



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA

TESIS

**“PROPUESTA DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE
DESAIREACIÓN Y BOMBEO DE AGUA PARA CALDERAS EN LA
EMPRESA AGRO PUCALÁ SAA”**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR:

Bach. JUAN CARLOS LLÚNCOR ACARO

ASESOR:

ING. OSCAR MÉNDEZ CRUZ

LAMBAYEQUE – PERU

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

“PROPUESTA DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESAIREACIÓN Y BOMBEO DE AGUA PARA CALDERAS EN LA EMPRESA AGRO PUCALÁ SAA”

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Presentado Por:

Bach. JUAN CARLOS LLÚNCOR ACARO

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: DR. ANIBAL JESUS SALAZAR MENDOZA

SECRETARIO: M.Sc. AMADO AGUINAGA PAZ

MIEMBRO: LIC. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE

ASESOR: ING. OSCAR MÉNDEZ CRUZ

LAMBAYEQUE – PERU

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

“PROPUESTA DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESAIREACIÓN Y BOMBEO DE AGUA PARA CALDERAS EN LA EMPRESA AGRO PUCALÁ SAA”

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

**Dr. ANIBAL JESUS SALAZAR MENDOZA
PRESIDENTE**

**M.Sc. AMADO AGUINAGA PAZ
SECRETARIO**

**LIC. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE
MIEMBRO**

**Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
ASESOR**

LAMBAYEQUE – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mi madre, la Sra. María del Carmen Acaro Farfán y a mi familia quienes me inculcaron los valores de respeto y perseverancia para lograr mis metas; a Leslie por apoyarme en todo momento y ser indispensable en proyectos venideros; y a Dios por darme las herramientas en el momento preciso para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes de la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, por los conocimientos impartidos y ser la base en mi formación profesional.

Agradezco al personal la empresa Agro Pucalá SAA, en especial al sr. Benjamín Macalopú Gamarra. QEPD, quien me orientó en el funcionamiento técnico de los equipos de instrumentación.

Agradezco a mi tío Jaime Suyón Reaño, quien me apoyó desinteresadamente en mi formación académica y poder alcanzar objetivos.

RESUMEN

El objetivo del proyecto es generar un proceso autónomo y eficiente del área de desaieración y bombeo de agua para las calderas de la empresa Agro Pucalá SAA, utilizando herramientas tecnológicas como la automatización industrial, la cual generará un impacto positivo en seguridad y la inversión económica de la empresa al mediano plazo.

Actualmente el proceso funciona de manera manual, apelando a la pericia técnica del personal; sin embargo una desatención de éstos generaría un accidente o falla en el proceso los cuáles generarían pérdidas tanto humanas como económicas para la empresa; el proyecto solucionará ambas problemáticas utilizando instrumentación de alta gama para controlar y supervisar las variables del proceso autónomamente.

El tipo de investigación del proyecto es aplicada, descriptiva y explicativa; aplicada, pues se utilizó aspectos teóricos y prácticos de la ingeniería de control para implementarlos en el proceso de bombeo y desaieración de agua para las calderas; descriptiva, pues se describe las características técnicas de la instrumentación seleccionada y de las variables de estudio; explicativa, porque permitió analizar e interpretar el comportamiento de las variables para solucionar los problemas del proceso.

Palabras clave: Control y automatización industrial, Controlador Lógico Programable, Desaierador, Bombeo de agua

ABSTRACT

The project purpose is to generate an autonomous and efficient process of the deaeration area and the pumping of water for the boilers of the Agro Pucalá SAA Company, using technological tools as the industrial automation, it will produce a positive impact on security and the company's economic investment in a medium term.

In the actuality the process works manually, taking into account the staff technical expertise, however an inattention from the staff would produce an accident or failure in the process and as a consequence, human and economic losses for the company will occur. This project looks for solving both problematic parts by using a high – end instrumentation in order to control and supervise the variables of the process autonomously.

This work is an applied, descriptive and explanatory research project; applied, because it used theoretical and practical aspects of control engineering to implement in the process of pumping and deaeration of water for the boilers; descriptive, because the technical characteristics of instrumentation selected and the variables are described; explanatory, because the variables behavior was analyzed and interpreted in order to solve the process problems.

Key words: Industrial automation and control, programmable logic controller, deaerator, pumping water

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN.	6
INDICE.	7
INDICE DE TABLAS.	10
INDICE DE FIGURAS.	11
INTRODUCCIÓN.	15
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1 Realidad Problemática.	16
1.2 Formulación del Problema.....	16
1.3 Delimitación de la Investigación.	17
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación.....	18
1.5 Limitaciones de la Investigación.	18
1.6 Objetivos.	18
1.6.1 Objetivo General	18
1.6.2 Objetivo Específicos	18
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes de Estudios.....	20
2.2 Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado.....	22
2.2.1 Automatización Industrial	22
2.2.2 Proceso.....	22
2.2.3 Componentes básicos de una automatización.....	24
2.2.3.1 Controladores.....	24

2.2.3.2 Sensores	30
2.2.3.2.1 Tipos de Sensores.....	32
2.2.3.3 Actuadores	35
2.2.3.3.1 Definición.....	35
2.1.3.3.2 Clasificación de Actuadores	37
2.2.3.4 Software	40
2.2.3.4.1 Definición.....	40
2.2.3.5 Redes de Comunicación Industriales	41
2.2.3.5.1 Definición.....	41
2.2.3.5.2 Sistemas Industriales de Control	41
2.2.3.5.3 Protocolos de Comunicación Industrial	47
2.2.4 Control PID.....	56
2.2.4.1 Definición.....	56
2.2.4.2 Arquitectura de PID	57
2.2.4.2.1 Parámetro Proporcional (P)	58
2.2.4.2.2 Parámetro Integral (I)	58
2.2.4.2.3 Parámetro Derivativo (D)	59
2.2.5 Sistema desgasificador o desaireador para Calderas.....	60
2.2.6 Bombas de alimentación	62
2.2.7 Tanque de agua condensada	63
2.3 Definición conceptual de la terminología empleada.	64
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	67
3.1 Tipo y Diseño de investigación.....	67

3.2 Población y muestra.....	67
3.3 Hipótesis.....	68
3.4 Operacionalización de variables.....	69
Tabla 2: Operacionalización de Variables.....	69
3.5 Métodos y Técnicas de investigación.....	70
3.6 Descripción de los instrumentos utilizados.....	70
3.7 Análisis e Interpretación de datos.	72
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	73
4.1 Implementación de la instrumentación de control.	73
4.2 Cambio de cableado de alimentación de bombas centrífugas.	74
4.3 Dimensionamiento y programación del proceso de control automatizado.	75
4.4 Tablero de Distribución.....	75
4.5 Programa de mantenimiento preventivo para el sistema de control y fuerza.	76
4.6 Cálculo de puesta a tierra para sistema de control.	76
CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	77
5.1 Resultados en tablas y gráficos.....	77
5.1.1 Calculo de alimentadores para motores	77
5.1.2 Dimensionamiento de interruptores termomagnéticos para motores	82
5.1.3 Calculo PID y selección de electroválvulas	84
5.1.3.1 Datos técnicos	84
5.1.3.2 Grafico de control PID	84
5.1.3.3 Diagrama de Control PID	85
5.1.3.4 Selección de electroválvula con Posicionador	86
5.1.4 Dimensionamiento de PLC	87

5.1.4.1 Resumen de variables para el proceso	89
5.1.4.2 Selección de PLC y componentes auxiliares	89
5.1.5 Programación en plataforma Tia Portal V14	94
5.1.5.1 Selección de dispositivos en la plataforma TIA PORTAL V14.....	94
5.1.5.1.1 Selección de PLC S7 1200 – CPU 1214C	94
5.1.5.1.2 PLC S7 1200 y módulos auxiliares	95
5.1.5.1.3 Creación de funciones	96
5.1.6 Dimensionamiento de pozo a tierra	107
5.1.6.1 Cálculo de puesta a tierra para sistema de control.....	107
5.1.7. Puesta a tierra para electrobombas	109
5.2 Discusión de Resultados.....	110
5.2.1 Presupuesto de la implementación del proyecto.....	110
5.2.2 Evaluación económica del proyecto.....	112
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	116
6.1 Conclusiones.....	116
6.2 Recomendaciones.....	118
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	119
ANEXOS.	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Buses de Campo.....	50
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	69
Tabla 3. Equipamiento de control del sistema automatizado.	73
Tabla 4. Equipamiento para cambio de alimentadores eléctricos.	74
Tabla 5. Características técnicas de electrobombas.	78
Tabla 6. Tabla de datos técnicos NH-80.	80
Tabla 7. Selección de Conductores para electrobombas.	81
Tabla 8. Datos técnicos de variables para control PID.....	82
Tabla 9. Selección de electroválvula.	86
Tabla 10. Selección de Posicionador.	87
Tabla 11. Variables del diseño.	88
Tabla 12. Características técnicas de PLC.....	90
Tabla 13. Características técnicas de cable de comunicación Ethernet.....	92
Tabla 14. Características técnicas de pantalla HMI.	93
Tabla 15. Presupuesto de la implementación del proyecto	110
Tabla 16. Gasto mano de obra actual de la empresa.....	112
Tabla 17. Gasto mano de obra después del proyecto.....	113
Tabla 18. Presupuesto de la implementación de automatización.....	114
Tabla 19. Financiamiento del Proyecto.	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de Empresa Agro Pucalá SAA.....	17
Figura 2. Elementos de un proceso de automatización.....	24
Figura 3. Diagrama de un proceso de automatización.	25
Figura 4. Partes de un Controlador Lógico Programable.	27
Figura 5. PLC Nano.....	28
Figura 6. PLC Compacto.....	29
Figura 7. PLC Modular.	30
Figura 8. Clasificación de los sensores.	32
Figura 9. Clasificación de los sensores.	33
Figura 10. Esquema de respuesta de un actuador.....	36
Figura 11. Actuadores Eléctricos.....	38
Figura 12. Actuadores Hidráulicos.	39
Figura 13. Actuadores Neumáticos.	40
Figura 14. Tipos de sistemas industriales de control.....	42
Figura 15. Control Centralizado.....	43
Figura 16. Control Distribuido.....	44
Figura 17. Control Híbrido.	46
Figura 18. Buses de campo.....	49
Figura 19. Protocolo Modbus.	52
Figura 20. Mensajería Ethernet.....	53
Figura 21. Protocolo Ethernet Industrial.	55
Figura 22. Ethernet Industrial.	56
Figura 23. Control PID.....	57

Figura 24. Tanque desaireador.	61
Figura 25. Bomba Centrífuga.	62
Figura 26. Tanques de condensado.	63
Figura 27. Plataforma Tia Portal.	75
Figura 28. Interruptor termomagnético ME250.	82
Figura 29. Interruptor termomagnético MA/ME125	83
Figura 30. Diagrama control PID.	84
Figura 31. Gráfico de control.	85
Figura 32. Cable de conexión entre módulos.	91
Figura 33. Componentes seleccionados del proyecto.	94
Figura 34. Selección de controlador S7 1200.	95
Figura 35. Controlador y módulos auxiliares.	95
Figura 36. Arranque y paro de electrobombas.	97
Figura 37. Programación de variables de bombeo de agua condensada.	98
Figura 38. Pantalla HMI del proceso de bombeo de agua a desaireador.	98
Figura 39. Programación de variables de entrada de vapor.	99
Figura 40. Pantalla HMI del proceso de entrada de vapor a desaireador.	100
Figura 41. Lectura de nivel de domos.	101
Figura 42. Control de electroválvulas.	101
Figura 43. Control de cierre y apertura de electroválvula.	102
Figura 44. Pantalla HMI del proceso de control de electroválvulas en domos de calderas.	102
Figura 45. Control de electrobombas de agua para domos de calderas.	103
Figura 46. Medición de presión y temperatura de bombeo de agua a domos de calderas.	104

Figura 47. Sistema de control de emergencias en bombeo de agua.	105
Figura 48. Pantalla HMI del proceso de control de emergencia en bombeo de agua.....	106
Figura 49. Control de variables de medición de presión y temperatura de domos de calderas.....	106

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias están adaptándose a lo que se llama la industria 4.0, la cual conlleva en la digitalización de los procesos productivos, para poder tener controlados los parámetros de todo el sistema, por ende un primer gran paso a este tipo de industria es la automatización.

La automatización es un sistema que proporciona un proceso más eficiente, seguro y controlado en la industria. Su aplicación implica una serie de cambios de elementos que se puedan integrar a un proceso controlado.

El presente trabajo de investigación tuvo como fin la implementación de un sistema automatizado del proceso de generación de vapor de las calderas de la empresa Agro Pucalá SAA.

Para mantener una elevada eficiencia en el funcionamiento de las calderas se necesita disponer de sistemas de control automático¹.

Las fuentes bibliográficas se tomaron de trabajos de investigación de aplicaciones de la automatización en procesos de la generación de vapor, las cuales fueron trasladadas a la problemática de la empresa Agro Pucalá SAA.

¹ Ing. José Renato Rodríguez Vásquez. (2006). Desarrollo de un Sistema de Control Avanzado de la Presión del Vapor en una Caldera de Tubos de Fuego. (*Tesis de maestría*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad Problemática

Actualmente las empresas azucareras del norte del Perú urgen modernizar y automatizar los equipos de los diferentes procesos que conforman el proceso de la elaboración de azúcar rubia.

En la generación de vapor, el cual se produce en las calderas, se utiliza recurso hídrico, que se almacena en un sistema de recipientes llamados domos, éstos se abastecen de agua desde un sistema de tanques los cuáles envían agua por un sistema de tratado de agua y bombeo, los cuáles actualmente funcionan manualmente bajo la pericia técnica de los operarios.

Por ello surge la necesidad de implementar un sistema automatizado, a partir de los equipos ya existentes enlazándolos a un sistema de control que permitan tener un proceso más eficiente, seguro y proporcione una reducción de pérdidas de las materias primas(vapor, agua) el cual generará un impacto positivo en la economía de la empresa.

1.2 Formulación del Problema

¿Podría la propuesta de la automatización del proceso de desaireación y bombeo de agua para las calderas en la empresa Agro Pucalá SAA, mejorar la eficiencia y generar un impacto positivo en su economía?

1.3 Delimitación de la Investigación

Ubicación Política

Empresa Agro Pucalá, ubicado en el distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque (Ver figura 1)

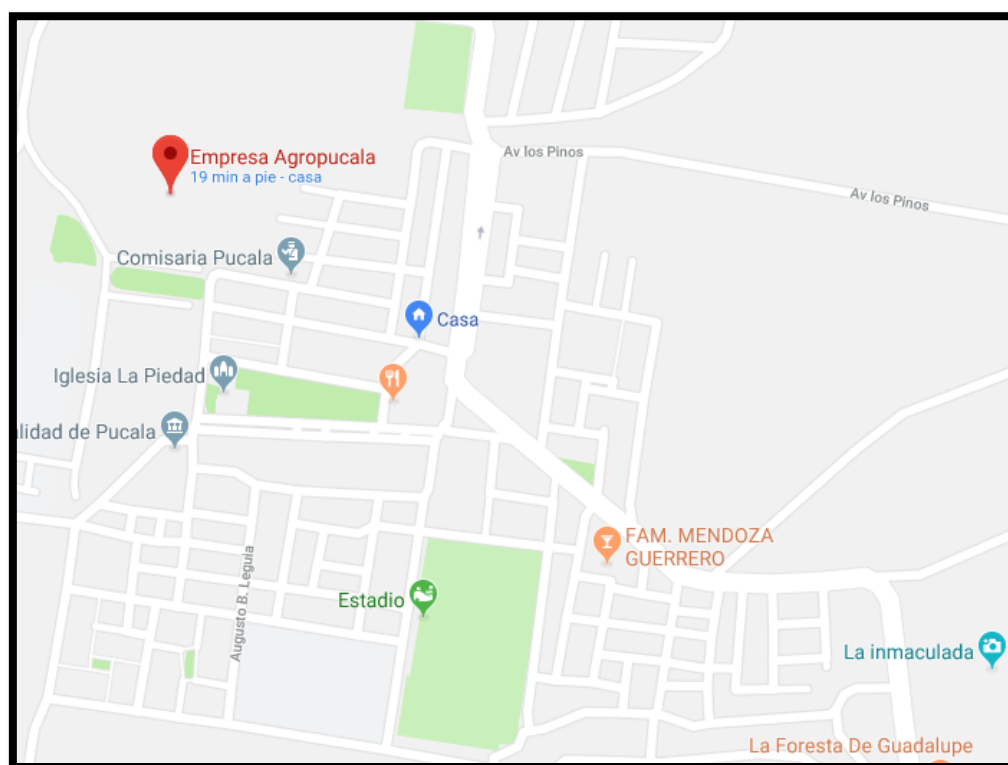


FIGURA 1: Ubicación de Empresa Agro Pucalá SAA.
FUENTE: Google Maps

1.4 Justificación e importancia de la TESIS

Con la implementación de un sistema automatizado permitirá tener un proceso más eficiente, seguro y controlado de la generación de vapor; así como el uso controlado del agua para este proceso, los cuales también generarán el primer paso para la reingeniería del área de calderos y un impacto positivo en la economía de la empresa al mediano plazo.

1.5 Limitaciones de la TESIS

Escasos centros de capacitación del área de automatización en la región; así como profesionales especializados en el área.

1.6 Objetivos de la TESIS

1.6.1 Objetivo general:

Automatizar el proceso de desaireación y bombeo de agua para las calderas en la empresa Agro Pucalá SAA

1.6.2 Objetivos específicos:

- a. Modelar un sistema de control y supervisión de desaireación y bombeo de agua para las calderas; además de selección de instrumentación para control.

- b. Controlar parámetros (presión, temperatura, caudal, nivel) para mejorar la eficiencia del sistema de desaireación y bombeo de agua para las calderas.
- c. Diseñar el software para el control y monitoreo del proceso.
- d. Determinar costos y viabilidad de implementación del proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Estudios

Según el **Ing. José Renato Rodríguez Vásquez** en su trabajo de Tesis de maestría de “Desarrollo de un Sistema de Control Avanzado de la Presión del Vapor en una Caldera de Tubos de Fuego”, plantea una estrategia de control avanzado en los procesos de producción de vapor para elevar la efectividad y fiabilidad del proceso, la cual efectúa un análisis de control predictivo generalizado (GPC) para controlar las variaciones de la presión que se originan en las calderas de tubos de fuegos, la cual generan una repercusión positiva en los resultados de eficiencia del proceso automatizado efectuado a base de un modelado matemático, a partir del análisis de datos de variables como presión, temperatura y caudal del sistema ².

² Ing. José Renato Rodríguez Vásquez. (2006). Desarrollo de un Sistema de Control Avanzado de la Presión del Vapor en una Caldera de Tubos de Fuego. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

(Quique Waldir Díaz Cuvas e Iván Rosel Estela Vásquez D.2016) En su trabajo de tesis “Diseño de la Automatización del Proceso de Generación de Vapor de la Caldera Apin en la Empresa Agro Industrial Casa Grande SAA”, nos plantean un sistema de control y automatización bajo una Arquitectura de Control Distribuida, la cual se basa en un control PID, utilizando la implementación de un conjunto de sensores y actuadores para dicho control automatizado, al final del trabajo nos realiza un comparativo de las ventajas técnico económicas que trae la automatización de los procesos en la azucarera³.

La empresa **Siemens**, en un Whitepaper llamado “Soluciones Tecnológicas para la industria azucarera”, nos plantea diversas soluciones para el beneficio de la producción de una azúcar de mejor calidad bajo el enfoque de la automatización, los cuales son los siguientes beneficios:

- a) Alta calidad de producto a través vigilancia continua
- b) Máximo beneficio con la automatización integrada
- c) Reducción de costes debido a un menor uso de energía
- d) Servicio especializado en toda la cadena de valor

3 Quique Waldir Díaz Cuvas e Iván Rosel Estela Vásquez. (2016). Diseño de la Automatización del Proceso de Generación de Vapor de la Caldera Apin en la Empresa Agro Industrial Casa Grande SAA. (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

2.2 Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado

2.2.1 Automatización Industrial

Actualmente estamos en una época donde es imprescindible para las industrias tener sus procesos automatizados, para estar a la vanguardia del sector a los cuales pertenecen; además de tener un mejor control, supervisión y mejora en la calidad de los procesos que engloban la elaboración de los productos finales que ofrecen.

Bajo esta definición nace la necesidad de implementar a su proceso, globalmente o parcialmente sistemas autónomos que permitan lograr los fines anteriormente mencionados.

2.2.1.1 Definición

La automatización industrial es el uso de tecnologías para controlar un proceso, utilizando diferentes elementos como controladores, instrumentación, sensores, actuadores, software, redes que en conjunto conforman un sistema integrado autónomos que permitan el funcionamiento autónomo de las actividades del proceso, sin la intervención humana.

2.2.2 Proceso

Por proceso se entiende como la parte del sistema, la cual a partir del ingreso de materia prima o energía se obtiene un cambio llamado producto final.

Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch.

Los procesos continuos se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo

continuo de material, como por ejemplo la purificación de agua o la generación de electricidad. Los procesos discretos contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, siendo el ejemplo más relevante la fabricación de automóviles. Finalmente, los procesos batch son aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material, como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos o la producción de cerveza⁴.

⁴ Pere Ponsa, Antoni Granollers. (2010). Diseño y Automatización Industrial. *España*

2.2.3 Componentes Básicos de una Automatización

Si examinamos un sistema de automatización podemos observar los siguientes componentes (Ver Figura 2)

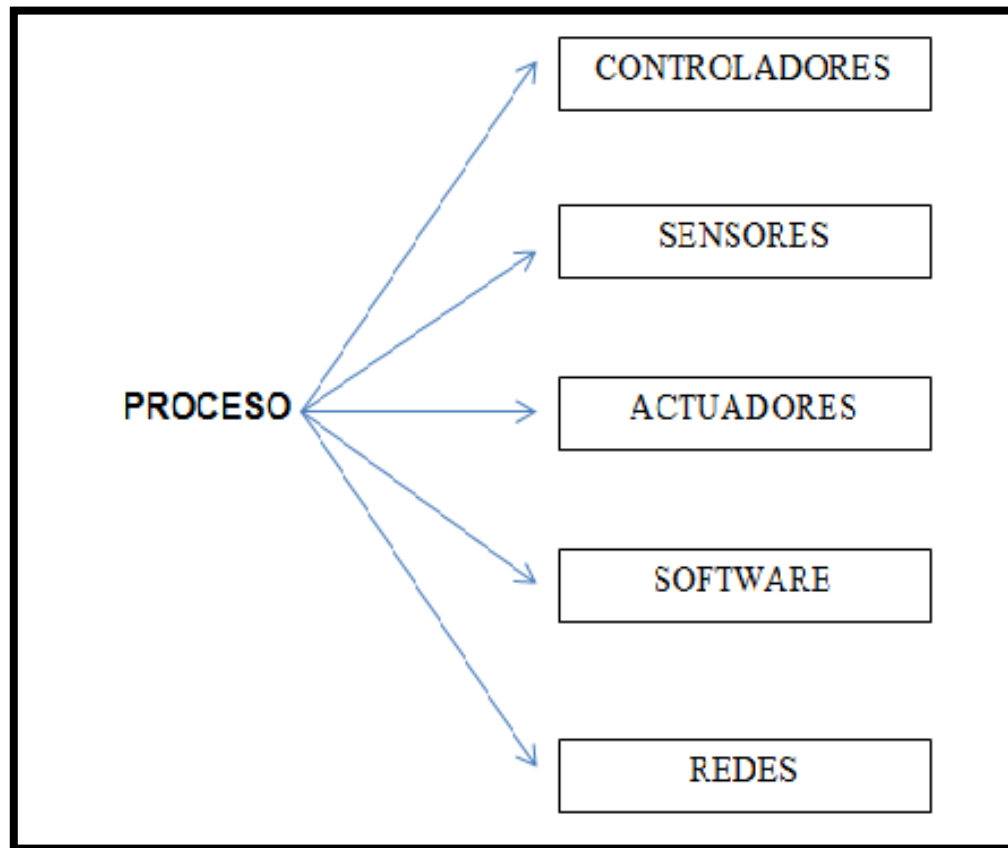


Figura 2: Elementos de un proceso de automatización
FUENTE: elaboración propia

2.2.3.1 Controladores

Un controlador es un dispositivo capaz de recibir señales y convertirlas en órdenes hacia otros componentes que forman parte de un determinado proceso.

Los controladores en la industria de la automatización son llamados controladores lógicos programables (PLC) que son equipos electrónicos en estado sólido capaz de

controlar en tiempo real procesos industriales, así como monitorear el estado de dispositivos como los inputs (Entradas) y controlar el estado de dispositivos como los outputs (salidas) (Ver figura 3)

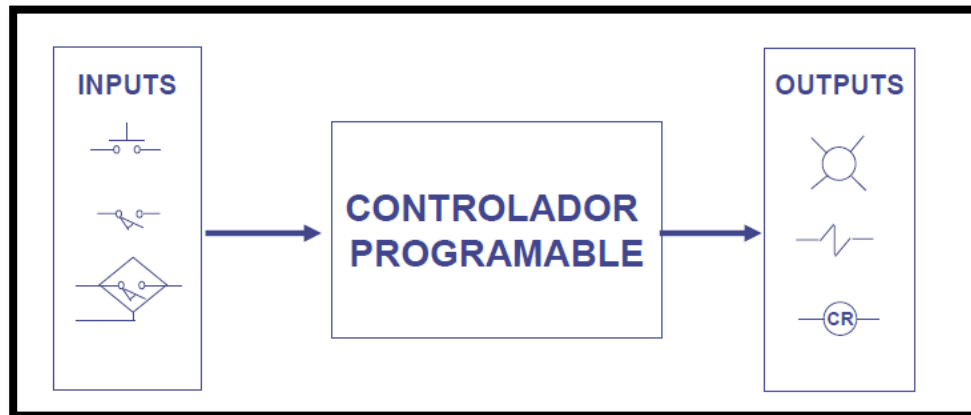


Figura 3: Diagrama de un proceso de automatización
FUENTE: Teslamic Controladores Lógicos Programables

2.2.3.1.1 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Un controlador lógico programable es un equipo electrónico o también llamada autómatas programables, la cual funciona como una computadora que recibe información a través de entradas llamados sensores y ésta a través de un software emite una orden hacia las salidas llamados actuadores.

