

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**Monografía para optar al Título de Ingeniero Eléctrico**

**TITULO**

**“PROPONER UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA OPERACIÓN  
DEL TACHO BATCH N°8 DE FÁBRICA, EN EL INGENIO SAN ANTONIO”**

**Autores:**

Br. Juan Erick Linares Zeledón. N° 2016-0154S.

Br. Adrián Armengol Marín Calderón. N° 2016-0155S.

**Tutor:**

Ing. Nelson David Lopez Rivera.

Managua, Nicaragua

Julio 2023



## **Dedicatoria**

Dedico este gran esfuerzo a mis amados padres, Luisa y John, gracias a ellos, a su educación, enseñanza y consejos brindados desde mi infancia, logré ser la persona que soy ahora.

A mí querida hermana y amigos, que son mi gran apoyo y me impulsan en momentos difíciles, llenándome de mucho optimismo para que se cumpliera mí meta de finalizar los estudios de Ingeniería Eléctrica.

**Juan Erick Linares Zeledón**

## **Dedicatoria**

A mis padres Adrian Marín y María Paulina Calderón, mi hijo Steven, quienes siempre me han impulsado a desarrollar mis capacidades y conocimientos. Con su apoyo, comprensión y cariño, he logrado la meta propuesta. Logrando la culminación de mis estudios en la carrera de Ingeniería Eléctrica, es otra victoria más que hemos alcanzado juntos.

**Adrián Armengol Marín Calderón**

## **Agradecimiento**

Damos gracias a Dios por guiarnos, iluminarnos y brindarnos siempre la ayuda y el apoyo incondicional, en el transcurso de nuestra vida.

A los Docentes, que contribuyeron al desarrollo profesional durante nuestra carrera universitaria.

Al Tutor Ing. Nelson López, por habernos apoyado en la Tesis compartiendo sus conocimientos y experiencias.

Al Químico Industrial Abraham Días Canales, por su apoyo para la realización de la tesis compartiendo su conocimiento y experiencia.

Juan Erick Linares Zeledón.  
Adrián Armengol Marín Calderón.

## Resumen

En el presente trabajo se aborda el análisis del proceso de fabricación del azúcar que se lleva a cabo en la fábrica del Ingenio San Antonio para saber las diferentes etapas y sus características. Se estudian los métodos de control automático, para conocer y poder elegir la mejor solución. También se identifican los elementos y parámetros que intervienen en el proceso de funcionamiento del Tacho Batch No. 8, para saber la manera de hacer el control.

Esta propuesta surge a partir de la necesidad de mejorar el proceso de cristalización del tacho batch No. 8 de fábrica, ya que este proceso se realiza de forma manual lo cual traerá consigo indudablemente una mejoría en la calidad del producto final.

El resultado esencial del trabajo consiste en la presentación de una Propuesta de un Sistema de Control Automático para la Operación del Tacho Bach No. 8 de Fábrica, en el Ingenio San Antonio; teniendo en cuenta los requerimientos técnicos para su ejecución, las variables que deben ser observadas, procesadas y controladas, así como los elementos de acción final; se presenta una propuesta de la instrumentación de campo para llevar a cabo con satisfacción el control con las mínimas inversiones posibles.

## Índice de Contenido

1	Introducción .....	1
2	Antecedentes.....	2
3	Justificación .....	3
4	Objetivos.....	4
4.1	Objetivo General .....	4
4.2	Objetivos Específicos.....	4
5	Marco Teórico.....	5
	Capítulo I.....	5
5.1	Acrónimos y Definiciones.....	5
5.1.1	Acrónimos. ....	5
5.1.2	Definiciones. ....	5
	Capitulo II .....	9
5.2	Descripción del Proceso de Producción de Azúcar.....	9
5.2.1	Molienda. ....	9
5.2.2	Purificación y Evaporación.....	9
5.2.3	Cristalización.....	10
5.2.4	Sistema de doble Magma y tres Templas. ....	13
5.2.5	Proceso de Cristalización.....	14
	Capitulo III .....	16
5.3	Tipos de Sistemas de Control. ....	16
5.3.1	Sistemas de Control Realimentados.....	16
5.3.2	Sistemas de Control en Lazo Cerrado. ....	17
5.3.3	Sistemas de Control en Lazo Abierto.....	17
5.3.4	Sistemas de Control Discretos.....	17
	Capítulo IV.....	17
5.4	Tipos de Controladores. ....	17

5.4.1 Controladores PID.....	17
5.4.2 Control P. ....	18
5.4.3 Control PI. ....	18
5.4.4 Control PD. ....	18
5.4.5 Controladores de Automatización Programables (PAC). ....	19
Capítulo V .....	19
5.5 Tipos de Protocolo de Comunicación.....	19
5.5.1 Protocolo Industrial HART.....	19
5.5.2 Protocolo Industrial Modbus.....	20
5.5.3 Protocolo Industrial Fieldbus Foundation. ....	20
5.5.4 Protocolo Industrial Profibus. ....	20
5.5.5 Protocolo Industrial CCM. ....	21
5.5.6 Protocolo Industrial DNP3.....	21
5.5.7 Protocolo Industrial CAN.....	21
5.5.8 Protocolo Industrial DeviceNet.....	21
5.5.9 Protocolo Industrial SNS. ....	21
Capítulo VI.....	22
5.6 Sistema de Control Industrial (ICS).....	22
5.6.1 Sistemas de Control Lógico Programable PLC.....	22
5.6.2 Sistema SCADA.....	22
5.6.3 Sistemas de Control Distribuido (DCS). ....	23
5.6.4 Sistemas de Control y Automatización Industrial (IACS). ....	23
5.6.5 Método de Conectividad OPC.....	23
Capítulo VII.....	24
5.7 Funcionamiento y Operación del Tacho Batch. ....	24
5.7.1 Funcionamiento de un Tacho Batch.....	24

5.7.2 Operación de Tacho para Cocimiento de Masa C. ....	25
5.7.3 Alistamiento y Operación de Tacho para Semilla Cristal. ....	25
5.7.4 Procedimiento para la Cristalización en Tacho Batch. ....	26
5.7.5 Parámetros de la Operación del Tacho Batch. ....	27
Capítulo VIII.....	28
5.8 Especificaciones e Implementación del Diseño de Sistema de Control y Monitoreo Automático para el Funcionamiento del Tacho Batch N°8. ....	28
Capítulo IX.....	29
5.9 Descripción del hardware y software para el control automático y operación del Tacho Batch N°8 de fábrica. ....	29
5.9.1 Hardware .....	29
5.9.1.1 Elementos de Medición.....	29
5.9.2 Software .....	38
5.9.2.1 Rutina de Control y Programación. ....	38
5.9.2.1.1 Lógica de Control. ....	38
5.9.2.1.2 Bloques de Control PID CONT_C .....	42
5.9.2.1.3 Programación en Escalera de Entradas y Salidas Digitales. ....	45
Instrucciones de Comparación Lógica. ....	45
Capítulo X .....	45
5.10 Procesos de Operación.....	45
5.10.1 Proceso de Operación Automático para levantar Vacío.....	45
5.10.2 Proceso de Operación Automático para la Cristalización. ....	46
5.10.3 Proceso de Operación Automático para la elaboración de la Masa Cocida C. ....	47
Capítulo XI.....	48
5.11 Diseño del Sistema de Control y Monitoreo Automático para el Funcionamiento del Tacho Batch N°8 .....	48

5.11.1 Beneficios que se Obtendrá al Automatizar y Monitorear el Tacho Batch N°8. .....	49
5.11.2 Descripción de Equipos de Medición e Instrumento de Control.....	50
6 Conclusiones y Recomendaciones.....	55
6.1 Conclusiones .....	55
6.2 Recomendaciones .....	55
7 Bibliografía.....	56
7.1 Referencias Bibliográficas.....	56
7.2 Referencias Webgráficas .....	58
8 Anexos.....	61

## Índice de Figuras

Figura No. 1 Conductor de Caña.....	9
Figura No. 2 Tachos.....	11
Figura No. 3 Centrifugas.....	12
Figura No. 4 Enfriador y Secador.....	13
Figura No. 5 Diagrama del Sistema de doble Magma y tres Templas.....	14
Figura No. 6 Representación de un Sistema SCADA.....	23
Figura No. 7 Vista lateral de una Calandria.....	24
Figura No. 8 Sistema de Control Automático y Monitoreo de Pisos Tacho.....	29
Figura No. 9 Transmisor de presión, Yokogawa EJA 530E.....	30
Figura No. 10 Transmisor de presión absoluta, Yokogawa EJA 530E Conexión de la herramienta de configuración HART.....	30
Figura No. 11 Transmisor de Presión Absoluta, Yokogawa EJA 510A.....	31
Figura No. 12 Transmisor de Presión Absoluta, Yokogawa EJA 510A Conexión de la herramienta de configuración HART.....	31
Figura No. 13 Transmisor de Temperatura Endress+Hauser TMT 182 con RTD PT100.....	32
Figura No. 14 Transmisor de temperatura Endress+Hauser TMT 182 con RTD PT100 Conexión de la herramienta de configuración HART.....	32
Figura No. 15 Refractómetro PR-23 para la Medición de Brix.....	33
Figura No. 16 Transmisor Emerson Rosemount 2051 L. Fuente: Manual de instrucciones Rosemount 2051 L, Revisión DC (2019).....	34
Figura No. 17 Calibración de Transmisor 2051L con configurador HART.....	34
Figura No. 18 Válvula W/3L y Válvula McCannalok.....	36
Figura No. 19 Actuador Neumático Serie 92/93.....	36
Figura No. 20 Posicionador Bray Serie 6A.....	37
Figura No. 21 Solenoide 5/2.....	37
Figura No. 22 NORM.....	39
Figura No. 23 SCALE.....	40
Figura No. 24 Programación.....	42
Figura No. 25 Grafcet Lógica de Operación.....	52

Figura No. 26 Visualización del Tacho 8 con sus elementos de medición y control mediante la interfaz HMI KTP1200 Basic. ....	52
Figura No. 27 Tanque de Alimentación de Semilla al Tacho y Tanque Recibidor. ....	53
Figura No. 28 Bombas de Inyección de Agua al Condensador del Tacho 8. ....	53
Figura No. 29 Conexiones Eléctricas de todos los Elementos de Control del Tacho 8. ....	54
Figura No. 30 Conexión Eléctrica Sensor De Confirmación .....	64
Figura No. 31 Conexión Eléctrica Transmisor .....	64
Figura No. 32 Conexión Eléctrica Válvula On/Of.....	65
Figura No. 33 Conexión Eléctrica Válvula (4-20mA) .....	65
Figura No. 34 Conexión Eléctrica de válvula Y Transmisor.....	66
Figura No. 35 Bloques De Programación Ciclo automático.....	66
Figura No. 36 Bloques De Programación VPV_PID .....	67
Figura No. 37 Bloques De Programación Control Automático Temperatura .....	67
Figura No. 38 Bloques De Programación Control Automático Vacío.....	68
Figura No. 39 Bloques De Programación Control Automático.....	68
Figura No.40 Bloques De Programación Control Automático Inicio .....	69
Figura No.41 EJA 530 y EJA 510A Especificaciones Generales de Transmisor de Presión. .....	70
Figura No. 42 EJA 530 y EJA 510A Condición de Operación Normal Transmisor de Presión. ....	71
Figura No. 43 : EJA 530 y EJA 510A Dimensión Transmisor de Presión.....	72
Figura No. 44 EJA 530 y EJA 510A Conexión Eléctrica Transmisor de Presión. ....	72
Figura No. 45 TMT 182 Información Técnica Transmisor de Temperatura. ....	73
Figura No. 46 TMT 182 Funciones del Sistema y Diseño de Transmisor de Temperatura. .....	74
Figura No. 47 TMT 182 Conexión Eléctrica de Transmisor de Temperatura. ....	75
Figura No. 48 PR-23 Refractómetro. ....	76
Figura No. 49 PR-23 Información Técnica de Refractómetro. ....	77
Figura No. 50 PR-23 Principio de Medición de Refractómetro. ....	78
Figura No. 51 PR-23 Diseño de Refractómetro. ....	79
Figura No. 52 PR-23 Especificaciones de Refractómetro. ....	80
Figura No. 53 Rosemount 2051 Transmisor de Presión.....	81

Figura No. 54 Rosemount 2051 Montaje de Transmisor de Presión.....	82
Figura No. 55 Rosemount 2051 Montaje de Transmisor de Presión (Continuación).....	83
Figura No. 56 Rosemount 2051 Conexión y Cableado de Transmisor de Presión.....	84
Figura No. 57 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS.....	85
Figura No. 58 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Funcionamiento.....	87
Figura No. 59 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Elementos de Mando y Señalización. .....	88
Figura No. 60 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Elementos de Mando y Señalización (Continuación). ....	89
Figura No. 61 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Selector de Modo. ....	90
Figura No. 62 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Conexión de Alimentación Eléctrica. .....	91
Figura No. 63 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Croquis.....	96
Figura No. 64 Válvula de Mariposa Bray SERIE 3W/3L Características y Beneficios. ..	97
Figura No. 65 Válvula de Mariposa Bray SERIE 3W/3L Despiece de Partes.....	98
Figura No. 66 Válvula de MacCannalok Especificaciones.....	99
Figura No. 67 Actuador Neumático KTN RDE.....	101
Figura No. 68 Actuador Neumático KTN RDE Principio de Funcionamiento.....	104
Figura No. 69 Posicionador Serie 6A Bray. ....	105
Figura No. 70 Posicionador Serie 6A Bray Montaje y Configuración.....	106
Figura No. 71 Posicionador Serie 6A Bray Montaje y Configuración (Continuación). .	107
Figura No. 72 Posicionador Serie 6A Bray Montaje y Configuración (Continuación). .	107
Figura No. 73 Posicionador Serie 6A Bray Calibración. ....	108
Figura No. 74 Válvulas Solenoide Serie 63 de Bray Recomendaciones y Especificaciones. .....	109

## **Índice de Gráficos**

Grafica No. 1 Curva de Zonas de Cristalización de la Sacarosa.....	15
Grafica No. 2 Curva del Proceso de Cristalización.....	16
Grafica No. 3 Protocolo Industrial HART.....	20

## Índice de Tablas

Tabla No. 1 Medidas de Corriente.....	41
Tabla No. 2 Descripción de Equipos de Medición. ....	50
Tabla No. 3 Descripción de Instrumento de Medición. ....	50
Tabla No. 4 Presupuesto General para Automatización de Tacho Batch N°8 de Fábrica. .....	63
Tabla No. 5 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Descripción.....	86
Tabla No. 6 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Datos Técnicos.....	92
Tabla No. 7 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Datos Técnicos (Continuación).....	93
Tabla No. 8 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Datos Técnicos (Datos Técnicos).....	94
Tabla No. 9 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Datos Técnicos (Continuación).....	95
Tabla No. 10 Válvula de MacCannalok Especificaciones (Continuación).....	100
Tabla No. 11 Actuador Neumático KTN RDE Dimensiones. ....	102
Tabla No. 12 Actuador Neumático KTN RDE Partes y Materiales. ....	103

## **1 INTRODUCCIÓN**

El Ingenio San Antonio se encuentra ubicado en el municipio de Chichigalpa departamento de Chinandega, a 122 km de Managua, donde se procesa la caña de azúcar y sus derivados. El proceso de fabricación de azúcar involucra muchas etapas, una de las más importantes es la cristalización, proceso físico que permite alcanzar una separación excelente del azúcar de los no azúcares, dicho de otra forma, es la etapa donde se forman los cristales de azúcar.

Para obtener el azúcar final el ingenio cuenta con un proceso productivo certificado, donde la caña entra a la planta por las mesas de caña para ser lavada, luego se realiza el traslado por medio de conductores donde se utilizan cuchillas para cortar y desfibrar. Una vez que la caña es procesada se procede a extraer el jugo en los molinos, se realiza un proceso de desinfección y aclarado del jugo, posteriormente del jugo se obtiene una miel al ser evaporada llamada meladura.

Al salir del proceso de evaporadores se continúa al piso de tachos, que son evaporadores al vacío que cocinan las mieles y masas en los cuales se producen una cristalización inicial del grano de azúcar y se realiza un agrandamiento del grano.

Este proceso de cristalización y formación del grano final es empleado mediante el Sistema de Doble Magma y Tres Templas, en el que existen tachos de Primera, Segunda y Tercera que realizan un agotamiento de las mieles junto con cristalizadores y centrífugas para tal fin.

## 2 ANTECEDENTES

En la industria azucarera el proceso de cristalización se realiza por concentración de sacarosa presente en la materia prima (meladura) y garantizar el crecimiento de los cristales de azúcar.

Para ello, la concentración de sacarosa en la solución debe mantenerse en un punto donde sea viable la transformación de azúcar líquido a estado sólido (cristales).

Tradicionalmente el tacho ha trabajado con un manómetro que trabaja a una presión de vapor en la calandria de 5 psi a 8 psi y un vacuómetro a un vacío en el cuerpo de 24 inHg a 26 inHg.

Los tacheros al ejecutar sus labores de cocción de las mieles en los tachos, para obtener los cristales del azúcar, no contaban con ninguna herramienta tecnológica que les facilitara su trabajo, por lo que empleaban técnicas empíricas como la observación del grano por medio de la lente de un periscopio, probar la consistencia y elasticidad de la masa utilizando los dedos de la mano y calculando el nivel del tacho por medio de unos visores de vidrio.

Se puede apreciar la carencia de medios técnicos de automatización que posee el equipo, los cuáles no siempre garantizan la eficiencia y la calidad requerida del producto final en este subproceso tan importante en la industria azucarera. El proceso de cristalización de azúcar ha funcionado con una operación manual, por lo tanto, los resultados finales varían de un operador a otro en términos de tiempo de procesamiento, agotamiento, tamaño del cristal, coeficiente de variación (de tamaño) y consumo energético de vapor.

La automatización del tacho cristizador se hace esencial en el área de fábrica. Los procesos de automatización de este tipo de equipos comúnmente se basan en la medición y control de variables adicionales como son: nivel y brix de operación para obtener de forma indirectas, curvas o índices de sobresaturación que nos permiten llevar a cabo un proceso automático debido al alto costo de equipos específicos dedicados a medir la sobresaturación y que adicional nos permiten obtener buenos resultados.

### **3 JUSTIFICACIÓN**

La propuesta de este sistema automático operacional para el funcionamiento adecuado del Tacho Bach N° 8 en el ingenio San Antonio, tiene como finalidad, mejorar el proceso y la calidad del azúcar que se produce, a través de la reducción de costos e incremento de la producción y facilitar el trabajo que hacen los Operadores, mejorando el ambiente laboral y reduciendo la carga física.

Los Tachos Bach han sido operados de forma manual, los Operadores a quienes llaman “Tacheros”, han mejorado su propia receta por el método de prueba error, manipulando las variables con la cual manipulan las variables del proceso, para obtener el producto final. Esto cambiará, será un proceso uniforme y de calidad, mejorando los estándares nacionales e internacionales en la producción del azúcar a base de la caña, con el potencial de crecer y conquistar nuevos mercados.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

- Elaborar una Propuesta de un Sistema de Control Automático para la Operación del Tacho Bach No. 8 de Fábrica, en el Ingenio San Antonio, para mejorar la producción y la calidad del azúcar.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Conocer el proceso de fabricación del azúcar, para saber las diferentes etapas y sus características.
- Estudiar los métodos de control automático, para conocer y poder elegir la mejor opción.
- Identificar los elementos y parámetros que intervienen en el proceso de funcionamiento de Tacho Bach No. 8, para saber la manera de hacer el control.
- Diseñar un Sistema de Control Automático para la Operación en Tacho Bach N°8, para implementarlo en la Fábrica.

## 5 MARCO TEÓRICO

### Capítulo I

#### 5.1 Acrónimos y Definiciones.<sup>1</sup>

##### 5.1.1 Acrónimos.

- **HMI:** Interfaz Hombre Máquina.
- **TC/Mz:** Toneladas de Caña Cortadas /Manzana.
- **QQs:** Quintales.
- **kWh:** kilovatios hora.
- **T.M:** Toneladas de Melaza
- **TIA PORTAL:** Totally Integrated Automation Portal.
- **PID:** Proporcional Integral Derivativo.
- **P:** Proporcional.
- **PI:** Proporcional Integral.
- **PD:** Proporcional Derivativo.
- **PLC:** Controlador Lógico Programable.
- **inHg:** Pulgadas de mercurio.
- **psi:** Libras por pulgada cuadrada.
- **km:** Kilómetros.

##### 5.1.2 Definiciones.

- **Automatización:** Ejecución automática de tareas industriales, administrativas o científicas haciendo más ágil y efectivo el trabajo ayudando al ser humano
- **Brix:** Es el porcentaje en peso de sólidos disueltos en una solución pura de sacarosa. El brix representa los sólidos aparentes que contiene una solución de sacarosa.
- **Caña:** Es la materia prima que ingresa al ingenio, normalmente en la definición del término se incluye la caña limpia más las materias extrañas y el agua que la acompañan.

---

<sup>1</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/HMI>

- **Concentración:** Medición general de la cantidad de un material disuelto en una solución.
- **Control:** Significa medir el valor de la variable controlada del sistema, y aplicar al sistema la variable manipulada para corregir limitar la desviación del valor medido, respecto al valor deseado.
- **Falso Grano:** Cristal de azúcar que no posee el tamaño requerido para ser retenido por las mallas de las centrífugas. Se produce espontáneamente por la operación del tacho en la zona lábil de sobresaturación.
- **Flocs:** Es una sustancia química comúnmente orgánica que aglutina sólidos en suspensión una vez efectuada su coagulación.
- **Granulometría:** Es el conjunto de operaciones cuyo fin es determinar la distribución del tamaño de los elementos que componen una muestra.
- **HMI:** Es la interfaz entre la máquina procesadora y el operario. En esencia, es el panel de control del operario.
- **Instrumentación:** Se aplica en el procesamiento de la información proveniente de variables físicas y químicas, a partir de las cuales realiza el monitoreo y control de procesos, empleando dispositivos y tecnologías electrónicas.
- **Interfaz:** Conexión e interacción entre elementos de hardware, programas y usuarios, es decir como la plataforma o medio de comunicación entre usuario o programa.
- **Índice:** Dato que relaciona dos o más variables entre sí.
- **Jugo Alcalizado:** Jugo mezclado que se combina generalmente con el jugo filtrado y al cual se le añade cal o sacarato de calcio para promover la defecación y precipitación de los sólidos suspendidos.
- **Jugo Clarificado:** Jugo limpio caliente procedente del proceso de clarificación y que será procesado en los evaporadores.
- **Jugo Filtrado:** Jugo extraído de la cachaza por los filtros rotativos al vacío, constituido por el agua de lavado y el jugo extraído a la torta de cachaza. Este jugo es generalmente retornado al proceso de clarificación.
- **Lechada:** Líquido que tiene en disolución cuerpos insolubles muy divididos

- **Magma:** Mezcla de azúcar de tercera o de segunda con agua o jugo claro. El magma de acuerdo al tipo de templa de la que se obtiene se denomina “B” o “C” y son usadas como núcleo de cristalización para elaborar masas de primera o de segunda, respectivamente
- **Masa Cocida:** Mezcla de cristales de azúcar y licor madre, que se produce por cristalización de la sacarosa en los tachos al vacío. Las masas cocidas se clasifican de acuerdo su orden descendiente de pureza en primeras, segundas y terceras o A, B y C.
- **Meladura:** Es el producto resultante de la concentración del jugo clarificado por evaporación del exceso de agua en los evaporadores
- **Mesh:** Es la numeración de la tela e identifica el número de pasos o hilos por pulgada inglesa (25.4mm). Es decir, una tela MESH 10, tiene 10 perforaciones en una pulgada.
- **Medición:** Es una actividad utilizada para determinar la magnitud de un cuerpo o material en cantidad.
- **Miel:** Es el licor madre obtenido por centrifugación de la masa cocida. Puede ser miel I, II, III o A, B, C; dependiendo de la masa cocida de procedencia.
- **Miel Final:** Es el residuo líquido obtenido después de centrifugar la masa tercera o masa cocida “C” y de la cual no resulta económico extraer más azúcar. Este producto también recibe el nombre de miel tercera o melaza.
- **PLC:** Dispositivo diseñado para controlar en tiempo real la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos secuenciales industriales.
- **Precisión:** Expresa el grado de concordancia entre el valor indicado por el sistema de medida y el valor real de la magnitud.
- **Pie de Templa:** Volumen de semilla que se carga en el tacho.
- **Proceso:** Es cualquier actividad o secuencia de operaciones lógicas ordenadas cuyo fin es la obtención de unos resultados determinados
- **Pol:** Es la lectura de la concentración de sacarosa
- **Pureza:** La pureza aparente es la relación porcentual de pol y brix de una solución de sacarosa.

- **RANGO:** conjunto de valores comprendidos entre un límite mínimo y un límite máximo que puede presentar un instrumento de medida.
- **Refractómetro:** Un refractómetro es un aparato destinado a medir el índice de refracción de un medio material. Se basan en la medida del llamado ángulo crítico o ángulo límite o en la medida del desplazamiento de una imagen.
- **SACAROSA:** Disacárido compuesto por una unidad de D-glucosa y otra unidad de Fructosa.
- **Saturación:** Impregnar un cuerpo en un fluido hasta el mayor punto de concentración.
- **Semilla:** Azúcar resultante de la separación de la miel de una masa cocida por el proceso de centrifugación.
- **Sobresaturación:** Obtención de una solución más concentrada que la solución saturada.
- **Sulfitación:** Procedimiento auxiliar de la defecación (purificación del jugo), para eliminar las materias colorantes. Tiene como ventaja principal la ayuda al color del azúcar.
- **Slurry:** Es una lechada de consistencia pastosa, donde se mezcla alcohol etílico y azúcar
- **Tacho:** Es un evaporador de un solo efecto, en el cual se lleva a cabo la cristalización del azúcar
- **Tamices:** Es simplemente una malla de filamentos que se entrecruzan dejando unos huecos cuadrados en general de forma redonda, que cuenta con una fina malla o red tensada, que permite retener partículas sumamente delgadas. Se lo conoce también como colador, cedazo o cernedor.
- **Templa:** Cantidad de meladura contenida en un tacho para hacer azúcar
- **Variable:** Es una condición física o química que es de interés medir o controlar.
- **Vacío:** Se crea extrayendo todo el material gaseoso de un medio, esto se logra mediante bombas de vacío.

## Capítulo II

### 5.2 Descripción del Proceso de Producción de Azúcar.<sup>2</sup>

La realización de este proyecto se llevó a cabo en una planta azucarera por lo que se debe conocer primeramente el proceso productivo involucrado, para lograr entender de qué se trata, esto debido a que el proyecto es multidisciplinario y no solamente involucra el conocimiento en electrónica y control automático, sino que se es necesario involucrarse con el proceso a fondo, para lograr obtener los mejores resultados.

#### 5.2.1 Molienda.

Es la etapa del proceso donde se extrae el jugo a la caña donde es enviada al proceso de fabricación para elaboración de azúcar y se obtiene otro subproducto llamado bagazo para utilizarlo como combustible a la caldera para producir energía calorífica.



Figura No. 1 Conductor de Caña.  
Fuente: SER San Antonio.

#### 5.2.2 Purificación y Evaporación.

Es la conjugación de múltiples procesos para obtener la meladura, para procesarla y cristalizarla.

---

<sup>2</sup> Ingeniería de la Caña de Azúcar, Peter Rein, Verlag Dr. Albert Bartens KG - Berlin 2012

#### **5.2.2.1 Sulfitación.**

Es la etapa que consiste en hacer pasar un gas llamado sulfito contra corriente al jugo mezclado para que se dé el proceso de sulfitación para eliminar bacterias, hongos y le da calidad al jugo, donde le da brillo el cual es absorbido por el cristal.

#### **5.2.2.2 Alcalización.**

Es para neutralizar todos los ácidos de la caña siendo el más importante. Y el proceso anterior ayuda a mejorarlo.

#### **5.2.2.3 Calentamiento.**

Tiene doble objetivo catalizar la reacción inicial que se da entre el ácido fosfático y el ácido de calcio y elevar la temperatura del jugo al punto de ebullición.

#### **5.2.2.4 Clarificación.**

Es el proceso de separar impurezas insolubles por decantación o sedimentación para obtener un jugo limpio y claro libre de sustancia insolubles en este proceso se obtiene dos productos llamados cachaza y jugo clarificado. la cachaza es enviada al proceso filtración y el jugo clarificado es enviado al proceso de evaporación.

#### **5.2.2.5 Evaporación (Concentración).**

Es el proceso donde se eliminar el agua del jugo clarificado en un 60 grado Brix a 65 grado Brix su función es convertirlo en un jarabe llamado meladura.

#### **5.2.2.6 Filtración.**

Es donde se procesa la cachaza para extraer el resto de sacarosa que tiene en su seno y se utiliza el sistema de vacío en el filtro el jugo filtrado es enviado al proceso de alcalización.

#### **5.2.3 Cristalización.**

Es la conjugación de varios procesos donde la meladura y mieles se obtiene la azúcar y melaza.

#### **5.2.3.1 Estación de Tacho.**

Son equipos que trabajan al vacío para fabricar masa cocida A, B y C, basado en el principio fundamental de disminución del punto de ebullición de masa cocida.

Obteniendo beneficio en energía calorífica aumentando la fabricación de masa cocida en este punto exacto es donde se realiza la cristalización de sacarosa de proceso de realización de azúcar.



Figura No. 2 Tachos.  
Fuente: SER San Antonio.

### **5.2.3.2 Separación.**

Luego de la cristalización, los cristales de azúcar son separados de la masa cocida mediante centrifugación. Debido a las características del licor madre, particularmente el elevado contenido de sólidos disueltos y la elevada consistencia, es necesario aplicar fuerzas centrífugas elevadas, requiriendo máquinas de alta velocidad que usualmente se denominan simplemente como máquinas centrífugas. Luego de centrifugar a las masas cocidas, el azúcar obtenido generalmente se envía a las secadoras de azúcar, mientras que los azúcares de baja pureza se funden o convierten en magma para ser retornados a los tachos como semilla o pie de templa.



Figura No. 3 Centrifugas.  
Fuente: SER San Antonio.

### **5.2.3.3 Secado**

El secado es la última operación unitaria en el proceso de producción del azúcar crudo. Este constituye un proceso aparentemente simple donde el exceso de humedad se remueve de los cristales de azúcar luego de las máquinas centrifugas. El azúcar seca y fría se empaça en sacos de diferentes pesos y presentaciones dependiendo del mercado y se despacha a la bodega de producto terminado para su posterior venta y comercio.



Figura No. 4 Enfriador y Secador.  
Fuente: SER San Antonio.

