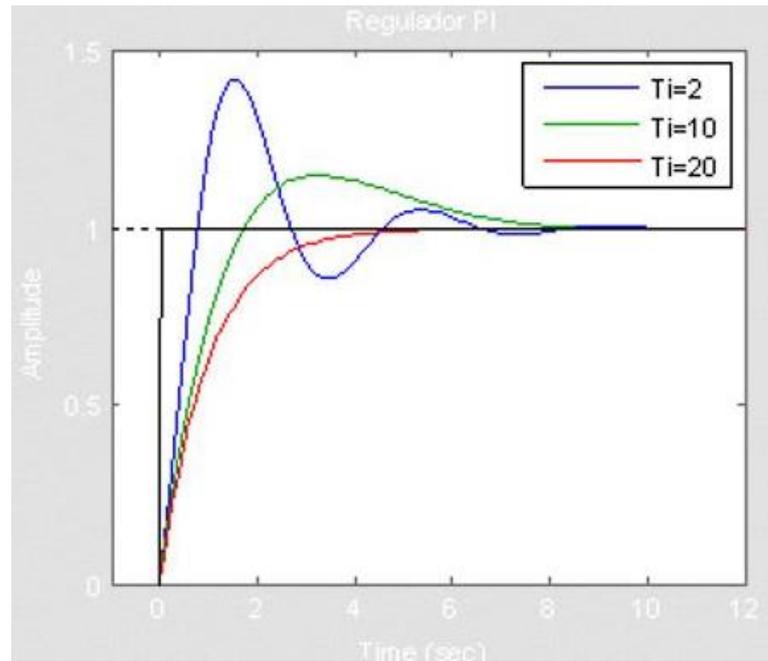


Figura 1.17. Formas de onda del control integral con distinto tiempo integral (Ti)

Fuente: [14]

1.12.6. Acción de Control Proporcional Derivativo

El control Proporcional Derivativo reduce el sobre impulso y el tiempo de estabilización, por lo cual tendrá el efecto de incrementar la estabilidad del sistema mejorando la respuesta del sistema. La relación de un controlador Proporcional Derivativo entre la salida $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ está dada por:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad \text{Ecuación 1.9}$$

en donde K_p es la ganancia proporcional y T_d es una constante denominada tiempo derivativo.

La acción de control Derivativo, en ocasiones llamada control de velocidad, ocurre donde la magnitud de la salida del controlador es proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. El tiempo Derivativo T_d es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de la velocidad hace avanzar el efecto de la acción proporcional. La acción de control Derivativo tiene un carácter de

previsión. Sin embargo, es obvio que una acción de control Derivativo nunca prevé una acción que nunca ha ocurrido.

Aunque la acción de control Derivativo tiene la ventaja de ser de previsión, tiene las desventajas de que amplifica las señales de ruido y puede provocar un efecto de saturación en el actuador [11].

Las propiedades de la acción derivativa se muestran en la Figura 1.18 en la que se puede ver la simulación de un controlador PD. Se observan los siguientes hechos característicos cuando se aumenta el tiempo derivativo y la constante proporcional se mantiene constante.

1. La sobre oscilación y las oscilaciones disminuye.
2. El error en estado estable se mantiene.
3. El proceso responde más rápido y la respuesta se va aproximando cada vez más a una exponencial.

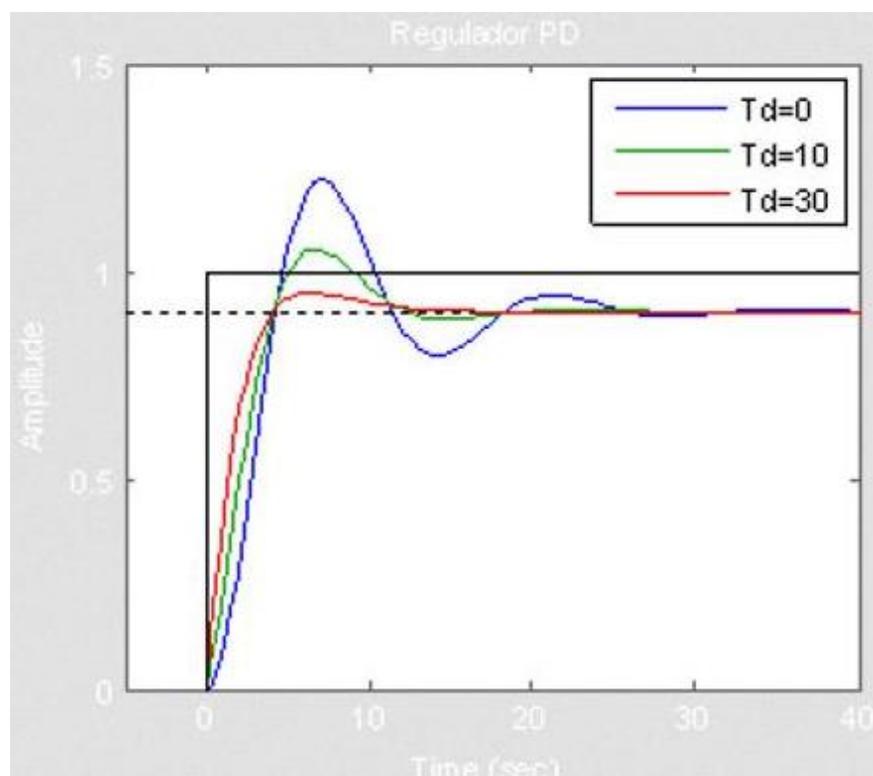


Figura 1.18. Formas de onda del control Derivativo con distinto tiempo derivativo (T_d)

Fuente: [14]

1.12.7. Acción de Control Proporcional Integral Derivativo

La combinación de una acción de control Proporcional, una acción de control Integral y una acción de control Derivativo se denomina acción de control Proporcional Integral Derivativo. Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales.

Si el punto de control se aleja del punto de ajuste, la función derivada emite una acción correctiva para que el punto de control regrese más rápido que a través de la acción integral por sí sola. Si el punto de control se acerca al punto de ajuste, la función derivada reduce la acción correctiva para que se acerque de manera más lenta al punto de ajuste, lo cual reduce la posibilidad de sobrecalentamiento.

Tabla 1.2

Resumen de las características de los controles mencionados

Tipo de Control	Tipo de subida	Sobre impulso	Tiempo de estabilización	Error en estado estable
Proporcional	Decrece	Crece	Cambio menor	Decrece
P. Integral	Decrece	Crece	Crece	Se elimina
P. Derivativa	Cambio menor	Decrece	Decrece	Cambio menor

Fuente: [16]

Las correlaciones de la Tabla 1.2 no son muy precisas, porque K_p , K_i y K_d son dependientes entre sí, por lo cuál esta tabla sólo debe ser tomada como una referencia.

La relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ de la acción de control Proporcional Integral Derivativo está dado por:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad \text{Ecuación 1.10}$$

En donde K_p es la ganancia proporcional, T_i es el tiempo integral y T_d es el tiempo derivativo [11].

1.13. Aplicaciones del Sistema HVAC

Los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire tienen numerosas aplicaciones, de acuerdo a las necesidades que presenten cada uno de los procesos industriales, para que los equipos trabajen de forma adecuada o sus productos no presenten fallas.

La relevancia de la ventilación va más allá de remover el calor de un almacén que no cuenta con aire acondicionado o de remover olores y humedad de cocinas o baños en una planta de manufactura. Aunque estas son, quizás, sus aplicaciones más comunes y numerosas, la ventilación va mucho más allá de estas simples aplicaciones de extracción. Por ejemplo, se ha comprobado la relación directa entre la productividad y la salud de los empleados con respecto al nivel de ventilación en un área de trabajo.

En aplicaciones donde se tiene un número elevado de personal laborando o donde se requiera que las personas presentes se mantengan atentas por un periodo prolongado de tiempo (cine, sala de conferencias, salas de juntas), es recomendable tener un buen nivel de ventilación para evitar una alta concentración de CO₂, ya que esto provoca somnolencia. En los hospitales, especialmente en ciertas áreas, laboratorios requieren de aire acondicionado para prevenir la aparición de bacterias y gérmenes. Además la climatización apropiada de un ambiente hospitalario contribuye a la recuperación y terapias de pacientes. Para otros usuarios como personal médico, rodante y administrativo, las adecuadas condiciones climáticas favorecen el desempeño en sus funciones y hacen más agradable su permanencia dentro de las instalaciones. Además, existen casos en los que no sólo es una cuestión de confort o productividad, sino de seguridad. Algunos componentes o gases generados, ya sea en un piso de producción o en un laboratorio, pueden llegar a ser inflamables o altamente combustibles si se permite que su concentración alcance niveles altos, y aquí también cobra una gran importancia el sistema de ventilación.

En los últimos años el valor que la industria HVAC le ha dado a la ventilación ha aumentado considerablemente. Como consecuencia, ASHRAE ha hecho importantes modificaciones a sus estándares relacionados con el aire de ventilación y la calidad del aire.

Dentro de las organizaciones que regulan los sistemas HVAC a nivel mundial, se encuentran:

- **ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Conditioning Engineers).** La Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción (ASHRAE) es una sociedad internacional técnica dedicada a mejorar la calidad de vida a través de los avances tecnológicos relacionados a la calefacción, refrigeración, aire acondicionado y ventilación (HVAC). El ASHRAE está compuesto por más de 55,000 miembros voluntarios en más de 130 países. Los miembros de la sociedad participan en el desarrollo de tecnología en HVAC creando estándares, recomendando procedimientos y guías, investigando y publicando artículos técnicos.
- **SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Suppliers National Association).** Es una asociación comercial internacional con más de 4.500 miembros. Se especializan en la calefacción, ventilación y aire acondicionado, además crea múltiples normas y manuales técnicos, dirigiéndose a todas las facetas de la ingeniería de la construcción de ductos y la instalación de control de la contaminación del aire y recuperación de energía.
- **AMCA (Asociación Internacional del Movimiento y Control de Aire).** Es una asociación internacional sin fines de lucro de los fabricantes de los equipos de sistemas de aire relacionados a: ventiladores, lumberras, compuertas, cortinas de aire, estaciones de medida de la circulación del aire, atenuadores acústicos, y otros componentes del sistema de aire para los mercados industriales, comerciales y residenciales.

CAPÍTULO II

2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1. Introducción

El presente capítulo va a detallar todo acerca de los equipos empleados, el diseño e implementación del control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos, la configuración y programación de los diferentes equipos a emplearse.

2.2. Especificación de requisitos del sistema

La implementación del control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos requerirá de la instalación, conexión y configuración de dispositivos de control, instrumentación y visualización entre otros, con la finalidad de integrar un sistema de lazo cerrado que sea capaz de controlar de manera autónoma el proceso, para dicho propósito se utilizará un PLC, el cual recibirá información analógica de la variable del proceso proveniente de un sensor de temperatura, el PLC procesa la información de acuerdo al modo de control configurado y envía señales de control a un driver de accionamiento de triac's, el mismo que regulará la potencia eléctrica que será entregada hacia las resistencias calefactoras y de este modo mantener control sobre la temperatura del horno.

Además será posible visualizar las variables de proceso y monitorear el sistema de temperatura en una terminal de operador HMI. Adicionalmente a las funciones de control, el PLC debe ser capaz de realizar la gestión de comunicación e intercambio de datos entre la HMI y el PLC.

La interfaz HMI proporcionará monitoreo del proceso de forma permanente, con una interfaz intuitiva y amigable ofreciendo la mayor facilidad al ser manipulada por el operador o usuario.

2.3. Descripción general de los equipos

El diseño e implementación del control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos de 1500 y 3000 HP con sistema HVAC, se ha realizado un estudio general de todos los equipos y elementos que se van a utilizar en el desarrollo del proyecto, los mismos que se indican a continuación.

2.3.1. Sensor de temperatura Pt100

El sensor Pt100 es un sensor de temperatura que basa su funcionamiento en la variación de la resistencia a cambios de temperatura del medio. Consiste en un alambre de platino que a 0°C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El material que forma el conductor (platino), posee un coeficiente de temperatura de resistencia α , el cual determina la variación de la resistencia del conductor a cada grado que cambia su temperatura según la siguiente ecuación.

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde:

R_0 = resistencia en Ω (ohms) a 0°C.

R_t = resistencia en Ω (ohms) a t °C.

t = temperatura actual.

α = coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor entre 0°C y 100°C es de $0.003850 \Omega * (1/\Omega) * (1/^\circ C)$ en la escala Práctica de Temperaturas Internacionales (IPTS-68).

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde (véase la Figura 2.1).

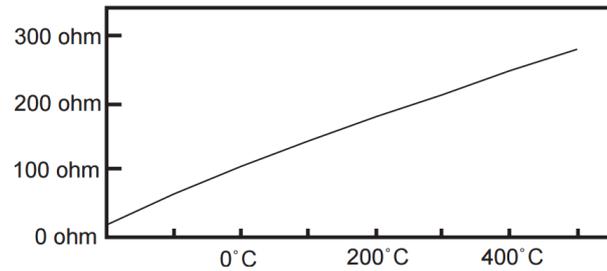


Figura 2.1. Relación entre Resistencia y Temperatura del PT100

Fuente: [17]

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo). Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vainas), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

2.3.1.1. Ventajas del Pt100

Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no muy rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200°C).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

2.3.1.2. Conexión de la Pt100

Existen 3 modos de conexión para las Pt100, cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto.

El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica $R(t)$ del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables R_c .

a. Con dos (2) hilos

El modo más sencillo de conexión (pero menos recomendado) es con solo dos cables (véase la Figura 2.2).

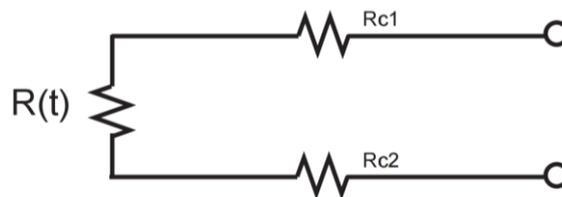


Figura 2.2. Conexión de la Pt 100 con 2 hilos

Fuente: [17]

En este caso las resistencias de los cables R_{c1} y R_{c2} que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable. El lector medirá el total $R(t) + R_{c1} + R_{c2}$ en vez de $R(t)$.

Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de R_{c1} y R_{c2} y así disminuir el error en la lectura.

b. Con tres (3) hilos

El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables (véase la Figura 2.3).

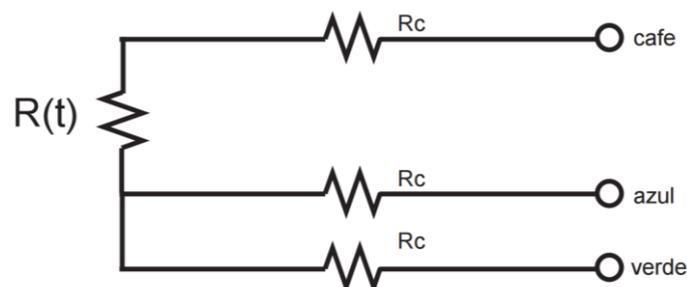


Figura 2.3. Conexión de la Pt 100 con 3 hilos

Fuente: [17]

El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión. En este caso particular, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide $2R_c$. Luego mide la resistencia por los cables café y azul para finalmente restarle $2R_c$ al valor medido y obtener $R(t)$.

c. Con cuatro (4) hilos

El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso (véase la Figura 2.4).

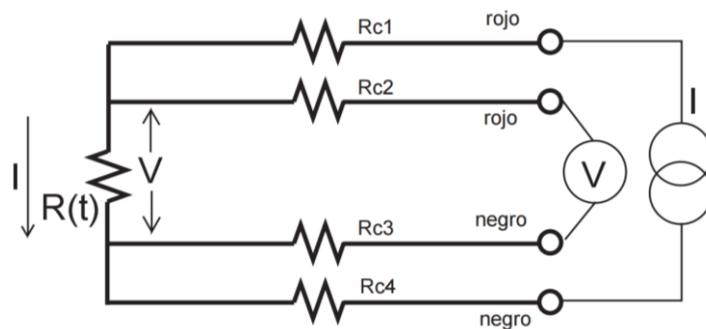


Figura 2.4. Conexión de la Pt 100 con 4 hilos

Fuente: [17]

Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente I conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$.

Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables R_{c2} y R_{c3} será cero ($dV = I_c * R_c = 0 * R_c = 0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$. Finalmente el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida.

2.3.2. Driver de accionamiento de triac's

El driver de accionamiento de triac's, es básicamente un conversor AC/AC cuyo ángulo de disparo es gobernado por una señal analógica estándar de corriente de 4 - 20 mA o 0 - 10VDC, 4mA para un ángulo de disparo de 180°, es decir, cero de potencia entregada a la carga y 20mA para un ángulo de disparo de 0° en el cual se transfiere el 100% de la potencia hacia la carga.

Los controladores AC/AC tienen como finalidad suministrar tensión y corriente alterna a partir de una fuente de corriente alterna. Su operación se basa en la conexión y desconexión a intervalos regulares de la fuente sobre la carga.

Este convertidor está conformado por semiconductores de potencia que controlan la conexión de la fuente en cada semiciclo de la señal de corriente alterna de la red [18].

2.3.2.1. Control por ángulo de fase

Uno de los métodos más comunes para variar el valor eficaz de una tensión alterna es por medio del llamado control por ángulo de fase, en el cual, dado un semiciclo de la red, el interruptor se acciona o dispara en un determinado ángulo, haciendo que la carga esté conectada a la entrada por un intervalo de tiempo menor o igual a un semiciclo. Dicho de otro modo, el control por ángulo de fase, como su propio nombre indica, está basado en la regulación del ángulo de disparo de los tiristores.

Usualmente se habla de ángulo de disparo, o ángulo de fase α , como el instante de tiempo (expresado en grados) a partir del paso por cero de la tensión de entrada en el que se dispara un tiristor. Para el caso de una carga resistiva, el ángulo de disparo puede valer entre 0° y 180°.

Los valores de tensión, corriente y potencia en la carga dependerán, no solo del ángulo de disparo, como también del tipo de carga alimentada. La Figura 2.5 muestra el circuito y las formas de onda de un regulador de tensión CA con control por ángulo de fase y carga resistiva. La abertura del SCR se

dará en el momento en que la corriente cae por debajo de la corriente de mantenimiento del componente. Lógicamente las formas de onda de tensión y corriente en la carga son las mismas, si bien con distintas escalas.

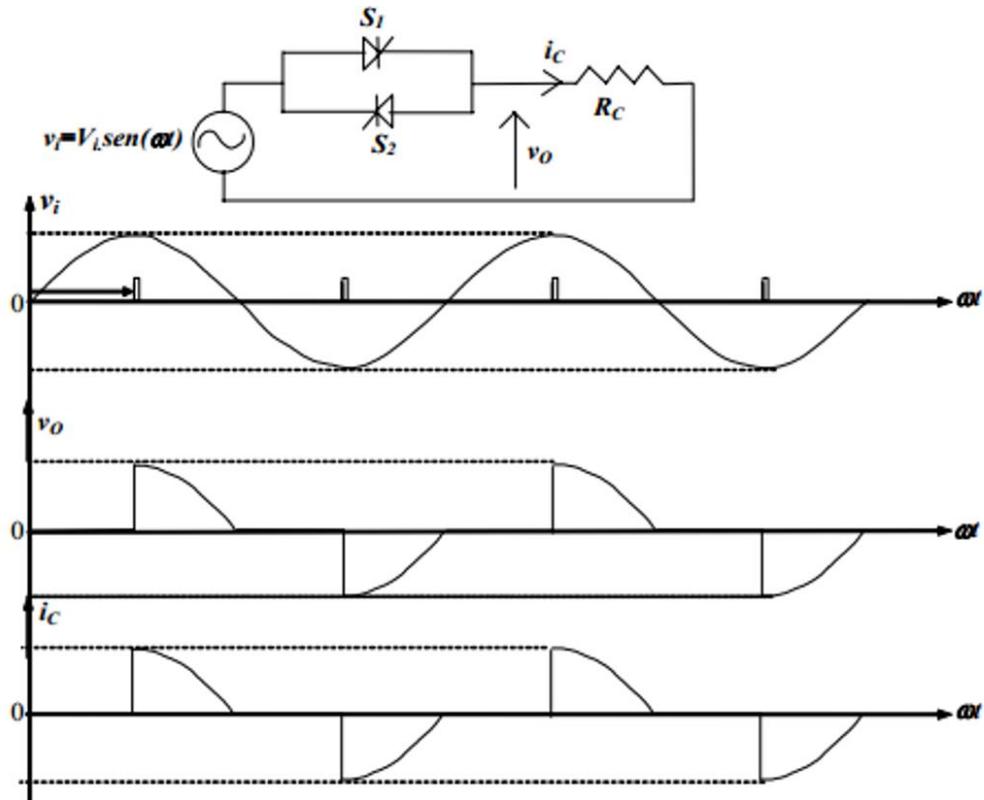


Figura 2.5. Control por ángulo de fase de un regulador de alterna

Fuente: [18]

En función del ángulo de disparo α , la tensión eficaz de salida puede variarse desde 0 ($\alpha = \pi$) hasta el valor máximo de la tensión de entrada ($\alpha = 0$), siempre y cuando la carga sea puramente resistiva.

2.3.2.2. Aplicaciones

Las aplicaciones más comunes de éste tipo de reguladores son:

- Calentamiento industrial (control de temperatura);
- Control de intensidad luminosa en lámparas incandescentes;
- Accionamiento de motores de CA;
- Arranque suave de motores de inducción;

- Compensación de energía reactiva.
- Control de transformadores.

2.3.3. Resistencia calefactora

Las resistencias calefactoras convierten energía eléctrica en calor. La resistencia calefactora permite tener un cierto grado de temperatura la cual dará calentamiento para la calefacción de aire, dependiendo del grado de temperatura que se desee obtener.

La resistencia de un conductor está definida por la conductividad, longitud, la superficie transversal del objeto y por la temperatura. A una temperatura dada, la resistencia es proporcional a la longitud del conductor e inversamente proporcional a su conductividad y a su superficie transversal. Generalmente, la resistencia de un material aumenta cuando crece la temperatura.

En la actualidad las resistencias calentadoras se utilizan para infinidad de aplicaciones. La gran mayoría de ellas son fabricadas con un alambre de una aleación de níquel (80%) y cromo (20%). Esta aleación soporta temperaturas muy altas (1000° C), es resistivo (condición necesaria para generar calor), es muy resistente a los impactos y es inoxidable.

2.3.4. Ventilador

Los ventiladores y sopladores proveen aire para ventilación en requerimientos de procesos industriales. Los ventiladores generan una presión para mover aire (o gases) contra una resistencia causada por ductos, “dampers” u otros componentes en un sistema de ventilación. El rotor del ventilador recibe la energía desde una flecha giratoria y la transmite hacia el aire.

Los ventiladores, sopladores y compresores son diferenciados por el método usado para mover el aire y por la presión que ellos deben operar. La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) los especifica por la tasa de la presión de descarga sobre la presión de succión. Son los

compresores los que tienen la tasa más alta, seguido por los sopladores y al final por los ventiladores.

Los ventiladores y sopladores caen en dos categorías generales: de flujo centrífugo y de flujo axial, como se muestra en la Figura 2.6.

En los de flujo centrífugo, el flujo de aire cambia de dirección dos veces, una cuando entra y la otra cuando sale (ya sean de aspas curvadas hacia adelante, curvadas hacia atrás o radiales).

Los radiales pueden manejar flujos medianos a altas presiones con una relativa alta eficiencia de hasta 0.75.

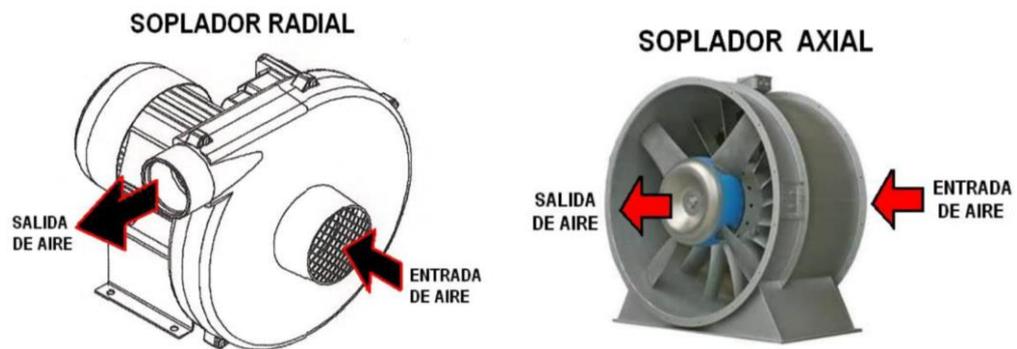


Figura 2.6. Sopladores de flujo centrífugo (radial) y de flujo axial

Fuente: [19]

Las partes de un soplador radial pueden verse en la Figura 2.7:

1. Salida de aire.
2. Entrada de aire.
3. Motor.
4. Caja de conexiones.
5. Tapa de caja de conexiones.
6. Base de montaje.

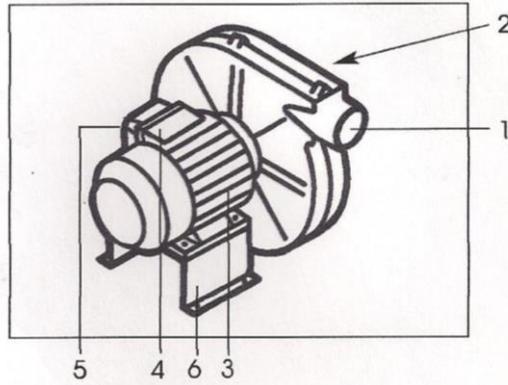


Figura 2.7. Partes de un soplador

Fuente: [19]

2.3.5. Controlador lógico programable

Un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller PLC), es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.

Los PLC's operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción.

Los elementos que contienen un PLC son:

- Unidad central de proceso.
- Módulos de entrada.
- Módulos de salida.
- Fuente de alimentación.
- Dispositivos periféricos.
- Interfaces

La unidad central es el “cerebro” del PLC. Este toma las decisiones relacionadas al control de la máquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de sensado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.

Los módulos de entrada y salida son la sección del PLC en donde sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitorea y controla el proceso.

La fuente de alimentación convierte altos voltajes de corriente de línea (115V 230V CA) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V DC) requeridos por el CPU y los módulos de entrada y salida.

Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

2.3.5.1. Clasificación de Controladores Lógicos Programables

Por tipo de formato la clasificación de autómatas es la siguiente:

a. Compactos

En un solo bloque se encuentran la CPU, la fuente de alimentación, la sección de entradas y salidas, y el puerto de comunicación, este tipo de PLC se utiliza cuando nuestro proceso a controlar no es demasiado complejo y no requerimos de un gran número de entradas y/o salidas o de algún módulo especial.

b. Modulares

Están compuestos por módulos o tarjetas adosadas al rack con funciones definidas: CPU, fuente de alimentación, módulos de E/S, etc. La expansión se realiza mediante conexión entre racks.

2.3.5.2. Ventajas e inconvenientes de los PLC's

Entre las ventajas se tiene:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómeta.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómeta queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Y entre los inconvenientes:

- Adiestramiento de técnicos.
- El costo inicial de lo que implica automatizar una tarea con un PLC es muy elevado.
- Centraliza el proceso.

2.3.6. PLC LOGO!

LOGO! es el módulo lógico universal de Siemens, ideal para tareas sencillas de automatización industrial y de edificios. Este módulo lógico inteligente destaca por su extraordinaria facilidad de manejo y lo tiene todo en cuanto a funcionalidades, gracias, entre otras cosas, a su alta capacidad de almacenamiento y su uso eficiente de la memoria. Gracias a sus módulos de ampliación, LOGO! puede gestionar sin problemas incluso instalaciones complejas (véase la Figura 2.8).

Una amplia gama de módulos permite ampliar LOGO! De manera personalizada: hasta 24 entradas digitales, 16 salidas digitales, 8 entradas analógicas y dos salidas analógicas. También pueden incluirse módulos de comunicación para AS-Interface y KNX.

Por ejemplo, con el módulo de salida analógica pueden resolverse tareas de regulación sencillas. También es compatible con funciones especiales como el regulador PI, la función de rampa y el multiplexado analógico.



Figura 2.8. PLC LOGO!

Fuente: [20]

LOGO! lleva integrados:

- Control.
- Unidad de mando y visualización con retroiluminación.
- Fuente de alimentación.
- Interfaz para módulos de ampliación.
- Interfaz para módulo de programación (Card) y cable para PC.
- Funciones básicas habituales preprogramadas, p.ej. para conexión retardada, desconexión retardada, relés de corriente, e interruptor de software.
- Temporizador.
- Marcas digitales y analógicas.
- Entradas y salidas en función del modelo.

2.3.6.1. Estructura de LOGO! 12/24 RC.

En la siguiente Figura 2.9 se muestra la estructura general del LOGO! 12/24 RC.

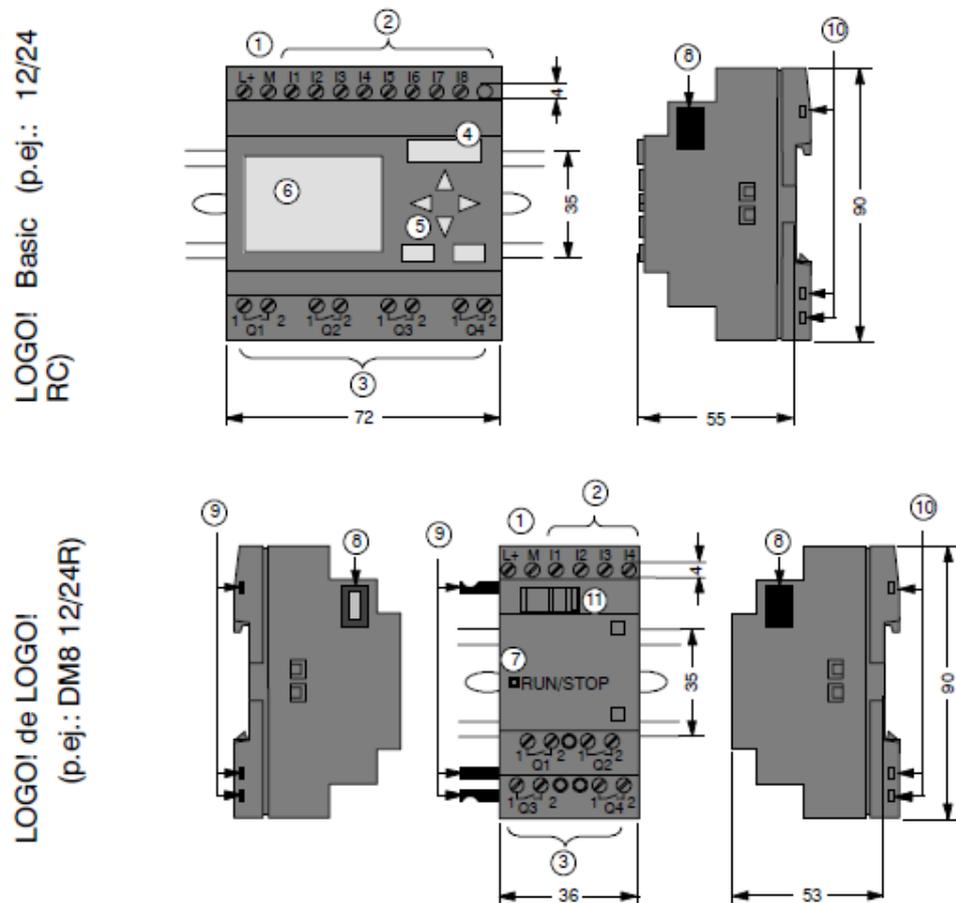


Figura 2.9. Estructura del LOGO! 12/24 RC con su Módulo de Ampliación DM8

Fuente: [20]

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. Alimentación de tensión. | 7. Indicador de estado RUN/STOP. |
| 2. Entradas. | 8. Interfaz de ampliación. |
| 3. Salidas. | 9. Codificación mecánica. – clavija. |
| 4. Receptáculo para módulo con tapa. | 10. Codificación mecánica – hembrillas. |
| 5. Panel de mando (no en RCo). | 11. Guía deslizante. |
| 6. Pantalla LCD (no en RCo). | |

2.3.6.2. Modelos de PLC LOGO!

Logo! Basic está disponible para dos clases de tensión:

- Categoría 1 ≤ 24 es decir, 12 V DC, 24 V DC, 24 V AC.
- Categoría 2 > 24 V, es decir 115...240 V AC/DC.