Los PLC tienen una función muy importante dentro del mundo de la automatización ya que funcionan como el cerebro que mueve los diferentes procesos, a través de él pasa la información del proceso para la cuál ha sido adquirido para los cuáles se utilizan diferentes técnicas de programación.

Un PLC consta de 2 componentes:

- **Hardware:** Se trata del sistema de control, la cual está conformada por los componentes electrónicos; bajo este orden un hardware tiene como componente principal a un microprocesador o también llamado microcontrolador.
- **Software:** Se trata de la parte no tangible del PLC, es en otras palabras la programación o lenguaje que se utiliza para dar el funcionamiento del sistema de control.

Los PLC para poder realizar las funciones que se describen en los párrafos anteriores, tienen las siguientes partes:

- **Fuente de alimentación:** Es la parte que provee de energía eléctrica al CPU y demás módulos del PLC.
- **CPU:** Es la parte que recibe, procesa y ordena la información del PLC.
- **Módulos:** Son aquellas partes donde se realiza la conexión de los sensores y actuadores, hay dos tipos de módulos; los módulos de entrada, en los cuales se realiza el conexionado de los sensores que emitirán la información al PLC; y los módulos de salida, en los cuales se realiza el conexionado de los actuadores que ejecutarán las órdenes del PLC.

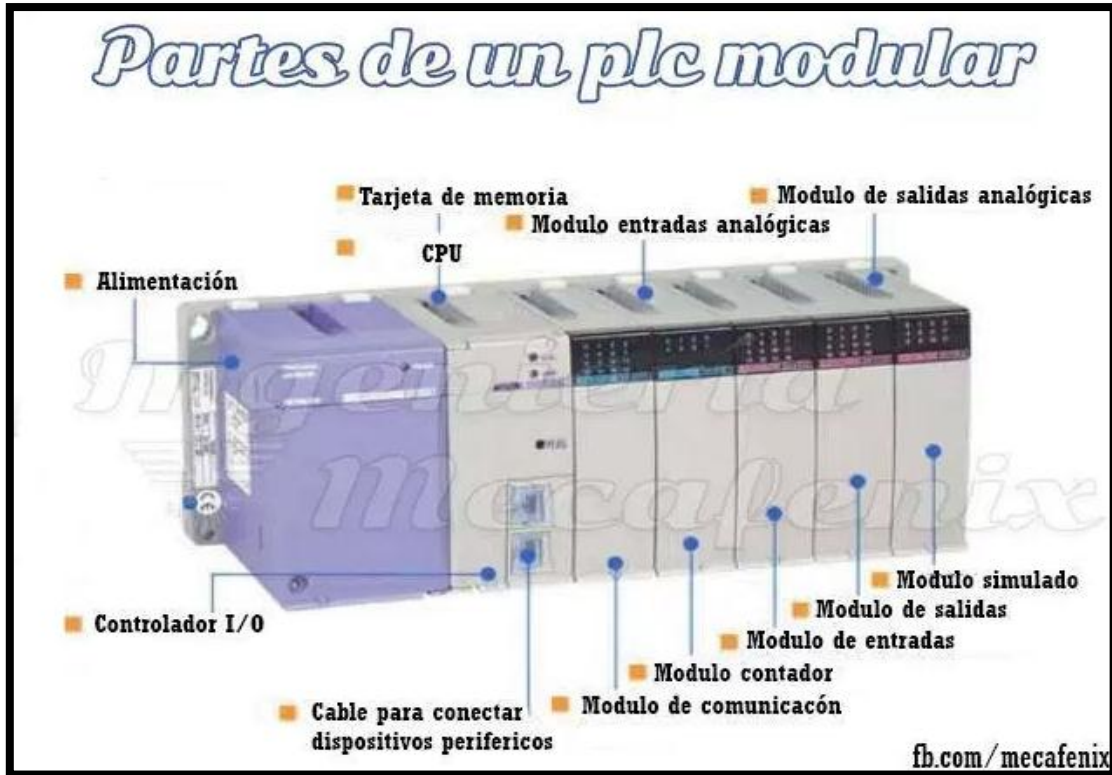


Figura 4: Partes de un Controlador Lógico Programable
 FUENTE: <http://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>

2.2.3.1.1.1 Clasificación de los Controladores Lógicos Programables:

Los PLC según las características de los mismos se clasifican en:

- PLC Nano: Son un tipo de PLC de la gama de los compactos, estamos hablando que presenta una fuente de alimentación, un CPU, entradas y salidas; sin embargo, se separa por el motivo que presentan una reducida cantidad de entradas y salidas (menor a 100); los PLC nano se utilizan para procesos básicos de automatización. (Ver figura 5)



Figura 5: PLC Nano

FUENTE: <https://es.slideshare.net/carlosalbertogamboa/tipos-de-plcs-8089865>

b) PLC Compacto: Estos PLC tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y los módulos de entrada y salida en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos (alrededor de 500 entradas y salidas), su tamaño es superior a los PLC tipo Nano y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- entradas y salidas análogas
- módulos contadores rápidos
- módulos de comunicaciones
- interfaces de operador
- expansiones de entrada y salida ⁵

⁵ Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España (2007a). *Lenguajes de Programación Orientados a PLC*. Recuperado el 26 de noviembre de 2018 de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>

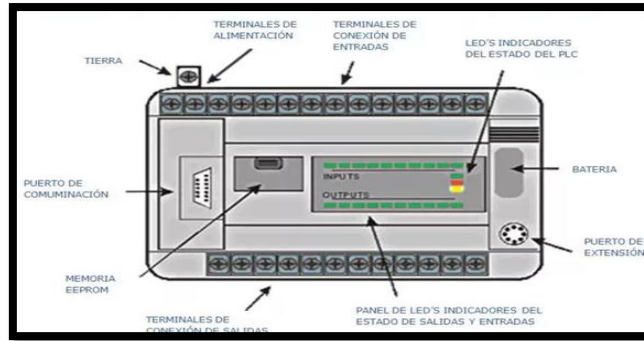


Figura 6: PLC Compacto

FUENTE: <http://saint-hyoga.wixsite.com/controlselectricos/en-blanco-cn5k>

c) PLC Modular: Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final. Estos son:

- El Rack
- La fuente de alimentación
- La CPU
- Los módulos de entrada y salida

De estos tipos de PLC existen desde los denominados Micro-PLC que soportan gran cantidad de entradas y salida, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de entradas y salidas.⁶

⁶ Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España (2007b). *Lenguajes de Programación Orientados a PLC*. Recuperado el 26 de noviembre de 2018 de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2>



Figura 7: PLC Modular

FUENTE: https://www05.beijerelectronics.com/en/Products/Control___systems/Modular___PLC

2.2.3.2 Sensores

Son aquellos dispositivos que envían la información hacia el PLC en forma de señales eléctricas y el PLC pueda transformarla en órdenes para ejecutar un determinado proceso.

Los sensores se clasifican según la forma de la señal convertida en:

- a) Sensores Analógicos: Proporcionan información analógica continua como por ejemplo de corriente o voltaje.
- b) Sensores Digitales: Proporcionan información en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas.

Características de los Sensores:

- a) Exactitud: Se refiere a la medición real de la variable física medida; en otras palabras que transmita la información al PLC en forma precisa.

- b) Rango: Son las magnitudes mínimas y máximas que mide cada sensor; se debe escoger un sensor de acuerdo a los márgenes que tenga la variable a medir; por ejemplo en un sensor ultrasónico.
- c) Velocidad de Respuesta: El sensor debe ser capaz de detectar la variación de las magnitudes físicas en un lapso inmediato, para enviar dicha información al PLC y se puede actuar de forma inmediata.
- d) Calibración: Cada sensor debe tener la capacidad de ser graduado con un margen de error mínimo.
- e) Fiabilidad: Los sensores deben presentar una garantía de funcionamiento alta, ya que al medir magnitudes de un proceso que no es aislado al de otras magnitudes no puede tener fallos.

2.2.3.2.1 Tipos de Sensores

Según este esquema nos muestra en forma general todos los tipos de sensores según tres tipos de clasificaciones: (Ver figura 8)

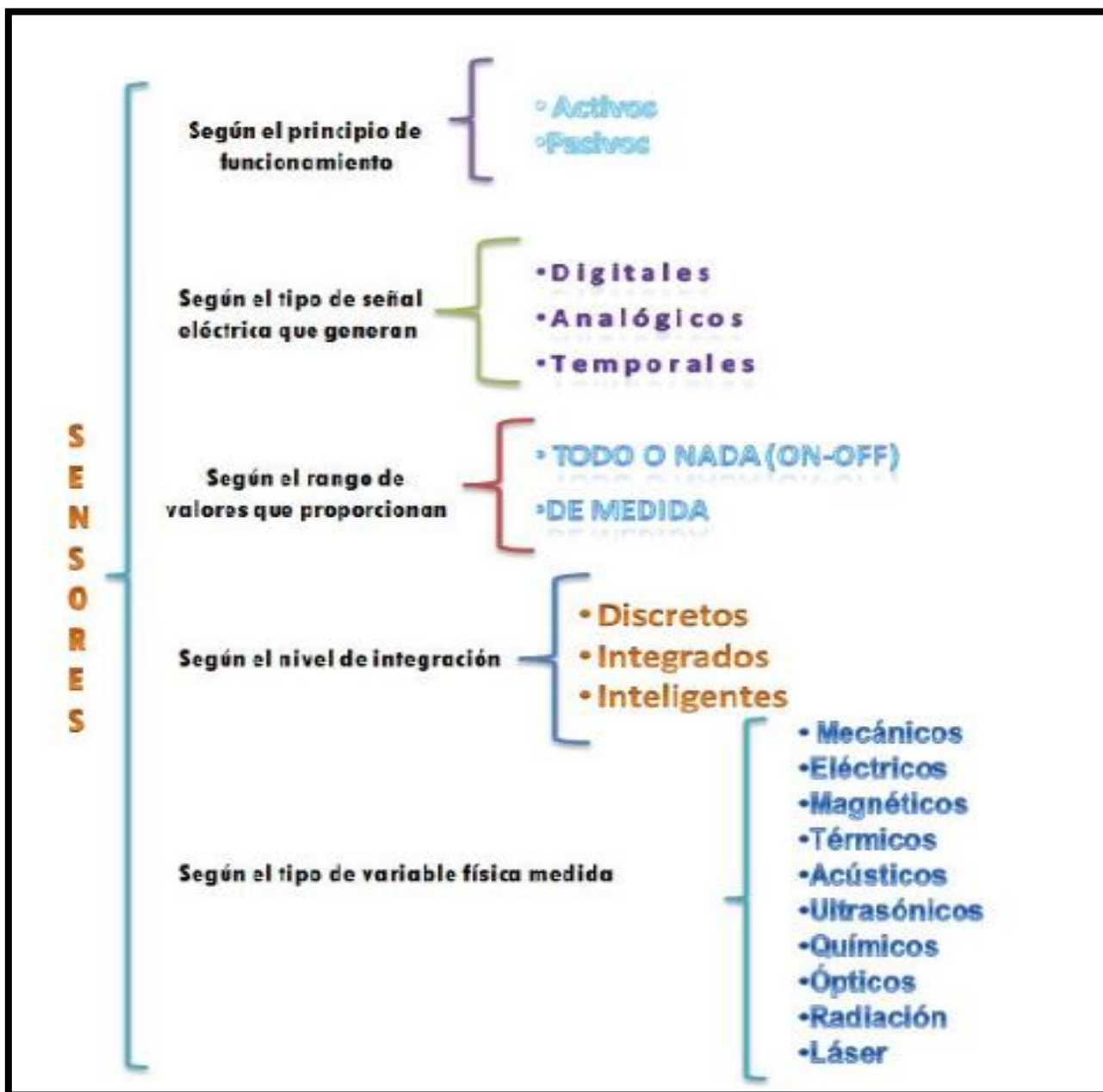


Figura 8: Clasificación de los sensores

FUENTE: <http://thelastlabproject.blogspot.com/2010/12/clasificacion-de-los-sensores.html>

a. Según el Principio de Funcionamiento.

a.1) Pasivos: Son aquellos sensores que necesitan de una fuente para poder realizar su función. Ejemplo: Sensores de caudal, nivel, presión.

a.2) Activos o Generadores: son capaces de funcionar sin necesidad de tener una fuente ligada a estos sensores. Ejemplo: Sensores fotovoltaicos.

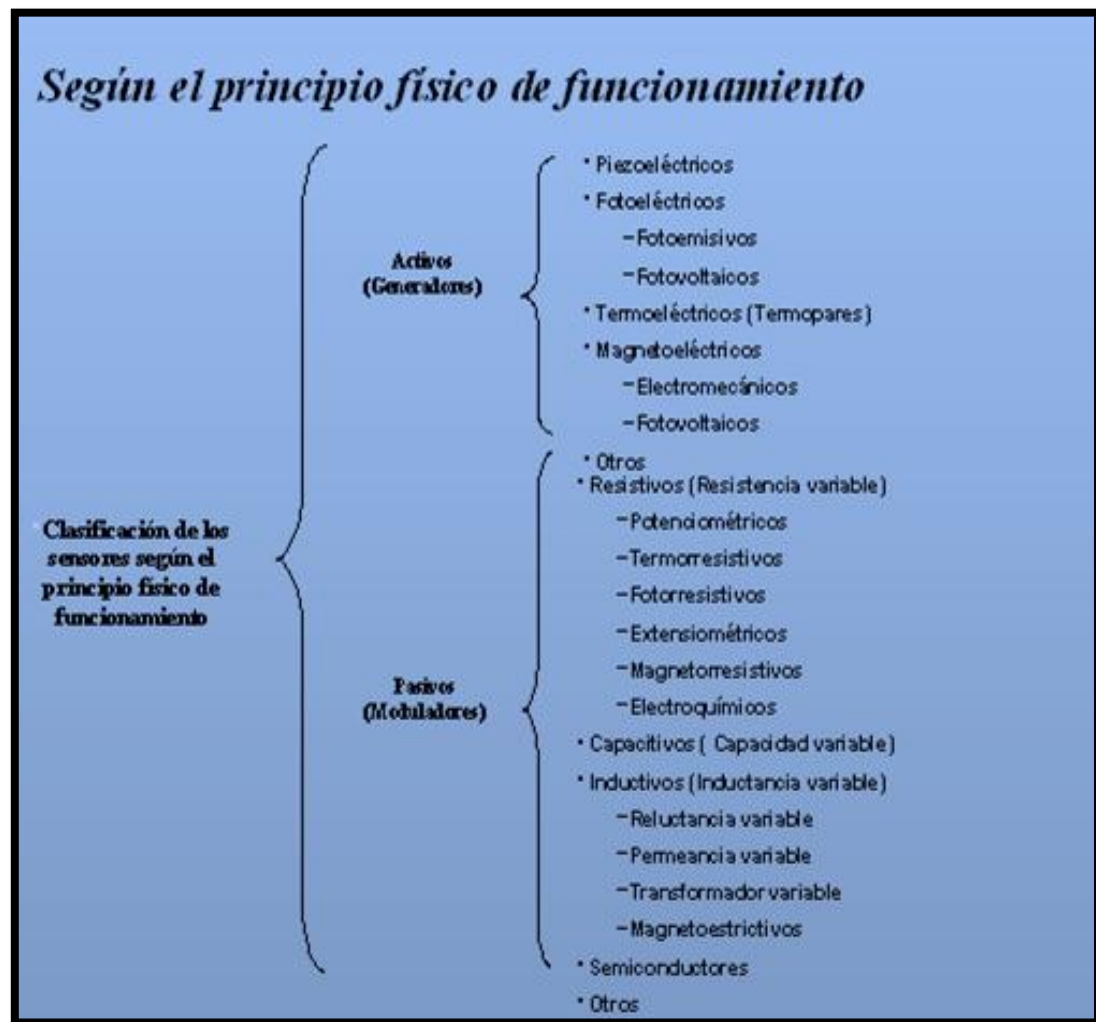


Figura 9: Clasificación de los sensores

FUENTE: <https://www.monografias.com/trabajos104/fundamentos-y-clasificacion-sensores/fundamentos-y-clasificacion-sensores.shtml>

b. Según el Tipo de Señal Eléctrica que generan.

b.1) Temporales: Son sensores que están relacionadas con el tiempo.

Ejemplo: Un osciloscopio.

b.2) Digitales: Son aquellos sensores que tienen dos estados (0 o 1) y que se traducen a través de los llamados bits, a través de estos tipos de sensores se pueden medir los valores de las variables que se utilizan en un proceso automatizado; con el avance de la electrónica se busca digitalizar todos los sensores por tener mayor compatibilidad con los equipos automatizados ya sean las computadoras o los PLC.

b.3) Analógicos: Son aquellos sensores que emiten señales a través de corriente continua o voltajes, en la mayoría de procesos se usa señales de corriente ya que los sensores de esta naturaleza trabajan entre valores de 4-20 mA.

c. Según el Rango de Valores que Proporcionan.

c.1) Todo o Nada (ON-OFF): Estos sensores sirven para detectar presencia o ausencia de una variable medida. Entre los tipos de sensores más característicos tenemos a:

- Inductivos: Detectan presencia o ausencia de objetos metálicos.

- Ópticos: Detectan objetos en forma general, utilizando fotocélulas, mayormente este tipo de sensores se utilizan en fajas transportadoras, donde se necesita seleccionar los tipos de objetos transportados.

d. Según el Tipo de Variable Física Medida.

d.1) Temperatura

d.2) Caudal

d.3) Presión

d.4) Proximidad

d.5) Nivel

2.2.3.3 Actuadores

2.2.3.3.1 Definición

Son aquellos dispositivos que hacen realidad el fin de la automatización, en otras palabras son la parte mecánica del proceso que realizan la operación ordenada por un PLC.

Según sea el tipo de respuesta que produzcan en el proceso, son llamados actuadores neumáticos, hidráulicos, eléctricos; a la par de estas definiciones también se debe tener en cuenta que existen unos dispositivos llamados pre accionadores, que permiten tener un mayor control y seguridad de la respuesta de los accionadores en un proceso automatizado. (Ver figura 10)



Figura 10: Esquema de respuesta de un actuador

FUENTE: <https://www.slideshare.net/mobile/LinderTorricoFlores/actuadores-elementos-finales>

Según la imagen dentro del campo de los actuadores se encuentran los pre accionadores y los accionadores.

- a) **Pre Accionadores:** Son los dispositivos que captan la señal emitida por el controlador y las emiten o interrumpen hacia los accionadores, para una determinada acción dentro de un proceso automatizado; como ejemplo se tiene a los timer, relay, contactores, variadores de velocidad, electroválvulas.

- b) **Accionadores:** Son los equipos que se encargan de ejecutar la orden del controlador en el proceso, ya sea modificando una variable física y/o mover de estado otra variable mecánica dentro de un proceso; las electrobombas, motores, válvulas son ejemplos claros de accionadores.

2.2.3.3.2 Clasificación de Actuadores

- a) **Actuadores Eléctricos:** Captan señales eléctricas y los transmiten o transforman en energía mecánica. Estos dispositivos tienen amplia ventajas pues son fáciles de instalarlos ya que su alimentación es a través de cables de alimentación eléctrica, no son ruidosos, son exactos y son los que mayormente se usan en las instalaciones, ya que se puede tener una distancia pequeña o grande respecto a la alimentación del actuador eléctrico; sin embargo presentan una limitación que es la potencia de operación y se tendrá que seleccionar un equipo acorde a esa potencia y si se quisiera aumentar la potencia se tendrá que cambiar los cables de alimentación y el equipo por lo que resultaría costoso.

Entre los equipos eléctricos más usados por la industria se puede nombrar a relés, servomotores. (VER FIFURA 11)



Figura 11: Actuadores Eléctricos

FUENTE:<https://www.slideshare.net/ignacioalanmorenoalvarez/actuadores-elctricos>

b) Actuadores Hidráulicos: Su fuente de alimentación proviene de un fluido (aceite mineral) y se utilizan mayormente para realizar actividades que requieran una fuerza para mover y/o transmitir un sistema de relación potencia/peso. Los dispositivos hidráulicos tienen la capacidad de cargar elementos pesados, además al igual que los dispositivos eléctricos, su respuesta a la acción es rápida; sin embargo, su alto costo de instalación y/o mantenimiento no los hace recomendables para pequeños proyectos de automatización.

La utilización de estos tipos de actuadores se pueden observar en elevadores, grúas, compuertas. (VER FIGURA 12)



Figura 12: Actuadores Hidráulicos

FUENTE: <https://www.slideshare.net/mobile/LinderTorricoFlores/actuadores-elementos-finales>

c) Actuadores Neumáticos: Dispositivos que utilizan como fuente de alimentación al aire comprimido. La instalación de los sistemas neumáticos se caracterizan por ser sencillos, de fácil instalación; sin embargo, no son utilizados para procesos donde se necesita precisión, además el proceso se torna ruidoso.

Las aplicaciones de estos actuadores generalmente se utilizan en plantas envasadoras, de transporte de materia prima o final por fajas o rodillos (VER FIGURA 13).



Figura 13: Actuadores Neumáticos

FUENTE: <https://www.slideshare.net/mobile/LinderTorricoFlores/actuadores-elementos-finales>

2.2.3.4 Software

Existen diversas marcas en el mercado de la automatización como SIEMENS, Schneider, Allen Bradley, ABB, Omron, entre otras; y cada una de estas empresas tienen sus propias plataformas digitales, las cuales tienen en común según la normativa internacional los lenguajes de programación; sin embargo; para enlazar las señales de los sensores y las respuestas de los actuadores manejan sus propios códigos de programación dentro sus plataformas digitales.

2.2.3.4.1 Definición

El software es la parte digital del PLC, donde se realiza la programación y se utiliza diversos lenguajes de programación existentes; a través del software se crean las instrucciones de los procesos automatizados.

La lógica fase de programación del sistema se utiliza para controlar los PLC. Un software de estado lógico utiliza un diagrama de transición de estado (que muestra esquemáticamente un sistema que se compone de una serie de medidas o estados) como modelo, y emplea los fundamentos de la máquina de estados finitos (FSM, por sus siglas en inglés), o un modelo que representa la transición entre estados en la forma de un diagrama. Es similar a un diagrama de flujo⁷.

2.2.3.5 Redes de Comunicación Industriales

2.2.3.5.1 Definición

Son los medios que tienen los dispositivos dentro de un proceso industrial para comunicarse entre sí y poder llevar información hacia los controladores, y éstos poder efectuar una acción por medio de los actuadores.

2.2.3.5.2 Sistemas Industriales de Control

La importancia de las tareas a realizar, o la posibilidad de subdividir la tarea de control del proceso o conjunto de máquinas en esas funciones autónomas, determinará en muchos casos la elección de un tipo u otro de control.⁸

Existen 3 tipos de sistemas:(VER FIGURA 14).

⁷Natasha Gilani (s.f.). *Tipos de software PLC*. Recuperado el 22 de enero de 2019 de https://techlandia.com/tipos-software-plc-lista_88042/

⁸José María Hurtado Torres (s.f.). *Introducción a las Redes de Comunicación Industrial*. Recuperado el 23 de enero de 2019 de http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion3b3n-a-las-redes-de-comunicacion3b3n-industrial.pdf

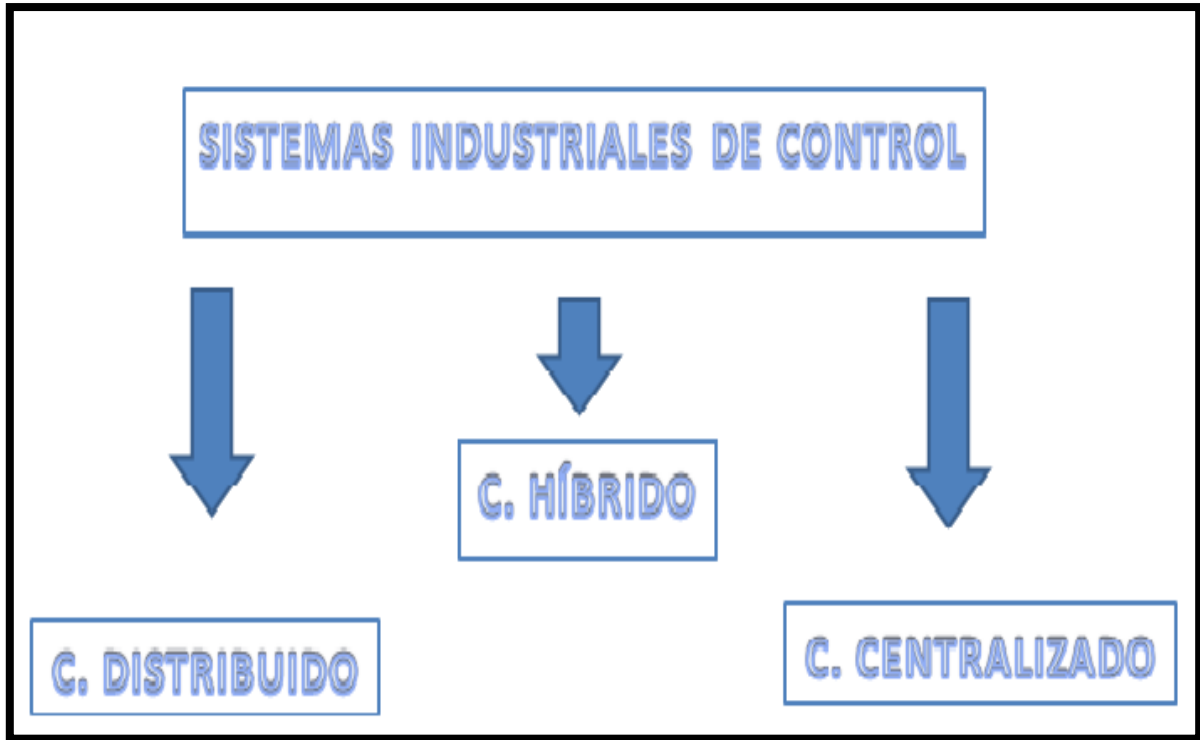


Figura 14: Tipos de sistemas industriales de control
FUENTE: elaboración propia

Según la figura 14, los controles en los sistemas industriales son tres, los cuales van a depender básicamente del diseño, el tipo de proceso y el impacto económico.

a. Control Centralizado

Es un sistema que se basa en la dirección de un proceso automatizado mediante un solo sistema de control o elemento; el control centralizado se utiliza para procesos poco complejos, sin embargo utiliza un plc de mayor capacidad para poder gobernar tanto los sensores como actuadores del sistema (VER FIGURA 15).