#### **5.2.4 Sistema de doble Magma y tres Templas.**

El sistema de Doble Magma se basa en producir un cristal de azúcar mediante un método de semillamiento, luego enriquecer este grano pasando por un proceso de agotamiento de mieles para que el cristal pueda absorber la mayor cantidad de sacarosa posible, con lo cual se enriquece su pureza mientras que en las mieles se reduce. La base de este sistema consiste en la elaboración de 3 templas o masas, 3 mieles y 3 magmas.

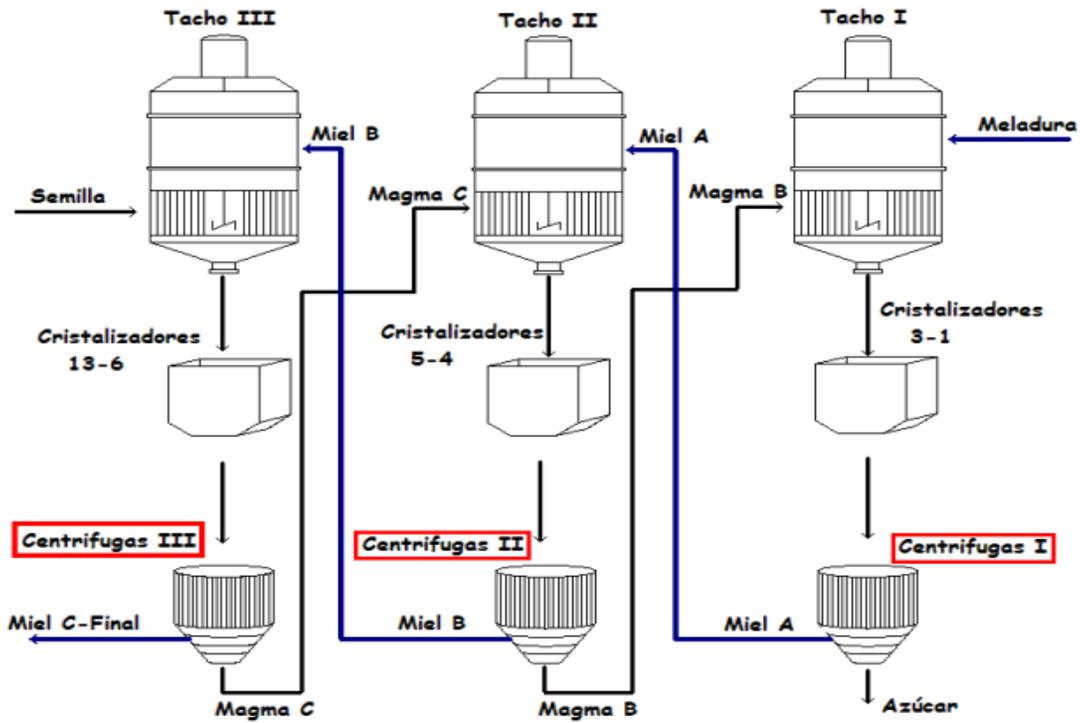


Figura No. 5 Diagrama del Sistema de doble Magma y tres Templas.

Fuente: Aguilar, I, 2013, Sistema de Control Automático y Monitoreo del Piso de Tachos, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

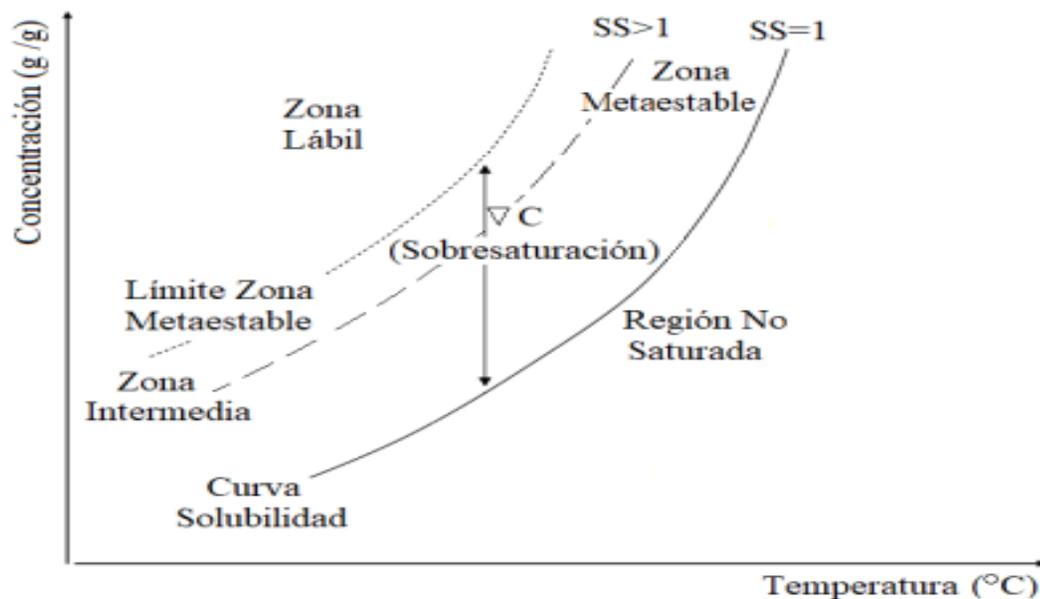
### 5.2.5 Proceso de Cristalización.<sup>3</sup>

Para lograr obtener cristales de azúcar de la mezcla de mieles de la caña se debe llegar a una zona sobresaturada.

La cristalización es una operación de transferencia de materia en la que se produce la formación de un sólido (cristal) a partir de una fase homogénea (solute en disolución o en un fundido).

Controlando las condiciones del proceso se obtiene un producto sólido constituido por partículas discretas de tamaño y forma uniforme, que es lo que se pretende lograr con la cristalización del azúcar en los tachos.

<sup>3</sup> Azucarera El Viejo, S.A. Procesos de Producción del Azúcar.



Grafica No. 1 Curva de Zonas de Cristalización de la Sacarosa.

Fuente: Aguilar, I, 2013, Sistema de Control Automático y Monitoreo del Piso de Tachos, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

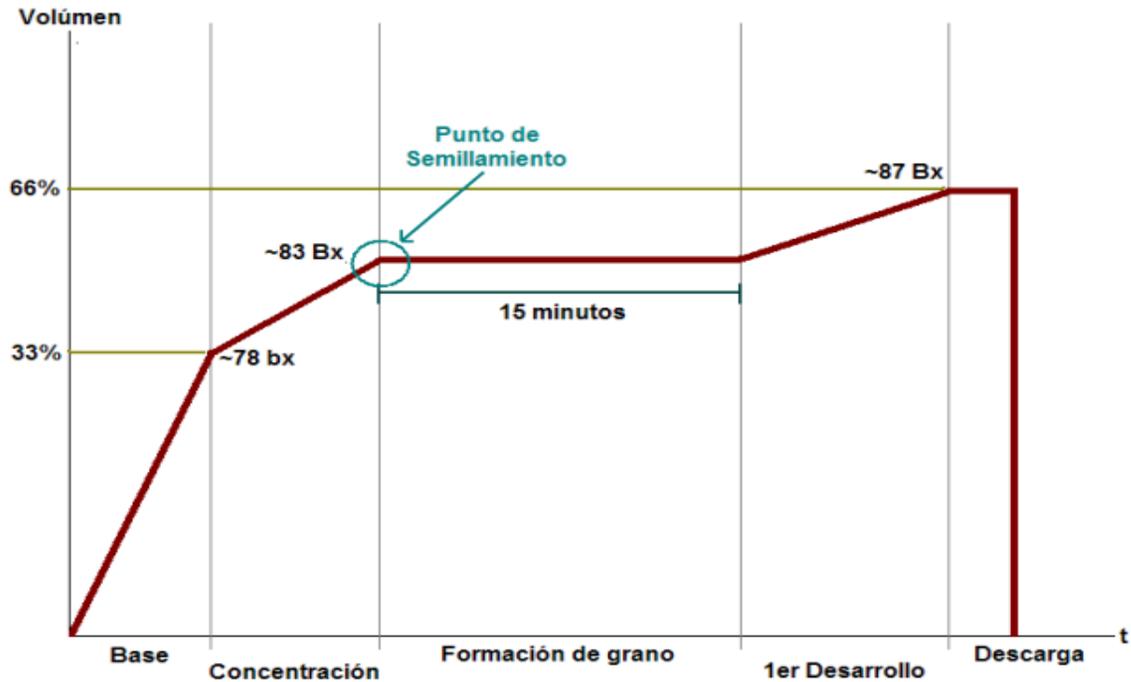
**De la figura anterior se observan 3 zonas detalladas a continuación.**

- **Zona no Saturada:** Esta es una zona estable en la que hay subsaturación, donde no es posible la cristalización.
- **Zona Metaestable:** es una zona sobresaturada donde la cristalización espontánea es improbable y la cristalización se puede dar de forma controlada.
- **Zona Inestable o Zona Sobresaturada:** en este punto la disolución está tan saturada que se puede dar una cristalización espontánea produciéndose granos falsos que afectan la uniformidad de la granulometría.

En la cristalización existen 3 etapas las cuales son sobresaturar, formar núcleos y el crecimiento del cristal.

En un tacho se prepara una base para cristalizar, que es una mezcla entre meladura y miel I altamente pura, que representa el 33% del volumen del tacho llamado comúnmente “pie de carga”, esta base de alrededor de 72 °Brix se evapora para

concentrarla hasta un 80 ~ 83 °Brix y cuando está en el punto óptimo de semillamiento, que es en la zona metaestable, se procede a agregar la semilla, dando unos 15 min de tiempo manteniendo el °Brix constante mediante la adición de agua para que la mezcla cristalice y adquiera la forma y tamaño del cristal semilla.



Grafica No. 2 Curva del Proceso de Cristalización.

Fuente: Aguilar, I, 2013, Sistema de Control Automático y Monitoreo del Piso de Tachos, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## Capitulo III

### 5.3 Tipos de Sistemas de Control. <sup>4</sup>

#### 5.3.1 Sistemas de Control Realimentados.

Un sistema que mantiene una relación determinada entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina sistema de control realimentado.

<sup>4</sup> Sistemas de Control Automático, 7ta Edición, Kuo Benjamín, ISBN: 968-880-723-0.

### **5.3.2 Sistemas de Control en Lazo Cerrado.**

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado.

### **5.3.3 Sistemas de Control en Lazo Abierto.**

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realiza para compararla con la entrada.

### **5.3.4 Sistemas de Control Discretos.**

Son controladores que están montados en un solo panel normalmente. Cada control suele tener un único bucle de actuación. En el mismo panel podemos visualizar el mecanismo de control y actuar de forma manual sobre él.

## **Capítulo IV**

### **5.4 Tipos de Controladores. <sup>5</sup>**

#### **5.4.1 Controladores PID.**

Un regulador o controlador PID (proporcional, integral, derivativo) es un mecanismo de control retroalimentado en bucle cerrado ampliamente usado en sistemas de control industrial. Un PID calcula un error como la diferencia entre el valor actual del sistema y el valor al que se desea llegar. Además, intenta minimizar el error mediante el ajuste de las entradas del proceso. La función de transferencia está dada por:

$$GC(s) = KC \left\{ \frac{1 + 1}{(tIs + tDs)} \right\}$$

---

<sup>5</sup> Ingeniería de Control Moderna, 5ta Edición, Ogata Katsuhiko, ISBN:978-84-8322-660-5

### 5.4.2 Control P.

La acción del control es proporcional al error. Es decir, en el tiempo:

Mientras menor sea la PB, mayor será la SENSIBILIDAD del controlador. Entonces, la Función de Transferencia del Controlador P es:

$$GC(s) = KC$$

### 5.4.3 Control PI.

La acción de control está dada, en el tiempo, por:

$$C(t) = K_c e(t) + \frac{k_c}{T_I} e(t) dt + C_s$$

#### Abreviaturas:

- $C(t)$  = Acción de Control
- $K_c$  = Ganancia Proporcional

Mientras menor sea la PB, mayor será la SENSIBILIDAD del controlador. Entonces, la Función de Transferencia del Controlador P es:

El tiempo integral suele tomar valores en el rango de 0,1 a 50 minutos. Entonces, la Función de Transferencia del Controlador P es:

$$GC(s) = KC \{(1 + 1)/(tIs)\}$$

#### Abreviaturas:

- $e(t)$  = Error
- TI = Tiempo Integral
- $C_{(s)}$  = Valor Inicial del Contador

### 5.4.4 Control PD.

Un controlador PID (proporcional-diferencial) es un elemento de transferencia de un sistema de control de bucle cerrado que comprende componentes de elementos tanto P como D. La ecuación del controlador es:

$$es y (y) = K_p \times e(t) + K_D \frac{de(t)}{dt}$$

## Abreviaturas:

- $y(t)$  = Salida del Sistema
- $K_p$  = Ganancia Proporcional Ajustable
- $K_D$  = Ganancia Derivativa Ajustable
- $de(t)$  = Cambio Diferencial de Error
- $dt$  = Cambio Diferencial de Error

### 5.4.5 Controladores de Automatización Programables (PAC).

Es una tecnología industrial orientada al control automatizado, al diseño de prototipos y a la medición. El PAC se refiere al conjunto formado por un controlador (una CPU típicamente), módulos de entradas y salidas, y uno o múltiples buses de datos que lo interconectan todo.

## Capítulo V

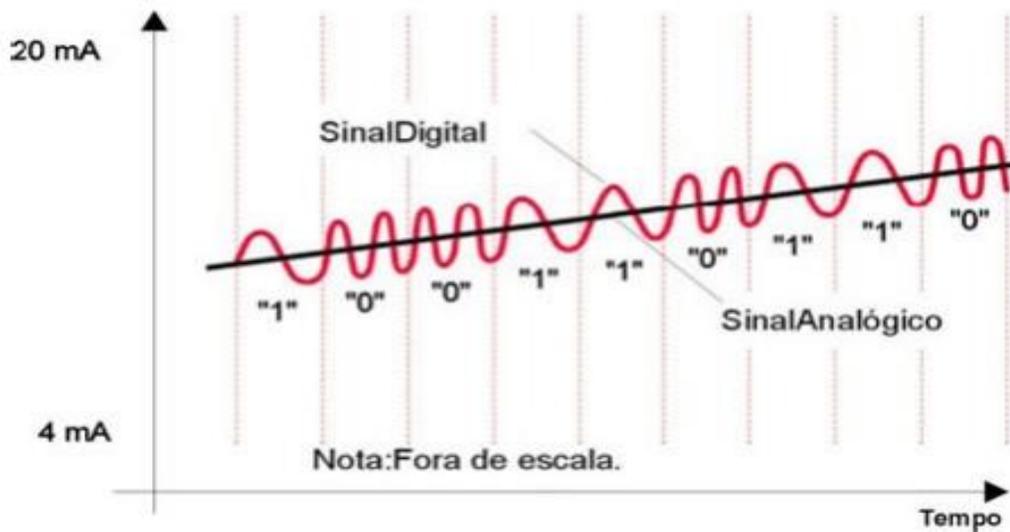
### 5.5 Tipos de Protocolo de Comunicación.<sup>6</sup>

#### 5.5.1 Protocolo Industrial HART

El protocolo HART, acrónimo de Highway – Addressable – Remote – Transducer, utiliza modulación por cambios de frecuencia (FSK) agrupando la información digital sobre la señal analógica típica de 4 a 20 DC. La señal digital usa dos frecuencias individuales de 1200 Hz y 2200 Hz, que representan los dígitos 0 y 1 respectivamente, y que en conjunto forman una onda sinusoidal que se superpone al lazo de corriente de 4-20mA

---

<sup>6</sup> Aguilar, I, 2013, Sistema de Control Automático y Monitoreo del Piso de Tachos, Instituto Tecnológico de Costa Rica



Grafica No. 3 Protocolo Industrial HART.

Fuente: Aguilar, I, 2013, Sistema de Control Automático y Monitoreo del Piso de Tachos, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

### 5.5.2 Protocolo Industrial Modbus.

Es un protocolo utilizado en la automatización industrial del tipo maestro esclavo entre dispositivos inteligentes, actualmente hay varias versiones del protocolo Modbus, estas son: ASCII, RTU y TCP.

### 5.5.3 Protocolo Industrial Fieldbus Foundation.

Es un protocolo para redes industriales especialmente para aplicaciones de control distribuido, está desarrollado a partir del modelo OSI, puede comunicar grandes volúmenes de información y es ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización de la fabricación.

### 5.5.4 Protocolo Industrial Profibus.

Es un estándar originado en normas europeas desarrollado a finales de la década de los 80, que cumple también con el modelo OSI. Es utilizado en aplicaciones de transmisión de datos de alta velocidad, y en la mayoría de aplicaciones industriales, gracias a las 3 implementaciones: FMS, DP y PA.

### **5.5.5 Protocolo Industrial CCM.**

Es un protocolo de Ge Fanuc, este transfiere datos usando el formato de datos serial asíncrono, y está basado en el estándar ANSI X3.28, implementando carácter asíncrono usando un formato ASCII o 8-bit binario. CCM tiene dos modos de operación: par-a-par y maestro-esclavo.

### **5.5.6 Protocolo Industrial DNP3.**

El protocolo de red distribuida versión 3.0 (DNP3) es un protocolo público, abierto y optimizado, desarrollado para sistemas SCADA. Esto incluye comunicaciones de RTU a IED, comunicaciones de maestro a esclavo remoto, e incluso instancias de par-a-par y aplicaciones de red.

### **5.5.7 Protocolo Industrial CAN.**

Es un protocolo de comunicaciones serie orientado a mensajes, es decir la información que se va a intercambiar se descompone en mensajes, a los cuales se les asigna un identificador y se encapsulan en tramas para su transmisión. Está basado en arquitectura de bus para transferencia de mensajes en ambientes distribuidos.

### **5.5.8 Protocolo Industrial DeviceNet.**

Este protocolo utiliza una definición basada en orientación a objetos para modelar los servicios de comunicación y el comportamiento externo de los nodos. Define mensajes y conexiones para trabajar como maestro-esclavo, interrogación cíclica, mensajes espontáneos de cambio de estado, comunicación uno-uno, carga y descarga de bloques de datos etc. Se pueden conectar hasta 64 nodos con velocidades de 125 Kbps a 500 Kbps en distancias de 100 m a 500 m.

### **5.5.9 Protocolo Industrial SNS.**

SNP (protocolo de la serie noventa) es otro de los protocolos usados por Ge Fanuc, en especial por los PLC's de la serie 90. Es un protocolo Maestro/Esclavo, half duplex, a través del estándar recomendado RS-422.

## Capítulo VI

### 5.6 Sistema de Control Industrial (ICS).<sup>7</sup>

Es un término general que se usa para describir la integración de hardware y software con conectividad de red para soportar infraestructura crítica.

#### 5.6.1 Sistemas de Control Lógico Programable PLC.

El controlador lógico programable es un dispositivo digital que opera de manera secuencial y cíclica que utiliza una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas tales como registro y control de tiempos, secuenciación, lógica, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas varios tipos de máquinas o procesos industriales.

#### 5.6.2 Sistema SCADA.

Con un sistema de control SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) podemos automatizar y controlar una industria moderna. El sistema supervisa, recopila datos, los analiza y genera informes a través de una aplicación informática. Desde un ordenador central o máster controlamos automáticamente y a distancia todo un proceso productivo. Recibimos información y controlamos los instrumentos de campo conocidos como autómatas programables y los terminales remotos que se encuentran en la planta de la fábrica.

---

<sup>7</sup> Sistemas de Control Automático, 7ta Edición, Kuo Benjamín, ISBN: 968-880-723-0

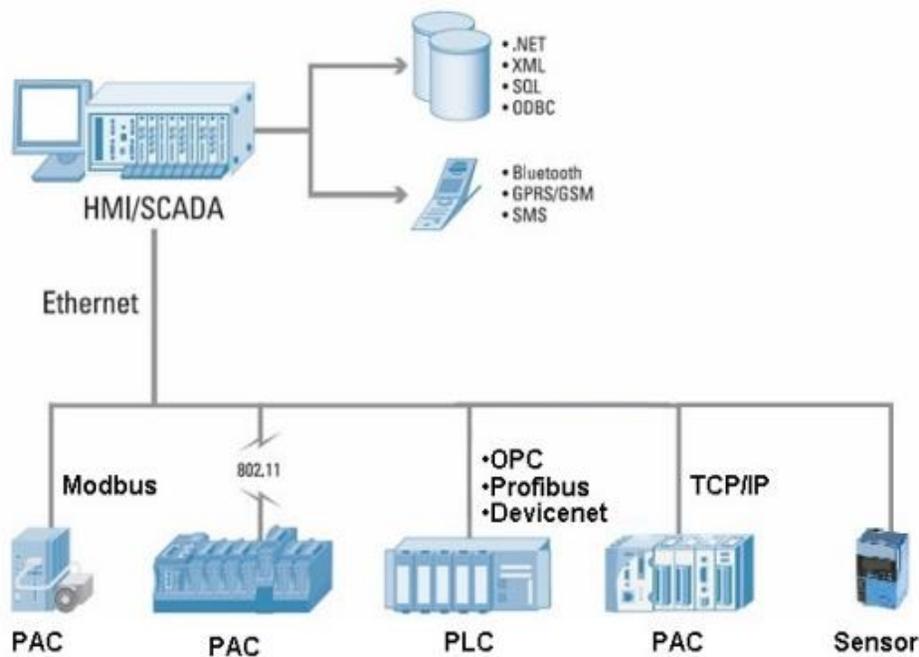


Figura No. 6 Representación de un Sistema SCADA.

Fuente: Aguilar, I, 2013, Sistema de Control Automático y Monitoreo del Piso de Tachos, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

### 5.6.3 Sistemas de Control Distribuido (DCS).

En el sistema de control distribuido, se configuran para actuar con diferentes bucles en cascada, los cuales suelen estar conectados a un sistema informático que controla todo el proceso de producción.

Con este tipo de sistemas podemos hacer un control más sofisticado que puede activar alarmas o registrar la información automáticamente, sin necesidad de hacer registros manuales.

### 5.6.4 Sistemas de Control y Automatización Industrial (IACS).

Son muy complejos, se pueden utilizar para controlar los procesos complejos en tiempo real con la ayuda de muchos componentes.

### 5.6.5 Método de Conectividad OPC.

El OPC crea una “capa de abstracción” intermedia situada entre la Fuente de Datos y el Cliente de Datos. Esa capa se consigue utilizando dos componentes llamados Cliente OPC y Servidor OPC Diagrama de bloques de un PLC.

## Capítulo VII

### 5.7 Funcionamiento y Operación del Tacho Batch. <sup>8</sup>

#### 5.7.1 Funcionamiento de un Tacho Batch.

Los Tachos de Calandria son evaporadores de simple efecto que trabajan al vacío. Estos tanques cilíndricos verticales trabajan por el principio de convección del calor por medio de vapor, el cual condensan al final de los tubos. Están compuestos por un panel de tubos de cobre que forman la Calandria, esta estructura de tubos tiene una distribución parecida a un panal de abejas en los cuales se da la circulación del vapor.



Figura No. 7 Vista lateral de una Calandria.  
SER San Antonio.

En su interior tienen una alta tasa de circulación y transferencia de calor, lo que permite tener una gran velocidad de arrastre obteniéndose una circulación de la masa cocida.

---

<sup>8</sup> Ingeniería de la Caña de Azúcar, Peter Rein, Verlag Dr. Albert Bartens KG - Berlin 2012

Para ayudar a esta circulación de la masa, los tachos tienen un agitador eléctrico que permite que los cristales de azúcar puedan enriquecerse al tener movimiento, además, este agitador hace que el vapor de 10 lbs con el cual se alimentan pueda distribuirse uniformemente.

### **5.7.2 Operación de Tacho para Cocimiento de Masa C.**

- Preparar de tacho para operación.
- Cargar 1 pie de la semilla cristal desarrollada.
- Mejorar cristal con agua caliente con agua caliente. Tiempo de granulación 5 min.
- Iniciar la primera cocción alimentando controladamente miel B y vapor a la calandria, manteniendo la condición de sobresaturación en 1.20.
- Terminar la primera cocción alcanzar el volumen máximo de la templa, suspender la alimentación de miel B.
- Verificar que el receptor de masa tenga capacidad de almacenamiento para la templa.
- Concentrar la más cocida hasta llegar al parámetro de Brix establecido.
- Descargar la masa.
- Accionar el pito de cristalización para anunciar la descarga.
- Bombear la masa cocida desde el receptor hasta el cristalar número 1.
- Verificar el buen funcionamiento de todos los cristalizadores (rotación, circulación y enfriamiento).

### **5.7.3 Alistamiento y Operación de Tacho para Semilla Cristal.**

- Hervir el tacho para eliminar cristales presentes de masa C.
- Abrir válvula de drenaje para enviar hervido al tanque de recuperación de enjuagues dulces.
- Realizar el paso No. 1, de la puesta en marcha. Verificar la hermeticidad del tacho.
- Alimentar la mezcla de pureza ideal de miel A con miel B.
- Determinar la concentración de la mezcla (Brix) y su temperatura.

- Adicionar la colada (slurry), preparado mediante molinada durante 5 h de 2.27 kg de azúcar clasificado entre tamices mesh 18 y mesh 35 en 5l de Etanol anhidro.
- Una vez aparezca el cristal mantener con agua caliente para evitar elevación de Brix.
- Alimentar con miel B hasta llegar al nivel de trabajo definido.
- Descargar el 50% del volumen de semilla primitiva al semillero.
- Con el 50% del cristal que quedó en el tacho elaborar la primera masa cocida C y descargar al recibidor para desde este bombear a la serie de cristalizadores.
- Alimentar desde el semillero el 50% de semilla restante y elaborar la segunda masa cocida C.
- 

#### **5.7.4 Procedimiento para la Cristalización en Tacho Batch.**

- Disponer de Slurry (colada de alcohol y Azúcar molida) para hacer la cristalización.
- Disponer de mezcla de Miel A y Miel B de 72% de pureza y 75% de Brix para pie de templa en la elaboración del cristal.
- Preparar el tacho para el cocimiento.
- Alimentar pie de mezcla de miel A y Miel B.
- Concentrar la mezcla hasta el punto de sobresaturación 1.20 SS.
- Alimentar el Slurry requerido para la cantidad de masas C a procesar.
- Una vez que el Tachero estima que hay suficiente grano, se "abre la Templá" usando una mezcla de agua y miel de la mezcla para parar la granulación.
- Seguir alimentando mezcla de Miel A y Miel B hasta llegar al punto final de la elaboración de semilla. El cristal así obtenido lo llamaremos cristal primitivo.
- Dependiendo del número de masas C a producir se realizan cortes de semilla para desarrollar el crecimiento del cristal.

- Para desarrollar el cristal se utiliza Miel B. En caso de que la pureza de la miel B sea demasiado baja, se utilizará Miel A para lograr la pureza y la granulometría objetivo.

### **5.7.5 Parámetros de la Operación del Tacho Batch.**

Los siguientes son los parámetros a controlar en el funcionamiento de un tacho batch

- Presión del vapor en la calandria: sirve como indicador de fuerza suministrada en la calandria. Los tachos de vacío trabajan con vapor a 5 a 8 PSI presión muy baja para retardar la evaporación, disminuyendo la circulación de la masa en el tacho y aumenta el tiempo necesario para completar la templa.
- Temperatura de vapor en la calandria: es muy importante conocer la temperatura de la calandria para saber la energía calorífica que contiene cada unidad en peso del vapor utilizado y así mantener el punto de ebullición de la masa
- Temperatura de la masa: es muy importante mantener la masa a una temperatura de 61 a 62 °C esto los ayuda a mantener el punto de ebullición teniendo una mejor evaporación
- Temperatura de los gases: en todos los casos la temperatura de los vapores que salen de la masa hacia el condensador es de 52 ° C para mantener una buena cocción de la masa.
- Presión absoluta (vacío): es muy esencial para un conocimiento apropiado ya que es el encargado de disminuir el punto de ebullición de la masa
- Presión de bombeo de agua de inyección al condensador: con la presión al condensador podemos determinar la cantidad de agua necesaria para crear vacío en el sistema operativo del tacho.
- Punto de sobresaturación: es el más importante en el trabajo de los tachos al vacío, debido a que por medio de él se controla el desarrollo del cristal de la templa.

- Brix: es muy importante en este proceso ya que los ayuda a determinar el valor de la concentración de la masa y el punto de sobresaturación. logrando la fluidez de la masa, agotamiento de la sacarosa en la miel, producir menos miel con concordancia con el rango de brix.

## **Capítulo VIII**

### **5.8 Especificaciones e Implementación del Diseño de Sistema de Control y Monitoreo Automático para el Funcionamiento del Tacho Batch N°8.**

- Medición de °Brix por sensores de microondas.
- Calibración de los transmisores de °Brix contra laboratorio.
- Medición de Temperatura por termopar.
- Utilización de transmisor para medir nivel por medio de presión diferencial.
- Utilización de protocolo de comunicación analógico HART para los transmisores.
- Empleo de controladores digitales para realizar la lectura analógica de las señales.
- Utilización de una interfaz (HMI) para comunicar con el PLC.
- Utilización del software TIA PORTAL de automatización para monitorear y controlar el proceso del controlador desde una interfaz gráfica HMI.
- Accionamiento de válvulas neumáticas con actuadores y posicionadores analógicos.
- Obtención de gráficas del proceso para observar el comportamiento de las variables.

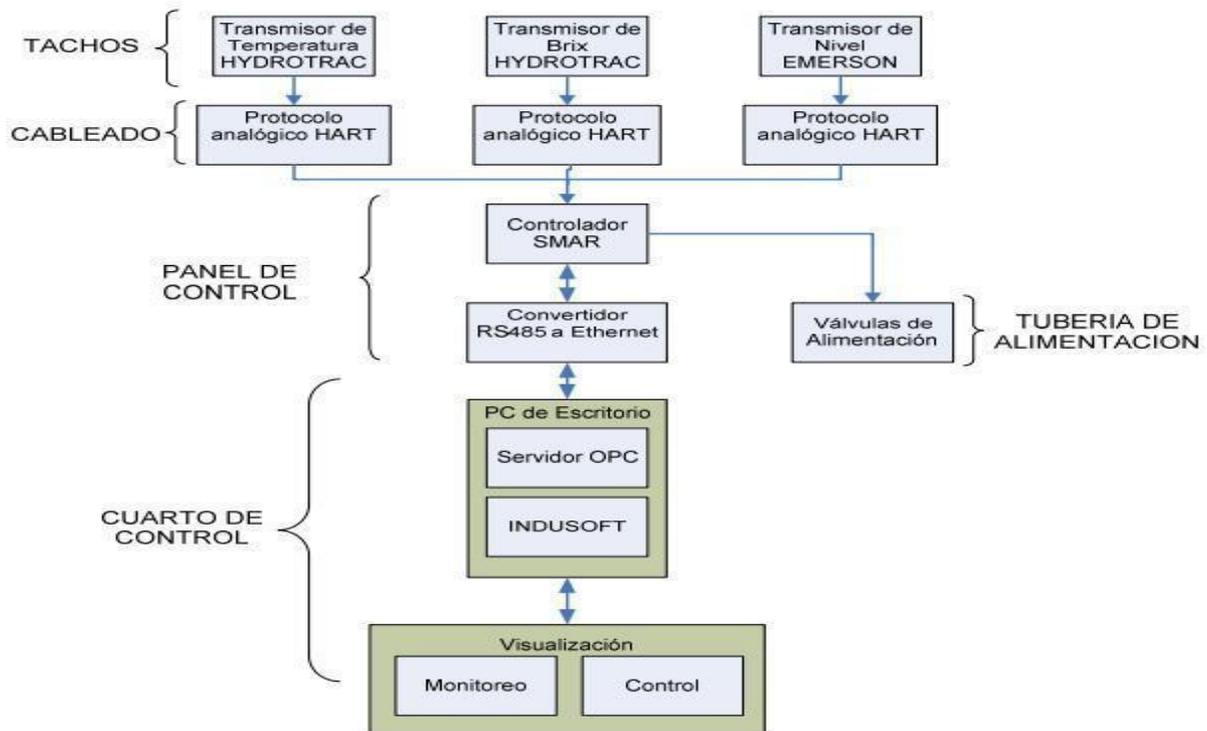


Figura No. 8 Sistema de Control Automático y Monitoreo de Pisos Tacho.

