



Universidad Nacional
“Pedro Ruiz Gallo”



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES EN
EL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

AUTORES : Bach. LLONTOP FLORES, VÍCTOR RAÚL
Bach. SANTISTEBAN CASTILLO, MARCO JONATÁN RAÚL

ASESOR : ING. JARA SANDOVAL, VÍCTOR OLEGARIO

LAMBAYEQUE – PERÚ

2015



Universidad Nacional
“Pedro Ruiz Gallo”



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES EN
EL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

AUTORES : Bach. LLONTOP FLORES, VÍCTOR RAÚL
Bach. SANTISTEBAN CASTILLO, MARCO JONATÁN RAÚL

ASESOR : ING. JARA SANDOVAL, VÍCTOR OLEGARIO

LAMBAYEQUE – PERÚ
2015

TESIS

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES EN EL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA”

Desarrollado por:

Bach. Llontop Flores, Víctor Raúl

Autor

Bach. Santisteban Castillo, Marco Jonatán Raúl

Autor

Ing. Jara Sandoval, Víctor Olegario

Asesor

TESIS

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES EN EL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA”

Aprobado por los miembros del jurado:

Ing. Ramírez Castro, Manuel Javier

Presidente

Ing. Oblitas Vera, Carlos Leonardo

Secretario

Ing. Nombera Lossio, Martin Augusto

Vocal

DEDICATORIA

A mis padres:

Segundo Llontop Llaque

Aurelia Flores Ramos

Que con su amor, paciencia y su digno ejemplo,
guían mi camino y me apoyan en el logro de mis
objetivos.

A mis hermanos:

Christian, María y Leonardo

Quienes con su existencia llenan mi vida de
felicidad y son la fuente de inspiración para ser
cada día mejor.

Víctor Llontop

A mis padres:

Santiago W. Santisteban Gutiérrez
Santos Castillo Montenegro

Que con sus sacrificios y abnegación son mi
mejor ejemplo para esforzarme día a día por
conquistar mis nobles ideales.

A mi sobrino:

Santiago

Que jugando, aprende los números, vocales y
colores. Y es el constante estímulo de mi esfuerzo
y superación.

.

.

Marco Santisteban

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a:

Dios, por ayudarnos a cumplir nuestras metas profesionales dándonos la fuerza para hacerlo.

Nuestros padres, quienes nos han enseñado lo que es una vida consagrada al trabajo y llena de valores, por tenerlos a nuestro lado y tener la dicha de seguir aprendiendo de ellos.

Nuestros hermanos que con su apoyo y crítica constructiva nos permiten conocer nuestras debilidades, ayudándonos a esforzarnos por ser cada día mejores

Nuestro asesor el Ing. Víctor Olegario Jara Sandoval por su orientación en el desarrollo de la presente tesis.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad a lo estipulado por el reglamento de Grados y Títulos, presentamos a vuestra consideración nuestra tesis titulada:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES EN EL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA”.

Con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Electrónico y esperando constituya una herramienta útil de consulta para quienes se interesen en este tipo de estudio.

Nuestra investigación se ha desarrollado de acuerdo a las necesidades de nuestros usuarios, realizando un análisis previo de la problemática existente y aplicando nuestros conocimientos, esfuerzos e investigación.

Esperamos haber dado cumplimiento y satisfacción a las expectativas y que este trabajo de investigación sirva de guía o referencia para el desarrollo de futuras investigaciones.

Lambayeque, Julio 2015

RESUMEN

El presente trabajo se ha desarrollado en la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales de la empresa Doe Run Perú.

Las aguas industriales son desechos tóxicos productos de procesos mineros y concentración de minerales, así como de las lluvias que se producen y arrastran tierra, minerales y rocas.

El sistema de tratamiento de aguas industriales tenía deficiencias en lo que respecta a valores altos de concentración, esto debido a una falta de medición y un inadecuado control, esto podría contaminar el medio ambiente trayendo como consecuencia de ocurrir esto, multas elevadas y hasta el cierre parcial o total de las operaciones.

Después de analizar la problemática se desarrolla el sistema de automatización que nos permitió eliminar estos problemas. El sistema planteado es una Arquitectura de Control Distribuida con dos niveles definidos, el primero de control y el segundo de supervisión. El nivel de control regula las principales variables del proceso, estableciendo lazos de control realimentados y basados en controladores. En el nivel de supervisión se ha implementado base de datos, alarmas y generación de gráficas en tiempo real.

ABSTRACT

The present work has developed in the Plant of Treatment of Industrial Waters of the company Doe Run Peru. The industrial waters are poisonous garbage products of mining processes and concentration of minerals, as well as of the rains that take place and drag ground, minerals and rocks. The system of treatment of industrial waters had shortcomings as for high values of concentration, this due to an absence of measurement and an inadequate control, this might contaminate the environment bringing as a result of this happening, high fines and up to the partial closing or whole of the operations. After analyzing the problems, there develops the system of automation that allowed us to eliminate these problems. The raised system is an Architecture of Control Distributed at two definite levels, the first one of control and the second one of supervision. The control level regulates the main variables of the process, establishing bonds of control re-fed and based on controllers. In the supervision level there has been implemented database, alarms and generation of graphs in real-time.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito implementar una solución de automatización, para el tratamiento de aguas industriales de la empresa Doe Run Perú.

Con la finalidad de lograr una mayor comprensión y entendimiento del trabajo desarrollado en esta tesis, detallaré a continuación cada uno de los cinco capítulos que lo conforman:

Capítulo I: Análisis del Problema

En este capítulo se describe la problemática, los objetivos del proyecto tanto el general como los específicos y se plantea la hipótesis.

Capítulo II: Conceptos Básicos

En este capítulo se definen los principales conceptos de automatización que se utilizarán en el diseño y desarrollo de nuestro proyecto. Se hace mención a los controladores, así como información sobre el proceso de ecualización de minerales.

Capítulo III: Descripción del Sistema Actual y Justificación del Proyecto

En este capítulo se describe la situación actual del proceso, se determinan los puntos críticos de control y se realiza la justificación técnica, económica y social del proyecto.

Capítulo IV: Diseño del Sistema de Control y Supervisión

En este capítulo se hace una descripción de las estrategias de control del sistema, se establece la arquitectura del sistema de control, así mismo se muestran los planos de instrumentación y el software de supervisión del sistema. Se utilizan criterios técnicos y se seleccionan los instrumentos y equipos del sistema.

Capítulo V: Análisis de Costos

En este capítulo, evaluaremos y presentaremos los costos de los equipos y de los instrumentos, así mismo se indicará la inversión y el financiamiento.

Conclusiones y Recomendaciones

Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones que se han determinado al finalizar el estudio.