Y a su vez:

- Variante con pantalla: 8 entradas y 4 salidas.
- Variante sin pantalla ("Logo! Pure"): 8 entradas y 4 salidas.

Cada variante está integrada en 4 unidades de división (TE), dispone de una interfaz de ampliación y le facilita 33 funciones básicas y especiales preprogramadas para la elaboración de programas (véase la Tabla 2.1).

Tabla 2.1

Variantes de LOGO!

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 VCC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin reloj
	LOGO! 24	24 V CC	8 digitales	4 transistor es 24V / 0,3A	
	LOGO! 24RC	24 VAC/24 VDC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC	115...240 VCA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RC o	12/24 VCC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 VDC	8 digitales	4 transistor es 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo	24 VAC/24 VDC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo	115...240 VCA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

Fuente: [20]

Todos los módulos Logo! Basic disponen de las siguientes conexiones para crear el programa, independientemente del número de módulos que se conecten:

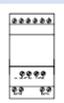
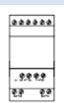
- Entradas digitales I1 hasta I24.
- Entradas analógicas AI1 hasta AI8.
- Salidas digitales Q1 hasta Q16.
- Salidas analógicas AQ1 y AQ2.
- Marcas digitales M1 hasta M24, M8: marcas de arranque.
- Marcas analógicas AM1 hasta AM6.
- Bits de registro de desplazamiento S1 hasta S8.
- 4 teclas de cursor.
- 16 salidas no conectadas X1 hasta X16.

2.3.6.3. Módulos de Ampliación de LOGO!

Al LOGO! se pueden conectar los siguientes módulos de ampliación que se describen en la Tabla 2.2:

Tabla 2.2

Módulos de ampliación LOGO!

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas
	LOGO! DM 8 12/24R	12/24 VCC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 24	24 V CC	4 digitales	4 transistores 24V / 0,3A
	LOGO! DM 8 24R	24 VAC / 24 VDC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 230R	115...240 VCA/CC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! AM 2	12/24 VCC	2 analógicas 0 ... 10V ó 0 ... 20mA	ninguna
	LOGO! AM 2 PT100	12/24 VCC	2 Pt100 -50 °C hasta +200 °C	ninguna

Fuente: [20]

2.3.6.4. Fuente de poder Logo! Power 24 VDC

LOGO! Power 24 VDC es una fuente de alimentación con control primario para equipos LOGO! TD (véase la Figura 2.10).



Figura 2.10. LOGO! Power 24 VDC

Fuente: [20]

Tienen una entrada de rango amplio de 85 a 264 VAC con una salida de 24 VDC y la posibilidad de instalarse en cuadros de distribución pequeños (véase la Figura 2.11).

Esta fuente es utilizada para suministrar la energía eléctrica al PLC, módulos de expansión y el HMI LOGO! TD.

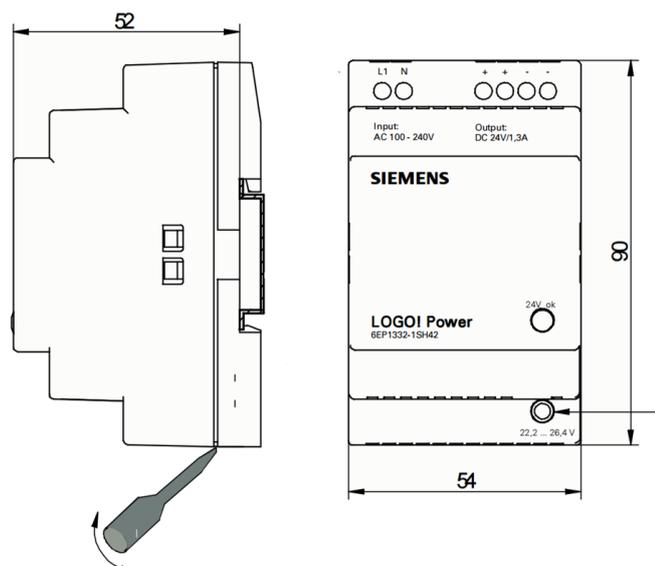


Figura 2.11. Estructura del LOGO! Power de 24 VDC

Fuente: [20]

En la Tabla 2.3 se describen las características principales de la fuente.

Tabla 2.3

Características generales de la fuente de alimentación LOGO! Power 24 VDC

Tensión de Entrada	100 a 240 V AC
Rango Admisible	85 a 264 V AC
Frecuencia de Red Admisible	47 a 63 Hz
Compensación de Fallos de Tensión	40 ms (a 187 V AC)
Intensidad de Entrada	1,22 a 0,66 A
Protección del Dispositivo	Interna
Tensión de Salida	24 V DC
Intensidad de Salida	2,5 A
Eficiencia	> 87%
Conectable en paralelo para aumentar la potencia	Sí
Rango de Temperatura Ambiente	-22° a 55° C
Montaje	Soporte de 35 mm
Peso Aprox.	0,3 Kg
Dimensiones (ancho x alto x prof)	72 x 90 x 55 mm

Fuente: [20]

2.3.7. Visualizador de texto TD

Los visualizadores de textos son interfaces hombre máquina (HMI) de bajo costo que permiten al operador interactuar con la aplicación.

Para los visualizadores de textos (o TDs) pueden configurarse menús personalizados que facilitan todavía más dicha interacción. Asimismo, es posible ajustar que se visualicen alarmas o avisos activados por bits específicos de la memoria de la CPU.

2.3.7.1. Funciones de los visualizadores de textos (TD)

El visualizador de textos sirve para realizar las tareas siguientes:

- Visualizar una jerarquía de menús personalizados y pantallas para que el operador pueda interactuar con la aplicación o el proceso
- Visualizar alarmas (avisos activados por bits).
- Modificar determinadas variables del programa.

El TD permite definir variables bien sea en forma de cadenas de texto, o bien como cadenas numéricas:

- Cadenas de texto: Se pueden editar todos los caracteres de la variable.
- Cadenas numéricas: Sólo se pueden editar los caracteres numéricos (el cursor omite todos los caracteres numéricos).

El TD permite definir variables en forma de palabras, palabras dobles o números reales.

- Forzar o desforzar entradas y salidas: es posible forzar o desforzar entradas y salidas individuales de la CPU S7-200 (sólo TD 200C, TD 200 y TD400C).
- Ajustar la fecha y hora (si la CPU S7-200 soporta un reloj de tiempo real).
- Visualizar el estado de la CPU (incluida la información de la versión).

2.3.7.2. Visualizador de texto LOGO! TD

LOGO! permite conectar un display de texto adicional perfectamente adaptado a las necesidades como se observa en la Figura 2.12. Se conecta directamente sin necesidad de un módulo de comunicación.



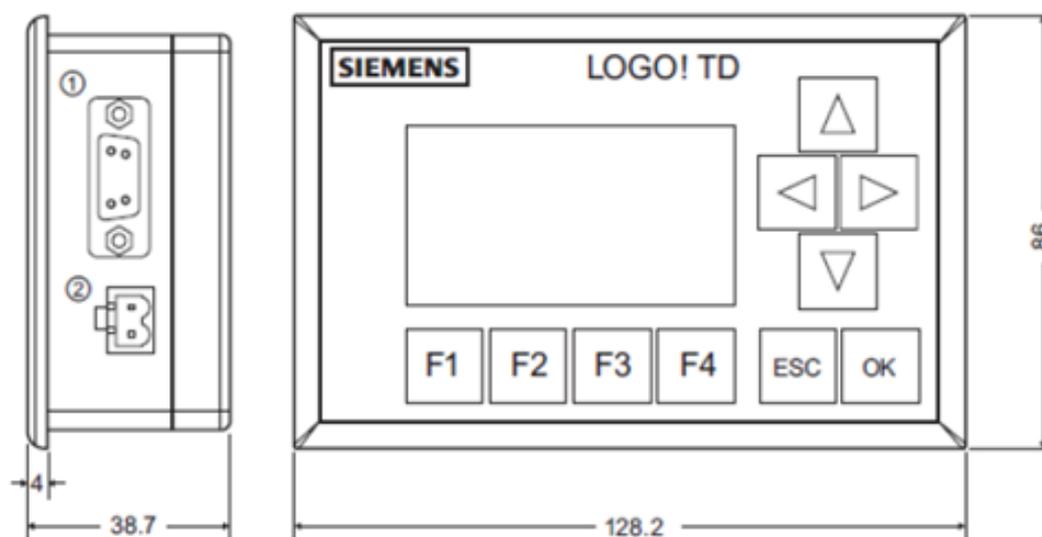
Figura 2.12. Visualizador de texto LOGO! TD

Fuente: [20]

Para conectarlo, no hace falta tener un módulo de comunicaciones. Un detalle sobresaliente: la configuración se realiza con el mismo bloque de función que el del visualizador interno. El operador mismo decide si un aviso ha de aparecer en el visualizador interno o en el externo, o en ambos a la vez.

De esta manera, los avisos pertinentes al control pueden presentarse en el visualizador, mientras que las informaciones relativas al servicio técnico aparecerán solamente en el armario eléctrico. Desde luego que la retroiluminación de ambos indicadores se puede apagar desde el programa, o también conectar en servicio permanente.

En la Figura 2.13 se muestra la estructura general del visualizador de texto LOGO! TD.



① Interfaz de comunicación

② Fuente de alimentación

Figura 2.13. Fácil conexión del visualizador de texto LOGO! TD

Fuente: [20]

2.3.7.3. Comunicación entre PLC LOGO! y el visualizador de texto LOGO! TD

La comunicación entre estos dos dispositivos tiene lugar físicamente a través de una conexión RS-485 de dos hilos con supresión del eco como se muestra en la Figura 2.14.



Figura 2.14. Diagrama esquemático de comunicación PLC con HMI

Fuente: [21]

La dimensión del cable de comunicación que trae la TD LOGO! es de 2 metros pero si es necesario se lo puede aumentar hasta 10 metros mediante la conexión de un DB 9 macho-hembra como se indica en la Figura 2.15.

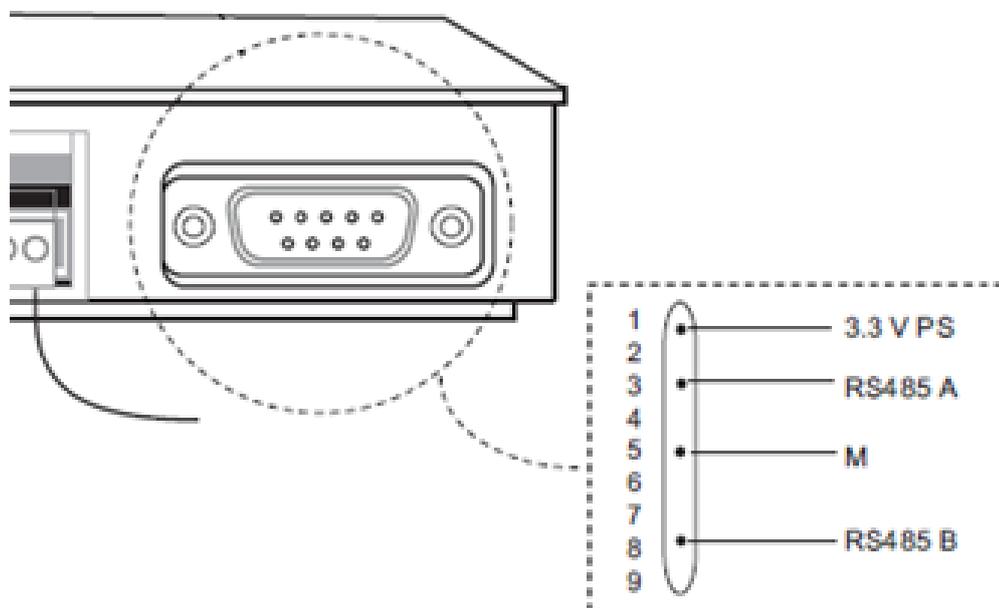


Figura 2.15. Conexión interfaz de comunicación RS-485

Fuente: [20]

El HMI de LOGO! puede ser conectado en las versiones superiores a los controladores LOGO! 0BA6, ya que estas versiones traen incorporado una entrada propia para la comunicación RS-485 necesaria para realizar la interfaz con el HMI TD, además, este elemento de visualización requiere de una alimentación externa de 12/24 VDC la que es suministrada por la fuente de poder LOGO! Power [21].

Los diagramas de conexión del HMI TD LOGO! hacia el controlador se indican en la Figura 2.16.

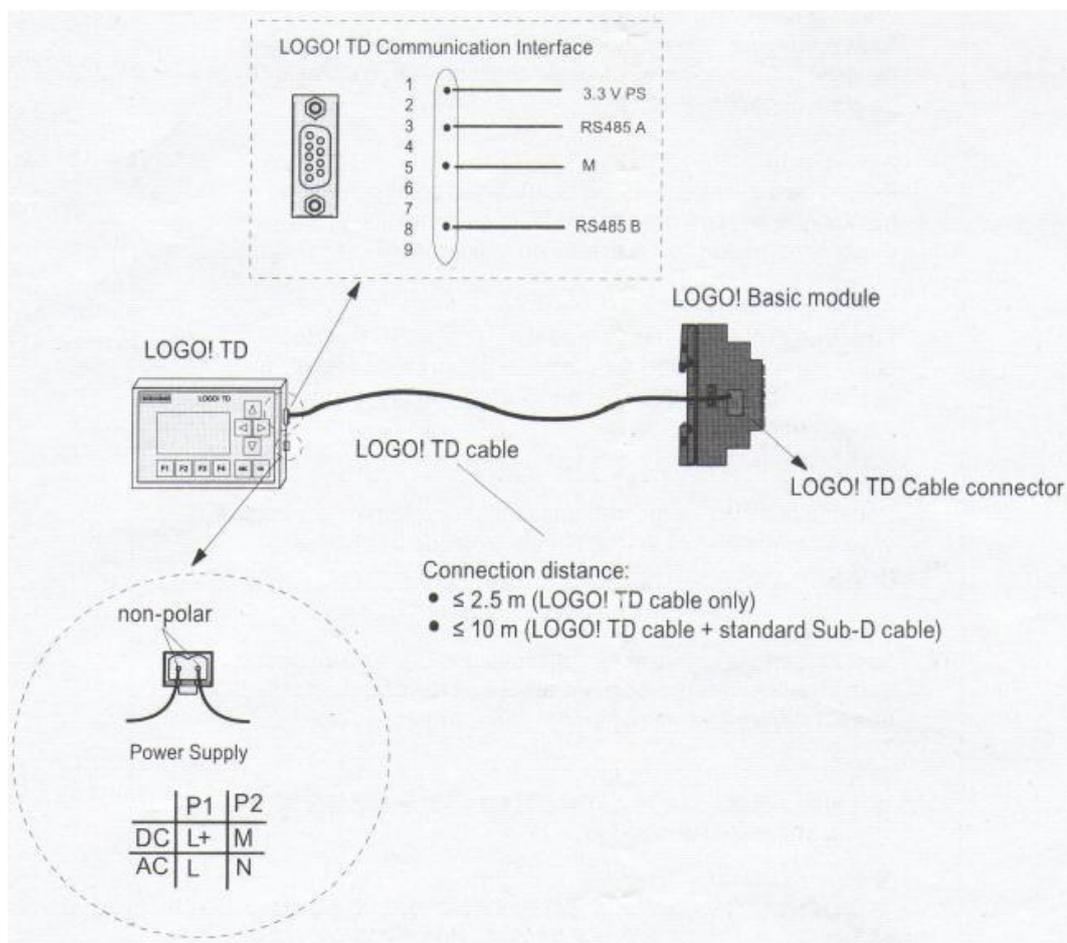


Figura 2.16. Diagrama de conexión de HMI TD LOGO!

Fuente: [20]

En la Tabla 2.4 se indica los datos técnicos más importantes del visualizador de textos LOGO! TD.

Tabla 2.4

Datos técnicos del visualizador de textos LOGO! TD

Tensión de alimentación	12 V DC, 24 V AC / DC
Margen admisible	10,2-28,8 V DC o 20,4 a 26,4 V AC (47 a 63 Hz)
Entradas	6 teclas estándar, 4 teclas de función (botones de superficie táctil)
Visualización	61 x 33 mm, retroiluminación controlable, contraste ajustable.
Líneas / Caracteres	4 líneas, 12/16 caracteres por línea (dependiendo del juego de caracteres seleccionado)
Conexión de la longitud del cable	2.5 m (extensible hasta 10 m con la norma 'recto' cable serial de 9 pines)
El consumo de energía en 24 V DC	típ. 65 mA (12 V DC), típ. 40 mA (24 V DC), típ. 90 mA (24 V AC)
Dimensiones de corte (W x H x D)	119,5 x 78,5 x 1,5 a 4,0 mm para montaje en panel (128,2 x 86 x 38,7 general).
Protección	IP 20, frontal IP65 (4X / 12)

Fuente: [20]

2.4. Diagrama de bloques y P&ID del sistema

2.4.1. Diagrama de bloques.

La Figura 2.17 muestra el diagrama de bloques del sistema de control de temperatura del horno para el secado de motores eléctricos, funcionando en lazo cerrado.

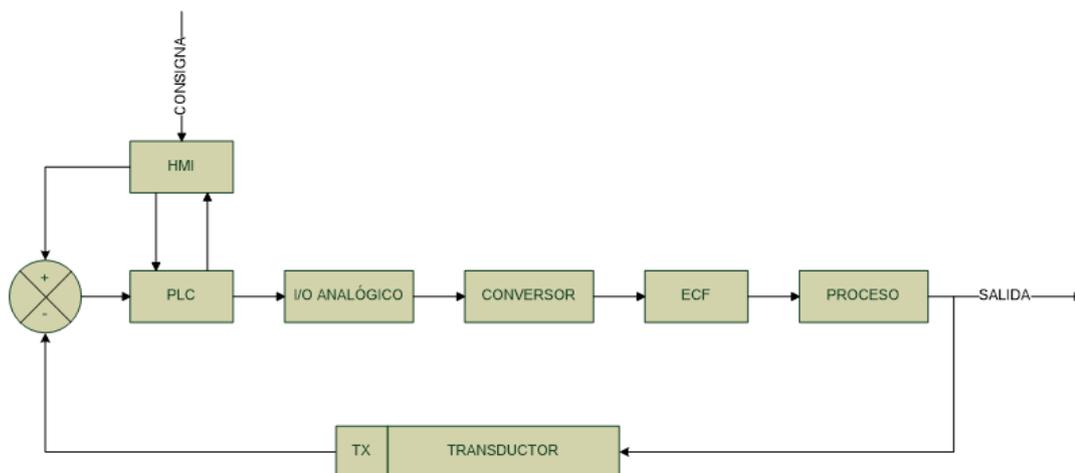


Figura 2.17. Diagrama de bloques del sistema en lazo cerrado

- **HMI.** Hace referencia a la Interfaz Humano Máquina (LOGO! TD), a través de la cual el usuario podrá establecer el valor de consigna deseado (set point), monitorear las variables del proceso, entre otras.
- **PLC.** Representa la Unidad de Control de Lógica Programable, LOGO! 12/24 RC, elemento primordial del sistema, encargado de realizar las funciones de control de lazo cerrado y gestionar las comunicaciones con la HMI.
- **I/O ANALÓGICO.** Es un módulo de expansión de señales de entradas y salidas analógicas, mismo que proporciona un vínculo de comunicación de las señales de campo desde y hacia el PLC, para que pueda acceder a la información de las variables del sistema.
- **CONVERSION.** Representado por un módulo de accionamiento de triac's, que controla la cantidad de potencia entregada hacia el elemento final de control, para dicho propósito emplea un control de fase directo, conocido como convertidor AC/AC.
- **ECF.** Elemento de Control Final, constituido por el arreglo de resistencias calefactoras, elementos capaces de alterar el valor de la variable de interés (Variable controlada).
- **PROCESO.** Representa el horno, el lugar donde se desea controlar la temperatura, mediante el empleo de las resistencias calefactoras.
- **TRANSDUCTOR.** RTD PT 100, dispositivo que permite la medición de una variable física, puesto que transforma la energía calórica en energía eléctrica (variación de resistencia eléctrica).
- **TX.** Es la representación de un Transmisor, instrumento que capta la variable del proceso y la transmite a distancia mediante una señal estándar de corriente para que pueda ser entendida por un controlador, indicador, registrador, etc.

2.4.2. Diagrama P&ID.

La Figura 1.18 muestra el Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID) del control de temperatura para el horno del proceso.

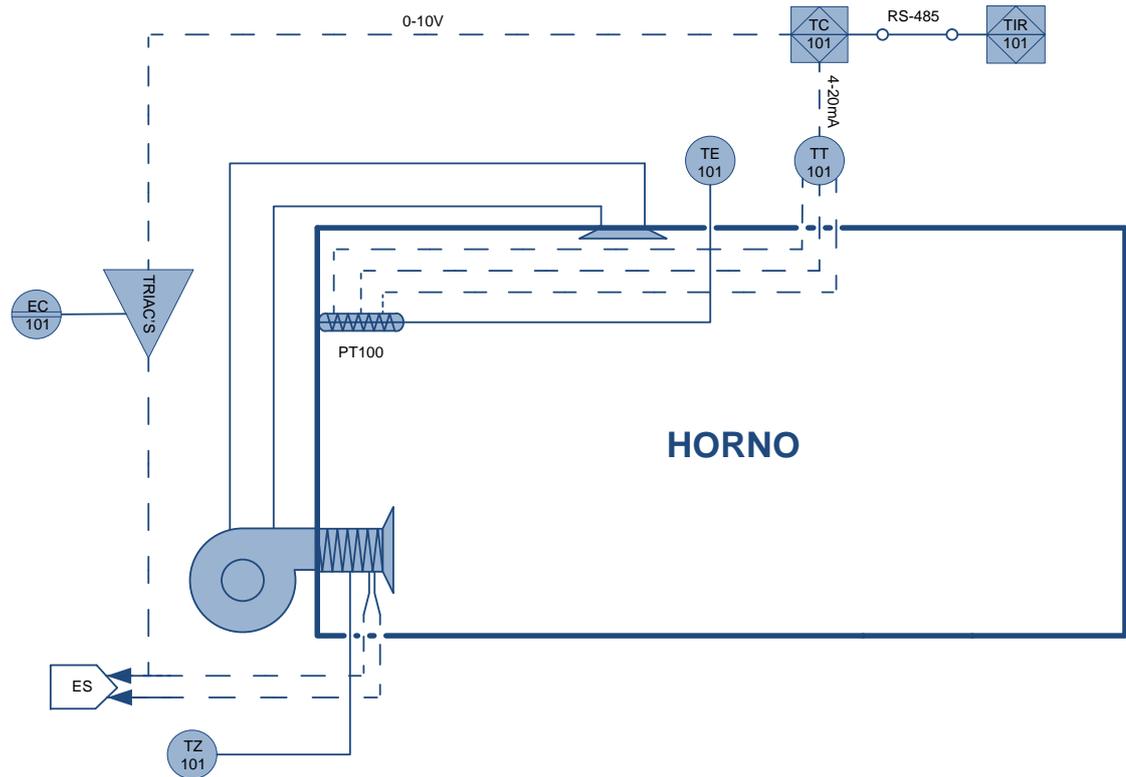


Figura 2.18. Diagrama P&ID del proceso

- **HORNO.** Cuenta con unas resistencias calefactoras, el cual ha sido adecuado internamente, para poder ser accionado con una tensión proporcional a la señal de control del PLC. Además ventilador centrífugo accionado por un motor que proporciona un flujo de aire caliente en el interior del horno.
- **ES.** Alimentación de energía eléctrica de corriente alterna de 220 VCA, para alimentar los elementos de potencia que lo constituyen tanto las niquelinas, como el accionamiento de triac's.
- **TE - 101.** Elemento primario de medición de temperatura, constituido por una RTD PT 100 de tres hilos, la cual se ubica en el interior del horno.
- **TT - 101.** Transmisor de temperatura, transmite la información de la temperatura a la que se encuentra hacia el controlador.
- **TC - 101.** Controlador de todo el sistema de temperatura del horno, PLC LOGO! 12/24RC, el mismo que además debe administrar la comunicación

con una terminal de operador tipo HMI, este dispositivo se halla ubicado sobre el panel de control.

- **TIR – 101.** Es un registrador indicador de temperatura, conformado por una terminal de operador LOGO! TD, la cual permite ingresar valores de consigna, monitorear las variables del proceso y visualizar registros; de la misma forma se halla ubicado sobre el panel de control, accesible al operador.
- **EC – 101.** Controlador de tensión, lo constituye un driver de accionamiento de triac's de 480VAC trifásico de 50 A, que regula la tensión entregada a las resistencias calefactoras y de manera indirecta la potencia, este equipo se encuentra ubicado en la parte posterior al panel de control, en una ubicación secundaria, la misma a la que podría accederse si se necesitara.
- **TZ – 101.** Elemento final de control de temperatura, hace referencia a las resistencias calefactoras acondicionadas del horno, elemento que puede cambiar la magnitud en cuestión dentro del sistema.

2.5. Diagrama de flujo

En la Figura 2.19 se indica de manera clara y concisa el diagrama de flujo del funcionamiento y las tareas que se ejecutan para lograr el control del sistema de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos.

Inicia con la lectura de las entradas analógicas del proceso, las señales ingresan al controlador donde procesa la información de acuerdo al modo de control configurado que está correctamente sintonizada, además será posible visualizar las variables de proceso y monitorear el sistema de temperatura en una terminal de operador HMI. El controlador envía la señal correctiva hacia las salidas analógicas, esta señal es recibida por el driver de accionamiento de triac's, el mismo que regulará la potencia eléctrica que será entregada hacia las resistencias calefactoras y de este modo mantener control sobre la temperatura del horno. El sensor de temperatura obtiene la medición de la

variable a controlar del sistema, esta señal es enviada a las entradas analógicas del PLC cerrando así el lazo de control.

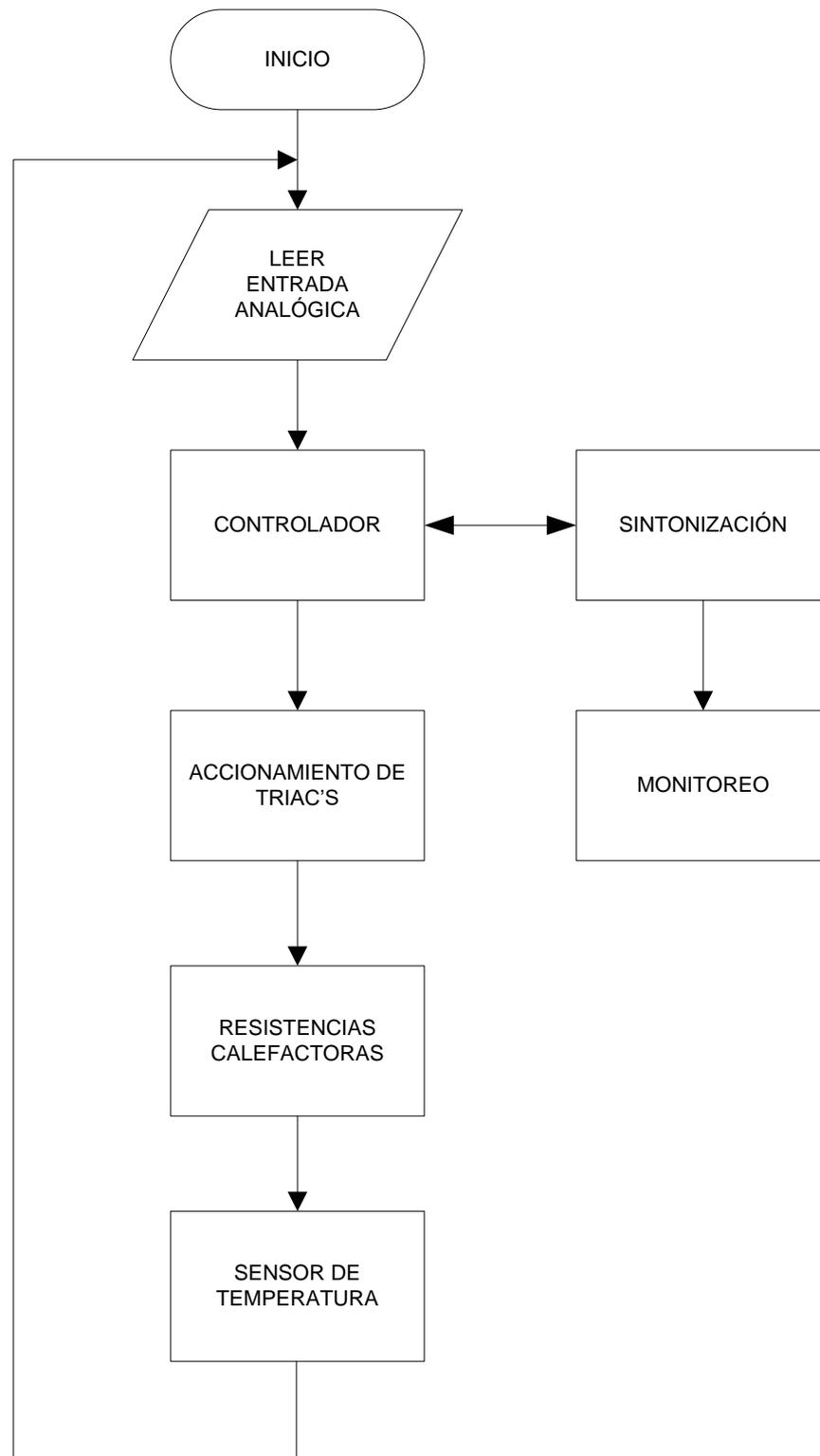


Figura 2.19. Diagrama de flujo del sistema

2.6. Programación del LOGO! 12/24 RC

Desde 1996 se encuentra en el mercado y goza en todo el Mundo de creciente estimación el módulo lógico universal LOGO! de Siemens. Mediante la integración de un gran número de funciones, a un precio extraordinariamente ventajoso comparando con los aparatos de conmutación convencionales, se pueden resolver con un LOGO! misiones del campo de la técnica doméstica y de instalaciones así como de la construcción de maquinaria y aparatos.

Mediante las diferentes variantes se puede adaptar LOGO! flexiblemente a muy diversos cometidos. Gracias a la posibilidad de conectarlo a un bus ASI, LOGO! también puede ofrecer soluciones para tareas de automatización menores.

El programa LOGO! Soft ofrece una simulación en PC de un LOGO! preparado. Con el software de programación los programas de conmutación se pueden elaborar, ensayar, modificar, archivar e imprimir directamente en el PC (véase la Figura 2.20). Esta elaboración offline del programa de conmutación aumenta muy notablemente la facilidad de manejo del LOGO!, para lo que la pantalla refleja una imagen del equipo a programar. Los programas pueden transferirse entonces entre el PC y el LOGO!.