Fuente: Aguilar, I, 2013, Sistema de Control Automático y Monitoreo del Piso de Tachos, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## Capítulo IX

### 5.9 Descripción del hardware y software para el control automático y operación del Tacho Batch N°8 de fábrica.

#### 5.9.1 Hardware

##### 5.9.1.1 Elementos de Medición

#### 1. Presión cuerpo del Tacho, Bomba de Inyección (transmisores EJA 530).<sup>9</sup>

Para la medición de presión en estos puntos del proceso se utilizarán transmisores EJA 530, son elementos que transforman la magnitud física de presión o fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica (4-20mA).

<sup>9</sup> [https://web-material3.yokogawa.com/GS01C31F01-01EN\\_024\\_r1.pdf?\\_ga=2.77824340.138719480.1681481081-195671263.1681481081](https://web-material3.yokogawa.com/GS01C31F01-01EN_024_r1.pdf?_ga=2.77824340.138719480.1681481081-195671263.1681481081)



Figura No. 9 Transmisor de presión, Yokogawa EJA 530E.  
Fuente: Ficha Técnica EJA 530E, edición 24. (2023).

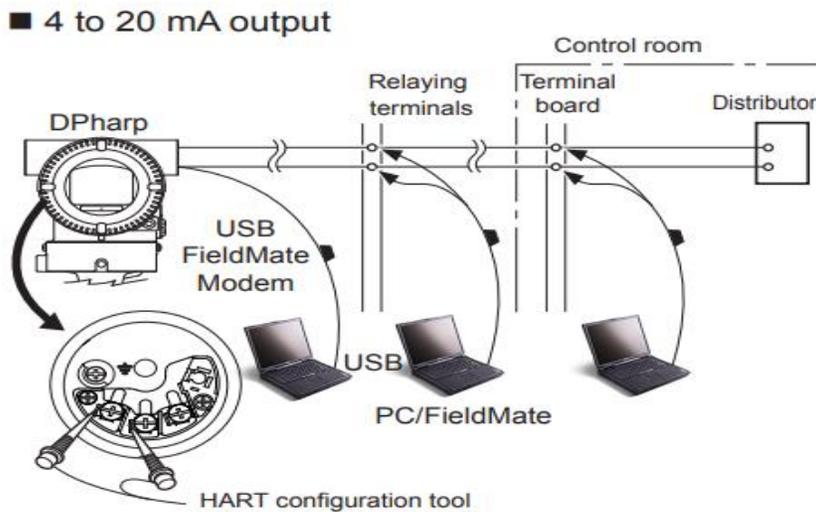


Figura No. 10 Transmisor de presión absoluta, Yokogawa EJA 530E Conexión de la herramienta de configuración HART.

## 2. Presión Absoluta (Vacío).<sup>10</sup>

Para la medición de presión absoluta en este punto del proceso se utilizarán transmisores EJA 510 A, que cuenta con un sensor resonante de silicio cristalino y son adecuados para medir la presión de líquidos, gases o vapor. El EJX510A emite una señal de CC de 4 a 20 mA correspondiente a la presión medida. También cuenta con respuesta rápida, configuración remota y monitoreo a través de comunicaciones

<sup>10</sup> [https://web-material3.yokogawa.com/GS01C31F01-01EN\\_024\\_r1.pdf?\\_ga=2.77644244.138719480.1681481081-195671263.1681481081](https://web-material3.yokogawa.com/GS01C31F01-01EN_024_r1.pdf?_ga=2.77644244.138719480.1681481081-195671263.1681481081)

BRAIN o HART, diagnósticos y salida de estado opcional para alarma de presión alta/baja. también cuenta con Protocolo FOUNDATION Fieldbus y PROFIBUS PA.



Figura No. 11 Transmisor de Presión Absoluta, Yokogawa EJA 510A.  
Fuente: Manual de instrucciones EJA 510A, edición 9. (2015).

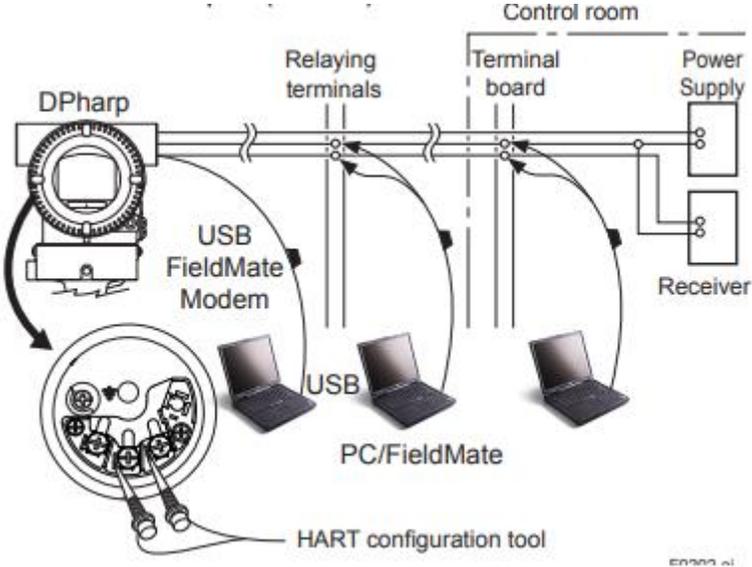


Figura No. 12 Transmisor de Presión Absoluta, Yokogawa EJA 510A Conexión de la herramienta de configuración HART.  
Fuente: Manual de instrucciones EJA 510A, edición 9. (2015).

### 3. Temperatura cuerpo Tacho, salida condensador transmisores de temperatura Endress+Hauser TMT 182 con RTD PT100. <sup>11</sup>

Para la medición de temperatura en estos puntos del proceso se utilizarán transmisores de temperatura Endress+Hauser TMT 182 con RTD PT100 con protocolo HART para convertir señales de entrada diversas en una salida de señal analógica escalable de 4 a 20mA.



Figura No. 13 Transmisor de Temperatura Endress+Hauser TMT 182 con RTD PT100.

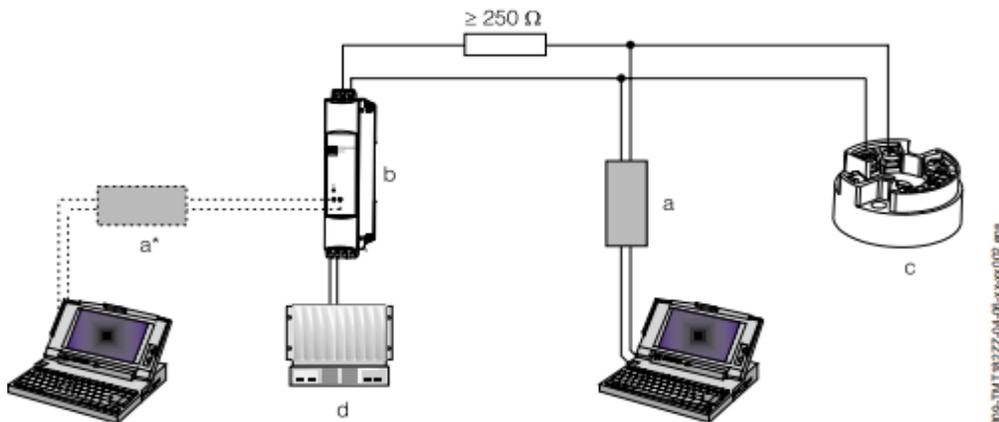


Figura No. 14 Transmisor de temperatura Endress+Hauser TMT 182 con RTD PT100 Conexión de la herramienta de configuración HART.  
Fuente: Ficha técnica TMT 182. Transmisor de Temperatura.

<sup>11</sup> <https://www.instrumart.com/assets/TMT182-Datasheet.pdf>

#### 4. Refractómetro PR-23 para la medición de brix Brix del Tacho. <sup>12</sup>

Para la medición de Brix en este punto del proceso se utilizará el refractómetro PR-23 es un instrumento para medir la concentración de líquidos en la línea de proceso. La medición se basa en la refracción de la luz en el medio del proceso, una forma precisa y segura de medir la concentración de líquido. El sensor del refractómetro en línea (en la Figura 1.1) mide el índice de refracción nD y la temperatura del medio del proceso. Esta información se envía a través del cable de interconexión (B) al transmisor indicador (C). El transmisor indicador DTR calcula la concentración del líquido de proceso en función del índice de refracción y la temperatura, teniendo en cuenta las condiciones de proceso predefinidas. La salida del DTR es una señal de salida de ADC de 4 a 20mA proporcional a la concentración de la solución de proceso. Los datos de proceso también se pueden descargar a una computadora a través de un cable Ethernet.



Figura No. 15 Refractómetro PR-23 para la Medición de Brix.  
Fuente: Manual de instrucciones VAISALA K-PATENTS PR-23, versión 2. (2019).

<sup>12</sup> <https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/PR-23-GP-Process-Refractometer-B211886ES.pdf>

## 5. Nivel del Tacho y Recibidor. <sup>13</sup>

Para la medición de nivel en estos puntos del proceso se emplea el Transmisor Emerson Rosemount 2051 L, este transmisor mide el nivel de un tanque cerrado por presión diferencial, cuenta con dos tomas de presión, una para presión alta y otra para presión baja, fue instalado a la base del tacho y se le dio una altura de 100" de agua para la toma de la presión en baja. En la figura 27 se puede observar el transmisor y en la figura 28 el método para calibración utilizando un configurador HART en el que se tenían que ingresar los parámetros relacionados con la altura de la columna de agua, la baja presión y la alta presión.



Figura No. 16 Transmisor Emerson Rosemount 2051 L. Fuente: Manual de instrucciones Rosemount 2051 L, Revisión DC (2019).

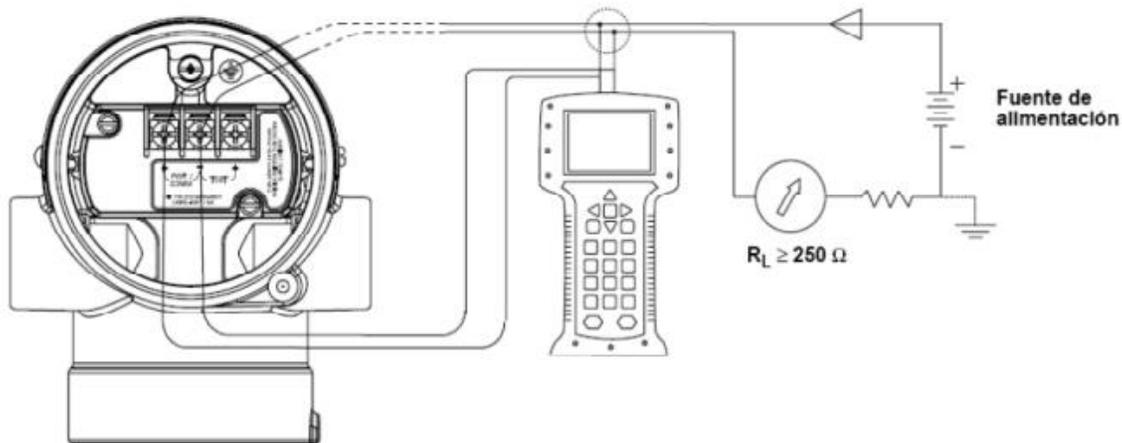


Figura No. 17 Calibración de Transmisor 2051L con configurador HART. Fuente: Manual de instrucciones Rosemount 2051 L, Revisión DC (2019).

<sup>13</sup> <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%C3%ADa-de-inicio-r%C3%A1pido-rosemount-2051-transmisor-de-presi%C3%B3n-y-rosemount-serie-2051cf-caudal%C3%ADmetro-con-los-protocolos-hart-de-4-20-ma-y-hart-de-1-5-vcc-de-baja-potencia-es-es-89562.pdf>

## 6. PLC S7-1500<sup>14</sup>

El modelo del CPU es el **1515-2 PN**, V2.8; cuenta con CPU con display, memoria de trabajo de 500 kB para código y 3 MB para datos; tiempo de operación con bits de 30 ns; concepto de protección de 4 niveles, funciones tecnológicas: Motion Control, regulación, contaje y medición; funciones de trace; opciones de runtime; modo isócrono (centralizado); para todas las interfaces PROFINET: protocolo de transporte TCP/IP, secure Open User Communication, comunicación S7, routing S7, IP-Forwarding, servidor web, cliente DNS, OPC UA: servidor DA, cliente DA, métodos, especificaciones Companion; 1.<sup>a</sup> interfaz: controlador PROFINET IO, soporta RT/IRT, Performance Upgrade PROFINET V2.3, 2 puertos, I-device, MRP, MRPD, modo isócrono; 2.<sup>a</sup> interfaz: controlador PROFINET IO, soporta RT, I-device; firmware V2.8.

### 5.9.1.2 Elementos de Control.

#### Válvulas Neumáticas

Las válvulas se utilizan para manipular el proceso de masas cocida C aumentando o disminuyendo la alimentación

Estas válvulas se componen de tres partes las cuales son las siguientes:

1. Una Válvula de Mariposa.
2. Un Actuador Neumático.
3. Un posicionador Electroneumático o Solenoide

Trabajan por medio de presión de 100 bs de aire comprimido y el posicionador opera por protocolo HART de 4 a 20mA, por lo tanto, se conectan a las salidas analógicas de los controladores

1. Para el control de las variables en todo proceso se usarán válvulas de mariposa de la serie Bray 3W/3L Clase A con excepción de la válvula de vapor de escape, para este caso se emplea una válvula mariposa de alto rendimiento McCannalok con asiento de metal. La válvula 3W/3L Clase A

---

<sup>14</sup> [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/167/81162167/att\\_92041/v1/s71500\\_cpu\\_1515\\_2\\_pn\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/167/81162167/att_92041/v1/s71500_cpu_1515_2_pn_manual_es-ES_es-ES.pdf)

usada para controlar el flujo de un fluido, comportándose como un orificio de área continuamente variable, que modifica la pérdida de carga, según lo dirigido por la señal de un controlador. Las válvulas se utilizan para manipular el proceso de masa cocida C, aumentando o disminuyendo la alimentación.



Figura No. 18 Válvula W/3L y Válvula McCannalok.  
Fuente: Ficha Técnica Válvula Bray serie 3W/3L (2021).

2. Para el control de todas válvulas de mariposa se usó un actuador neumático de serie de KTN RDE ya que son dispositivos automáticos que funcionan directamente con aire comprimido, los hay para baja presión (30-250 psi) y alta presión (300-3000 psi) <sup>15</sup>



Figura No. 19 Actuador Neumático Serie 92/93.  
Fuente: Ficha Técnica de KTN RDE. Actuador neumático.

---

<sup>15</sup> <https://ktnvalves.com/wp-content/uploads/2021/09/KTNRDE.pdf>

3. Para el control automático de los actuadores neumáticos se usarán Posicionadores electroneumáticos inteligentes serie 6A de Bray ofrecen control de flujo preciso, comunicación avanzada y diagnóstico mejorado para actuadores lineales y de fracción de vuelta en aplicaciones industriales.



Figura No. 20 Posicionador Bray Serie 6A.  
Fuente: Manual de Posicionador Bray Serie 6A (2022).

Estas unidades de válvulas solenoides de la Serie 63 de Bray pueden usarse con actuadores de acción doble o retorno con resorte cuando se requiera un funcionamiento eléctrico de encendido/apagado. Las unidades tienen conexiones de conducto 1/2" NPT.



Figura No. 21 Solenoide 5/2.  
Fuente: Válvulas solenoides de la Serie 63 de Bray (2013).

#### **Válvulas que se operaran con posicionador Electroneumático:**

1. Agua al Condensador
2. Meladura

3. Miel A
4. Miel B
5. Agua Caliente
6. Agua Fría
7. Semilla
8. Vapor Escape

### **Válvulas que se Operaran con Solenoide**

1. Slurry
2. Condesos
3. Descarga de la Masa Cocida
4. Rompe Vacío
5. Atmósfera
6. Vapor de Escoba

### **5.9.2 Software <sup>16</sup>**

TIA portal (Totally Integrated Automation Portal) es un software que permite un acceso completo a la automatización, desde la planeación digital e ingeniería integrada hasta una operación transparente. En TIA Portal no solo integras el software básico (STEP 7, WinCC, SINAMICS Startdrive, SIMOCODE ES y SIMOTION SCOUT TIA), sino también nuevas funcionalidades, como multiusuarios y la administración de energía en una sola interfaz.

#### **5.9.2.1 Rutina de Control y Programación.**

##### **5.9.2.1.1 Lógica de Control.**

La lógica de control consistió en utilizar bloques de funciones **FC** (Las funciones son bloques lógicos sin memoria) para realizar la configuración de las entradas/salidas analógicas empleando instrucciones básicas de conversión **NORM & SCALE** para el tratamiento de las señales de campo (transmisores/válvulas).

---

<sup>16</sup> [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/167/81162167/att\\_92041/v1/s71500\\_cpu\\_1515\\_2\\_pn\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/167/81162167/att_92041/v1/s71500_cpu_1515_2_pn_manual_es-ES_es-ES.pdf)

## Parámetros de la Instrucción NORM\_X

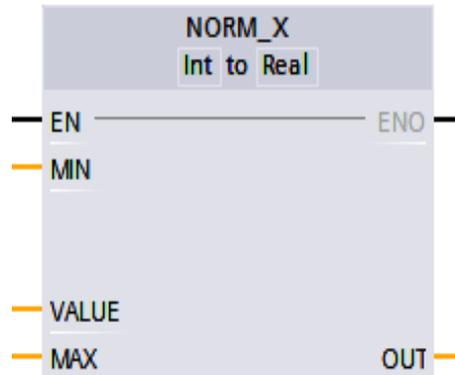


Figura No. 22 NORM.

Fuente: Manual del Sistema SIMATIC S7-1500 1515-2 PN (2014).

- EN = Entrada de Habilitación
- MIN = Límite Inferior de la Escala, en nuestro caso será 0
- VALUE = Valor que se quiere Normalizar
- MAX = Límite Superior de la Escala,
- ENO = Salida de Habilitación
- OUT = Valor de Salida Normalizado

### Funcionamiento de la Instrucción

La instrucción “Normalizar” normaliza el valor de la variable de la entrada VALUE representado en una escala lineal. Los parámetros MIN y MAX sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala.

## Parámetros de la Instrucción SCALE\_X

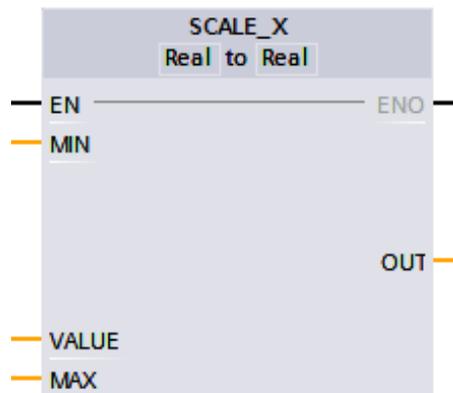


Figura No. 23 SCALE.

Fuente: Manual del Sistema SIMATIC S7-1500 1515-2 PN (2014).

- EN = Entrada de Habilitación
- MIN = Límite Inferior del Rango de Valores
- VALUE = Valor que se quiere Escalar
- MAX = Límite Superior del Rango de Valores
- ENO = Salida de Habilitación.
- OUT = Valor de Salida Escalado

### Funcionamiento de la Instrucción

La instrucción “Escalar” escala el valor de la entrada VALUE mapeándolo en un determinado rango de valores. Al ejecutar la instrucción “Escalar”, el número en coma flotante de la entrada VALUE se escala al rango de valores definido por los parámetros MIN y MAX. El resultado de la escala es un número entero o en coma flotante que se deposita en la salida OUT.

### Realizar el Programa

Conociendo ya el funcionamiento de las funciones NORM\_X y SCALE\_X procedemos a programar el escalado de la entrada analógica.

Abrimos el FC donde programaremos nuestro escalado y agregamos las funciones NORM\_X y SCALE\_X con sus correspondientes parámetros, podemos encontrarlas

en el apartado de instrucciones dentro de la carpeta de conversión, o mediante un cuadro vacío escribiendo NORM\_X o SCALE\_X.

En el caso de la función NORM\_X debemos prestar especial atención a los parámetros MIN y MAX, como he explicado anteriormente en nuestro caso utilizaremos 0 para el parámetro MIN y 27648 para el parámetro MAX, para conocer este rango debemos consultar la documentación de nuestra tarjeta de entradas analógicas, en ella encontramos, que para nuestro tipo de configuración, intensidad y 4...20 mA, el rango de valores que lee nuestro PLC en la entrada analógica es de 0 a 27648, en un funcionamiento normal de la entrada analógica, un valor de 0 corresponde a 4 mA y 27648 corresponde a 20 mA (ver tabla de abajo).

#### Rangos de medida de corriente 0 a 20 mA y 4 a 20 mA

dec	hex	0 to 20 mA	4 to 20 mA	
32767	7FFF	>23.52 mA	>22.81 mA	Overflow
32511	7EFF	23.52 mA	22.81 mA	Overshoot range
27649	6C01			
27648	6C00	20 mA	20 mA	Rated range
20736	5100	15 mA	16 mA	
1	1	723.4 nA	4 mA + 578.7 nA	
0	0	0 mA	4 mA	
-1	FFFF			Undershoot range
-4864	ED00	-3.52 mA	1.185 mA	
-32768	8000	<- 3.52 mA	< 1.185 mA	Underflow

Tabla No. 1 Medidas de Corriente.

Fuente: Manual del Sistema SIMATIC S7-1500 1515-2 PN (2014).

Este mismo procedimiento se implementará para el control de las variables temperatura del tacho (transmisor de temperatura), nivel (transmisor de presión diferencial), presión (transmisor de presión), vacío (transmisor de presión absoluta), brix(refractómetro) del tacho, temperatura de salida del condensador, nivel del semillero, presión de agua en bombas de inyección de agua AB, CD.

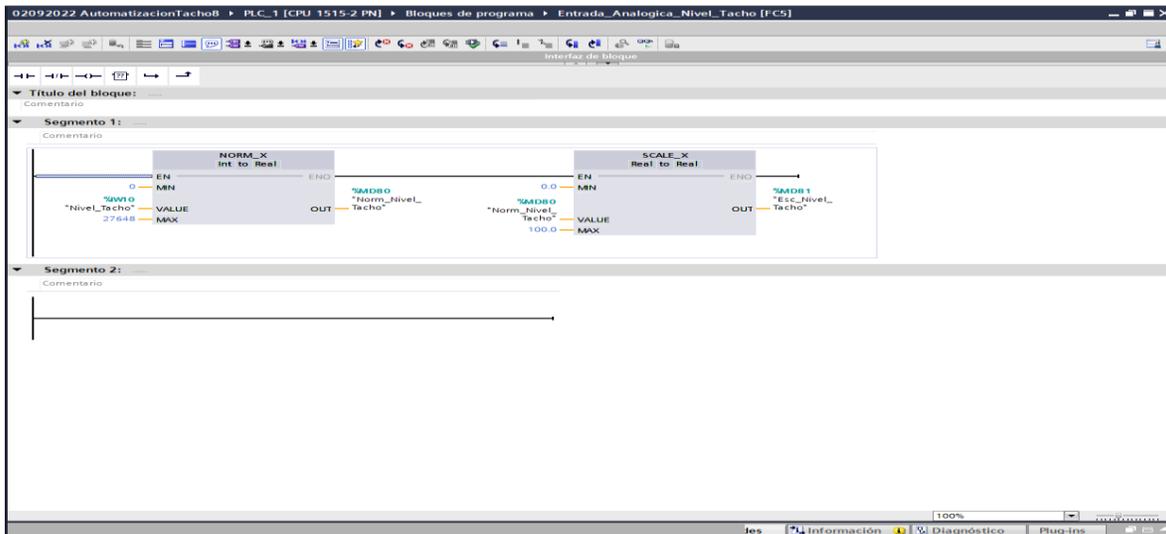


Figura No. 24 Programación.  
Fuente: Manual del Sistema SIMATIC S7-1500 1515-2 PN (2014).

### 5.9.2.1.2 Bloques de Control PID CONT\_C

Se utilizó bloques de control **PID CONT\_C** proporcionando una variación continua de la salida dentro de un mecanismo de retroalimentación de bucle de control para controlar con precisión el proceso, eliminando la oscilación y aumentando la eficiencia.

#### Descripción:

La instrucción **CONT\_C** permite regular procesos técnicos con magnitudes continuas de entrada y salida en los sistemas de automatización SIMATIC S7. Mediante parametrización se pueden activar o desactivar funciones parciales del regulador PID para adaptarlo al sistema regulado. Además de las funciones de las ramas de valor real y de consigna, la instrucción realiza un regulador PID terminado con salida continua de magnitud manipulada y posibilidad de controlar manualmente la variable manipulada.

#### Aplicación:

El regulador se puede utilizar como regulador PID de valor fijo de manera individual o también en regulaciones de varios lazos como regulador en cascada, mixto o de relación. El modo de funcionamiento se basa en el algoritmo de regulación PID del

regulador por muestreo con señal de salida analógica, complementada dada el caso con una etapa de formación de impulsos para generar señales de salida con modulación de ancho de impulsos para regulaciones de dos o tres puntos con elementos finales de control proporcionales.

### **Llamada:**

La instrucción CONT\_C dispone de una rutina de inicialización, que se ejecuta cuando el parámetro de entrada COM\_RST = TRUE está activado. El integrador se ajusta al valor de inicialización I\_ITVAL durante la inicialización. Todas las salidas de señal restantes se ponen a cero. Una vez ejecutada la rutina de inicialización, debe activarse COM\_RST = FALSE.

El cálculo de los valores en los bloques de regulación sólo se realiza correctamente si el bloque se llama en intervalos regulares. Por ello, los bloques de regulación deben llamarse en un OB de alarma cíclica (OB 30 a OB 38). El tiempo de muestreo se indica en el parámetro CYCLE.

Si se efectúa una llamada a la instrucción CONT\_C como DB multiinstancia, no se crea ningún objeto tecnológico. No se dispone de interfaz de parametrización y puesta en servicio. Los CONT\_C se deben parametrizar directamente en el DB multiinstancia y ponerse en servicio a través de una tabla de observación.

### **Funcionamiento del CONT\_C**

Rama de Consigna

La consigna se indica en la entrada SP\_INT en formato de coma flotante.

Rama de valor real

El valor real se puede leer en formato de coma flotante o en formato de periferia. La función CRP\_IN transforma el valor de periferia PV\_PER en un formato en coma flotante de -100 ... +100 %, según la siguiente fórmula:

$$\text{salida de CRP}_{IN} = \frac{PV_{PER} * 100}{27648}$$

- CRP<sub>IN</sub> = Es una Funcion que Transforma del valor de periferia PV\_PER

-  $PV_{PER}$  = Es el Valor de Periferia

**La función PV\_NORM normaliza la salida de CRP\_IN según la siguiente norma:**

YY

PV\_FAC tiene preasignado el valor 1 y PV\_OFF el valor 0.

Cálculo del error de regulación

La diferencia entre la consigna y el valor real es el error de regulación. Para suprimir una pequeña oscilación permanente provocada por la cuantificación de las magnitudes manipuladas (p. ej. en caso de una modulación de ancho de impulsos con PULSEGEN), el error de regulación se deriva a través de una zona muerta (DEADBAND).

$$DEADB_W = 0$$

### **Algoritmo PID**

El algoritmo PID trabaja en el algoritmo de posición. Las acciones proporcionales, integral (INT) y derivativa (DIF) están conectadas en paralelo y pueden conectarse y desconectarse individualmente. De esta forma pueden parametrizarse reguladores P, PI, PD y PID. Pero también son posibles reguladores I.

Procesamiento de valores en manual

Es posible conmutar entre los modos manual y automático. En el modo manual, la magnitud manipulada se corrige según un valor manual.

El integrador (INT) se pone internamente a LMN - LMN\_P - DISV y el diferenciador (DIF) se pone a 0 y se compensa internamente. La conmutación al modo automático se efectúa con suavidad.

Procesamiento de valores manipulados

La variable manipulada se limita con la función LMNLIMIT a valores especificables.

El rebase de los límites por la magnitud de entrada se señala mediante bits de aviso.

**La función LMN\_NORM normaliza la salida de LMNLIMIT según la siguiente regla:**

$$LMN = (\text{salida de LMNLIMIT}) * LMN\_FAC + LMN\_OFF$$

- LMN = Es una Magnitud en coma Flotante
- LMN<sub>FAC</sub> = Es una Constante y tiene un Valor Preasignado de 1
- LMN<sub>OFF</sub> = Es otra Constante y tiene el Valor Preasignado de 0

La variable manipulada también está disponible en formato de periferia. La función CRP\_OUT convierte el valor en coma flotante LMN en un valor de periferia según la siguiente regla:

$$LMN\_PER = \frac{LMN * 27648}{100}$$

### **Control Anticipativo**

En la entrada DISV se puede aplicar una magnitud perturbadora de manera aditiva.

#### **5.9.2.1.3 Programación en Escalera de Entradas y Salidas Digitales.**

En el caso de las entradas y salidas digitales (sensores/solenoides) se utilizó instrucciones básicas basadas en diagramas de contactos normalmente abiertos y cerrados que son propios del lenguaje de programación en escalera.

#### **Instrucciones de Comparación Lógica.**

Se implementaron instrucciones de comparación como >= (mayor o igual), <= (menor o igual), == (igual), IN\_Range (valor dentro del rango) según la condición que corresponda en cada etapa del proceso a ejecutar en forma automática según el Grafcet lógica de operación mostrado en la figura 25 explicando el principio de operación de la rutina de control.