INDICE

	Pág.
Dedicatoria	i
Agradecimiento	iii
Presentación	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	vii
Índice	1

Capítulo I: ANÁLISIS DEL PROBLEMA

1. Realidad Problemática	4
2. Análisis	5
3. Antecedentes	6
4. Aporte del Trabajo	7
5. Formulación del Problema	7
6. Hipótesis	7
7. Objetivos	7
7.1. Objetivo General	7
7.2. Objetivos Específicos	8

Capítulo II: CONCEPTOS BÁSICOS

1. Bases Teóricas de la Automatización	9
2. Arquitecturas de Sistemas de Control	10
2.1. Control Supervisor	10
2.2. Control Distribuido	11
3. Dispositivos de Control	12
3.1. Analógicos	12

3.2. Digitales	14
4. Controladores Lógicos Programables	16
5. Instrumentos Industriales	19
5.1. Sensores	19
5.2. Actuadores	24
6. Extracción de Minerales	26
6.1. Separación Sólido/Líquido	27
6.2. Ecualización	27

Capítulo III: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1. El Complejo Metalúrgico de La Oroya	29
1.1. Generalidades	29
1.2. Reseña Histórica	30
1.3. Ubicación	32
2. Establecimiento de las Variables de Control	33
3. Justificación del Proyecto	37
3.1. Justificación Técnica	37
3.2. Justificación Económica	38
3.3. Justificación Social	38

Capítulo IV: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN

1. Variables de Control	39
1.1. Etapa de Ecualización	40
1.2. Etapa de Neutralización y Acondicionamiento	43
2. Topología del Sistema de Control	45
3. Interface para la Operación	47
3.1. Red y Protocolo	47
4. Planos de Instrumentación	48
5. Modelamiento de Sistemas y Diagramas de Flujo	59

6. Diseño de la Supervisión	69
7. Elección de Instrumentos y Equipos	75
7.1. Instrumentación Seleccionada	76
7.2. Selección del Controlador PLC	78

Capítulo V: ANÁLISIS DE COSTOS

1. Generalidades	81
2. Estimación de Costos	82
2.1. Costos de Instrumentación	82
2.2. Costos de Equipos	84
2.3. Costos de Supervisión	84
2.4. Costos de Ingeniería	85
2.5. Costos de Puesta en Servicio	85
2.6. Costos de Capacitación	85
3. Inversión y Financiamiento	85
3.1. Inversión	85
3.2. Financiamiento	86
4. Evaluación Económica	87
4.1. Flujo de Caja	87
4.2. Valor Actual Neto Económico	89
4.3. Tasa Interna de Retorno Económico	90
4.4. Relación Beneficio-Costo	90
4.5. Período de Recuperación de la Inversión	91
Conclusiones	92
Recomendaciones	93
Referencia Bibliográfica	94
Anexos	95

CAPITULO I

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El Complejo Metalúrgico de La Oroya (CMLO) está compuesto de un conjunto único de fundiciones y refinerías especialmente diseñadas para transformar el mineral poli-metálico típico de los Andes centrales peruanos en diez metales (Cobre, Zinc, Plata, Plomo, Indio, Bismuto, Oro, Selenio, Telurio y Antimonio) y nueve subproductos (Sulfato de Zinc, Sulfato de Cobre, Ácido Sulfúrico, Trióxido de Arsénico, Óleum, Bisulfito de Sodio, Óxido de Zinc, Polvo de Zinc, Concentrado Zinc/ Plata).

La fundición y refinerías de La Oroya conforman uno de los centros metalúrgicos con mayores retos tecnológicos del mundo, combinando en un solo lugar las diversas tecnologías y procesos requeridos para transformar los concentrados poli-metálicos y extraer de ellos elementos de alto valor como son la Plata, el Indio, el Bismuto y otros.

El Complejo Metalúrgico de La Oroya maneja tres circuitos independientes pero totalmente integrados para el procesamiento de Cobre, Plomo y Zinc y un sub-circuito para el procesamiento de metales preciosos, todos estos procesos generan aguas industriales. Las aguas industriales generadas en el Complejo Metalúrgico de La Oroya antes de ser descargadas al río Mantaro, deben cumplir con las Normas de Calidad establecidas por el Ministerio de Energía y Minas según R.M.-011-96-EM/VMM para efluentes minero metalúrgicos, así como para las Normas en el Sector Salud - Ley General de Aguas para cursos de aguas.

Para realizar el tratamiento de adecuación de las aguas industriales a ser enviadas al río, se siguen las etapas siguientes: Desarenación, Ecuilización, Neutralización y Acondicionamiento, y Sedimentación. Al término del tratamiento estas aguas industriales pueden ser descargadas sin problemas a cualquier fuente natural de agua.

2. ANÁLISIS

La falta de un sistema adecuado de control automático, así como el no seguimiento continuo de las variables críticas, originaría que estas aguas industriales perjudiquen y contaminen el medio ambiente, trayendo como consecuencia de ocurrir esto multas elevadas y hasta el cierre parcial o total de las operaciones, de acuerdo con las normas de la legislación peruana. Por lo que diseñar e implementar este sistema de control automático garantizará el cumplimiento de la legislación, dentro de los límites permisibles.

3. ANTECEDENTES

Se tiene que aclarar que anteriormente no se ha realizado ningún proyecto relacionado al tema en el Complejo Metalúrgico de La Oroya.

TITULO: "ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL"

AUTOR:

Carlos Cortina Dominguez

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Instituto Politécnico Nacional

México, 2007

RESUMEN: Este proyecto presenta como objetivo principal realizar el transporte y disposición de aguas residuales, planteando pautas metodológicas disponibles para el dimensionamiento y diseño de sistemas de espesamiento y transporte de pulpas espesadas.

TÍTULO: "OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA MINERA"

AUTOR:

Danilo Bermeo

Facultad de Ciencias

Universidad Politécnica Salesiana

Ecuador, 2013

RESUMEN: Este proyecto fue diseñado para el mejoramiento de la estación depuradora de aguas residuales industriales de una empresa textil, determinando parámetros de operación y la caracterización de las cantidades de sustancias que se deben de combinar. Una vez concluida la optimización se logra la remoción de la carga contaminante.

4. APORTE DEL TRABAJO:

El aporte de este proyecto es proponer el diseño de un sistema de control basado en algoritmos que permitan mejorar el proceso de ecualización en la planta de tratamiento de aguas industriales protegiendo al medio ambiente.

5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible realizar la Supervisión y Control de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales en el Complejo Metalúrgico de La Oroya?

6. HIPÓTESIS

El Diseño de un Sistema de Supervisión y Control de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales en el Complejo Metalúrgico de La Oroya permitirá mejorar el manejo de desechos.

7. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar el Sistema de Supervisión y Control de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales en el Complejo Metalúrgico de La Oroya.

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Desarrollar los algoritmos de control necesarios para el proyecto
- Neutralizar las aguas ácidas y ecualizar las aguas industriales del proceso.
- Realizar la selección adecuada de equipos e instrumentos para el proyecto.
- Desarrollar el software de supervisión que contenga reportes y alarmas, así como una base de datos.
- Calcular los costos necesarios para una implementación del proyecto.

CAPITULO II

CONCEPTOS BÁSICOS

1. BASES TEÓRICAS DE LA AUTOMATIZACIÓN

La tecnología de control y automatización industrial permite el manejo de los procesos productivos a través de una variable grande de controladores, específicamente diseñados para tales propósitos, o mediante dispositivos de propósito general como pueden ser las computadoras personales.

El estudio de los sistemas de control es de importancia, debido a que las características dinámicas de la respuesta de los procesos dependen sustancialmente tanto del controlador como del sistema que se use para el control del proceso.

2. ARQUITECTURAS DE SISTEMAS DE CONTROL

La imagen de empresa asistida, controlada y supervisada por computadora no es más que un concepto si es que no hay unión física entre las diversas partes del proceso manufacturero. Este enlace físico involucra regularmente el establecimiento de canales de flujo de información entre los diversos sistemas. *Angulo (1992)*.

Actualmente la tendencia de la mayoría de plantas industriales en el Perú es proporcionar una mayor información de campo y mejorar las herramientas para la regulación de los procesos en tiempo real.

2.1. CONTROL SUPERVISOR

Para alcanzar la máxima seguridad de funcionamiento y lograr la optimización idónea del proceso, el computador podría determinar los puntos de consigna más convenientes en cada instante, aplicarlos a los lazos de control situados dentro del propio computador o bien en el exterior en controladores individuales. Este tipo de control recibe el nombre de “control de puntos de consigna” o SPC (set point control), o bien control supervisor. Dentro del control supervisor se usa el termino SCADA (supervisory control and data acquisition) significando el uso de un ordenador huésped que usa los datos transmitidos desde el campo y presenta los resultados al operador para que inicie alguna acción de control y utiliza unidades remotas de transmisión situadas a largas distancias del ordenador.