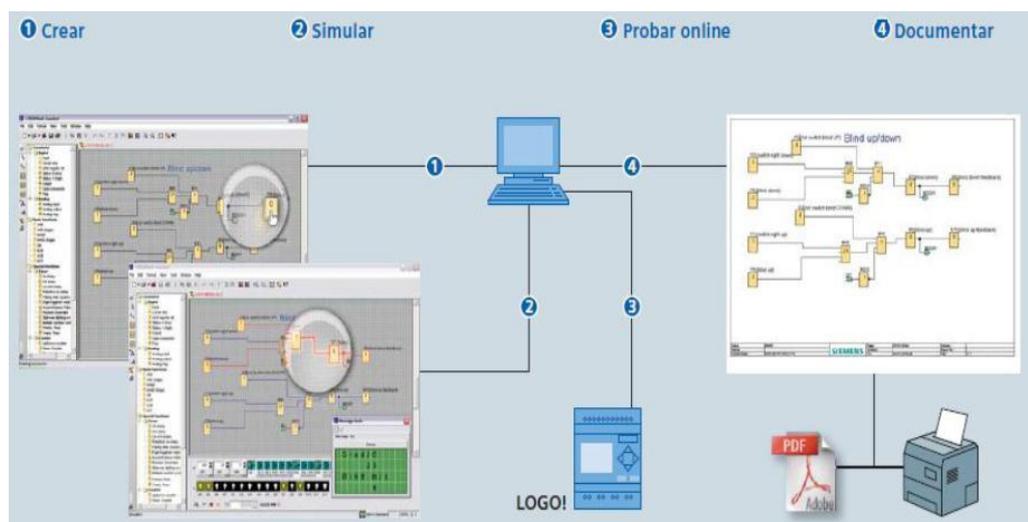


Figura 2.20. Esquema general de programación LOGO! Soft Comfort

Fuente: [20]

2.6.1. Software de programación LOGO! Soft Comfort

Con LOGO!Soft Comfort pueden elaborarse los programas de conmutación de forma más eficiente, confortable y clara. La elaboración del programa tiene lugar colocando los elementos de programación libremente en una plataforma de programa y uniéndolos entre sí.



Figura 2.21. Software de programación LOGO! Soft Comfort

Fuente: [22]

En particular facilitan la labor del usuario, entre otras cosas, la simulación offline del programa, que posibilita la indicación simultánea del estado de varias funciones especiales, así como la documentación con calidad profesional de los programas de conmutación elaborados.

Con el software dispondrá, entre otras, de las siguientes funciones:

- Elaboración offline gráfica de su programa como diagrama de escalones (esquema de contacto/esquema de corriente) o como diagrama de bloque de funciones (esquema de funciones).
- Simulación de su programa en el ordenador.
- Generación e impresión de un esquema general del programa.
- Almacenamiento de datos del programa en el disco duro o en otro soporte.

- Comparación de programas.
- Parametrización cómoda de los bloques.
- Transferencia del programa.
 - de LOGO! al PC
 - del PC a LOGO!
- Lectura del contador de horas de funcionamiento.
- Ajuste de la hora.
- Ajuste de horario de verano e invierno.
- Test online: indicación de estados y valores actuales de LOGO! en el modo RUN:
 - Estados de todas las entradas y salidas digitales, marcas, bits de registro de desplazamiento y teclas de cursor.
 - Valores de todas las entradas y salidas analógicas y marcas.
 - Resultados de todos los bloques.
 - Valores actuales (incluidos tiempos) de bloques seleccionados.
- Detención de la ejecución del programa desde el PC (STOP). [22]

2.6.2. Creación de un proyecto

Este software permite crear programas de forma eficaz, cómoda, confortable y clara en el PC. Una vez creado el programa, puede evaluar qué variante de LOGO! se requiere para el programa ya terminado o puede definir con antelación, para qué variante de LOGO! desea crear el programa.

A continuación se indica los pasos para crear un proyecto en el software LOGO!Soft Comfort V8.0.

Paso 1. Abrir la aplicación. Ejecutar la aplicación de LogoSoft Comfort (en nuestro caso V8.0) o la versión adquirida.



Figura 2.22. Acceso al software LOGO!Soft Comfort V8.0

Paso 2. Crear proyecto nuevo. Para crear un nuevo proyecto lo podemos realizar de tres formas distintas: la primera desde la barra de menús, archivo y nuevo, la segunda pulsando en el botón que es una hoja en blanco con una estrella amarilla  y la tercera utilizando el comando de teclas Ctrl+N.

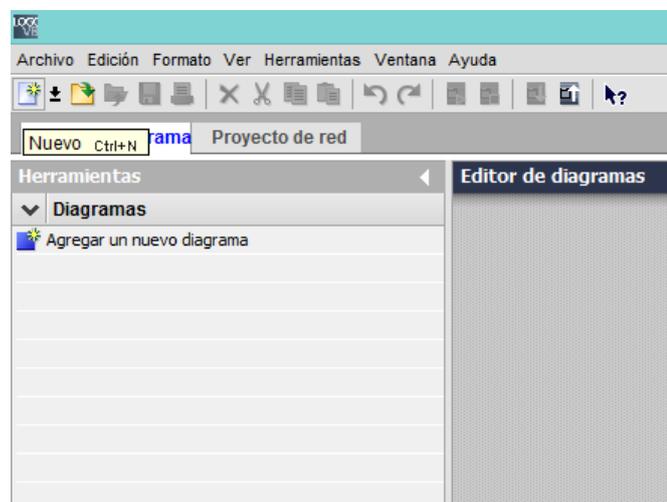


Figura 2.23. Crear un nuevo proyecto

Si selecciona el comando de menú Archivo -> Propiedades cuando la ventana del proyecto es la ventana activa, LOGO! muestra el cuadro de diálogo "Propiedades del proyecto". En este cuadro de diálogo se configuran propiedades como nombre, autor y cliente. En el campo Comentario puede introducir una descripción del proyecto, o bien indicaciones relativas al mismo.

Paso 3. Archivo -> Propiedades – General. Esta ficha permite definir el nombre y la IP del dispositivo. Existe la posibilidad de introducir la dirección, máscara de subred y pasarela para asignar una IP al módulo base LOGO! (véase la Figura 2.24).

En el campo **Nombre de programa** puede introducirse un nombre para el programa. El nombre puede comprender 16 caracteres como máximo. Después de la transferencia, el display integrado de LOGO! muestra el programa con este nombre [20].

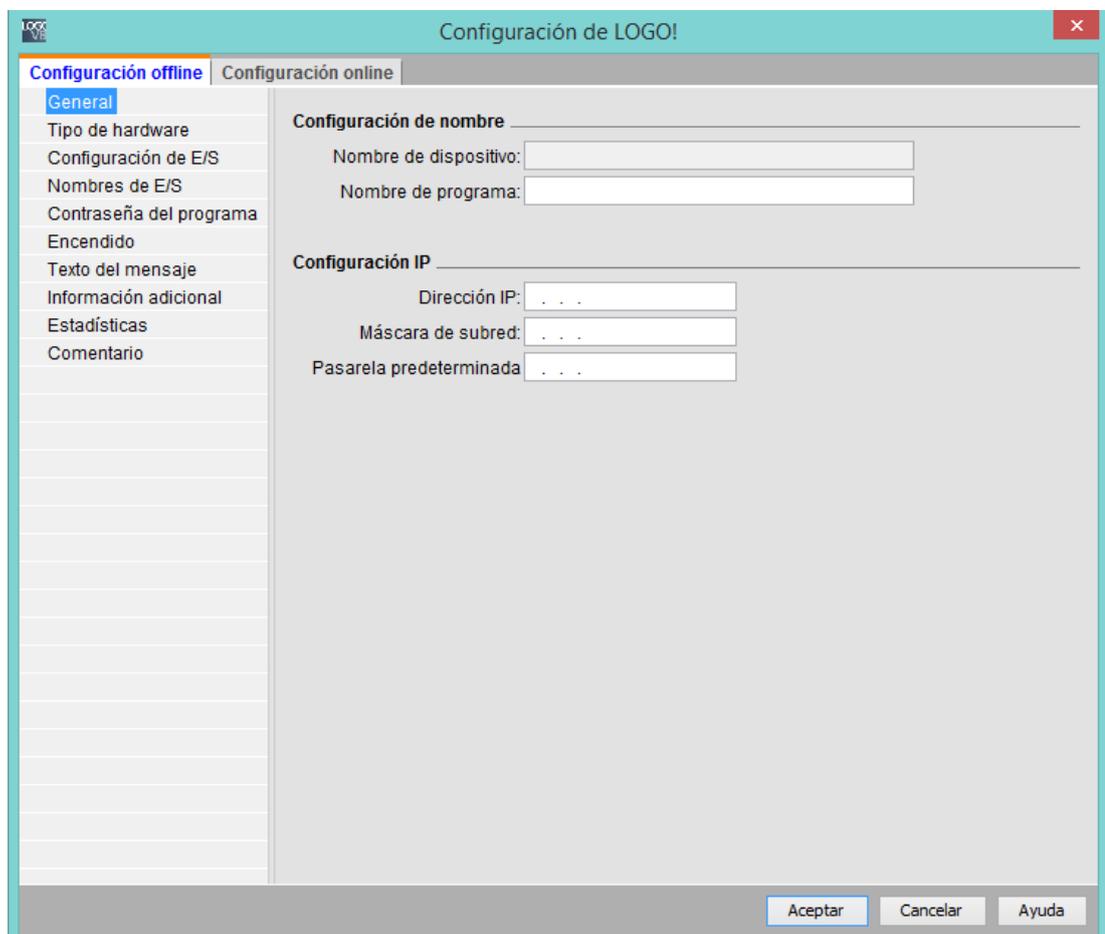


Figura 2.24. Configuración general del LOGO!

Paso 4. Tipo de hardware. Esta ficha muestra la información básica de LOGO! Basic como los bloques conocidos, las constantes y los conectores, así como el número de entradas digitales como se muestra en la Figura 2.25 [20].

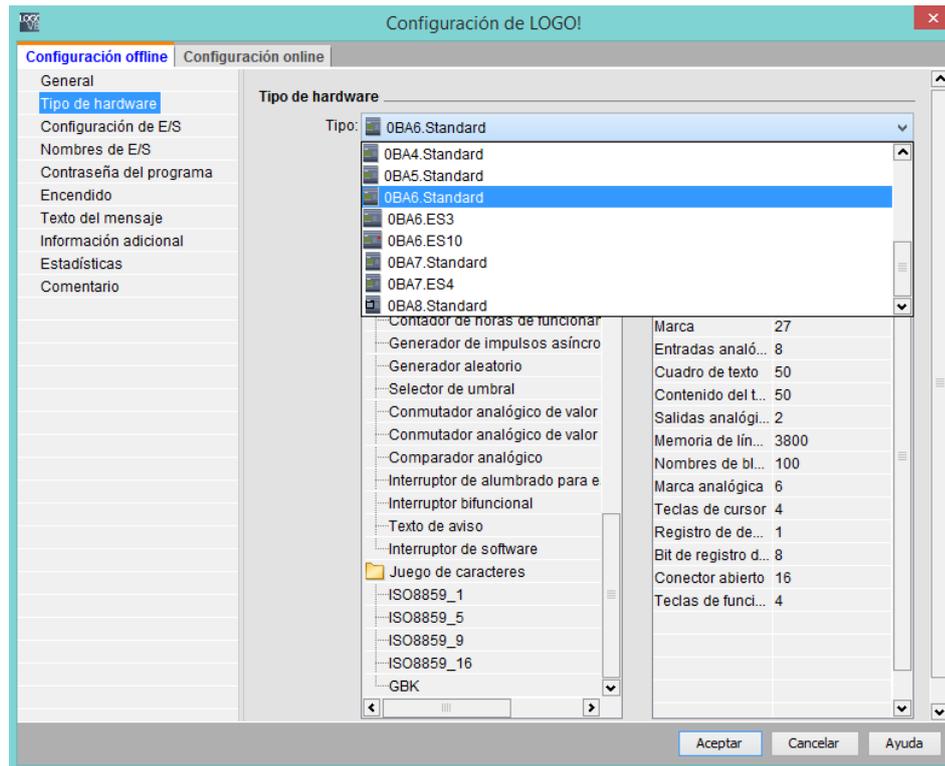


Figura 2.25. Configuración tipo de hardware

Paso 5. Archivo -> Propiedades - Configuración de E/S. Cuando se descarga el programa, LOGO!Soft Comfort transfiere también los ajustes de entradas y salidas a LOGO! (véase la Figura 2.26).

El ajuste ① permite especificar el comportamiento de las salidas analógicas cuando LOGO! está en modo STOP, así como el rango del valor de salida. Las opciones disponibles son las siguientes.

En "Comportamiento de las salidas analógicas en modo STOP", seleccione una de las opciones siguientes:

- Todas las salidas conservan el último valor.
- AQ1 a AQ8 adoptan los valores definidos por el usuario.

En "Ajustar el tipo de rango para el valor de las salidas analógicas", seleccione una de las opciones siguientes:

- 0 mA a 20 mA o 0 V a 10 V.
- 4 mA a 20 mA.

El ajuste ② permite activar las entradas opcionales AI3 y AI4 en los dispositivos LOGO! 0BA6, 0BA7 y 0BA8 que tienen la opción de cuatro entradas analógicas. Para dispositivos

LOGO! 0BA6, 0BA7 y 0BA8 que soporten cuatro entradas analógicas puede seleccionar cuántas desea utilizar. Las opciones disponibles son:

- Habilitar 0 AI: no se dispone de AI para el esquema de conexiones.
- Habilitar 2 AI: solo AI1 y AI2 (que corresponden a los bornes de entrada I7 e I8) están disponibles para ser utilizadas en el programa.
- Habilitar 4 AI: AI1 y AI2 (que corresponden a los bornes de entrada I7 e I8) están disponibles para ser utilizadas en el programa. Además, pueden utilizarse AI3 y AI4 (que corresponden a los bornes de entrada I1 e I2).

Los dispositivos LOGO! 0BA8 soportan 8 entradas analógicas y 24 entradas digitales [20].

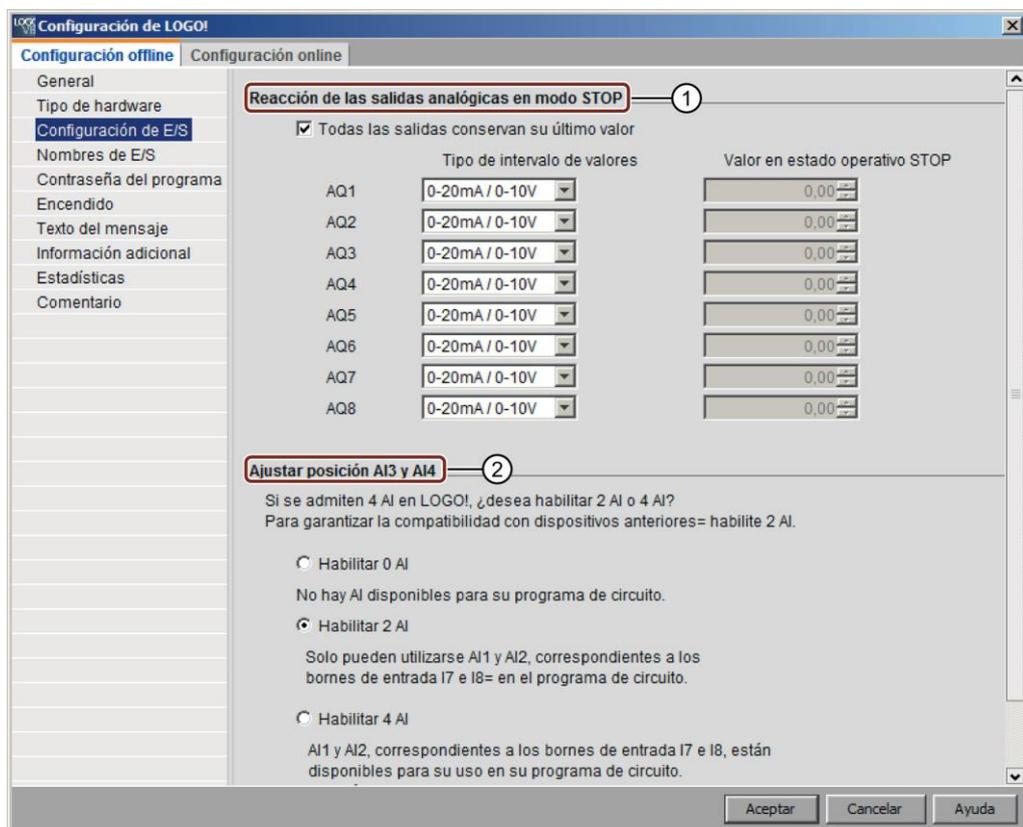


Figura 2.26. Configuración de E/S

Fuente: [20]

Paso 6. Archivo -> Propiedades - Nombres de E/S. Permite poner nombres a las entradas y a las salidas. Es altamente recomendable el hacerlo (véase la Figura 2.27).

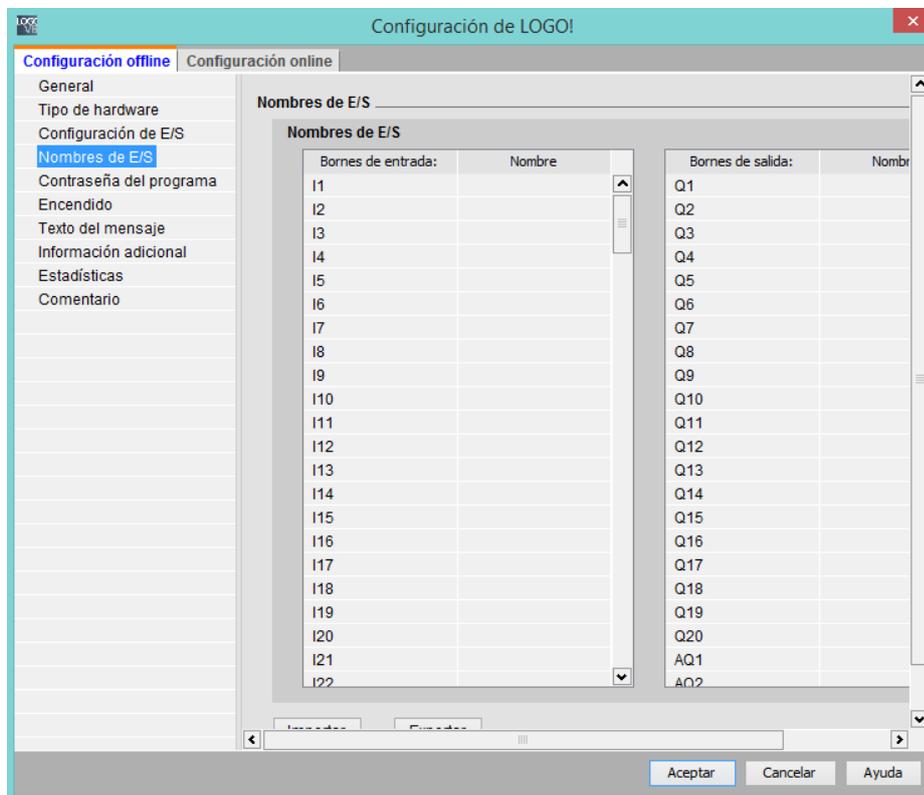


Figura 2.27. Nombres de E/S

Paso 7. Archivo -> Propiedades - Contraseña del programa. Cuando se transfiere el programa, LOGO!Soft Comfort transfiere también a LOGO! La contraseña especificada en la ficha Contraseña del programa.

Es posible asignar una contraseña para el programa, o bien modificar o borrar una contraseña existente. Para asignar una nueva contraseña, debe introducirla en los dos campos de entrada **Contras. nueva** y confirmarla luego con "Aceptar". La contraseña puede tener 10 caracteres como máximo. Para cambiar una contraseña debe introducir la contraseña actual en el campo **Contras. antigua**, introducir la nueva contraseña en los dos campos **Contras. nueva** y confirmarla luego con "Aceptar". Si lo desea, puede borrar en cualquier momento la contraseña asignada. Para ello, introduzca la contraseña actual en el campo **Contras. antigua**, deje vacíos los dos campos **Contras. nueva** y confirme luego con "Aceptar".

La contraseña protege el programa en el LOGO!. Los programas se pueden abrir y editar en cualquier momento en LOGO!Soft Comfort, sin importar si el programa está protegido por contraseña o no. La contraseña se requiere para visualizar o modificar en el LOGO! un programa protegido por contraseña, o bien para transferirlo del LOGO! al PC (véase la Figura 2.28) [20].

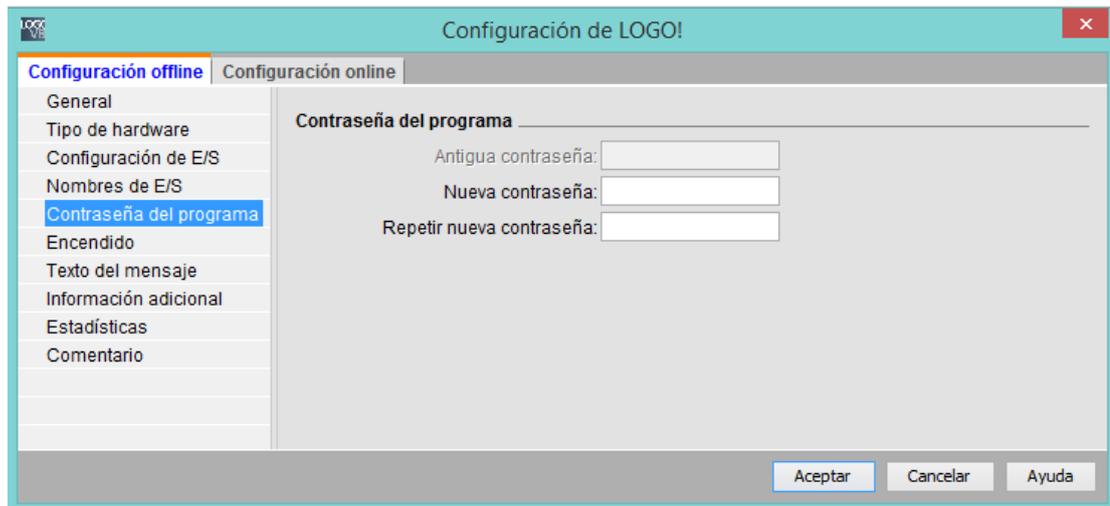


Figura 2.28. Contraseña del programa

Paso 8. Archivo -> Propiedades - Encendido. Cuando se transfiere el programa, LOGO!Soft Comfort transfiere también a LOGO! el contenido del display en LOGO! tras la conexión (véase la Figura 2.29).

Con **Contenido del display en LOGO! tras la conexión** es posible ajustar lo que LOGO! debe mostrar en el display integrado al conectarse. Las opciones disponibles son:

- Visualizar la fecha y hora.
- Visualizar las entradas y salidas.
- Visualizar el menú [20].

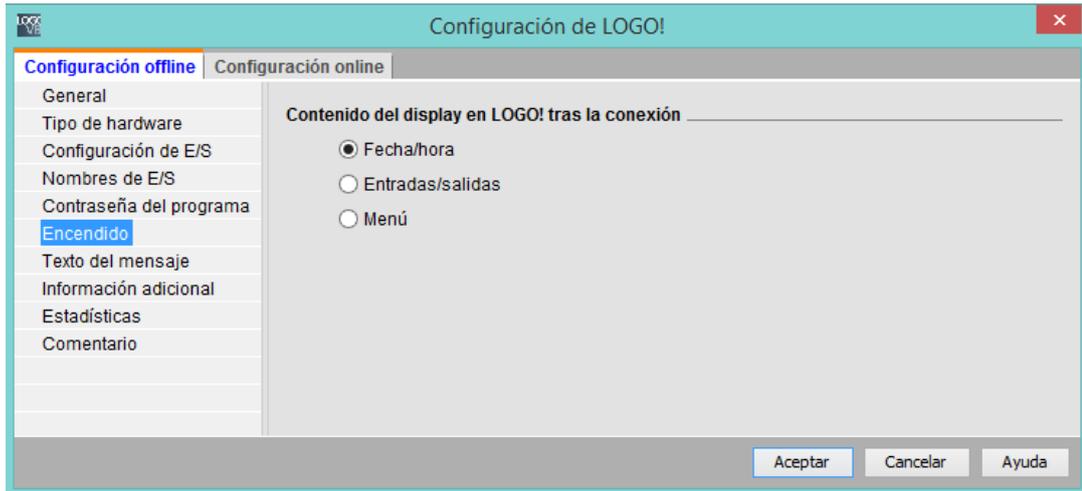


Figura 2.29. Contenido del display en LOGO! tras la conexión

Paso 9. Archivo -> Propiedades - Texto del Mensaje. Aquí seleccionaremos ISO8859_1 para que los menús estén en castellano. Además, elegimos el tiempo de muestreo de las señales analógicas, es decir, cada cuántos milisegundos se desea que se lean las entradas analógicas.

Finalmente, la velocidad de ticker en milisegundos el cual sirve para fijar la velocidad de scroll de los caracteres (véase la Figura 2.30).

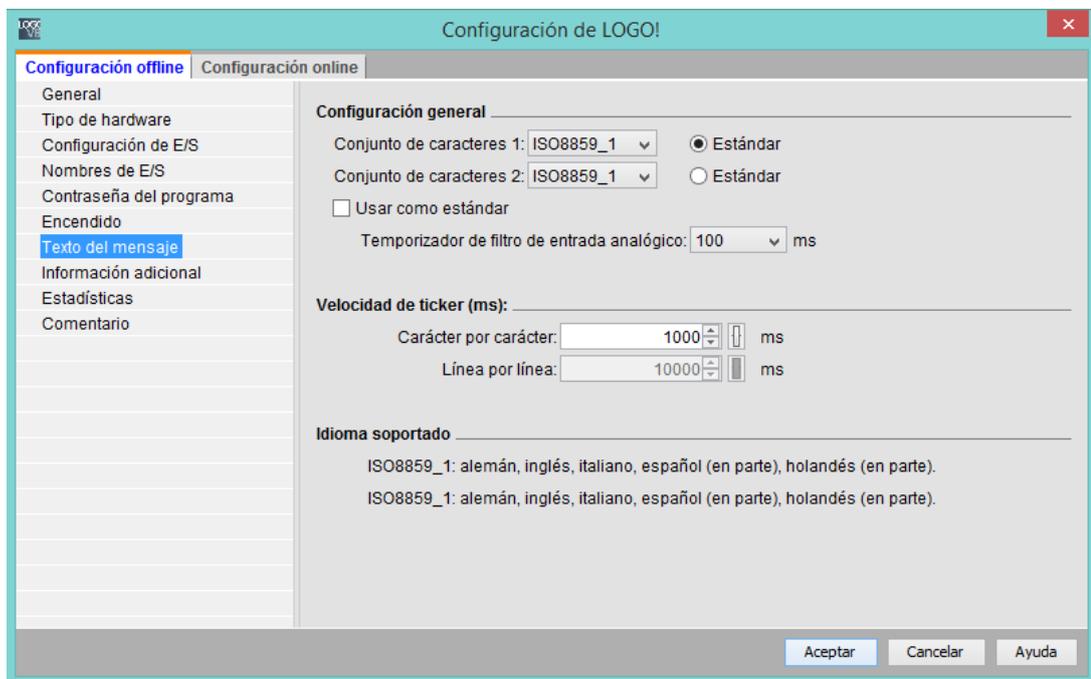


Figura 2.30. Texto del mensaje

Paso 10. Archivo -> Propiedades - Información adicional. En esta ficha existe la posibilidad de introducir detalles del programa actual. Este cuadro de diálogo incluye campos de entrada para datos relacionados con el proyecto, datos internos de la empresa y la versión del programa (véase la Figura 2.31).

En vez de introducir el nombre de la empresa, en el campo "Compañía" puede especificar un archivo *.bmp o *.jpg que contenga el logotipo de la empresa. Esto permite personalizar el diseño del programa [20].

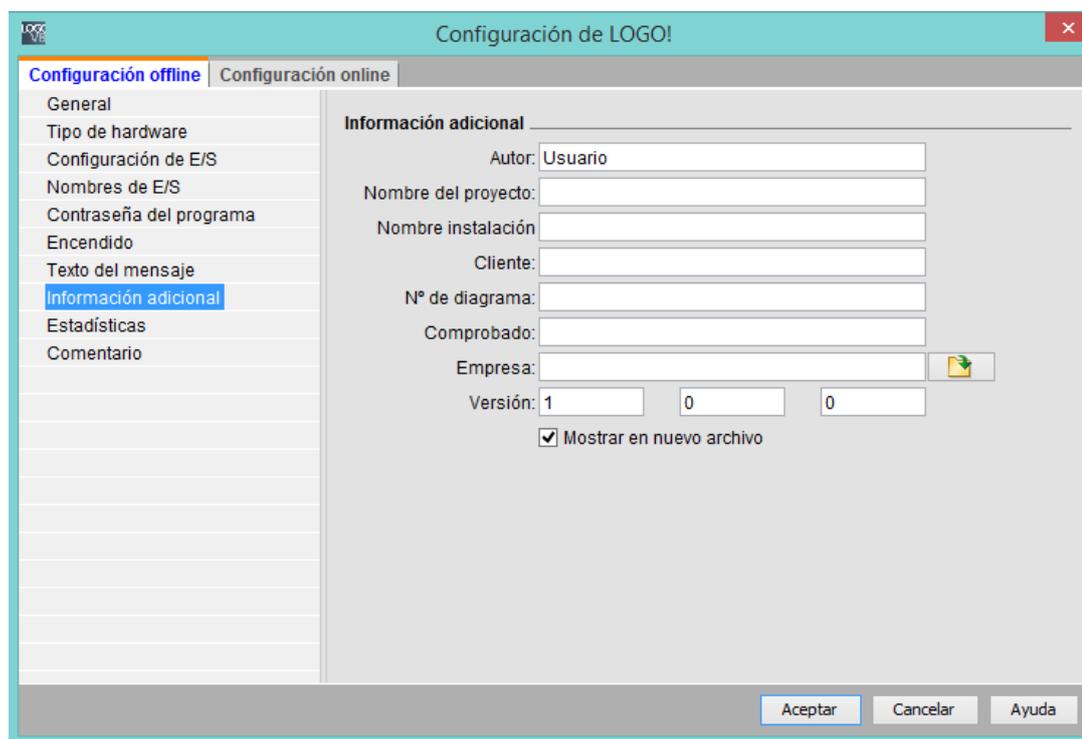


Figura 2.31. Información adicional

Paso 11. Archivo -> Propiedades - Estadística. En esta ficha se indica la fecha de creación del programa, así como la fecha y el autor de la última modificación (véase la Figura 2.32) [20].

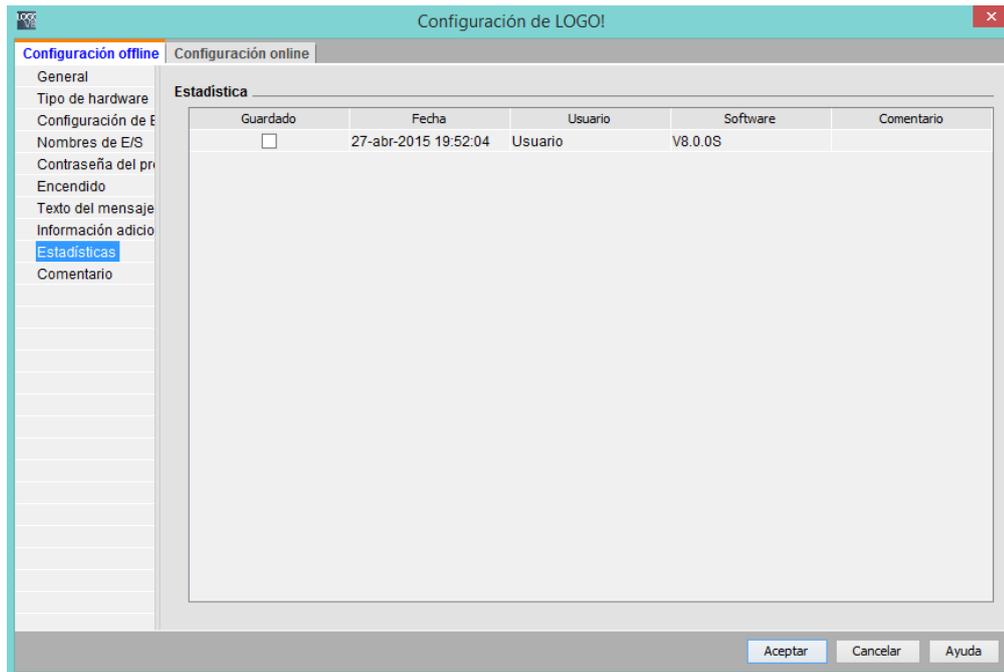


Figura 2.32. Estadística

Paso 12. Archivo -> Propiedades - Comentario En esta ficha puede introducir una descripción del programa, o bien indicaciones relativas al mismo. Si imprime el programa utilizando el comando de menú Archivo → Imprimir, puede indicar que este comentario se imprima en una página aparte (véase la Figura 2.33) [20].