Figura 15: Control Centralizado

FUENTE: <http://www.infoplcn.net/noticias/item/1385-nueva-librer%C3%ADa-motion-control-ps552-mc-basada-en-plcopen?tmpl=component&print=1>

a.1. Ventajas del Control Centralizado

- Menor costo de instalación
- Sistema de comunicación simplificado.
- El diagnóstico de una falla se puede observar en el plc de comando.

a.2. Desventajas del Control Centralizado

- Aumenta el dimensionamiento del tablero de control, pues el plc tiene que tener una mayor capacidad y por ende crece el volumen físico de las instalaciones.
- El cableado aumenta en cantidad.
- Si se presenta un error en una parte del proceso, se paralizará todo el sistema.

b. Control Distribuido

También llamado control descentralizado, es un sistema que permite separar los procesos mediante varios autómatas programables, los cuales se podría entender que funcionan independientemente pero la realidad es que para poder controlar mecanismos más complejos dentro de una planta, se necesita separar los procesos; sin embargo todos estos subsistemas forman parte de un sistema global ya que ningún sistema dentro de una planta funciona independiente de otro sistema, por lo que se tienen que relacionar variables entre las autómatas que conformen el sistema.(VER FIGURA 16).

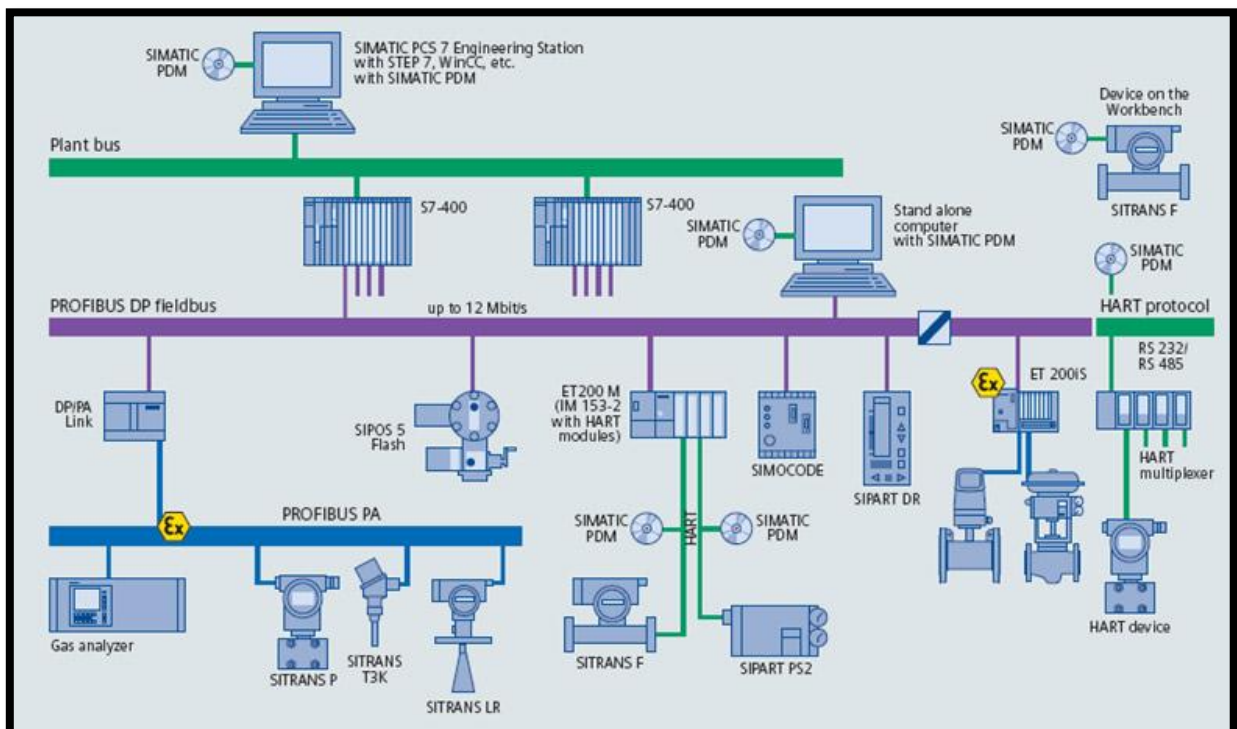


Figura 16: Control Distribuido

FUENTE: <http://www.inamex-fp.com/producto/81/sistemas-de-control-distribuido/#prettyPhoto/0/>

b.1. Ventajas del Control Distribuido

- El dimensionamiento del tablero de control es menor.
- Si se presenta un error en una parte del proceso, no paralizará todo el sistema.
- Disminuye la cantidad de cableado.

b.2. Desventajas del Control Distribuido

- Implica una inversión mayor al de otros sistemas de control.
- Se requiere una mayor formación en comunicación de buses de campo.
- El diagnóstico es un poco complejo por la cantidad de sistemas de comunicaciones.

c. Control Híbrido

Es una interacción de ambos sistemas anteriormente explicados, donde se debe tener un sistema de gestión estructurada (VER FIGURA 17).

En numerosas ocasiones no resulta sencillo separar los procesos de manera Autor: José M^a. Hurtado Departamento de Electricidad-Electrónica. I.E.S. Himilce - Linares
Página 3 completamente autónoma, por lo que se debe recurrir a la gestión de varios procesos desde una misma unidad de control, debido a que la complejidad de la separación es mayor que la complejidad que supone su gestión conjunta. Por otro

lado, una estrategia de este tipo también conduce a una gestión estructurada, de modo que existen elementos de control de nivel superior que supervisan e intercomunican los procesos autónomos más sencillos⁹.

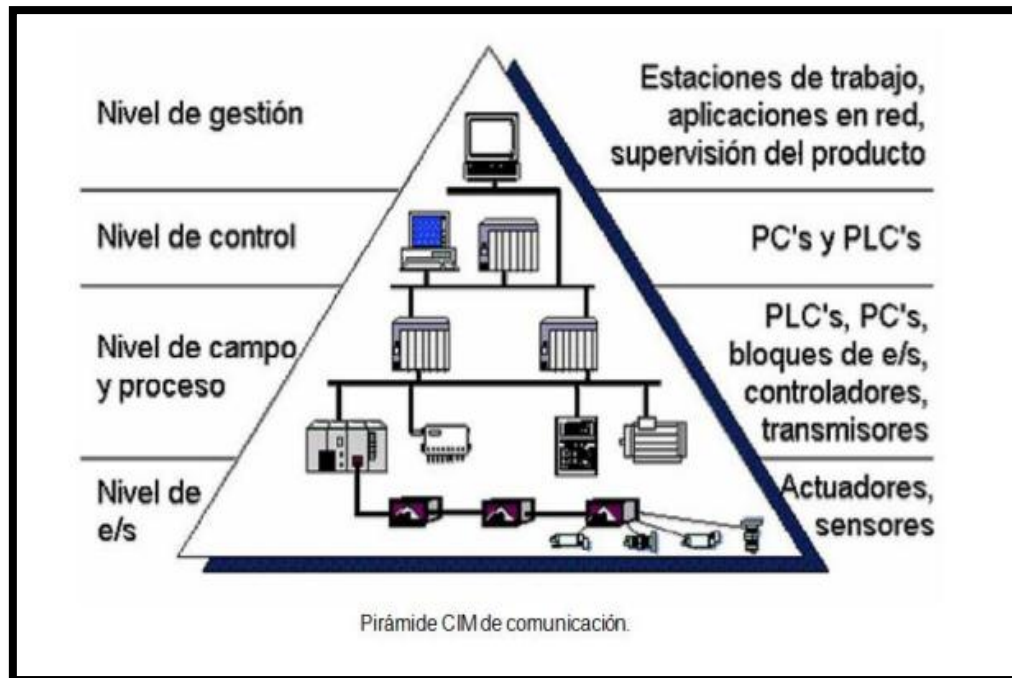


Figura 17: Control Híbrido

FUENTE: http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf

⁹José María Hurtado Torres (s.f.). *Introducción a las Redes de Comunicación Industrial*. Recuperado el 23 de enero de 2019 de http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf

2.2.3.5.3 Protocolos de Comunicación Industrial

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado y muy en especial en lo que se refiere a los microprocesadores¹⁰.

Las ventajas que ofrecen los protocolos son muchas entre las más importantes son:

- Mayor exactitud en las mediciones de las variables del proceso.
- Mejor manejo de la información de las variables de campo.
- Supervisión de los componentes de un proceso de forma remota.

Existen tres categorías de comunicación:

- Buses de Campo
- Redes LAM
- Redes LAM-WAN

¹⁰Asociación de la Industria Eléctrica (s.f) Protocolos de Comunicaciones Industriales. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/agosto-06.pdf>

a) Buses de Campo

Permiten sustituir el cableado entre sensores- actuadores y los correspondientes elementos de control. Este tipo de buses debe ser de bajo coste, de tiempos de respuesta mínimos, permitir la transmisión serie sobre un bus digital de datos con capacidad de interconectar controladores con todo tipo de dispositivos de entrada-salida, sencillos, y permitir controladores esclavos inteligentes.¹¹

A través de este protocolo, se permite simplificar la cantidad de cables eléctricos que existen entre sensores y actuadores; o cuando la distancia entre los equipos y los dispositivos de control es considerable; como podemos apreciar en la imagen (VER FIGURA 18), vemos una notable diferencia entre el cableado convencional y el sistema de buses de campo.

Los cables de conexión que generalmente son un par de hilos eléctricos, se reemplazaría por un cable de fibra óptica que sea común a los dispositivos de un proceso.

¹¹José María Hurtado Torres (s.f.). *Introducción a las Redes de Comunicación Industrial*. Recuperado el 26 de febrero de 2019 de http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf

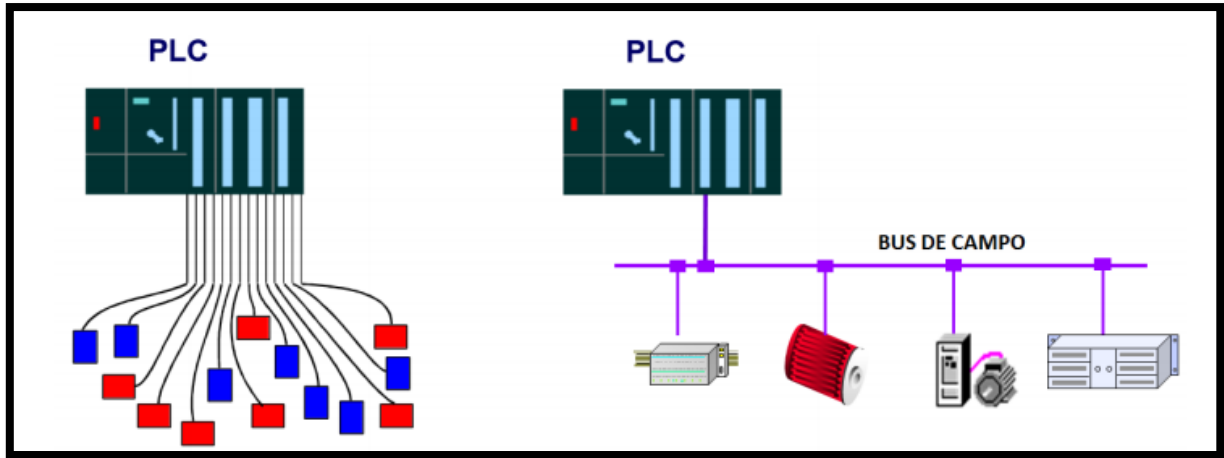


Figura 18: Buses de campo

FUENTE: http://www.infoplcn.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf

a.1. Buses en el Mercado

Existen una gama de buses que son comerciales según características técnicas de la instalación. (VER TABLA 1).

Tabla 1: Buses de campo

BUS DE CAMPO	TOPOLOGÍA	MEDIO FÍSICO	VELOCIDAD	DISTANCIA SEGMENTO	NODOS POR SEGMENTO	ACCESO AL MEDIO
P-NET	Anillo	Par trenzado apantallado	76'8 Kbps	1.200 m	125	Paso de testigo Maestro/esclavo
PROFIBUS	Bus lineal Anillo Estrella Árbol	Par trenzado apantallado Fibra óptica	Hasta 12Mbps	Hasta 9'6 Km y 90 Km	125	Paso de testigo Maestro/esclavo
WORLDFIP	Bus lineal	Par trenzado apantallado Fibra óptica	Hasta 1 Mbps y 5Mbps	Hasta 5 Km y 20 Km	64	Arbitro de bus
HART	Bus lineal	Cable 2 hilos	1'2Kbps	3.000 m	30	Maestro/esclavo
MODBUS	Bus lineal	Par trenzado	Hasta 19'2Kbps	1 Km	248	Maestro/esclavo
INTERBUS-S	Anillo	Par trenzado	500 Kbps	400 m	256	Paso de testigo
BITBUS	Bus lineal	Par trenzado Fibra óptica	Hasta 1'5Mbps	Hasta 1.200m	29	Maestro/esclavo
CAN	Bus lineal	Par trenzado	Hasta 1 Mbps	Hasta 1.000m	127-64	CSMA/CD con arbitraje de bit
SDS	Bus lineal	Cable de 4 hilos	Hasta 1 Mbps	500 m	64	CSMA
DEVICENET	Bus lineal	Par trenzado	Hasta 500 Kbps	Hasta 500 m	64	CSMA/CDBA
CONTROLNET	Bus lineal Árbol Estrella	Coaxial Fibra óptica	5 Mbps	Hasta 3.000m	48	CTDMA
SERIPLEX	Bus lineal	Cable 4 hilos apantallado	98 Kbps	1.500m	300	Maestro/esclavo
AS-I	Bus lineal Árbol - Estrella	Cable 2 hilos	167 Kbps	Hasta 200 m	32-62	Maestro/esclavo
LON WORKS	Bus Anillo Libre	Par trenzado Fibra óptica Red eléctrica Coaxial Radio Infrarrojos	Hasta 1'25 Mbps	Hasta 2.700 m	64	CSMA/CA
ARCNET	Bus Estrella	Par trenzado Fibra óptica Coaxial	2'5 Mbps	122 m	255	Paso de testigo
M-BUS	Bus lineal	Cable 2 hilos	Hasta 9'6 Kbps	1.000 m	250	Arbitro de bus
UNI-TELWAY	Bus lineal	Par trenzado apantallado	Hasta 19'2Kbps	20 m	Hasta 28	Maestro/esclavo
COMPOBUS/S	Bus lineal	Cable de 2 ó 4 hilos	Hasta 750 Kbps	Hasta 500 m	32	Maestro/esclavo

FUENTE: Introducción a las Redes de Comunicación

Según la tabla 1, existen una gama de redes aplicables a la industria de la automatización, sin embargo se va poner énfasis en la comunicación modbus, que es el protocolo de comunicación que mayor aplicación y usos tiene.

a.1.1. Protocolo Modbus

Es el protocolo de comunicación más utilizado en el mundo de la automatización, fue introducido al mercado por Schneider; su arquitectura se basa en el principio maestro/esclavo (VER FIGURA 19), que utiliza bucles en los diferentes procesos que comanda un plc.

El principio maestro/esclavo consiste en tener un bucle o ciclo que comande el proceso, el cual es llamado maestro que enviará las señales u órdenes hacia un conjunto de bucles llamados esclavos; el sistema funciona mediante códigos de lectura y escritura dependiendo del tipo de plataforma que se utilice para la programación de los procesos.

El patrón de diseño Maestro/Esclavo es muy ventajoso cuando creamos aplicaciones multi-tarea. Le da un enfoque más modular al desarrollo de la aplicación debido a su funcionalidad multi-bucle, pero más importante, le da un mejor control de la gestión de tiempo en su aplicación.¹²

¹²National Instruments (2015a) Patrones de Diseño de Aplicaciones. Recuperado el 27 de febrero de 2019 de <http://www.ni.com/white-paper/3022/es/>

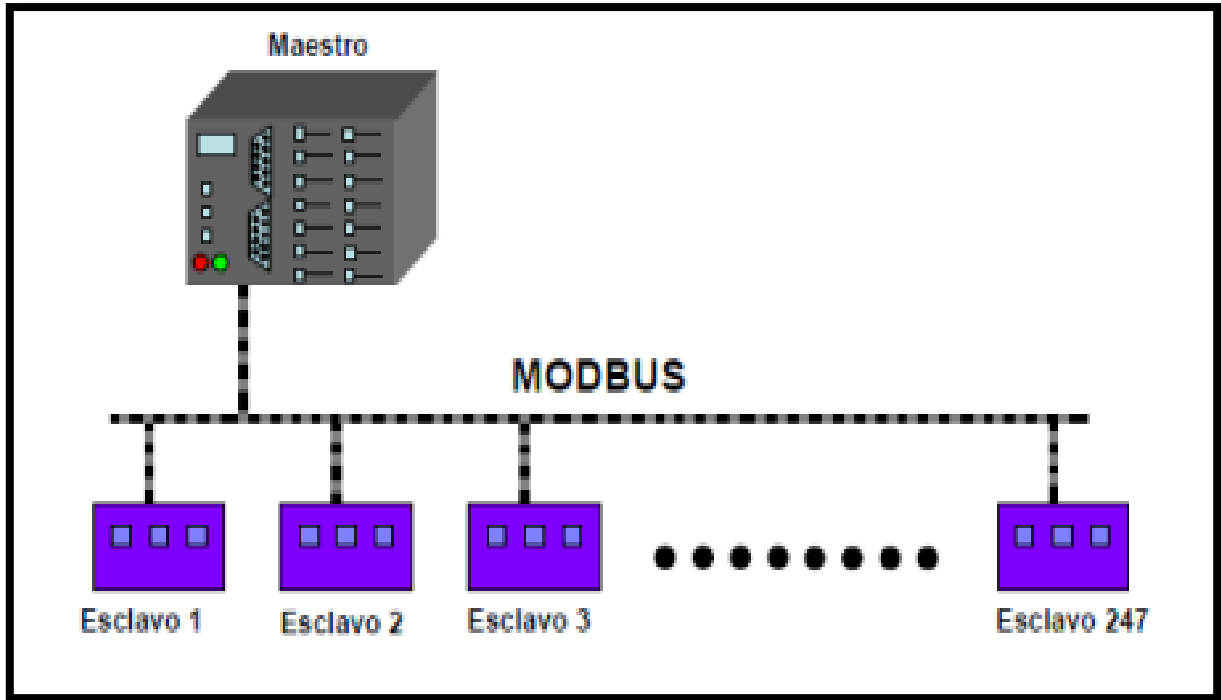


Figura 19: Protocolo Modbus

FUENTE: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/6711/577960.pdf?sequence=1>

a.1.1.1 Tipos de Comunicación Modbus

- Puerto Serie (RS-232,RS-485)
- Ethernet(Modbus/TCP)

a.1.1.1.1 Comunicación Ethernet

La versión Ethernet es sencilla de obtener. Para ello es necesario el protocolo Ethernet y aplicar la pila TCP/IP, ya que es compatible con redes Ethernet convencionales. La finalidad de utilizar el protocolo TCP/IP es garantizar la

comunicación, donde el medio físico de transmisión es el cable de Ethernet, y el TCP/IP es el protocolo con varias capas donde en una capa se hace el control de errores, en otra el enroutado de mensajes, etc. La interpretación de dicho mensaje se gestiona con el nivel de aplicación de Modbus. En consecuencia, TCP/IP y Ethernet forman el soporte para la transmisión de mensajes Modbus entre dispositivos compatibles con Ethernet.¹³

La información por medio de mensajes se da según la imagen (VER FIGURA 20)

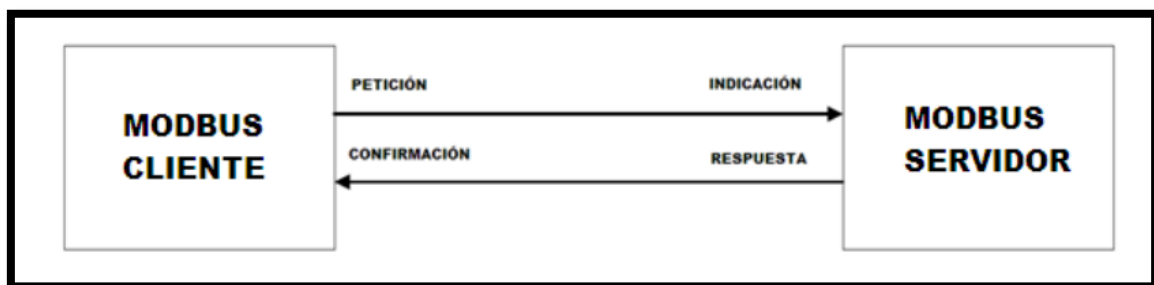


Figura 20: Mensajería Ethernet

FUENTE: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/6711/577960.pdf?sequence=1>

¹³ Aitziber Marín Iturrarte. (s.f.). "Control de PLCs Siemens S7-1200 mediante el protocolo MODBUS a través del programa LABVIEW para realización de prácticas de comunicación industrial". (Tesis de grado). Universidad Pública de Navarra, España.

En la imagen se puede observar lo siguiente:

- Modbus Cliente : Es el que envía las ordenes
- Modbus Servidor: Es el que ejecuta las órdenes
- Modbus Petición: Es la información que se envía para el inicio de la ejecución de una orden
- Modbus Indicación: Es la recepción de la información enviada por el cliente
- Modbus Respuesta: Es la información que se envía al cliente sobre el estado de la ejecución de la orden.
- Modbus Confirmación: Es la información recibida por el cliente.

El sistema de comunicación Ethernet, es utilizado para intercambio de información en tiempo real; las aplicaciones son diversas en donde predominan la comunicación entre dispositivos, entre pantallas HMI o SCADA y otros dispositivos. (VER FIGURA 21).

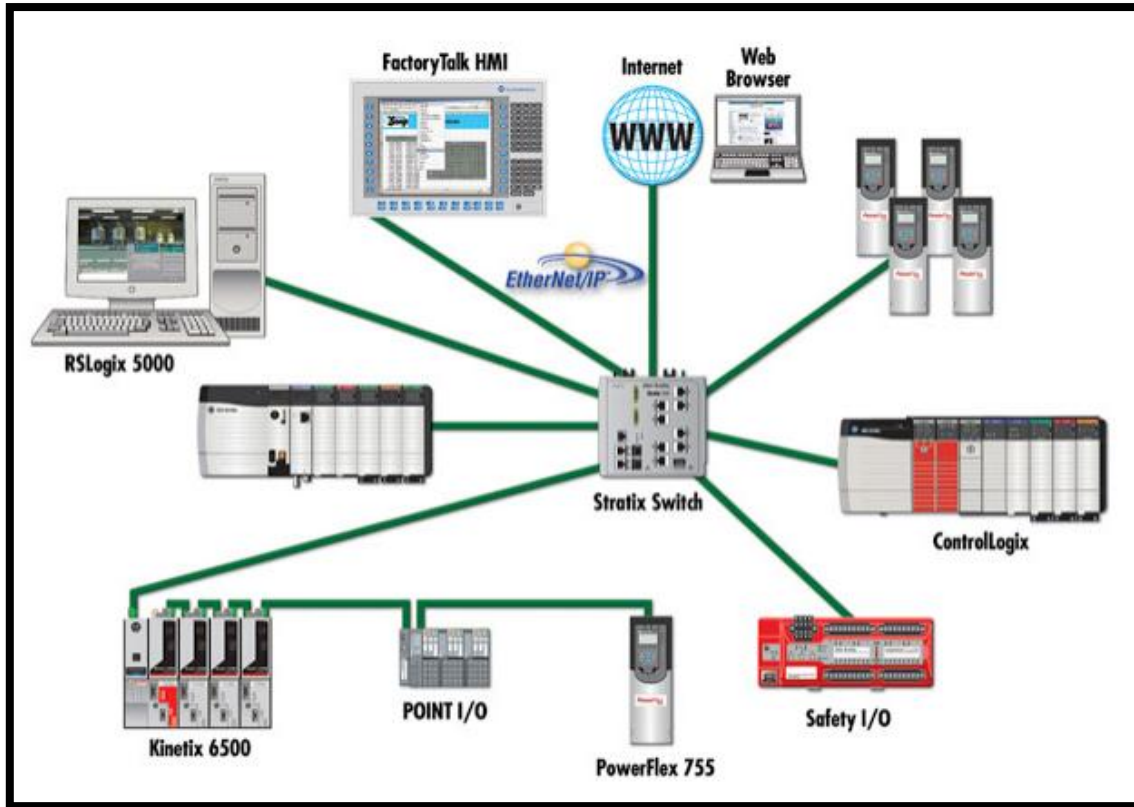


Figura 21: Protocolo Ethernet Industrial

FUENTE: <http://www.automatizar.org/2011/09/ethernetip-como-nexo-de-union-entre-los.html>

Ethernet industrial ofrece numerosas ventajas en el mundo de la automatización como:

- Potente
- Conocida
- Flexible
- Barata

Según la imagen (VER FIGURA 22) se puede observar lo simplificado que resulta cambiar un protocolo de comunicación por Ethernet Industrial.