## **Capítulo X**

### **5.10 Procesos de Operación.**

#### **5.10.1 Proceso de Operación Automático para levantar Vacío.**

1. Cerrar todas las válvulas del cuerpo de tachó.
2. Se abre la válvula de vapor de escoba que conecta con el cuerpo del tachó hasta obtener una temperatura de 98 °C en todo el cuerpo.

3. Obteniendo la temperatura del segundo paso se abre la válvula de inyección de agua al condensador un 30%.
4. Encender los motores de las bombas de inyección para obtener una presión de 46 psi en la tubería de alimentación al condensador.
5. Cuando el Transmisor de presión absoluta marque entre 18 a 20 in/Hg cerrar la válvula de vapor de escoba del cuerpo del tacho
6. El plc se encarga de modular la apertura de la válvula de alimentación al condensador hasta obtener 26 in/Hg
7. Presión de trabajo del tacho.

### 5.10.2 Proceso de Operación Automático para la Cristalización.

Para la cristalización siempre se toma un 33.33% de la capacidad total del tacho.

1. Contar con la pureza de la meladura, miel A, miel B.
2. Determinar la pureza con que se va a cristalizar este valor lo dará el jefe de área.
3. Se procede a hacer el cálculo para el porcentaje de meladura y de miel A para la mezcla, el valor obtenido indicará el nivel del tacho cuando va a cerrar o abrir las válvulas de alimentación para la mezcla

$$VM = \frac{PM - PC}{PM - PMA} \times VT$$

- PC = Pureza Meladura
- pc = Pureza a Cristalizar
- PMA = Pureza Miel A
- VT = Volumen del Tacho
- VM = Volumen de la Mezcla

4. La válvula de alimentación de miel A se abrirá para alimentar el tacho y ella se cierra dependiendo el valor del nivel del tacho.
5. Para completar la mezcla se abre la válvula de alimentación de meladura para obtener la pureza deseada en la cristalización.

6. Una vez que la mezcla esté realizada y que el tacho tenga el 33.33% de su capacidad total la válvula de meladura se cierra.
7. Se procede a abrir la válvula que inyecta vapor en la calandria dicho vapor es suministrado por los gases 2 de los pre evaporadores (primer efecto) el control automático mantendrá un valor de 5 psi si el valor baja a 3 psi el sistema mandará una alerta y en 2 psi se detendrá el proceso.
8. Concentrar la mezcla hasta tener un valor de 82 Brix para buscar un grado de sobresaturación de 1.20 ss.
9. Una vez alcanzado el paso 8 se abre automáticamente la válvula del slurry preparado mediante molinada durante 5 horas de 2.27 kg de azúcar clasificado entre tamices mesh 18 y mesh 35 en 5 litros de etanol anhidro esta mezcla se hace de forma manual en otro equipo.
10. Una vez aparezca el cristal se abre la válvula de agua caliente para mantener un valor de 82 Brix.
11. Cerrar válvula de agua caliente.
12. Se abre la válvula de miel B regulada para alimentar el tacho al 100% de su capacidad manteniendo el valor del 91 Brix.
13. Cuando el nivel del tacho marque el 100% y con un grado Brix de 91 se procede a cerrar la válvula de vapor a la calandria y cerrar la válvula que alimenta al condensador.
14. Se abre la válvula rompe vacío al 100%.
15. Se abre la válvula del semillero al 100% para descargar el 66.66 % de la semilla cristalizada.
16. El 33.33% se deja para realizar la primera masa cocida C.

### **5.10.3 Proceso de Operación Automático para la elaboración de la Masa Cocida C.**

1. Cerrar válvula rompe vacío.
2. Levantar vacío.

3. Se procede a abrir la válvula que inyecta vapor en la calandria dicho vapor es suministrado por los gases 2 de evaporación el control automático mantendrá un valor de 5 psi si el valor baja a 3 psi el sistema mandará una alerta y en 2 psi se detendrá el proceso.
4. Abrir la válvula de agua caliente para mejorar el cristal. Tiempo de granulación 30 segundos al 30% de apertura de la válvula.
5. Iniciar la primera cocción alimentando controladamente la válvula de miel B y la válvula de vapor a la calandria, manteniendo el grado de sobresaturación en 1.20 ss.
6. Elevar gradualmente el brix 94 al 50% de la capacidad del tacho.
7. Al 100 % de la capacidad del tacho mantener un brix de 95 revisa.
8. Terminar la primera cocción al alcanzar el volumen máximo de tacho y un grado brix de 95, cerrar la válvula para suspender la alimentación de miel B.
9. Concentrar la masa cocida C hasta alcanzar un valor de 96 Brix.
10. Cerrar la válvula de vapor a la calandria y cerrar la válvula que alimenta al condensador.
11. Se abre la válvula rompe vacío al 100%.
12. Abrir la válvula de descarga al receptor para la descargar la masa cocida C.
13. Encender los motores de las bombas para bombear la masa cocida C a los cristalizadores.

## **Capítulo XI**

### **5.11 Diseño del Sistema de Control y Monitoreo Automático para el Funcionamiento del Tacho Batch N°8**

- Medición confiable y segura del °Brix, temperatura del material y el nivel del tacho N°8.
- Utilización de las variables medidas para monitorear la cocción de las masas en los tachos mediante pantallas de visualización en tiempo real, con lo cual se brinda una ayuda visual clara y confiable del estado del proceso de producción del tacho mencionado.

- Automatización del proceso de cocción en el tacho #8 de acuerdo a la receta empleada por el tachero. Esto se implementó mediante el accionamiento de válvulas neumáticas del semillero, miel y agua, con base en las mediciones obtenidas de °Brix y Nivel de acuerdo a la receta analizada del tacho N°8.

#### **5.11.1 Beneficios que se Obtendrá al Automatizar y Monitorear el Tacho Batch N°8.**

- Disminución de la pureza de mieles finales obteniendo mayor azúcar.
- Mejoramiento de calidad de los granos en uniformidad, tamaño y color.
- Mejoramiento de la eficiencia del tacho reflejado en disminución de tiempos de cocción.
- Se garantiza un proceso estándar y repetitivo en la operación del tacho.
- Disminución de la carga física de los trabajadores al poder contar con equipo tecnológico que elimine supuestos y falsas expectativas del estado real del proceso.

### 5.11.2 Descripción de Equipos de Medición e Instrumento de Control

EQUIPOS DE CONTROL			
N°	CODIGO	NOMBRE	DESCRIPCION
1	VA	Válvula de la Atmósfera	Se utiliza únicamente cuando el jefe de cristalización decide hervir el tacho.
2	VRV	Válvula Rompe Vacío	La válvula rompe es utilizada para eliminar la presión de vacío que existe dentro del cuerpo del tacho.
3	VVE	Válvula Vapor de Escoba	La válvula vapor de escoba es utilizada para calentar el cuerpo del tacho y limpieza del cuerpo
4	VPV	Válvula Presión del Vacío	El control de vacío en el tacho está controlado por una válvula que regula el flujo de agua en el condensador
5	VV	Válvula de Vapor	El control de presión en la calandria del tacho está comandado por una válvula que inyecta vapor en la calandria
6	VD	Válvula de Descarga	Descarga de masa cocida del tacho.
7	VAS	Válvula de Alimentación de Semilla	Descargar de tacho a semillero. Cuando se ha realizado cristal en el tacho por lo general.
8	VMA	Válvula de Miel A	Alimenta al tacho de miel A.
9	VMB	Válvula de Miel B	Alimenta al tacho de miel B.
10	VM	Válvula de Meladura	Alimenta al tacho de meladura.
11	VAF	Válvula de Agua Fría	Es utilizada para alimentar el tacho y realizar pruebas hidrostática y hermeticidad.
12	VAC	Válvula de Agua Caliente	Su función es mejorar el cristal de azúcar cuando se está elaborando masa cocida.
13	VS	Válvula de Slurry	Se utiliza cuando se fabrica cristal en tacho por lo cual se necesita inyectar el slurring

Tabla No. 2 Descripción de Equipos de Medición.

**INSTRUMENTO DE MEDICION**

N°	CODIGO	NOMBRE	DESCRIPCION
1	NT	Nivel del Tacho	Es un dispositivo básico para medir nivel del tacho, convierte una presión de fluido aplicada en una señal eléctrica
2	TT	Temperatura del Tacho	Para la medición de temperatura del tacho. Son desarrollados con el objetivo de poder transformar las variaciones de tensión o resistencia
3	BT	Brix del Tacho	Se emplea para la medición de concentración o densidad en línea para controlar o monitorear el proceso de refinera
4	PC	Presión del Cuerpo	Se utilizan para la lectura directa de la presión del tacho.
5	PV	Presión de Vacío	. Para la medición del vacío este equipo trabaja con presión absoluta
6	TSC	Temperatura Salida del Condensador	Son desarrollados con el objetivo de poder transformar las variaciones de tensión o resistencia, que dependen de la temperatura,
7	NR	Nivel del Recibidor	Es un dispositivo básico para medir nivel del recibidor, convierte una presión de fluido aplicada en una señal eléctrica
8	PBIAB	Presión Bombas de Inyección A y B	Se utilizan para la lectura directa de la presión del agua de inyección de las bombas AB
9	VMBPBCD	Presión Bombas de Inyección C y D	Se utilizan para la lectura directa de la presión del agua de inyección de las bombas CD



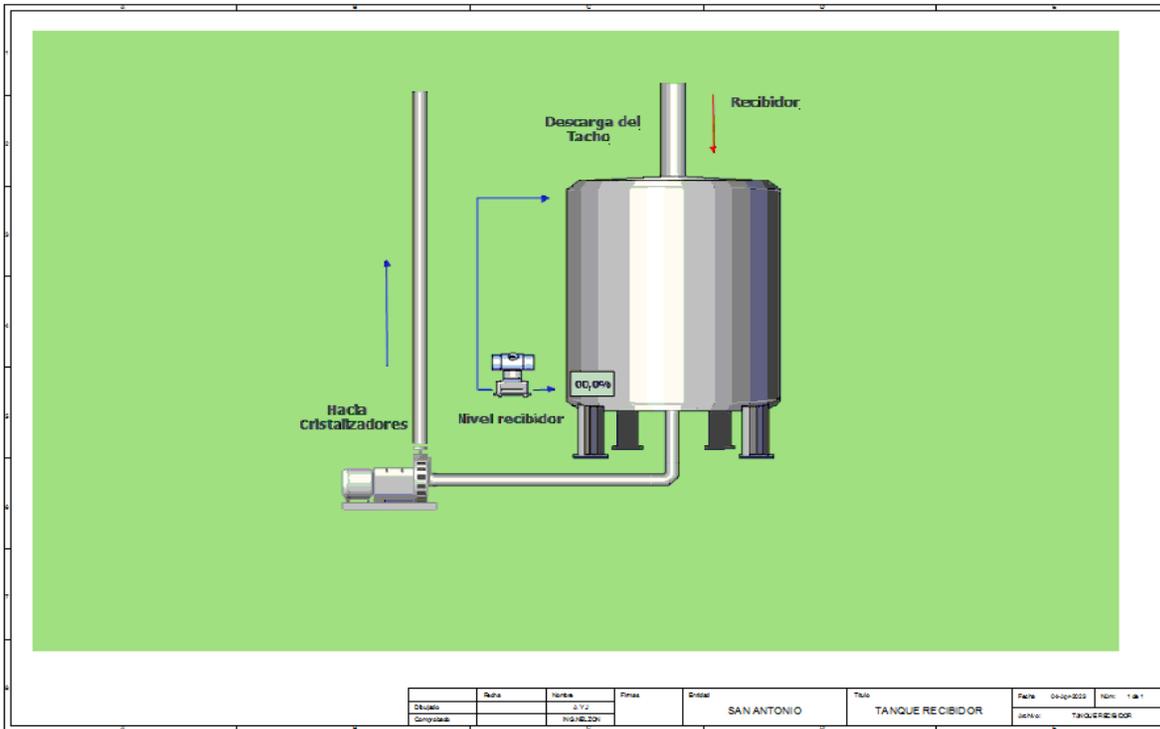


Figura No. 27 Tanque de Alimentación de Semilla al Tacho y Tanque Recibidor.

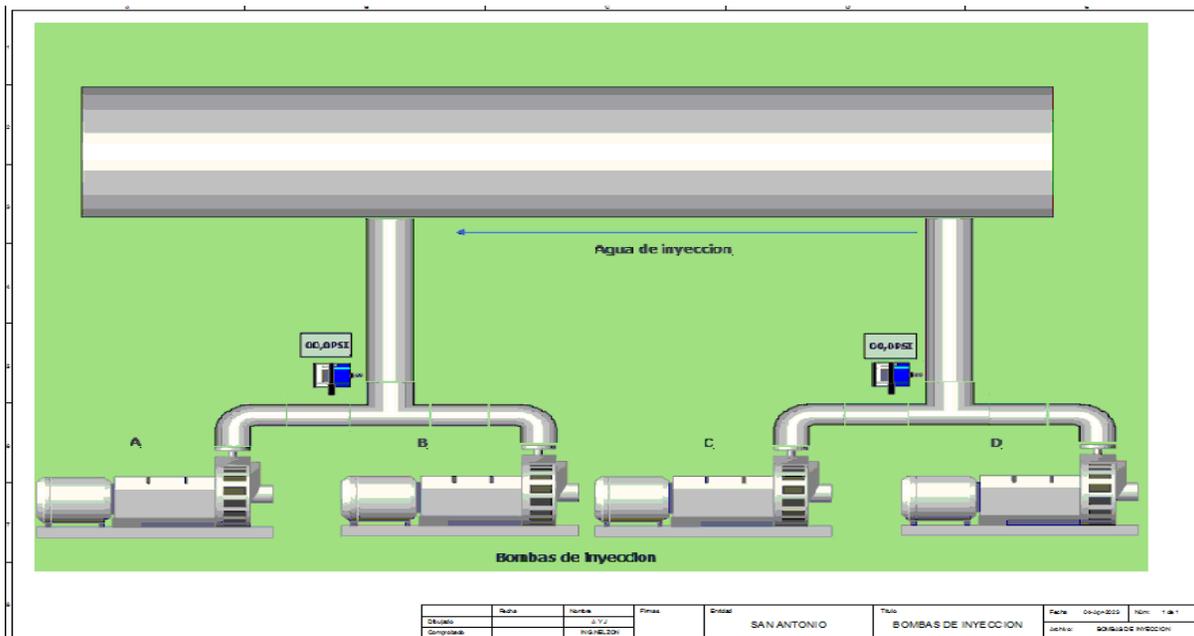


Figura No. 28 Bombas de Inyección de Agua al Condensador del Tacho 8.

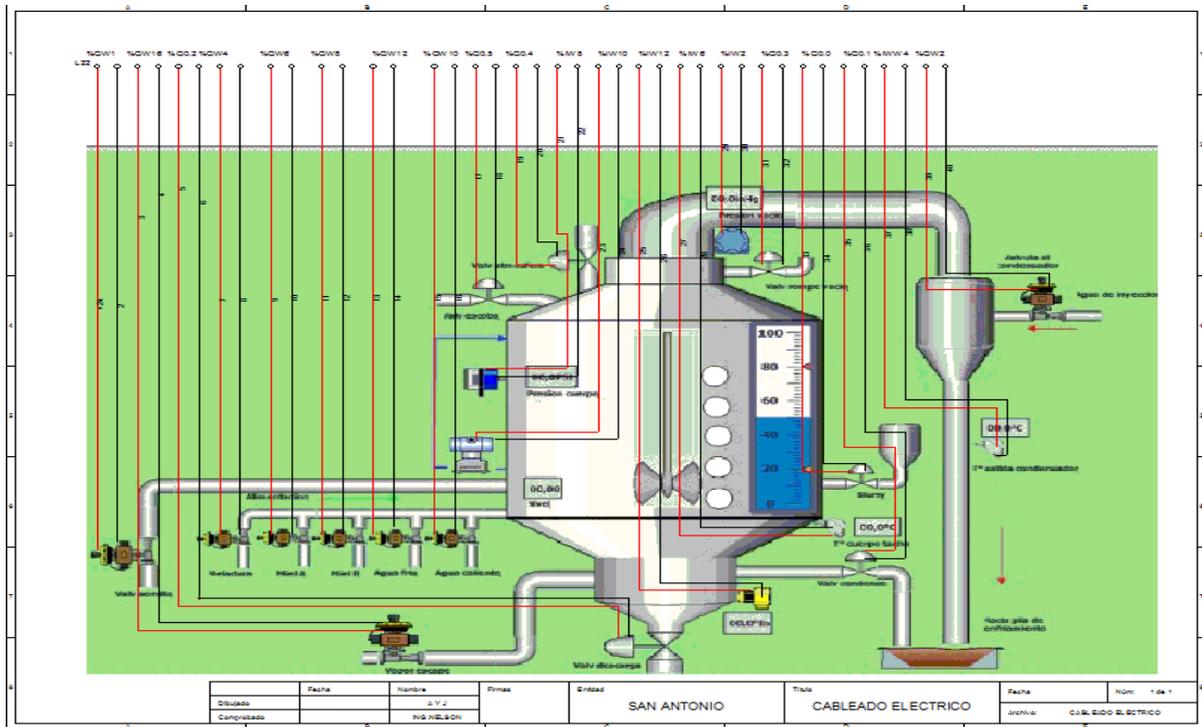


Figura No. 29 Conexiones Eléctricas de todos los Elementos de Control del Tacho 8.

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

- Se logro elaborar una Propuesta de un Sistema de Control Automático para la Operación del Tacho Bach No. 8 de Fábrica, en el Ingenio San Antonio, para mejorar la producción y la calidad del azúcar.
- A través de las investigaciones se logró conocer las diferentes etapas y sus características: Molienda, Clarificación, Cristalización.
- Estudiando los métodos de control automático se determinó que el sistema de control lazo cerrado es la mejor opción dado que nos permite controlar las variables de proceso y llevarlas al valor deseado.
- Se identificaron los elementos y parámetros los cuales tenemos temperatura, presión, Brix que intervienen en el funcionamiento de Tacho Batch N°8, permitiéndonos saber la manera de hacer el control.
- Mediante el uso de software como TIA PORTAL se diseñó un Sistema de Control Automático para la Operación en Tacho Batch N°8, para implementar en diferentes ingenios de producción de azúcar.

### **6.2 Recomendaciones**

- Los medidores de presión diferencial no pueden ser utilizados en cualquier proceso debido a que presentan un problema en la exactitud de la medición de nivel, debido a que son afectados por los cambios en la densidad del fluido y por la solidificación de las masas a mayor concentración.
- Es necesario contar con relleno de vapor en el piso de tachos para evitar que la presión fluctúe, con lo que se lograría una mayor constancia en concentración de las masas.
- El ambiente en el piso de tachos es muy hostil debido a la elevada temperatura a la cual se cocinan las masas, por lo que es necesario construir un cuarto de control y monitoreo, en el que existan condiciones adecuadas para el correcto funcionamiento del PLC y equipo de conexión de datos.
-

## 7 BIBLIOGRAFÍA

### 7.1 Referencias Bibliográficas

- Ingeniería de la Caña de Azúcar, Peter Rein, Verlag Dr. Albert Bartens KG - Berlin 2012
- (Aguilar, I, 2013, Sistema de Control Automático y Monitoreo del Piso de Tachos, Instituto Tecnológico de Costa Rica)
- (Machado, V, 2009, Automatización del Cuarto de Control de Motores "CCM" del Tacho Continúo, Universidad Autónoma del Occidente).
- Ingeniería de Control Moderna, 5ta Edición, Ogata Katsuhiko, ISBN:978-84-8322-660-5
- Sistemas de Control Automático, 7ta Edición, Kuo Benjamín, ISBN: 968-880-723-0.
- (Torrez, A, 2018, Automatización de un Cristalizador de Azúcar, Universidad Autónoma de Occidente).
- 
- MSc. Mónica Mulet-Hing, Ing. Ramón Enrique Fernández-Salazar, Automatización del Tacho Cristalizador de Azúcar Crudo del Central Julio Antonio Mella, Universidad de Oriente.
- Azucarera El Viejo, S.A. Procesos de Producción del Azúcar. [En línea] Disponible en: . [Última consulta enero de 2013]
- Castro Mata, J. E. Agotamiento de mieles provenientes de la caña de azúcar. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". 1997. San Salvador, El Salvador. [Última consulta mayo 2013]

- Chen, J. Manual del Azúcar de Caña, para fabricantes de azúcar de caña y químicos especializados. 2da edición. Editorial Limusa. 1999. México. [Última consulta marzo 2013]
- Díaz Bravo, T.; Domínguez Alonso, F. Agotamiento de mieles en la industria azucarera. Facultad de Ingenierías Química – Mecánica. Universidad de Matanzas, 2003. Matanzas, Cuba. [Última consulta mayo 2013]

## 7.2 Referencias Webgráficas

- Master PLC (2020). Aprende a programar un PLC. (Videos YouTube)  
[https://www.youtube.com/watch?v=ntUps\\_7GeoM](https://www.youtube.com/watch?v=ntUps_7GeoM)
- Programación Multidisciplinar (2022). Curso de programación de HMI con TIA PORTAL. (Videos YouTube)  
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLPzFrxDE1SYhDSFoqBUA3PpihnqTw74IC>
- Ficha Técnica EJA 530E, edición 24. (2023). Transmisor de Presión Manométrica (PDF).  
[https://web-material3.yokogawa.com/GS01C31F01-01EN\\_024\\_r1.pdf?\\_ga=2.77824340.138719480.1681481081-195671263.1681481081](https://web-material3.yokogawa.com/GS01C31F01-01EN_024_r1.pdf?_ga=2.77824340.138719480.1681481081-195671263.1681481081)
- Manual de instrucciones EJA 510A, edición 9. (2015). Transmisor de Presión Absoluta (PDF).  
[https://web-material3.yokogawa.com/GS01C31F01-01EN\\_024\\_r1.pdf?\\_ga=2.77644244.138719480.1681481081-195671263.1681481081](https://web-material3.yokogawa.com/GS01C31F01-01EN_024_r1.pdf?_ga=2.77644244.138719480.1681481081-195671263.1681481081)
- Ficha técnica TMT 182. Transmisor de Temperatura (PDF).  
<https://www.instrumart.com/assets/TMT182-Datasheet.pdf>
- Manual de instrucciones VAISALA K-PATENTS PR-23, versión 2. (2019). Refractómetro (PDF).  
<https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/PR-23-GP-Process-Refractometer-B211886ES.pdf>

- Manual de instrucciones Rosemount 2051 L, Revisión DC (2019). Transmisor de presión (PDF).  
<https://www.emerson.com/documents/automation/gu%C3%ADa-de-inicio-r%C3%A1pido-rosemount-2051-transmisor-de-presi%C3%B3n-y-rosemount-serie-2051cf-caudal%C3%ADmetro-con-los-protocolos-hart-de-4-20-ma-y-hart-de-1-5-vcc-de-baja-potencia-es-es-89562.pdf>
  
- Ficha Técnica Válvula Bray serie 3W/3L (2021). Válvula de Mariposa con Asiento Resilente (PDF).  
[https://bray.com/docs/default-source/specifications/datasheets/spanish/sp\\_gbl\\_sds\\_3w-3l\\_20211125.pdf?sfvrsn=5e96df0c\\_9](https://bray.com/docs/default-source/specifications/datasheets/spanish/sp_gbl_sds_3w-3l_20211125.pdf?sfvrsn=5e96df0c_9)
  
- Manual de Válvula McCannalok. Válvula de Mariposa de Alto Rendimiento (PDF).  
[https://www.bray.com/docs/default-source/manuals-guides/iom-manuals/translations/spanish/iom\\_es\\_mccannalok\\_standard\\_2\\_02\\_2021.pdf?sfvrsn=f42795af\\_12](https://www.bray.com/docs/default-source/manuals-guides/iom-manuals/translations/spanish/iom_es_mccannalok_standard_2_02_2021.pdf?sfvrsn=f42795af_12)
  
- Ficha Técnica de KTN RDE. Actuador neumático (PDF).  
<https://ktnvalves.com/wp-content/uploads/2021/09/KTNRDE.pdf>
  
- Manual del Sistema SIMATIC S7-1500 1515-2 PN (2014). Sistema de Automatización (PDF).  
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/167/81162167/att\\_92041/v1/s71500\\_cpu\\_1515\\_2\\_pn\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/167/81162167/att_92041/v1/s71500_cpu_1515_2_pn_manual_es-ES_es-ES.pdf)
  
- Manual de Posicionador Bray Serie 6A (2022). (PDF)  
[https://www.bray.com/docs/default-source/manuals-guides/quick-start-guide/es\\_series-6a-quick-start-guide\\_20220602.pdf?sfvrsn=9178d52a\\_8](https://www.bray.com/docs/default-source/manuals-guides/quick-start-guide/es_series-6a-quick-start-guide_20220602.pdf?sfvrsn=9178d52a_8)

- Válvulas solenoides de la Serie 63 de Bray (2013). (PDF).  
[https://www.bray.com/docs/default-source/specifications/recommended-specifications/series-63-recommended-specs-detail.pdf?sfvrsn=231393ed\\_8](https://www.bray.com/docs/default-source/specifications/recommended-specifications/series-63-recommended-specs-detail.pdf?sfvrsn=231393ed_8)

## 8 ANEXOS

### COTIZACIÓN

Nombre de la empresa=Automatización Sian.

Dirección: Km 4 1/2 Marginal Carretera Masaya, Managua 14034(Edificio Pellas)

RUC: 0407960000

Teléfono: +505 8275-2546

Fecha 25/03/2023

Válido 24/04/2023

Hasta

Correo electrónico: [automatizsian@gmail.com](mailto:automatizsian@gmail.com)

### DATOS DEL CLIENTE

Nombre: SER San Antonio

Dirección: Municipio de Chichigalpa, Departamento de Chinandega, a 122 Km de Managua, Nicaragua.

Teléfono:+505 2274-4150

Correo electrónico: [reclutamiento@sersanantonio.com](mailto:reclutamiento@sersanantonio.com)

### Franges Para Soportes De Válvulas y Pernería

Nº	Descripción	Unidades	Precio	Total
1	Niple 1 1/2" acero inoxidable	2	\$15	\$30
2	Codo 1 1/2" acero inoxidable, 90°	1	\$20	\$20
3	Frangue 2" clase serie 150 acero inoxidable 304	16	\$50	\$800
4	Frangue 4"serie 150 acero inoxidable 316	10	\$100	\$1,000
5	Frangue 8"serie 150 acero inoxidable 316	6	\$160	\$960
6	Frangue 12"serie 150 acero inoxidable 316	2	\$225	\$450
7	Perno hexagonal 1/2 x 7"	52	\$10	\$520
8	Arandela lisa 1/2"	104	\$2	\$208
9	Tuerca 1/2"	52	\$2	\$104
10	Perno hexagonal 5/8 x 7"	70	\$2	\$140
11	Mano de obra para montaje de franges		\$104.16	\$2,500

### Equipos de medición y control

Nº	Descripción	Unidades	Precio	Total
1	Válvula de mariposa Bray serie 3W/3L Clase A de 1 1/2" con solenoide 5/2 conexión Namur	1	\$100	\$100
2	Válvula de mariposa Bray serie 3W/3L Clase A de 2", posicionador serie 6ª	5	\$250	\$1,250
3	Válvula de mariposa Bray serie 3W/3L Clase A de 4" con solenoide 5/2 conexión Namur	5	\$2,000	\$10,000
4	Válvula de mariposa Bray serie 3W/3L Clase A de 8", posicionador serie 6ª	3	\$3,000	\$9,000
5	Válvula de mariposa Bray serie 3W/3L Clase A de 12" con solenoide 5/2 conexión Namur	1	\$10,000	\$10,000
6	Refractómetro PR-23	1	\$8,000	\$8,000
7	Transmisor de temperatura TMT-182 Endress+Hauser	2	\$1,000	\$2,000

8	Transmisor de presión absoluta Yokohama EJA 510 <sup>a</sup>	1	\$2,000	\$2,000
9	Transmisor de presión manométrica Yokohama EJA 530E	3	\$2,000	\$2,000
10	Transmisor de presión diferencial Rosemount 2051 L	2	\$3,000	\$6,000
11	Camisa 1/2" acero inoxidable	6	\$11	\$66
12	Niple 1/2 x 3" acero inoxidable	8	\$7	\$56
13	Válvula de cierre rápido 1/2" acero inoxidable	4	\$20	\$80
14	Codo 90° 1/2" acero inoxidable	4	\$7	\$28
15	Mano de obra para montaje de equipos de medición			\$5,000

#### Armado De Gabinete Para PLC S7-1500 Siemens

Nº	Descripción	Unidades	Precio	Total
1	Gabinete 600x900x300mm	1	\$220	\$220
2	Fuente de poder 10A 220VAC/24VDC phoenix contact	2	\$110	\$220
3	Bornera de paso de doble piso con fusible	40	\$7	\$280
4	Bornera de paso de doble piso	40	\$4.53	\$181.20
5	Módulo relé-PLC-RSC- 24DC/21 de 24VDC de 5 pines phoenix contact	40	\$12	\$480
6	HMI KTP1200 Basic PN	1	\$1,000	\$1,000
7	Sistema de ventilación forzada VENTILADOR CON FILTRO 110-220VAC 560m3/h 291x291mm	2	\$250	\$500
8	PLC S7-1500, CPU 1515-2 PN, 6ES7 515-2AM02-0AB0	1	\$2,660	\$2,660
9	Modulo entrada digital DI 16x24VDC BA_1, 6ES7 521-1BH10-0AA0	2	\$250	\$500
10	Módulo de entrada analógica AI 8xU/I HS, 6ES7 531-7NF10-0AB0	2	\$1,497	\$2,994
11	Módulo de salida digital DQ 16x24VDC/0.5A BA, 6ES7 522-1BH10-0AA0	1	\$250	\$250
12	Módulo de salida analógica AQ 8xU/I HS, 6ES7 532-5HF00-0AB0	1	\$942	\$942
13	Cable Ethernet CAT7	1mts	\$5.10	\$5.10
14	Conector blindado para cable RJ45	2pz	\$11.25	\$22.50
15	Mano de obra para armado de gabinete		\$20.83	\$2,500

#### Instalación De Tubería Galvanizada Para Aire Comprimido

Nº	Descripción	Unidades	Precio	Total
1	Tubo ¾ IMC de 6 mts	40	\$40	\$1,600
2	Tubo flexible ¾	200 pies	\$3.40	\$680
3	Conector recto para Tubo flexible ¾	60	\$4.20	\$252
4	Cable Ethernet CAT7	50 mts	\$5.10	\$255
5	Cable balden 3x18AWG 300V	300 mts	\$12	\$3,600
6	Te IMC tapa larga ¾	40	\$12	\$480
7	Codo IMC tapa larga ¾	40	\$10	\$400
8	Mano de obra para Cableado de campo		\$27.77	\$5,000

#### Cableado De Campo Para Equipos De Medición y Control

Nº	Descripción	Unidades	Precio	Total
----	-------------	----------	--------	-------

1	Tubo ¾ IMC de 6 mts	40	\$40	\$1,600
2	Tubo flexible ¾	200 pies	\$3.40	\$680
3	Conector recto para Tubo flexible ¾	60	\$4.20	\$252
4	Cable Ethernet CAT7	50 mts	\$5.10	\$255
5	Cable balden 3x18AWG 300V	300 mts	\$12	\$3,600
6	Te IMC tapa larga ¾	40	\$12	\$480
7	Codo IMC tapa larga ¾	40	\$10	\$400
8	Mano de obra para Cableado de campo		\$27.77	\$5,000
<b>Programación y configuración de PLC S7-1500 Siemens y HMI 1200</b>				
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
	Mano de obra para la programación y configuración de PLC			\$5,000
			<b>SUB-TOTAL</b>	<b>\$104,600.80</b>
			IVA %	15%
				<b>\$15,690.12</b>
				<b>\$120,290.92</b>
<b>Términos y condiciones</b>				
1-Los precios reflejados pueden variar sin previo aviso				
2-Somos grandes contribuyentes exentos de retención IR e IMI				
3-Precio en dólares, tasa de cambio 07 de Diciembre 2022, Banco Central: C\$ 36.62				
4-Se debe pagar por adelantado el 50 % utilizando las formas de pagos establecidas y el otro 50% a la finalización del proyecto				
5-Todos los productos y servicios están cubiertos con garantía y soporte técnico, revisar las condiciones de garantía				

Tabla No. 4 Presupuesto General para Automatización de Tacho Batch N°8 de Fábrica.