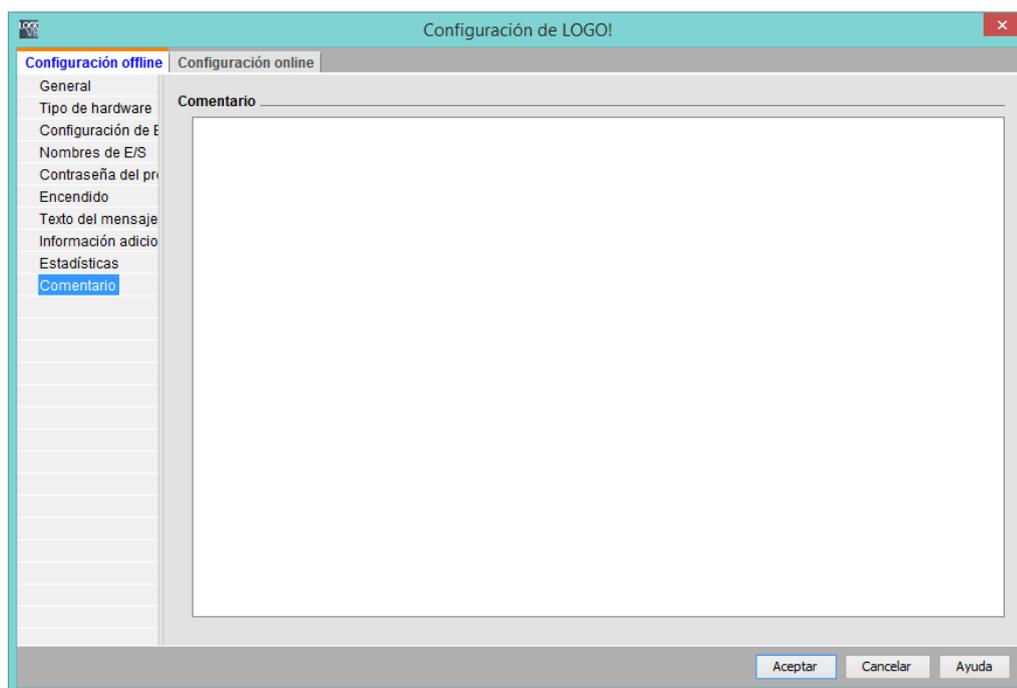


Figura 2.33. Comentario

2.6.3. Descripción general de la interfaz de usuario

Al abrir el programa LOGO!Soft Comfort aparece un esquema de conexiones vacío.

La mayor parte de la pantalla la ocupa el área dedicada a la creación de programas. Esta área se denomina interfaz de programación. En ella se disponen los botones y las combinaciones lógicas del programa.

Para no perder la vista de conjunto, especialmente en el caso de programas grandes, en los extremos inferior y derecho de la interfaz de programación se dispone de barras de desplazamiento que permiten mover el programa en sentido horizontal y vertical.

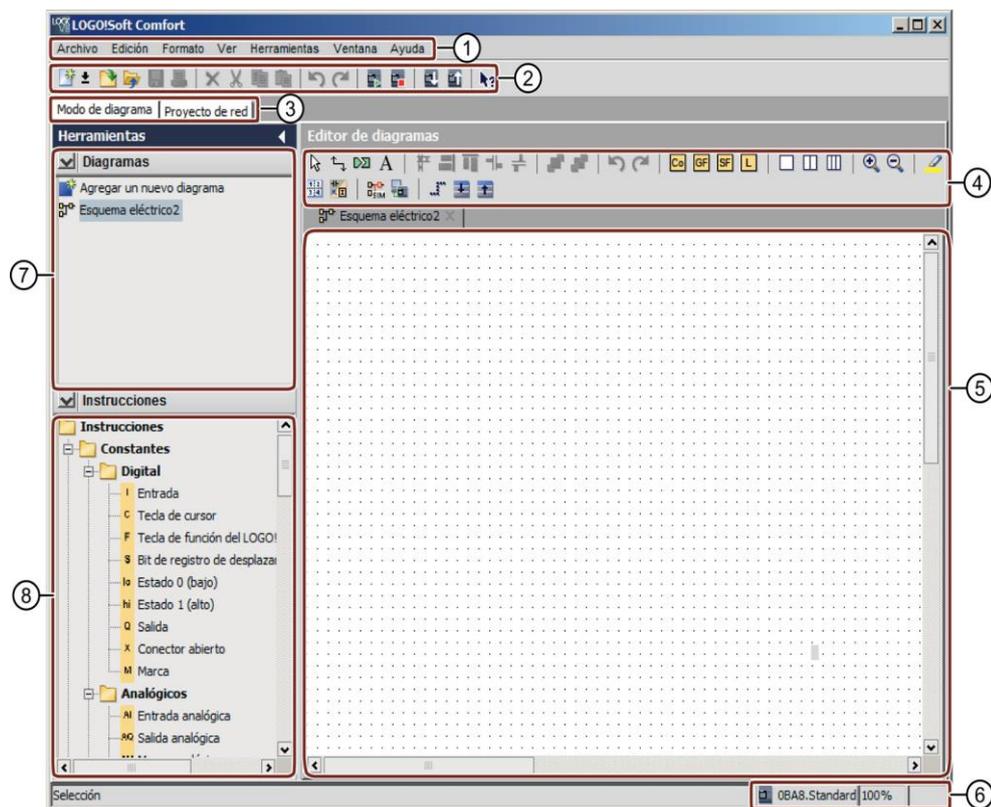


Figura 2.34. Interfaz del proyecto

Fuente: [20]

① Barra de menús.

③ Barra de modo.

② Barra de herramientas "Estándar".

④ Barra de herramientas "Herramientas".

Si el programa contiene varios bloques de función de regulación, la vista de curva tendrá una ficha por separado para cada regulador.

La siguiente Tabla 2.5 se muestra la conexión y descripción del regulador PI.

Tabla 2.5

Conexión y descripción del regulador PI

Conexión	Descripción
Entrada A/M	Permite ajustar el modo del regulador: 1: modo automático 0: modo manual
Entrada R	La entrada R sirve para desactivar la salida AQ. Mientras esta entrada está activada, la entrada A/M está desactivada. La salida AQ se pone a 0.
Entrada PV	Valor analógico: valor real, influye en la salida
Parámetro	Sensor: Tipo de sensor utilizado Min.: valor mínimo de PV Rango de valores: -10.000 a +20.000 Max.: valor máximo de PV Rango de valores: -10.000 a +20.000 Ganancia Rango de valores: -10,00 a +10,00 Decalaje Rango de valores: -10.000 a +10.000 SP: asignación del valor de ajuste Rango de valores: -10.000 a +20.000 Mq: valor de AQ en modo manual. Rango de valores: 0 a 1.000 Juegos de parámetros: Valores predeterminados según la aplicación para KC, TI y Dir (v. abajo) KC: ganancia Rango de valores: 00,00 a 99,99 TI: tiempo integral Rango de valores: 00:01 min a 99:59 min Dir: sentido de actuación del regulador Ajustes posibles: + o - p: número de decimales Ajustes posibles: 0, 1, 2, 3
Salida AQ	Salida analógica (magnitud manipulada) Rango de valores para AQ: 0 a 1.000

Fuente: [20]

6.2.5. Programación de HMI

Con la nueva versión del LOGO! se integra la conexión HMI que consiste en un apantalla y un teclado donde se presenta la visualización y control del proceso del sistema facilitando a los operarios el manejo del sistema de control.

6.2.5.1. Configuración del LOGO! TD

Para la configuración del LOGO! TD se realizan los siguientes ajustes:

a. Selección del juego de caracteres

Al crear un texto se puede seleccionar el juego de caracteres primario o secundario. Estos dos juegos de caracteres se seleccionan bien sea en el menú de configuración de avisos del LOGO! Soft Comfort mediante el comando menú en archivo y luego se selecciona configuración de textos de aviso [20].

b. Destino de aviso

Aquí se selecciona si el texto de aviso se debe visualizar en la pantalla del LOGO! O en el HMI LOGO! TD o bien en ambos dispositivos.

c. Configuración del ticker

El texto de aviso puede visualizarse en un ticker (texto en movimiento) o de forma permanente. En el caso de los avisos de texto en movimiento, la velocidad del ticker determina que tan rápida o lenta debe desplazarse el texto por el display del LOGO! o por el HMI LOGO! TD. El valor se indica en milisegundos [20].

6.2.5.2. Parámetros de la Ventana de Configuración

En la opción de la ventana de configuración se presenta las siguientes opciones para configurar el texto de aviso del HMI (véase la Figura 2.37).

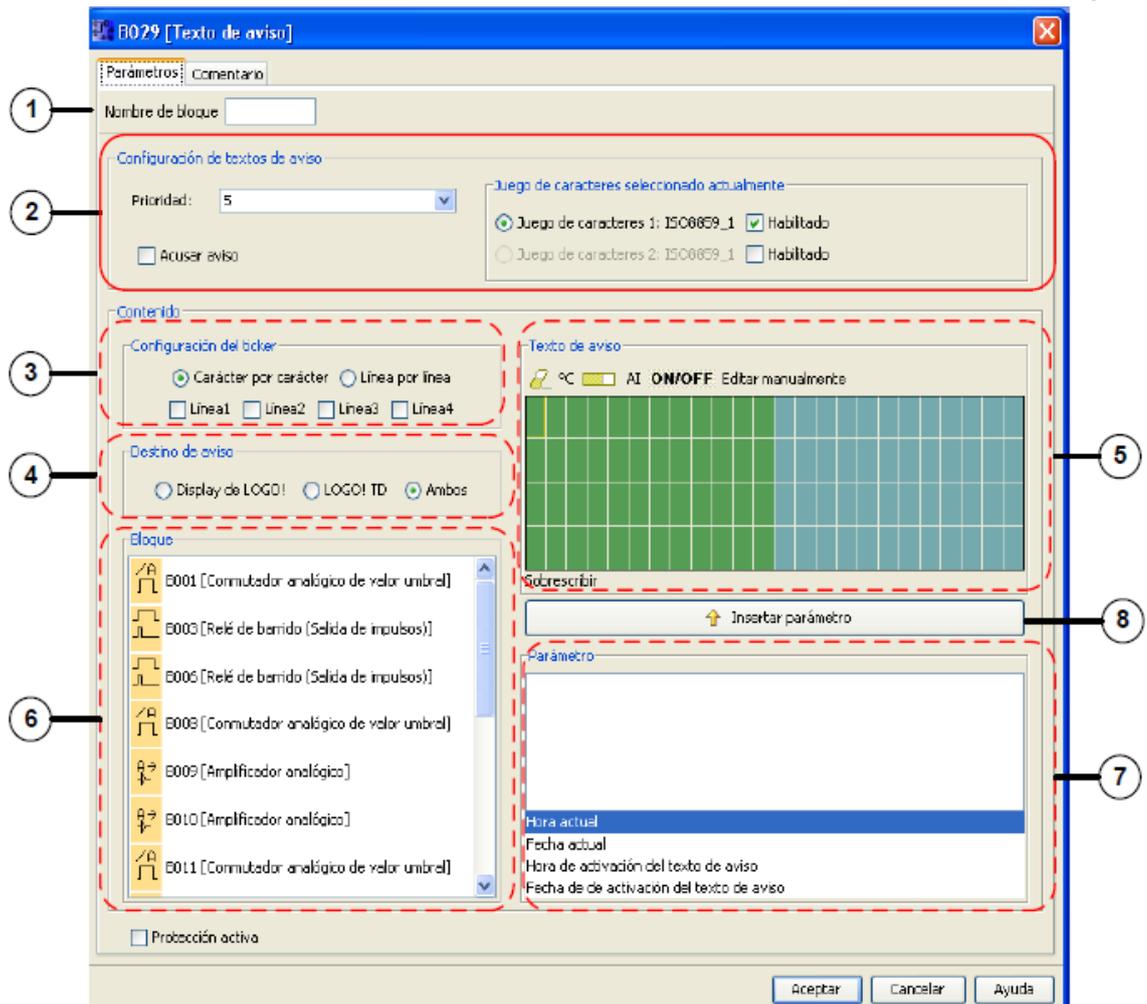


Figura 2.37. Ventana de configuración del texto de aviso del HMI

Fuente: [20]

- ① **Área “Nombre de bloque”**. En esta parte se puede introducir un nombre para el bloque del texto de aviso.
- ② **Área “Configuración”**. Aquí se puede configurar los siguientes ajustes: Prioridad del texto de aviso Casilla de verificación “Acusar aviso”. Si está activada un aviso se debe acusar para poder cerrarlo. Juego de caracteres para el texto de aviso.
- ③ **Área “Ticker”**. Aquí se definen los parámetros del ticker para el texto de aviso: Formato del ticker “Carácter por carácter”, Formato de ticker “Línea por línea”, Casilla de verificación para activar el ticker de cada línea.

④ **Área “Destino de aviso”**. Aquí se selecciona si el texto de aviso debe visualizarse en la pantalla del LOGO! O en el HMI LOGO! TD, o bien en ambos dispositivos.

⑤ **Área “Avisos”**. En esta sección se configura el texto de aviso. La información introducida en esta área se visualiza en la pantalla seleccionada.

⑥ **Área “Bloques”**. En esta área se selecciona los bloques de entre todos los bloques del programa. Luego se puede seleccionar los parámetros de estos bloques para visualizarlos en el texto de aviso.

⑦ **Área “Parámetros de bloque”**. Aquí se selecciona los parámetros a visualizar en el texto de aviso, conforme al bloque seleccionado en el área “Bloque”.

6.2.6. Comunicación con la PC

Para la comunicación del PLC con el computador se utiliza el cable USB/RS-232 de programación del LOGO! donde la interfaz utilizada es el protocolo de comunicación RS-232. Para la configuración de la interfaz se utiliza los siguientes parámetros (véase la Tabla 2.6).

Tabla 2.6

Parámetros de la Interfaz RS-232 entre la PC y el PLC

Parámetro	Valor
Velocidad (Bits por segundo)	9600
Bits de paridad	8
Paridad	ninguna
Bits de parada	1
Control de flujo	ninguno
Buffer FIFO	utilizar
Buffer de recepción y transferencia	alto

Fuente: [20]

6.2.7. Transferencia del programa probado a LOGO!

Una vez que se haya probado el programa con la simulación de LOGO!Soft Comfort, podrá transferirlo del PC a LOGO! con el botón .

a. Requisitos

Para transferir datos entre el módulo base LOGO! y LOGO!Soft Comfort hay que configurar una interfaz de comunicación como se muestra en la Figura 2.38.

Siempre que se selecciona un comando de este menú, LOGO!Soft Comfort muestra el cuadro de diálogo de interfaz. Dicho cuadro de diálogo sirve para establecer una comunicación entre el módulo base LOGO! y LOGO!Soft Comfort [20].

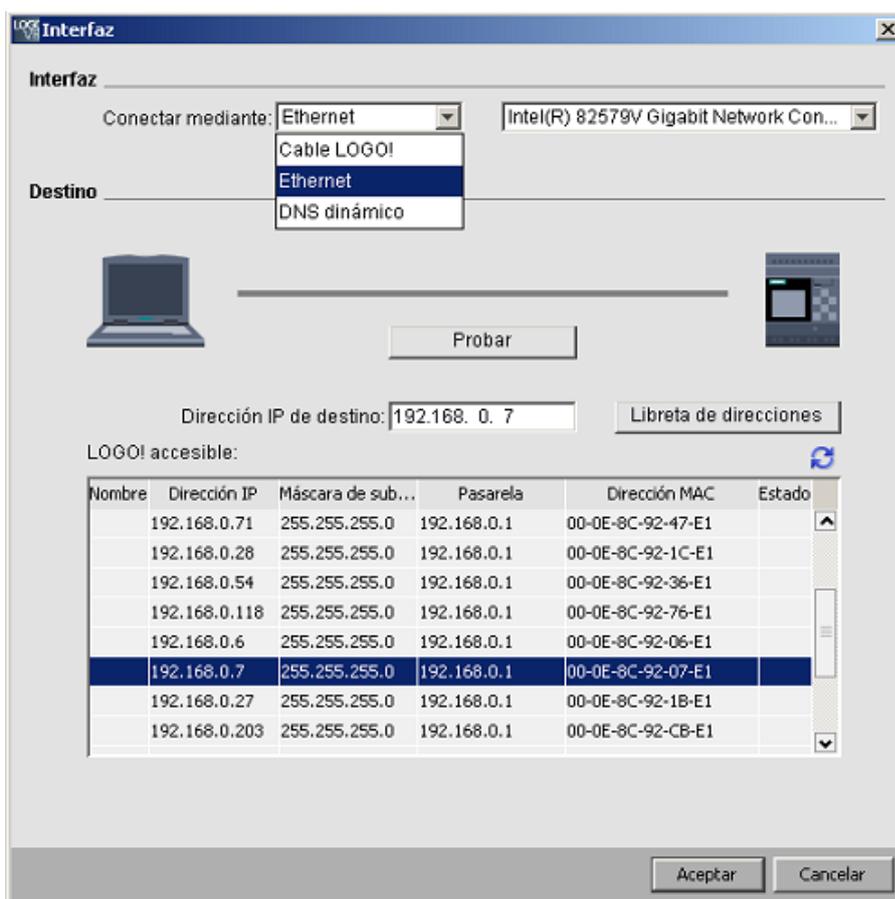


Figura 2.38. Interfaz de comunicación PC->LOGO!

Fuente: [20]

Nota: Para la transferencia de datos, el módulo base LOGO! no puede estar en modo RUN ni en modo de edición.

b. Transferencia utilizando el cable de PC de LOGO! (solo 0BA6 y versiones anteriores)

Para transferir datos utilizando el cable de PC de LOGO! hay que seleccionar manualmente el cable de LOGO! como interfaz de comunicación y establecer el puerto COM de LOGO! en el cuadro desplegable (véase la Figura 2.39).

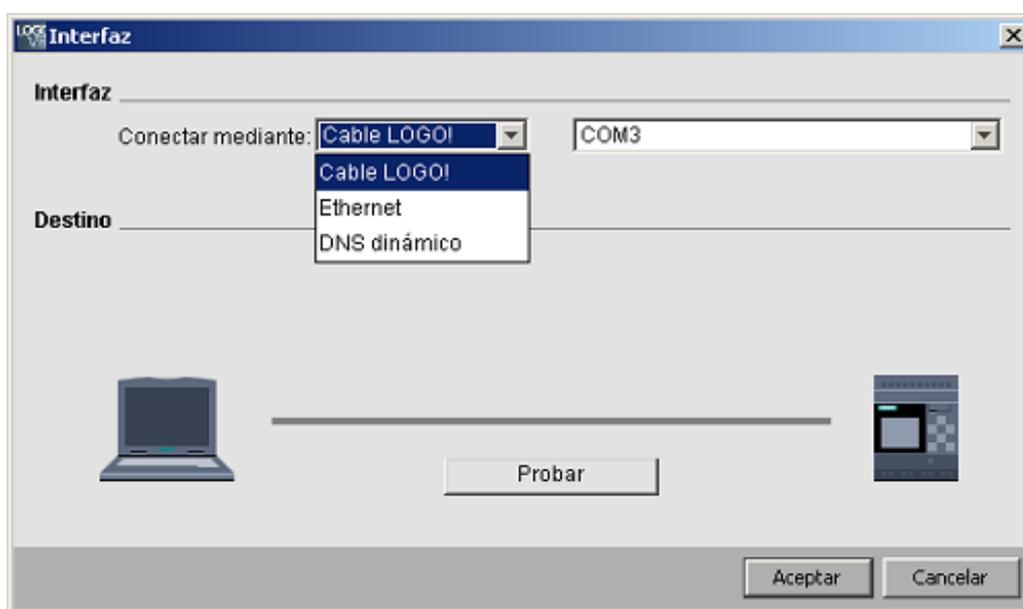


Figura 2.39. Transferencia utilizando el cable de PC de LOGO!

Fuente: [20]

c. Transferencia vía Ethernet (solo 0BA7 y versiones posteriores).

Si se selecciona Ethernet para la comunicación, tiene la posibilidad de elegir una dirección IP de destino en la lista de dispositivos LOGO! accesibles o bien introducir una dirección IP conocida (véase la Figura 2.40).

También es posible guardar la información de LOGO! en la libreta de direcciones por si debe utilizarse en el futuro.

Siga los pasos descritos a continuación para detectar automáticamente un módulo base LOGO! válido.

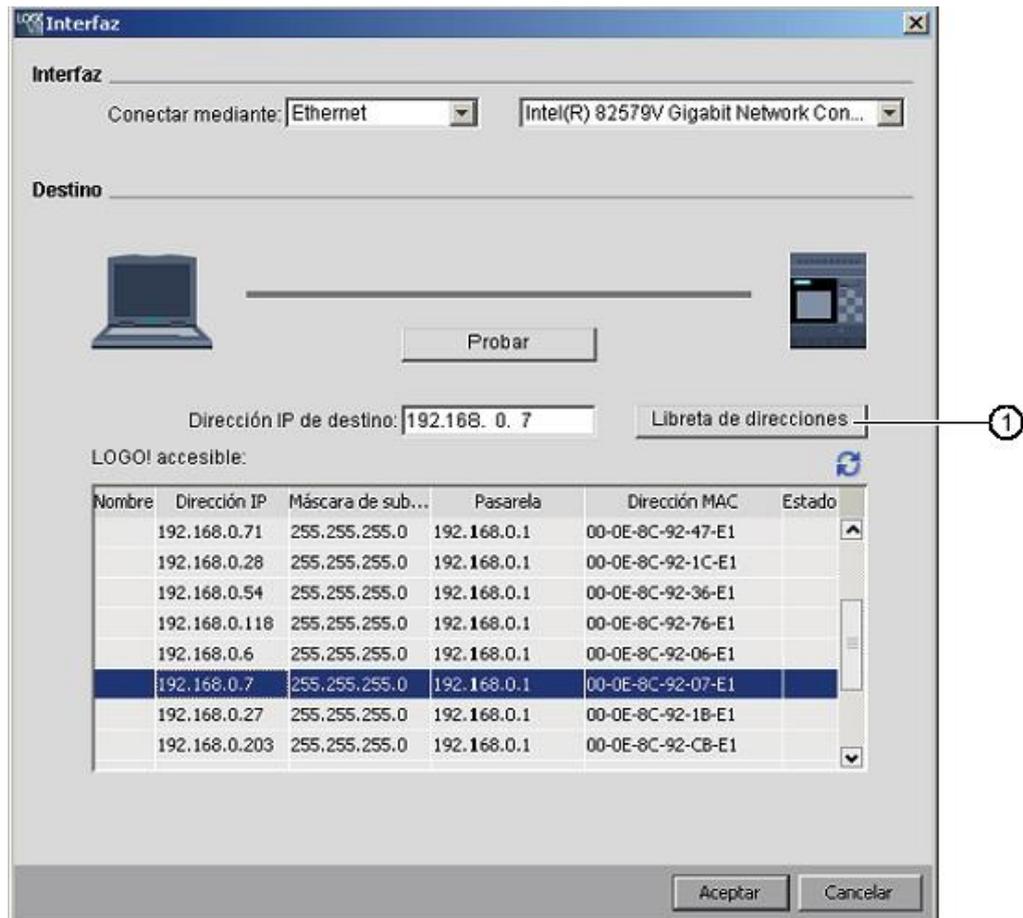


Figura 2.40. Transferencia vía ethernet

Fuente: [20]

1. Haga clic en "①" en la pantalla anterior para visualizar la libreta de direcciones.
2. Introduzca la dirección IP del módulo base LOGO!.
3. No modifique la dirección de subred predeterminada "255.255.255.0".
4. Introduzca la dirección IP correcta para la pasarela. Asegúrese de completar este paso si el módulo base LOGO! está en la misma LAN (red de área local o no).
5. Guarde el elemento en la libreta de direcciones.

Con un clic en  se accede al nuevo módulo base LOGO! 0BA8.

LOGO!Soft Comfort guarda los módulos base LOGO! escaneados en la lista de dispositivos LOGO! accesibles para utilizarlos más adelante.

d. Transferencia con DNS dinámico (solo 0BA7 y versiones posteriores)

Si se selecciona DNS dinámico para la comunicación, para volver a llamar una dirección URL introducida anteriormente solo debe introducirse la dirección URL conocida o hacer clic en la flecha situada junto al campo de texto de la URL: (véase la Figura 2.41).

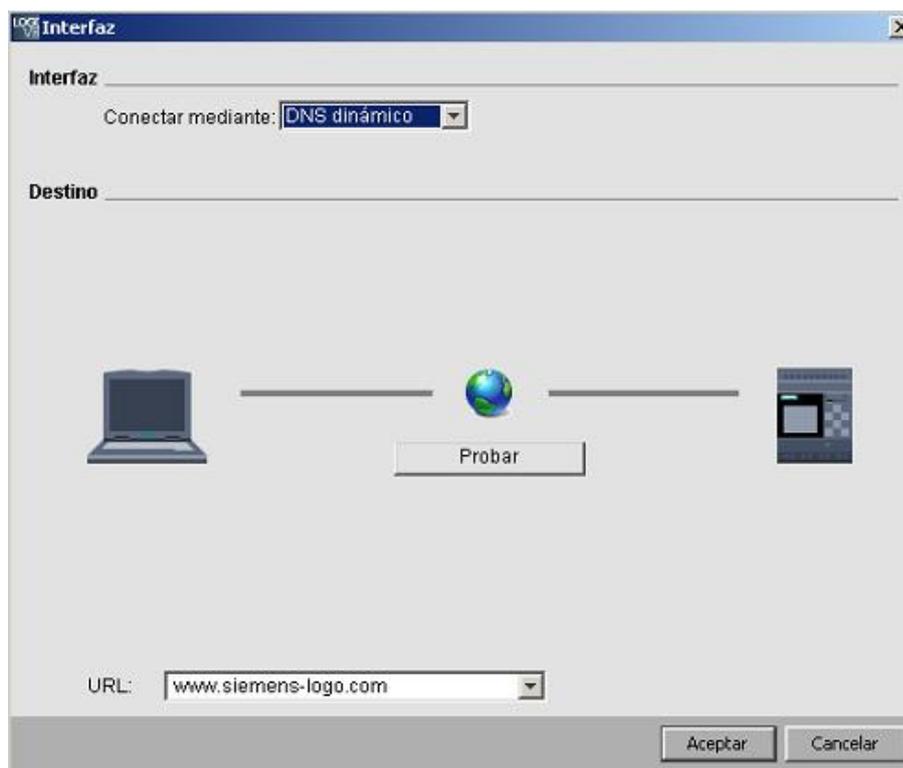


Figura 2.41. Transferencia con DNS dinámico

Fuente: [20]

Para acceder al módulo base LOGO! a través de DNS dinámico es necesario configurar el router. Asegúrese de haber realizado los ajustes siguientes antes de iniciar la conexión:

- El módulo base LOGO! remoto tiene una cuenta válida de DNS dinámico para el routing.
- El router local ha agregado el DNS dinámico del módulo base LOGO! remoto como servidor HTTP virtual.

Nota: Los dispositivos LOGO! 0BA8 se comunican con un módulo base LOGO! remoto utilizando el protocolo TCP así como el puerto privado 8080.

e. Prueba de conexión

Una vez haya seleccionado la interfaz de conexión deseada puede probar la conexión en el mismo cuadro de diálogo como se muestra en la Figura 2.42.

Haga clic en "①" en la pantalla siguiente para comprobar si la conexión está lista.

Si la conexión es correcta, la línea de conexión gris se vuelve verde y aparece una marca de verificación encima de la línea.

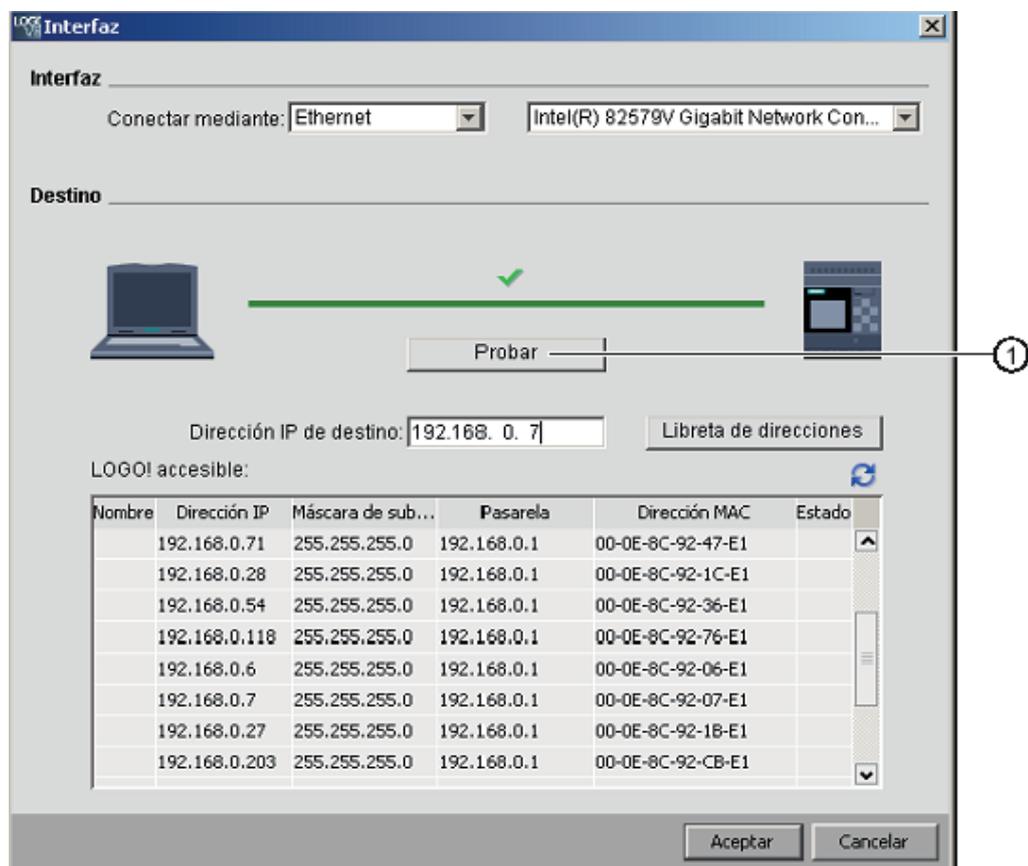


Figura 2.42. Prueba de conexión

Fuente: [20]

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1. Descripción física del sistema

El sistema que se muestra en la Figura 3.1 consta de varios materiales, dispositivos e instrumentos para llevar a cabo el control del proceso de temperatura del horno, los mismos que se describen a continuación.



Figura 3.1. Horno para el secado de motores eléctricos

Motor A.O.SMITH MOD F48SQ6L36. Motor eléctrico de la compañía Electrical Products Company de construcción semicerrado, ideal para aire acondicionado y funcionamiento continuo, posee auto protección (véase la Figura 3.2).

La Tabla 3.1 indica las características más importantes del motor, además la Figura 3.3 y la Tabla 3.2 muestran las dimensiones aproximadas del motor eléctrico A.O.SMITH MOD F48SQ6L36.