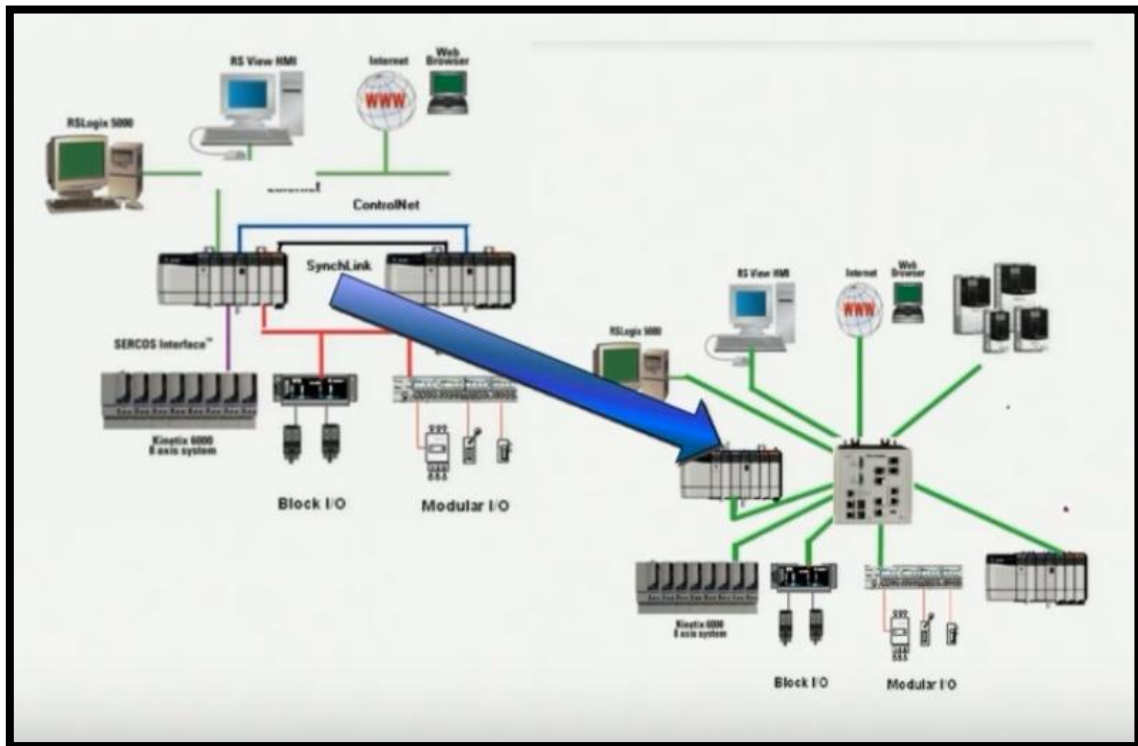


Figura 22: Ethernet Industrial

FUENTE: <https://www.youtube.com/watch?v=MgR5yjaGv9w>

2.2.4 Control PID

2.2.4.1 Definición

Es un medio de control que permite mantener ciertas variables de un proceso como presión, temperatura, caudal en parámetros requeridos utilizando algoritmos matemáticos como integrales, derivadas o ecuaciones dependiendo de qué tan complejos sean los procesos en donde se aplicara este tipo de control.

Existen procesos donde la variación brusca de sus parámetros puede ser perjudicial para su producción, es por ello que el control PID ofrece un sistema de retroalimentación donde evalúa el valor real de una variable con respecto al valor deseado.

2.2.4.2 Arquitectura de PID

El control PID presenta un esquema básico: (VER FIGURA 23)

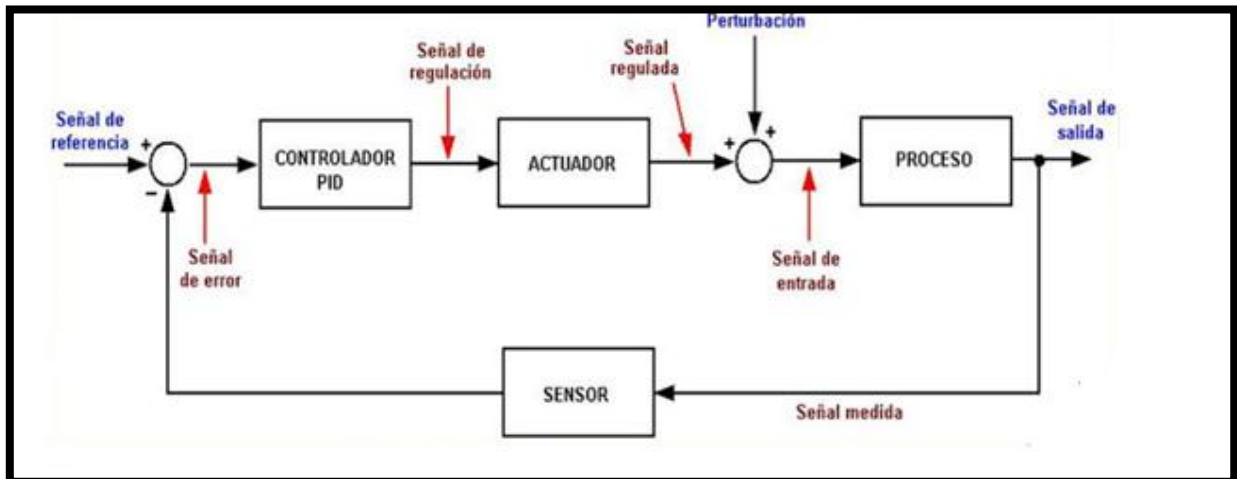


Figura 23: Control PID

FUENTE: <http://robosaba.blogspot.com/2012/09/control-pid.html>

En la arquitectura del control PID se definen tres términos:

- Proporcional(P)
- Integral(I)
- Derivada(D)

2.2.4.2.1 Parámetro Proporcional (P)

Es el parámetro que arroja el error originado por el proceso, entre el valor actual y el valor deseado (Set-point).

El error o también llamado offset, está presente en los procesos ya que si control es constante el error también lo será.

El valor de la salida del controlador se basa en la siguiente fórmula.

$$m = K_p \cdot e + b$$

Donde:

- m, es la salida del controlador
- Kp, es la ganancia proporcional
- e, es el error
- b, es el bias (valor del sistema en equilibrio)

2.2.4.2.2 Parámetro Integral (I)

Es el parámetro que inyecta el error a la salida del controlador, en otras palabras acumula los errores para no perjudicar el valor de la variable deseada.

El principal problema que se origina si se utiliza solo un sistema PI , es que el error sigue acumulándose a lo largo del tiempo.

El valor de la salida del controlador se basa en la siguiente fórmula.

$$m = K_p \cdot e + 1/T_i \cdot \int e \cdot dt + b$$

Donde:

- m, es la salida del controlador
- K_p, es la ganancia proporcional
- e, es el error
- b, es el bias (valor del sistema en equilibrio)
- T_i, es el tiempo integral

2.2.4.2.3 Parámetro Derivativo (D)

Es el parámetro que emite una acción predictiva, es decir, prevé el error e inicia una acción oportuna. Responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande.

La correcta sintonización o programación de estos parámetros nos ayuda a controlar de manera efectiva nuestra presión o flujo deseado. Si no programamos adecuadamente estos parámetros, el sistema puede quedar inestable.¹⁴

¹⁴ Franklin AID: Consejos Técnicos. (2013). "Control PID, Serie P". Recuperado el 04 de marzo de 2019 de <https://franklinlinkmx.wordpress.com/2013/09/05/que-es-el-control-pid/>

El valor de la salida del controlador se basa en la siguiente fórmula.

$$m = K_p \cdot e + 1/T_i \cdot \int e \cdot dt + T_d \cdot de/dt + b$$

Donde:

- m, es la salida del controlador
- K_p, es la ganancia proporcional
- e, es el error
- b, es el bias (valor del sistema en equilibrio)
- T_i, es el tiempo integral
- T_d, es el tiempo derivativo

2.2.5 Sistema desgasificador o desaireador para Calderas

Las calderas en una industria azucarera necesitan agua para poder funcionar, sin embargo no es posible que ingrese el agua sin antes haberla tratado, pues si ingresaría directamente le ocasionaría un daño perjudicial a la estructura metálica, más aún a las altas temperaturas a la que trabajan las calderas.

El desaireador es un equipo que se encuentra antes del ingreso de agua hacia las calderas, la cual debe ingresar para poder ser tratada y así poder eliminar las partículas de oxígeno y CO_2 disueltas del agua.

El desaireador funciona bajo el mecanismo de ingreso de vapor de baja presión para jalar la mayoría de gases presentes en el agua y los elimina por su funcionamiento que es el venteo; las partículas de oxígeno que quedan de este proceso se eliminan por medio de aditivos químicos que se ingresan al sistema.



Figura 24: Tanque desaireador
FUENTE: Empresa Agro Pucalá SAA

2.2.6 Bombas de alimentación

Son los equipos encargados de bombear el agua que sale del desaireador hacia los domos de las calderas, en la empresa Agro Pucalá SAA se encuentran 5 bombas tipo centrífugas de potencia de 100HP las cuales actualmente son maniobradas manualmente mediante el nivel de agua que mande los domos.(VER FIGURA 25).



Figura 25: Bomba Centrífuga
FUENTE: Empresa Agro Pucalá SAA

2.2.7 Tanque de agua condensada

El vapor al ser utilizado en el proceso pierde sus características, y se transforma en agua, a la cual se le da el nombre de condensado por el efecto que sufre el agua, este condensado es conducido hacia el caldero para ser utilizado nuevamente y se lo recibe en un tanque conocido como tanque de condensado, este tanque actúa como recolector, separador y distribuidor ya que recolecta el condensado de retorno, separa el poco vapor que aún queda en la tubería expulsándolo hacia el exterior y distribuye el agua nueva hacia el tanque de diario. El tanque de condensado debe de estar compuesto por un visor de nivel de agua, un termómetro, un tapón de purga, la entrada de agua nueva al sistema y una tubería de ventilación.(VER FIGURA 26).



Figura 26: Tanques de condensado
FUENTE: Empresa Agro Pucalá SAA

2.3 Definición conceptual de la terminología empleada

- a) **Automatización Industrial:** Es el proceso que utiliza sistemas o elementos computarizados aplicados a la industria en general con el fin de generar procesos autónomos, seguros y eficientes haciendo uso de las tecnologías en ingeniería e instrumentación.
- b) **Sensores:** Dispositivos que envían la información de determinadas variables hacia un controlador que controla un proceso.
- c) **Actuadores:** Equipos que ejecutan una orden para cambiar el valor, posición, orden de determinadas variables.
- d) **PLC:** Controlador Lógico Programable, es el cerebro de un proceso automatizado.
- e) **Comunicación Industrial:** Método que se utiliza para tener un nexo entre sensores y actuadores comandados por un controlador.
- f) **Lenguaje de Programación:** Método de programación de un proceso automatizado en una plataforma.
- g) **Entorno de Programación Tía Portal:** Software de la empresa Siemens que se utiliza para diseñar y programar procesos industriales e inteligentes.

- h) Instrumentación industrial:** Grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso.
- i) Bombas centrifugas:** Equipo mecánico capaz de llevar líquidos hacia otro punto o nivel; presentan un elemento móvil: el rotor, rodete, o impulsor. Es el elemento que transfiere la energía que proporciona el motor de accionamiento al fluido.
- j) Motores Eléctricos:** Dispositivo que transforma la energía eléctrica en mecánica.
- k) Válvulas:** Dispositivos que se encarga de abrir o cerrar un tipo de compuerta para el ingreso o no de fluidos a través de tuberías.
- l) Domos:** Recipientes de gran tamaño para almacenar algún tipo de fluidos.
- m) Tuberías:** Sistema a través del cual circulan fluidos.
- n) Presión:** Magnitud escalar que mide la relación entre la interacción de una fuerza en un punto con respecto al área.

- o) Caudal:** Magnitud escalar que mide la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo.
- p) Nivel:** Magnitud fundamental que mide la altura de una variable.
- q) Temperatura:** Magnitud fundamental que mide la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente.
- r) Tablero Eléctrico:** Es un gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de investigación

Los criterios de investigación que nos permitió desarrollar y concluir se detallan a continuación:

- a) Investigación Aplicada:** Porque se hará uso de los conocimientos y bases teóricas de la ingeniería de control para dar solución al proceso de bombeo y desaieración de agua mediante la automatización.
- b) Investigación Descriptiva:** Porque se describe las características de los equipos seleccionados y las variables en estudio (presión, caudal, temperatura, nivel de agua) tal y como se presentan en la realidad.
- c) Investigación Explicativa:** Porque nos permitió analizar e interpretar su comportamiento para la solución del problema.

3.2 Población y Muestra

- **Población:**

Área de calderas de la empresa Agro Pucalá SAA.

- **Muestra:**

Sistema de alimentación de agua para calderas de la empresa Agro Pucalá SAA.

3.3 Hipótesis

Es posible ejecutar la propuesta de la automatización del proceso de desaireación y bombeo de agua para las calderas en la empresa Agro Pucalá SAA.

3.4 Variables – Operacionalización

Tabla 2: Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	INDICADORES
DEPENDIENTE	Selección de la instrumentación industrial y automatización de los procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Fichaje • Entrevista • Observación 	<ul style="list-style-type: none"> • Resumen • Cuestionario • Lista de Chequeo 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de electroválvulas. • dependiendo de las tuberías e indicadores. • Selección e implementación de tablero eléctrico. • Dimensionamiento y selección de equipos de indicación y transmisión de variables. • Selección de controlador (PLC). • Programación del proceso. • Dimensionamiento de los conductores eléctricos y elementos de protección para las bombas y motores eléctricos.
INDEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Presión • Temperatura • Caudal • Nivel 	<ul style="list-style-type: none"> • Fichaje • Observación 	<ul style="list-style-type: none"> • Resumen • Lista de Chequeo 	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de indicadores de las variables del proceso.
LOCALIZACIÓN	Empresa Agro Pucalá SAA	<ul style="list-style-type: none"> • Observación 	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías • Mapas • Planos 	

FUENTE: Elaboración propia

3.5 Métodos y Técnicas de investigación

Método deductivo.

Las técnicas principales empleadas son las siguientes:

Observación

Me ayudó a describir los problemas del proceso de desaireación y bombeo de agua, que opera de manera manual obteniendo datos que me ayudaron a dimensionar y seleccionar la instrumentación apropiada, además de implementar la programación para que el proceso funcione de manera autónoma.

Entrevista

Lo utilizaremos para recopilar información de los equipos de medición con los que cuentan la empresa Agro Pucalá SAA.

Fichaje

Este instrumento de medición se utilizará para registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas.

3.6 Descripción del(os) instrumento(s) utilizado(s)

Los instrumentos utilizados en el presente trabajo de investigación; son distintos para cada una de las variables como las etapas del trabajo efectuado.

a) Resumen

Este instrumento se utilizará para rescatar ideas principales de normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas del Perú y de otros países que nos ayudaran a tomar como base para nuestro trabajo de investigación.

b) Lista de chequeo

Este instrumento se utilizó para rescatar la información científica, leyes y normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas del Perú y de otros países con lo que elaboramos nuestro marco conceptual y metodológico.

c) Fotografías

Con la finalidad de fotografiar los sistemas y equipos actuales con los que cuenta la empresa Agro Pucalá SAA.

d) Mapas

Nos facilitara la ubicación geográfica de la azucarera el cual es el objeto de estudio para el trabajo de investigación.

e) Planos

Nos permite tener un enfoque general acerca de la distribución y ubicación de los equipos y sistemas del proceso; además del replanteo de la instrumentación.

3.7 Análisis Estadístico e interpretación de los datos

Tomamos la información obtenida mediante un análisis descriptivo, que nos ayudó a encontrar los posibles errores, es decir detectamos con él valores fuera de rango, y con el método empírico – analítico formamos una idea del problema que está sucediendo con el sistema de desaireación y bombeo de agua, logrando la generalización del problema, obteniendo resultados de nuestro estudio, llegando a la conclusión del importante impacto que generaría la automatización del proceso.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Con el objetivo de automatizar el proceso de ingreso de agua hacia las calderas de la empresa Agro Pucalá SAA, ubicado en el distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, se hace la propuesta de la automatización del proceso de desaireación y bombeo de agua para calderas.

Nuestra propuesta tendrá los siguientes componentes:

4.1 Implementación de la instrumentación de control

Para la propuesta se implementarán equipos como actuadores y sensores, tal y como se muestran a continuación:

Tabla 3: Equipamiento de control del sistema automatizado

EQUIPAMIENTO	Und
Transmisor e indicador de temperatura T-GAGE serie M18T (4-20 mA)	7
Transmisor e indicador de nivel modelo ultrasónico U-GAGE serie QT50U (4-20 mA)	7
Transmisor e indicador de presión NOVUS serie NP860-HRT (4-20 mA)	8
Transmisor e indicador de caudal BURKERT serie 8035 (4-20 mA)	7
Posicionador inteligente digital SAMSON serie 3730	6
Electroválvula SAMSON serie 3310/BR 31a	6

FUENTE: Elaboración propia

Los equipos mencionados en la tabla 3, han sido seleccionados en base a los cálculos y requerimientos del proceso, así como la compatibilidad para la programación, conexionado y poder exportar el software Tia Portal- Siemens.

4.2 Cambio de cableado de alimentación de bombas centrífugas

Para poder realizar un nuevo sistema de control autónomo es necesario realizar una reconexión del cableado de los siguientes equipos:

Tabla 4: Equipamiento para cambio de alimentadores eléctricos

EQUIPAMIENTO	CANTIDAD
Motor Westinghouse modelo ABDP,serie 1-4V3191, 15 kW	1
Motor Westinghouse modelo ABDP,serie 1-4V3170, 11 kW	1
Motor Holloshaft ,serie MR-2013195, 11 kW	1
Electrobomba Wortnington , serie 1586789, 131 kW	5

FUENTE: Elaboración propia

4.3 Dimensionamiento y programación del proceso de control automatizado

Para que funcione el proceso se necesita un control PID para las variables de control específicamente las electroválvulas, además de la programación integral del proceso en la plataforma Tia portal- Siemens (VER FIGURA 27).

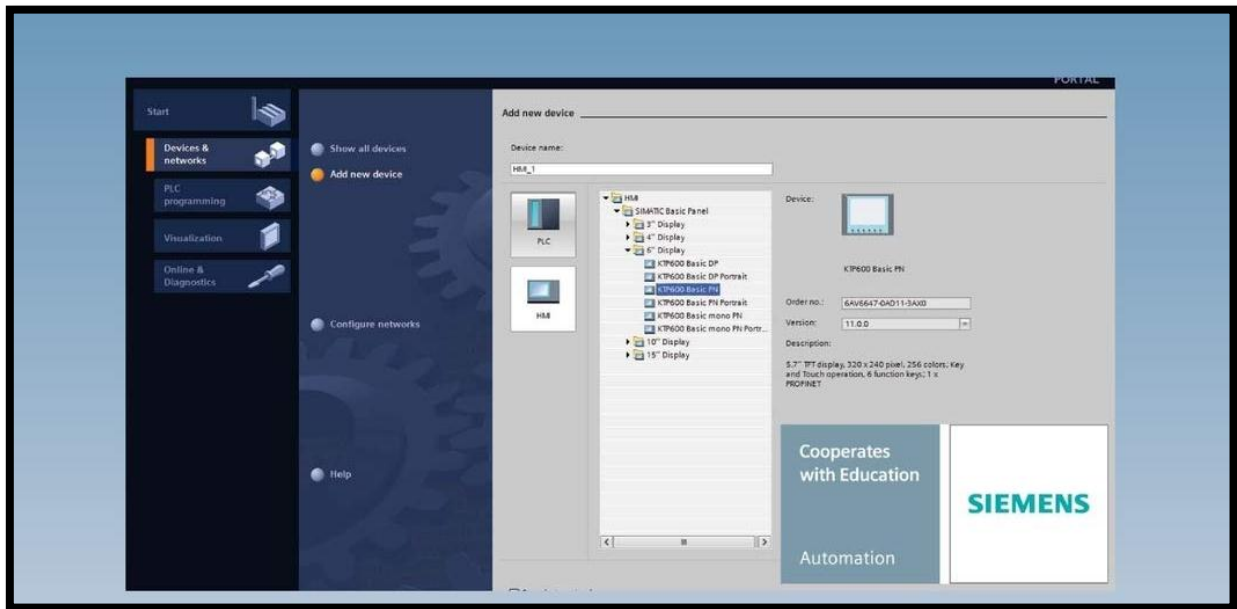


Figura 27: Plataforma Tia Portal

FUENTE: <https://www.amazon.es/Programming-Siemens-Practical-Understandable-Approach/dp/151503657X>

4.4 Tablero de Distribución

Los Tableros de Distribución es el equipamiento donde se alojan los elementos de control y fuerza del proceso, además de los elementos de protección de las cargas eléctricas.

4.5 Programa de mantenimiento preventivo para el sistema de control y fuerza

Los sistemas automatizados en su mayoría requieren de un mantenimiento preventivo después de los 3 meses de puesta en marcha, que incluyen verificación de variables, inspección de tablero eléctrico, limpieza en general de la instrumentación.

4.6 Cálculo de puesta a tierra para sistema de control

El sistema automatizado por ser equipos electrónicos sensibles, es necesario que se implemente un sistema de puesta a tierra independiente.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Resultados en tablas y gráficos.

5.1.1 Calculo de alimentadores para motores

El proyecto consta de 8 electrobombas de las cuales 3 son para el bombeo de agua condensada hacia el desaireador y 5 son para el bombeo de agua hacia los domos de calderas, se calculó la alimentación de las bombas hacia el tablero de fuerza tal como se detalla en el siguiente procedimiento:

- a) Características técnicas de las electrobombas:

Tabla 5: Características técnicas de electrobombas

Electrobomba	Nivel de Tensión(V)	Potencia (kW)	Distancia a Tablero (m)	Eficiencia(n)	Factor de potencia
Electrobomba Wortnington , serie 1586789 – E1	380	131	20	0.945	0.89
Electrobomba Wortnington , serie 1586789 – E2	380	131	22	0.945	0.89
Electrobomba Wortnington , serie 1586789 – E3	380	131	24	0.945	0.89
Electrobomba Wortnington , serie 1586789 – E4	380	131	26	0.945	0.89
Electrobomba Wortnington , serie 1586789 - E5	380	131	28	0.945	0.89
Motor Westinghouse modelo ABDP,serie 1-4V3191 – E6	380	15	150	0.945	0.89
Motor Westinghouse modelo ABDP,serie 1-4V3170 – E7	380	11	153	0.945	0.89
Motor Holloschaft ,serie MR-2013195 – E8	380	11	147	0.945	0.89

FUENTE: Elaboración propia

b) Cálculo de alimentación de electrobombas

b.1) Cálculo de alimentación de las electrobombas

- La corriente nominal está determinada por la siguiente fórmula:

$$I = P / (K \cdot U \cdot \cos\theta \cdot n)$$

Donde:

I: Corriente Nominal del motor (A)

P: Potencia Nominal del motor (W)

K: $\sqrt{3}$ para circuitos trifásicos

U: Tensión de trabajo del motor (V)

Cos θ : Factor de potencia

n: Eficiencia del motor

- La corriente de diseño de un motor está determinado por la siguiente fórmula:

$$Id = I \cdot 1,25$$

Donde:

I: Corriente Nominal del motor (A)

Id: Corriente de diseño del motor (A)

- Se selecciona la sección del conductor según tabla de conductores Indeco Cable NH-80, tomando en cuenta que el cableado irá por bandeja.

Tabla 6: Tabla de datos técnicos NH-80

CALIBRE CONDUCTOR	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

FUENTE: Indeco

- Se comprobará la selección del conductor de alimentación por caída de tensión, según la siguiente fórmula:

$$\% \Delta U = (Kv.L.Id.\cos\theta)/S$$

Donde:

S: Calibre del conductor (mm²)

Id: Corriente de diseño del motor (A)

Kv: 0.0309 para circuitos trifásicos

% ΔU : Caída de tensión en porcentaje dividido entre 100

Cos θ : Factor de potencia

El % ΔU debe arrojar menor al 3% de la tensión de trabajo del motor, de lo contrario se elegirá el calibre siguiente mayor escogido en la tabla de conductores NH-80.