Poco a poco, las funciones aportadas por los sistemas SCADA se han hecho semejantes al control distribuido y la única diferencia reside en el tipo de circuito. SCADA transmite las señales a través de circuitos de baja velocidad y poco fiables para la integridad de los datos (líneas telefónicas y radio), mientras que el control distribuido lo hace mediante circuitos locales de alta velocidad y seguridad de transmisión. *Corripio (1991)*.

2.2. CONTROL DISTRIBUIDO

El ordenador personal también incorporado al control distribuido permite la visualización de las señales de múltiples transmisores, el diagnóstico de cada lazo de transmisión, el acceso a los datos básicos de calibración y a los datos de configuración de los transmisores.

El controlador multifunción que, al utilizar en su programación un lenguaje de alto nivel, se asemeja a un ordenador personal, proporciona funciones de control lógico que permiten regular un proceso discontinuo (batch control), y el manejo de procesos complejos, en los que el controlador básico está limitado.

Los controladores programables sustituyen a los relés convencionales utilizados en la industria, aporta la solución versátil, práctica y elegante del software en un lenguaje basado en la lógica de relés.

La estación del operador proporciona la comunicación con todas las señales de la planta para el operador de proceso, el ingeniero de proceso y el técnico de mantenimiento. La presentación de la información a cada uno de ellos, se realiza mediante programas de operación.

Las alarmas son importantes en el control de procesos. Existen alarmas de alto y bajo valor de la variable, alarma de desviación entre el punto de consigna y la variable controlada, alarmas de tendencia que actúan si la variación de la variable excede de un valor prefijado, alarmas de estado de la señal de entrada o de salida, y otras.

El control distribuido tiene una seguridad mejorada con relación a los sistemas convencionales de control. Cabe pues afirmar que los sistemas de control distribuido se han consolidado en el mercado como los sistemas ideales de control. *Corripio (1991).*

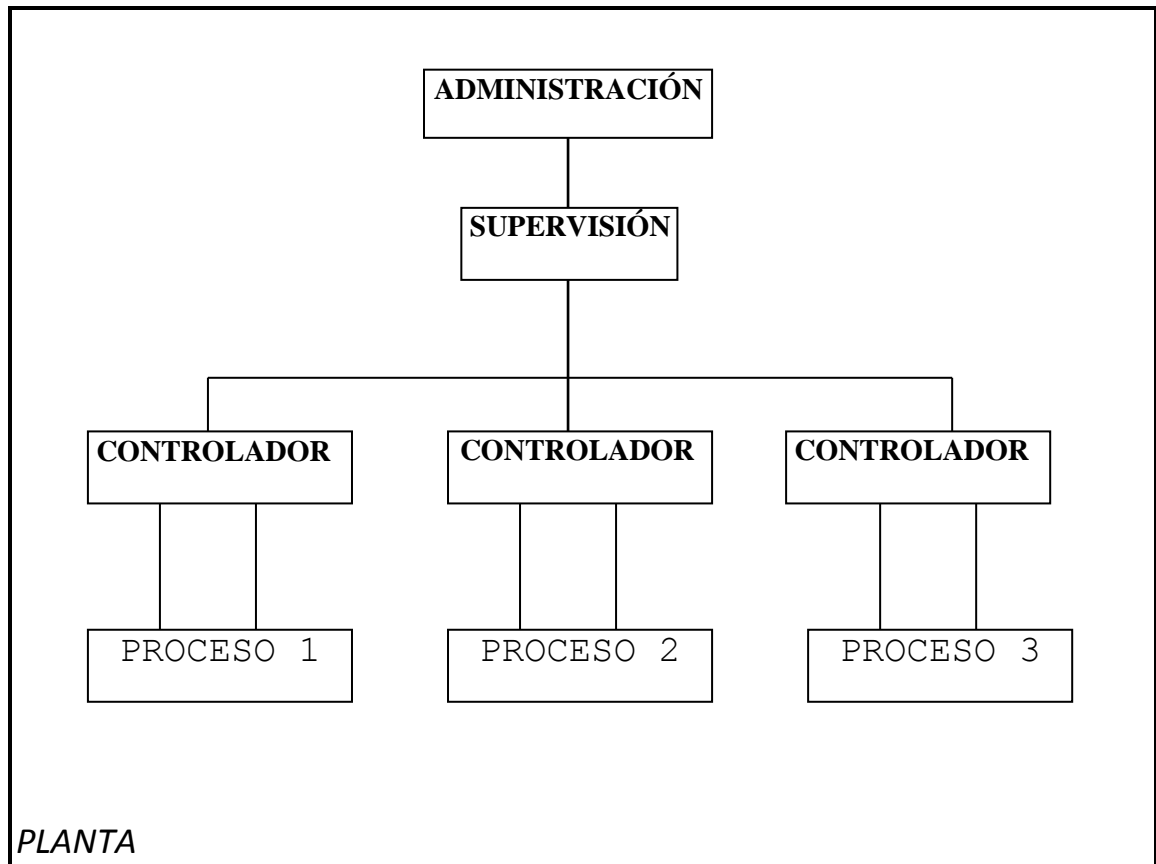


Figura 2.1. Sistema de Control Distribuido

3. DISPOSITIVOS DE CONTROL

3.1. ANALÓGICOS

a. Contactores:

Es un interruptor con accionamiento electromagnético. Al excitar la bobina a través, de los terminales en el circuito de mando se genera un campo magnético en el núcleo, que atrae la armadura retenida por resortes. En consecuencia se cierran los contactos abiertos en reposo y se abren los cerrados en reposo.

Los contactos abren o cierran circuitos de consumidores (motores trifásicos, monofásicos, etc.) y los contactos auxiliares abren o cierran circuitos de mando. *Carranza (2008)*.



Figura 2.2. El Contactor

b. Relés Térmicos de Protección

Se destinan a controlar el calentamiento de los arrollamientos de los motores y a provocar la apertura automática del contactor cuando se alcanza un calentamiento límite.

Poseen siempre un elemento fundamental que se calienta en función de la corriente del motor y que provoca la apertura automática de un contacto cuando se alcanza su temperatura de reacción. Este elemento fundamental es bimetálico, formado por dos laminas estrechas y delgadas de metal diferente y soldados. En estas condiciones, el bimetálico se curva y presenta una deflexión variable en función de su temperatura. Al

curvarse motiva la apertura de un contacto auxiliar que puede interrumpir el circuito de la bobina de un contactor. *Carranza (2008)*.

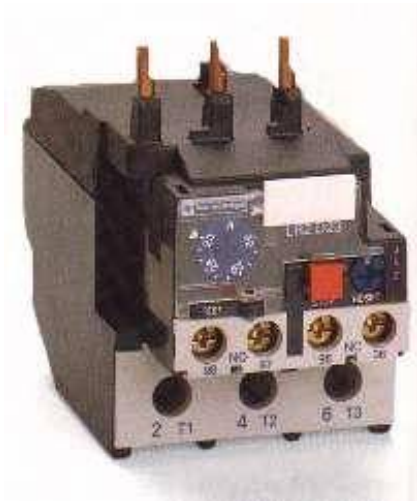


Figura 2.3. El Relé Térmico

3.2. DIGITALES

a. Controlador Lógico Programable (PLC)

Es un equipo de control industrial basado en microprocesador. Incorpora interfaces electrónicas que le permiten recibir información proveniente de sensores y detectores (detectores fotoeléctricos, interruptor de posición, termocupla, etc.), y comandar actuadores y preactuadores (contactor, electroválvulas, variadores de velocidad, válvulas proporcionales, etc.). *Creuss (2006)*.

b. Computadoras

La función de la computadora consiste en tratar la información que se le suministra y proveer los resultados requeridos.