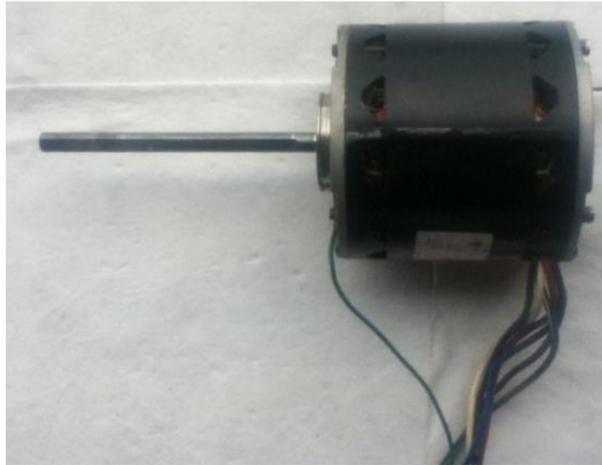


Figura 3.2. Motor A.O.SMITH Modelo F48SQ6L36

Tabla 3.1

Características generales del motor A.O.SMITH Modelo F48SQ6L36

Características del Motor A.O.SMITH MOD F48SQ6L36	
HP	3/4
RPM	1075
Velocidades	3
Volts	208-230 VAC
Amps	3.6
Frecuencia	60Hz
Capacitor	7.5MFD-370

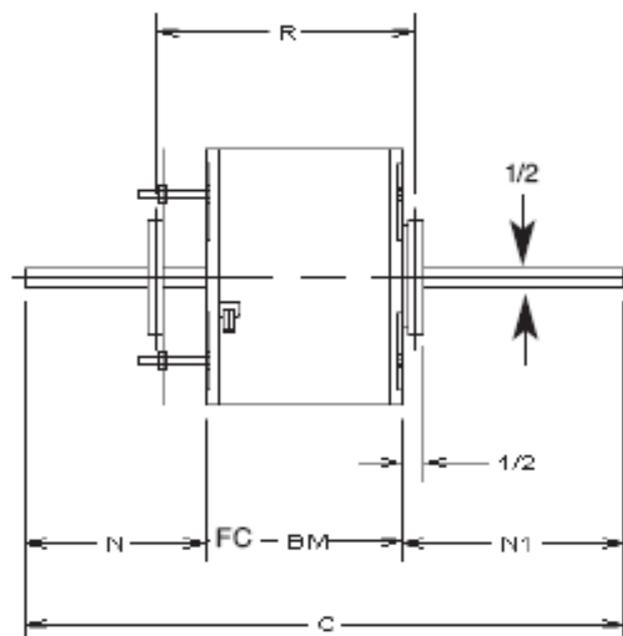


Figura 3.3. Dimensiones del Motor A.O.SMITH Modelo F48SQ6L36

Fuente: [23]

Tabla 3.2

Dimensiones aproximadas del Motor A.O.SMITH

Dimensiones del Motor A.O.SMITH Modelo F48SQ6L36				
Ref.	BM	FC	N	N1
4	5.36	20.00	7.39	7.25

Ventilador centrífugo. Los álabes de este ventilador están curvados hacia adelante, este tipo de ventilador necesita poco espacio, baja velocidad periférica y presenta bajo nivel de ruido (véase la Figura 3.4).

**Figura 3.4. Ventilador centrífugo de álabes curvados hacia adelante**

Banco de resistencias calefactoras. Está formado por 12 resistencias calefactoras de 12 ohmios cada una, alimentadas a 480 V AC trifásico, conectadas en configuración doble estrella (véase la Figura 3.5).

**Figura 3.5. Banco de resistencias calefactoras**

Sensor de temperatura PT100 MINCO AS7. Ideal para áreas peligrosas y explosivas, estable en zonas calificadas inflamables donde la detección de la temperatura es crítico.

En la Tabla 3.3 se detallan las características más importantes del sensor de temperatura.

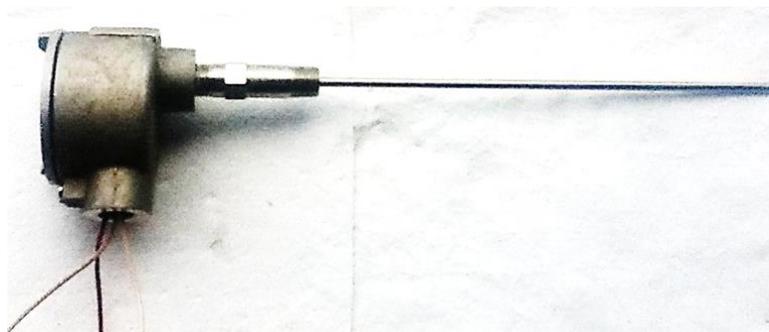


Figura 3.6. PT100 MINCO AS7

Tabla 3.3

Características del Sensor de temperatura PT100 MINCO AS7

Características del PT100 MINCO AS7	
Tipo de protección	IP65, IP66
Número de elementos sensibles	Simple
Rango de temperatura	-50 a 260 °C (-58 a 500 °F)
Tipo de conexión	3 hilos
Material	Conexión roscada: Acero inoxidable. Sonda: Platino (0.00392 TCR) 100 Ω ± 0.5% a 0°C Cabezal: Aleación de cobre y aluminio (CH104).
Resistencia de aislamiento	10 mega ohmios min. A 100 VDC
Conexión eléctrica	Bloque de terminales para cables de hasta 14 AWG.
Diámetro de sonda	0.250" (6.4mm)
Índice de presión	200 psi (13.8 bar)

PLC LOGO! 12 / 24 RC. LOGO! es sumamente versátil, gracias a su amplia funcionalidad y a su fácil manejo (véase la Figura 3.7).

El modelo de LOGO! utilizado en ésta aplicación es el LOGO! 12 / 24 RC, en la Tabla 3.4 se detallan las características generales del equipo.



Figura 3.7. LOGO! 12/24RC

Fuente: [20]

Tabla 3.4

Características del LOGO! 12 / 24 RC

Características del LOGO! 12/24RC		
Tensión de alimentación	12/24 V DC	
Rango admisible	10,8 a 28,8 V DC	
Protección contra inversión de polaridad	Si	
Consumo de corriente:	<ul style="list-style-type: none"> • 12 V DC • 24 V DC 	60 a 175 mA 40 a 100 mA
Reloj en tiempo real	Si	
Precisión del reloj en tiempo real	Típ. ± 2 s / día	
Temperatura ambiente	0 a 55 °C	
Entradas digitales	8	
Entradas analógicas	4	
Salidas digitales	4	
Tipo de salida	Relé	
Aislamiento galvánico	si	
Corriente permanente	Máx. 10 A por relé	
Corriente de cierre	Máx. 30 A	
Protección contra corto circuito	Requiere protección externa	
Tensión de entrada L+	<ul style="list-style-type: none"> • Señal 0 • Señal 1 	< 5V DC > 8.5V DC
Dimensiones (ancho x alto x prof.)	72 x 90 x 55 mm	

Fuente: [20]

Fuente de poder LOGO! Power 24 V DC. La fuente de alimentación LOGO! Power ofrece muchas prestaciones en un espacio mínimo. De alto rendimiento como se detalla en la Tabla 3.5.

Ésta fiable fuente de alimentación en caja plana con perfil lateral escalonado puede integrarse con gran flexibilidad en numerosas aplicaciones (véase la Figura 3.8).



Figura 3.8. Fuente LOGO! Power 24 V DC

Fuente: [20]

Tabla 3.5

Características de la Fuente LOGO! Power 24 VDC

Características de la Fuente LOGO! Power 24 V DC	
Tensión de Entrada	100 a 240 V AC
Rango Admisible	85 a 264 V AC
Frecuencia de Red Admisible	47 a 63 Hz
Compensación de Fallos de Tensión	40 ms (a 187 V AC)
Intensidad de Entrada	1,22 a 0,66 A
Protección del Dispositivo	Interna
Tensión de Salida	24 V DC
Intensidad de Salida	2,5 A
Eficiencia	> 87%
Conectable en paralelo para aumentar la potencia	Sí
Rango de Temperatura Ambiente	-22° a 55° C
Montaje	Soporte de 35 mm
Peso Aprox.	0,3 Kg
Dimensiones (ancho x alto x prof)	72 x 90 x 55 mm

Fuente: [20]

Módulo LOGO! AM 2 RTD. El módulo AM2 RTD soporta la conexión de sensores de temperatura PT100/PT1000. Este módulo permite medir dentro del rango de -50 a 200°C (véase la Figura 3.9).



Figura 3.9. LOGO! AM 2 RTD

Fuente: [20]

Puede conectar al módulo una termorresistencia Pt100 alternativamente con técnica de conexión a 2 ó 3 hilos.

Si selecciona la técnica de conexión a 2 hilos, deberá aplicar en el módulo un puente de cortocircuito entre los bornes M1+ y IC1 o entre M2+ y IC2. En este tipo de conexión no se produce una corrección del fallo provocado por la resistencia óhmica del cable de medición. 1Ω de resistencia equivale a un fallo de medición de +2,5 °C.

El tipo de conexión a 3 hilos anula la influencia de la longitud del cable (resistencia óhmica) en el resultado de medición (véase la Figura 3.10).

$L_+ = 10.8 \dots 28.8 \text{ V DC}$
 $I_{24V DC} = 30 \dots 40 \text{ mA}$
 Input: PT100/PT1000 + PT100/PT1000
 (-50°C... +200°C)

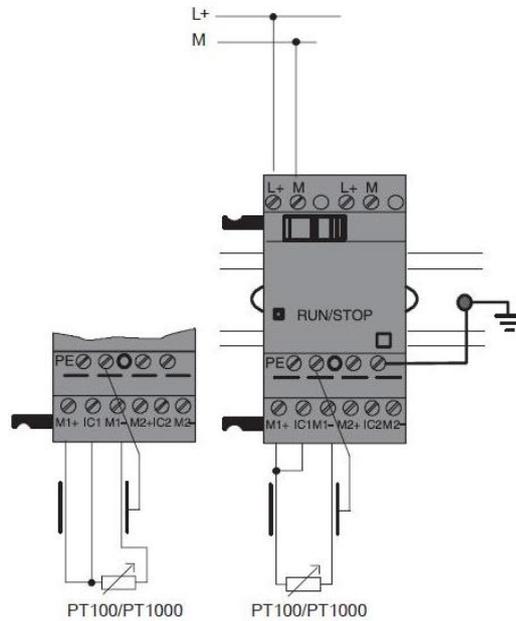


Figura 3.10. Conexión a 2 hilos y 3 hilos

Fuente: [20]

Módulo LOGO! AM2 AQ. LOGO! ofrece la posibilidad de conectar 2 señales analógicas de salida, en lazo de tensión (0..10 V) o corriente (0 / 4 ... 20 mA). De este modo podemos emitir una señal para el manejo de equipos que requieren este tipo de señal (véase la Figura 3.11). La Tabla 3.6 presenta la información general del módulo LOGO! AM2 AQ.



Figura 3.11. LOGO! AM2 AQ

Fuente: [20]

Tabla 3.6

Información general módulo LOGO! AM2 AQ

Información técnica del LOGO! AM2 AQ	
Tensión de funcionamiento	24 V DC
Rango de salida	0 -10 V/4-20 mA
Resolución	10 bits
Protección	IP20
Montaje	Montaje en riel DIN
Dimensiones (ancho x alto x prof.)	36 x 90 x 55 mm

Fuente: [20]

La forma de conexión y características se muestra en la Figura 3.12.

L_+ =	20.4 ... 28.8 V DC
$I_{24V DC}$ =	35 ... 90 mA
$V1, V2$ =	0 ... 10 V DC
$I1, I2$ =	0/4 ... 20mA
$R1 \geq$	5 k Ω
$R2 \leq$	250 Ω

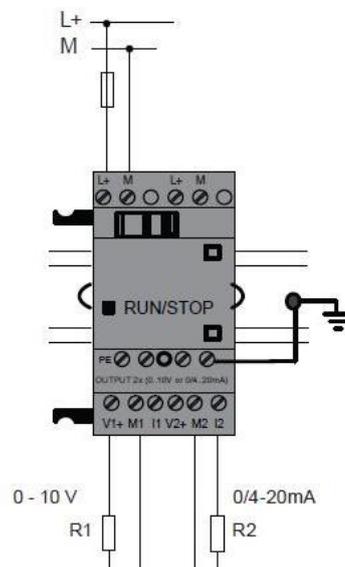


Figura 3.12. Conexión del LOGO! AM2 AQ

Fuente: [20]

Visualizador de textos LOGO! TD. Logo! soporta un módulo visualizador de textos. Este módulo Logo! TD (visualizador de textos) amplía las funciones

de visualización y de la interfaz de usuario de Logo! Basic (véase la Figura 3.13).



Figura 3.13. Módulo LOGO! TD

Fuente: [20]

Logo!Soft Comfort permite configurar las siguientes funciones del módulo Logo! TD:

- Pantalla inicial.
- Teclas de función.
- Textos de aviso.
- Retro iluminación.

Características técnicas:

- Fuente de alimentación externa con 12/24 V DC.
- Protocolo de comunicación RS – 485 con el controlador LOGO!.
- 4 líneas con 12 caracteres por línea.
- Posibilidad de conexión a todos los módulos LOGO! de séptima generación.
- 6 teclas estándar y cuatro de función (F1 - F4).
- Panel frontal con índice de protección IP65 (protección contra polvo y penetración de agua).

- Sencilla funcionalidad de gráfico de barras.
- Dimensiones de 128,2 x 86 x 38,7 mm.

Driver de accionamiento de triac's. Es un dispositivo electrónico de potencia, cuya función es la de regular la cantidad de energía que será entregada hacia el elemento final de control, es decir, es un actuador eléctrico (véase la Figura 3.14).

La Tabla 3.7 brinda las especificaciones generales del equipo.



Figura 3.14. Driver de accionamiento de triac's

Tabla 3.7

Especificaciones generales del driver de accionamiento de triac's

Driver de accionamiento de triac's	
Señal de entrada de control	0 – 10 VDC
Rango de tensión nominal de carga	480 VAC \pm 10%
Frecuencia de trabajo	50 / 60 Hz
Rango de intensidad	40 ... 120 A
Modo de control	Control de fase

Contactador SIEMENS SIRIUS 3RH2122 – 1AP00. El contactor auxiliar SIRIUS 3RH2122 – 1AP00 de SIEMENS con sus contactos (2NA y 2NC) y una tensión de control de 230 V AC es el elemento de contacto óptimo para un sistema de control. Mediante bloques de contactos auxiliares, el contactor

SIRIUS 3RH2122 – 1AP00 puede ampliarse de forma flexible según la necesidad (véase la Figura 3.15).



Figura 3.15. Contactor SIEMENS SIRIUS 3RH2122 – 1AP00

Fuente: [24]

La Tabla 3.8 muestra los datos técnicos generales del Contactor SIEMENS SIRIUS 3RH2122 – 1AP00.

Tabla 3.8

Características generales de SIEMENS SIRIUS 3RH2122 – 1AP00

SIEMENS SIRIUS 3RH2122 – 1AP00	
Nombre comercial del producto	SIRIUS
Tamaño del contactor	S00
Ampliación del producto / interruptor auxiliar	Si
Clase de protección IP / frontal	IP20
Protección de contacto directo contra descarga eléctrica	A prueba contacto involuntario con los dedos.
Grado de contaminación	3
Tensión de aislamiento / con grado de contaminación 3 / valor asignado	690 V
Altitud de instalación / en alturas sobre el nivel del mar / máxima	2.000 m
Temperatura ambiente	
• Durante el almacenamiento	-55 a +80 °C
• Durante el funcionamiento	-25 a +60 °C
Tensión de mando	
• Con 50 Hz / con AC / valor asignado	230 V
• Con 50 Hz / con AC / valor asignado	230 V
Retardo de cierre	
• En AC	8 ... 33 ms
Retardo de apertura	
• En AC	6 ... 25 ms

Fuente: [24]

Contactador Schneider Electric LC1D40 TeSyS. Schneider Electric LC1D40, para aplicaciones de motor de inducción de 9 A hasta 150 amperios a plena carga y cargas resistivas de hasta 200 A. Diseñado para controlar y proporcionar una protección de sobrecarga para motores nominales de hasta 100 HP a 480 V AC o 125 HP a 600 V AC, TeSyS se adapta a las necesidades de la mayoría de las aplicaciones. Viene incorporado contactos auxiliares. Todas las uniones atornilladas tienen protección IP20. Pueden ser montados en el panel por tornillos o riel DIN (véase la Figura 3.16).

La Tabla 3.9 proporciona la información general del Contactador LC1D40 TeSyS.

Tabla 3.9

Características del contactor Schneider Electric LC1D40 TeSyS

Contactador LC1D40 TeSyS.	
Gama	TeSyS
Aplicación de contactor	Control de motor Carga resistiva
Categoría de empleo	AC-1 AC-3
Número de polos	3P
Tensión asignada de empleo	≤ 300 VCC para circuito de alimentación ≤ 690 VAC ... 400 Hz para circuito de alimentación
Intensidad asignada de empleo	40 A (≤ 60 °C) en ≤ 440 VCA AC-3 para circuito de alimentación. 60 A (≤ 60 °C) en ≤ 440 VCA AC-1 para circuito de alimentación
Dimensiones (ancho x alto x prof.)	55 x 122 x 120 mm
Peso	0.925 Kg

Fuente: [25]



Figura 3.16. Contactor Schneider Electric LC1D40 TeSyS

Fuente: [25]

Disyuntor Legrand DPX 125. El disyuntor moldeado serie DPX 125 es conveniente para 660 V CA a 50 / 60 Hz.

Ofrece funcionamiento confiable, usado para la distribución de energía y protegiendo el circuito y el equipo eléctrico contra cortocircuito y sobrecargas. Cumple con el estándar IEC 947 (véase la Figura 3.17).

La Tabla 3.10 indica los datos técnicos generales del disyuntor DPX-125.



Figura 3.17. Disyuntor Legrand DPX 125

Fuente: [26]

Tabla 3.10

Características del disyuntor DPX-125

Disyuntor DPX - 125	
Número de polos	3P
Corriente	16 A ... 125 A
Voltaje de funcionamiento	250 V
Voltaje de aislamiento	500 V
Dimensiones (ancho x alto x prof.)	120 x 74 x 75.6 mm
Peso	1.2 Kg

Fuente: [26]

Disyuntor Schneider Electric iC60N C 6A. El disyuntor miniatura de tres polos es la nueva referencia en el campo de la distribución terminal en baja tensión para la protección de circuitos (véase la Figura 3.18).

El disyuntor iC60N incluye muchas innovaciones gracias a sus características que se detallan en la Tabla 3.11 proporcionando alta seguridad.

Tabla 3.11

Información técnica general del disyuntor iC60N

Disyuntor iC60N C 6A	
Número de polos	3P
Corriente	6 A
Voltaje	380 VAC
Grado de protección	IP20
Dimensiones (ancho x alto x prof.)	54 x 85 x 78.5 mm
Peso	0.375 Kg

Fuente: [25]



Figura 3.18. Disyuntor Schneider Electric iC60N C 6A

Fuente: [25]

Switch Allen-Bradley 800H-HR2. Interruptor selector de dos posiciones de perilla negra con inserción blanca como se muestra en la Figura 3.19.

La Tabla 3.12 brinda información general del Switch Allen-Bradley 800H-HR2.



Figura 3.19. Switch Allen-Bradley 800H-HR2

Fuente: [27]

Tabla 3.12

Información del Switch Allen-Bradley 800H-HR2

Switch Allen-Bradley 800H-HR2	
Fabricante / Marca	Allen-Bradley
N° de pieza	800H-HR2
Color	Negro / Blanco
Grado de protección	4 / 4x / 13 resistente a la corrosión / impermeable / a prueba de aceite
Material	Plástico
Tamaño	30 mm
Tipo	Interruptor selector

Fuente: [27]

Pulsador Allen-Bradley 800T-XAP. Pulsador con indicador de estado, LED súper brillante. Están diseñados y construidos para rendir en entornos industriales más exigentes (véase la Figura 3.20).

La Tabla 3.13 indica información general del pulsador Allen-Bradley.



Figura 3.20. Pulsador Allen-Bradley 800T-XAP

Fuente: [27]

Tabla 3.13

Especificaciones generales del pulsador Allen-Bradley

Pulsador Allen-Bradley 800T-XAP	
Fabricante / Marca	Allen-Bradley
N° de pieza	800T-XAP
Rango de temperatura	-40...+185 °F (-40...+85 °C)
Humedad	50...95% HR
Grado de protección	4 / 4x / 13 resistente a la corrosión / impermeable / a prueba de aceite
Tipo	Pulsador

Fuente: [27]

3.2. Pruebas experimentales al sistema

Una vez que se disponga de todo el sistema ensamblado, interconectado, configurado y programado de forma correcta, se procede a realizar todas las pruebas necesarias e indispensables a cada una de las partes del sistema y a todos los dispositivos en conjunto.

Dentro de las pruebas, se debe comprobar la señal del sensor de temperatura Pt 100 sean correctas, conforme la variación de la resistencia eléctrica con el cambio de temperatura, así también la adquisición de la señal por medio del módulo LOGO! AM2 RTD y que sea indicada en el visualizador de textos LOGO! TD, además de las señales que emite el LOGO! 12 / 24 RC hacia los distintos dispositivos asociados.

Sensor de temperatura PT100 MINCO AS7

Para realizar esta prueba se necesita un óhmetro, se conecta los terminales del sensor al óhmetro y se mide la variación de la resistencia eléctrica al cambio de temperatura que es sometido el sensor.

La respuesta del sensor es muy adecuada y de acuerdo a la tabla de relación temperatura vs resistencia que ofrece el fabricante, considerando que los cambios de temperatura son relativamente lentos.

PLC LOGO! 12 / 24 RC, Módulo LOGO! AM2 RTD, Visualizador de texto LOGO! TD y Módulo LOGO! AM2 AQ

Para éste análisis es importante realizarlo de manera conjunta a los tres componentes de acuerdo a su funcionamiento, debido a que la señal proveniente del sensor de temperatura es adquirida por el módulo LOGO! AM2 RTD y enviada hacia el LOGO! 12 / 24 RC, el mismo que procesa la información para realizar las funciones de control y enviar la información del proceso hacia el display LOGO! TD para poder ser visualizada por el usuario.

Además existe flujo de datos en sentido contrario a través del LOGO! TD, el usuario ingresa el valor de consigna o set point y el tiempo de funcionamiento, los cuales son observados en el HMI y son enviados al PLC para procesar la información y generar una señal de control y enviar al módulo de salidas analógicas LOGO! AM2 AQ, generando una señal de 0 a 10 V DC.

Driver de accionamiento de triac's

Éste dispositivo electrónico de potencia es controlado de forma automática con una señal de control generada por el LOGO! 12 / 24 RC en conjunto con el módulo de salidas analógicas LOGO! AM2 AQ, para realizar la comprobación de su funcionamiento nos ayudamos de un osciloscopio, observando la forma de onda en la carga conectada, el driver de accionamiento de triac's inicia su conducción de energía eléctrica para valores de voltaje poco superiores a 0 V DC y de forma proporcional hasta llegar a 10 V DC con una forma de onda sinusoidal completa de 480 V AC.

3.3. Funcionamiento del modo de Control Proporcional Integral

Para la configuración de este tipo de control se debe dar doble clic en el bloque regulador PI (Figura 3.21), donde aparecerá una ventana en la cual se muestra la configuración de los parámetros que pueden ser definidos por el usuario (véase la Figura 3.22).

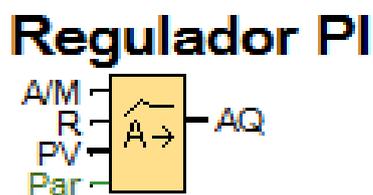


Figura 3.21. Regulator PI

Fuente: [20]

La Tabla 3.14 muestra la conexión y la descripción de cada uno de los parámetros que se puede configurar en el bloque regulador PI.

LOGO
B029 [Regulador PI]

Parámetros Comentario

Parámetro _____
Nombre de bloque:

Sensor _____
Sensor: 0 ... 10 V

Configuración analógica _____

Rango de medida	Parámetro
Mínimo: <input type="text" value="50"/>	Gain: <input type="text" value="0,95"/>
Máximo: <input type="text" value="1000"/>	Offset: <input type="text" value="50"/>

Salida _____

Consigna (SP)
 Referencia

Salida manual (Mq)
 Referencia

Parámetro: _____
Juego de parámetros:

Ganancia del regulador (KC):

Tiempo integral (TI): : Minutos (m:s)

Sentido (Dir): Hacia arriba (+)
 Hacia abajo (-)

Posiciones decimales _____
Decimales en el texto de aviso: +1234.5

Otros _____
 Remanencia
 Protección activa

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 3.22. Parámetros de configuración del Regulador PI

Tabla 3.14

Conexión y descripción Regulador PI

Conexión	Descripción
Entrada A/M	Permite ajustar el modo del regulador: 1: modo automático. 0: modo manual.
Entrada R	La entrada R sirve para desactivar la salida AQ. Mientras esta entrada está activada, la entrada A/M está desactivada. La salida AQ se pone a 0.
Entrada PV	Valor analógico: Valor real, influye en la salida. Sensor: Tipo de sensor utilizado. Min: Valor mínimo de PV Rango de valores: -10.000 a + 20.000 Max: Valor máximo de PV Rango de valores: -10.000 a +20.000 Ganancia Rango de valores: -10,00 a +10,00 Decalaje Rango de valores: -10.000 a +10.000 SP: Asignación del valor de ajuste. Rango de valores: -10.000 a +20.000 Mq: Valor de AQ en modo manual. Rango de valores: 0 a 1.000 Juegos de parámetros: Valores predeterminados según la aplicación para KC, TI y Dir (v. abajo) KC: Ganancia Rango de valores: 00,00 a 99,99 TI: tiempo integral Rango de valores: 00:01 min a 99:59 min Dir: Sentido de actuación del regulador Ajustes posibles: + o - p: Número de decimales Ajustes posibles: 0, 1, 2, 3
Parámetro	
Salida AQ	Salida analógica (magnitud manipulada) Rango de valores para AQ: 0 a 1.000

Fuente: [20]

Para simplificar la utilización del regulador PI, los parámetros KC, TI y Dir se han predeterminado como se muestra en la **Tabla 3.15**.

Tabla 3.15

Juego de parámetros del regulador PI

Juego de parámetros	Aplicación de ejemplo	Parámetro KC	Parámetro TI (s)	Parámetro Dir
Temperatura rápida	Regulación de temperatura y climatización de habitaciones pequeñas; volúmenes pequeños.	0,5	30	+
Temperatura lenta	Regulación de calefacción, ventilación, temperatura y climatización de habitaciones grandes; volúmenes grandes	1,0	120	+

Fuente: [20]

El control Proporcional Integral presenta el siguiente funcionamiento:

- El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional.
- El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un periodo de tiempo determinado; Luego es multiplicado por una constante I, la misma que representa la constante de integración. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.
- Un valor demasiado alto en la acción integral puede generar que el sistema se comporte de forma oscilatoria.

3.4. Pruebas de aislamiento para motores eléctricos

El aislamiento eléctrico se degrada con el tiempo debido a las distintas fatigas que se le imponen durante su vida normal de trabajo. El aislamiento está diseñado para resistir esas fatigas por un periodo de años que se considera como la vida de trabajo de ese aislamiento.

La fatiga anormal puede llevar a un incremento en este proceso natural de envejecimiento que puede acortar severamente la vida de trabajo del aislamiento. Por esta razón es buena práctica realizar pruebas regulares para identificar si tiene lugar un incremento del envejecimiento y, si es posible, identificar si los efectos son reversibles o no.

En su forma más simple, las pruebas de diagnóstico toman la forma de una “prueba puntual (spot)”. La mayoría de los profesionales de mantenimiento eléctrico han hecho pruebas puntuales (spot) cuando se aplica un voltaje al aislamiento y se mide una resistencia (prueba con megohmetro).

Pero lamentablemente la información brindada por una sola lectura del megohmetro es poca, aunque es la clase de prueba que se aplica generalmente a los circuitos de bajo voltaje donde el costo de una falla es bajo y el equipo puede reemplazarse fácilmente y sin grandes desembolsos.

Pero cuando hablamos de equipos muy costosos, y/o para media o alta tensión, lo que generalmente se recomienda es comparar con las lecturas registradas del megohmetro con otras realizadas anteriormente para poder ver una tendencia y prescribir las acciones correctivas.

En marzo del 2000 la directiva de estándares del IEEE (Asociación Internacional de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos), aprobó una revisión del standard que ha servido de guía para las medidas de aislamiento en máquinas rotatorias, el ANSI/IEEE 43-2000 (“Práctica recomendada para la medida de resistencia de aislamiento de máquinas rotatorias”).

De acuerdo con el IEEE, el standard está dirigido para quienes fabrican, operan, prueban, dan mantenimiento o son responsables para la aceptación de máquinas rotatorias.

El standard solicita: la prueba de resistencia de aislamiento y la prueba del índice de polarización (IP), y recomienda que ambas pruebas sean hechas (si es posible).

3.4.1. Resistencia de Aislamiento

La ANSI/IEEE 43-2000 recomienda un procedimiento para la medición de la resistencia de aislamiento de los bobinados de la armadura y del campo en máquinas rotatorias de potencias de 1hp, 750 W o mayor, y se aplica a:

- Máquinas síncronas
- Máquinas de inducción
- Máquinas de CC (corriente continua)
- Condensadores síncronos.

La norma indica la tensión de CC que se debe aplicar a la prueba de aislamiento (basada en los potencia de la máquina, y durante un minuto) y los valores mínimos aceptables de la resistencia de aislamiento para los bobinados de las máquinas rotatorias para CA y CC (es decir, la resistencia medida al cabo de un minuto).

La Tabla 3.16 proporciona las guías para el voltaje de CC que será aplicado durante una prueba de resistencia de aislamiento. Nótese que los voltajes de hasta 10 kV son recomendados para bobinados clasificados a voltajes mayores de 12kV.

Tabla 3.16

Voltaje de CC aplicado durante una prueba de resistencia de aislamiento

Voltaje (V) del bobinado (V es el tensión entre fases para maquinas trifásicas y monofásicas, y la tensión nominal para máquinas de CC o bobinados.	Voltaje que se aplicará en la prueba de aislamiento
< 1000	500
1000 – 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12000	2500 - 5000
> 12000	5000 - 10000

Fuente: [28]

El standard recomienda que cada fase sea aislada y probada separadamente (de ser posible) dado que este acercamiento permite las comparaciones que deberán hacerse entre fases. Las dos fases que no están siendo probadas deberán ser puestas a tierra en la misma tierra que la del núcleo del estator o el cuerpo del rotor.

Cuando todas las fases son probadas simultáneamente, únicamente el aislamiento a tierra es probado.

Las mediciones de resistencia de aislamiento deben ser hechas con todo el equipo externo (cables, capacitores, supresores de disturbios, etc.) desconectados y conectados a tierra debido a que estos objetos pueden influenciar en la lectura de la resistencia. Deberá usarse un punto común de tierra.

Asimismo se establece que el historial de las pruebas deberá ser usado para el seguimiento de los cambios.

Si el historial no está disponible, el standard proporciona valores mínimos para ambas pruebas (aislamiento e índice de polarización) que pueden ser usadas para estimar la situación en que se encuentra el bobinado.

La resistencia de aislamiento mínima, recomendada, después de un minuto y a 40°C, puede ser determinada de la Tabla 3.17. La resistencia mínima de una fase del bobinado de una armadura de tres fases probada con las otras dos conectadas a tierra deberá ser aproximadamente del doble del bobinado total. Si cada fase es probada separadamente (con los circuitos de guarda estando usados en las fases que no están bajo prueba), la resistencia mínima (a 1 minuto) observada deberá ser tres veces el bobinado total.

Tabla 3.17

Resistencia de aislamiento mínima recomendada

Resistencia mínima, en Mohm, según IEEE43-2000	Maquina bajo prueba
KV+1 (donde kV es la tensión nominal de la máquina, media en kilovoltios)	Para bobinados fabricados antes de 1970
100	Para motores de c.c y estatores AC construidos después de 1970
5	Para máquinas de bobinado aleatorio y formado, de tensiones menores a 1 kV.

Fuente: [28]

La norma indica que si la resistencia a 1 minuto es mayor a 500 Mohm, entonces el cálculo del índice de polarización (IP), puede dejarse de lado.

3.4.2. Índice de Polarización

Cuando deseamos obtener el índice de polarización (IP) se realiza la prueba de resistencia durante 10 minutos.

El resultado de dividir la lectura de resistencia a diez minutos entre la lectura de 1 minuto dá como valor el índice de polarización (IP).

El resultado es un número puro y se puede considerar independiente de la temperatura.