Según las fórmulas anteriormente citadas, el resultado de los conductores de las electrobombas son las siguientes:

Tabla 7: Selección de Conductores para electrobombas

Código	I (A)	Id(A)	Calibre Conductor según tabla 6	% $\Delta U < 3\% U$	Condición	Calibre Conductor Seleccionado
E1	235.83	294.79	70 mm ²	1.85	Cumple	70 mm ²
E2	235.83	294.79	70 mm ²	2.04	Cumple	70 mm ²
E3	235.83	294.79	70 mm ²	2.22	Cumple	70 mm ²
E4	235.83	294.79	70 mm ²	2.41	Cumple	70 mm ²
E5	235.83	294.79	70 mm ²	2.59	Cumple	70 mm ²
E6	26.95	29.94	2.5 mm ²	49.40	No Cumple	16 mm ²
E7	20.21	25.26	2.5 mm ²	42.51	No Cumple	16 mm ²
E8	20.21	25.26	2.5 mm ²	42.51	No Cumple	16 mm ²

FUENTE: Elaboración propia

5.1.2 Dimensionamiento de interruptores termomagnéticos para motores

La intensidad nominal de los interruptores termomagnéticos de los motores debe estar entre los siguientes rangos:

$$235.83 \text{ A} < I_A (1) < 294.79 \text{ A}$$

$$235.83 \text{ A} < I_A (2) < 294.79 \text{ A}$$

$$235.83 \text{ A} < I_A (3) < 294.79 \text{ A}$$

$$235.83 \text{ A} < I_A (4) < 294.79 \text{ A}$$

$$235.83 \text{ A} < I_A (5) < 294.79 \text{ A}$$

$$26.95 \text{ A} < I_A (6) < 29.94 \text{ A}$$

$$20.21 \text{ A} < I_A (7) < 25.26 \text{ A}$$

$$20.21 \text{ A} < I_A (8) < 25.26 \text{ A}$$

Según el catálogo de la marca Bticino de interruptores termomagnéticos, las llaves seleccionadas según las corrientes son:

a) Para motores E1,E2,E3,E4,E5



	Interruptor termomagnético ME250 3P/4P		
	Interruptor	ME250N	ME250N
	No. de polos protegidos	3	4
	In (A)	250	T7233A/250
			T7234A/250

Figura 28: Interruptor termomagnético ME250
FUENTE: Catálogo Bticino

b) Para motores E6,E7,E8



Interruptor termomagnético MA/ME125 - 3P		
Interruptor	MA125	ME125B
Nº de polos protegidos	3	3
In (A)	16	T7113A/16
	25	T7113A/25
	40	T7113A/40
	63	T7113A/63
	100	T7113A/100
	125	T7113A/125

Figura 29: Interruptor termomagnético MA/ME125
FUENTE: Catálogo Bticino

5.1.3 Calculo PID y selección de electroválvulas

5.1.3.1 Datos técnicos

Tabla 8: Datos técnicos de variables para control PID:

Presión de Domos máxima	586	[kPa]
Temperatura de Domos	393	[K]
Intervalo tiempo	0.2	[ms]
Corriente de control min -máxima	4-20	[mA]

FUENTE: Elaboración propia

5.1.3.2 Grafico de control PID

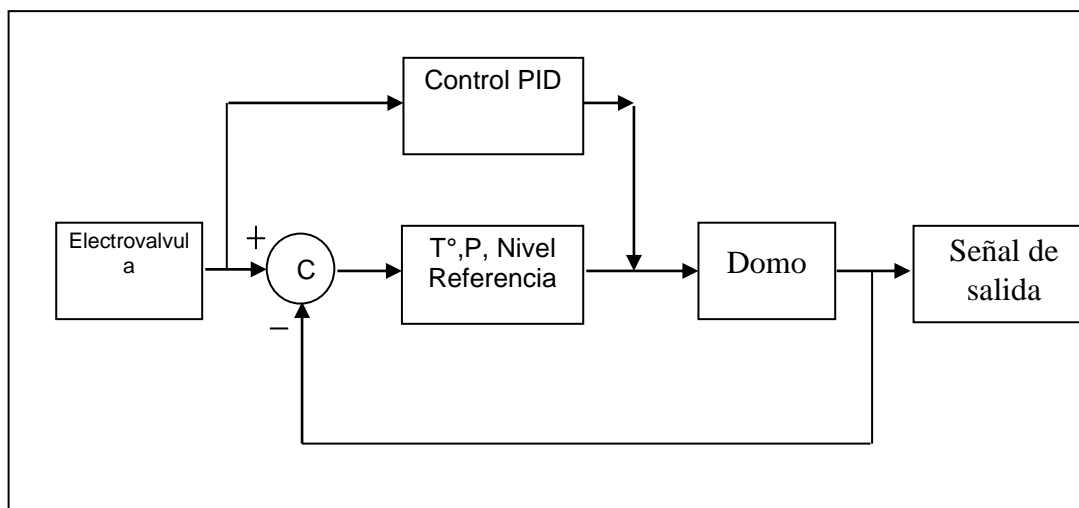


Figura 30: Diagrama control PID

FUENTE: Elaboración propia

5.1.3.3 Diagrama de Control PID

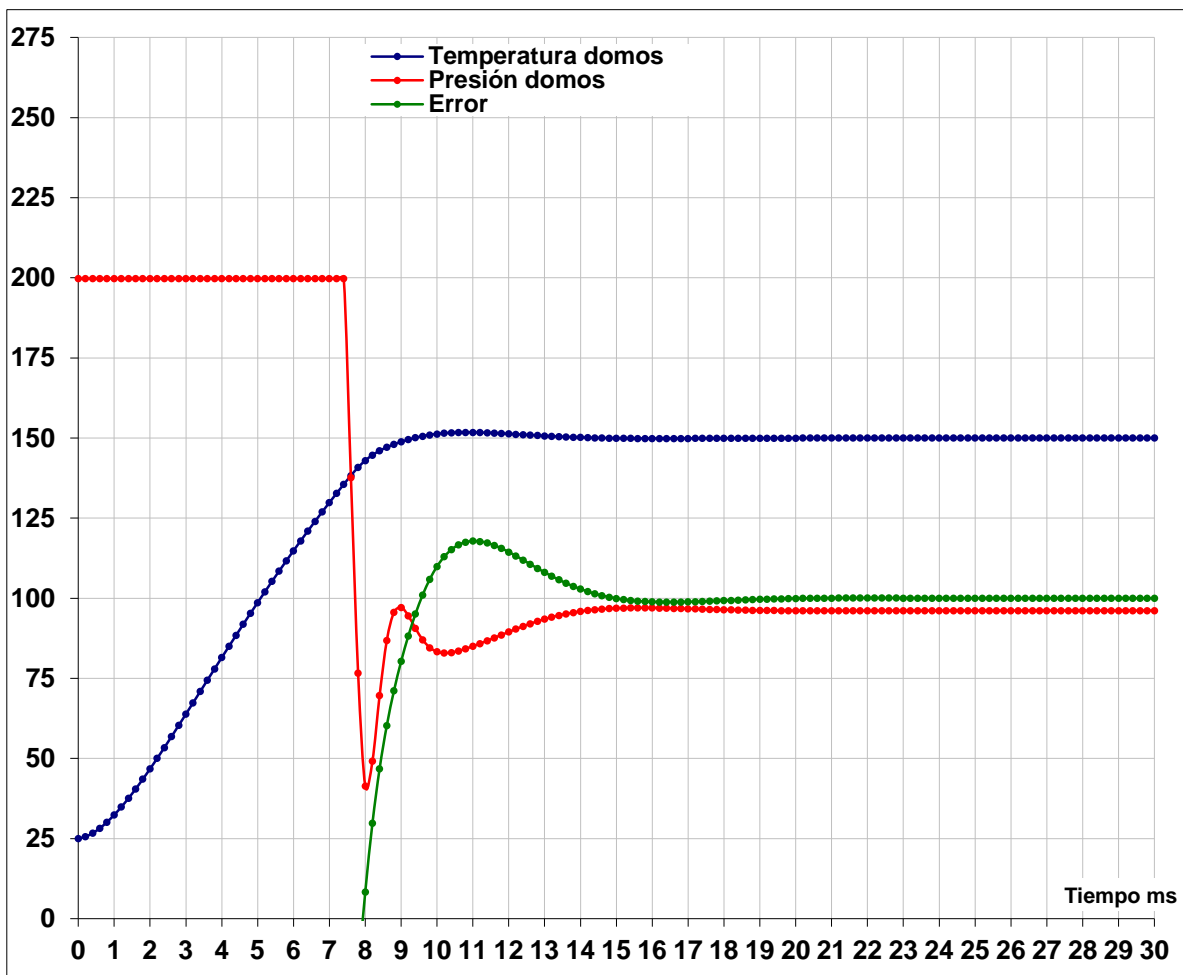


Figura 31: Gráfico de control
FUENTE: Elaboración propia

5.1.3.4 Selección de electroválvula con Posicionador

a) Electroválvula

Tomando en cuenta la presión de trabajo de los domos, la temperatura máxima, el diámetro de las tuberías y la corriente de trabajo se seleccionó la siguiente electroválvula:

Tabla 9: Selección de electroválvula

Electroválvula de Control con Accionamiento neumático tipo 3310/BR31a- Marca SAMSON	
Paso nominal	1"-10"
Presión nominal	0 – 1034 Pa
Temperatura nominal	233 K – 700 K
Acoplamiento	Posicionador
Comunicación	Profibus

FUENTE: Elaboración propia

b) Posicionador

Tabla 10: Selección de Posicionador

Posicionador electro neumático inductivo tipo 3730a- Marca SAMSON	
Interruptor de proximidad	sí
Transmisión	Analógica
Entrada	Analógica
Comunicación	Profibus

FUENTE: Elaboración propia

5.1.4 Dimensionamiento de PLC

Para dimensionar el PLC que soporte el diseño del proceso es necesario tomar en cuenta las salidas y entradas seleccionadas para el proceso, tal como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 11: Variables del diseño

ITEM	VARIABLES DE DISEÑO	I/O
1	INICIO PROCESO	DI
2	INICIO ELECTROBOMB1	DI
3	INICIO ELECTROBOMB2	DI
4	INICIO ELECTROBOMB3	DI
5	INICIO ELECTROBOMB4	DI
6	INICIO ELECTROBOMB5	DI
7	SENSOR ALTO DESAIREADOR	DI
8	SENSOR BAJO DESAIREADOR	DI
9	PARO PROCESO	DI
10	APAGADO ELECTROBOMB1	DI
11	APAGADO ELECTROBOMB2	DI
12	APAGADO ELECTROBOMB3	DI
13	APAGADO ELECTROBOMB4	DI
14	APAGADO ELECTROBOMB5	DI
15	PULSADOR RELE ELECTROBOM1	DI
16	PULSADOR RELE ELECTROBOM2	DI
17	PULSADOR RELE ELECTROBOM3	DI
18	PULSADOR RELE ELECTROBOM4	DI
19	PULSADOR RELE ELECTROBOM5	DI
20	PULSADOR RELE ELECTROBOM1 DE AGUA CONDENS.	DI
21	PULSADOR RELE ELECTROBOM2 DE AGUA CONDENS.	DI
22	PULSADOR RELE ELECTROBOM3 DE AGUA CONDENS.	DI
23	ELECTROBOM1	DQ
24	ELECTROBOM2	DQ
25	ELECTROBOM3	DQ
26	ELECTROBOM4	DQ
27	ELECTROBOM5	DQ
28	ELECTROBOM1 DE AGUA CONDENS.	DQ
29	ELECTROBOM2 DE AGUA CONDENS.	DQ
30	SENSOR FLUJO AGUA	AI

FUENTE: Elaboración propia

ITEM	VARIABLES DE DISEÑO	I/O
31	SENS TEMP AGUA	AI
32	SENS PRES AGUA	AI
33	SENS FLUJO VAPOR	AI
34	SENS TEMP VAPOR	AI
35	SENS PRES VAPOR	AI
36	SENS ULTRASON DOMO1	AI
37	SENS ULTRASON DOMO2	AI
38	SENS ULTRASON DOMO3	AI
39	SENS ULTRASON DOMO4	AI
40	SENS ULTRASON DOMO5	AI
41	SENS PRES GENERAL	AI
42	SENS TEMP DOM1	AI
43	SENS PRES DOM1	AI
44	SENS TEMP DOM2	AI
45	SENS PRES DOM2	AI
46	SENS TEMP DOM3	AI
47	SENS PRES DOM3	AI
48	SENS TEMP DOM4	AI
49	SENS PRES DOM4	AI
50	SENS TEMP DOM5	AI
51	SENS PRES DOM5	AI
52	ELECTROV DOMO1	AQ
53	ELECTROV DOMO2	AQ
54	ELECTROV DOMO3	AQ
55	ELECTROV DOMO4	AQ
56	ELECTROV DOMO5	AQ
57	ELECTRO VAPOR	AQ

Donde:

DI: Entrada digital

DQ: Salida Digital

AI: Entrada Analógica

AQ: Salida Analógica

5.1.4.1 Resumen de variables para el proceso

Para seleccionar el PLC y los módulos que controlarán el proceso automatizado es necesario tener la cantidad y tipo de variables para su posterior programación.

DI = 22

DQ = 7

AI = 22

AQ = 6

5.1.4.2 Selección de PLC y componentes auxiliares

De acuerdo a las variables que se mencionan en la tabla 11, se seleccionó el siguiente controlador y componentes auxiliares:

a) PLC SIMATIC S7-1200

Es un controlador compacto modular de automatización discreta y autónoma.

a.1) Características técnicas

Tabla 12: Características técnicas de PLC

Tipo de CPU	CPU 1214C
Número de I/O Digitales	14 entradas / 10 salidas
Número de I/O Analógicas	2
Memorias internas I/O – Digitales	284
Memorias internas I/O – Analógicas	67
Tamaño de imagen de proceso 1024 Bytes por entradas / 1024 Bytes por salidas	

FUENTE: Elaboración propia

b) Componentes Auxiliares

Los componentes auxiliares se seleccionan si el PLC no cubre con el 100% de las entradas y salidas del sistema.

b.1) Módulo de señal – SM 1221 DC

DI 16 x 24 V DC

b.2) Módulo de señal - SM 1231 AI (3 módulos)

AI 8 x 13 Bit

± 10 V DC, ± 5 V DC,

± 2.5 V DC o 0-20 mA

b.3) Módulo de señal – SM 1232 AQ (2 módulos)

AO 4 x 14 Bit

± 10 V DC or 0-20 mA

c) Cable de extension para módulos

Con la finalidad de ofrecer una conexión segura entre el PLC y los módulos auxiliares dentro del tablero de control.



Figura 32: Cable de conexión entre módulos
Fuente: Siemens Industrial

d) Módulo y procesadores de Comunicación

Tabla 13: Características técnicas de cable de comunicación Ethernet

Módulo de Comunicaciones	CM 1242-5 PROFIBUS Slave	CM 1243-5 PROFIBUS Master
Número de I/O Digitales	1 x 9-pin D-sub conector hembra	1 x 9-pin D-sub conector hembra

FUENTE: Elaboración propia

e) Módulo Switch Compacto

Es un conmutador de cuatro puertos que permite conectar hasta tres dispositivos adicionales al PLC, además de permitir tener un cableado menor mediante tipo de conexiones ya sean lineal, estrella, árbol.

f) Fuente de alimentación

Fuente de alimentación PM 1207, ofrece una salida de 24vcd para los sistemas de control del PLC.

Tensión de entrada: 220vac

Corriente nominal: 2.5 A

g) Pantalla HMI

Tabla 14: Características técnicas de pantalla HMI

KTP1000 Basic color PN	
Dimensiones	211,2 mmx158,4 mm
Nº de teclas de función	8
Variante con pantalla táctil	Sí
Tipo de tensión de la alimentación	24 VDC
Nº de interfaces Industrial Ethernet	1
TCP/IP	1

FUENTE: Elaboración propia

h) Vista de componentes seleccionados para el proyecto

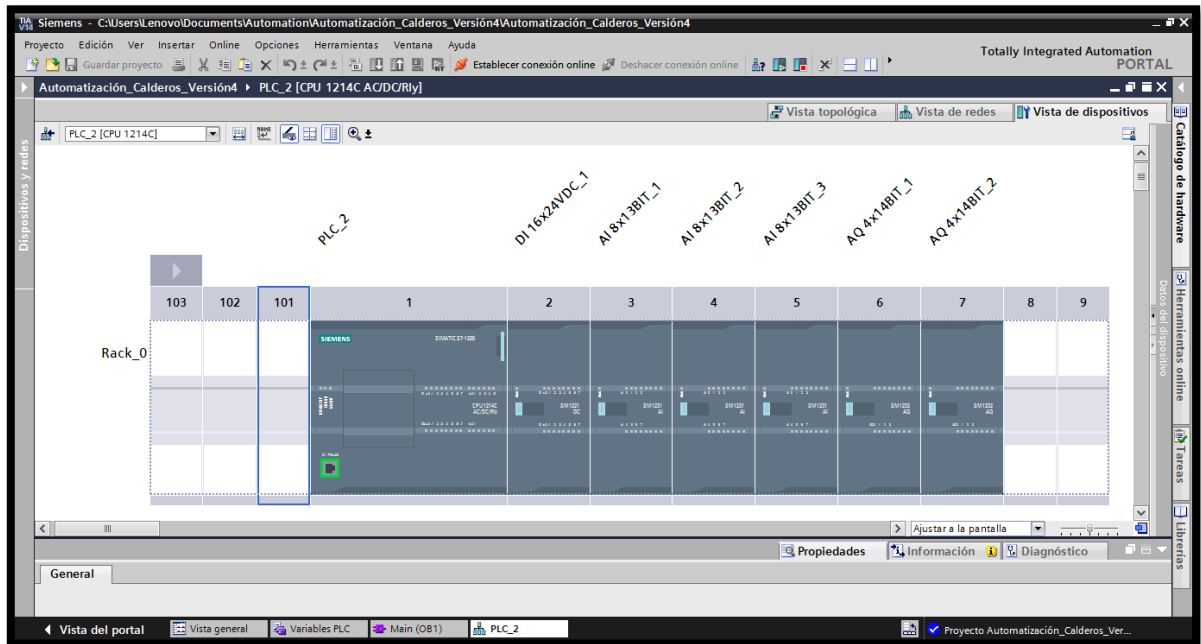


Figura 33: Componentes seleccionados del proyecto

Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

5.1.5 Programación en plataforma Tia Portal V14

5.1.5.1 Selección de dispositivos en la plataforma TIA PORTAL V14

5.1.5.1.1 Selección de PLC S7 1200 – CPU 1214C

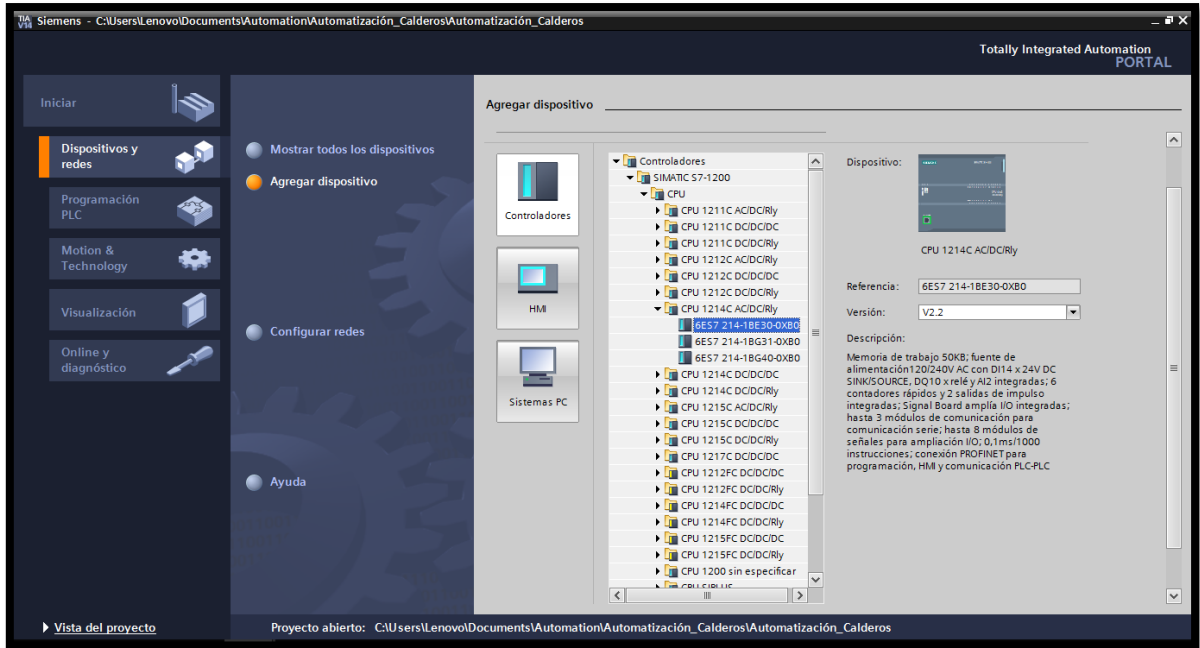


Figura 34: Selección de controlador S7 1200

Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

5.1.5.1.2 PLC S7 1200 y módulos auxiliares

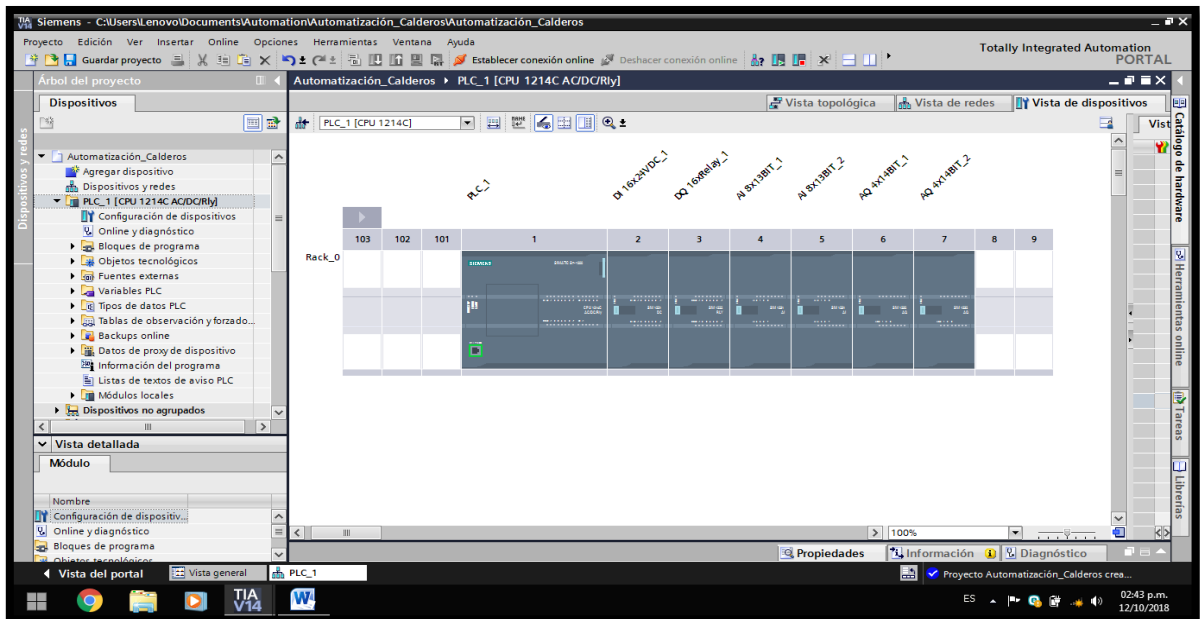


Figura 35: Controlador y módulos auxiliares

Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

5.1.5.1.3 Creación de funciones

El proceso de desaireación y bombeo de agua para calderas se dividió en subprocesos para que se tenga un orden y sea manejable al operario de la empresa.

a) Entrada de agua

La entrada de agua condensada proveniente de los tanques de condensado vienen a una temperatura promedio de 85°C, viajan a través de tuberías de 12" hacia el desaireador, sin embargo, actualmente no existe equipos de medición, por lo que la propuesta del proyecto se implementó al sistema los siguientes dispositivos de medición y transmisión de medidas como transmisor e indicador de presión, transmisor e indicador de temperatura, transmisor e indicador de caudal.

a.1) Arranque y paro de electrobombas de agua condensada

Se diseñó una programación para que las electrobombas (2) que impulsan el agua hacia el desaireador funcionen de manera autónoma dependiendo únicamente de la orden que les lleguen desde los sensores de nivel que se encuentran en el desaireador.