De la aplicación de estas aparecen los sistemas de control digital directo (DDC), hasta el control distribuido actual, con las cuales se logra manejar un gran número de procesos y variables, recopilan datos de gran cantidad, analizan y optimizan diversas unidades y plantas, e incluso realizan otras actividades como la planificación del mantenimiento, planificación de inventarios y otros. *Creuss (2006)*.

c. Microcontroladores

Los Microcontroladores se utilizan principalmente en el diseño electrónico de circuitos de control, instrumentación, comunicación y medición debido a que ahora elaboran menos software por su set de instrucciones y utilizan menos hardware por sus múltiples soluciones de control incorporadas dentro del chip. Debido a sus ventajas el microcontrolador puede ser usado en cualquier clase de proyectos que van desde simples y económicos sistemas de batería, alarmas de seguridad, sistemas de control de acceso, sensores remotos, ups, estabilizadores hasta controles de procesos industriales, instrumentos de medición y adquisición de datos, aplicaciones automotrices y control de motores, transmisores/receptores remotos además de otras aplicaciones médicas y militares. *Angulo (1996)*.

4. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

(PLC's)

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos integrados. Cuando el controlador es del tipo modular las diferentes tarjetas que tienen funciones específicas quedan alojadas en racks agrupadas convenientemente para un funcionamiento en conjunto. Asimismo, todas las tarjetas están conectadas a través de elementos de bus, que son circuitos por donde fluye la información. El controlador programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, por ejemplo una microcomputadora. *Creuss (2006)*.

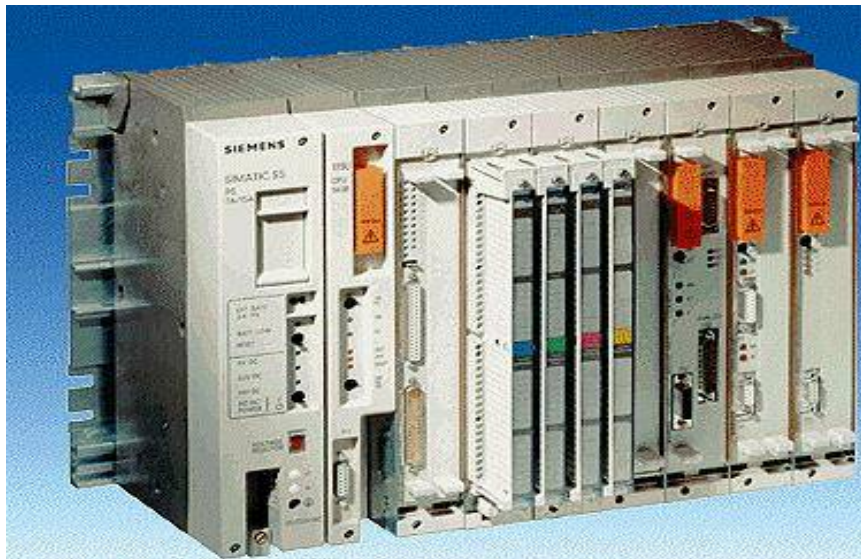


Figura 2.4. El Controlador Lógico Programable (PLC)

La estructura básica del hardware de un controlador programable propiamente dicho está constituida por:

- Fuente de alimentación.
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entrada /salida (E/S).
- Módulos de memoria.
- Unidad de programación.

CLASES DE PLCs

a. PLC Compacto

El término compacto se refiere al hecho de que en una sola unidad están reunidos la fuente de alimentación, el procesador, la memoria y las interfaces de Entrada y Salida.

Las principales ventajas que presentan estos PLC compactos son las siguientes:

- Son económicos.
- Incorporan fuente interna para la alimentación de entradas discretas en DC.
- Están previstos para exigentes condiciones de funcionamiento (fluctuaciones de tensión, temperatura, humedad, vibraciones mecánicas, etc.).
- Software para programación. *Creuss (2006)*.

b. PLC Compacto y modular

El término compacto se refiere al hecho de que en la unidad básica del PLC están reunidos la fuente de alimentación, el procesador, la memoria y algunos módulos de Entrada y Salida. Adicionalmente estos equipos son expansibles mediante la adición de módulos, tanto de entradas o salidas, discretas o analógicas, además de módulos inteligentes para comunicación serial, conexión a módem, conexión a red industrial, etc. *Creuss (2006)*.

c. PLC Modulares

Estos PLC se configuran insertando los diversos componentes en los slots (compartimentos), es decir la fuente, la CPU, así como los módulos de Entradas y Salidas.

Los controladores lógicos programables debido a sus características como modularidad y posibilidad de incorporar tarjetas inteligentes para realización de tareas específicas se han convertido en un poderoso medio de mando y control de máquinas y procesos de producción. Sin embargo, debido a su estructura y lenguajes de programación, no están dotados de una gran capacidad para el proceso de datos, pues no es esta su finalidad. La combinación entre computador y PLC permite aprovechar las ventajas de los dos para configurar sistemas de control de elevadas prestaciones. *Creuss (2006)*.

5. INSTRUMENTOS INDUSTRIALES

5.1. SENSORES

Con los sensores y transmisores se realizan las operaciones de medición en el sistema de control. A menudo se denominan elementos primarios.

En el sensor se produce un fenómeno mecánico, eléctrico o similar, el cual se relaciona con la variable de proceso que se mide.

El transmisor a su vez convierte este fenómeno en una señal que se puede transmitir y por lo tanto, ésta tiene relación con la variable de proceso. El propósito del transmisor es convertir la salida de un sensor en una señal lo suficientemente intensa como para que se pueda transmitir a un controlador o cualquier otro dispositivo receptor. Existen varios tipos de señales de transmisión: Neumáticos, Electrónicos, Hidráulicos y Telemétricos.

Los controles más usados en las industrias son el neumático y el electrónico. Las señales hidráulicas se utilizan ocasionalmente cuando se necesita una gran potencia y las señales telemétricas cuando existen grandes distancias entre el sensor y el receptor. *Christikov. (1990).*

a. Sensores de presión

El sensor de presión más común es el tubo de Bourdon, consiste básicamente en un tramo de tubo en forma de herradura, con un extremo sellado y el otro conectado a la fuente de presión. Debido a que la sección transversal del tubo es elíptica o plana, al aplicar una

presión el tubo tiende a enderezarse, y al quitarla, el tubo retorna a su forma original, siempre y cuando no se rebase el límite de elasticidad del material del tubo

Otro tipo de sensor de presión es el de fuelle, el cual semeja a una cápsula corrugada hecha de algún material elástico, por ejemplo, acero inoxidable o latón; al aumentar la presión, el fuelle se expande (o se contrae), y cuando disminuye, se contrae (o se expande). *Neglia y Fernandez. (1998).*