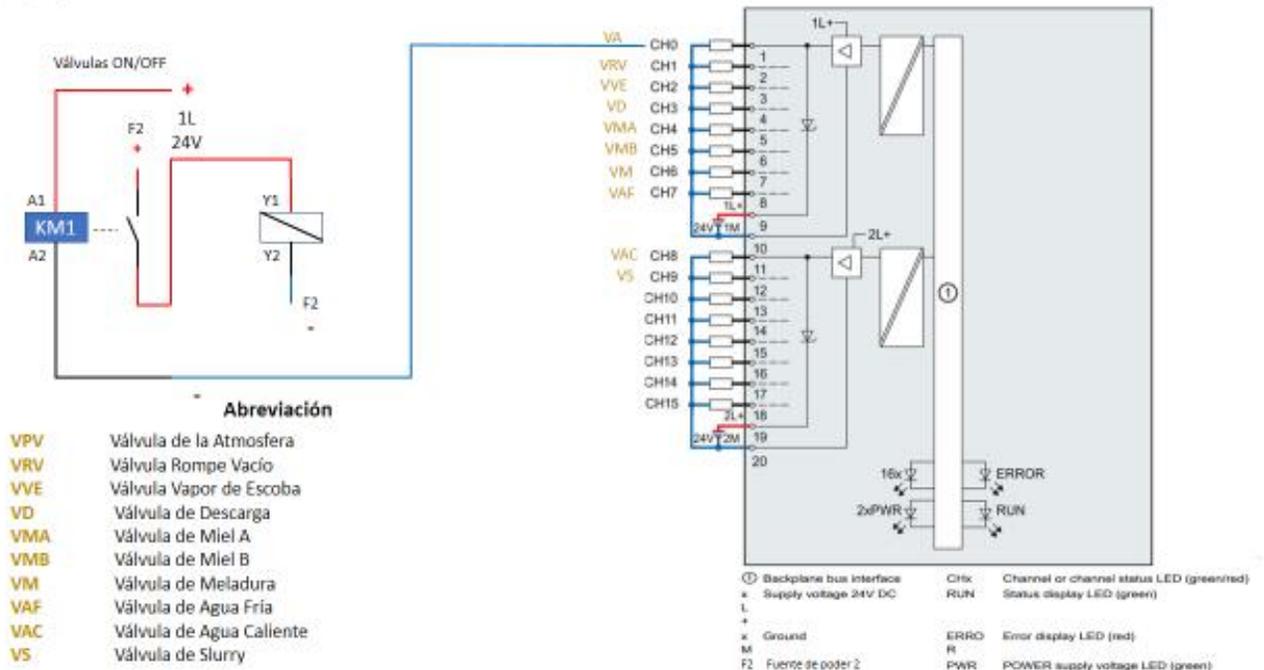


Figura No. 32 Conexión Eléctrica Válvula On/Of

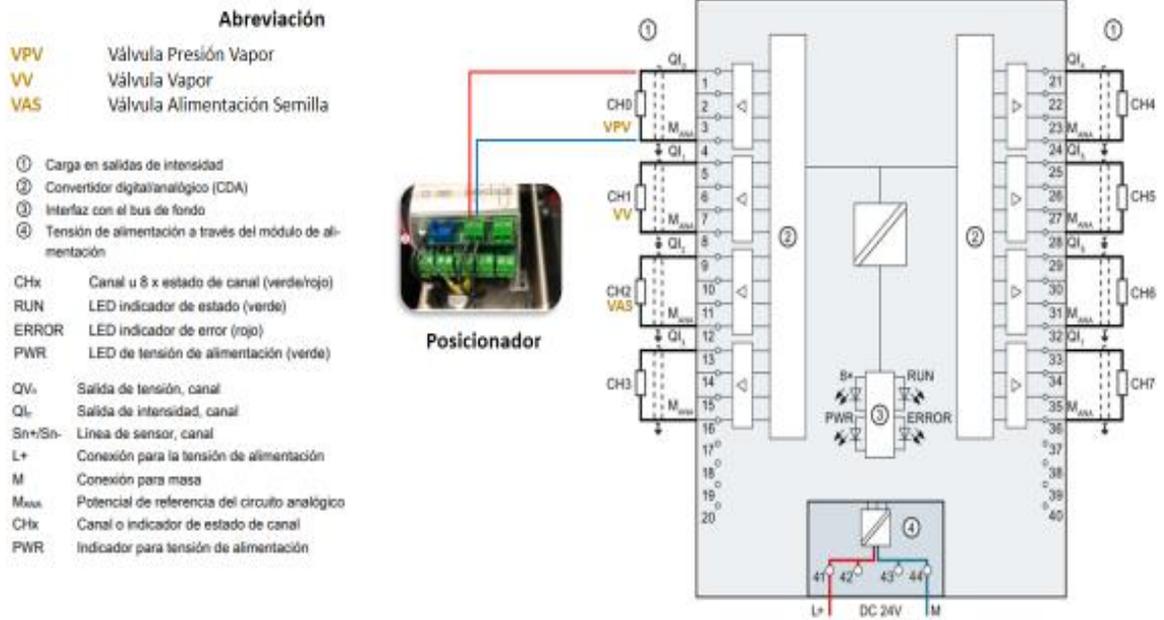


Figura No. 33 Conexión Eléctrica Válvula (4-20mA)

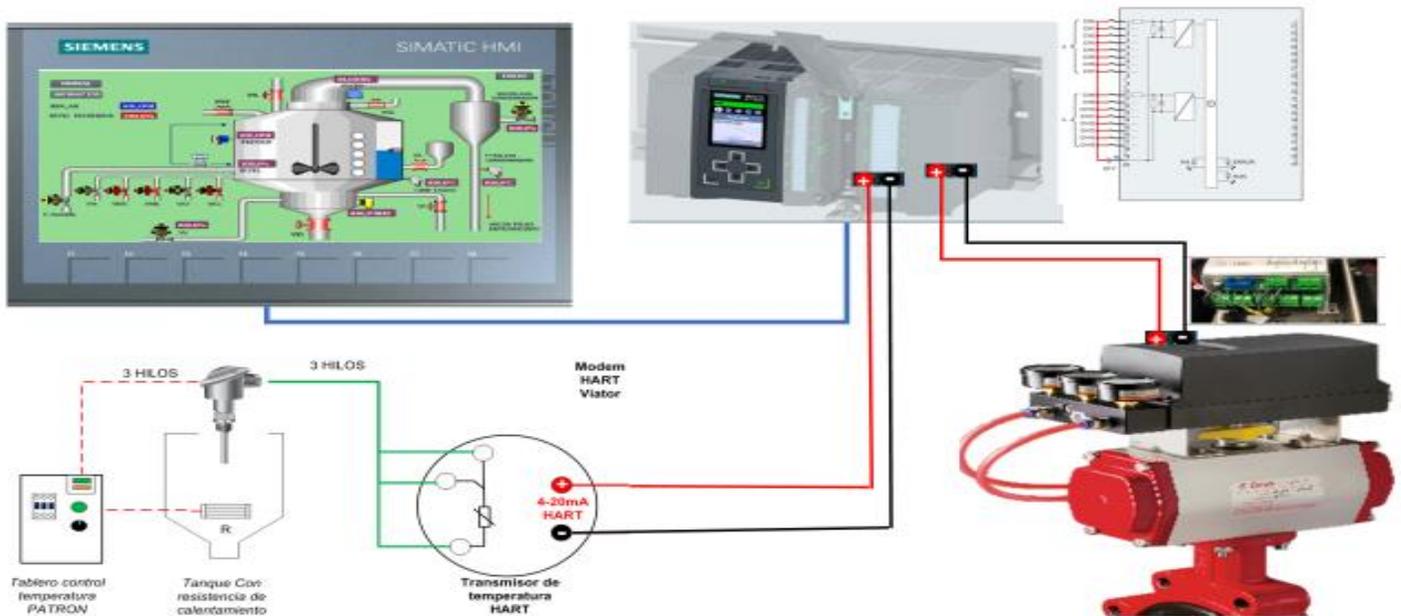


Figura No. 34 Conexión Eléctrica de válvula Y Transmisor

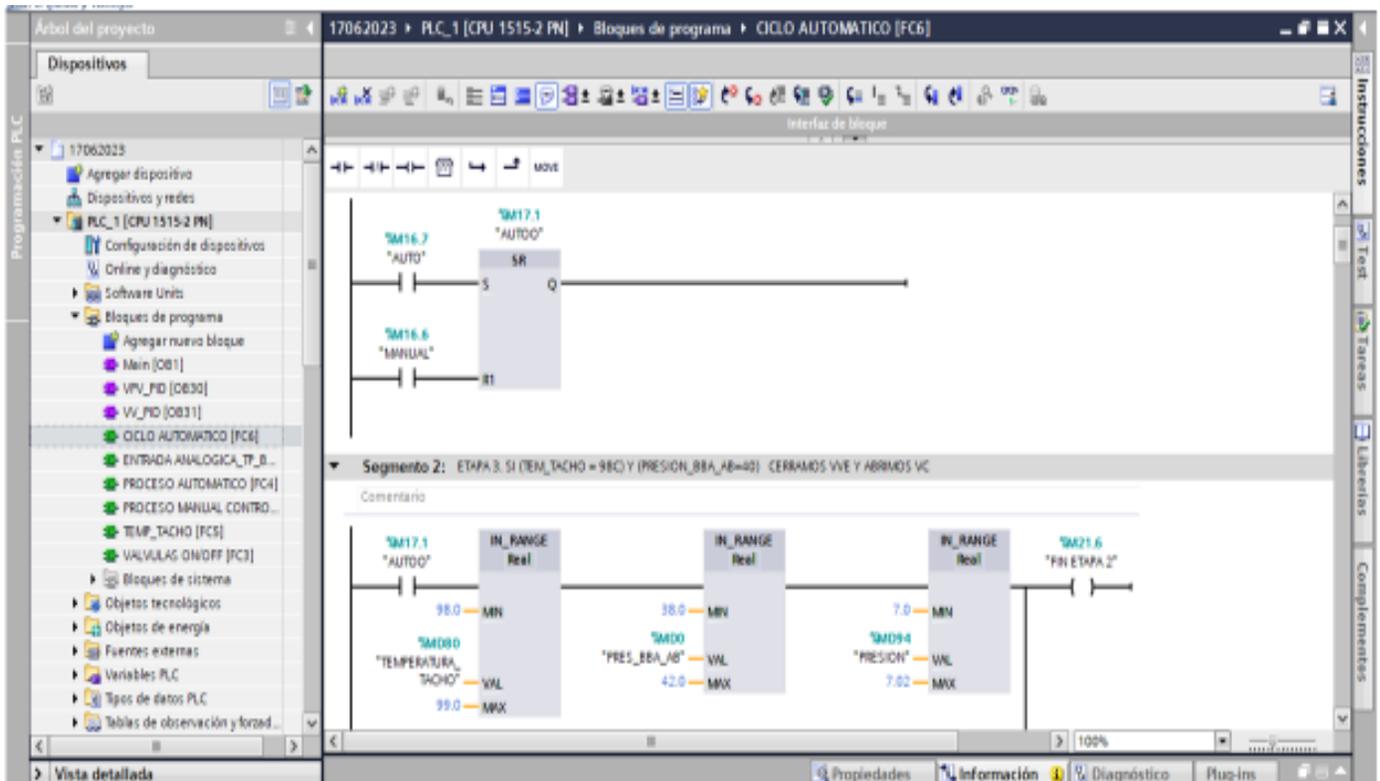


Figura No. 35 Bloques De Programación Ciclo automático

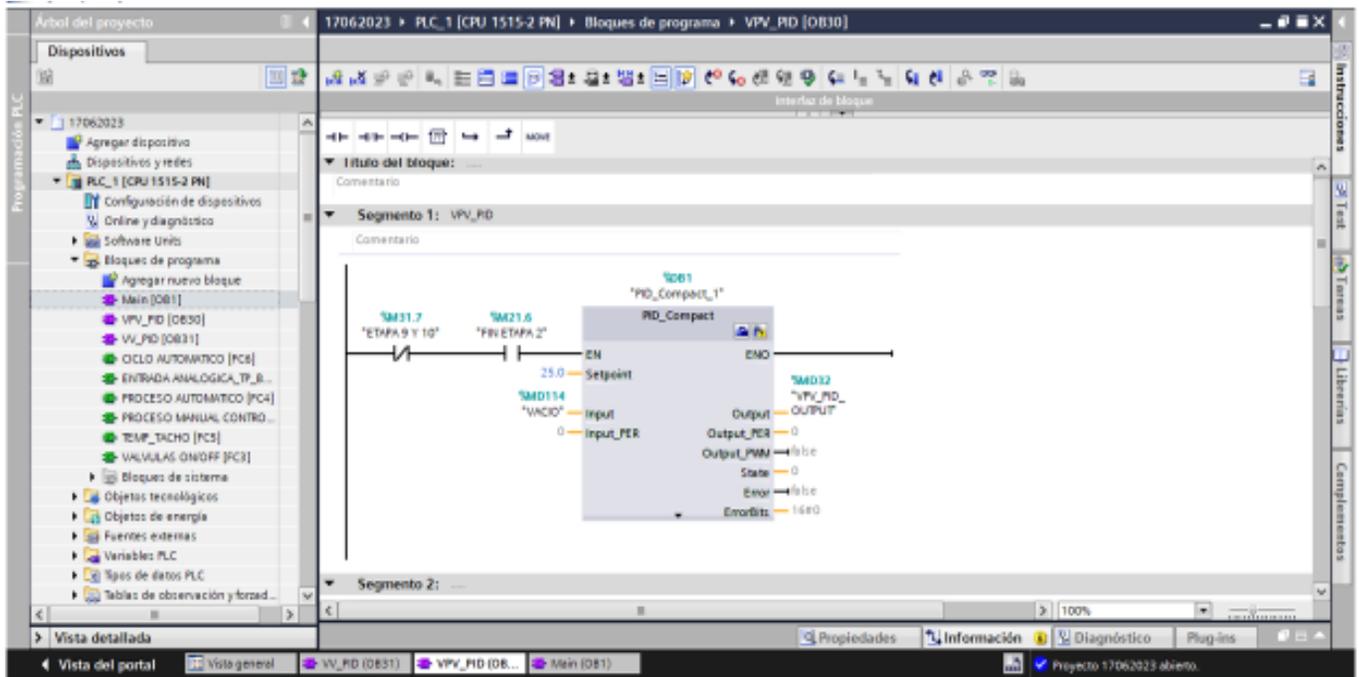


Figura No. 36 Bloques De Programación VPV\_PID

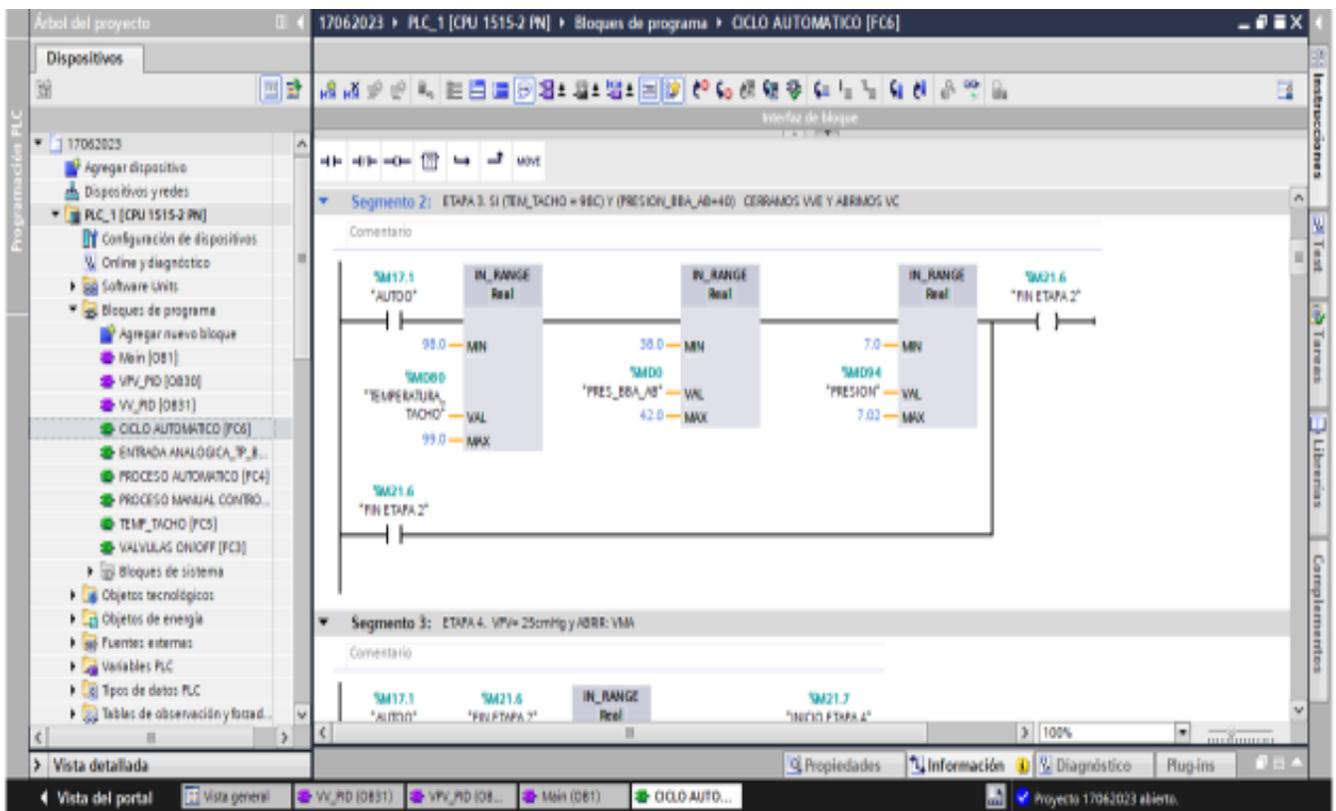


Figura No. 37 Bloques De Programación Control Automático Temperatura

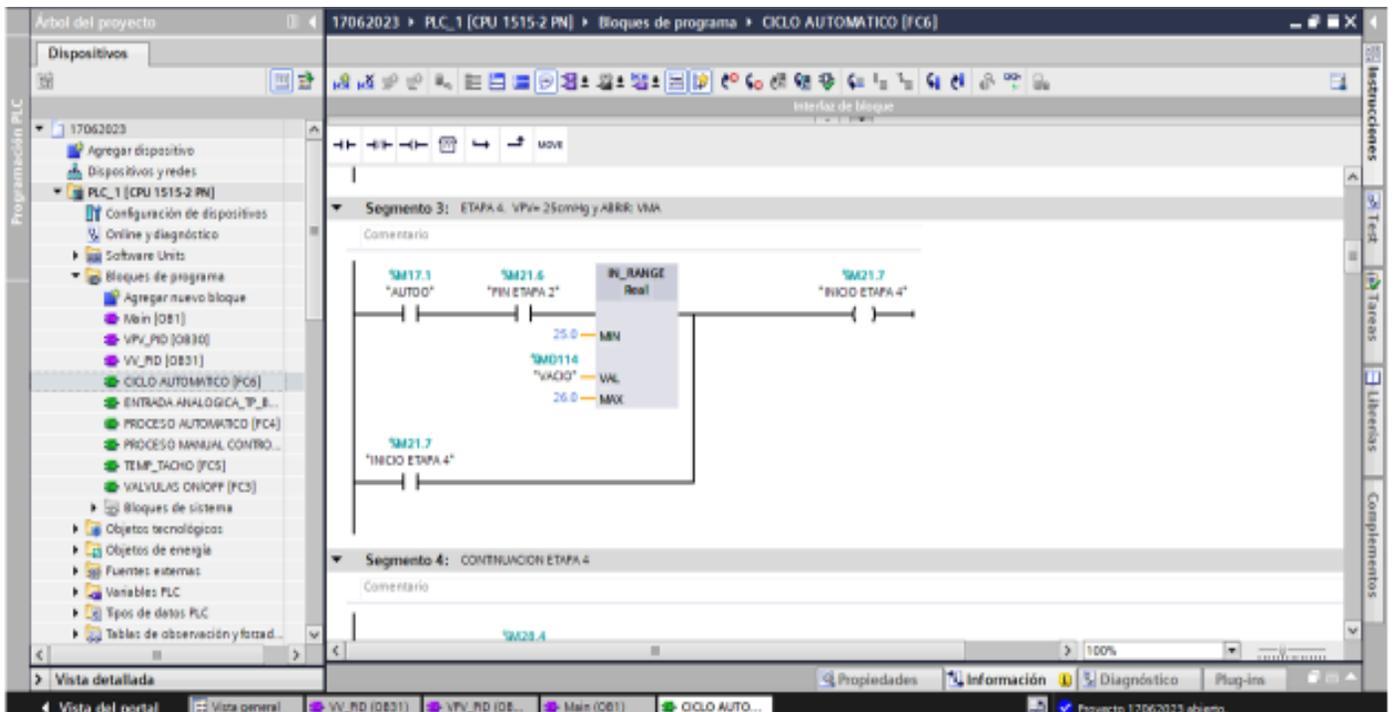


Figura No. 38 Bloques De Programación Control Automático Vacío

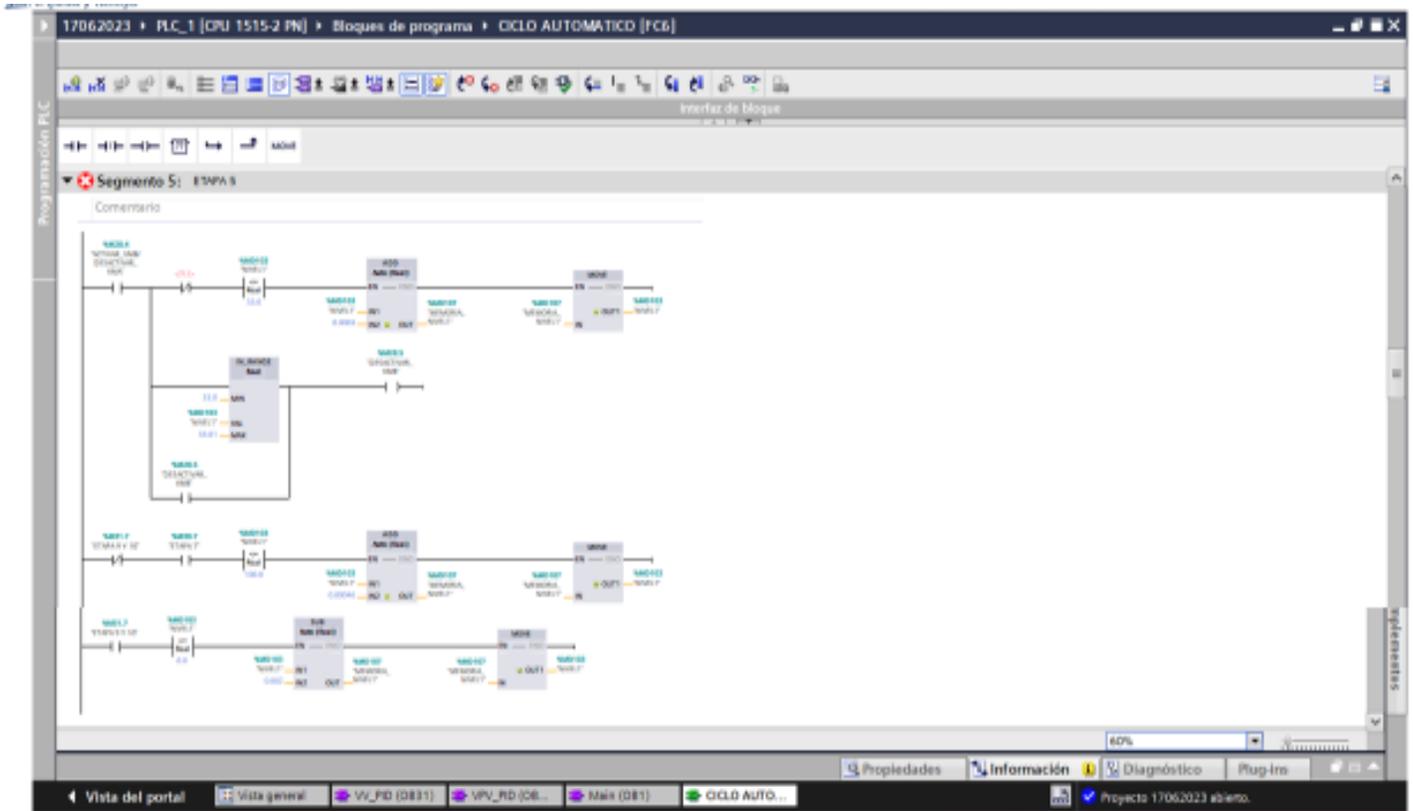


Figura No. 39 Bloques De Programación Control Automático

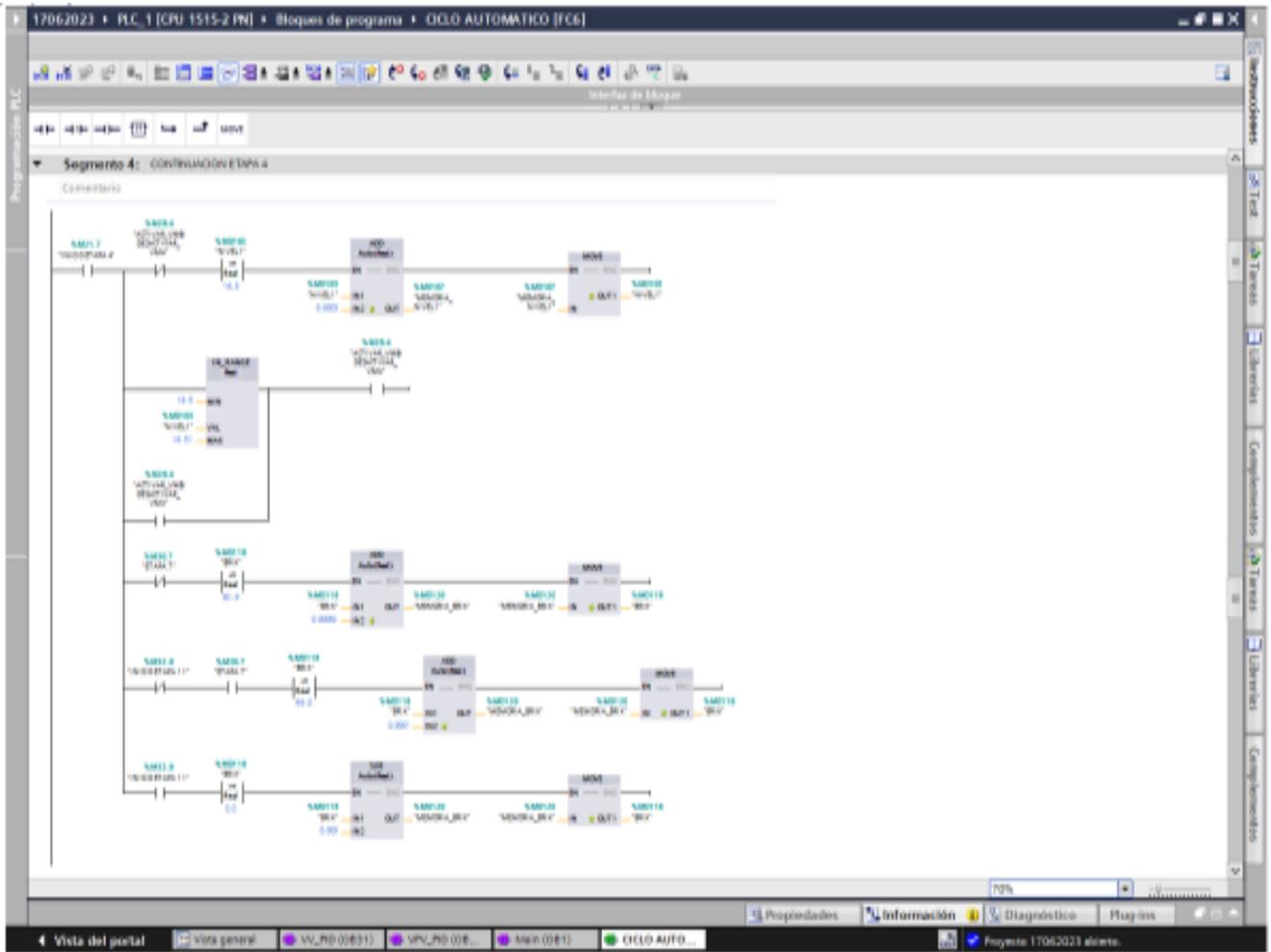


Figura No.40 Bloques De Programación Control Automático Inicio

## EJA 530 y EJA 510A Transmisor de PresiónG

### General Specifications

EJA510E and EJA530E  
Absolute and Gauge  
Pressure Transmitter

DP harp **EJA™**

GS 01C31F01-01EN

[Style: S2]

The high performance absolute and gauge pressure transmitter EJA510E and EJA530E feature single crystal silicon resonant sensor and are suitable to measure liquid, gas, or steam pressure. EJA510E and EJA530E output a 4 to 20 mA DC signal corresponding to the measured pressure. It also features quick response, remote setup and monitoring via BRAIN or HART communications and self-diagnostics. FOUNDATION Fieldbus, PROFIBUS PA and 1 to 5 V DC with HART (Low Power) protocol types are also available.