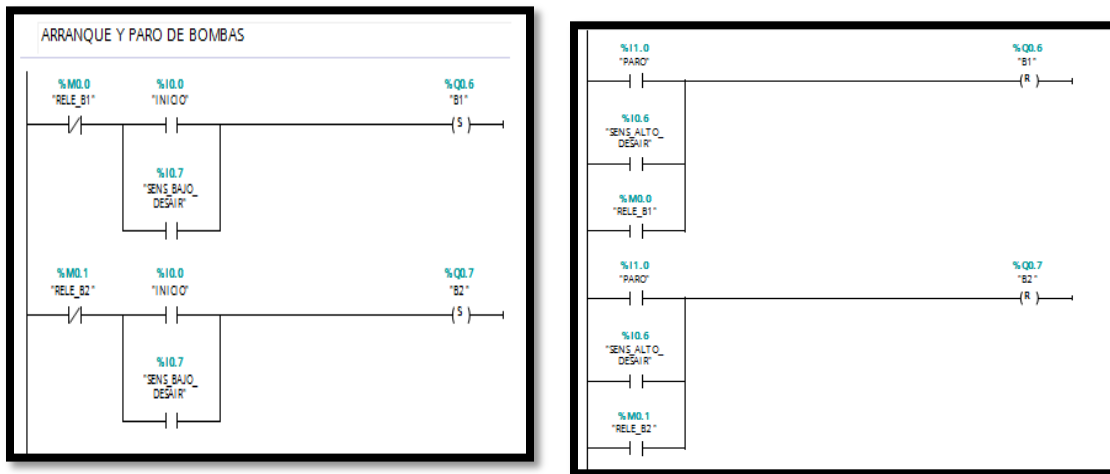
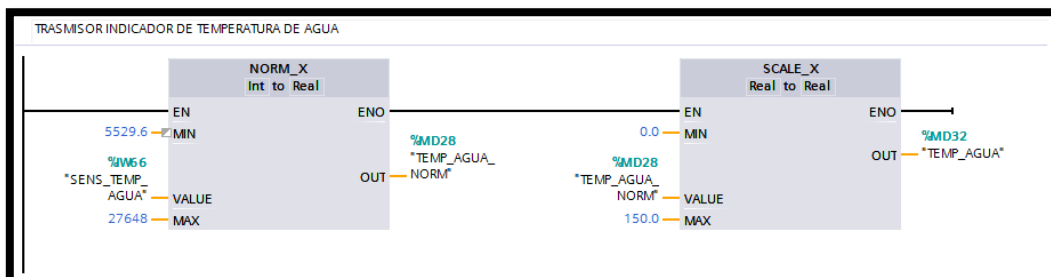
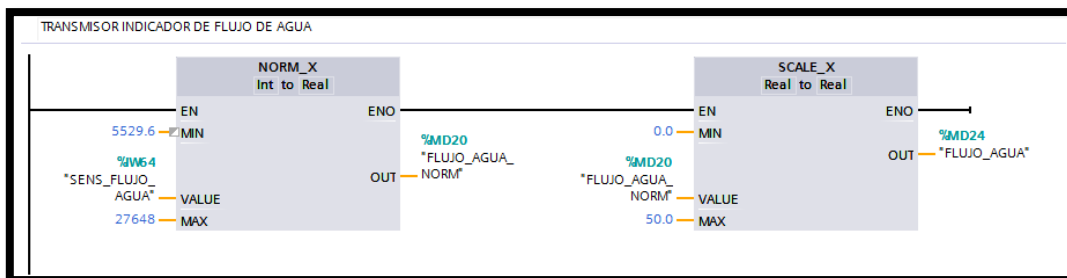


Figura 36: Arranque y paro de electrobombas
Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

a.2) Programación de variables de bombeo de agua condensada



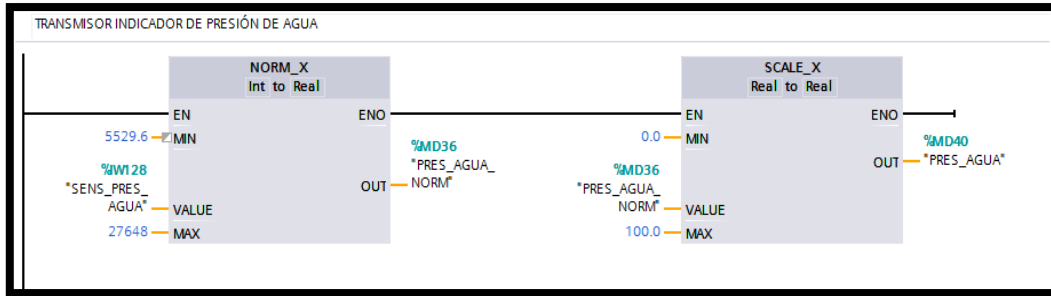


Figura 37: Programación de variables de bombeo de agua condensada
Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

a.3) Proceso de entrada de agua en pantalla HMI

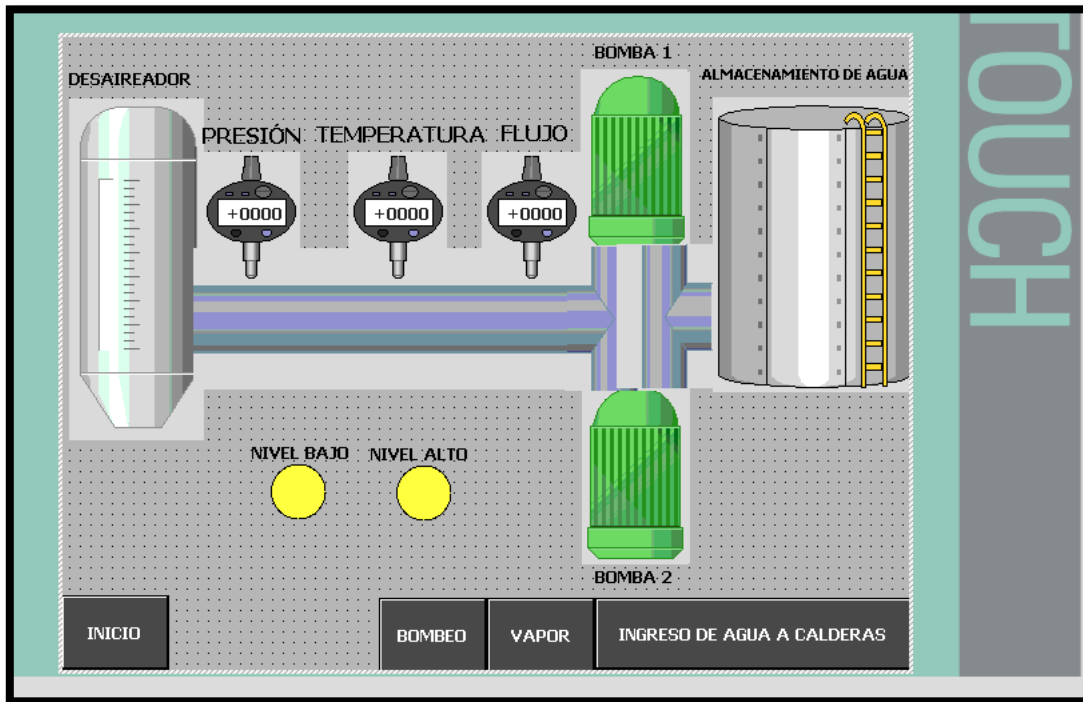


Figura 38: Pantalla HMI del proceso de bombeo de agua a desaireador
Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

b) Entrada de vapor

Se implementó al sistema los siguientes dispositivos de medición y transmisión de medidas como transmisor e indicador de presión, transmisor e indicador de temperatura, transmisor e indicador de caudal; así como una electroválvula para regular la entrada de vapor al sistema.

b.1) Programación de variables de entrada de vapor



Figura 39: Programación de variables de entrada de vapor

Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

b.2) Proceso de entrada de vapor en pantalla HMI

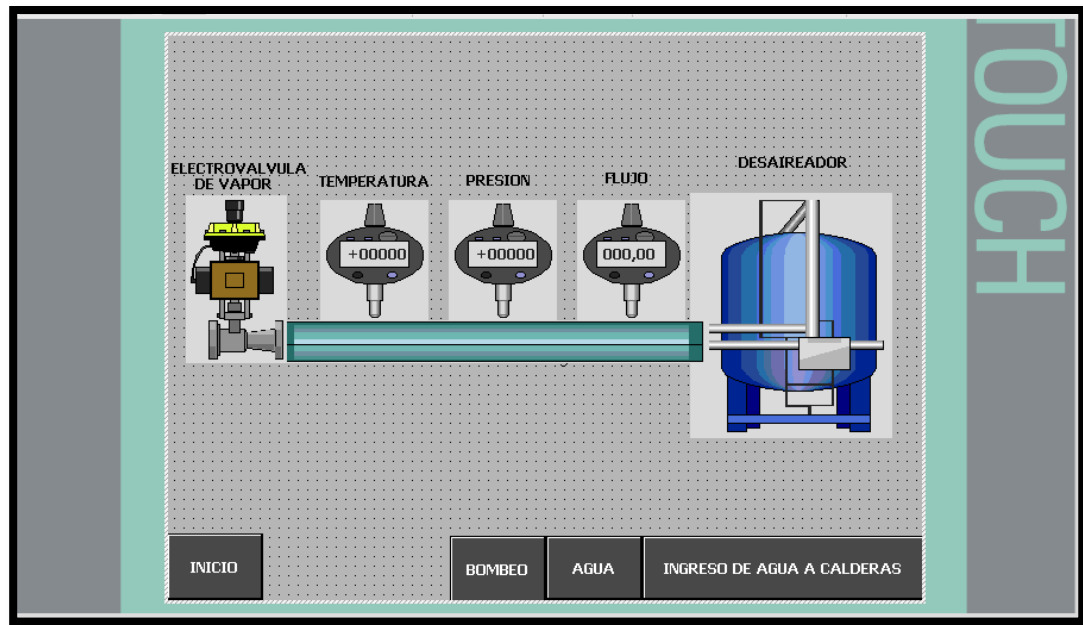


Figura 40: Pantalla HMI del proceso de entrada de vapor a desaireador

Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

c) Control de electroválvulas

La empresa Agro Pucalá SAA consta de cinco calderas y cada caldera tiene un domo el cuál le suministra el agua para su funcionamiento; se implementó al sistema una electroválvula con posicionador para cada domo que funciona en función del nivel de la capacidad.

c.1) Nivel en domo de caldera

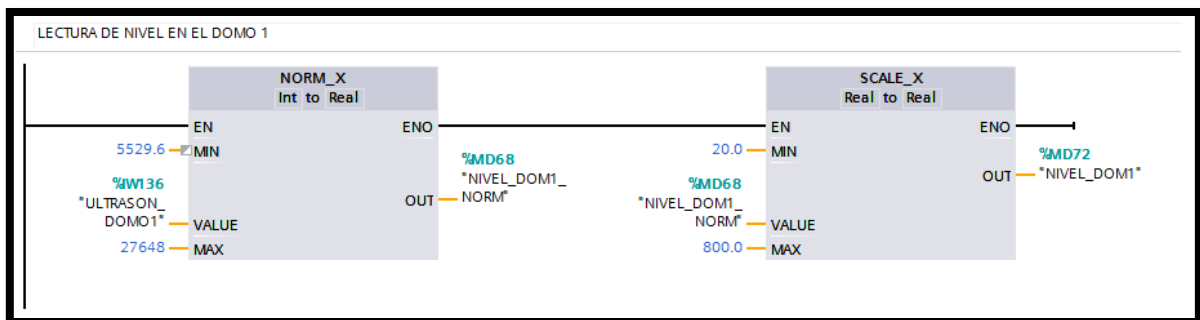


Figura 41: Lectura de nivel de domos

Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

c.2) Control de electroválvula

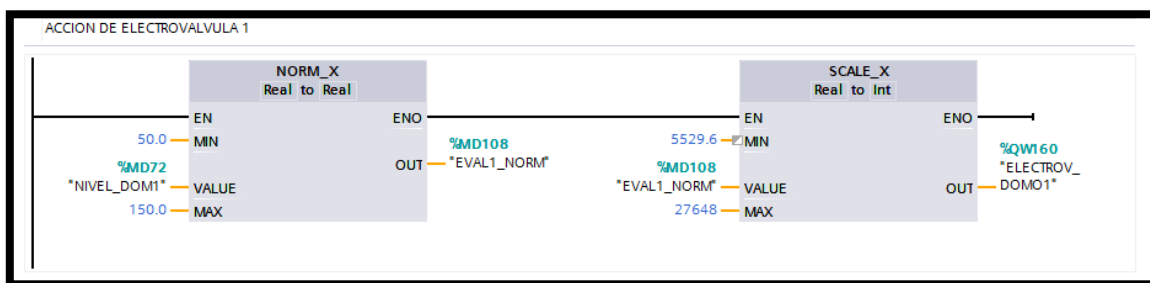


Figura 42: Control de electroválvulas

Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

c.3) Control de apertura o cierre gradual de electroválvula

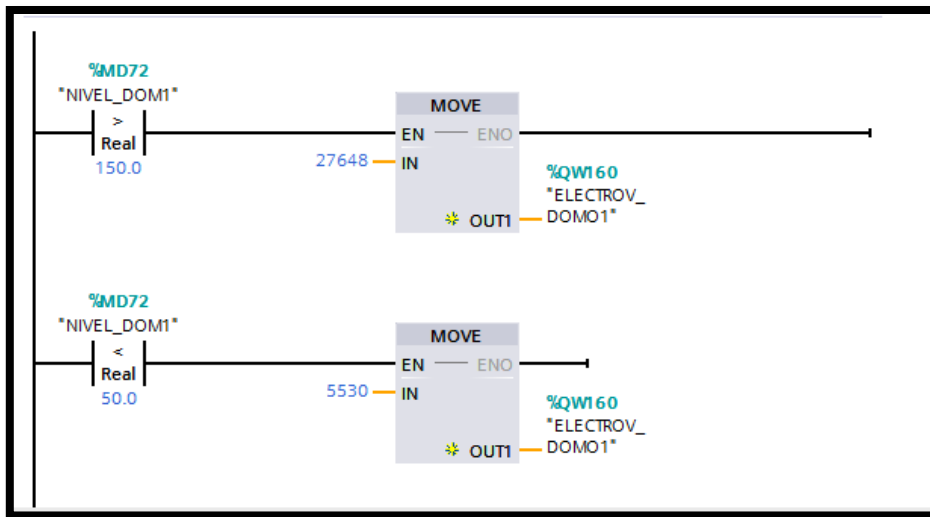


Figura 43: Control de cierre y apertura de electroválvula
Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

c.4) Proceso de control de electroválvulas en pantalla HMI

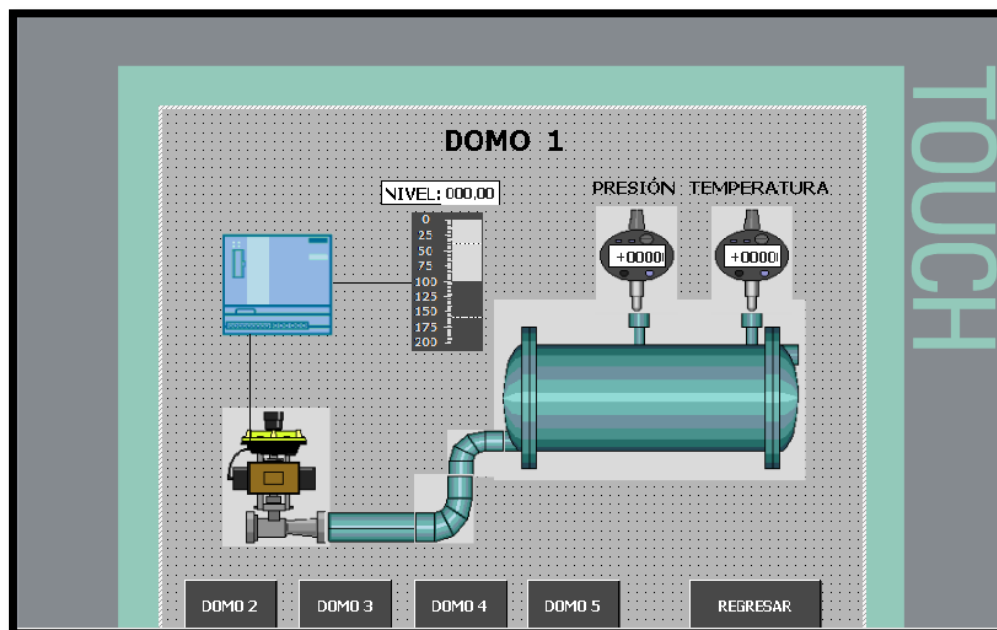


Figura 44: Pantalla HMI del proceso de control de electroválvulas en domos de calderas
Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

d) Bombeo de agua a domos

El agua luego de ser tratada en el desaireador, a través de una electrobomba envía el agua hacia los domos de las calderas.

d.1) Control de electrobombas de agua para domos de calderas

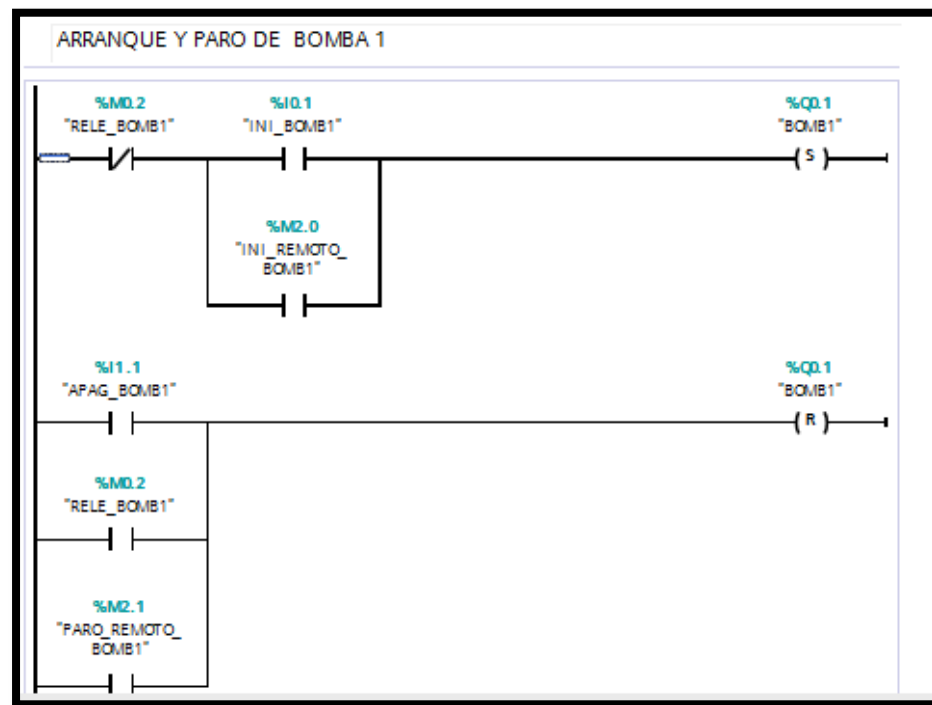


Figura 45: Control de electrobombas de agua para domos de calderas
Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

d.2) Control de presión y temperatura general del bombeo de agua

El sistema de bombeo al funcionar las cinco electrobombas tiene que llegar el sistema a una presión de 500psi, por lo que se implementó un indicador transmisor de presión, además de un indicador transmisor de temperatura para tener un control exacto del proceso.

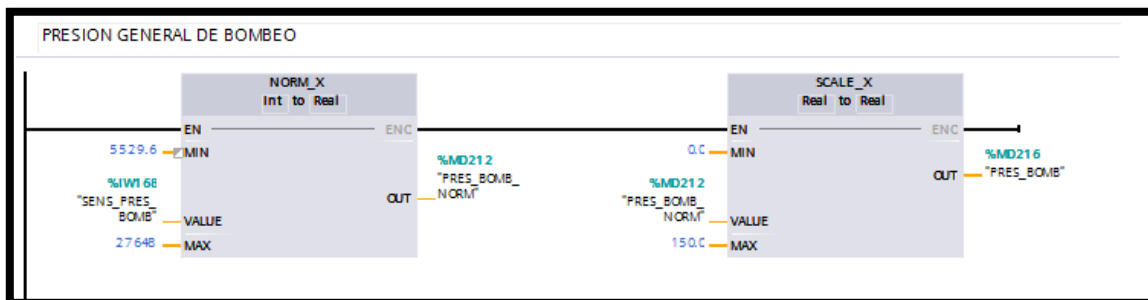
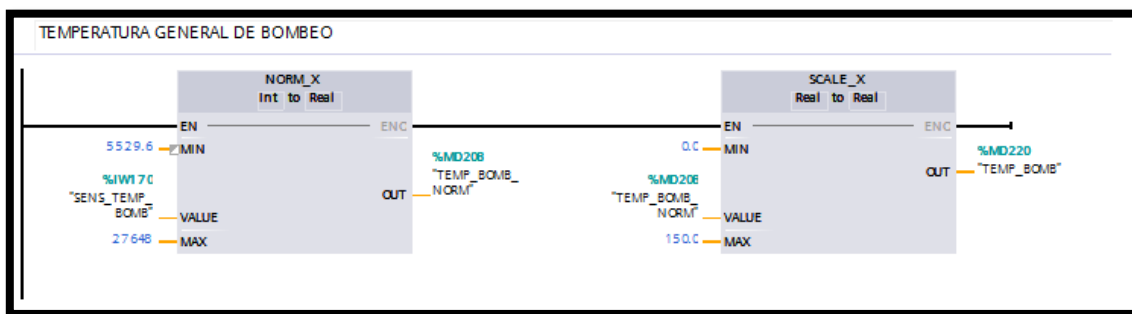


Figura 46: Medición de presión y temperatura de bombeo de agua a domos de calderas.
Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

d.3) Fallo y/o mantenimiento de electrobombas

En el sistema de bombeo de agua puede presentarse una emergencia en cualquiera de las cinco calderas por lo que en el proyecto se incorporó un sistema de control ante este caso, como puede ser un fallo o un mantenimiento programado de una electrobomba aislada o todo el sistema de bombeo.

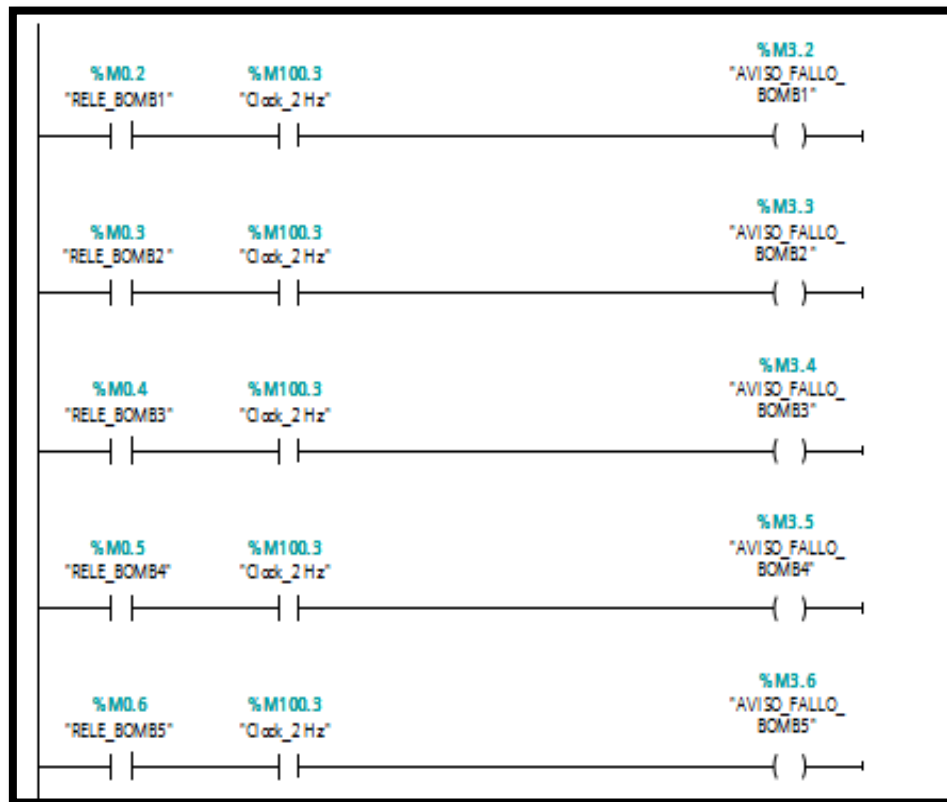


Figura 47: Sistema de control de emergencias en bombeo de agua
Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

d.4) Sistema de control de emergencias en bombeo de agua en pantalla HMI

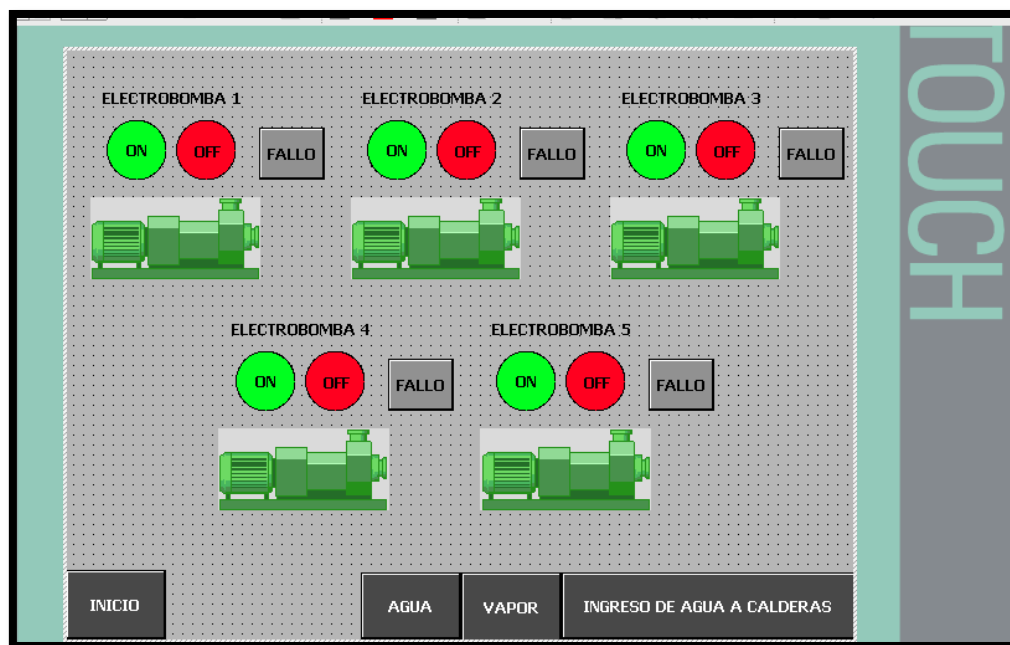


Figura 48: Pantalla HMI del proceso de control de emergencia en bombeo de agua

Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

e) Transmisor e indicador de presión y temperatura en domos de calderas

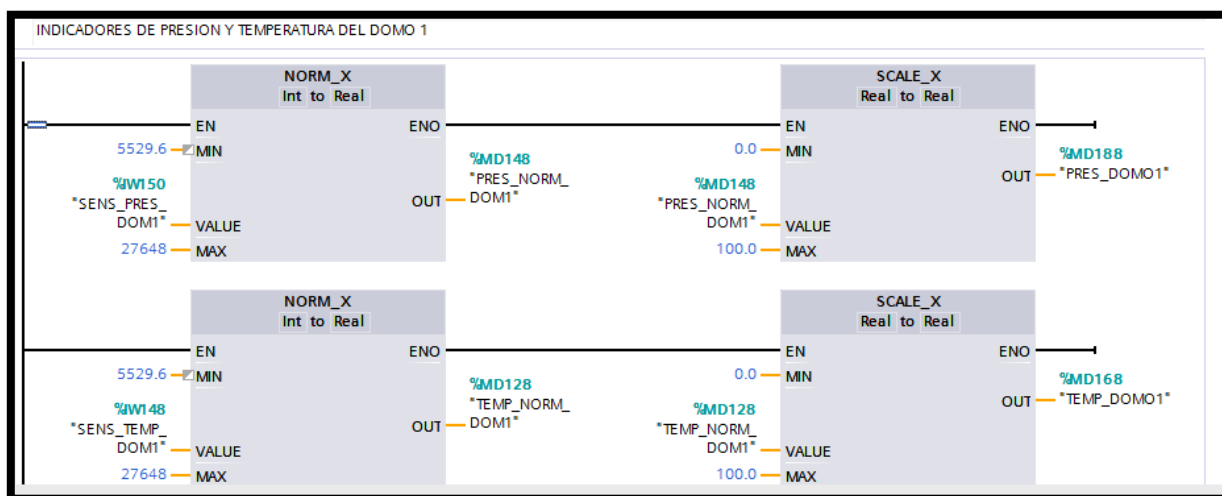


Figura 49: Control de variables de medición de presión y temperatura de domos de calderas

Fuente: Elaboración propia, programación plataforma Tia Portal V14

5.1.6 Dimensionamiento de pozo a tierra

En referencia se tiene las siguientes normas técnicas:

- a) Reglamento nacional de edificaciones para locales especiales (posibilidad de ignición de materiales), EM-020. con valor de RPAT máximo 5 Ohm.
- b) De acuerdo a Normas Internacionales ANSI/NFPA 70 -1990 (NEC) publicación - IEEE Std 142 – 1991, recomendaciones de fabricantes: valor máximo R(PAT) en grifos, estaciones de servicios, sala de instrumentación de fábricas y locales de alto riesgo de ignición, con presencia de líquidos altamente inflamables, 10 Ohm; y 5 Ohm como valor máximo en sistemas electrónicos y de cómputo.