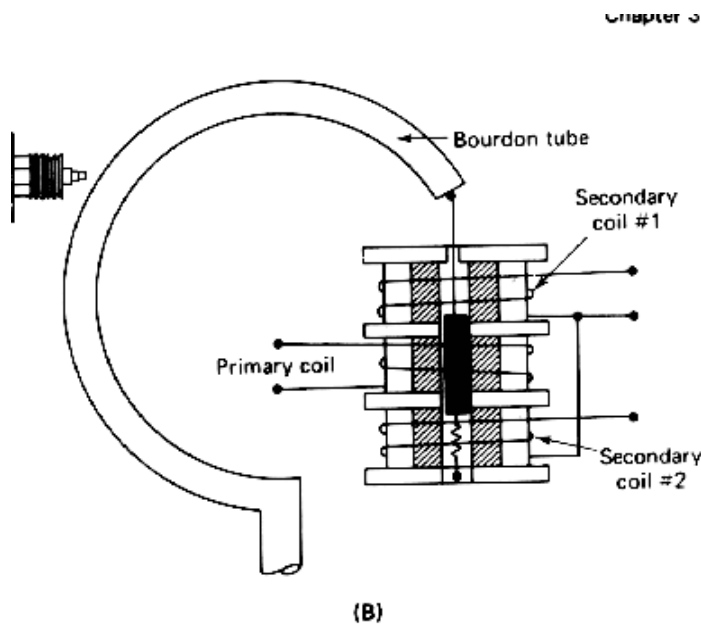


Figura 2.5. Sensor de Presión (Tubo de Bourdon)

b. Sensores de flujo

El flujo es otra de las variables de proceso que se miden frecuentemente; probablemente el sensor de flujo más popular es el medidor de placa-orificio, que es un disco plano con un agujero en el

centro. El disco se inserta en la tubería de proceso, perpendicular al movimiento del fluido, con objeto de producir una caída de presión, la cual es proporcional a la razón de flujo volumétrico a través del orificio. Otro tipo común de sensor es el Medidor Magnético de Flujo. El principio de operación de este elemento es la ley de Faraday; es decir, cuando un material conductor (un fluido) se mueve en ángulo recto a través de un campo magnético, se induce a un voltaje, el cual es proporcional a la intensidad del campo magnético y a la velocidad del fluido. *Neglia y Fernandez. (1998).*

c. Sensores de nivel

Los tres medidores de nivel más importantes son el diferencial de presión, el de flotador y el sónico. El método de diferencial de presión consiste en detectar la diferencia de presión entre la presión en el fondo del líquido y en la parte superior del líquido, la cual es ocasionada por el peso que origina el nivel del líquido. El extremo con que se detecta la presión en el fondo del líquido se conoce como extremo de alta presión, y el que se utiliza para detectar en la parte superior del líquido, como extremo de baja presión.

Con el Sensor de Flotador se detecta el cambio en la fuerza de empuje sobre un cuerpo sumergido en el líquido. La fuerza que se requiere para mantener el flotador en su lugar es proporcional al nivel del líquido y se convierte en una señal en el transmisor.

El Sensor Sónico consiste en un transmisor que genera ondas acústicas que rebotan en la superficie a medir, estas son medidas por

un receptor ubicado en el mismo sensor y de acuerdo al tiempo de recepción se calcula la altura o nivel en el depósito. *Andrew. (2002).*

d. Interruptor de Proximidad Magnética

Es un elemento para la introducción eléctrica de señales sin contacto, utilizado para control de posición o de nivel. Consiste en un contacto a relé inyectado en un bloque de resina sintética, este contacto se cierra al aproximarse un imán, este bloque puede colocarse dentro del embolo de un cilindro. *Andrew. (2002).*

e. Interruptor De Proximidad Inductivo

Consiste en un circuito oscilante de un escalón de relajación y un amplificador. Una vez aplicada la tensión el circuito oscilante genera un campo alterno electromagnético en la cara frontal del interruptor inductivo de proximidad, al interponerse un cuerpo metálico en el campo magnético alterno queda atenuado el circuito oscilante. El escalón de relajación analiza la señal de circuito oscilante y gobierna a través del amplificador la salida de mando. *Andrew. (2002).*

f. Interruptor De Proximidad Capacitivo

Consiste en un circuito oscilante, un escalón de relajación y un amplificador. Una vez aplicada la tensión se forma un campo electrostático en la cara frontal del interruptor Capacitivo de proximidad. Al interponerse un cuerpo metálico o no metálico en el campo electrostático queda excitado el circuito oscilante. El escalon de relajación analiza la señal del circuito oscilante y gobierna a través del amplificador la salida de mando. *Andrew. (2002).*

g. Sensores De Temperatura

La temperatura, junto con el flujo, es la variable que con mayor frecuencia se mide en la industria de proceso; una razón simple es que casi todos los fenómenos físicos se ven afectados por ésta.

A causa de los múltiples efectos que se producen con la temperatura, se han desarrollado numerosos dispositivos para medirla, como termómetros, termocuplas, RTDs y por técnicas de radiación. *Creuss (2006)*.

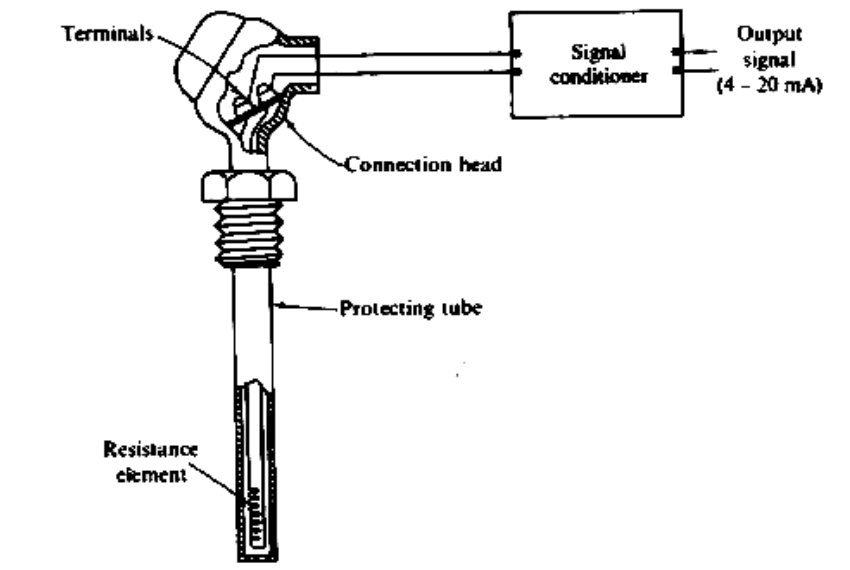


Figura 2.6. RTD con Transmisor de Corriente

5.2. ACTUADORES

a. Válvulas de Control

Existen muchos tipos diferentes de válvulas de control en el mercado, casi cada mes se ofrece una nueva válvula de control mejorada y, en consecuencia, es difícil clasificarlas, sin embargo, aquí se clasificaran en dos categorías principales: de vástago reciproco y de vástago rotatorio.

La válvula se divide en dos áreas generales: el actuador y el cuerpo. El actuador es la parte de la válvula con que se convierte en movimiento mecánico la energía que entra a la válvula para aumentar o disminuir la restricción del flujo. *Andrew. (2002).*

a.1. De Vástago reciproco

Conocidas también como válvulas de globo con asiento sencillo y vástago deslizable. Son una familia de válvulas que se caracterizan por una parte de cierre que viaja en línea perpendicular al asiento de la válvula, y se utilizan principalmente para propósitos de estrangulamiento y control de flujo en general.

Existen también las válvulas de tres vías que son de tipo reciproco. Las válvulas de tres vías pueden ser convergentes o divergentes y, en consecuencia con ellas se pueden separar una corriente en dos o se pueden mezclar dos corrientes en una sola. Comúnmente se utilizan para propósito de control. *Andrew. (2002).*

a.2. De Vástago rotatorio

Una de las más comunes es la válvula de mariposa, estas válvulas constan de un disco que gira alrededor de un eje; se requiere mínimo espacio para su instalación y se tiene alta capacidad de flujo con caída de presión mínima; se utilizan en servicios de baja presión. Con los discos convencionales se logra controlar el estrangulamiento hasta en 60 grados de giro, pero con discos de nueva patente se puede controlar el estrangulamiento para un giro completo de 90 grados.