EJA-E series models in their standard configuration, with the exception of the Fieldbus, PROFIBUS and Low Power types, are certified as complying with SIL 2 for safety requirement.

#### ■ STANDARD SPECIFICATIONS

Refer to GS 01C31T02-01EN for Fieldbus communication type and GS 01C31T04-01EN for PROFIBUS PA communication type for the items marked with "0."

#### □ SPAN AND RANGE LIMITS

(For EJA510E, values are in absolute pressure and lower range limits are 0.)

Measurement Span/Range	MPa	psi (/D1)	bar (/D3)	kgf/cm <sup>2</sup> (/D4)	
A	Span	10 to 200 kPa	1.45 to 29	0.1 to 2	0.1 to 2
	Range	-100 to 200 kPa	-14.5 to 29	-1 to 2	-1 to 2
B	Span	0.02 to 2	2.9 to 290	0.2 to 20	0.2 to 20
	Range	-0.1 to 2	-14.5 to 290	-1 to 20	-1 to 20
C	Span	0.1 to 10	14.5 to 1450	1 to 100	1 to 100
	Range	-0.1 to 10	-14.5 to 1450	-1 to 100	-1 to 100
D	Span *	0.5 to 50	72.5 to 7200	5 to 500	5 to 500
	Range *	-0.1 to 50	-14.5 to 7200	-1 to 500	-1 to 500

\*: Maximum value shall be 70 MPa, 10150 psi, 700 bar or 700 kgf/cm<sup>2</sup> respectively when /HG is specified.

#### □ PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Zero-based calibrated span, linear output, wetted parts material code 'S' and silicone oil, unless otherwise mentioned. For Fieldbus and PROFIBUS PA communication types, use calibrated range instead of span in the following specifications.



#### Specification Conformance

EJA-E series ensures specification conformance to at least  $\pm 3\sigma$ .

#### Reference Accuracy of Calibrated Span

(includes the effects of terminal-based linearity, hysteresis, and repeatability)

Measurement span	Reference Accuracy	
	Span $\pm$ X	Span $\times$ X
A	$\pm 0.055\%$ of Span	$\pm(0.0055 \text{ URL/ span})\%$ of Span
B		
C		
D		$\pm(0.0088 + 50 \text{ MPa/ span})\%$ of Span

#### [When /HAC is specified]

Measurement span	Reference Accuracy	
	Span $\pm$ X	Span $\times$ X
A	$\pm 0.04\%$ of Span	$\pm(0.004 \text{ URL/ span})\%$ of Span
B		
C		
D		$\pm(0.0064 + 50 \text{ MPa/ span})\%$ of Span

Measurement span	A	B	C	D
X	20 kPa (2.9 psi)	0.2 MPa (29 psi)	1 MPa (145 psi)	8 MPa (1160 psi)
URL (Upper range limit)	200 kPa (29 psi)	2 MPa (290 psi)	10 MPa (1450 psi)	50 MPa (7200 psi)

**YOKOGAWA** ◆

Yokogawa Electric Corporation  
2-9-32, Nakacho, Musashino-shi, Tokyo, 190-8750 Japan  
Tel.: 81-422-52-5690 Fax.: 81-422-52-2018

GS 01C31F01-01EN  
©Copyright June 2012  
24th Edition Jan. 2023

Figura No.41 EJA 530 y EJA 510A Especificaciones Generales de Transmisor de Presión.

□ **NORMAL OPERATING CONDITION**  
(Optional features or approval codes may affect limits.)

**Ambient Temperature Limits**  
-40 to 85°C (-40 to 185°F)  
-30 to 80°C (-22 to 176°F) with LCD display

**Process Temperature Limits**  
-40 to 120°C (-40 to 248°F)

**Ambient Humidity Limits**  
0 to 100% RH

**Maximum Over Pressure**

Capsule	Pressure	
	EJA510E	EJA530E
A and B	4 MPa abs (580 psia)	4 MPa (580 psig)
C	20 MPa abs (2900 psia)	20 MPa (2900 psig)
D	60 MPa abs (8700 psia) *	60 MPa (8700 psig) *

\*: 105 MPa (15200 psi) when /HG is specified.

**Working Pressure Limits (Silicone oil)**  
**Maximum Pressure Limits**

Capsule	Pressure	
	EJA510E	EJA530E
A	200 kPa abs (29 psia)	200 kPa (29 psig)
B	2 MPa abs (290 psia)	2 MPa (290 psig)
C	10 MPa abs (1450 psia)	10 MPa (1450 psig)
D	50 MPa abs (7200 psia) *	50 MPa (7200 psig) *

\*: 70 MPa (10150 psi) when /HG is specified.

**Minimum Pressure Limit**  
See graph below

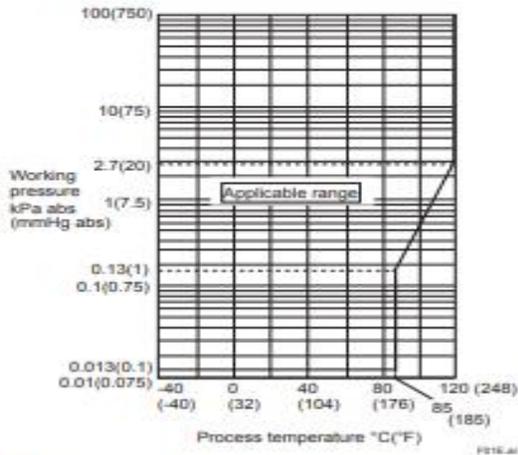


Figure 1-1. Working Pressure and Process Temperature [For EJA510E]

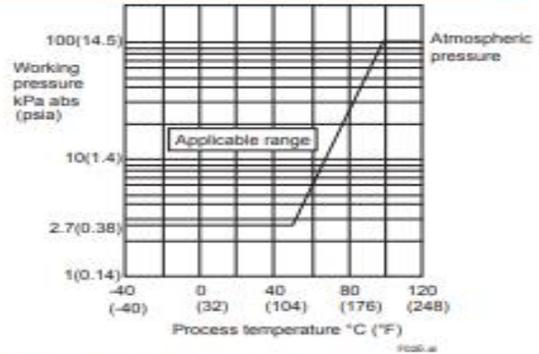


Figure 1-2. Working Pressure and Process Temperature [For EJA530E]

**Supply & Load Requirements**  
(Output signal code D and J. Optional features or approval codes may affect electrical requirements.)

With 24 V DC supply, up to a 550Ω load can be used. See graph below.

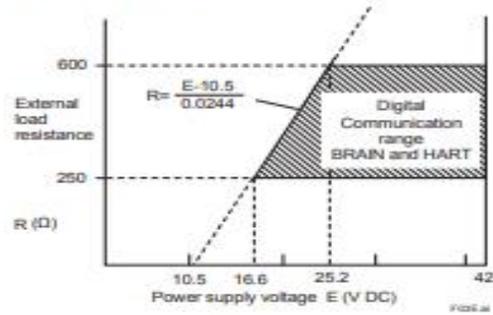


Figure 2. Relationship Between Power Supply Voltage and External Load Resistance (Output signal code D and J)

**Supply Voltage "0"**

**For 4 to 20 mA HART / BRAIN**

(Output signal code D and J)

10.5 to 42 V DC for general use and flameproof type.

10.5 to 32 V DC for lightning protector

(option code A).

10.5 to 30 V DC for intrinsically safe, type n, non-

incendive or non-sparking type.

Minimum voltage limited at 16.6 V DC for digital

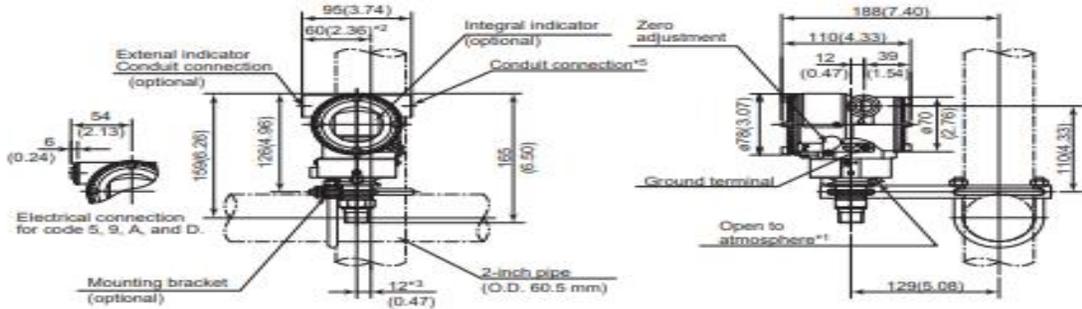
communications, BRAIN and HART

**■ DIMENSIONS**

Model EJA510E and EJA530E

Unit: mm (approx.inch)

- With process connections code 7



- \*1: Only for EJA530E whose measurement span code is A, B, or C.
- \*2: 58 mm (2.28 inch) for measurement span code D.
- \*3: 11 mm (0.43 inch) for measurement span code D.
- \*4: When electrical connection code 7 or C is selected, a blind plug is protruded upto 8 mm (0.31 inch) from the conduit connection.
- \*5: When option code PP is selected, a blind plug is attached to the conduit connection on both sides.

- With Process connections code 4



- With Process connections code 8 and 9

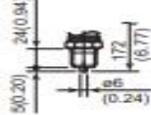
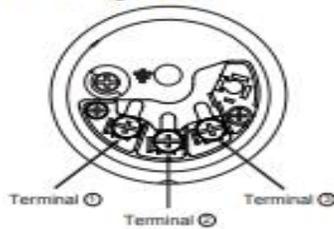


FIG. 43

Figura No. 43 : EJA 530 y EJA 510A Dimensión Transmisor de Presión.

- Terminal Configuration



- Terminal Wiring for 4 to 20 mA output, FOUNDATION Fieldbus and PROFIBUS PA communication types

SUPPLY +		Power supply and output terminals
SUPPLY -		
CHECK +		External indicator (ammeter) terminals**2
CHECK -		
		Ground terminal

- \*1: When using an external indicator or check meter, the internal resistance must be 10 Ω or less.
- \*2: Not available for FOUNDATION Fieldbus and PROFIBUS PA communication types.

- Terminal Wiring for 1 to 5 V output

SUPPLY +		Power supply terminals
SUPPLY -		
VOUT +		1 to 5 V DC with HART communication terminals
VOUT -		
		Ground terminal

Three or four wire connection. For four wire connection, both supply and signal lines use SUPPLY - terminal.

FIG. 44

Figura No. 44 EJA 530 y EJA 510A Conexión Eléctrica Transmisor de Presión.

## Technical Information

### iTEMP HART® TMT182

Universal temperature Head transmitter for RTD, TC, resistance and voltage transmitters, HART® -protocol, for installation in a sensor head Form B



#### Application

- Temperature head transmitter with HART® -protocol for converting various input signals into an scalable 4 to 20 mA analog output signal
- Input:
  - Resistance thermometer (RTD)
  - Thermocouple (TC)
  - Resistance transmitter (Ω)
  - Voltage transmitter (mV)
- HART® -protocol for front end unit or panel unit operation using the hand operating module (DXR275, DXR375) or PC (e. g. ReadWin® 2000 or FieldCare)

#### Your benefits

- Universal settings with HART® -protocol for various input signals
- Operation, visualisation and maintenance via PC, e. g. FieldCare operating software

- 2 wire technology, 4 to 20 mA analog output
- High accuracy in total ambient temperature range
- Fault signal on sensor break or short circuit, presettable to NAMUR NE 43
- EMC to NAMUR NE 21, CE
- UL recognized component
- Marine approval
- CSA General Purpose
- Ex-Certification
  - ATEX Ex ia and dust zone 22 in compliance with EN 50281-1
  - FM IS
  - CSA IS
- Galvanic isolation
- Output simulation
- Min./max. process value indicator function
- Customer specific linearization
- Linearization curve match

**Endress+Hauser**   
People for Process Automation

Figura No. 45 TMT 182 Información Técnica Transmisor de Temperatura.

## Function and system design

<b>Measuring principle</b>	Electronic monitoring and conversion of input signals in industrial temperature measurement.
<b>Measuring system</b>	The iTEMP HART® TMT182 temperature head transmitter is a 2-wire transmitter with analog output. It has measurement input for resistance thermometers (RTD) in 2-, 3- or 4-wire connection, thermocouples and voltage transmitters. Setting up of the TMT182 is done using the HART® -Protocol with hand operating module (DXR275, DXR375) or PC (e.g. configuration software ReadWin® 2000 or FieldCare).
<b>Input</b>	
<b>Measured variable</b>	Temperature (temperature linear transmission behaviour), resistance and voltage
<b>Measuring range</b>	Depending upon the sensor connection and input signal. The transmitter evaluates a number of different measurement ranges.
<b>Type of input</b>	

	Type	Measurement ranges	Min. measurement range
Resistance thermometer (RTD)	Pt100 Pt500 Pt1000 acc. to IEC 60751 ( $\alpha = 0.00385$ ) Pt100 to JIS C.1604-81 ( $\alpha = 0.003916$ )	-200 to 850 °C (-328 to 1562 °F) -200 to 250 °C (-328 to 482 °F) -200 to 250 °C (-238 to 482 °F) -200 to 649 °C (-328 to 1200 °F)	10 K (18 °F) 10 K (18 °F) 10 K (18 °F) 10 K (18 °F)
	Ni100 Ni500 Ni1000 acc. to DIN 43760 ( $\alpha = 0.006180$ )	-60 to 250 °C (-76 to 482 °F) -60 to 150 °C (-76 to 302 °F) -60 to 150 °C (-76 to 302 °F)	10 K (18 °F) 10 K (18 °F) 10 K (18 °F)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connection type: 2-, 3- or 4-wire connection</li> <li>• Software compensation of cable resistance possible in the 2 wire system (0 to 30 Ω)</li> <li>• Sensor cable resistance max. 20 Ω per cable in the 3 and 4 wire system</li> <li>• Sensor current: ≤ 0.2 mA</li> <li>• Corrosion detection as per NAMUR NE 89 for Pt100 4-wire connection (optional for 'Advanced Diagnostic' version, see 'Product structure'). If corrosion detection is active, the response time is 2 s.</li> </ul>		
Resistance transmitter	Resistance Ω	10 to 400 Ω 10 to 2000 Ω	10 Ω 100 Ω
Thermocouple (TC)	B (PtRh30-PtRh6) C (W5Re-W2.6Re) <sup>1)</sup> D (W3Re-W2.5Re) <sup>1)</sup> E (NiCr-CuNi) J (Fe-CuNi) K (NiCr-Ni) L (Fe-CuNi) <sup>2)</sup> N (NiCrSi-NiSi) R (PtRh13-Pt) S (PtRh10-Pt) T (Cu-CuNi) U (Cu-CuNi) <sup>2)</sup> acc. to IEC 584 Part 1	0 to +1820 °C (32 to 3308 °F) 0 to +2320 °C (32 to 4208 °F) 0 to +2495 °C (32 to 4523 °F) -270 to +1000 °C (-454 to 1832 °F) -210 to +1200 °C (-346 to 2192 °F) -270 to +1372 °C (-454 to 2501 °F) -200 to +900 °C (-328 to 1652 °F) -270 to +1300 °C (-454 to 2372 °F) -50 to +1768 °C (-58 to 3214 °F) -50 to +1768 °C (-58 to 3214 °F) -270 to +400 °C (-454 to 752 °F) -200 to +600 °C (-328 to 1112 °F)	500 K (900 °F) 500 K (900 °F) 500 K (900 °F) 50 K (90 °F) 500 K (900 °F) 500 K (900 °F) 50 K (90 °F) 50 K (90 °F)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cold junction: internal (Pt100)</li> <li>• Cold junction accuracy: ± 1 K</li> </ul>		
Voltage transmitters	Millivolt transmitter	-10 to 75 mV	5 mV

1) acc. to ASTM E988

2) acc. to DIN 43710

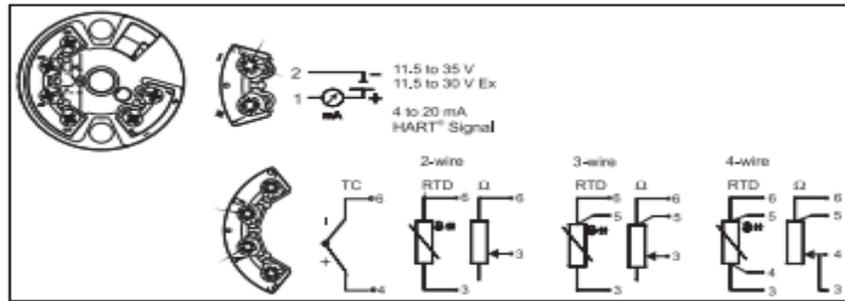
Figura No. 46 TMT 182 Funciones del Sistema y Diseño de Transmisor de Temperatura.

## Output

<b>Output signal</b>	Analog 4 to 20 mA, 20 to 4 mA
<b>Signal on alarm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Underranging: linear drop to 3.8 mA</li> <li>Overranging: linear rise to 20.5 mA</li> <li>Sensor break; sensor short-circuit (not for thermocouples TC): <math>\leq 3.6</math> mA or <math>\geq 21.0</math> mA</li> </ul> <p><b>i</b> Guaranteed values for setting "high alarm" (<math>\geq 21</math> mA):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Standard model: <math>&gt; 21.5</math> mA</li> <li>Advanced diagnostic model: <math>\geq 22.5</math> mA</li> </ul>
<b>Load</b>	max. $(V_{Power\ supply} - 11.5\ V) / 0.022\ A$ (Current output)
<b>Linearization/transmission behaviour</b>	Temperature linear, resistance linear, voltage linear
<b>Filter</b>	1st order digital filter: 0 to 100 s
<b>Galvanic isolation</b>	U = 2 kV AC (input/output)
<b>Min. current consumption</b>	$\leq 3.5$ mA
<b>Current limit</b>	$\leq 23$ mA
<b>Switch on delay</b>	4 s (during power up $I_o = 3.8$ mA)

## Power supply

### Electrical connection



Head transmitter terminal connections

For the unit operation via HART<sup>®</sup> protocol (terminals 1 and 2) a minimum load resistance of 250  $\Omega$  is necessary in the signal circuit!

<b>Supply voltage</b>	$U_s = 11.5$ to 35 V, polarity protection
<b>Undervoltage detection</b>	Optional for 'Advanced Diagnostic' version. If the supply voltage is not sufficient to output the output signal corresponding to the measured temperature, a signal on alarm $\leq 3.6$ mA is generated. After approx. 2 to 3 s, the system makes another attempt to output the signal corresponding to the temperature.

Figura No. 47 TMT 182 Conexión Eléctrica de Transmisor de Temperatura.

REFRACTÓMETRO DE  
PROCESO PARA MEDICIÓN DE  
CONCENTRACIÓN DE LÍQUIDOS

**VAISALA**



Refractómetro de proceso PR-23-GP K-PATENTS® de Vaisala

SB:PR-23-GP/8  
Enero de 2020

Figura No. 48 PR-23 Refractómetro.

## APLICACIONES COMUNES

### QUÍMICOS

Ácido acético, acrilato, óxido de amina, aminoácido, fluoruro de amonio, hidróxido de amonio, nitrato de amonio, sulfato de amonio, soda cáustica, derivados de celulosa, ácido cítrico, cloruro de cobre, trióxido de cromo (o ácido crómico), etilenglicol, formaldehído, ácido fórmico, glicerol, peróxido de hidrógeno, cloruro de hierro, ácido láctico, aceites lubricantes, cloruro de níquel, ácido nítrico, óleum, poliamidas, policarbonatos, polietileno, resinas, bicarbonato de sodio, dicromato de sodio, gluconato de sodio, hidróxido de sodio, estirenos, ácido sulfúrico, urea, etc.

### PLÁSTICOS Y FIBRAS

Acetato, acrílicos, ácido adípico, caprolactamo, ciclohexanol, ciclohexanon, dimetiltereftalato, dimetilformamida, fibra de vidrio, hexametildiamina, sal de nylon, poliamidas, poliésteres, rayón, spandex, vinilos. Medios de acabado, recubrimiento y tejido de textiles.

### INDUSTRIA PAPELERA

Alumbre, licor negro, carboximetilcelulosa, látex, químicos de encolado y aglutinantes, almidón, alcohol polivinílico, químicos de retención.

### SALES Y COMPUESTOS DE SODIO

Salmuera, sal de Glauber, carbonato de sodio, cloruro de sodio, sulfato de sodio, sulfito de sodio, etc.

### JABÓN Y DETERGENTES

Ácidos grasos, alcoholes grasos, potasa cáustica, soda cáustica, glicerol, sal, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio

### EDULCORANTES DE ALMIDÓN

Fructosa, jarabe de maíz de alta fructosa, sorbitol, dextrosa, glucosa, xilosa, maltosa, manitol, lactitol, aspartamo, aromas. Control de sobresaturación y punto de siembra de jarabes de fructosa y dextrosa, cristizador de enfriamiento, precristalizador, cristizador principal.

### AZÚCAR

Sacarosa, afinación, extracción, agua de prensa, jugo claro, jugo diluido, bandeja al vacío, melaza, licor madre. Control de sobresaturación y punto de siembra, cristizador de enfriamiento, precristalizador, cristizador principal.



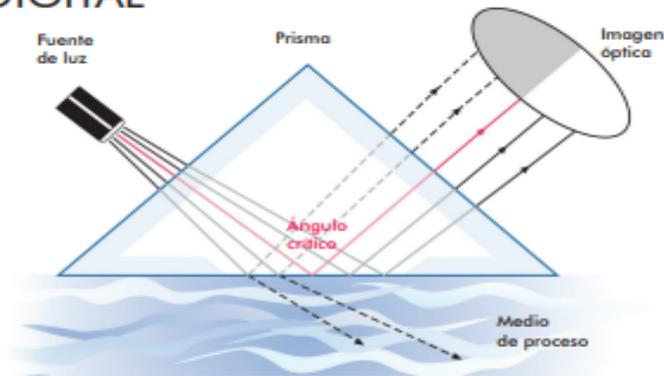
---

Refractómetro de proceso PR-23-GP K-PATENTS® de Vaisala

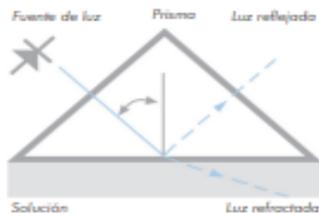
---

Figura No. 49 PR-23 Información Técnica de Refractómetro.

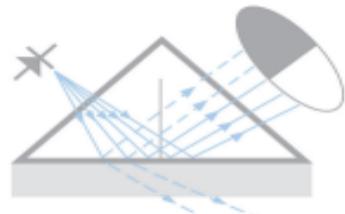
## PRINCIPIO DE MEDICIÓN DIGITAL



La fuente de luz emite luz a la interfaz, entre un prisma y la solución de proceso, donde los rayos se encuentran con la superficie en diferentes ángulos.

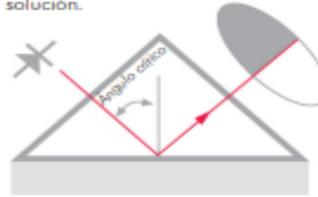


Según cuál sea el ángulo, algunos rayos sufren una reflexión interna total. El resto de la luz se refracta en la solución del proceso.



De este modo se crea una imagen óptica con un sector oscuro y un sector claro.

El ángulo correspondiente a la línea de sombra se denomina ángulo crítico de reflexión interna total. Este ángulo crítico es una función del índice de refracción y, por tanto, de la concentración de la solución.



Una cámara CCD digital detecta la imagen óptica y la línea de sombra. La cámara transforma la imagen óptica punto por punto en una señal eléctrica. Se encuentra la posición exacta de la línea de sombra y se determina el índice de refracción  $n_D$ .

Un sensor de temperatura incorporado mide la temperatura  $T$  en la interfaz del líquido de proceso. El transmisor indicador convierte el índice de refracción  $n_D$  y la temperatura  $T$  en unidades de concentración. El programa de diagnóstico asegura que la medición sea confiable.

## OPERACIÓN

El refractómetro de proceso PR-23-GP proporciona medios verdaderamente precisos para medir concentraciones de líquidos y Brix en diversas aplicaciones de procesos. El refractómetro PR-23-GP determina la concentración de sólidos disueltos haciendo una medición óptica del índice de refracción de una solución.

La precisión de la medición no se ve afectada por partículas, burbujas, cristales de azúcar, semillas, fibras, cambios de color o temperatura en el medio de proceso. El refractómetro PR-23-GP no requiere recalibración ni mantenimiento regular.

## REGISTRO DE DATOS A TRAVÉS DE ETHERNET

El refractómetro PR-23-GP incluye una solución de comunicaciones basada en Ethernet que permite la conexión a redes informáticas (LAN) e Internet. Los datos de medición en tiempo real y la información de diagnóstico se pueden obtener a través de esta interfaz, y esto también la convierte en una valiosa herramienta de servicio para cambios de parámetros y actualizaciones de software.

Solo se necesita un cable cruzado y un software de adquisición de datos para recopilar los datos de un refractómetro PR-23. La comunicación se basa en protocolos estándar (UDP/IP) y ofrecemos software listo para instalar para la adquisición de datos.

Nuestro software de adquisición de datos es ampliable en caso de que el usuario desee modificar el programa. El programa está escrito en Java y, por lo tanto, es independiente del sistema. Se puede adaptar a casi cualquier entorno informático.

Figura No. 50 PR-23 Principio de Medición de Refractómetro.

# DISEÑO

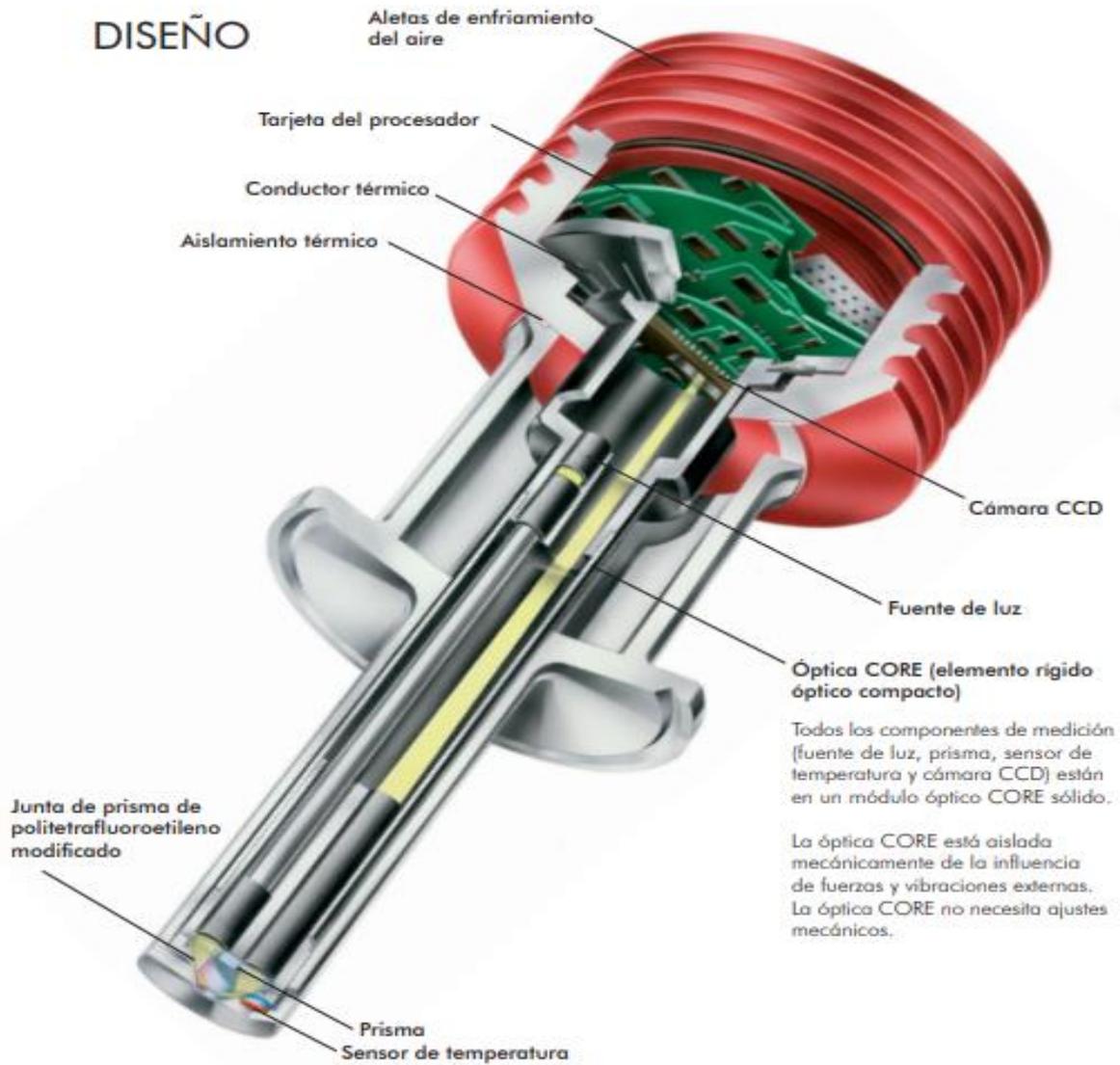
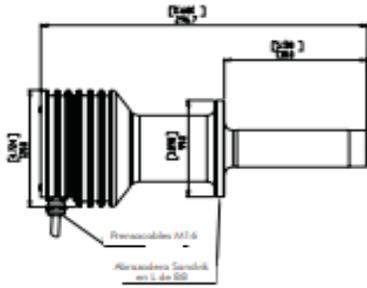


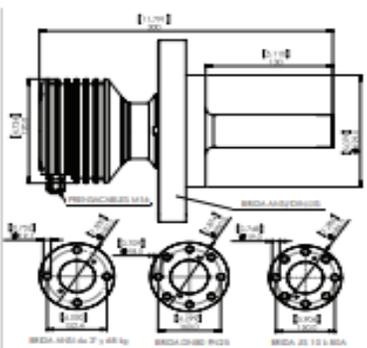
Figura No. 51 PR-23 Diseño de Refractómetro.