5.1.6.1 Cálculo de puesta a tierra para sistema de control

Método de Schwarz (Malla)

a) Reticulado

$$R1 = \frac{\rho}{\pi l} \left[\ln\left(\frac{2L}{\sqrt{hd}}\right) + \frac{K1.L}{\sqrt{S}} - K2 \right] \quad K1 = 1.43 - \frac{h}{\sqrt{S}} - 0.044 \frac{A}{B}$$

b) Barras

$$R2 = \frac{\rho}{2\pi Nl} \left[\ln\left(\frac{4L}{a}\right) - 1 + \frac{2K1.L}{\sqrt{S}} (\sqrt{N} - 1)^2 \right] \quad K2 = 5.5 - \frac{8h}{\sqrt{S}} - \left(0.15 - \frac{h}{\sqrt{S}}\right) \frac{A}{B}$$

c) Resistencia mutua

$$R_{12} = R_{21} = R_1 - R_1 = \frac{\rho}{\pi l} \left[\ln\left(\frac{l}{\sqrt{hd}}\right) - 1 \right]$$

d) Resistencia combinada

$$R_T = \frac{R_1.R_2 - R_{12}^2}{R_1 + R_2 - 2R_{12}}$$

Donde:

A	Lado mayor de la malla	15.2 m
B	Lado menor de la malla	6.2 m
P	Resistividad del terreno natural	10000 ohm-m
L	Longitud total del conductor reticulado	42.8 m
d	Diámetro del conductor reticulado, 95 mm ² Cu Desn.	0.0116 m
h	Profundidad de enterramiento del reticulado	0.6 m
N	Número de barras	2 und
l	Longitud de cada barra	2.4 m
a	Radio de la barra	0.0079 m
S	Superficie cubierta de la malla	94.24 m ²
K1 y k2	Coeficiente que dependen de la geometría de la configuración de la malla	k1=1.18 k2=5.22

Cálculo de la resistencia del reticulado

$R_1 = 51.4 \text{ ohm}$

Cálculo del conjunto de barras

$R_2 = 205.5 \text{ ohm}$

Cálculo de la resistencia mutua entre el reticulado y barras

$R_{12} = 33.9 \text{ ohm}$

Cálculo de la resistencia combinada reticulado-barras

$R = 49.8 \text{ ohm}$

Reducción por cambio del terreno y tratamiento químico con:

1 dosis de Thor-gel x m³ (Reducción al 20%) $R = 9.96 \text{ ohm}$

2 dosis de Thor-gel x m³ (Reducción al 15%) $R = 7.47 \text{ ohm}$

3 dosis de Thor-gel x m³ (Reducción al 10%) $R = 4.98 \text{ ohm}$

5.1.7. Puesta a tierra para electrobombas

Actualmente las electrobombas del proceso constan con puesta a tierra independiente, en las visitas técnicas se corroboró la presencia de los pozos y su conexión por lo que el proyecto sólo contará de mantenimiento de los pozos a tierra.

5.2 Discusión de Resultados.

5.2.1 Presupuesto de la implementación del proyecto

Tabla 15. Presupuesto de la implementación del proyecto

Presupuesto de la implementación de la automatización del proceso de bombeo y desaireación de agua para calderos			
EQUIPOS Y ACCESORIOS	UND	PREC. UNIT. S/.	PREC. TOTAL. S/.
PLC Simatic s7 1200 CPU 1214C Marca Siemens	1	3963.96	3963.96
Tablero General de control y fuerza Marca Siemens	1	5500.00	5500.00
Módulo de señal – SM 1221 DC Marca Siemens	1	406.00	406.00
Módulo de señal - SM 1231 AI Marca Siemens	3	787.92	2363.76
Módulo de señal – SM 1232 AQ Marca Siemens	2	837.06	1674.12
Cable de extensión para módulos Marca Siemens	1	202.44	202.44
Cable de comunicación Ethernet CM 1243-5 PROFIBUS Master	5	555.25	2776.2
Módulo Switch Compacto Marca Siemens	2	454.02	908.04
Fuente de alimentación PM 1207 Marca Siemens	1	276.36	276.36
Pantalla HMI KTP1000 Basic color PN Marca Siemens.	1	6423.144	6423.14
Puesta a tierra	1	7500.00	7500.00
Mantenimiento de pozo a tierra.	8	450	3600.00
Electroválvula de Control con Accionamiento neumático tipo 3310/BR31a- Marca SAMSON	6	10000.00	60000.00

EQUIPOS Y ACCESORIOS	UND	PREC. UNIT. S/.	PREC. TOTAL. S/.
Posicionador electro neumático inductivo tipo 3730a- Marca SAMSON	6	3500.00	21000.00
Transmisor e indicador de temperatura T-GAGE serie M18T (4-20 mA)	7	3000.00	21000.00
Transmisor e indicador de nivel modelo ultrasónico U-GAGE serie QT50U (4-20 mA)	7	3000.00	21000.00
Transmisor e indicador de presión NOVUS serie NP860-HRT (4-20 mA)	8	3000.00	24000.00
Transmisor e indicador de caudal BURKERT serie 8035 (4-20 mA)	7	3000.00	21000.00
TOTAL DE EQUIPOS Y ACCESORIOS		S/. 203,594.38	
MANO DE OBRA(Incluye programación y puesta en marcha)			101,797.19
MANTENIMIENTO			20359.45
COSTO DIRECTO			325,751.02
GASTOS GENERALES (6% DEL COSTO DIRECTO)			19,545.06
UTILIDADES (5% DEL COSTO DIRECTO)			16,287.55
SUB TOTAL			361,583.63
IGV (18% DEL SUBTOTAL)			65,085.05
PRESUPUESTO TOTAL			426,668.68

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2 Evaluación económica del proyecto

a) Gastos antes de la automatización

a.1) Mano de Obra

Tabla 16. Gasto mano de obra actual de la empresa

MANO DE OBRA		
PRODUCCION	N° trabajadores	47
	Pago mensual x trabajador	1800
	Pagos anuales	14
	Escolaridad	500
SUPERVISION	N° trabajadores	3
	Pago mensual x trabajador	2500
	Pagos anuales	14
	Escolaridad	500
	TOTAL	1'314,400.00

Los gastos en mano de obra antes de la implementación asciende al monto de **1' 314 400.00** soles anuales.

b) Gastos después de la automatización

b.1) Mano de Obra

Tabla 17. Gasto mano de obra después del proyecto

MANO DE OBRA		
PRODUCCION	N° trabajadores	3
	Pago mensual x trabajador	1800
	Pagos anuales	14
	Escolaridad	500
SUPERVISION	N° trabajadores	3
	Pago mensual x trabajador	2500
	Pagos anuales	14
	Escolaridad	500
	TOTAL	183,600.00

Encontramos el total de trabajadores dentro de la producción después de la automatización a la maquinaria los trabajadores se reducen a solo 6 trabajadores entre producción y supervisión.

Los gastos en mano de obra después de la implementación ascienden al monto de **183,600.00** soles anuales.

Los gastos en mano de obra se reducen en un 86%.

b.2) Presupuesto de automatización.

Tabla 18. Presupuesto de la implementación de automatización

PRESUPUESTO EN LA IMPLEMENTACION DE AUTOMATIZACION	
Total de equipo y accesorios	203,594.00
Mano de obra para puesta en marcha (Instalación)	101,797.00
Transporte	20,359.00
COSTO DIRECTO	325,751.00
Gastos generales(6% de costo directo)	19,545.00
Utilidades (5% - costo del estudio de inversión)	16,288.00
SUBTOTAL	361.584.00
IGV (18% DEL SUBTOTAL)	65,085.00
PRESUPUESTO TOTAL	426,669.00

El gasto total de la implementación de automatización asciende a **426669 soles** que representa el 32.46% del gasto que actualmente tienen en mano de obra anual.

Debido a que la empresa no cuenta con recursos propios para la inversión se ha supuesto un financiamiento en el mercado bancario tomándose en cuenta la tasa (6.5% anual) SBS.

Tabla 19. Financiamiento del proyecto

La cuota mensual a pagar por la empresa agroindustrial asciende a 36783.00

PERIODOS	CUOTAS	INTERES	AMORTIZACION	CAPITAL
0				426669
1	36783	2245	34538	392131
2	36783	2063	34720	357410
3	36783	1881	34903	322507
4	36783	1697	35087	287421
5	36783	1512	35271	252150
6	36783	1327	35457	216693
7	36783	1140	35643	181050
8	36783	953	35831	145219
9	36783	764	36019	109200
10	36783	575	36209	72991
11	36783	384	36399	36591
12	36783	193	36591	0

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones:

a) Se modeló la automatización integral del proceso de bombeo y desaireación de agua, implementando los siguientes equipos:

- Siete equipos: Transmisor e indicador de caudal BURKERT serie 8035 (4-20 mA).

- Siete equipos: Transmisor e indicador de temperatura T-GAGE serie M18T (4- 20 mA).

- Siete equipos: Transmisor e indicador de nivel modelo ultrasónico U-GAGE serie QT50U (4-20 mA).

- Ocho equipos: Transmisor e indicador de presión NOVUS serie NP860-HRT (4-20 mA).

- Seis equipos: Electroválvula de Control con Accionamiento neumático tipo 3310/BR31a- Marca SAMSON.

- Seis equipos: Posicionador electro neumático inductivo tipo 3730a- Marca SAMSON.

b) Se controló a través de la programación los parámetros que intervienen en el sistema de desaireación y bombeo de agua como son:

- Caudal, diseñado para un caudal volumétrico de hasta 500 m³/h y una velocidad de caudal de 10 m/s.

-Presión, diseñado para una presión máxima de trabajo de 6980 kPa.

-Temperatura, diseñado para una temperatura máxima de 423 K.

c) Se diseñó a través del programa Tia Portal, un sistema de control para cada uno de los subprocesos tales como bombeo de agua a domos, desaireación, bombeo de agua condensada, la separación de los procesos sirvió para tener un mejor control de las variables. (VER PAGINA 94-106).

d) Se hizo el presupuesto de proyecto con un total de S/. 426669.00, además de un análisis económico comparando la reducción de costos entre un antes y después del proyecto el cual resultó un 86% de los gastos actuales en trabajadores que incurre la empresa anualmente; haciendo al proyecto económicamente factible.

6.2 Recomendaciones:

a) El sistema de automatización planteado consta de una programación de memorias la cual guarda los datos en tiempo real de presión, caudal y temperatura; haciendo posible que se pueda mejorar a partir de un sistema Scada; esto es posible si se implementara el proyecto en la empresa.

- b) Al sistema bombeo se puede implementar variadores de velocidad y así poder hacer más eficiente el abastecimiento de agua, esto es posible si se implementara el proyecto en la empresa.

- c) Actualmente la mayoría de las empresas Agro industriales del norte presentan un atraso en el campo de la automatización, por lo que a partir del análisis de esta tesis se busca incitar a los alumnos a implementar sistemas autónomos en la industria que benefician tanto a la producción como la seguridad de los procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Especificaciones Técnicas – Empresa Agro Pucalá SAA

Código Nacional de Electricidad Suministro. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Electricidad - 2011.

Código Nacional de Electricidad Utilización. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Electricidad - 2006.

Reglamento nacional de edificaciones para locales especiales (posibilidad de ignición de materiales), EM-020.

Norma Internacional ANSI/NFPA 70 -1990 (NEC)

ANSI / ISA-95, o ISA-95

Indeco. «Catalogo de cables NH.» s.f.

Siemens «Catalogo S7 1200.» s.f.

Eugenio Vildósola. Actuadores. Chile, s.f.

Pere Ponsa, Toni Granollers. Diseño y automatización industrial. España, s.f.

Automación Micromecánica s.a.i.c. Controlador Lógico Programable (PLC). Argentina, s.f.

M. en C. Ismael Cervantes de Anda. Estructura Interna de un PLC y Ejemplos de Programación. México, s.f.

Pablo A. Daneri. PLC Automatización y Control Industrial. Argentina. 2008

ANEXOS

ANEXO N° 1 FICHA TECNICA DEL TRANSMISOR E INDICADOR DE CAUDAL

ANEXO N° 2 FICHA TECNICA DEL POSICIONADOR

ANEXO N° 3 FICHA TECNICA DEL TRANSMISOR E INDICADOR DE TEMPERATURA

ANEXO N° 4 FICHA TECNICA DEL TRANSMISOR E INDICADOR DE NIVEL ULTRASONICO

ANEXO N° 5 FICHA TECNICA DE CABLE INDECO

ANEXO N° 6 FICHA TECNICA DEL TRANSMISOR E INDICADOR DE PRESIÓN

ANEXO N° 7 FICHA TECNICA DEL ELECTROVÁLVULA

ANEXO N° 8 FICHA TECNICA DEL PLC

ANEXO N° 9 PLANO DE INSTRUMENTACIÓN

ANEXO N° 10 PLANOS DEL PROCESO

ANEXO N° 1 FICHA TECNICA DEL TRANSMISOR E INDICADOR DE CAUDAL

8035

Transmisor digital para medición de caudal en continuo



- Versión compacta o remota para DN 6 hasta DN 65
- Mide tanto la velocidad como el volumen de caudal (con dos totalizadores)
- Calibración automática: TEACH-IN
- Simulación: posibilidad de obtener todas las señales de salida sin caudal real

Tipo 8035 puede combinarse con...



Tipo S030
Fitting



Tipo 6213
Electroválvula



Tipo 2712 (8630)
Sistema TopControl continuo



Tipo 8644
Islas de válvulas



PLC

El transmisor de caudal de rodetes, especialmente diseñado para su utilización con medios líquidos neutros, ligeramente agresivos y exentos de sólidos, está formado por un fitting compacto (S030) y un módulo electrónico (SE35) que se conectan mediante un sistema de bayoneta.

El sistema de fitting diseñado por Bürkert garantiza una instalación sencilla de los sensores en todas las tuberías de DN 6 a DN 65. Versiones del transmisor de caudal INLINE compacto:

- Con señal de salida estándar
- Funcionamiento con batería

Datos generales	
Compatibilidad	con todo tipo de fittings S030 (ver ficha técnica)
Materiales	Alojamiento, cubierta, tapa, tuerca Protección del panel frontal Tornillos Prensastopas De las piezas de contacto Fitting, carcasa del sensor Rodete Eje y rodamientos / Junta
	PC Poliéster Acero inoxidable PA Latón, acero inoxidable 1.4404/316L PVC, PP or PVDF PVDF Cerámicos / FKM
Pantalla	15 x 60 mm, LCD 8 dígitos, alfanumérica, 15 segmentos, 9 mm de altura
Conexiones eléctricas	Cable plug EN 175301-803 o prensaestopas M 20 x 1,5 o ninguno (versión con batería)
Cable de alimentación de tensión	máx. 50 m, blindado 1,5 mm ² máx. sección transversal
Datos del equipo completo (fitting + módulo electrónico)	
Diámetro de tubería	DN 6 a 65
Intervalo de medición	0,5 m/s a 10 m/s (V. batería-transductor de bobina) 0,3 m/s a 10 m/s
Temperatura máx. del medio	50 °C (con fitting de PVC) - 80 °C (con fitting de PP) 100 °C (con fitting de acero inoxidable, latón o PVDF)
Presión máxima del fluido	PN10 (con fitting de plástico) PN16 (con fitting de metal) (PN40 si lo solicita, véase la ficha técnica de S030)
Viscosidad	300 cSt. máx.
Precisión	Teach-In
Factor K estándar	$\leq \pm 0,5\%$ de F.E* (a 10 m/s) ¹⁾ $\leq \pm (0,5\%$ de F.E* + 2,5% de la lectura) ¹⁾
Linealidad	$\leq \pm 0,5\%$ de F.E* (a 10 m/s) ¹⁾
Reproducibilidad	$\leq 0,4\%$ de la lectura ¹⁾

Datos eléctricos	
Tensión de alimentación	12-30 V CC (V+) $\pm 10\%$, filtrada y regulada o 115/230 V AC, 50/60 Hz (ver especificaciones técnicas de 115/230 V AC)
Señal estándar	2 baterías de 9 V CC, autonomía mín. 2 años a 20 °C
Totalizador/indic. con batería	
Polaridad inversa de CC	Con protección
Consumo de corriente	≤ 70 mA (transmisor con relés) ≤ 20 mA (transmisor sin relé)
con sensor (sin consumo de salida de pulsos)	
Salida	
Señal estándar	4-20 mA (3-conductores con relé; 2-conductores sin relé). Impedancia máx. del circuito: 900 Ω a 30 V CC; 600 Ω a 24 V CC; 50 Ω a 15 V CC; 800 Ω con una tensión de 115/230 V CA
Corriente de señal	polarizado, sin potencial, 5...30 V CC; 100 mA, con protección, caída de tensión a 100 mA: 1,5 V CC
Pulso	2 relés, programación libre, 3A, 230 V AC
Relé	Ninguno
Totalizador/indic. con batería	
Especificaciones técnicas 115/230 VAC	
Tensión de alimentación	27 V CC regulado, corriente máx: 125 mA protección integrada: fusible 125 mA temporizado; potencia: 3 VA
Entorno	
Temperatura ambiente	0 °C hasta +60 °C (funcionam. y almacenam.)
Humedad relativa	$\leq 80\%$, sin condensación

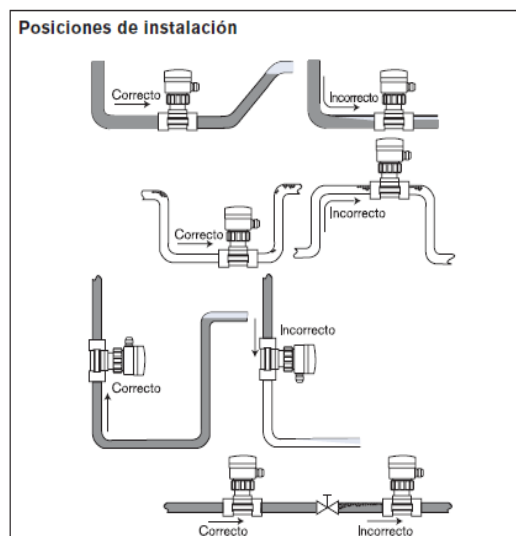
¹⁾ En condiciones de referencia: fluido de medida = agua; temperatura ambiente y del agua = 20 °C; empleando tramos rectos de tubería de entrada y salida, de longitud mínima, e iguales dimensiones interiores de tubería

* F.E. = fondo de escala (10 m/s)

bürkert
Fluid Control Systems

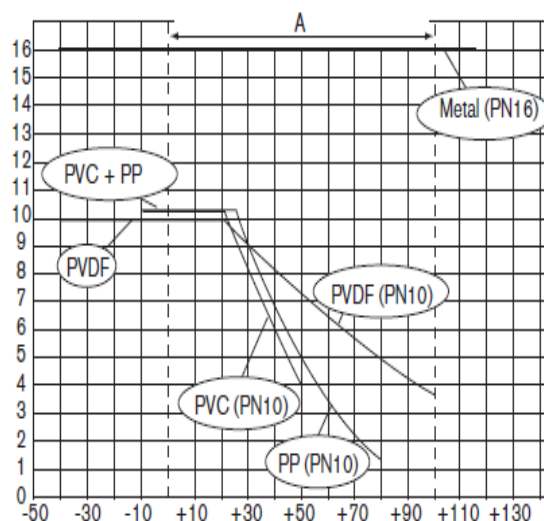
Instalación

El sensor del caudal puede instalarse en tuberías horizontales o verticales.



El tamaño de tubería adecuado debe seleccionarse utilizando el diagrama de Caudal/Velocidad/DN. Deben respetarse las presiones y temperaturas nominales del material con que está fabricado el fitting seleccionado.

Diagrama de presión / temperatura



A: Intervalo de aplicación del equipo completo (fitting+transmisor)

Tabla de selección para el transmisor compacto Tipo 8035

Transmisor, indicador/totalizador de caudal compacto con sensor de rodetes integrado

Un transmisor, indicador/totalizador de caudal compacto Tipo 8035 consta de:

- un transmisor, indicador/totalizador de caudal INLINE
- un fitting INLINE S030 (DN 06 – DN 65) (véase la correspondiente ficha técnica - se piden por separado)

Versión	Especificaciones	Tensión de alimentación	Salida	Relés	Versión del sensor	Certificaciones	Conexión eléctrica	Código
Compacto	Transmisor de señal de salida estándar, 2 totalizadores	12-30 V CC	4-20 mA (2 hilos) + pulso	Ninguno	Hall	-	EN 175301-803	444 005
						-	2 prensaestopas	444 006
			4-20 mA (3 hilos) + pulso	2	Hall	UR	2 prensaestopas	553 432
						-	2 prensaestopas	444 007
		115-230 V AC	4-20 mA (2 hilos) + pulso	Ninguno	Hall	-	2 prensaestopas	423 922
			4-20 mA (3 hilos) + pulso	2	Hall	-	2 prensaestopas	423 924
	Indicador, 2 totalizadores	2 bat. de 9 V CC	---	Ninguno	Bobina	-	Ninguna	423 921

ANEXO N° 2 FICHA TECNICA DEL POSICIONADOR

DATA SHEET

T 8384-3 EN

Series 3730

Type 3730-3 Electropneumatic Positioner with HART® communication



Application

Single-acting or double-acting positioner for attachment to pneumatic control valves. Self-calibrating, automatic adaptation to valve and actuator.

Set point 4 to 20 mA
Valve travel 3.6 to 300 mm
Opening angle 24 to 100°

The positioner ensures a predetermined assignment of the valve position (controlled variable x) to the input signal (set point w). It compares the input signal received from a control system to the travel or rotational angle of the control valve and issues a corresponding output signal pressure (output variable y).

Special features

- Simple attachment to all common linear and rotary actuators
 - SAMSON direct attachment (Fig. 1)
 - NAMUR rib (Fig. 2)
 - Attachment to rod-type yokes acc. to IEC 60534-6-1
 - Attachment according to VDI/VDE 3847
 - Rotary actuator attachment according to VDI/VDE 3845 (Fig. 3)
- Any desired mounting position of the positioner (but not suspended)
- Simple single-knob, menu-driven operation
- LCD easy to read in any mounted position due to selectable reading direction
- Configurable with a PC over the SSP interface using the TROVIS-VIEW software
- Variable, automatic start-up with four different initialization modes
- Preset parameters - only values deviating from the standard need to be adjusted
- Calibrated travel sensor without gears susceptible to wear
- Sub initialization mode (substitution) allows the positioner to be started up in case of emergency whilst the plant is running without the valve moving through the whole travel range.

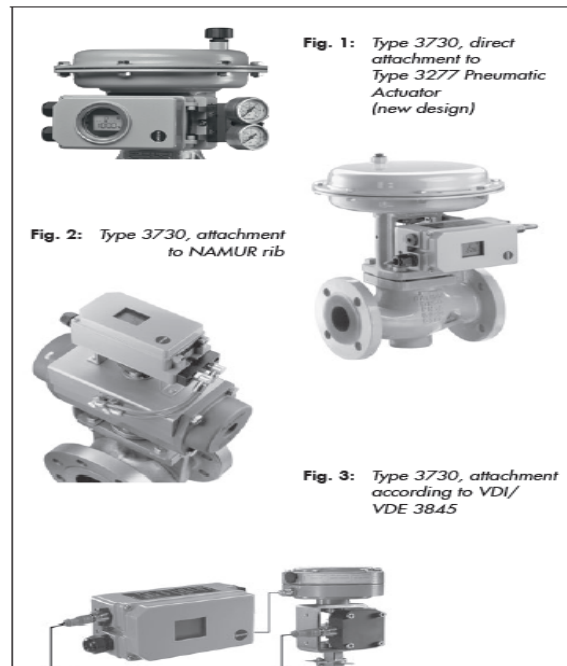


Table 1: Technical data for Type 3730-3 Positioner

Type 3730-3 Positioner		The technical data for the explosion-protected devices may be restricted by the limits specified in the test certificates.	
Valve travel	Adjustable	Direct attachment to Type 3277 Actuator	3.6 to 30 mm
		Attachment according to IEC 60534-6 (NAMUR)	3.6 to 300 mm
		Attachment according to VDI/VDE 3847	3.6 to 300 mm
		Attachment to rotary actuators (VDI/VDE 3845)	24 to 100° opening angle
Travel range	Adjustable	Adjustable within the initialized travel/angle of rotation of the valve; travel can be restricted to 1/5 at the maximum.	
Set point w	Signal range	4 to 20 mA · Two-wire device, reverse polarity protection	
	Static destruction limit	100 mA	
Minimum current		3.6 mA for display · 3.8 mA for operation	
Load impedance		≤ 8.2 V (corresponds to 410 Ω at 20 mA)	
Supply air		1.4 to 7 bar (20 to 105 psi)	
Supply pressure		Max. particle size and density: Class 4 · Oil content: Class 3 · Pressure dew point: Class 3 or at least 10 K below the lowest ambient temperature to be expected	
Air quality acc. to ISO 8573-1		0 bar up to the capacity of the supply pressure · Can be limited to 1.4 bar/2.4 bar/3.7 bar ± 0.2 bar by software	
Signal pressure (output)		Linear/equal percentage/reverse equal percentage	
Characteristic		User-defined (over operating software and communication)	
Adjustable		Butterfly valve, rotary plug valve and segmented ball valve: linear/equal percentage	
Deviation		≤ 1 %	
Hysteresis		≤ 0.3 %	

ANEXO N° 3 FICHA TECNICA DEL TRANSMISOR E INDICADOR DE TEMPERATURA

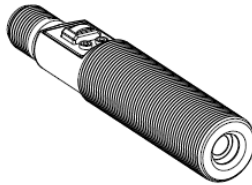
T-GAGE™ M18T Series Infrared Temperature Sensors



Datasheet

18 mm Sensor with 0 to 10 V and 4 to 20 mA Analog Output and TEACH Configuration

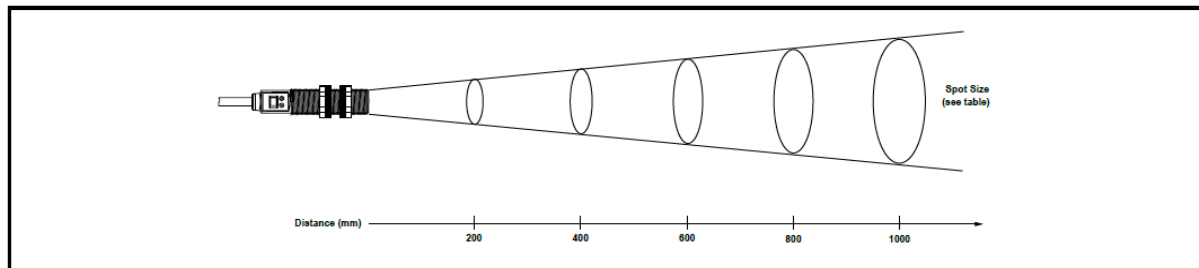
To view or download the latest technical information about this product, including specifications, dimensions, accessories, and wiring, see www.bannerengineering.com.