En general, una relación baja indica poco cambio, consecuentemente aislamiento pobre, mientras que una relación alta indica lo opuesto. Las referencias a valores de índice de polarización (IP) típicos son comunes en la literatura, lo que hace que esta prueba sea fácilmente empleada.

Los valores mínimos recomendados para el índice de polarización (IP) están basados en la clase de los materiales de aislamiento y se aplican a todos los materiales de aislamiento indiferentemente de su aplicación de acuerdo con el IEC 60085-01: 1984 (véase la Tabla 3.18).

Tabla 3.18

Índice de polarización mínimo recomendado

Tipo de aislación	VALOR MINIMO DE IP
CLASE A	1.5
CLASE B, F o H	2.0

Fuente: [28]

Generalmente los valores de índice de polarización (IP) son entre 2 a 5. Pero un índice de polarización (IP) muy alto (mayor de 5) puede estar indicando problemas de resecamiento en el aislamiento y posiblemente, luego de una inspección visual observemos zonas quebradizas en el aislamiento.

3.5. Pruebas termográficas del horno de secado de motores eléctricos

La termografía es una técnica empleada para la medición de la temperatura superficial de los objetos a distancia y sin contacto. Para ello, los sensores empleados son capaces de captar la radiación infrarroja que emite cualquier objeto cuya temperatura esté por encima del cero absoluto. Esta radiación térmica está situada entre los 500 y 14.000 nanómetros del espectro electromagnético. Existen varias formas de tomar el valor de temperatura de un objeto mediante técnicas termográficas, siendo los más comunes los pirómetros, que proporcionan una medida puntual del objeto, y las cámaras termográficas, mucho más versátiles, y que proporcionan una imagen de la temperatura de la escena.

Para realizar las pruebas termográficas del horno se ha utilizado la cámara termográfica Fluke Ti32-11030393, el cual brinda información muy detallada como histograma (Figura 3.25), información general de la imagen (Tabla 3.19) y los marcadores de la imagen (Tabla 3.20).

Las pruebas se realizaron con el fin de comprobar que no existan fugas de temperatura hacia el exterior, además de identificar los puntos calientes del horno (véase la Figura 3.23).

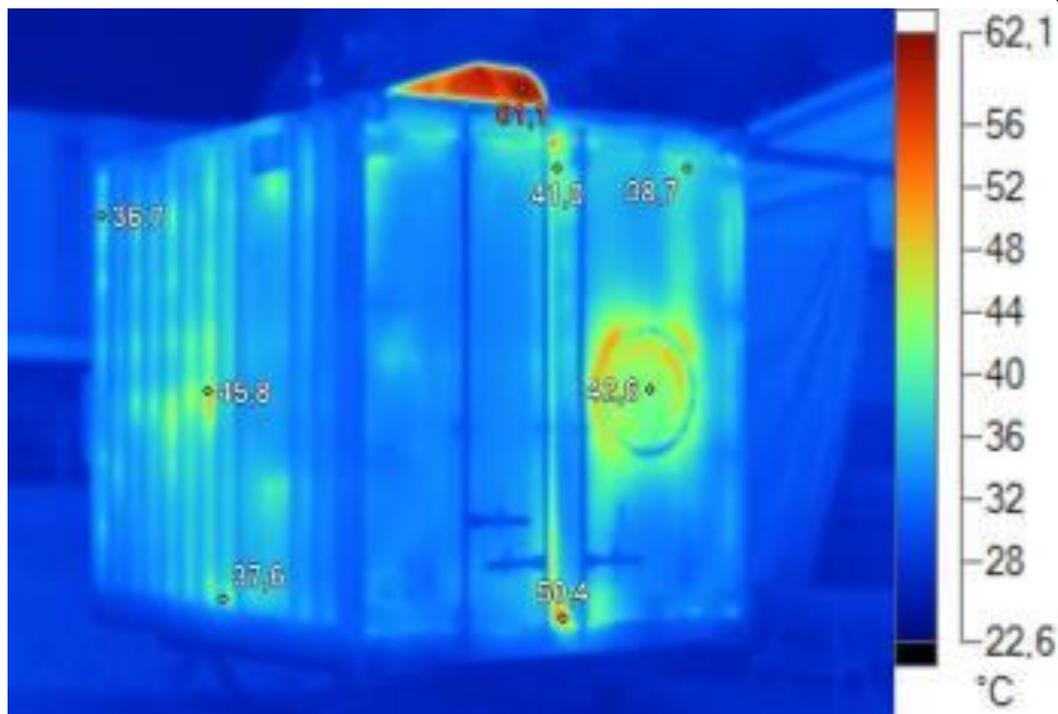


Figura 3.23. Imagen termográfica del horno



Figura 3.24. Imagen de luz visible

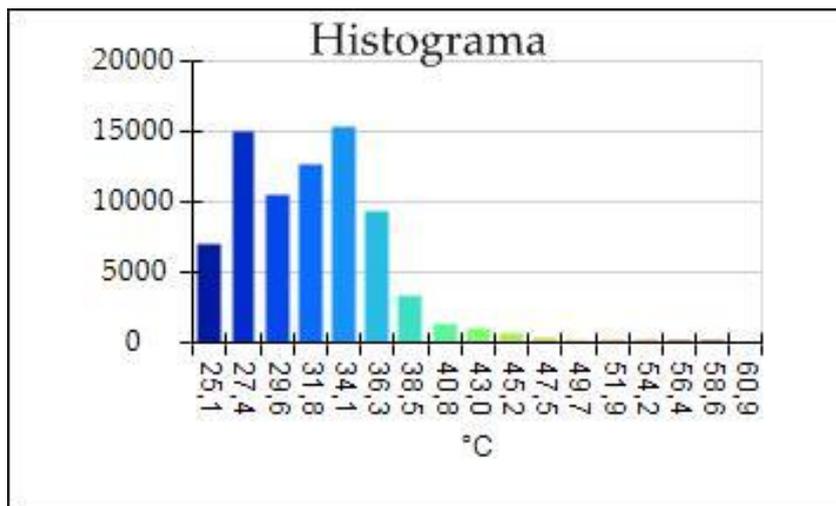


Figura 3.25. Histograma de la imagen termográfica

Tabla 3.19

Información de la imagen termográfica del horno

INFORMACIÓN DE LA IMAGEN	
Temperatura de fondo	19,4°C
Emisividad	0,95
Transmisión	1,00
Temperatura promedio	31,8°C
Rango de la imagen	24,1°C a 61,1°C
Modelo de cámara	Fluke Ti32
Número de serie de la cámara	Fluke Ti32-11030393
Versión OCA	1.1.59.0
Fabricante	Fluke Thermography
Descripción de la lente	Estándar
Rango de calibración	-10,0°C a 80,0°C

Tabla 3.20

Marcadores de la imagen principal

MARCADORES DE LA IMAGEN			
Nombre	Temperatura	Emisividad	Segundo plano
Caliente	61,1°C	0,95	19,4°C
P0	45,8°C	0,95	19,4°C
P1	42,6°C	0,95	19,4°C
P2	50,4°C	0,95	19,4°C
P3	36,7°C	0,95	19,4°C
P4	41,0°C	0,95	19,4°C
P5	37,6°C	0,95	19,4°C
P6	38,7°C	0,95	19,4°C

3.6. Funcionalidad del panel de control

Cuando se utiliza el display externo LOGO! TD existe la posibilidad de crear un menú de control que sea amigable con el usuario.

LOGO! TD posee cuatro teclas de función F1 ... F4, las cuales son posibles ajustarlas de acuerdo a las necesidades.

La Figura 3.26 indica el orden de presentación de las pantallas configuradas.

La **Tabla 3.21** presenta el resumen del funcionamiento de cada una de las pantallas configuradas.

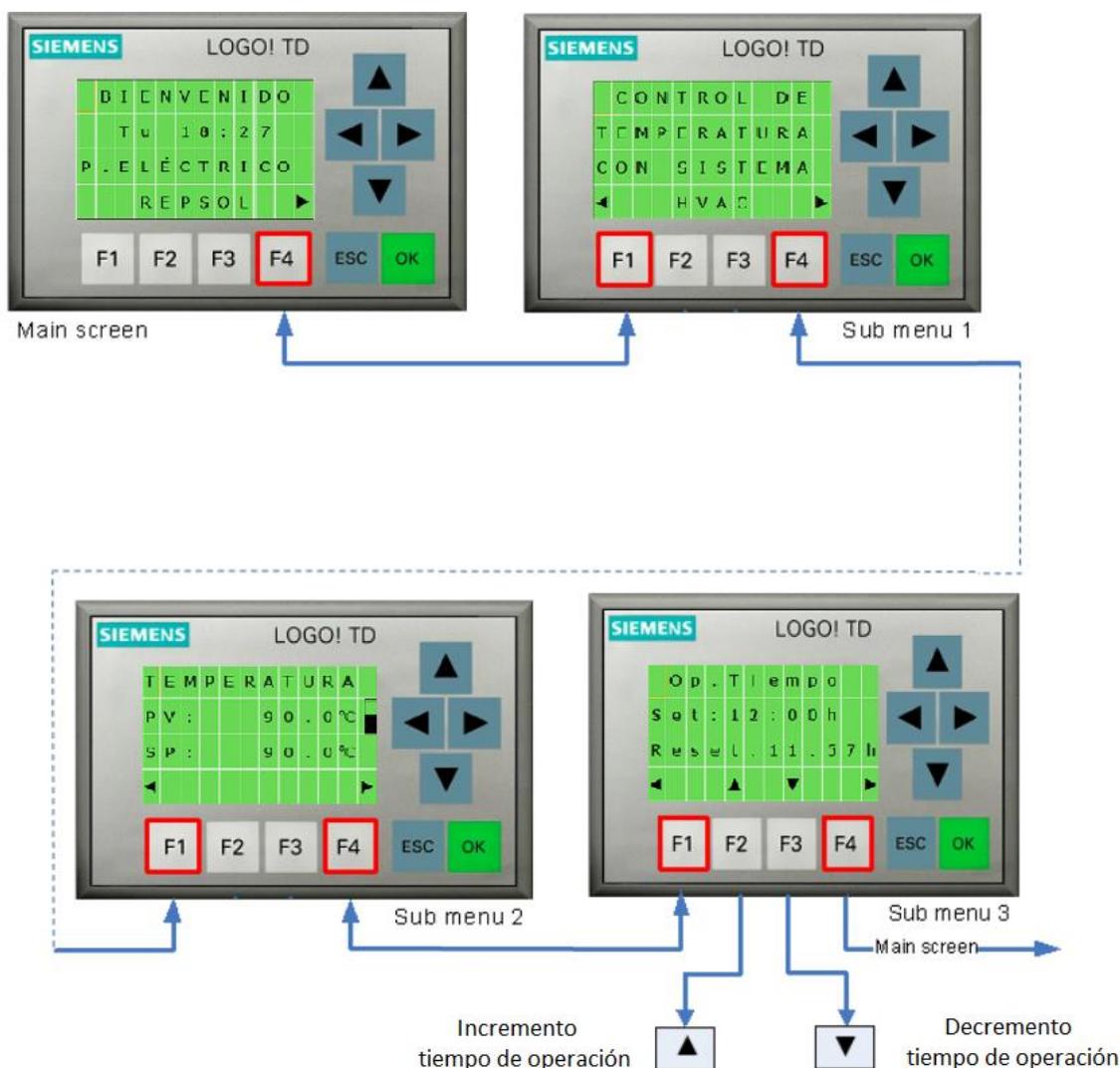
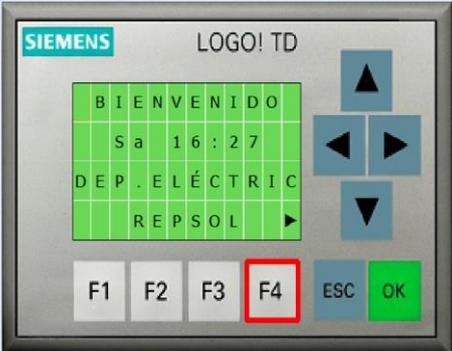
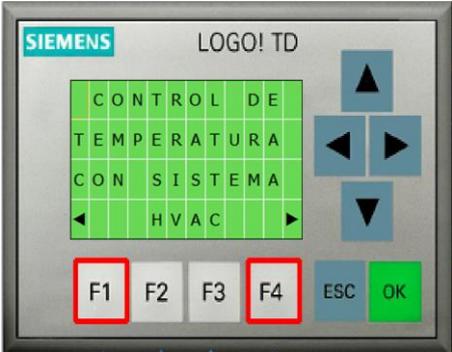


Figura 3.26. Pantallas configuradas en el display LOGO! TD

Tabla 3.21

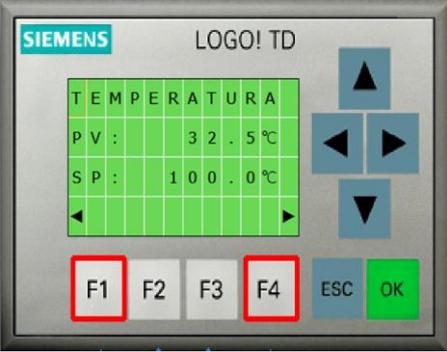
Descripción de la actividad que cumple cada pantalla configurada

N.º	Imagen / explicación	Descripción
1.		<p>Línea 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mensaje bienvenida. <p>Línea 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Día y hora actual. <p>Línea 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre del departamento. <p>Línea 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de la empresa.
2.		<p>Línea 1, 2, 3 y 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Función que cumple equipo.

LOGO! TD al encender presenta la pantalla de bienvenida, para continuar a la siguiente pantalla presionamos F4 .

Breve explicación de la función que realiza el proceso.
 Para retornar a la pantalla anterior presionamos la tecla F1 y avanzar a la siguiente pantalla presionamos F4 .

CONTINÚA 

N°.	Imagen / explicación	Descripción
3.		<p>Línea 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nombre del proceso. <p>Línea 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> Variable del proceso (PV). <p>Línea 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> Set point (SP) o punto de consigna. <p>Línea 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> Flechas indicadoras de avance y retroceso.

Ésta pantalla indica el nombre del proceso, en este caso temperatura.

El PV indica la temperatura actual a la que se encuentra el horno.

El SP es el valor deseado de temperatura, el usuario puede modificar este valor manteniendo

presionado la tecla  hasta que aparezca un guion bajo titilando, por defecto aparecerá en la segunda línea de la pantalla, con la ayuda de las flechas  y  del teclado LOGO! TD nos movemos hasta la tercera línea de la pantalla y

presionamos , ahí aparecerá una barra titilando, para desplazar la barra titilante utilizamos nuevamente las teclas  y , con las teclas  y  modificamos el valor del set point y al ajustar el valor deseado presionamos  y .

Para retornar a la pantalla anterior presionamos la tecla  y avanzar a la siguiente pantalla

presionamos .

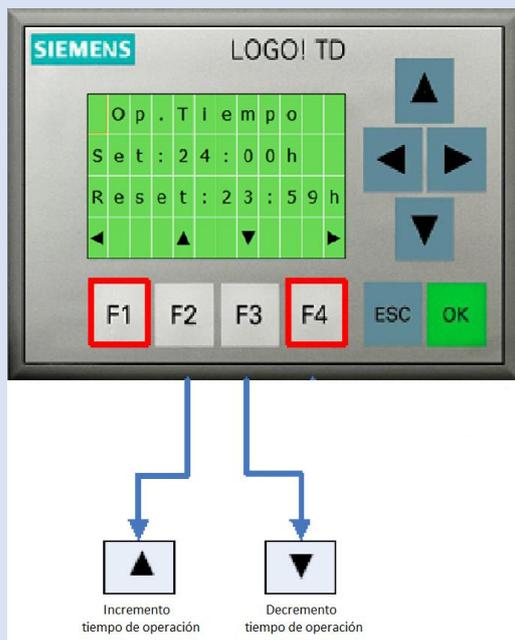
CONTINÚA 

N°.

Imagen / explicación

Descripción

4.



En esta pantalla podemos ingresar el tiempo de

funcionamiento mediante las teclas **F2** y **F3** del LOGO! TD.

Para retornar a la pantalla anterior presionamos la tecla **F1** y avanzar a la siguiente pantalla

presionamos **F4**.

Línea 1:

- Opción de tiempo.

Línea 2:

- Ingresar el tiempo de operación.

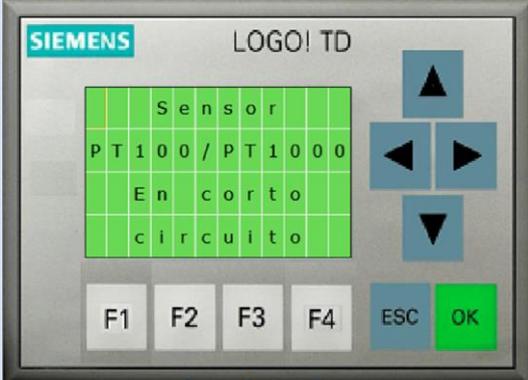
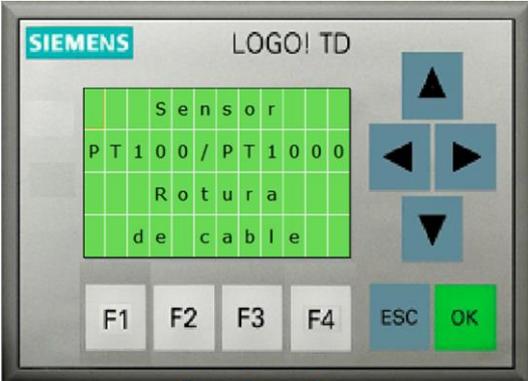
Línea 3:

- Decremento del tiempo de operación.

Línea 4:

Flchas de avance y retroceso entre las pantallas, flechas de incremento y decremento del tiempo.

CONTINÚA 

N°.	Imagen / explicación	Descripción
5.	 <p>The image shows a Siemens LOGO! TD control panel. The screen displays a green grid with the text 'Sensor PT100 / PT1000 Encorto circuito'. Below the grid are four function keys (F1-F4), an ESC key, and an OK key. Navigation arrows are on the right side.</p>	<p><u>Línea 1, 2, 3 y 4:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mensaje de alerta.
6.	 <p>The image shows a Siemens LOGO! TD control panel. The screen displays a green grid with the text 'Sensor PT100 / PT1000 Rotura de cable'. Below the grid are four function keys (F1-F4), an ESC key, and an OK key. Navigation arrows are on the right side.</p>	<p><u>Línea 1, 2, 3 y 4:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mensaje de alerta.

Esta pantalla muestra un mensaje de alerta de corto circuito del sensor de temperatura y se detiene inmediatamente el proceso.

Esta pantalla muestra un mensaje de alerta de rotura del cable del sensor de temperatura y se detiene inmediatamente el proceso.

3.7. Manual de operación del horno del proceso de secado de motores electricos

3.7.1. Ubicación e identificación de los componentes del horno

En el horno podemos identificar la parte frontal, posterior e interior.

La Figura 3.27 muestra la parte frontal del horno y la Tabla 3.22 nos indica sus componentes.



Figura 3.27. Parte frontal del horno

Tabla 3.22

Componentes de la parte frontal del horno

PARTE FRONTAL	
N°	Elemento
1	Dos puertas con sus respectivos seguros.
2	Dos luces estroboscópicas que indican el funcionamiento del horno.
3	Vidrio transparente para visualización.

La parte posterior del horno se muestra en la Figura 3.28, además en la Tabla 3.23 se indican todos sus componentes ubicados en esta sección.

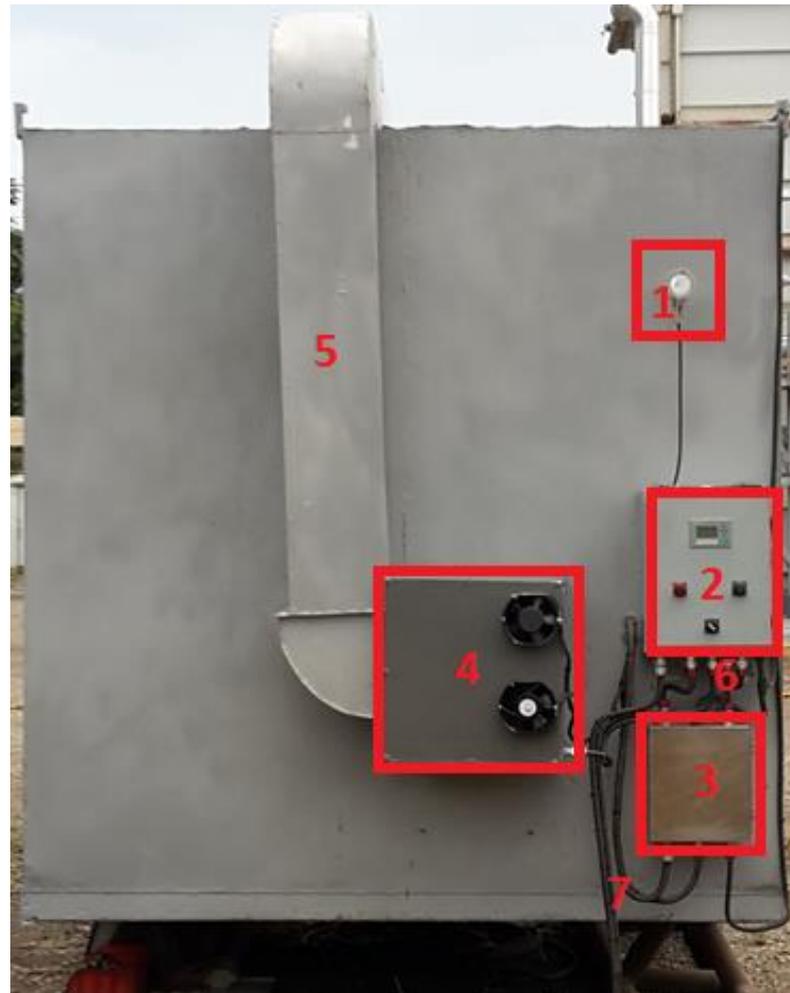


Figura 3.28. Parte posterior del horno

Tabla 3.23

Componentes de la parte posterior del horno

PARTE POSTERIOR	
N°	Elemento
1	Sensor de temperatura
2	Gabinete que contiene el tablero de control
3	Gabinete que contiene el Driver de accionamiento de triac's
4	Caja que contiene el motor y ventilador centrífugo
5	Ducto de de ventilacion
6	Terminales TMCX
7	Cables de alimentación

La parte interior del horno se muestra en la Figura 3.29, la cual está compuesta por los elementos que se indican en la Tabla 3.24.

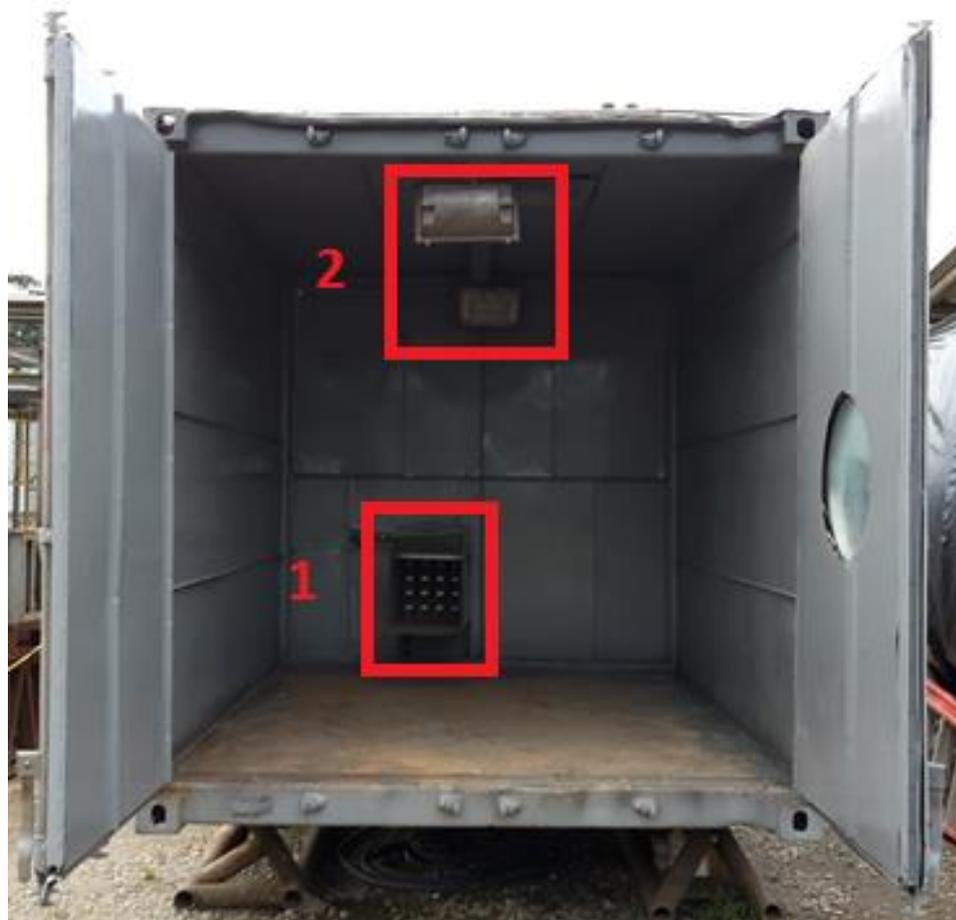


Figura 3.29. Parte interior del horno

Tabla 3.24

Componentes de la parte interior del horno

PARTE INTERIOR	
N°	Elemento
1	Banco de resistencias calefactoras
2	Dos lamparas para iluminar el interior del horno.

En la Figura 3.30 se indica los componentes del tablero de control de horno y en la Tabla 3.25 se detalla cada uno de los elementos.

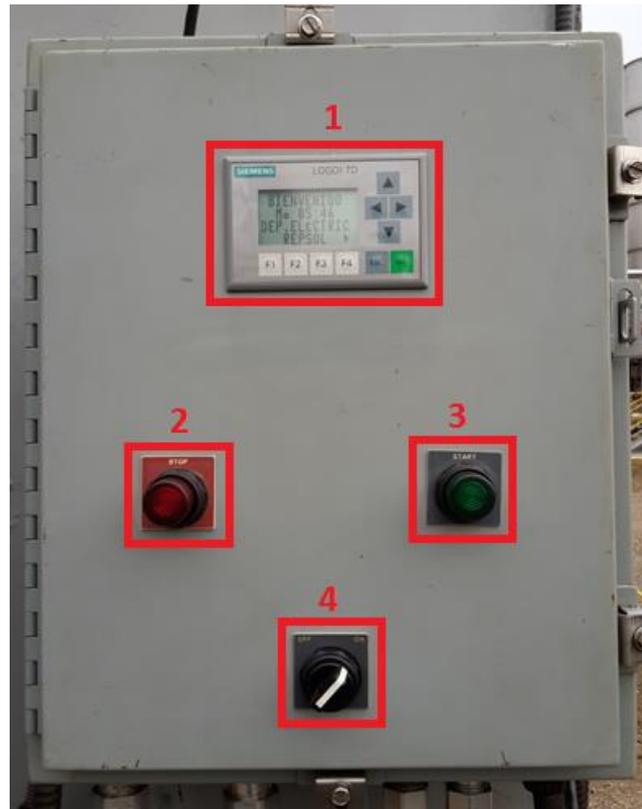


Figura 3.30. Tablero de control

Tabla 3.25

Componentes del tablero de control

TABLERO DE CONTROL	
N°	Elemento
1	Display LOGO! TD
2	Pulsador de STOP Allen-Bradley 800T-XAP con led indicador color rojo
3	Pulsador de START Allen-Bradley 800T-XAP con led indicador color verde
4	Switch selector Allen-Bradley 800H-HR2 de dos posiciones ON y OFF

La Tabla 3.26 indica los componentes de la parte interior del gabinete del tablero de control, además en la Figura 3.31 se puede observar todos sus elementos.



Figura 3.31. Parte interior del gabinete de control

Tabla 3.26

Componentes internos del gabinete

GABINETE DE CONTROL	
N°	Elemento
1	Disyuntor Legrand DPX 125
2	Disyuntor Schneider Electric iC60N C 6A
3	Contactora Schneider Electric LC1D40 TeSyS.
4	Contactora SIEMENS SIRIUS 3RH2122 – 1AP00.
5	PLC LOGO!12/24RC con su respectiva fuente de poder LOGO! Power 24 VDC, módulo LOGO! AM 2 RTD y módulo LOGO! AM2 AQ
6	Borneras

En la Figura 3.32 se puede observar los elementos del gabinete secundario, además en la Tabla 3.27 se enumera cada uno de los elementos.

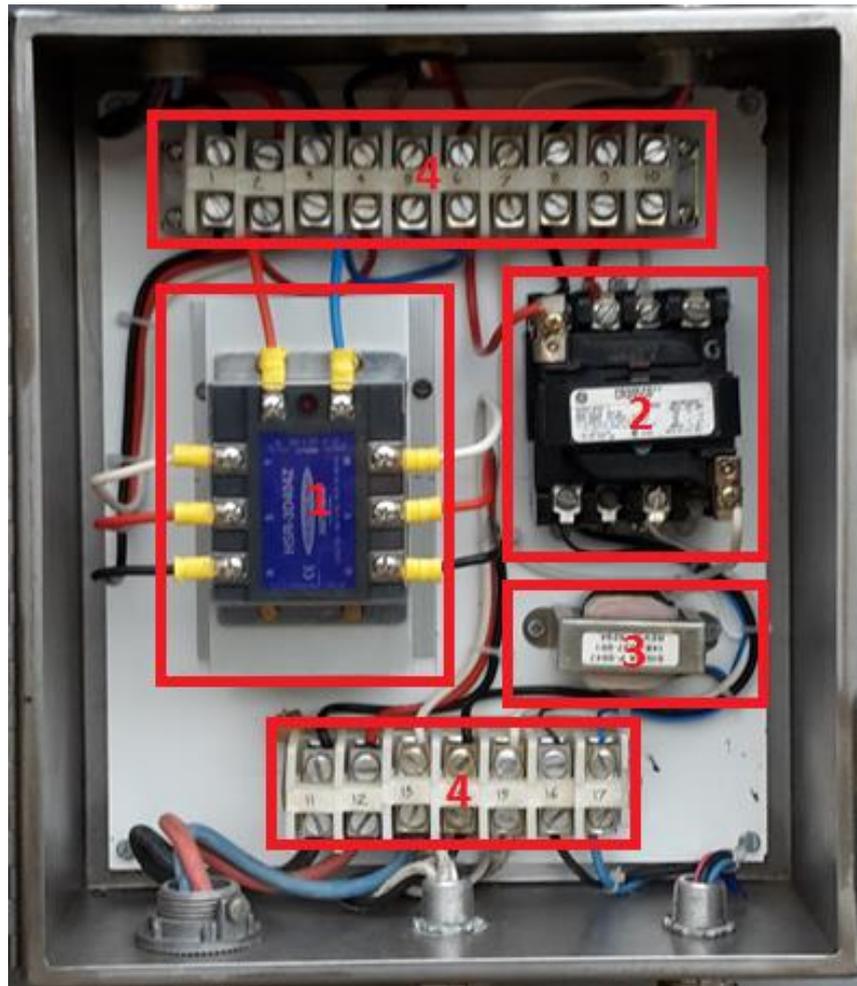


Figura 3.32. Gabinete secundario

Tabla 3.27

Componentes del gabinete secundario

GABINETE SECUNDARIO	
N°	Elemento
1	Driver de accionamiento de triac's
2	Contactador Schneider Electric CR305CO
3	Transformador de 120 VAC a 24 VAC para alimentar las luces estroboscopicas.
4	Borneras

3.7.2. Procedimiento para operar el horno del proceso de secado de motores eléctricos

En la Tabla 3.28 y la Tabla 3.29 se muestra el procedimiento de operación de encendido y apagado del horno del proceso de secado de motores eléctricos con sistema HVAC.