Otra válvula común de vástago rotatorio es la válvula de esfera, con ellas también se logra una alta capacidad de control de flujo con caída mínima de presión, se utilizan comúnmente para manejar suspensiones o materiales fibrosos; la tendencia a escurrimiento es baja y su tamaño es pequeño. *Andrew. (2002).*



Figura 2.7. Tipos de Cuerpos de Válvulas

b. Motores

Entre los motores de corriente alterna que más se emplean en la industria tenemos a los motores asíncronos, y entre estos tenemos los de rotor en cortocircuito o de jaula de ardilla, estos son los más utilizados.

Estos motores se diseñan y se construyen de tal forma que, sus bobinados, en carga nominal, resistan unos calentamientos compatibles con una larga vida de sus aislantes. Es preciso recordar que un motor se calienta por efecto de sus pérdidas en el cobre, proporcionales al cuadrado de la intensidad, y de sus pérdidas en el hierro, constantes para una tensión dada. *Andrew. (2002).*

6. EXTRACCIÓN DE MINERALES

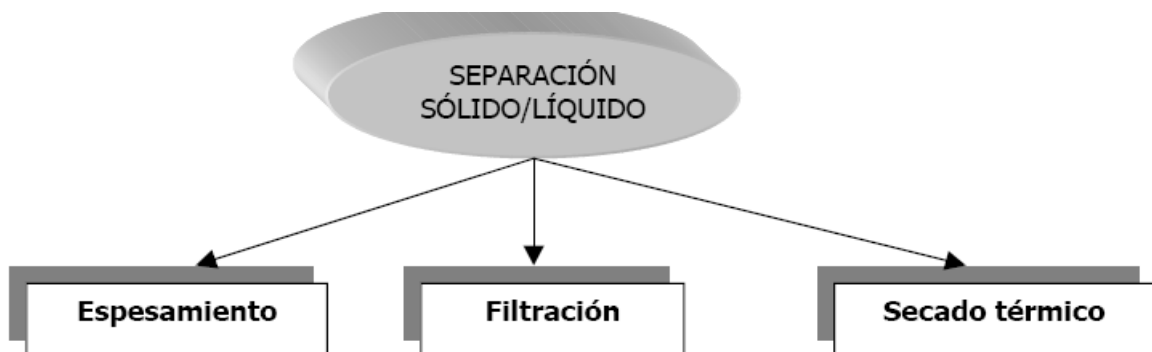
Los minerales que se extraen de las minas pasan por refinerías o por plantas concentradoras. El transporte conlleva a que tengamos que realizar operaciones de desaguado o eliminación parcial del agua contenida en la pulpa mineral, para lo cual será necesario disponer de ciertos equipos de separación sólido/líquido.

Los equipos de separación sólido/líquido consisten en espesadores, en los cuales tendrá lugar la sedimentación de partículas por efectos de la gravedad. A continuación se encuentran la filtración del under flow de los espesadores y que pueden ser al vacío o a presión.

Es importante destacar que para el transporte de los concentrados es requisito fundamental, salvo que dicho transporte se realice en mineraductos, el desaguado de la pulpa. Solamente así tendremos una operación económicamente rentable.

6.1. SEPARACIÓN SÓLIDO / LÍQUIDO

Esta fase del proceso de concentración de minerales, consiste en las operaciones unitarias destinadas a eliminar el agua de los productos intermedios o finales de una planta concentradora. Se divide en las siguientes operaciones parciales, en las cuales el agua se elimina por etapas:



6.2. ECUALIZACIÓN

En general, las descargas de líquidos residuales presentan características de naturaleza no estacionaria. Es decir que, las magnitudes de sus parámetros fisicoquímicos son variables con el tiempo. Esta variabilidad, puede influir negativamente en los sistemas de tratamiento.

La variación de caudales pronunciada es mala, se dificulta todo tipo de procesos posteriores, así como problemas con la carga de contaminantes.

Se diseñan cámaras de ecualización que son como pulmones para el líquido y dosifican en un caudal constante, evitando los picos de caudal y carga.

Los objetivos de la ecualización son:

- ajustar o disminuir la variabilidad de los líquidos residuales
- atenuar la presencia de contaminantes no habituales.
- ecualizar la concentraciones.

Los tanques de ecualización pueden ser a nivel constante o a nivel variable.

En los tanques de ecualización de nivel constante, la atenuación se produce a través del efecto compensador del volumen del líquido presente en el tanque. Se busca que las fluctuaciones sean pequeñas. Mientras que en un tanque de ecualización de altura variable, el caudal efluente se mantiene constante, por lo que, debido a que el caudal del líquido afluente es variable con el tiempo, el nivel del líquido en la cámara de ecualización oscila entre un mínimo y un máximo. Se recomiendan tiempos de residencia hidráulico de 10 horas como mínimo, para cualquier unidad de tratamiento. Dependiendo del caudal a tratar, se definirá el volumen del líquido en el tanque de ecualización. Debido a que el material particulado decantable puede originar reducción del volumen y degradación de la materia orgánica, el tanque de ecualización debe mantenerse en constante agitación, para mantener el material en suspensión. Esto puede lograrse mediante la inyección de aire, que además favorece la descomposición aerobia, y por lo tanto, evita la generación de olores.

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1. EL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA

1.1. GENERALIDADES

La empresa Doe Run Perú es una compañía minera y metalúrgica con operaciones localizadas en los Andes centrales del Perú. La empresa es dueña del Complejo Metalúrgico de La Oroya desde Octubre de 1997 y de la Mina Cobriza en Huancavelica desde setiembre de 1998, ambos fueron adquiridos del Estado Peruano.

Durante el 2007, fue el cuarto mayor exportador del país, con ventas anuales que superaron los 1,450 millones de dólares, procesando concentrados por un valor mayor a los mil millones de dólares, provenientes en su gran mayoría de proveedores Peruanos.

Con un potencial que garantiza el futuro de la minería nacional y la continuidad operativa del principal centro metalúrgico del país, la fundición y las refinerías de La Oroya conforman uno de los centros metalúrgicos más grandes y técnicamente complejos del mundo, debido a la diversidad de tecnologías, procesos y operaciones que funcionan en un solo lugar para el procesamiento y transformación de concentrados poli metálicos en diez metales y nueve subproductos.

1.2. RESEÑA HISTÓRICA

En 1922 la compañía estadounidense Cerro de Pasco Copper Corporation construyó la fundición y las refinerías de La Oroya, especialmente diseñadas para procesar el mineral poli-metálico típico de los Andes centrales. En 1974, la compañía Cerro de Pasco Copper Corporation fue expropiada bajo el régimen de la dictadura del General Velasco Alvarado.

En Octubre de 1997, la empresa Doe Run Company adquirió el Complejo Metalúrgico de La Oroya por US\$ 247.9 millones, luego de un proceso de subasta pública en el cual el primer postor (Industrias Penoles de México) decidió no ejecutar su oferta. En 1998, Doe Run Company también adquirió del Estado Peruano una mina subterránea de cobre denominada Cobriza.

A su llegada al Perú, se comprometió a invertir US\$ 107.6 millones en un programa de mejoras ambientales previamente desarrollado por Centromin Perú y aprobado por el Ministerio Peruano de Energía y Minas, conocido por su acrónimo PAMA. El PAMA resultó ineficiente, en términos de concepto, diseño e ingeniería pues fracasó en abordar las prioridades ambientales sobresalientes (como reducir el nivel de plomo en el aire en La Oroya); tampoco previó adecuadamente la verdadera dimensión requerida para cada uno de los proyectos de mejoras ambientales. Además, el PAMA tal como fue diseñado por Centromin Perú, subestimó totalmente las inversiones requeridas para su ejecución.