- Fast 75 ms response time
- Easy-to-use TEACH configuration without potentiometer adjustments
- Small, self-contained package; no auxiliary controller needed
- Rugged encapsulated design for harsh environments
- Choice of 2 meter or 9 meter unterminated cable, or 5-pin M12/Euro-style quick disconnect
- Product motion not required for sensing
- Remote configuration available in both Static and Dynamic modes
- Alarm output for signal maximum
- Configuration for either positive or negative analog slope based on teach order

Sensing Field of View

Sensing range is determined by the sensor's field of view or viewing angle, combined with the size of the object(s) being detected. See [Figure 2](#) on page 2. The sensor's distance-to-spot size ratio (D:S ratio) is inversely related to the viewing angle; a sensor with a small viewing angle will have a large D:S ratio. The T-GAGE M18T sensors have D:S ratios of 6:1, 8:1 or 14:1. For a sensor with an 8:1 D:S ratio, the sensor spot size is a 1" diameter circle at a distance of 8"; farther from the sensor face the spot size will be larger.



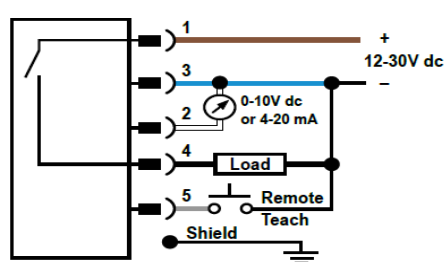
Sensor D:S Ratio	Distance from Sensor Face Versus Spot Size										Distance (mm)
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
6:1	17	33	50	67	83	100	117	133	150	167	Spot Size (mm)
8:1	13	25	38	50	63	75	88	100	113	125	
14:1	7	14	21	29	36	43	50	57	64	71	

Installation

Installation Note

Align the sensor toward the object to be detected. Visually align if possible, or use the alignment device accessory listed in [Additional Accessories](#) on page 8.

Wiring Diagram



Note: Cabled wiring diagrams are functionally identical.

Note: Connect the shield wire to earth ground or dc common. Shielded cordsets are recommended for all quick disconnect models.

ANEXO N° 4 FICHA TECNICA DEL TRANSMISOR E INDICADOR DE NIVEL ULTRASONICO

	U-GAGE™ QT50U Series Sensors with Analog Output <i>Long-Range Ultrasonic Sensors with TEACH-Mode Programming</i>
---	--



Features

- Fast, easy-to-use TEACH-Mode programming; no potentiometer adjustments
- Scalable output automatically distributes the output signal over the width of the programmed sensing window.
- Minimum and Maximum window limits can be adjusted independently.
- Selectable 0 to 10V dc or 4 to 20 mA output, selected via DIP-switch
- Access to bank of 8 DIP switches through sealed cover for superior user functionality
- Rugged encapsulated design for harsh environments
- Unique housing design allows for multiple mounting configurations.
- Choose models with integral 2 m (6.5') or 9 m (30') cable, or with Mini-style or Euro-style quick-disconnect fitting
- Wide operating range: -20° to +70°C (-4° to +158°F)
- Temperature compensation
- Programmable for either positive or negative output slope

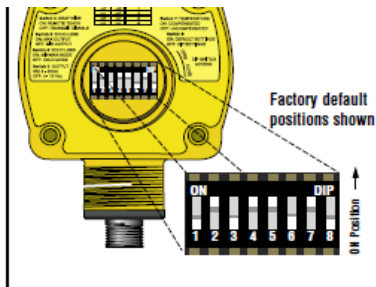


Figure 2. DIP switch location

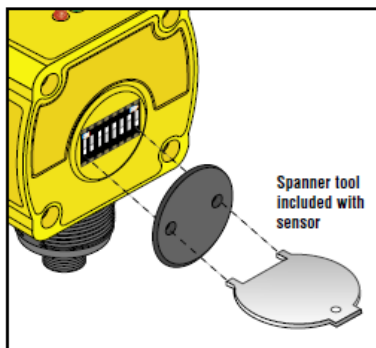


Figure 3. Removing the access cover

Configuration

The QT50U features an 8-pin DIP switch bank for user setup. The DIP switches are located behind the access cover on the back of the sensor as shown in Figure 2. A spanner tool is included with each sensor for removing the cover.

DIP Switch Settings

Switch	Function	Settings	
1	Voltage/Current Mode	ON = Current mode: 4 to 20 mA OFF* = Voltage mode: 0 to 10V dc	
2	Loss of Echo	ON* = Min-Max Mode OFF = Hold Mode	
3	Min-Max	ON = Default to maximum output value on loss of echo OFF* = Default to minimum output value on loss of echo	
4	Teach/Enable Control	ON* = Configured for remote teach OFF = Configured for enable	
5 and 6	Analog Voltage Output Response for 95% of Step Change 100 ms with 100 ms update 500 ms with 100 ms update* 1100 ms with 100 ms update 2300 ms with 100 ms update	Switch 5 OFF ON* OFF ON	Switch 6 OFF OFF* ON ON
7	Temperature Compensation	ON* = Enabled OFF = Disabled	
8	Factory Calibration	ON = For factory calibration only; switch should be set to OFF for use OFF* = DIP-switch settings in control	

* Factory default settings

ANEXO N° 5 FICHA TECNICA DE CABLE INDECO



FREETOX NH-80

Usos

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc.

En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobre vivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit.

Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR.

Características

Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

Marca

INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V <Sección> <Año> <Medrado Secuencial>

Calibres

1.5 mm² - 300 mm²

Embalaje

De 1.5 a 10 mm², en rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 300 mm², en carretes de madera.

Colores

De 1.5 a 10 mm²: blanco, negro, rojo, azul, amarillo, verde y verde / amarillo.

Mayores de 10 mm² sólo en color negro (¹).



Norma(s) de Fabricación
NTP 370.252
Tensión de servicio
450/750 V
Temperatura de operación
80°C

TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

(*) TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO.

ANEXO N° 6 FICHA TECNICA DEL TRANSMISOR E INDICADOR DE PRESIÓN

8/3/2019

NOVUS Productos Electrónicos - Transmisor de Presión NP860-HRT



Transmisor de Presión NP860-HRT

El transmisor inteligente NP860-HRT es utilizado para medición y monitoreo de presión diferencial en ambientes agresivos, donde además de precisa y confiable, la instrumentación debe ser robusta y de fácil instalación. Este utiliza como elemento primario de medición de presión un sensor capacitivo, que proporciona un alto desempeño y versatilidad que el mercado espera.



Características

- Configuración local o vía comunicación digital HART
- Compatibilidad con la mayoría de los fluidos industriales
- Señal de salida: 4-20mA a dos hilos con comunicación digital superpuesta
- Rango de trabajo: Entre 0,75 mbar (0,075kPa) hasta 68,9 bar (6,980 kPa)
- Presión estática máxima: 137 bar (13,7 Mpa)
- Rangeabilidad de transmisión: 100:1
- Precisión: 0,075% del rango máximo (URL)
- Tiempo de actualización: 0,2s
- Ajuste de damping: 0,25 a 32s
- Alimentación: 17,4 a 42 VCC
- Peso medio: 3,5kg (sin accesorios)
- Ajuste local de cero y span, no interactivos
- Funciones de salida: Lineal y raíz cuadrada
- Indicador digital de cristal líquido con 5 ½ dígitos
- Medición de Presión diferencial, temperatura, corriente de salida, % de salida, presión y corriente alternada
- Unidades de presión disponibles: inH₂O, inHg, FtH₂O, mmH₂O, mmHg, PSI, bar, mbar, g/cm², kg/cm², Pa, kPa, torr, atm e MPa
- Compatibilidad Electromagnética: IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-3, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-6 e IEC 61000-4-8

ANEXO N° 7 FICHA TECNICA DEL ELECTROVÁLVULA

Válvula de control de sector de bola con accionamiento neumático

Tipo 3310/BR 31a y Tipo 3310/3278



Aplicación

Válvula de control para la regulación de procesos e instalaciones industriales

Paso nominal 1" a 10"

Presión nominal ANSI Class 150 y 300

Temperaturas desde -46 °C a 427 °C (-51 °F a +800 °F)

Válvula de sector de bola Tipo 3310 con:

- accionamiento neumático rotativo de simple efecto Tipo BR 31a-SRP
- accionamiento neumático rotativo de doble efecto Tipo BR 31a-DAP.
- accionamiento neumático rotativo de simple efecto Tipo 3278

Cuerpo de la válvula de

- acero al carbono o
- acero inoxidable

Cierre

- con junta blanda o
- metal-metal

Las válvulas de control están construidas en un sistema modular y pueden ir equipadas con diversos accesorios:

posicionadores, electroválvulas y otros accesorios acoplables según la norma VDI/VDE 3845 en los accionamientos rotativos Tipo SRP/DAP y Tipo 3278,

En los accionamientos Tipo 3278 se puede hacer el montaje integrado de los accesorios de SAMSON.

Ejecuciones

Ejecución estándar para temperaturas de -29 a 220 °C (-20 a 430 °F), paso nominal de 1" a 10"

- **Tipo 3310-SRP** · con accionamiento neumático rotativo de simple efecto Tipo BR 31a-SRP
- **Tipo 3310/3278** · con accionamiento neumático rotativo de simple efecto Tipo 3278 (ver hoja técnica T 8321).

Otras ejecuciones

- **Tipo 3310** · con bridas DIN
- **Tipo 3310** · con doble empaquetadura, con o sin conexión de control
- **Tipo 3310** · con pieza de aislamiento para medios con temperaturas de -46 a 220 °C (-51 a 428 °F) en acero



Fig. 1 · Válvula de sector de bola Tipo 3310 con accionamiento neumático Tipo BR 31a



Tabla 1 · Datos técnicos

Paso nominal	1" a 10"
Presión nominal	Class 150/300
Tipo de conexión	bridas según ANSI B 16.5 · ejecución DIN/ISO sobre demanda
Anillo del asiento	junta blanda: PTFE, reforzado cierre metálico: inox, edurecido
Característica	lineal o isoporcentual
Ángulo máx. de apertura	90° · para circulación en sentido inverso hasta 70°
Relación de regulación	≥ 100 : 1
Dimensiones	DIN EN 558-2 Serie 36
Margen de temperatura	ejecución estándar -29 a 220 °C (-20 a 430 °F) con pieza de aislamiento hasta -46 °C (-51 °F) en acero inoxidable con pieza de aislamiento y empaquetadura para altas temperaturas (HT) hasta 427 °C (800 °F), máx. 400 °C en acero al carbono con bridas DIN
Caudal de fuga clase según DIN EN 1349	
con junta blanda	VI
cierre metálico	IV

Tabla 2 · Materiales de la ejecución estándar

Cuerpo	A 216 WCB · A 216 WCC	A 351 CF8M
Sector de bola	316 L, endurecido	
Eje	316 Ti	
Cojinete de deslizamiento	304 / PTFE	
Empaquetadura del prensaestopas	1" a 6" :	anillos en V de PTFE con carbón · resorte: 301
	8" a 10" :	cordón de seda de PTFE · resorte: 301
Brida inferior	1" a 3": 316L 4" a 10": A 105	316 L

ANEXO N° 8 FICHA TECNICA DEL PLC

SIEMENS

Controlador SIMATIC S7-1200



SIMATIC S7-1200 CPUs	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
3 configuraciones por CPU	DC/DC/DC, AC/DC/RLY, DC/DC/RLY		
Dimensiones W x H x D (mm)	90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75

SIEMENS

Controlador SIMATIC S7-1200

Entradas y salidas digitales integradas

Entradas Digitales

- Tipo: Sumidero/Fuente
- Tensión nominal: 24 VDC a 4 mA

Salidas Digitales

- Type: Relé
- Rango de voltage : 5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC
- Corriente (max.): 2.0 A
- Tipo: Fuente
- Rango de voltage : 20.4 a 28.8 VDC
- Corriente (max.): 0.5 A



Controlador SIMATIC S7-1200

Entradas analógicas integradas

2 entradas analógicas

- Tipo: Tensión (unipolares)
- Rango: 0 to 10 V
- Resolución: 10 bits

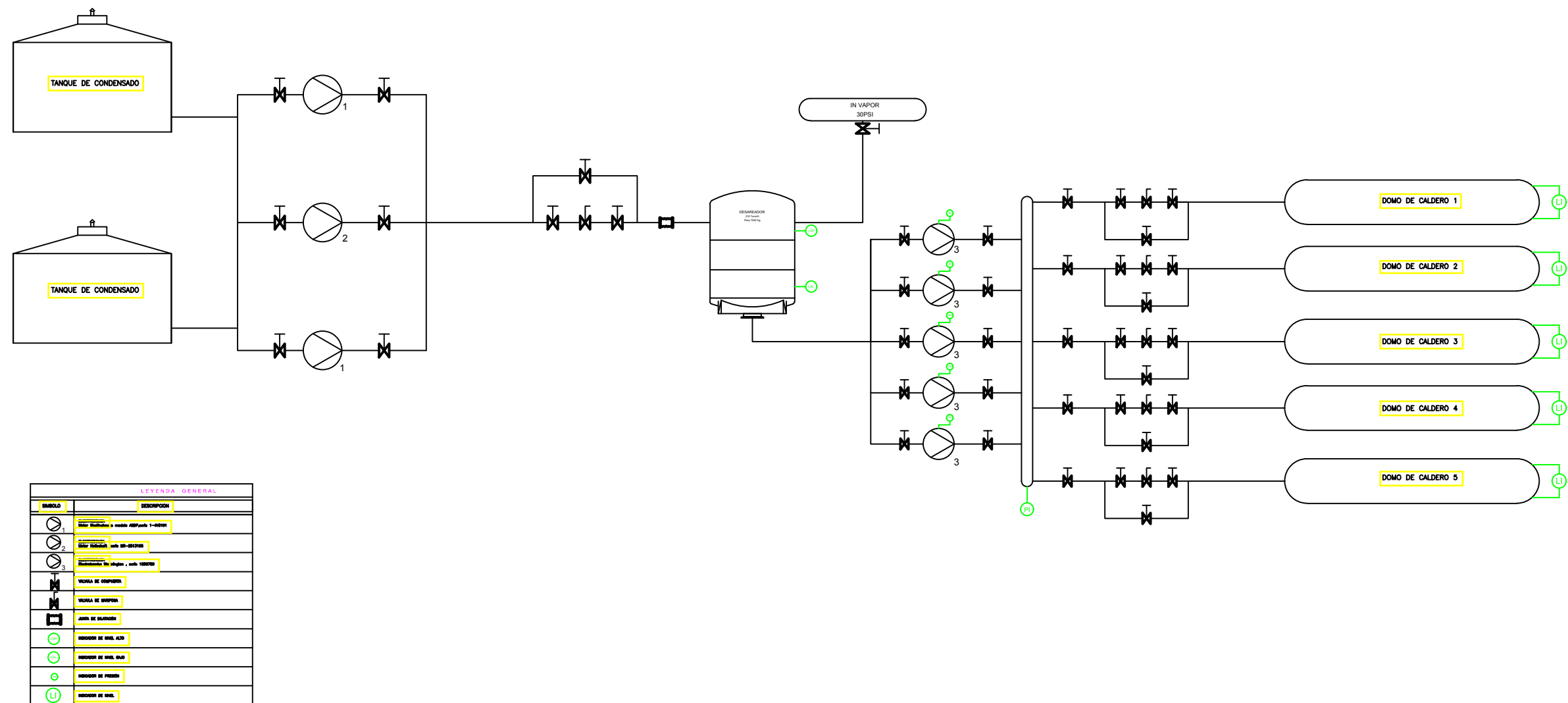


Controlador SIMATIC S7-1200




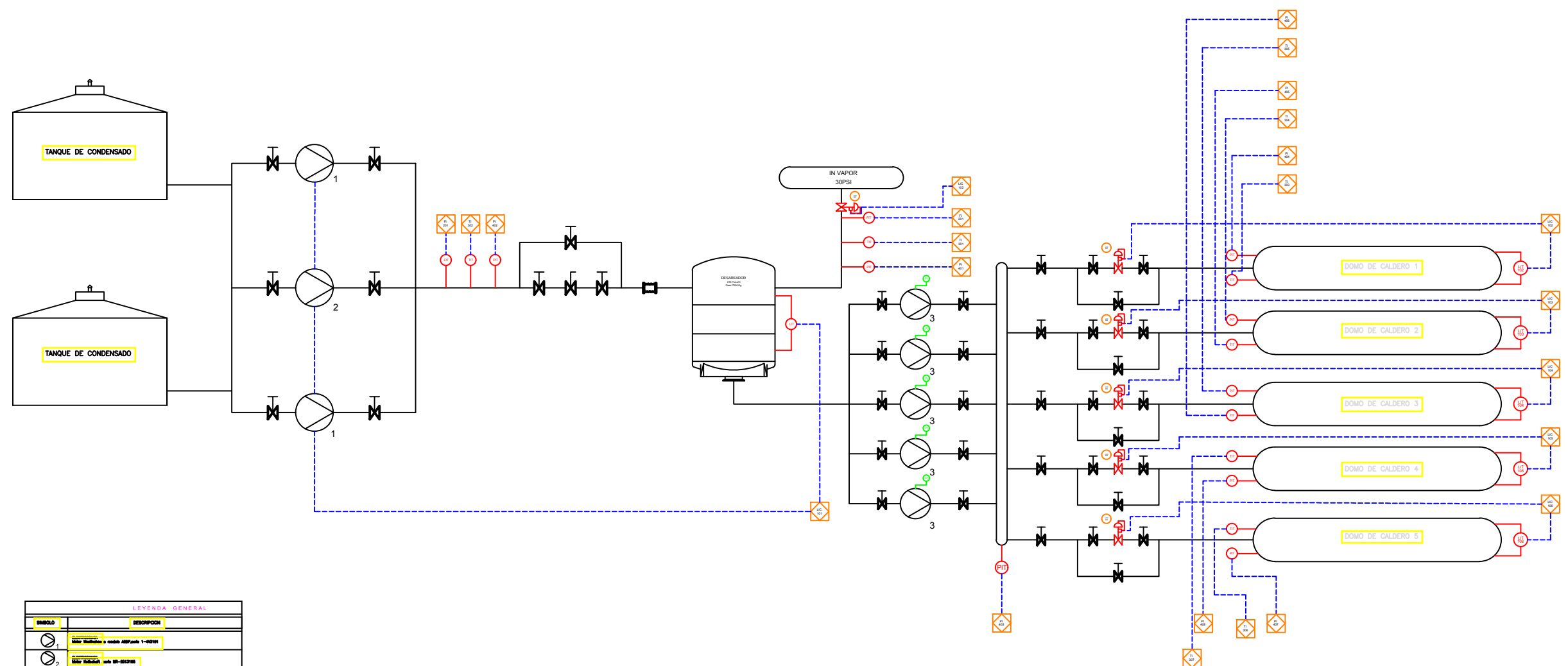
Integrated I/O	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Integrated Digital I/O	6 / 4 salidas	8 entradas / 6 salidas	14 entradas / 10 salidas
Integrated Analog I/O	2 entradas	2 entradas	2 entradas
Max. Local I/O – Digital	14	82	284
Max. Local I/O – Analog	3	19	67
Tamaño de imagen de proceso	1024 Bytes for entradas / 1024 Bytes for salidas		

ANEXO N° 9 PLANO DE INSTRUMENTACIÓN



INTRUMENTACIÓN ANTES DEL PROYECTO

	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO LAMBAYEQUE	PLANO N° : PI-01
	PROYECTO : PROPUESTA DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESAIREACIÓN Y BOMBEO DE AGUA PARA CALDERAS EN LA EMPRESA AGRO PUCALÁ SAA	
	ESPECIALIDAD : CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	
	DIBUJADO POR : JUAN CARLOS LLÚNCOR ACARO	ESCALA : S.E FECHA : 03-04-2019

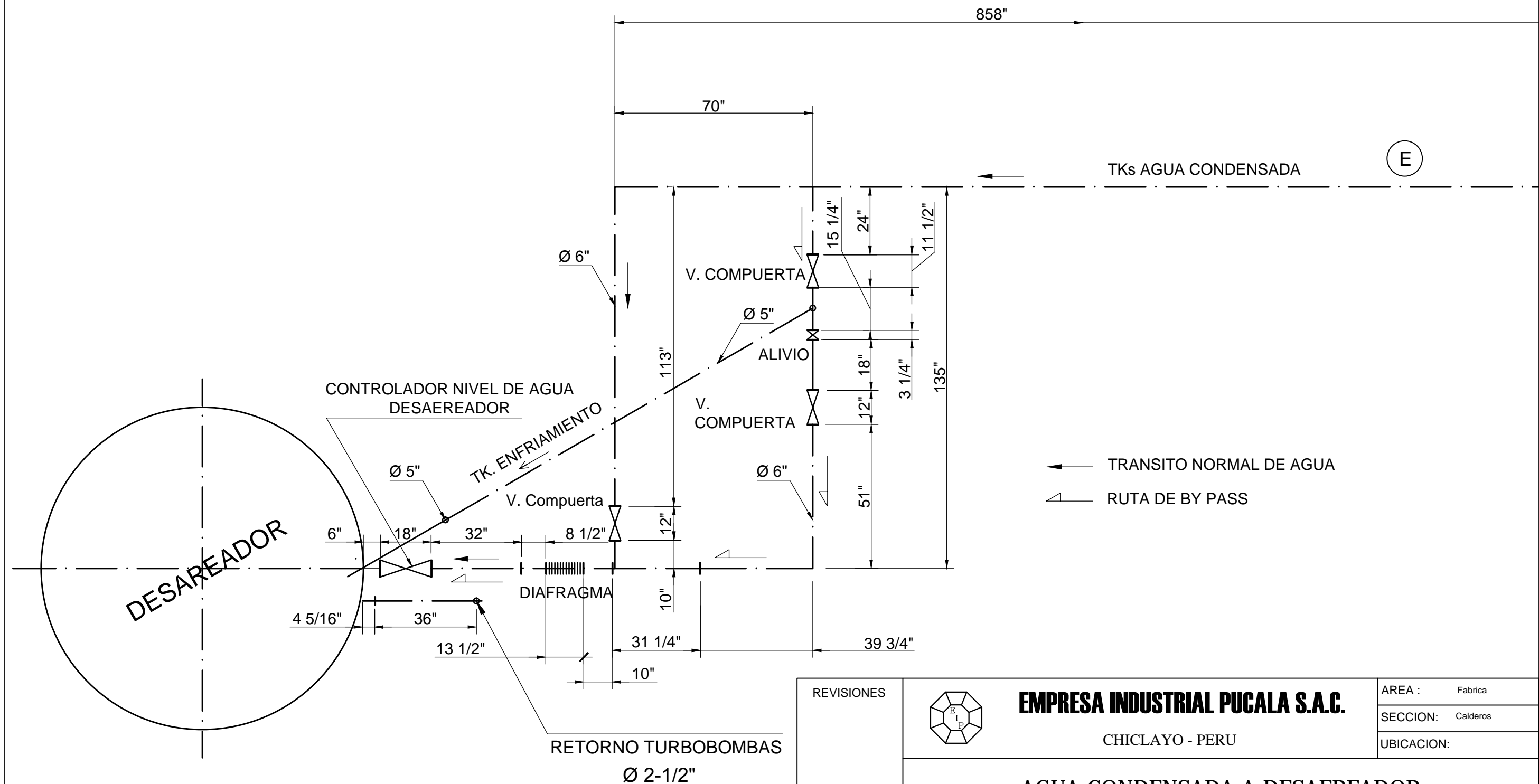


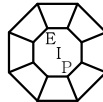

LEYENDA GENERAL	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	Bomba Rotacional y modelo ABP-1000 1-1000
	Bomba Rotacional, serie AB-1000
	Bomba Rotacional, serie AB-1000
	VALVULA DE CIERRE
	VALVULA DE CIERRE
	VALVULA DE CIERRE
	TRANSMISOR Y SENSOR DE TEMP.
	INDICADOR DE FLUJO
	INDICADOR DE PRESION
	TRANSMISOR Y SENSOR DE TEMP.
	SENSOR DE PRESION
	ELECTRONICA CON PROGRAMADOR
	TRANSMISOR Y SENSOR DE TEMP.
	SENSOR DE PRESION
	TRANSMISOR Y SENSOR DE TEMP.
	SENSOR DE PRESION

INTRUMENTACIÓN DESPUES DEL PROYECTO

	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO LAMBAYEQUE	PLANO N° : PI-02
	PROYECTO : PROPUESTA DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DESAIREACIÓN Y BOMBEO DE AGUA PARA CALDERAS EN LA EMPRESA AGRO PUCALÁ SAA	
	ESPECIALIDAD : CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	
	DIBUJADO POR : JUAN CARLOS LLÚNCOR ACARO	ESCALA : S.E
		FECHA : 03-04-2019

ANEXO N° 10 PLANOS DEL PROCESO



REVISIONES	<div></div> <div>EMPRESA INDUSTRIAL PUCALA S.A.C.</div> <div>CHICLAYO - PERU</div>				AREA : Fabrica
					SECCION: Calderos
					UBICACION:
AGUA CONDENSADA A DESAERADOR					
Fecha: 25-01-08	Dibujo Cad: A. Elias	Reviso: A. Elias	Aprobo: Ing.W.Oliden	V° B°: Ing. W.Villarreal	<div>AREA:</div> <div></div> <div>DIBUJO & PROYECTOS</div>
Escala: 1/4" : 1'	Unidades: PULG	N° Plano: CA- 0050	Hoja: 1/2	