Tabla 3.28

Procedimiento de arranque del horno

PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO	
Pasos	Procedimiento
1	Inspeccionar que las puertas se encuentren muy bien cerradas.
2	Conectar los cables de alimentación y comprobar que el voltaje sea 220 VAC y 480 VAC.
3	Cerrar los dos disyuntores.
4	Gire a la derecha el interruptor selector y colarlo en "ON"
5	Ingresar el valor de Set Point y tiempo de funcionamiento deseado mediante el Display LOGO! TD.
6	Presionar el botón "START" para iniciar el secado.
7	Para detener el proceso presionar el botón "STOP"

Tabla 3.29

Procediendo de apagado del horno

PROCEDIMIENTO DE APAGADO	
Pasos	Procedimiento
1	Detener el proceso presionando botón "STOP"
2	Gire a la izquierda el interruptor selector y colarlo en "OFF"
3	Abrir los dos disyuntores.
4	Desconectar los cables de alimentación de 220 VAC y 480 VAC.

Tabla 3.30

Pruebas de tiempo de secado de los motores eléctricos antes y después de implementado el horno secador con sistema HVAC

Característica del motor eléctrico	Tiempo de secado en horas	
	Antes	Después
Motor eléctrico TECO-Westinghouse HP: 3000 Hz: 60 VOLTS: 4000 AMPS: 362 RPM: 3567	168 horas	12 horas
Motor eléctrico TECO-Westinghouse HP: 1500 Hz: 60 VOLTS: 2300/4000 AMPS: 316/182 RPM: 3551	120 horas	8 horas
Motor eléctrico TECO-Westinghouse HP: 5 Hz: 60 VOLTS: 230/460 AMPS: 12.2/6.12 RPM: 3551	24 horas	2 horas

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Mediante el diseño e implementación del control de temperatura para el horno secador de motores eléctricos con sistema “HVAC” se logró optimizar el tiempo del proceso de secado consiguiendo su perfecto desempeño, además brindando monitoreo y control de forma eficiente.
- Se realizó la selección de los equipos e instrumentos de control que mejor se adapten a las necesidades y condiciones operacionales del sistema “HVAC” para cumplir con el proceso de secado de los motores eléctricos.
- El diseño del tablero de control se realizó tomando en cuenta las normas eléctricas NFPA (An International Standards-Making Organization) lo cual permitió optimizar el espacio y brindar garantías para un buen funcionamiento, de igual forma se tomó en consideración los requerimientos del usuario para que el tablero sea muy versátil.
- La interconexión de todos los equipos y elementos que conforman el sistema “HVAC” en el horno del proceso fueron realizadas bajo estrictas normas de seguridad, debido a que el horno se encuentra en un ambiente explosivo por ubicarse en el patio de generación de energía junto a la turbina de generación a gas.
- El programa para el PLC Logo! se diseñó en base al funcionamiento lógico del horno para controlar y monitorear los dispositivos y variables del proceso de calefacción, además brinda las seguridades tanto para el equipo y para el operador presentando avisos de alarma y de fallos bloqueando así el funcionamiento del proceso.
- Se determinó en base a las pruebas realizadas que el tiempo de secado de los motores eléctricos se redujo de 168 horas a 12 horas lo cual permite optimizar el tiempo en el proceso de mantenimiento, conjuntamente se obtuvo excelentes resultados en el secado de los motores eléctricos de

1500 y 300 HP como en motores eléctricos de menor capacidad logrando así la multifuncionalidad del horno.

4.2. Recomendaciones

- Antes de iniciar la manipulación del horno para el secado de motores eléctricos, se debe leer los diagramas P&ID y consultar el manual de operación del equipo para garantizar la correcta manipulación y óptimo funcionamiento del sistema con el fin de evitar accidentes al operador y daños al equipo.
- Cuando se opta por automatizar un proceso de tipo industrial se recomienda capacitar a los operarios para garantizar un buen funcionamiento del sistema de control.
- En el caso de presentarse algún imprevisto en el funcionamiento del horno secador de motores eléctricos con sistema HVAC consultar el manual técnico de posibles fallas y soluciones.
- Con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento del horno y evitar que los componentes del sistema se dañen, se recomienda establecer un programa de mantenimiento.
- Se recomienda después de finalizado el proceso de secado del motor eléctrico no abrir las puertas del horno, solo hacerlo previa verificación que la temperatura en su interior sea menor a 40° Celsius. Con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento del horno y evitar que los componentes del sistema y el aislamiento del motor se dañen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. E. G. Moreno, «<http://repositorio.espe.edu.ec/>,» Octubre 2002. Recuperado el 20 de Diciembre de 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3575/1/T-ESPEL-0067.pdf>.
- [2] P. G. C. Arroyo y D. M. Vega Aguirre, «<http://www.bibliotecasdelecuador.com/cobuec/>,» Junio 2006. Recuperado el 27 de Diciembre de 2014 [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/196/1/CD-0201.pdf>.
- [3] L. K. L. Criado, «repository.upbbga.edu.co,» Enero 2011. Recuperado el 3 de Enero de 2015 [En línea]. Available: http://repository.upbbga.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1286/1/digital_20462.pdf.
- [4] M. Hill, «<http://www.mcgraw-hill.es/>,» 2013. Recuperado el 10 de Enero de 2015 [En línea]. Available: <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>.
- [5] J. A. R. Hernández, «<http://azul.bnct.ipn.mx/>,» Mayo 2006. Recuperado el 17 de Enero de 2015 [En línea]. Available: http://azul.bnct.ipn.mx/tesis/repositorio/912_2006_ESIME-ZAC_MAESTRIA_romero_hernandez_josealfredo.pdf.
- [6] A. M. C. Sambache y M. C. Sandoval Córdor, «<http://bibdigital.epn.edu.ec/>,» Abril 2010. Recuperado el 24 de Enero de 2015 [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2019/1/CD-2847.pdf>.
- [7] G. R. E. Calderón y B. P. Remache Vinueza, «<http://bibdigital.epn.edu.ec/>,» Febrero 2011. Recuperado el 31 de

- Enero de 2015 [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3742/1/CD-3439.pdf>.
- [8] S. J. N. Acurio, «<http://repositorio.espe.edu.ec/>,» Octubre 2011. Recuperado el 7 de Febrero de 2015 [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5006/1/T-ESPEL-0858.pdf>.
- [9] J. J. V. Sanjuán, «<http://www.utm.mx/>,» Agosto 2007. Recuperado el 14 de Febrero de 2015 [En línea]. Available: http://www.utm.mx/~jvasquez/parte1_08.pdf.
- [10] H. A. M. Díaz, «<http://www.liceus.com/>,» Mayo 2003. Recuperado el 21 de Febrero de 2015 [En línea]. Available: <http://www.liceus.com/cgi-bin/ac/pu/AutomatizacionMedioambiental.pdf>.
- [11] K. Ogata, Ingeniería de Control Moderna, México: Prentice Hall, 2002.
- [12] J. R. Castillo, «<http://es.scribd.com/>,» 25 Mayo 2011. Recuperado el 28 de Febrero de 2015 [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/56282416/El-Control-On-Off#scribd>.
- [13] J. A. A. Lozada y A. Marulanda Grajales, «<http://repositorio.utp.edu.co/>,» 10 Marzo 2010. Recuperado el 14 de Marzo de 2015 [En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1772/1/6298A696.pdf>.
- [14] A. R. G. Bermeo y F. J. Jijón Vaca, «<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9147/>,» Noviembre 2014. Recuperado el 28 de Marzo de 2015 [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9147/1/T-ESPEL-ENI-0332.pdf>.

- [15] F. R. G. Noboa, «<http://bibdigital.epn.edu.ec/>,» Septiembre 2013. Recuperado el 11 de Abril de 2015 [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6755/1/CD-5130.pdf>.
- [16] P. S. R. Pumisacho, «<http://bibdigital.epn.edu.ec/>,» Septiembre 2009. Recuperado el 18 de Abril de 2015 [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4227/1/CD-2462.pdf>.
- [17] J. F. A. Rivadeneira, «<http://bibdigital.epn.edu.ec/>,» Septiembre 2008. Recuperado el 2 de Mayo de 2015 [En línea]. Available: [http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2108/1/CD-1701\(2008-10-07-11-04-56\).pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2108/1/CD-1701(2008-10-07-11-04-56).pdf).
- [18] F. F. C. Sánchez, «<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7333>,» Enero 2014. Recuperado el 16 de Mayo de 2015 [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7333/1/T-ESPEL-ENI-0312.pdf>.
- [19] R.D.Rubalcava, «<http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/handle/123456789/12213>,» 2013. Recuperado el 30 de Mayo de 2015 [En línea]. Available: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/12213/1/sistemacalefaccion.pdf>.
- [20] SIEMENS, «www.siemens.com/logo,» Junio 2014. Recuperado el 6 de Junio de 2015 [En línea]. Available: http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/13000001399999/001302217-an-01-es-SOFTWARE_LOGO__STARTER_KIT_230RCE.pdf.
- [21] L.G.R. Rosero, «<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1921>,» Abril 2013. Recuperado el 20 de Junio de 2015 [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1921/1/04%20ME%2>

0017%20Art%C3%ADculo%20Cient%C3%ADfico%20Espa%C3%B1ol.pdf.

- [22] SIEMENS, «www.siemens.com/logo,» Julio 2013. Recuperado el 27 de Junio de 2015 [En línea]. Available: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=23&cad=rja&uact=8&ved=0CCYQFjACOBQ&url=https%3A%2F%2Fw3.siemens.com%2Fmcms%2Fsce%2Fde%2Ffortbildungen%2Fausbildungsunterlagen%2Fzusaetzlichemodule%2Ftabcardseiten%2FDocuments%2FSCE_ES_900-0.
- [23] A.S.MOTOR, «http://www.aquaman.com/motorManDetails.asp?mfg_number=F48SQ6L36&motorID=6077,» 2014. Recuperado el 4 de Julio de 2015 [En línea]. Available: http://www.aquaman.com/motorManDetails.asp?mfg_number=F48SQ6L36&motorID=6077.
- [24] SIEMENS, «www.siemens.com/industrial-controls/catalogs,» 10 Septiembre 2014. Recuperado el 11 de Julio de 2015 [En línea]. Available: media.automation24.com/datasheet/es/3RH21221AP00.pdf.
- [25] S. Electric, «www.ops-ecat.schneider-electric.com,» 28 Julio 2014. Recuperado el 16 de Julio de 2015 [En línea]. Available: www.ops-ecat.schneider-electric.com.
- [26] Legrand, «www.legrand.es,» 2015. Recuperado el 16 de Julio de 2015 [En línea]. Available: www.voltimum.es/e-catalogue/brand/legrand/product/25043.
- [27] Allen-Bradley, «<http://ab.rockwellautomation.com/Push-Buttons/800T-800H-Push-Buttons>,» 2015. Recuperado el 17 de Julio de 2015 [En línea]. Available: <https://www.rexelusa.com/30mm-knob-type/allen-bradley/800h-hr2/allen-bradley-800h-hr2-30mm-selector-switch/product/62555>.

- [28] A. Mikalaiunas, «Mantenimiento Preventivo de Motores Eléctricos,» 2010.
- [29] E. Martinez, «<http://es.slideshare.net/>,» 24 Julio 2013. Recuperado el 18 de Julio de 2015 [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/martinezeduardo/controladores-teoria-de-control-24587590>.
- [30] B. C. Kuo, Sistemas de Control Automático, México: PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, S.A, 1996.
- [31] J. B. Aragonés y C. García Gómez, «<http://server-die.alc.upv.es/>,» 2013. Recuperado el 20 de Julio de 2015 [En línea]. Available: http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf.
- [32] F. J. Kuhlmann Rodríguez y A. Alonso. Recuperado el 21 de Julio de 2015. <http://http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/>, 2006.

ANEXOS

ANEXO 1

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

ALCANCE (SPAN): Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento.

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

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

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

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

AC. Es la abreviatura de corriente alterna.

B

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

C

CONECTOR DE BUS. Este conector permite empalmar la CPU a un módulo de extensión adicional.

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

CONVERTIDORES. Son aparatos que reciben una señal de entrada neumática (3– 15 psi) o electrónica (4– 20 mA c.c.) procedente de un instrumento y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar.

D

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

DC. Es la abreviatura de corriente continua.

E

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

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

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

EXACTITUD. Es la cualidad de un instrumento de medida por la que tiende a dar lecturas próximas al verdadero valor de la magnitud medida.

H

HMI. (Human Machine Interface) Interfaz Humano Máquina.

HISTÉRESIS. Es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice o la pluma del instrumento o la señal de salida para el mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente.

I

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

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

M

MEDICIÓN. Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

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

P

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

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

PI. Acción de control Proporcional-Integral.

PLC. Programmable Logic Controller. Controlador Lógico Programable.

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

PRECISIÓN. Es la cualidad de un instrumento por la que tiende a dar lecturas muy próximas unas a otras, es decir es el grado de dispersión de las mismas

R

RANGO. Conjunto de valores de la variable que puede medir el instrumento. Se especifica mediante el límite inferior y el superior.

REGISTRADOR. Aparato, máquina o caja que sirve para anotar o grabar automáticamente una serie de datos u operaciones.

RESISTENCIA ELÉCTRICA. Se define como la oposición que ofrece un cuerpo a un flujo de corriente que intente pasar a través de sí.

RETROALIMENTACIÓN. Información sobre la variable controlada que puede compararse con el valor de referencia para llevar a cabo la acción correctiva en el lazo cerrado.

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

RECEPTORES. Reciben las señales procedentes de los transmisores y las indican o registran. Los receptores controladores envían otra señal de salida normalizada a los valores ya indicados 3– 15 psi en señal neumática, o 4– 20 mA c.c. en señal electrónica, que actúan sobre el elemento final de control.

S

SENSIBILIDAD. Es la razón entre la respuesta en la salida a un estímulo en la entrada, funciona junto con el promediado para equilibrar el tiempo de respuesta con la estabilidad de la señal.

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

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

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

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

T

TRANSDUCTOR. Elemento o dispositivo el cual recibe información en una forma de energía y la convierte en una información de la misma forma de energía o en otra forma de energía.

TRANSMISORES. Captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática de margen 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada) o electrónica de 4 a 20 mA de corriente continua o digital.

V

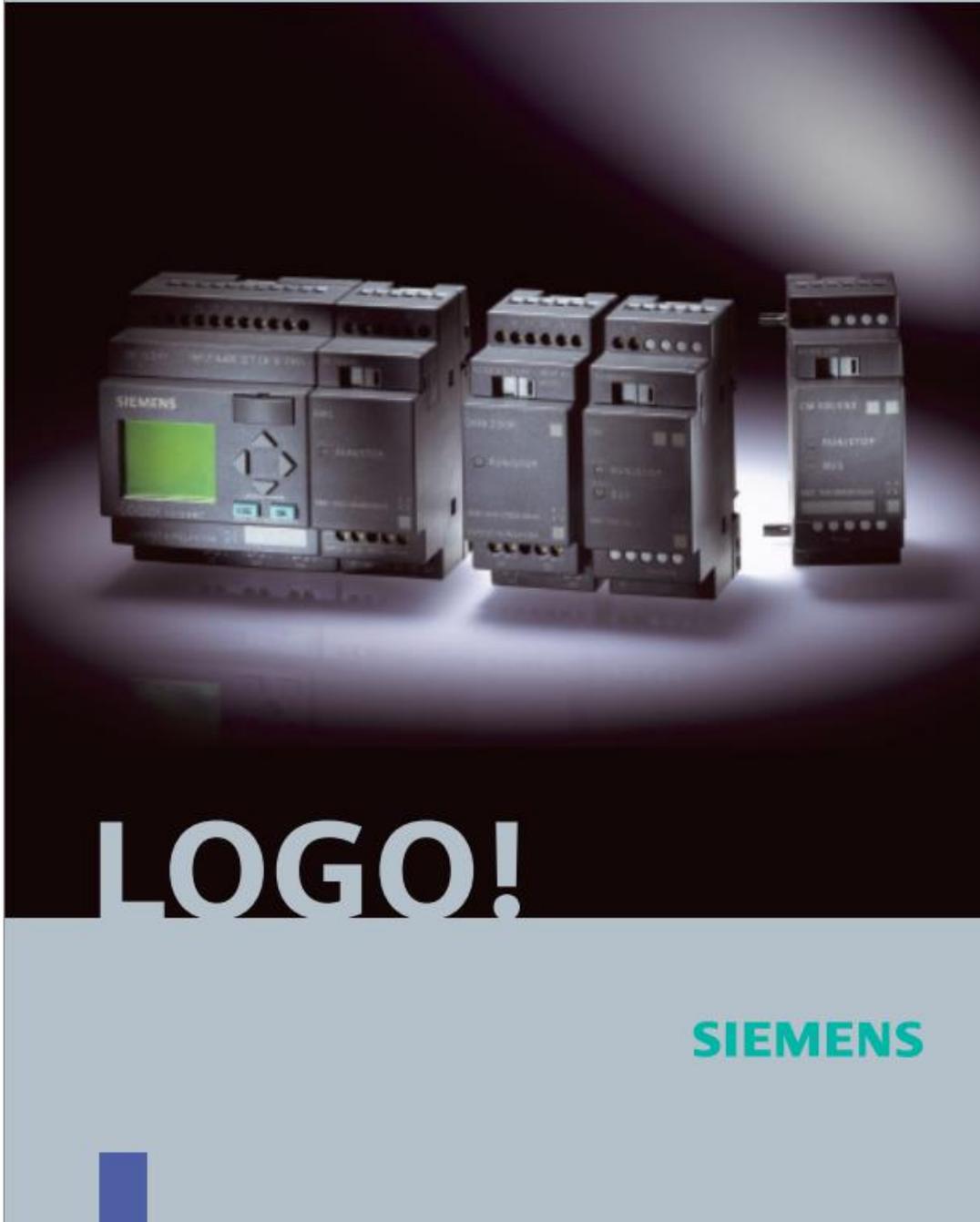
VARIABLE. Es cualquier elemento que posee características dinámicas, estáticas, química y físicas bajo ciertas condiciones, que constantemente se pueden medir.

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

ANEXO 2

**HOJAS DE ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS**

PLC LOGO 12/24 RC



A.3 Datos técnicos: LOGO! 24... y LOGO! DM8 24

	LOGO! 24 LOGO! 24o	LOGO! DM8 24
Fuente de alimentación		
Tensión de entrada	24 V c.c.	24 V c.c.
Margen admisible	20,4 ... 28,8 V c.c.	20,4 ... 28,8 V c.c.
Protección contra inversión de polaridad	sí	sí
Frecuencia de red admisible		
Consumo de 24 V	30 ... 55 mA 0,3 A por salida	30 ... 45 mA 0,3 A por salida
Compensación de fallos de tensión		
Potencia disipada en caso de 24 V	0,7 ... 1,3 W	0,8 ... 1,1 W
Respaldo del reloj a 25 °C		
Precisión del reloj de tiempo real		
Entradas digitales		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada	L+	L+
• señal 0	<5 V c.c.	<5 V c.c.
• señal 1	>8 V c.c.	>8 V c.c.

	LOGO! 24 LOGO! 24o	LOGO! DM8 24
Intensidad de entrada para <ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	< 1,0 mA (I1...I6) < 0,05 mA (I7, I8) > 1,5 mA (I1...I6) > 0,1 mA (I7, I8)	<1,0 mA >1,5 mA
Tiempo de retardo <ul style="list-style-type: none"> • de 0 a 1 • de 1 a 0 	típ. 1,5 ms (I1...I4) <1,0 ms (I5,I6) típ. 300 ms (I7,I8) típ. 1,5 ms (I1...I4) <1,0 ms (I5,I6) típ. 300 ms (I7,I8)	típ. 1,5 ms típ. 1,5 ms
Longitud del conductor (sin apantallar)	100 m	100 m
Entradas analógicas		
Cantidad	2 (I7 y I8)	
Rango	0 ... 10 V DC Impedancia de entrada 76 kΩ	
Tensión de entrada máx.	28,8 V CC	
Longitud del conductor (trenzado y apantallado)	10 m	
Salidas digitales		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Transistor, conexión P	Transistor, conexión P
Separación galvánica	no	no
En grupos de		
Activación de una entrada digital	sí	sí
Tensión de salida	△ tensión de alimentación	△ tensión de alimentación
Intensidad de salida	máx. 0,3 A	máx. 0,3 A
Corriente constante I_{th}		

Datos técnicos

	LOGO! 24 LOGO! 24o	LOGO! DM8 24
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de		
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)		
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)		
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)		
A prueba de cortocircuitos y sobrecarga	sí	sí
Limitación de corriente en cortocircuitos	aprox. 1 A	aprox. 1 A
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Resistencia a cortocircuitos cos 1		
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7		
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)		
Frecuencia de conmutación		
Mecánica		
Eléctrica	10 Hz	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	10 Hz	10 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

A.4 Datos técnicos: LOGO! 24RC... y LOGO! DM8 24R

	LOGO! 24RC LOGO! 24RCo	LOGO! DM8 24R
Fuente de alimentación		
Tensión de entrada	24 V CA/CC	24 V CA/CC
Rango admisible	20,4 ... 26,4 V CA 20,4 ... 28,8 V CC	20,4 ... 26,4 V CA 20,4 ... 28,8 V CC
Protección contra inversión de polaridad		
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente		
• 24 V AC	40 ... 110 mA	40 ... 110 mA
• 24 V DC	20 ... 75 mA	20 ... 75 mA
Compensación de fallos de tensión	típ. 5 ms	típ. 5 ms
Potencia disipada en caso de 24 V	0,5 ... 2,9 W (CA)	0,5 ... 2,9 W (CA)
Tamponaje del reloj a 25 °C	típ. 80 h	típ. 80 h
Exactitud del reloj de tiempo real	máx. ± 5 s / día	máx. ± 5 s / día
Entradas digitales		
Cantidad	8, alternativo entre co- nexión P y N	4, alternativo entre co- nexión P y N
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada	L	L
• señal 0	<5 V c.a.	<5 V c.a.
• señal 1	>12 V c.a.	>12 V c.a.

Datos técnicos

	LOGO! 24RC LOGO! 24RCo	LOGO! DM8 24R
Intensidad de entrada para <ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	< 1,0 mA > 2,5 mA	< 1,0 mA > 2,5 mA
Tiempo de retardo para <ul style="list-style-type: none"> • cambio de 0 a 1 • cambio de 1 a 0 	tip. 1,5 ms tip. 15 ms	tip. 1,5 ms tip. 15 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
Entradas analógicas		
Cantidad		
Margen		
Tensión de entrada máx.		
Salidas digitales		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Tensión de salida		
Intensidad de salida		
Corriente constante I_{th}	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de	1.000 W	1.000 W

Datos técnicos

	LOGO! 24RC LOGO! 24RC_o	LOGO! DM8 24R
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)	10 x 58 W	10 x 58 W
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W	1 x 58 W
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W	10 x 58 W
A prueba de cortocircuitos y sobrecarga		
Limitación de corriente en cortocircuitos		
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactora potencia B16, 600A	Contactora potencia B16, 600A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactora potencia B16, 900A	Contactora potencia B16, 900A
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Eléctrica		
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

A.5 Datos técnicos: LOGO! 12/24... y LOGO! DM8 12/24R

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! DM8 12/24R
Fuente de alimentación		
Tensión de entrada	12/24 V c.c.	12/24 V c.c.
Rango admisible	10,8 ... 28,8 V c.c.	10,8 ... 28,8 V c.c.
Protección contra inversión de polaridad	sí	sí
Consumo de corriente		
• 12 V c.c.	30 ... 140 mA	30 ... 140 mA
• 24 V c.c.	20 ... 75 mA	20 ... 75 mA
Compensación de fallos de tensión		
• 12 V c.c.	típ. 2 ms	típ. 2 ms
• 24 V c.c.	típ. 5 ms	típ. 5 ms
Potencia disipada		
• 12 V c.c.	0,3 ... 1,7 W	0,3 ... 1,7 W
• 24 V c.c.	0,4 ... 1,8 W	0,4 ... 1,8 W
Respaldo del reloj a 25 °C	típ. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2 s / día	
Separación galvánica	no	no
Entradas digitales		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada L+		
• señal 0	<5 V c.c.	<5 V c.c.
• señal 1	>8 V c.c.	>8 V c.c.

Datos técnicos

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo	LOGO! DM8 12/24R
Intensidad de entrada para <ul style="list-style-type: none"> • señal 0 • señal 1 	< 1, 0 mA (I1...I6) < 0,05 mA (I7, I8) > 1,5 mA (I1...I6) > 0,1 mA (I7, I8)	<1,0 mA >1,5 mA
Tiempo de retardo para <ul style="list-style-type: none"> • cambio de 0 a 1 • cambio de 1 a 0 	tip. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) tip. 300 ms (I7,I8) tip. 1,5 ms <1,0 ms (I5,I6) tip. 300 ms (I7,I8)	tip. 1,5 ms tip. 1,5 ms
Longitud del conductor (sin blindaje)	100 m	100 m
Entradas analógicas		
Cantidad	2 (I7, I8)	
Margen	0 ... 10 V DC Impedancia de entrada 76 kΩ	
Tensión de entrada máx.	28,8 V CC	
Longitud del conductor (trenzado y apantallado).	10m	
Salidas digitales		
Cantidad	4	4
Tipo de las salidas	Salidas a relé	Salidas a relé
Separación galvánica	sí	sí
En grupos de	1	1
Activación de una entrada digital	sí	sí
Tensión de salida		
Intensidad de salida		
Corriente constante I_{th} (por cada borne)	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé

Datos técnicos

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RC_o	LOGO! DM8 12/24R
Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de	1.000 W	1.000 W
Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)	10 x 58 W	10 x 58 W
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W	1 x 58 W
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W	10 x 58 W
A prueba de cortocircuitos y sobrecarga		
Limitación de corriente en cortocircuitos		
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactador potencia B16 600 A	Contactador potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactador potencia B16 900 A	Contactador potencia B16 900 A
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Eléctrica		
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

A.6 Capacidad de conmutación y vida útil de las salidas de relé

Carga óhmica

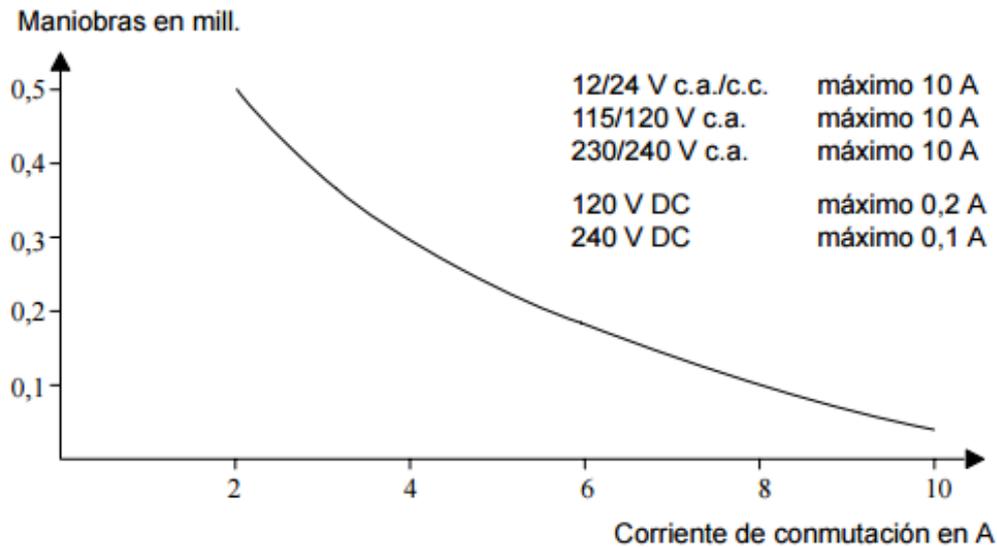


Figura A Capacidad de conmutación y vida útil de los contactos con carga óhmica (calentamiento)

Carga inductiva

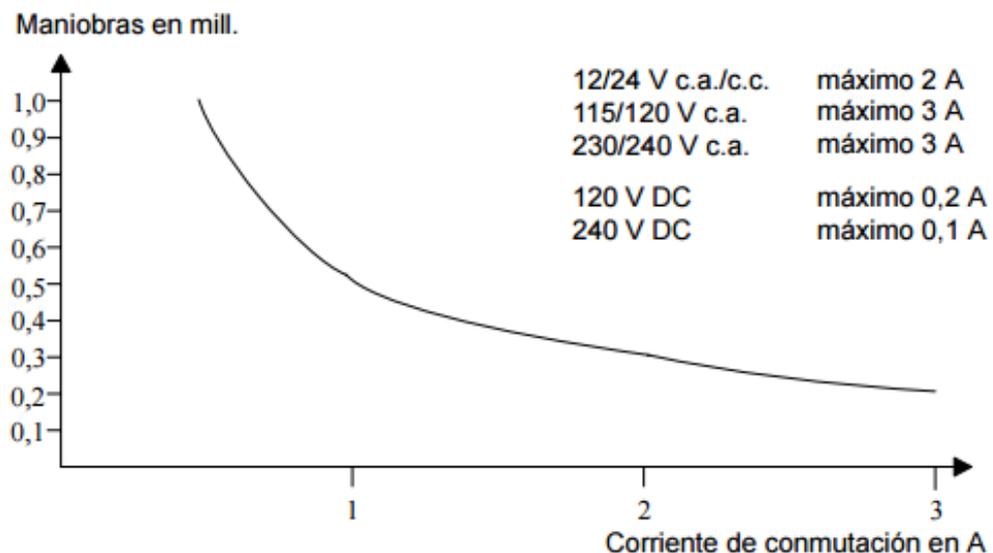


Figura B Capacidad de conmutación y vida útil de los contactos con fuerte carga inductiva según IEC 947-5-1 DC13/AC15 (contactores, bobinas magnéticas, motores)

MÓDULO AM 2

Datos técnicos

A.7 Datos técnicos: LOGO! AM 2

	LOGO! AM 2
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada	12/24 V c.c.
Margen admisible	10,8 ... 28,8 V c.c.
Consumo de corriente	25 ... 50 mA
Compensación de fallos de tensión	tip. 5 ms
Potencia disipada en caso de <ul style="list-style-type: none">• 12 V• 24 V	0,3 ... 0,6 W 0,6 ... 1,2 W
Separación galvánica	no
Protección contra inversión de polaridad	sí
Borne PE	para la conexión de tierra y pantalla del cable de medición analógico.
Entradas analógicas	
Cantidad	2
Tipo	unipolar
Rango de entrada	0 ... 10 V DC (impedancia de entrada 76 k Ω) o 0 ... 20 mA (impedancia de entrada <250 Ω)
Resolución	10 bit a 0 ... 1000 normalizado
Tiempo de ciclo para la formación de valores analógicos	50 ms
Separación galvánica	no
Longitud de la línea (blindada y trenzada)	10 m
Alimentación del encoder	Ninguna
Límite de errores	+/- 1,5 %
Supresión de frecuencias perturbadoras	55 Hz

MÓDULO AM2 PT100

A.8 Datos técnicos: LOGO! AM 2 PT100

	LOGO! AM 2 PT100
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada	12/24 V c.c.
Margen admisible	10,8..... 28,8 V c.c.
Consumo de corriente	25 ... 50 mA
Compensación de fallos de tensión	típ. 5 ms
Potencia disipada a	
• 12 V	0,3 ... 0,6 W
• 24 V	0,6 ... 1,2 W
Separación galvánica	no
Protección contra inversión de polaridad	sí
Borne PE	Conexión a tierra y pantalla del cable de medición
Entradas de sensor	
Cantidad	2
Tipo	Termopar Pt100
Conexión de los sensores	
• a 2 hilos	sí
• a 3 hilos	sí
Rango de medida	-50 °C ... +200 °C -58 °F ... +392 °F

Datos técnicos

	LOGO! AM 2 PT100
Ajustes para indicación de valor de medición en módulo básico: <ul style="list-style-type: none">• Escala de 1 °C• Escala de 0,25 °C (redondeado a 1 posición tras la coma)• Escala de 1 °F• Escala de 0,25 °F (redondeado a 1 posición tras la coma)	Offset: -200, Gain: 25 Offset: -200, Gain: 250 Offset: -128, Gain: 45 Offset: -128, Gain: 450
Linealización de curva característica	no
Corriente de medición I _c	1,1 mA
Frecuencia de repetición de medición	depende del diseño tip.: 50 ms
Resolución	0,25 °C
Limites de fallo <ul style="list-style-type: none">• 0 °C ... +200 °C• -50 °C ... +200 °C	del valor final del rango de medida: +/-1,0 % +/-1,5 %
Separación galvánica	no
Longitud de cable (apantallado)	10 m
Supresión de frecuencias perturbadoras	55 Hz

LOGO! POWER 24 V

A.10 Datos técnicos: LOGO!Power 24 V

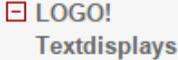
LOGO! Power 24 V es una fuente de alimentación con control primario para equipos LOGO!. Se prevén dos intensidades de corriente.