Estas insuficiencias condujeron a una serie de cambios en la envergadura de los proyectos incluidos en el PAMA, así como en la inversión requerida. La última de estas modificaciones tuvo lugar en Octubre de 2009 y dada la considerable complejidad de las nuevas obligaciones que conllevaba, se otorgó una extensión de treinta meses para completar la ejecución de los proyectos. El nivel de inversión realizado a la fecha es de US\$ 316 millones de dólares y se planifica invertir 155 millones de dólares adicionales para continuar con las mejoras ambientales, superando en cuatro veces los US\$ 107.6 millones de dólares inicialmente comprometidos.

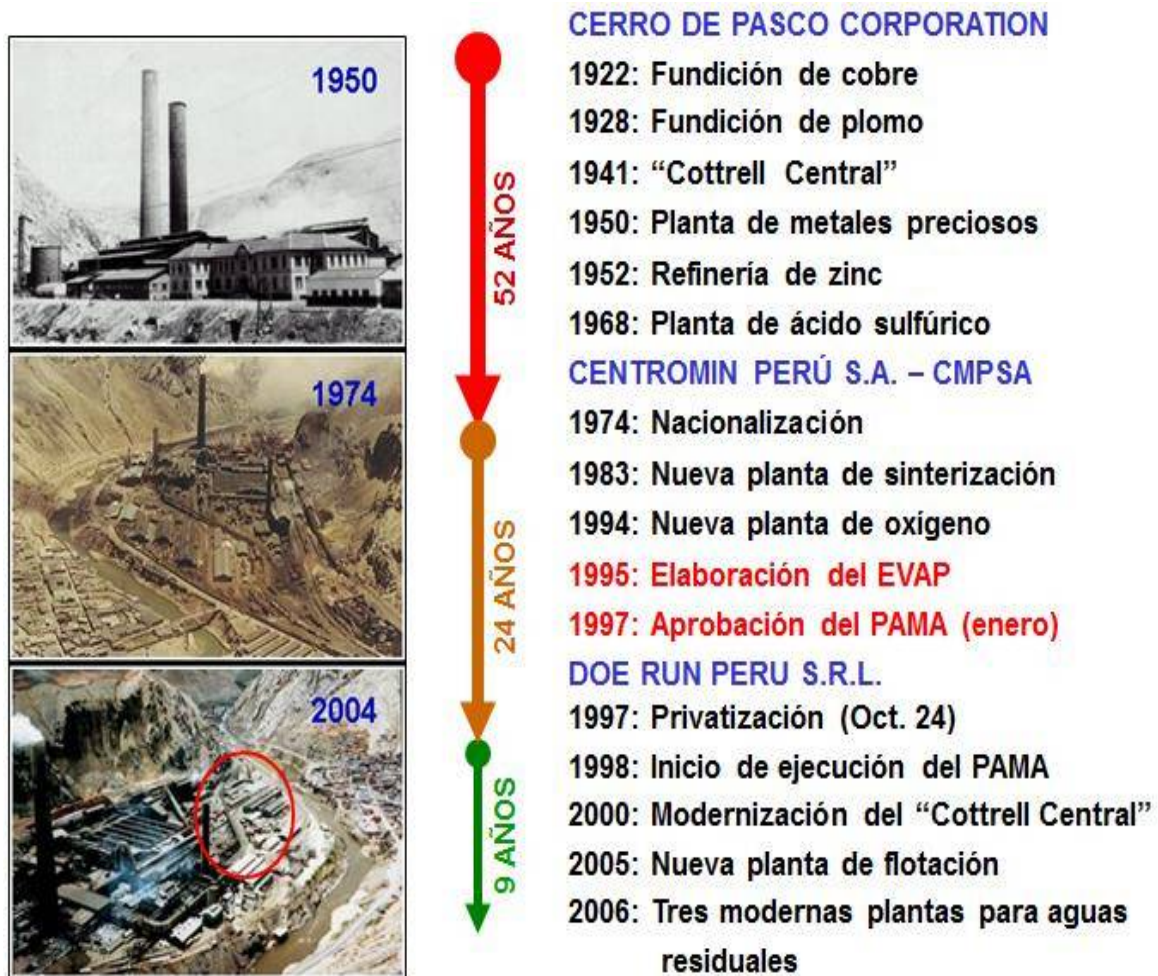


Figura 3.1. Historia del Complejo de La Oroya

1.3. UBICACIÓN

El Complejo Metalúrgico de La Oroya está ubicado en los Andes centrales del Perú, aproximadamente a 180 kilómetros al este de la ciudad de Lima, en la Región Junín, Provincia Yauli, Distrito de La Oroya. Localizado a 3,775 metros sobre el nivel del mar, para llegar desde la costa es necesario atravesar los altos pasos de montaña, alcanzando durante la travesía, en su punto más alto denominado Ticlio, los 4,818 metros sobre el nivel del mar.



Figura 3.2. Ubicación del complejo metalúrgico de La Oroya



Figura 3.3. Vista del complejo metalúrgico de La Oroya

2. ESTABLECIMIENTO DE LAS VARIABLES DE CONTROL

De acuerdo a lo mencionado para realizar el tratamiento de adecuación de las aguas industriales a ser enviadas al río, éstas pasan por las siguientes etapas: Desarenación, Ecuilización, Neutralización y Acondicionamiento. En la figura siguiente se muestra una vista de la planta de tratamiento:



Figura 3.4. Vista de Planta de Tratamiento

La recolección de aguas es como se muestra en la figura adjunta, donde se ha separado de acuerdo al tipo de agua recolectada.

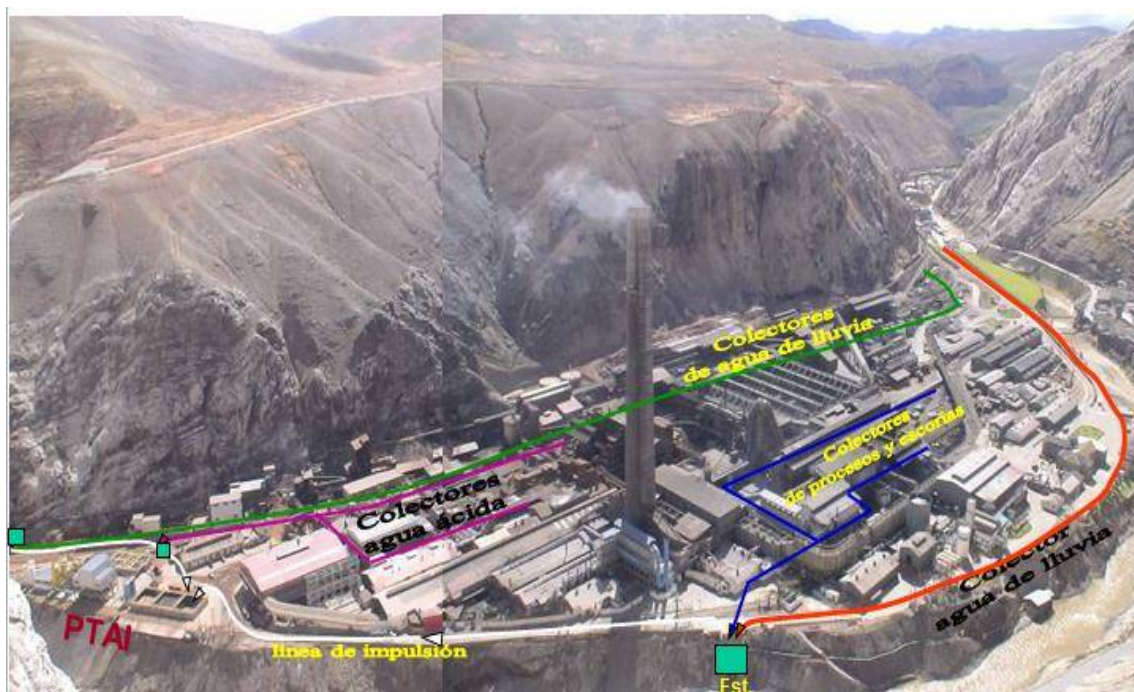


Figura 3.5. Vista de recolección de aguas

Analizaremos por partes el proceso:

Desarenación

Este proceso es mecánico, la separación se realiza a través de dos desarenadores longitudinales. Su funcionamiento se basa en la reducción de la velocidad del agua y de las turbulencias, permitiendo así que el material sólido transportado en suspensión se deposite en el fondo, de donde es retirado periódicamente.