# ESPECIFICACIONES

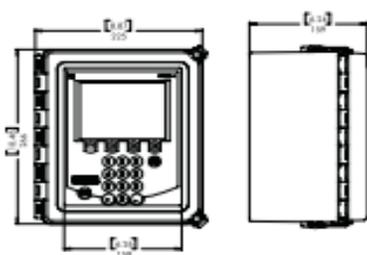
Sensor PR-23-GP con acoplamiento Sandvik en L



Sensor PR-23-GP con brida ANSI/DIN/JIS



Transmisor indicador DTR



Rango de índice de refracción, estándar:	Rango completo, $n_D = 1,3200 \dots 1,5300$ (corresponde a 0... 100 % en peso)
Precisión:	Índice de refracción $n_D \pm 0,0002$ (corresponde normalmente a $\pm 0,1$ % en peso)
Repetibilidad:	$n_D \pm 0,0001$ (corresponde normalmente a $\pm 0,05$ % en peso)
Velocidad de respuesta:	T a sin amortiguación, tiempo de amortiguación seleccionable hasta 5 min.
Calibración:	Con líquidos de índice de refracción estándar de Cargille en toda la gama de $n_D$ 1,3200...1,5300
Óptica CORE:	Sin ajustes mecánicos
Medición digital:	Elemento de CCD de 3648 píxeles
Fuente de luz:	Diado emisor de luz (LED), longitud de onda de 589 nm, línea D de sodio
Sensor de temperatura:	Pt-1000 integrada, linealización según IEC 751
Compensación de temperatura:	Compensación digital automática
Verificación del instrumento:	Con líquidos de índice de refracción estándar de Cargille trazables por NIST. Un procedimiento guiado por el transmisor a través de Ethernet que incluye un informe de verificación imprimible
Temperatura ambiente:	Sensor: máx. 45 °C, mín. -40 °C Transmisor indicador: máx. 50 °C, mín. 0 °C

<b>SENSOR PR-23-GP:</b>	
Proceso de conexión:	Acoplamiento Sandvik en L de 88 mm / brida DIN 2656, DN80 PN25 / brida ANSI 68 kg, 88 mm / brida JIS 10K 80A / Tamaños de línea de menos de 2" a través de la celda de flujo de tuba
Presión de proceso:	hasta 25 bar (350 psi)
Temperatura de proceso:	-40 °C... 150 °C
Piezas húmedas del proceso, estándar:	acero inoxidable AISI 316L, prisma de espínula, juntas del prisma de politetrafluoroetileno modificado (teflón)
Clase de protección del sensor:	IP67, Nema 4X
Peso del sensor:	Acoplamiento Sandvik en L de 3,8 kg, brida DIN/ANSI/JIS de 6,6 kg
<b>TRANSMISOR INDICADOR DTR:</b>	
Pantalla:	LCD gráfica de 320x240 píxeles con retroiluminación LED
Teclado:	18 teclas de membrana
Corriente de salida:	Das salidas de corriente independientes, de 4 a 20 mA, carga máx. de 1000 Ohm, aislamiento galvánico de 1500 VCC o CA (pico), función de detención durante el lavado prisma
Conectividad de bus de campo y Ethernet industrial:	Mediante convertidor Fieldbus a redes Modbus/TC/ Modbus RTU y Ethernet/IP
Alimentación:	Entrada de CA 100-240 VCA/50-60 Hz, opcional 24 VCC, 30 VA
Relés de alarma/lavado:	Das relés de señal integrados, máx. 250 V/3 A
Conectividad del sensor:	Se pueden conectar uno o dos sensores al DTR. Los sensores son independientes entre sí: tienen sus propios conjuntos de parámetros que se usan en diferentes aplicaciones. Das salidas de corriente configurables de forma independiente para indicar la concentración o la temperatura del proceso de cualquiera de los sensores
Clase de protección del transmisor:	Compartimento de policarbonato IP66 / Tipo 4X (uso en interiores); Compartimento de acero inoxidable AISI IP66 (uso en interiores)
Peso del transmisor indicador:	4,5 kg
<b>CABLE DE INTERCONEXIÓN:</b>	Cable de 2 hilos que cumple con estándar IEC 61158-2
Longitud del cable de interconexión:	Estándar de 10 m, máx. de 200 m
<b>OPCIONES:</b>	Compartimento del sensor de acero inoxidable, materiales especiales para piezas húmedas, límites de rango de índice de refracción extendido, lavado prisma, aprobaciones de seguridad intrínseca y áreas peligrosas, conexiones de cables al transmisor indicador: Prensacables europeos M20x1,5 o conectores de conducto estadounidenses
<b>PATENTES:</b>	Consulte <a href="http://www.kpatents.com">www.kpatents.com</a>
<b>INFORMACIÓN SOBRE PEDIDOS:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de sensor y proceso de conexión</li> <li>- Escala deseada</li> <li>- Propiedades de la solución de proceso</li> <li>- Rango de temperatura de proceso</li> <li>- Tamaño de la tubería de proceso</li> <li>- Tasa de flujo de proceso</li> <li>- Voltaje, corriente y frecuencia</li> <li>- Opciones y accesorios</li> </ul>

**VAISALA**  
www.vaisala.com

Comuníquese con nosotros a  
[www.vaisala.com/requestinfo](http://www.vaisala.com/requestinfo)

Ref. B21188E5-A ©Vaisala 2021

Nos reservamos el derecho a realizar modificaciones técnicas.

Figura No. 52 PR-23 Especificaciones de Refractómetro.

## Rosemount™ 2051 Transmisor de presión y Rosemount serie 2051CF Caudalímetro

con los protocolos HART® de 4-20 mA y HART de  
1-5 VCC de baja potencia (revisiones 5 y 7)



HART  
COMMUNICATION PROTOCOL

  
EMERSON

Figura No. 53 Rosemount 2051 Transmisor de Presión.

## 2.0 Montar el transmisor

### 2.1 Aplicaciones con líquidos

1. Colocar las llaves de paso en uno de los lados de la línea.
2. Montar al lado o debajo de las llaves de paso.
3. Montar el transmisor de tal modo que las válvulas de drenaje/ventilación queden orientadas hacia arriba.

**Figura 1. Aplicaciones de líquido**

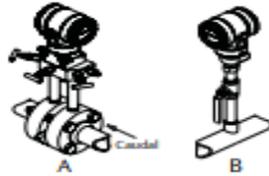


- A. Coplanar  
B. En línea

### 2.2 Aplicaciones con gases

1. Colocar las llaves de paso encima o al lado de la línea.
2. Montarlas al lado o encima de las llaves de paso.

**Figura 2. Aplicaciones con gas**



- A. Coplanar  
B. En línea

### 2.3 Aplicaciones con vapor

1. Colocar las llaves de paso en uno de los lados de la línea.
2. Montar al lado o debajo de las llaves de paso.
3. Llenar con agua las líneas de impulsión.

Figura No. 54 Rosemount 2051 Montaje de Transmisor de Presión.

Figura 3. Aplicaciones con gas

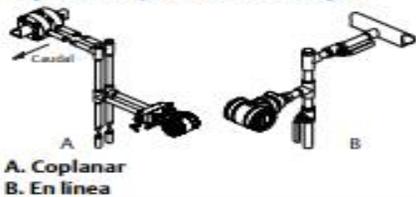
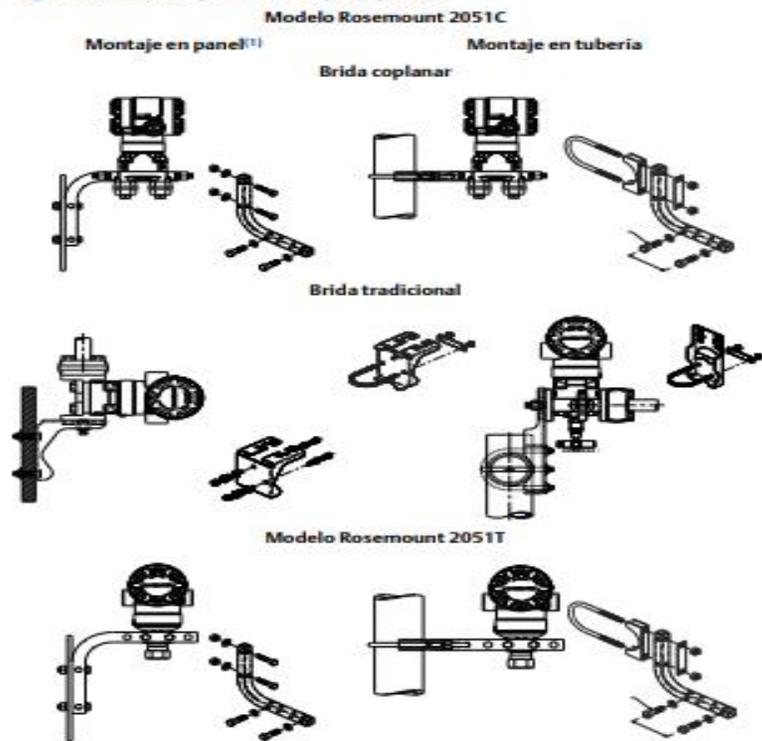


Figura 4. Montaje en tubo y en panel



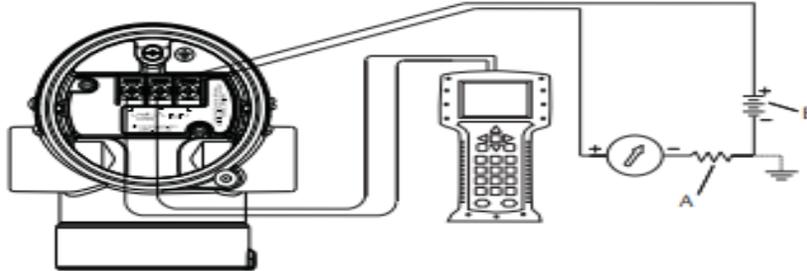
1. Los pernos para el panel son suministrados por el cliente

Figura No. 55 Rosemount 2051 Montaje de Transmisor de Presión (Continuación).

## 5.0 Conexión del cableado y encendido

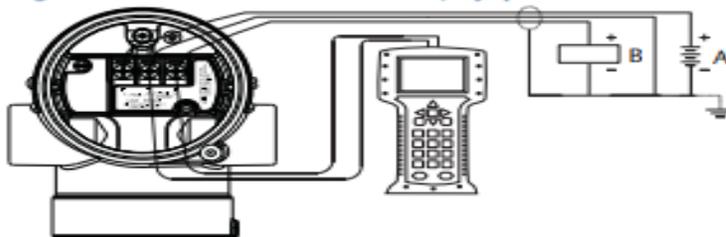
Para obtener los mejores resultados se deben usar cables de pares trenzados y apantallados. Usar un cable de 24 AWG o mayor que no sea mayor que 1500 metros (5000 pies). Si corresponde, instalar el cableado con una coca. Ajustar el lazo de goteo de forma que la parte inferior esté por debajo de las conexiones del conducto y de la caja del transmisor.

**Figura 9. Cableado del transmisor (4-20 mA HART)**



- A. Alimentación de VCC
- B.  $R_L \geq 250$  (necesario solo para comunicación HART)

**Figura 10. Cableado del transmisor (baja potencia de 1-5 VCC)**



- A. Fuente de alimentación
- B. Voltímetro

### ⚠ PRECAUCIÓN

- La instalación del bloque de terminales de protección contra transientes no ofrece protección contra transientes a menos que el modelo 2051 de Rosemount esté conectado a tierra correctamente.
- No pase cableado de señal sin blindar en un conducto o bandejas abiertas con cableado eléctrico, o cerca de equipo eléctrico pesado.
- No conecte el cableado de señal energizado a los terminales de prueba. La energía podría dañar el diodo de comprobación en el bloque de terminales.

**SIEMENS**



**SIMATIC**

**S7-1500**

CPU 1515-2 PN (6ES7515-2AM00-0AB0)

Manual de producto

Edición

12/2014

**Answers for industry.**

Figura No. 57 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS.

## Descripción del producto



### 2.1 Aplicación

Las CPU de la familia de controladores SIMATIC S7-1500 ofrecen el máximo rendimiento combinado con una excelente manejabilidad. Son idóneas para un gran número de aplicaciones de automatización gracias a las interfaces PROFINET/PROFIBUS incorporadas, al servidor web y a las diversas funcionalidades integradas, como Motion Control, regulador PID, regulador de temperatura o soporte de Trace.

#### Segmentos de potencia

Las CPU pueden utilizarse tanto para aplicaciones pequeñas y medianas como para soluciones de gama alta en la automatización de máquinas e instalaciones.

CPU	Segmento de potencia	Interfases PROFIBUS	Interfases PROFINET	Memoria de trabajo	Tiempo de ejecución de operaciones con bits
CPU 1511-1 PN	CPU estándar para aplicaciones pequeñas y medianas	--	1	1,15 Mbytes	60 ns
CPU 1511F-1 PN	CPU de seguridad para aplicaciones pequeñas y medianas	--	1	1,23 Mbytes	60 ns
CPU 1513-1 PN	CPU estándar para aplicaciones medianas	--	1	1,8 Mbytes	40 ns
CPU 1513F-1 PN	CPU de seguridad para aplicaciones medianas	--	1	1,95 Mbytes	40 ns
CPU 1515-2 PN	CPU estándar para aplicaciones medianas y grandes	--	2	3,5 Mbytes	30 ns
CPU 1515F-2 PN	CPU de seguridad para aplicaciones medianas y grandes	--	2	3,75 Mbytes	30 ns
CPU 1516-3 PN/DP	CPU estándar para tareas de comunicación y aplicaciones avanzadas	1	2	6 Mbytes	10 ns
CPU 1516F-3 PN/DP	CPU de seguridad para tareas de comunicación y aplicaciones avanzadas	1	2	6,5 Mbytes	10 ns
CPU 1517-3 PN/DP	CPU estándar para tareas de comunicación y aplicaciones exigentes	1	2	10 Mbytes	2 ns
CPU 1517F-3 PN/DP	CPU de seguridad para tareas de comunicación y aplicaciones exigentes	1	2	11 Mbytes	2 ns

Tabla No. 5 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Descripción.

## 2.2 Funcionamiento

La CPU contiene el sistema operativo y ejecuta el programa de usuario. El programa de usuario se encuentra en la SIMATIC Memory Card y se procesa en la memoria de trabajo de la CPU.

Las interfaces PROFINET disponibles en la CPU permiten la comunicación simultánea con dispositivos PROFINET, controladores PROFINET, dispositivos HMI, programadoras, otros controladores y más sistemas. La CPU 1515-2 PN soporta el funcionamiento como controlador IO e I-Device.

### Controlador IO

Como controlador IO, la CPU 1515-2 PN envía y recibe datos de los dispositivos IO conectados dentro de un sistema PROFINET IO. La CPU puede utilizarse con hasta 256 dispositivos IO, con un máximo de 64 de ellos en IRT (Isochronous Realtime).

### I-device

En la función "I-device" (intelligent IO-device), la CPU 1515-2 PN no solo controla sus propios módulos centrales, sino que, como I-device, también intercambia datos con un controlador IO de nivel superior. De este modo, la CPU 1515-2 PN cumple la función de unidad inteligente para el preprocesamiento de procesos parciales.

Figura No. 58 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Funcionamiento.

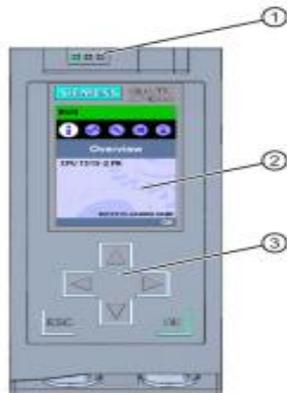
**Referencia**

Encontrará más información sobre el tema "Seguridad integrada/Protección de acceso" en el manual de sistema S7-1500/ET 200MP (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/59191792>).

**2.4 Elementos de mando y señalización**

**2.4.1 Vista frontal del módulo con tapa frontal cerrada**

La figura siguiente muestra la vista frontal de la CPU 1515-2 PN.



- ① Indicadores LED del estado operativo actual y el estado de diagnóstico de la CPU
- ② Display
- ③ Teclas de mando

Figura 2-2 Vista de la CPU 1515-2 PN (con tapa frontal), lado anterior

**Nota**

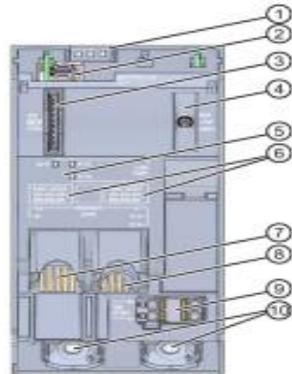
**Rango de temperatura del display**

Para aumentar la vida útil del display, este se apaga al sobrepasar la temperatura de empleo admisible. Una vez que el display se ha enfriado, vuelve a encenderse automáticamente. Cuando el display está apagado, los LED continúan indicando el estado de la CPU.

Encontrará más información sobre las temperaturas a las que el display se apaga y se enciende de nuevo en los datos técnicos (Página 33).

### 2.4.2 Vista frontal del módulo sin tapa frontal

La siguiente figura muestra los elementos de mando y de conexión de la CPU 1515-2 PN.



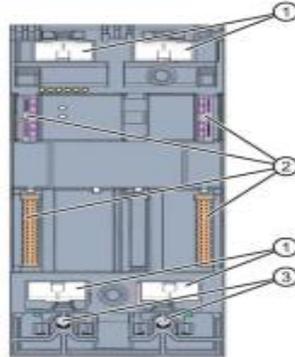
- ① Indicadores LED del estado operativo actual y el estado de diagnóstico de la CPU
- ② Conexión del display
- ③ Ranura para la SIMATIC Memory Card
- ④ Selector de modo
- ⑤ Indicadores LED para los 3 puertos de las interfaces PROFINET X1 y X2
- ⑥ Direcciones MAC de las interfaces
- ⑦ Interfaz PROFINET (X2) con 1 puerto
- ⑧ Interfaz PROFINET IO (X1) con 2 puertos
- ⑨ Conexión para alimentación eléctrica
- ⑩ Tornillos de fijación

Figura 2-4 Vista de la CPU 1515-2 PN (sin tapa frontal), lado anterior

Figura No. 60 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Elementos de Mando y Señalización (Continuación).

### 2.4.3 Vista posterior del módulo

La siguiente imagen muestra los elementos de conexión de la parte posterior de la CPU 1515-2 PN.



- ① Superficies de contactado de la pantalla
- ② Unión por conector para bus de fondo
- ③ Tornillos de fijación

Figura 2-5 Vista de la CPU 1515-2 PN, lado posterior

## 2.5 Selector de modo

El selector de modo sirve para ajustar el modo de operación de la CPU.

La siguiente tabla muestra la posición del selector y el significado correspondiente.

Tabla 2- 1 Posiciones del selector de modo

Posición	Significado	Explicación
RUN	Modo RUN	La CPU procesa el programa de usuario.
STOP	Modo STOP	El programa de usuario no se ejecuta.
MRES	Borrado total	Posición para efectuar un borrado total de la CPU.

Figura No. 61 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Selector de Modo.

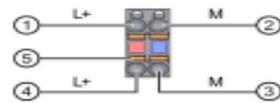


Este capítulo contiene información sobre la asignación de pines de cada interfaz, así como el esquema de principio de la CPU 1515-2 PN.

## Tensión de alimentación de 24 V DC (X80)

El conector de alimentación viene de fábrica enchufado en la CPU.

La siguiente tabla muestra la asignación de pines para una tensión de alimentación de 24 V DC.



- ① + 24 V DC de la tensión de alimentación
- ② Masa de la tensión de alimentación
- ③ Masa de la tensión de alimentación para redistribución (intensidad limitada a 10 A)
- ④ +24 V DC de la tensión de alimentación para redistribución (intensidad limitada a 10 A)
- ⑤ Mecanismo de apertura por resorte (un mecanismo por borne)

punteado internamente:

- ① y ⑤
- ② y ③

Figura 3-1 Conexión de la tensión de alimentación

Si la CPU recibe alimentación del sistema, puede prescindirse de la conexión de alimentación de 24 V.

Figura No. 62 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Conexión de Alimentación Eléctrica.

<b>6ES7515-2AM00-0AB0</b>	
Nombre del producto	CPU 1515-2 PN
<b>Información general</b>	
Versión de HW	FS02
Versión de firmware	V1.7
<b>Ingeniería con</b>	
STEP 7 TIA Portal configurable/integrado desde versión	V13 SP1
<b>Display</b>	
Diagonal del display (cm)	6,1 cm
<b>Elementos de mando</b>	
Cantidad de teclas	6
Selector de modo	1
<b>Tensión de alimentación</b>	
Tipo de tensión de alimentación	24 V DC
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Protección contra inversión de polaridad	sí
<b>Puenteo de fallos de red y corte de alimentación</b>	
Tiempo de puenteo de fallos de red y corte de alimentación	5 ms
<b>Intensidad de entrada</b>	
Consumo (valor nominal)	0,8 A
Extracorrente de conexión, máx.	2,4 A; valor nominal
I <sub>fl</sub>	0,02 A <sup>2</sup> s
<b>Potencia</b>	
Potencia consumida del bus de fondo (balance)	6,2 W
Potencia alimentada en el bus de fondo	12 W
<b>Potencia disipada</b>	
Potencia disipada, tip.	6,3 W
<b>Memoria</b>	
Precisa SIMATIC Memory Card	sí
<b>Memoria de trabajo</b>	
Integrada (para programa)	500 Kbytes
Integrada (para datos)	3 Mbytes
<b>Memoria de carga</b>	
Enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	32 Gbytes
<b>Respaldo</b>	
Libre de mantenimiento	sí

Tabla No. 6 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Datos Técnicos.

<b>6ES7515-2AM00-0AB0</b>	
<b>Tiempos de ejecución de CPU</b>	
Para operaciones de bits, típ.	30 ns
Para operaciones de palabras, típ.	36 ns
Para aritmética en coma fija, típ.	48 ns
Para aritmética en coma flotante, típ.	192 ns
<b>Bloques CPU</b>	
Número de elementos (total)	6000; se entiende por elemento los bloques como DB, FB y FC, así como los UDT, constantes globales, etc
<b>DB</b>	
Rango numérico	de 1 a 65535
Tamaño máx.	3 Mbytes; en caso de accesos a bloque no optimizados, el tamaño máximo del DB es 64 kbytes
<b>FB</b>	
Rango numérico	de 1 a 65535
Tamaño máx.	500 Kbytes
<b>FC</b>	
Rango numérico	de 1 a 65535
Tamaño máx.	500 Kbytes
<b>OB</b>	
Tamaño máx.	500 Kbytes
Número de OB de ciclo libre	100
Número de OB de alarma horaria	20
Número de OB de alarma de retardo	20
Número de OB de alarma cíclica	20
Número de OB de alarma de proceso	50
Número de OB de alarma DPV1	3
Número de OB de modo isócrono	1
Número de OB de alarma de sincronismo tecnológica	2
Número de OB de arranque	100
Número de OB de error asíncrono	4
Número de OB de error síncrono	2
Número de OB de alarma de diagnóstico	1
<b>Profundidad de anidamiento</b>	
Por clase de prioridad	24
<b>Contadores, temporizadores y su remanencia</b>	
<b>Contadores S7</b>	
Cantidad	2048
Remanencia	
• Configurable	sí

Tabla No. 7 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Datos Técnicos (Continuación).

	<b>6ES7515-2AM00-0AB0</b>
<b>Contadores IEC</b>	
Cantidad	Cualquiera (solo limitada por la memoria de trabajo)
Remanencia	
• Configurable	si
<b>Temporizadores S7</b>	
Cantidad	2048
Remanencia	
• Configurable	si
<b>Temporizadores IEC</b>	
Cantidad	Cualquiera (solo limitada por la memoria de trabajo)
Remanencia	
• Configurable	si
<b>Área de datos y su remanencia</b>	
Área de datos remanente total (incluidos temporizadores, contadores, marcas), máx.	512 kbytes; en total; memoria remanente utilizable para marcas, temporizadores, contadores, DB y datos tecnológicos (ejes): 472 Kbytes
<b>Marcas</b>	
Cantidad máx.	16 Kbytes
Número de marcas de ciclo	8; son 8 bits de marcas de ciclo, reunidos en un byte de marcas de ciclo
<b>Bloques de datos</b>	
Remanencia configurable	si
Remanencia predeterminada	No
<b>Datos locales</b>	
Por clase de prioridad, máx.	64 Kbytes; máx. 16 Kbytes por bloque
<b>Área de direcciones</b>	
Número de módulos E/S	8192; número máx. de módulos/submódulos
<b>Área de direcciones de perifería</b>	
Entradas	32 Kbytes; todas las entradas se encuentran en la memoria imagen de proceso
Salidas	32 Kbytes; todas las salidas se encuentran en la memoria imagen de proceso
De ellas, en cada subsistema integrado IO	
• Entradas (volumen)	8 Kbytes
• Salidas (volumen)	8 Kbytes
De ellas, en cada CM/CP	
• Entradas (volumen)	8 Kbytes
• Salidas (volumen)	8 Kbytes

Tabla No. 8 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Datos Técnicos (Datos Técnicos).

<b>6ES7515-2AM00-0AB0</b>	
<b>Memorias imagen parciales del proceso</b> Número de memorias imagen parciales del proceso, máx.	32
<b>Hardware</b>	
Número de sistemas IO jerárquicos	20
<b>Número de maestros DP</b> A través de CM	8; en total se pueden enchufar un máximo de 8 CM/CP (PROFIBUS, PROFINET, Ethernet)
<b>Número de controladores IO</b> Integrados A través de CM	1 8; en total se pueden enchufar un máximo de 8 CM/CP (PROFIBUS, PROFINET, Ethernet)
<b>Rack</b> Módulos por cada rack, máx. Rack, número de filas, máx.	32; CPU + 31 módulos 1
<b>CM P1P</b> Número de CM P1P	el número de CM P1P conectables solo está limitado por los slots disponibles
<b>Hora</b>	
<b>Reloj</b>	
Tipo	Reloj hardware
Desviación diaria, máx.	10 s; típ.: 2 s
Duración del respaldo	6 semanas; a 40 °C de temperatura ambiente, típ.
<b>Contadores de horas de servicio</b>	
Cantidad	16
<b>Sincronización horaria</b>	
Soportada	sí
en el AS, maestro	sí
en el AS, esclavo	sí
en Ethernet vía NTP	sí
<b>Interfaces</b>	
Número de interfaces PROFINET	2
<b>1.ª Interfaz</b>	
Interfaz física	2
• Número de puertos	sí
• Switch integrado	Sí; X1
• RJ 45 (Ethernet)	

Tabla No. 9 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Datos Técnicos (Continuación).

## Croquis acotado

# A

Este capítulo incluye el croquis acotado del módulo montado en un perfil soporte, así como un croquis acotado con tapa frontal abierta. Deben observarse las dimensiones al montar en armarios, salas de equipos, etc.

### Croquis acotados de la CPU 1515-2 PN

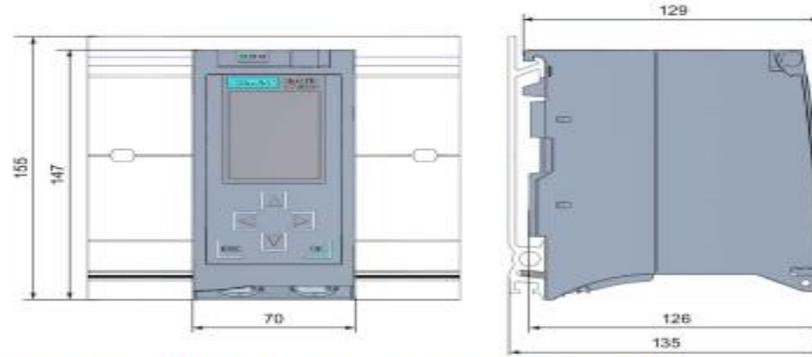


Figura A-1 Croquis acotado de la CPU 1515-2 PN, vista frontal y lateral

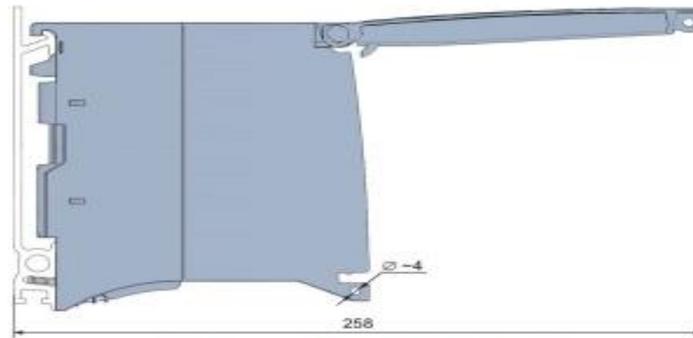


Figura A-2 Croquis acotado de la CPU 1515-2 PN, vista lateral con tapa frontal abierta

CPU 1515-2 PN (6ES7515-2AM00-0AB0)  
Manual de producto, 12/2014, ASE32334160-AB

43

Figura No. 63 PLC S7-1500 1515-2 PN SIEMENS Croquis.

**SERIE 3W/3L**  
**VÁLVULAS MARIPOSA CON ASIENTO RESILIENTE**



**INFORMACIÓN GENERAL**

La serie Bray 3W/3L incluye un asiento moldeado optimizado, borde de sellado con disco perfilado y bujes del vástago. Estas características proporcionan un rendimiento optimizado y soluciones de automatización eficientes para un ciclo de vida prolongado sin poner en riesgo el sello hermético.

**APLICACIONES**

- > HVAC
- > Agua Congelada
- > Desalinización
- > Gas Amargo (NACE)
- > Vapor
- > Vacío

**FLUIDOS**

- > Ácidos
- > Alcalis
- > Químicos Corrosivos
- > Cloro Seco (Gas o Líquido)
- > Gases
- > Hidrógeno
- > Oxígeno
- > Agua

**ESPECIFICACIONES**

<b>Rango de Tamaño</b>	NPS 2 a 24 DN 50 a 600
<b>Rango de Temperatura</b>	-20°F a 250°F -29°C a 121°C
<b>Presión Operativa Máxima</b>	Disco de Alta Presión 250 psi 17,2 bar
	Disco Estándar 175 psi 12 bar
<b>Estilo de Cuerpo</b>	Disco de Baja Presión 50 psi 3,4 bar
	3W - De una Pieza, Wafer 3L - De una Pieza, Orejada
<b>Rango de Fuga</b>	Cierre Hermético
<b>Clasificación de Vacío</b>	1 a 0,001 micrones

**CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS**

Las válvulas mariposa con asiento resiliente de la serie 3W/3L ofrecen:

- 1 ASIENTO MOLDEADO:** El proceso de moldeado altamente controlado produce dimensiones precisas y repetibles, lo cual genera torques consistentemente más bajos durante la vida útil de la válvula.
- 2 BORDE DE SELLADO CON DISCO PERFILADO DE PRECISIÓN:** Prolonga la vida útil de la válvula al reducir el desgaste del asiento.
- 3 SELLO ROBUSTO DE LA BRIDA:** La cara del asiento con forma de lágrima permite un sello hermético con una amplia variedad de bridas industriales.
- 4 BRIDA SUPERIOR CONFORME A ISO 5211:** La capacidad de montaje directo entre la válvula y el actuador Bray reduce la altura del paquete y su complejidad.
- 5 BUJES DEL VÁSTAGO SUPERIOR E INFERIOR:** Reducen el torque de operación e incrementan la confiabilidad en aplicaciones de alto ciclaje.
- 6 CAPACIDAD PARA FINAL DE LÍNEA:** La válvula estilo orejada permite un sellado total en todo el rango de presión, incluso cuando se retira la brida aguas abajo.