	LOGO! Power 24 V / 1,3 A	LOGO! Power 24 V / 2,5 A
Datos de entrada		
Tensión de entrada	120 ... 230 V c.a.	
Margen admisible	85 ... 264 V c.a.	
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	
Compensación de fallos de tensión	40 ms (para 187 V c.a.)	
Intensidad de entrada	0,48 ... 0,3 A	0,85 ... 0,5 A
Corriente de activación (25°C)	<15 A	<30 A
Protección del equipo	interna	
Conmutador LS recomendado (IEC 898) en el cable de alimentación	>6 A característica D >10 A característica C	
Datos de salida		
Tensión de salida	24 V c.c.	
Tolerancia total	+/- 3 %	
Margen ajustable	22,2 ... 25,8 V c.c.	
Ondulación residual	< 250 mV _{SS}	
Intensidad de salida	1,3 A	2,5 A
Limitación de sobreintensidad	1,6 A	2,8 A
Rendimiento	> 80 %	
Conectable en paralelo para aumentar la potencia	sí	

	LOGO! Power 24 V / 1,3 A	LOGO! Power 24 V / 2,5 A
Compatibilidad electromagnética		
Grado de supresión de radio-interferencias	EN 50081-1, EN 55022 clase B	
Inmunidad a interferencias	EN 50082-2	
Seguridad		
Separación galvánica primario/secundario	sí, SELV (según EN 60950 / VDE 0805)	
Clase de protección	II (según IEC 536 / VDE 0106 T1)	
Tipo de protección	IP 20 (según EN 60529 / VDE 470 T1)	
Certificación CE	sí	
Certificación UL/CSA	sí; UL 508 / CSA 22.2	
Certificación FM	sí; Class I, Div. 2, T4	
Indicaciones generales		
Temperatura ambiente (margen)	-20 ... +55 °C, convección natural	
Temperatura de almacenaje y transporte	-40 ... +70 °C	
Conexiones en la entrada	un borne (1 x 2,5 mm ² o 2 x 1,5 mm ²) para L1 y otro para N	
Conexiones en la salida	dos bornes (1 x 2,5 mm ² o 2 x 1,5 mm ²) para L+ y otros dos para M	
Montaje	encajable en perfil soporte de 35 mm	
Dimensiones en mm (AxAxP)	72 x 80 x 55	126 x 90 x 55
Peso aprox.	0,2 kg	0,4 kg

LOGO! TD

Technical Data

External Text Displays	LOGO! TDE	LOGO! TD
		
Display	64 x 38 mm, adjustable contrast	61 x 33 mm, adjustable contrast
Lines	6 lines	4 lines
Characters	20/10 characters per line, 40/20 in ticker mode (depending on selected character set)	12/16 characters per line, 24/32 in ticker mode (depending on selected character set)
Controllable background colors	3, white, orange, red	white
Special characters	14	9
Menu languages	English, German, French, Italian, Spanish, Dutch, Russian, Turkish, Chinese and Japanese	English, German, French, Italian, Spanish, Dutch, Russian, Turkish, Chinese and Japanese
Character sets	6	6
Supply voltage polarity independent	12...24 V DC / 24 V AC	12...24 V DC / 24 V AC
Power consumption	typ. 145 mA (12 V DC), typ. 70 mA (24 V DC), typ. 75 mA (24 V AC) Ethernet and white back light active	typ. 65 mA (12 V DC), typ. 40 mA (24 V DC), typ. 90 mA (24 V AC)
Inputs	6 standard keys, 4 function keys (tactile surface buttons)	6 standard keys, 4 function keys (tactile surface buttons)
Interface	2 Ethernet ports RJ45	RS485
Connecting cable length max	Standard Ethernet cable (not included) 30 m	LOGO! TD cable 2.5 m included (extendable up to 10 m with standard 'straight-through' 9-pin serial cable)
Dimensions (over all) (W x H x D)	128.2 x 86 x 38.7 mm	128.2 x 86 x 38.7 mm
Cut-out dimensions (W x H x D) for panel mounting	119.5 x 78.5 x 1.5 – 4.0 mm	119.5 x 78.5 x 1.5 – 4.0 mm
Protection	IP 20, Front IP65 (4X/12)	IP 20, Front IP65 (4X/12)
Article No.	6ED1 055-4MH00-0BA1	6ED1 055-4MH00-0BA0

MOTOR A.O.SMITH MODELO F48SQ6L36

5-5/8" Diameter Double Shaft Fan/Blower Motor



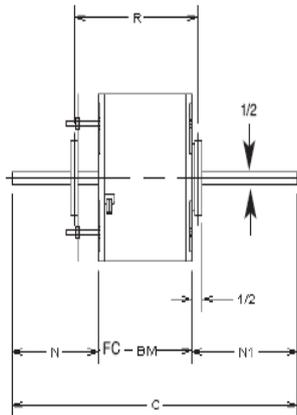
Air Conditioners – Fan Coils and Blowers

Features:

- Auto Protector
- Continuous Duty, Air Over
- Energy Efficient
- Permanent Split Capacitor
- CCWLE Rotation
- Sleeve Bearing
- Semi-Enclosed Construction
- 60 Hz
- 1/2" Dia. Flatted Shafts

OEM replacement for Chrysler, Sears, Whirlpool, Gibson, Carrier, Quiet Kool, Delco, Singer, American Standard, Fedders, Tappan, York and others.

HP	RPM**	Speeds	Volts	Amps Rated	Stock No.	Capacitor	Dim. Ref.	Notes
3/4	1075	3	208-230	3.6	RA1076	7.5MFD-370V	4	24



Approximate Dimensions

Ref.	BM	FC	N	N1
4	5.36	20.00	7.39	7.25

Notes:

24. Mounting Accessories Packaged with Motor

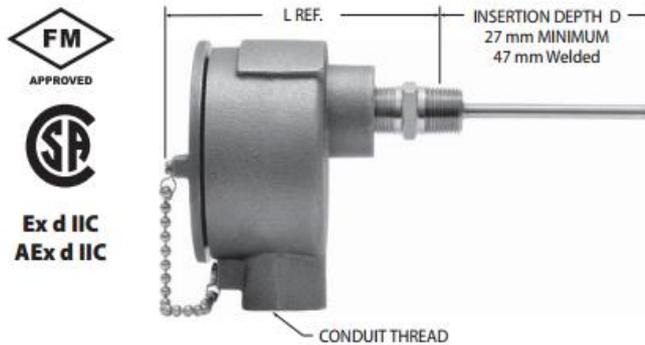
**Approximately 150 RPM difference between speeds.

Minimum R = BM + 3/4"

Maximum R = BM + 2"

SENSOR DE TEMPERATURA PT100 MINCO AS7

Explosionproof/Flameproof RTD Sensors



Overview

Explosionproof and flameproof rating for hazardous areas where accurate temperature sensing is critical.

- Tip sensitive, all stainless or MgO filled probes available
- Hazardous area rated
- High temp process temperature options (600°C) available. Contact Minco for more information.

Specifications

Temperature range: -50 to 260°C (-58 to 500°F).

Material:

Probe: Stainless steel (tip sensitive models have copper alloy tip).

Holder: Stainless steel.

Connection head:

Copper free aluminum alloy (CH104)

316L stainless steel (CH106).

Pressure rating: See table on next page.

Insulation resistance: 10 megohms min. at 100 VDC, leads to case.

Connection: Terminal block for wires to 14 AWG.

Time constant: Typical value in moving water.

Tip sensitive:

Single element 1.5 seconds.

Dual element 5 seconds.

All stainless and MgO filled: 10 seconds.

Explosionproof and flameproof ratings:

National and Canadian Electrical Code:

Class I, Divisions 1 and 2, Groups B, C, and D,
Class II, Groups E, F, and G,

T6 (Ta = 40°C),

T2 (Ta = 260°C). Ta limited to 160°C for CSA Class II locations.

National Electrical Code (Article 505):

Class I, Zones 1 and 2, AEx d IIC,

T6 (Ta = 40°C), T2 (Ta = 260°C).

Canadian Electrical Code (IEC 60079):

Zones 1 and 2, Ex d IIC,

T6 (Ta = 40°C), T2 (Ta = 260°C).

Special options: Higher temperature ranges.

Hazardous area requirements

For more information on how to classify a hazardous area, methods of protection, and the various standards and agencies (including FM, CSA, CENELEC and ATEX), visit www.minco.com.

Assembly numbers

Probe diameters	0.215" (5.5 mm)		0.236" (6.0 mm)		0.250" (6.4 mm)	
Number of elements	Single	Dual	Single	Dual	Single	Dual
Tip-sensitive	AS760	AS761	AS700	AS701	AS720	AS721
All stainless	AS762	AS763	AS702	AS703	AS722	AS723
MgO filled (platinum only)			AS704		AS724	AS725

Connection head and fitting options

CH104: Aluminum IP65, Type 3 and 4.

CH106: 316L stainless steel IP66, Type 3, 4, and 4X.

Fitting	Process thread	Pressure Rating	L REF.	Head	Code
Welded	1/2 - 14 NPT	200 psi (13.8 bar)	4.4" (112 mm)	CH104	0*
Welded	1/2 - 14 NPT	200 psi (13.8 bar)	4.2" (106 mm)	CH106	1*
Welded	G 1/2	200 psi (13.8 bar)	4.2" (107 mm)	CH104	2*
Welded	G 1/2	200 psi (13.8 bar)	4.0" (101 mm)	CH106	3*
Adjustable spring-loaded	1/2 - 14 NPT	50 psi (3.4 bar)	5.7" (144 mm)	CH104	4
Adjustable spring-loaded	1/2 - 14 NPT	50 psi (3.4 bar)	5.4" (138 mm)	CH106	5
Adjustable spring-loaded	G 1/2	50 psi (3.4 bar)	5.7" (144 mm)	CH104	6
Adjustable spring-loaded	G 1/2	50 psi (3.4 bar)	5.4" (138 mm)	CH106	7
Fixed spring-loaded	1/2 - 14 NPT	None	4.4" (112 mm)	CH104	8**
Fixed spring-loaded	1/2 - 14 NPT	None	4.2" (106 mm)	CH106	9**

* 0.250 diameter only for all stainless and MgO probes.

** 0.236 and 0.250 diameters only for fixed spring-loaded fittings.

Note: Connection head dimensions are found on pages 4-2 to 4-3.

Sensing elements

Element		Code	
		Single	Dual
Platinum (0.00392 TCR)	100 Ω ±0.5% at 0°C	PA	PAPA
Platinum (0.00385 TCR)	100 Ω ±0.1% at 0°C (Meets EN60751, Class B)	PD	PDPD
Platinum (0.00385 TCR)	100 Ω ±0.06% at 0°C (Meets EN60751, Class A)	PM	PMPM
Platinum (0.00385 TCR)	100 Ω ±0.5% at 0°C	PE	PEPE
Platinum (0.00375 TCR)	1000 Ω ±0.12% at 0°C	PW	PWPW
Copper (0.00427 TCR)	10 Ω ±0.2% at 25°C	CA	CCCC
	10 Ω ±0.5% at 25°C		
Nickel (0.00672 TCR)	120 Ω ±0.5% at 0°C	NA	NANA
Nickel (0.00618 TCR)	100 Ω ±0.22% at 0°C	NB	NBNB

Specification and order options

AS720	Assembly number from table
4	Connection head/fitting from table
PD	Sensing element from table
100	Insertion depth D (in mm): (43–1219 mm)
X	Leads per sensing element: Y = 2 leads (n/a for copper) Z = 3 leads X = 4 leads (n/a for dual models)
3	Conduit thread: 3 = 1/2 - 14 NPT 4 = 1/4 - 14 NPT
AS7204PD100X3 = Sample part number	

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL MEGÓHMETRO DE BAJA RESISTENCIA



LABORATORIO BAJA FRECUENCIA CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

1.-INFORMACION Y DATOS

Empresa: REPSOL YPF ECUADOR S.A. **Certificado N°:** LBF-2014-0652
Solicitante: Ing. Silvia Vallejo **Fecha de Calibración:** 2014-08-19
Dirección: Av. 12 de Octubre N24-593 y Francisco Salazar

2.-IDENTIFICACION DE LA UNIDAD BAJO PRUEBA (UBP)

Equipo: MEGÓHMETRO DE BAJA RESISTENCIA **Rango:** 1,999 mΩ- 1999,9 Ω
Marca: MEGGER **Resolución:** 0,01 Ω
Modelo: DLRO 10X **Tolerancia:** ± 2%
Serie: 1 0 1 0 5 5 4 7 6

3.-CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 22,7°C **Ubicación:** Tecniprecisión
Humedad Relativa: 38,0%

4.-TRAZABILIDAD

MÉTODO UTILIZADO: Por comparación directa según procedimiento de calibración LCT-PCE-09

INCERTIDUMBRE DE MEDIDA: El cálculo de la incertidumbre se estimó multiplicando la incertidumbre típica por el factor de cobertura (k=2,0), que corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. Según documento "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" de la ISO.

PATRONES UTILIZADOS:

Patrón Utilizado:	Marca / Modelo:	Serie:	Fecha de Calibración:
Multi Calibrador Eléctrico	FLUKE 5500A	1 4 7 0 0 6	2010-10-21
Trazabilidad	Certificado N°:	Fecha Validación:	
NVLAP- NIST	F 4 7 7 6 0 1 0	2016-10-21	

5.-RESULTADOS

MEDIDOR DE RESISTENCIA

RESISTENCIA-AISLAMIENTO					
ITEM #	RANGO	V. PATRÓN CORREGIDO	LECTURA MEDIDA (UBP)	ERROR Ω/KΩ	INCERTID. K=2 +/- Ω/kΩ
1		0,5041	0,511	0,007	0,19
2	2,0 Ω	1,0200	0,989	-0,031	0,19
3		2,0776	1,887	-0,190	0,22
Ω - 10 mA					
4	25 Ω	5,1326	5,009	-0,124	0,12
5		9,9807	9,896	-0,085	0,12
6		20,141	20,51	0,366	0,12
7		24,907	24,98	0,073	0,12
Ω - 1 mA					
8	250 Ω	50,096	50,36	0,264	0,38
9		99,765	98,93	-0,838	1,08
10		199,44	200,3	0,889	0,68
11		250,04	248,6	-1,435	1,41
kΩ - 100 μ A					
12	2,0 kΩ	0,5014	0,497	-0,004	0,13
13		0,9998	0,997	-0,0025	0,13
14		1,5021	1,498	-0,004	0,13
15		1,9971	1,994	-0,003	0,13

LCT-PCE9 REV. 00-2014

Pág. 01 de 02

Av. 10 de Agosto N° 85 - 85 y Bellavista, Edificio Morb 3er piso
 Tel.: 593 02 6 035 811 / 3 484 324 / 6 001 375
 Cel.: 0999 436 479 / 0987 836 855 / 0984 950 765
 E-mail: ventas@tecniprecision.com / calibracion@cablemodem.com.ec
 laboratorio@tecniprecision.com / calidad@tecniprecision.com
 Facebook: /Tecniprecisión Cia. Ltda. - Página Oficial

LABORATORIO DE METROLOGIA ECUATORIANO
 www.tecniprecision.com

Empresa: REPSOL YPF ECUADOR S.A.
Solicitante: Ing. Silvia Vallejo
Dirección: Av. 12 de Octubre N24-593 y Francisco Salazar

Certificado N°: LBF-2014-0652

Fecha de Calib.: 2014-08-19

6.-OBSERVACIONES

- 6.1 Este documento certifica que el Megohmetro de baja resistencia marca: MEGGER, modelo: DLRO 10X, serie: 1 0 1 0 5 5 4 7 6, fue calibrado usando estándares de referencia de Tecniprecisión, durante un periodo de 01 día.
- 6.2 La calibración se realizó a una temperatura ambiente media de 21 ± 3 °C y humedad relativa en el rango de 35% a 60% para determinar la incertidumbre se considera un nivel de confianza del 95% y un factor de cobertura $K=2$ de acuerdo a la GUM*, se relaciona únicamente a los valores medidos y no incluye estabilidad del instrumento bajo prueba para largo tiempo.
- 6.3 Las mediciones realizadas por nuestros laboratorios se basan en patrones de Referencia que mantienen Trazabilidad al NIST a través de FLUKE CORPORATION, los certificados de calibración se encuentran en los archivos de Tecniprecisión y pueden ser revisados por cualquier personal autorizado, se utilizan procedimientos reproducidos y/o desarrollados por éste Centro, de acuerdo a requerimientos de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025.
- 6.4 La estabilidad y funcionamiento del equipo, depende de varios factores, los cuales están fuera del control de nuestros laboratorios de calibración.
- 6.5 Este documento no significa certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios.
- 6.6 Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección General de Tecniprecisión.
- 6.7 *La próxima calibración será de acuerdo al programa establecido por el usuario, según términos de la norma ISO/IEC 17025:2005 (5.10.4.4).
- 6.8 El equipo se encuentra en óptimas condiciones.

Calibrado por:


Tigo. Fernando Ajilés
Técnico Magnitud Eléctrica

Revisado por:

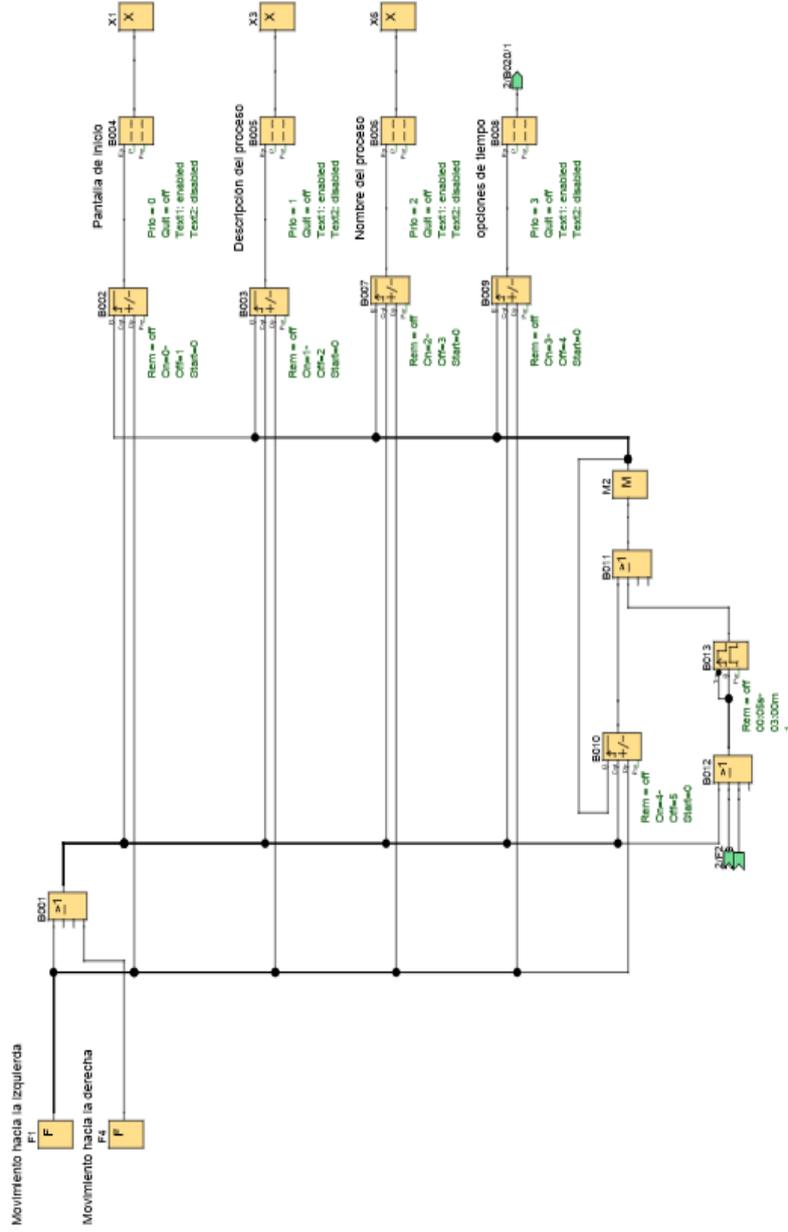

Carlos Ajguje
Responsable Técnico



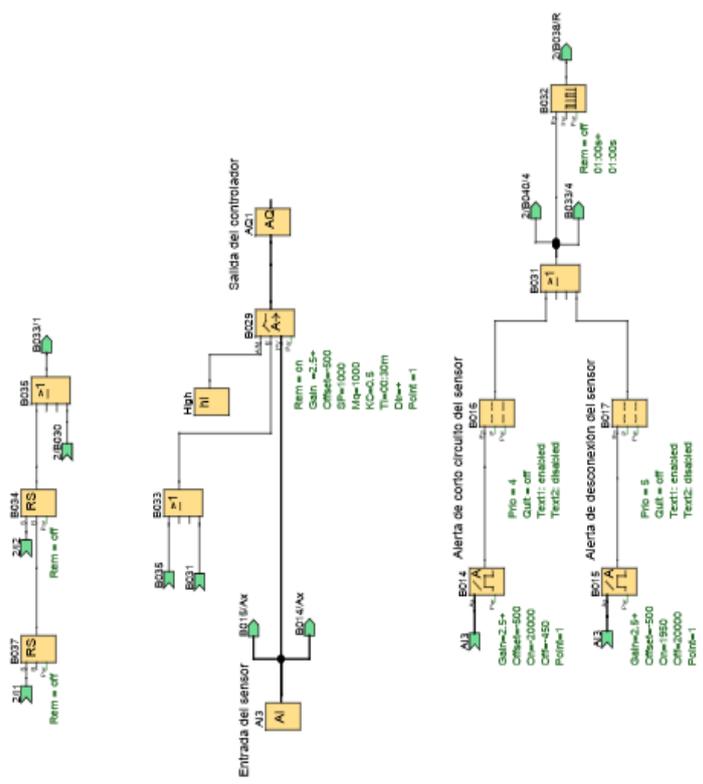
ANEXO 3

PROGRAMACIÓN DEL PLC

LOGO! 12/24 RC

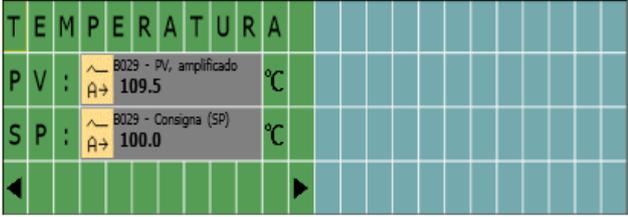


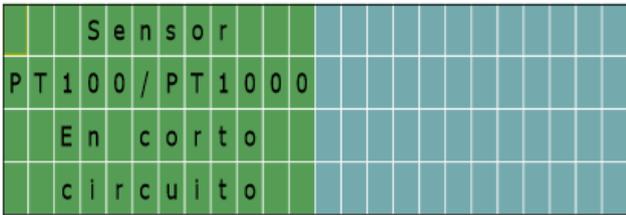
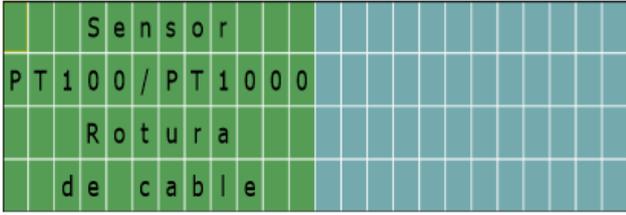
Autor:	Alex Chancouig	Proyecto:	Control PI de temperatura	Cliente:	
Comprobado:		Instalacion:	REPSOL	Nº diagrama:	
Fecha de creacion/modificacion:	3/05/15 21:36/2/08/15 15:12	archivo:	Control_P1.1.ec	Pagina:	1 / 8



Autor:	Alex Chancuig	Control PI de temperatura	Cliente:
Comprobado:		REPSOL	Nº diagrama:
Fecha de creación/modificación:	3/06/15 21:36:20/15 15:12	Control_Pi.doc	Página:
			3 / 8

Número de bloque (tipo)	Parámetro																		
AI3(Entrada analógica) : Entrada del sensor																			
AQ1(Salida analógica) : Salida del controlador																			
B002(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=0- Off=1 Start=0																		
B003(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=1- Off=2 Start=0																		
B004(Texto de aviso) : Pantalla de inicio	Prio = 0 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled																		
 <p>Line2.3 B004-Time</p>	<p>---> Configuración del ticker</p> <ul style="list-style-type: none"> - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: Y - Line4: N <p>Destino de aviso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ambos 																		
B005(Texto de aviso) : Descripción del proceso	Prio = 1 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled																		
	<p>---> Configuración del ticker</p> <ul style="list-style-type: none"> - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N <p>Destino de aviso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ambos 																		
<table border="1"> <tr> <td>Autor:</td> <td>Alex Chancuslg</td> <td>Proyecto:</td> <td>Control PI de temperatura</td> <td>Cliente:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Comprobado:</td> <td></td> <td>Instalación:</td> <td>REPSOL</td> <td>Nº diagrama:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha de creación/modificación:</td> <td>2015/02/08 15:12</td> <td>archivo:</td> <td>Control_PI.lsc</td> <td>Página:</td> <td>4 / 8</td> </tr> </table>		Autor:	Alex Chancuslg	Proyecto:	Control PI de temperatura	Cliente:		Comprobado:		Instalación:	REPSOL	Nº diagrama:		Fecha de creación/modificación:	2015/02/08 15:12	archivo:	Control_PI.lsc	Página:	4 / 8
Autor:	Alex Chancuslg	Proyecto:	Control PI de temperatura	Cliente:															
Comprobado:		Instalación:	REPSOL	Nº diagrama:															
Fecha de creación/modificación:	2015/02/08 15:12	archivo:	Control_PI.lsc	Página:	4 / 8														

Número de bloque (tipo)	Parámetro
<p>B006(Texto de aviso) : Nombre del proceso</p>  <p>Line2.4 B029-PV Line3.4 B029-SP</p>	<p>Prio = 2 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled</p> <p>Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N Destino de aviso - Ambos</p>
<p>B007(Contador adelante/atrás) :</p>	<p>Rem = off On=2- Off=3 Start=0</p>
<p>B008(Texto de aviso) : opciones de tiempo</p>  <p>Line2.5 B028-Ta Line3.7 B027-THRest</p>	<p>Prio = 3 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled</p> <p>Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N Destino de aviso - Ambos</p>
<p>B009(Contador adelante/atrás) :</p>	<p>Rem = off On=3- Off=4 Start=0</p>
<p>B010(Contador adelante/atrás) :</p>	<p>Rem = off On=4- Off=5 Start=0</p>
<p>B013(Relé de barrido disparado por flancos) :</p>	<p>Rem = off 00:05s- 03:00m 1</p>
<p>B014(Conmutador analógico de valor umbral) :</p>	<p>Gain=2.5+ Offset=-500 On=-20000 Off=-450 Point=1</p>
<p>Autor: Alex Chancusig Comprobado: Fecha de creación/modificación: 2018/03/21:36/2/03/15 15:12</p>	<p>Proyecto: Control PI de temperatura Instalación: REPSOL archivo: Control_PI.lsc</p> <p>Cliente: Nº diagrama: Página: 5 / 8</p>

Número de bloque (tipo)	Parámetro				
B015(Conmutador analógico de valor umbral) :	Gain=2.5+ Offset=-500 On=1950 Off=20000 Point=1				
B016(Texto de aviso) : Alerta de corto circuito del sensor 	Prio = 4 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N Destino de aviso - Ambos				
B017(Texto de aviso) : Alerta de desconexión del sensor 	Prio = 5 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N Destino de aviso - Ambos				
B021(Retardo a la conexión) :	Rem = off 01:00s+				
B022(Generador de impulsos asíncrono) :	Rem = off 00:01s+ 00:01s				
B026(Contador adelante/atrás) :	Rem = on On=300+ Off=0 Start=0				
B027(Relé de barrido disparado por flancos) :	Rem = on B26m+ 00:00h 1				
B028(Retardo a la conexión) :	Rem = off B26m-				
Autor:	Alex Chanousig	Proyecto:	Control PI de temperatura	Cliente:	
Comprobado:		Instalación:	REPSOL	Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	2018/02/21:35/2/08/15 15:12	archivo:	Control_PI.lsc	Página:	6 / 8

Número de bloque (tipo)	Parámetro
B029(Regulador PI) :	Rem = on Gain =2.5+ Offset=-500 SP=1000 Mq=1000 KC=0.5 TI=00:30m Dir=+ Point =1
B030(Relé autoenclavador) :	Rem = off
B032(Generador de impulsos asíncrono) :	Rem = off 01:00s+ 01:00s
B034(Relé autoenclavador) :	Rem = off
B037(Relé autoenclavador) :	Rem = off
B038(Relé autoenclavador) :	Rem = off
F1(Tecla de función del LOGO! TD) : Movimiento hacia la izquierda	
F2(Tecla de función del LOGO! TD) : Incremento de tiempo	
F3(Tecla de función del LOGO! TD) : Decremento de tiempo	
F4(Tecla de función del LOGO! TD) : Movimiento hacia la derecha	
I1(Entrada) : START	
I2(Entrada) : STOP	
Q1(Salida) : MOTOR	
Q2(Salida) : STOP	
Q3(Salida) : RESISTENCIAS	
Q4(Salida) : LUCES PILOTO	
Autor:	Alex Chancusig
Comprobado:	
Fecha de creación/modificación:	21:36/2/08/15 15:12
Proyecto:	Control PI de temperatura
Instalación:	REPSOL
archivo:	Control_Pi.lsc
Cliente:	
Nº diagrama:	
Página:	7 / 8

Conector	Rotulación
I1	
I2	
F1	
F2	
F3	
F4	
AI3	
Q1	
Q2	
Q3	
Q4	
AQ1	
X1	
X2	
X3	
X4	
X5	
X6	

--	--	--	--	--	--

Autor:	Alex Chancusig	Proyecto:	Control PI de temperatura	Cliente:	
Comprobado:		Instalación:	REPSOL	Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	2015/03/21 15:12	archivo:	Control_PI.lsc	Página:	8 / 8

ANEXO 4

**MANUAL TÉCNICO DE
POSIBLES FALLAS Y
SOLUCIONES**

Fallas	Soluciones
El horno no enciende	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si existe energía en las líneas de alimentación. • Verificar el breaker de la red de 220V AC y 480 VAC. • Verificar las conexiones del sistema. • Verificar si el contactor que se encuentra dentro del módulo está activado o resetearlo.
El LOGO! no enciende.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el interruptor de polarización del PLC se encuentre en ON. • Revisar las conexiones internas de alimentación del PLC. • Verificar que la fuente de poder LOGO! este entregando el voltaje al PLC.
Pantalla LOGO! TD no enciende	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si la fuente de alimentación de 24 Vdc está funcionando correctamente. • Revisar que los conectores se encuentren correctamente ajustados.
La temperatura del horno no disminuye.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la señal de control hacia el driver de accionamiento de triac's varíe. • Verificar la señal del sensor.
La temperatura del horno no incrementa.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el voltaje que se entrega a la carga. • Verificar las señales del sensor
No funciona ninguna operación del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar si el cable LOGO! TD esté bien conectado. • Verificar si el PLC está en modo RUN. • Volver a cargar desde una PC los programas diseñados.

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue realizado por el Señor Alex Heriberto Chancusig Pila bajo nuestra supervisión.

Ing. David Rivas
DIRECTOR

Ing. Fabricio Pérez
CODIRECTOR

APROBADO POR:

Ing. Franklin Silva
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

CERTIFICADO POR:

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