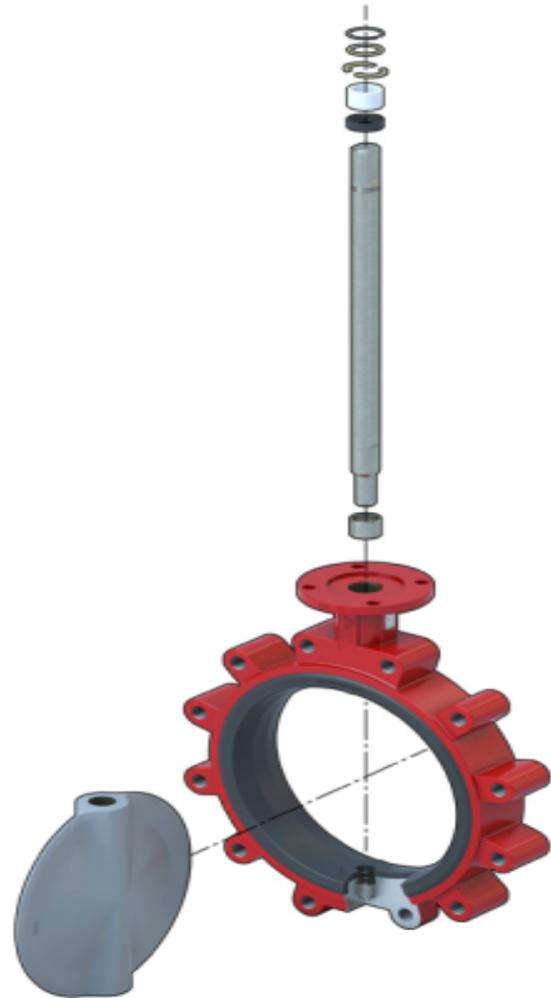


Figura No. 64 Válvula de Mariposa Bray SERIE 3W/3L Características y Beneficios.

**ESTÁNDARES DE DISEÑO**

<b>Diseño de la Válvula</b>	API 609 Categoría A
	EN 593
	MSS SP-67
<b>Brida Superior</b>	ISO 5211
<b>Perforación de la Brida</b>	ASME B16.5 Clase 125/150
	EN 1092-1 PN 6   10   16
	JIS 10K
	AS 2129 Tabla D y E
<b>Prueba de Hermeticidad del Asiento</b>	API 598
	EN 12266-1
	ISO 5208
	MSS SP-61
<b>Cara a Cara</b>	API 609
	EN 558 Serie 20

**DESPIECE DE PARTES**



**OPCIONES DE MATERIALES<sup>1</sup>**

<b>Cuerpo</b>	Hierro Fundido
	Hierro Dúctil
<b>Disco</b>	Hierro Dúctil recubierto con Nylon II
	Acero inoxidable 316
	Bronce al Aluminio
	Acero inoxidable Dúplex 4A
<b>Vástago</b>	Acero inoxidable 416
	Acero inoxidable (EN 1.4057)
<b>Asiento</b>	EPDM
	BUNA-N
	HT-EPDM

**NOTAS**

<sup>1</sup>Materiales disponibles en calidades ASME y EN

**CERTIFICACIONES Y APROBACIONES**

<b>Certificaciones</b>	CE/PED
	ANSI/NSF 61 y 372
	EC 1935
<b>Aprobaciones</b>	Aprobado para contacto con alimentos por la FDA
	Aprobación de ABS Tipo
	Tipo Bureau Veritas

Información adicional disponible en la Guía Técnica de Ventas de 3W/3L.

Figura No. 65 Válvula de Mariposa Bray SERIE 3W/3L Despiece de Partes.

## HIGH PERFORMANCE BUTTERFLY VALVE McCANNALOK SERIES



### OVERVIEW

Featuring Bray's patented, award-winning design, this double offset high performance butterfly valve is precision engineered to deliver **quality, value, and reliability** in high temperature, high pressure, high cycle, and critical service applications.

#### APPLICATIONS

- > Caustic
- > Chilled Water
- > Pressure Swing
- > Adsorption (PSA)
- > Seawater
- > Sour Gas (NACE)
- > Steam
- > Vacuum

#### MEDIA

- > Acids
- > Alkalis
- > Corrosive Chemicals
- > Dry Chlorine (Gas or Liquid)
- > Gases
- > Hydrogen
- > Oxygen
- > Water

### SPECIFICATIONS

<b>Size Range</b>	NPS 2 to 66 (DN 50 to 1500)
<b>Body Style</b>	Wafer   Lug   Double Flanged
<b>Temperature Range</b>	Resilient Seated -62 to 500°F (-52 to 260°C)
	Firesafe -62 to 500°F (-52 to 260°C)
	Metal Seated up to 900°F (up to 482°C)
<b>Pressure Ratings</b>	ASME Class 150   300   600
	PN 10   16   25   40   63   100
<b>Leakage Rate</b>	Resilient Seated Zero Leakage
	Metal Seated FCI 70-2 Class IV

#### NOTE

- > Firesafe or metal seated control options available; not in all sizes and pressure classes.

### FEATURES AND BENEFITS

- 1 DOUBLE OFFSET STEM AND DISC DESIGN**
    - > Reduced seat wear | lower torque | extended service life
  - 2 BLOWOUT-PROOF STEM**
    - > Does not rely on actuation to prevent stem blowout
  - 3 ADJUSTABLE STEM PACKING**
    - > Easy access | field serviceable | low fugitive emissions
  - 4 ENERGIZED RESILIENT SEAT DESIGN**
    - > Zero leakage | self-adjusting | isolated from line media
  - 5 BIDIRECTIONAL PRESSURE ASSISTED SEALING**
    - > Optimal sealing performance for low and high pressures
  - 6 FULL-FACED SEAT RETAINER**
    - > Secured outside sealing area | easy seat replacement
  - 7 STEM BEARINGS**
    - > Stem support | minimizes deflection | corrosion resistant
  - 8 INTERNAL OVER-TRAVEL STOP**
    - > Minimizes possible seat damage | extends service life
  - 9 DEAD END SERVICE**
    - > Bidirectional full rating for lug and double-flanged bodies
- FIRESAFE DESIGN OPTION (API 607)**
- > Inconel® metal seat | graphite packing | bidirectional
- METAL SEATED CONTROL VALVE AVAILABLE**
- > Inconel® metal seat

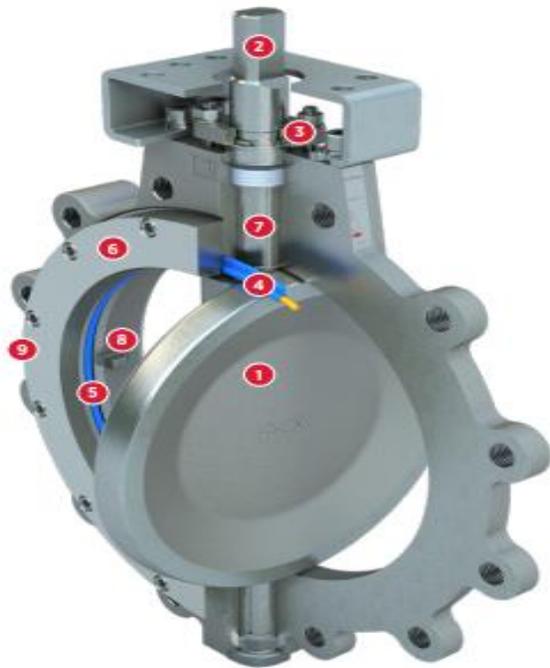


Figura No. 66 Válvula de MacCannalok Especificaciones.

## HIGH PERFORMANCE BUTTERFLY VALVE McCANNALOK SERIES

### DESIGN STANDARDS

<b>Valve Design</b>	ASME B16.34
	MSS SP 68
	ASME VIII
	API 609 Category B
	EN 593
EN 12516	
<b>Top Flange</b>	ISO 5211
<b>Flange Drilling<sup>1</sup></b>	ASME B16.5
	ASME B16.47
	EN 1092-1
<b>Seat Tightness Test</b>	API 598
	MSS SP 61
	EN 12266
	ISO 5208
<b>Face-to-Face</b>	ASME B16.10
	API 609 Category B
	EN 558
	ISO 5752

**NOTE**

<sup>1</sup> Additional flange drilling options available.

### CERTIFICATIONS & APPROVALS

<b>Certifications</b>	CE: PED 2014/68/EU   ANSI/NSF 61   SIL
<b>Fire Test</b>	API 607   ISO 10497
<b>Fugitive Emissions</b>	API 641   ISO 15848-1   TA-Luft VDI 2440
<b>Approvals</b>	ABS Type   ATEX 2014/34/EU   Bureau Veritas Type   China Classification Society (CCS) Type   CRN   DNV   EC1935   TR CU (GOST)

**NOTE**

> A complete listing of certifications and approvals can be found at BRAY.COM.

### MATERIAL OPTIONS

<b>Body Materials</b>	Carbon Steel
	Stainless Steel
	Nickel Aluminum Bronze
	Hastelloy® C
	Titanium
<b>Disc Materials</b>	Stainless Steel
	Nickel Aluminum Bronze
	Monel®
<b>Stem Materials</b>	Stainless Steel
	Monel® K500
	Inconel® 718
<b>Seat Materials</b>	RPTFE with Resilient Energizer
	PTFE with Resilient Energizer
	UHMWPE with Resilient Energizer
	TFM with Low Temperature Resilient Energizer
	(Firesafe) Inconel® & RPTFE with Resilient Energizer

**NOTE**

> Other materials are available on request.



**NOTE**

> Firesafe, high cycle, or metal seated control options available; not in all sizes and pressure classes.

Tabla No. 10 Válvula de MacCannalok Especificaciones (Continuación).

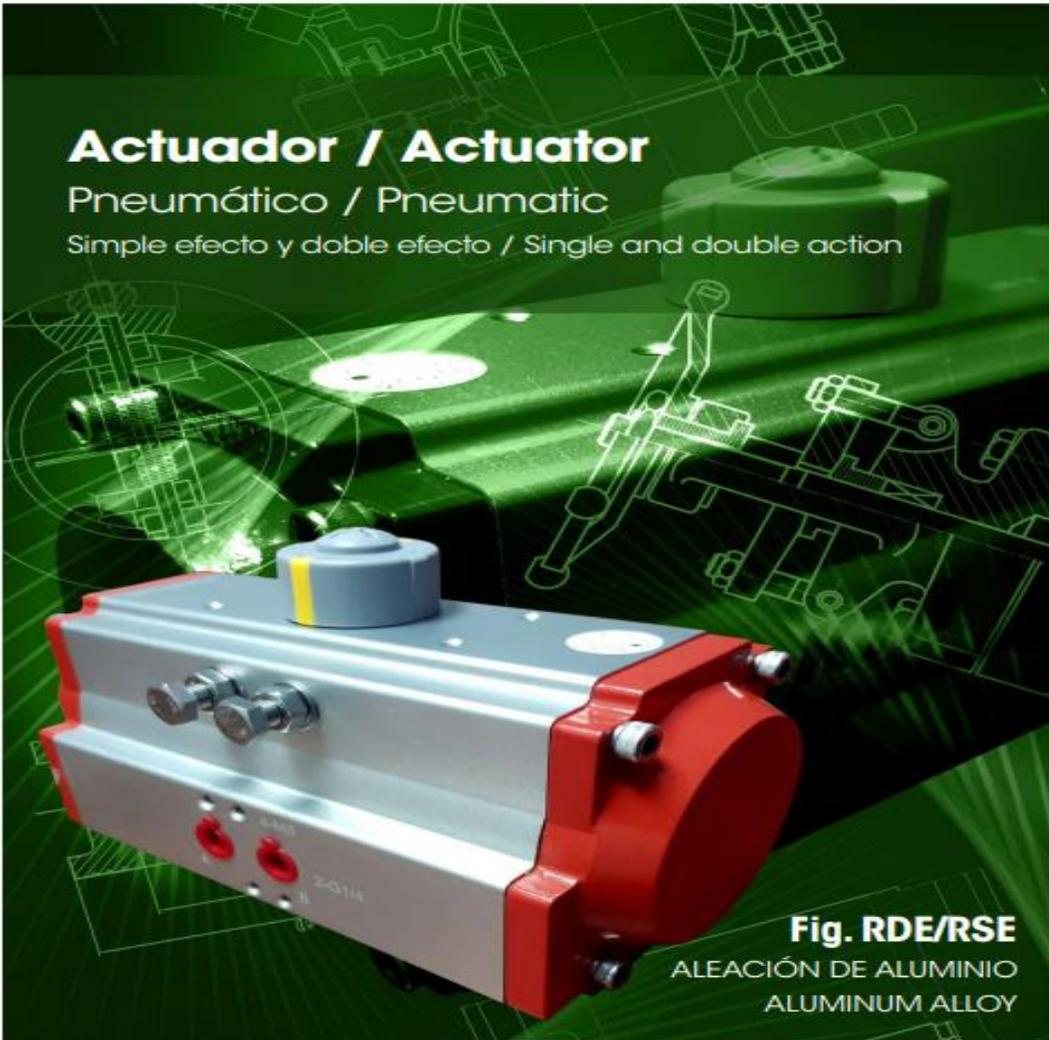
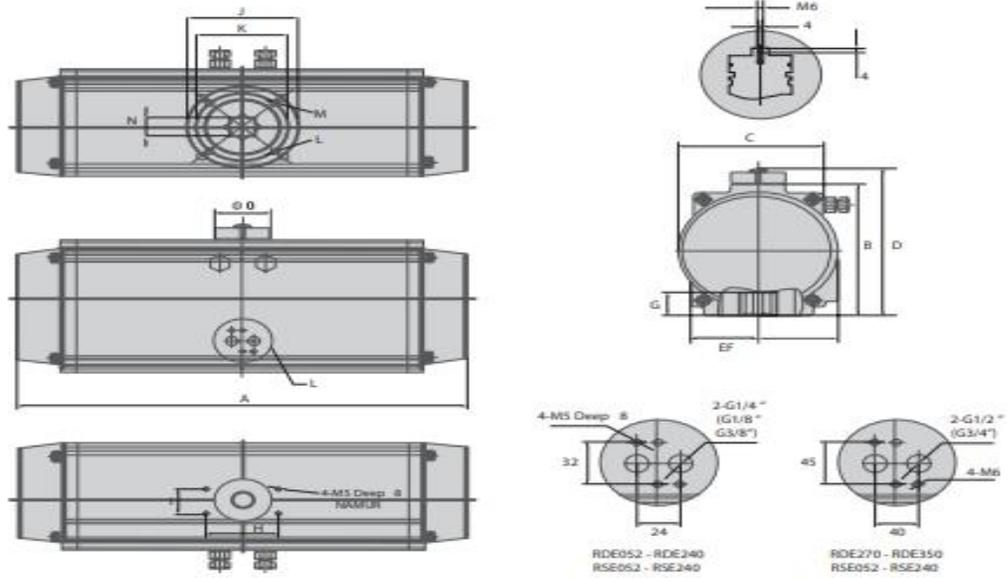


Figura No. 67 Actuador Neumático KTN RDE.

RDE/RSE / DIMENSIONES / DIMENSIONS



DOBLE EFECTO  
DOUBLE ACTING

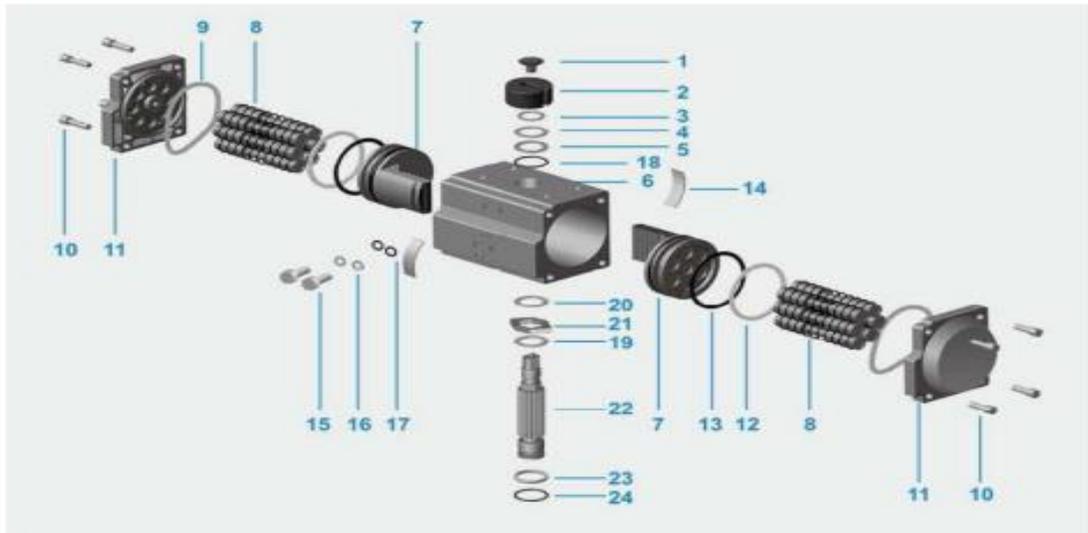
Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Portada/Portada
RDE052-00	163.5	72	65	96	26	42	14	80	30	F05- $\Phi$ 50	F03- $\Phi$ 35	M6x9	N6x6	11	$\Phi$ 40	G1/4"
RDE063-50	186	87.6	79.8	113	33	47	18	80	30	F07- $\Phi$ 70	F05- $\Phi$ 50	M8x10	N6x9	14	$\Phi$ 40	G1/4"
RDE075-01	207	99.4	80.2	125	38.7	52.5	20	80	30	F07- $\Phi$ 70	F05- $\Phi$ 50	M8x12	M6x9	14	$\Phi$ 40	G1/4"
RDE092-61	258	117	98.3	143	44	59	21	80	30	F07- $\Phi$ 70	F05- $\Phi$ 50	M8x12	M6x10	17	$\Phi$ 40	G1/4"
RDE105-02	287	133	109.5	158.5	52	64	24.5	80	30	F10- $\Phi$ 102	F07- $\Phi$ 70	M10x15	M8x12	22	$\Phi$ 40	G1/4"
RDE125-62	342.5	154.4	122.2	180.5	59.7	74	29	80	30	F10- $\Phi$ 102	F07- $\Phi$ 70	M10x15	M8x12	22	$\Phi$ 40	G1/4"
RDE140-03	411	173.7	138	200	65	77	32	80	30	F12- $\Phi$ 125	F10- $\Phi$ 102	M12x20	M10x15	27	$\Phi$ 40	G1/4"
RDE190-04	544	232.3	188.7	258	85.3	102.8	40	130	30	F14- $\Phi$ 140	-	M16x22	-	36	$\Phi$ 50	G1/4"
RDE240-05	622	291	245	317	115	130	50	130	30	F16- $\Phi$ 165	-	M20x26	-	46	$\Phi$ 50	G3/8"
RDE270-06	688	330	273	356	128	147	60	130	30	F16- $\Phi$ 165	-	M20x26	-	46	$\Phi$ 50	G1/2"
RDE350-07	880	410	362	436	164	195	60	130	30	F16- $\Phi$ 165	-	M20x26	-	46	$\Phi$ 50	G1/2"

SIMPLE EFECTO  
SIMPLE ACTING

Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Portada/Portada
RSE052-00	163.5	72	65	96	26	42	14	80	30	F05- $\Phi$ 50	F03- $\Phi$ 35	M6x9	N6x6	11	$\Phi$ 40	G1/4"
RSE063-50	186	87.6	79.8	113	33	47	18	80	30	F07- $\Phi$ 70	F05- $\Phi$ 50	M8x10	N6x9	14	$\Phi$ 40	G1/4"
RSE075-01	207	99.4	80.2	125	38.7	52.5	20	80	30	F07- $\Phi$ 70	F05- $\Phi$ 50	M8x12	M6x9	14	$\Phi$ 40	G1/4"
RSE092-61	258	117	98.3	143	44	59	21	80	30	F07- $\Phi$ 70	F05- $\Phi$ 50	M8x12	M6x10	17	$\Phi$ 40	G1/4"
RSE105-02	287	133	109.5	158.5	52	64	24.5	80	30	F10- $\Phi$ 102	F07- $\Phi$ 70	M10x15	M8x12	22	$\Phi$ 40	G1/4"
RSE125-62	342.5	154.4	122.2	180.5	59.7	74	29	80	30	F10- $\Phi$ 102	F07- $\Phi$ 70	M10x15	M8x12	22	$\Phi$ 40	G1/4"
RSE140-03	411	173.7	138	200	65	77	32	80	30	F12- $\Phi$ 125	F10- $\Phi$ 102	M12x20	M10x15	27	$\Phi$ 40	G1/4"
RSE190-04	544	232.3	188.7	258	85.3	102.8	40	130	30	F14- $\Phi$ 140	-	M16x22	-	36	$\Phi$ 50	G1/4"
RSE240-05	622	291	245	317	115	130	50	130	30	F16- $\Phi$ 165	-	M20x26	-	46	$\Phi$ 50	G3/8"
RSE270-06	688	330	273	356	128	147	60	130	30	F16- $\Phi$ 165	-	M20x26	-	46	$\Phi$ 50	G1/2"
RSE350-07	880	410	362	436	164	195	60	130	30	F16- $\Phi$ 165	-	M20x26	-	46	$\Phi$ 50	G1/2"

+34 902 090 582 [info@knives.com](mailto:info@knives.com) [www.knives.com](http://www.knives.com)

Tabla No. 11 Actuador Neumático KTN RDE Dimensiones.



**PARTES Y MATERIALES**  
PARTS AND MATERIALS

Nº	Descripción/Description	Cantidad	Materia	Tratamiento anti-corrosión/Anti-corrosion treatment	Materiales opcionales/Optional material	Placa de requisitos/Requiring card
1	Tornillo indicador / Indicator screw	1	PA6+GF			
2	Indicador/Indicator	1	PCM			
3	Pinza de resorte / Spring clip	1	Acero			
4	Arandela/Washer	1	Acero inoxidable			
5	Arandela exterior / Outside washer	1	PIFE			
6	Cuerpo / Body	1	Aluminio anodizado	Hard anodized etc		
7	Pistón / Piston	2	Aluminio fundido	Hard anodized	Acero inoxidable	
8	Ensamblaje del resorte / Spring assembly	*	302/304 + PTFE	Dip coating	Viton / Silicon	x
9	Casquillo terminal / End cap O-ring	2	NBR+HBR+FKM		Viton / Silicon	
10	Tornillo de la tapa / Cap screw	8	Acero inoxidable			
11	Tapa final / End cap	2	Aluminio fundido	Powder spraying etc		
12	Anillo (pistón superior) / Bearing (piston top)	2	PIFE			
13	Junta tórica (pistón) / O-ring (piston)	2	NBR+HBR+FKM		Viton / Silicon	x
14	Guía (pistón) / Guide (piston)	2	PCM		PIFE	
15	Perno de ajuste / Adjusting bolt	2	Acero inoxidable			
16	Tuercas de ajuste / Adjusting nuts	2	Acero inoxidable			
17	Junta tórica (tuercas de ajuste) / O-ring (adjusting nut)	2	NBR+HBR+FKM		Viton / Silicon	
18	Junta tórica (pistón superior) / O-ring (piston top)	1	NBR+HBR+FKM		Viton / Silicon	A
19	Anillo (pistón superior) / Bearing (piston top)	1	PIFE			x
20	Arandela interior / Inside washer	1	PIFE			
21	Leva / Cam	1	Acero inoxidable			
22	Pistón inferior / Piston	1	Aluminio fundido	Nickel plated	Acero inoxidable	
23	Anillo (pistón inferior) / Bearing (piston bottom)	1	PIFE			
24	Junta tórica (pistón inferior) / O-ring (piston bottom)	1	NBR+HBR+FKM		Viton / Silicon	x

Tabla No. 12 Actuador Neumático KTN RDE Partes y Materiales.

DOBLE EFECTO  
DOUBLE ACTION



Íngrese el aire del puerto A, esto fuerza a los pistones a moverse hacia afuera, el piñón gira en sentido antihorario y abre la válvula, luego el aire se expulsa del puerto B.

Input the air Port A forces the pistons move outward, the piston turns counterclockwise and open the valve, then the air be exhausted from Port B.

Introducir el aire en el puerto B, esto obliga a los pistones a moverse hacia adentro, el piñón gira en sentido horario y cierra la válvula, luego el aire se expulsa del puerto A.

Input the air into Port B forces the pistons move inward, the piston turns clockwise and close the valve, then the air be exhausted from Port A.

SIMPLE EFECTO  
SINGLE ACTION



Íngrese el aire del puerto A, esto fuerza a los pistones a moverse hacia afuera, el piñón gira en sentido antihorario y abre la válvula, luego el aire se expulsa del puerto B.

Input the air Port A forces the pistons move outward, the piston turns counterclockwise and open the valve, then the air be exhausted from Port B.

Cuando se pierde presión de aire o energía, la energía almacenada en los resortes fuerza a los pistones hacia adentro, haciendo que el piñón gire en el sentido de las agujas del reloj mientras el aire se expulsa del puerto.

When the air pressure or power, the stored energy in the springs forces the pistons inward, causing the piston turns clockwise while air be exhausted from Port.

Nota: 1. La rotación estándar es de reloj para cerrar la válvula y en sentido antihorario para abrir. 2. Si la dirección del pistón se ensambla en sentido inverso, entonces la rotación estándar es en sentido antihorario para cerrar la válvula y en sentido horario para abrir.

Note: 1. The standard rotation is clockwise for closing the valve and counterclockwise for opening. 2. If the direction of the piston is assembled reversely, then the standard rotation is counterclockwise for closing the valve and clockwise for opening.

Figura No. 68 Actuador Neumático KTN RDE Principio de Funcionamiento.

---

**SERIE 6A**

# **POSICIONADOR ELECTRONEUMÁTICO**

GUÍA DE INICIO RÁPIDO



Esta documentación no es integral y tiene como fin ayudar a los usuarios primerizos a familiarizarse con el Posicionador Electroneumático Serie 56A de Bray. Para obtener información más detallada, el Manual de Instalación, Funcionamiento y Mantenimiento está disponible en el sitio web de Bray.

---

 **Bray**<sup>®</sup>

**BRAY.COM**

**LA COMPAÑÍA DE ALTO RENDIMIENTO**

Figura No. 69 Posicionador Serie 6A Bray.

**1.0 MONTAJE Y CONFIGURACIÓN**

**Paso 1** Coloque el soporte de montaje en la parte inferior del posicionador. Ajuste los pernos de montaje y las arandelas de seguridad.



**Paso 2** Posicione el eje de salida del posicionador de modo que la parte plana (1) quede hacia arriba.



**Paso 3** Inserte el acoplador sobre el eje de salida. Antes de ajustar el tornillo de fijación del acoplador, asegúrese de que esté correctamente alineado con el lado plano del eje.



**Paso 4** Posicione el indicador amarillo en la base del acoplador.



Figura No. 70 Posicionador Serie 6A Bray Montaje y Configuración.

**1.0 MONTAJE Y CONFIGURACIÓN (Continuación)**

**Paso 5** Coloque el posicionador sobre el actuador y ajuste los tornillos de montaje.



**Paso 6** Inserte los acoples neumáticos en el posicionador y el actuador, antes de insertar la tubería en las salidas del posicionador a las entradas del actuador.

**Nota:** El aire de suministro será guiado a Y1 en el caso de pérdida de señal (condición de falla).

Los actuadores de acción simple liberan aire de Y1 ante la pérdida de señal.

En el caso de los actuadores de doble acción, asegúrese de que Y1 esté conectada al puerto deseado para la posición de falla.



**Paso 7** Coloque la lengüeta amarilla "Selector de relación de transmisión" (2) en la posición de 90°, apartándola del lado etiquetado del dispositivo.



Figura No. 71 Posicionador Serie 6A Bray Montaje y Configuración (Continuación).

**Paso 8** Ajuste la rueda de embrague amarilla (3) en la parte inferior de las terminales a la posición de 90°, utilizando un destornillador de 4 mm de ancho.



Figura No. 722 Posicionador Serie 6A Bray Montaje y Configuración (Continuación).

## 2.0 CALIBRACIÓN

**Paso 1** Encienda la unidad con una señal de 4 a 20 mA.

**Nota:** Asegúrese de que la señal no se apague durante el proceso de calibración.



**Paso 2** Presione el Botón del Menú  durante >5 segundos para ingresar en el modo de configuración.



**Paso 3** Una vez en el modo de configuración, el parámetro 1 aparecerá en la esquina inferior izquierda de la pantalla del posicionador. El parámetro 1 le permite al usuario seleccionar el tipo de actuador que será sincronizado con el dispositivo.



**Paso 4** Use el Botón Arriba  para desplazarse por las opciones disponibles (en orden ascendente) hasta que llegue a "turn". Esta opción es para los actuadores de un cuarto de vuelta.

**Nota:** Para desplazarse por los parámetros en orden descendente, mantenga presionado el Botón del Menú  al usar el Botón Down (Abajo)  hasta encontrar la opción "turn".



Figura No. 73 Posicionador Serie 6A Bray Calibración.

## Series 63 Solenoid Valve

**Valve Status Monitor Type:**

**Bray Series 63 Solenoid Valve or approved equal.**

**General:**

- The solenoid shall be Spool Type Operation.
- Shall be convertible from 3-way (3/2) to 4-way (5/2) operation.
- The solenoid shall be compatible with both Double Acting and Spring Return actuators where on/off electrical operation is required.
- Shall be available with single coil or dual coils for actuator operation.

**Coil Housing:**

- Solenoid shall be provided with one of the following coil housings/connectors as specified:
  - General Purpose, Watertight (NEMA 4, 4X)
  - Explosion Proof (NEMA 4, 4X, 7 & 9)
  - IP65 DIN
- Standard construction for NEMA coils shall be molded and potted coil with 18" leads and Class "F" insulation.
- Standard construction for IP65 DIN coils shall be epoxy encased with Class "F" insulation.

**Pneumatic Ports:**

- Shall be 1/4" NPT.

**Connections:**

- Electrical connections for NEMA Housings shall be 1/2" NPT.
- Electrical connections for DIN Housings shall be Cable Gland PG9.



**Manual Override:**

- Solenoid shall be provided with a standard mechanical manual override screw on the side of the solenoid valve block.

**Mounting:**

- All Solenoids shall direct mount to the actuator in any position using NAMUR VDI/VDE 3845 interface Eliminating external piping between solenoid valve and actuator.

**Approvals & Certifications:**

**Solenoid Coils:**

- UL Certification
- CSA Certification
- Bureau Veritas
- PED/CE Certification

Figura No. 74 Válvulas Solenoide Serie 63 de Bray Recomendaciones y Especificaciones.