En este caso se tienen dos estructuras paralelas, para permitir la limpieza de una de las estructuras mientras la otra está operando.

Ecualización

Se diseñan tanques de ecualización que son como pulmones para el líquido y dosifican en un caudal constante, evitando los picos de caudal y carga.

Los objetivos de la ecualización son:

- ajustar o disminuir la variabilidad de los líquidos residuales
- atenuar la presencia de contaminantes no habituales.

Los tanques de ecualización pueden ser a nivel constante o a nivel variable.

Neutralización y Acondicionamiento

Neutralización

La neutralización consiste en llevar el pH de las aguas industriales a valores de 7, para poder realizar la descarga hacia aguas naturales. Este proceso se llevará a cabo en dos tanques de acondicionamiento de pH.

Acondicionamiento

Proceso también llamado Homogeneización, consiste en mezclar soluciones que pueden ser ácidas o alcalinas. Esto se realiza en un tanque de homogeneización, en el cual se acondicionan las aguas que vienen del proceso de neutralización, básicamente asegura finalizar el proceso de neutralización.

Después de realizar un análisis el sistema de tratamiento de aguas industriales cuenta con los siguientes problemas:

a) La dosificación de la emanación se realiza en forma manual, es decir el operador calcula un aproximado de la cantidad, lo que trae consigo:

- no existe control de las emanaciones que contaminan al medio ambiente
- las aguas de lluvia bajan por las canaletas y van al río
- el agua recircula retornando al proceso y luego va al río.

b) La medida del nivel y temperatura del tanque de tratamiento no existe, lo que trae como consecuencia:

- que suba demasiado la temperatura de los efluentes con los aditivos agregados
- hay peligro de que se siga subiendo el nivel y como consecuencia ocurra la descarga de efluentes hacia el río.

c) No existe un control del mezclador del sistema de tratamiento lo que involucra:

- el operador debe tener mucho cuidado y siempre debe estar vigilante, ya que de no ser así el mezclador se puede sobre cargar y elevarse el torque
- si se eleva demasiado el torque se podría quebrar el sistema de arrastre

d) El arranque del bombeo es de forma manual, el operador tiene que abrir válvulas en forma manual, lo que trae como consecuencia:

- que la bomba pueda tener cavitación por no ser constante el flujo de carga
- esta cavitación deteriora el sello de la bomba, inutilizando el sistema de desalojo.

e) Los valores de pH son controlados en función de muestras, no en línea, lo cual generaba:

- tiempo perdido en realizar acciones de control para lograr el pH deseado
- la toma de muestras manual ocasionaban eventualmente errores.

f) Para la neutralización se controlará el valor del pH de los tanques:

- obtención del valor del pH necesario
- control de nivel en los mismos

g) En el Acondicionamiento se medirá el nivel del tanque de homogenización, pero también se asegurará el proceso de neutralización

h) El sistema de eliminación de aguas industriales no presenta alarmas, ni tiene algún sistema de supervisión, lo que ocasionaría los siguientes inconvenientes:

-no habría forma de saber si existió un daño en algunos de los elementos o equipos ya que a veces no se cuenta con personal adecuado.

-de ocurrir un derrame o emanación, este perjudicaría y contaminaría el medio ambiente, actualmente hay normas y estándares internacionales que protegen el medio ambiente, trayendo como consecuencia de ocurrir esto multas elevadas y hasta el cierre parcial o total de las operaciones.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Para una Empresa Industrial cuyo rubro tiende a satisfacer a un público consumidor, la productividad es un parámetro muy importante dado que está relacionado con la eficiencia de la misma. Sin embargo para satisfacer a los clientes no basta la eficiencia, se requiere además de otro factor importante como es la calidad. *Corripio (1991)*.

Una producción eficiente y un producto de calidad garantizan el futuro de una empresa industrial. La eficiencia en la producción no es algo sencillo de entender, requiere de un sentido más amplio, como la obtención de un producto de calidad en un tiempo razonable y un bajo costo de producción. *Corripio (1991)*.

El presente proyecto reúne un conjunto de ventajas competitivas, que conforman la justificación técnica y cuyos aspectos a considerar son los siguientes:

- a. Mejora en la producción y productividad.
- b. Buena reputación en la calidad del proceso.
- c. Reducción de índices de desperdicio, estableciendo un control adecuado.
- d. Aumento de la vida útil de los equipos y dispositivos de proceso.
- e. Producción eficiente y flexible, adaptable a las necesidades del mercado.

- f. Mejor seguridad para el personal que opera el sistema de tratamiento de aguas industriales.
- g. Almacenamiento de datos e información del sistema de tratamiento de aguas industriales en un sistema de supervisión.

3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Si bien es cierto que la inversión en automatización es inicialmente alta, también es cierto que la optimización que trae consigo el control y automatización de procesos industriales produce beneficios que justifica el proyecto:

- a. Se obtiene una reducción en el consumo de energía al optimizar los procesos.
- b. Se reduce el uso de la mano de obra y la operación de máquinas con alta influencia manual, que al final reducen la confianza y aumentan el riesgo de accidentes.
- c. Se obtienen beneficios en reducción de multas y sanciones por un inadecuado control de emisiones tóxicas.

3.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

- a. Los trabajos de baja calificación y performance profesional se sustituyen por nuevos puestos con un mejor nivel profesional, lo que conlleva a la superación personal del trabajador.
- b. Necesidad de sustituir al hombre en actividades nocivas, pesadas y peligrosas, así mismo de actividades tediosas y repetitivas.
- c. Reducción de emisiones nocivas al medio ambiente.
- d. Realizar el tratamiento adecuado de las aguas industriales del complejo La Oroya para que puedan ser evacuadas al río Mantaro.

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN

1. VARIABLES DE CONTROL

Basándonos en las variables de control críticas establecidas en el capítulo anterior, iremos automatizando y estableciendo los lazos de control. Es importante señalar que para la Desarenación no se establecerá control ya que este sistema es mecánico.

Para la etapa de Ecuilización se consideraron tres tanques, tal como se muestra:



Figura 4.1. Vista de Tanques Desarenadores y Ecuilizadores

Se establecerán entonces los lazos de control para los procesos realizados en las etapas de Ecualización y Normalización.

1.1. ETAPA DE ECUALIZACIÓN

DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS

Las aguas industriales son separadas en tres grupos: aguas ácidas, aguas de proceso y aguas de lluvia, para ello se utilizan tres tanques.

El pH del agua tiene un rango de valores entre 1 y 14 unidades de pH, siendo el pH neutro un valor de $\text{pH} = 7$. Los valores de agua de $\text{pH} < 7$, se consideran aguas ácidas y los de valor de $\text{pH} > 7$ aguas básicas. Por lo tanto si un agua tiene un valor de $\text{pH} = 4$, quiere decir que su concentración de protones es de 10^{-4} , y se dice que es ácida. En cambio si el agua tiene un valor de $\text{pH} = 10$, su concentración de protones es de 10^{-10} , en este caso se dice que es básica. De acuerdo a lo establecido para las aguas industriales el valor del pH, en la etapa de ecualización es de 11, por ello para las aguas ácidas y las aguas de proceso se adiciona soda cáustica para controlar su pH, en el caso de las aguas de lluvia también se realiza lo mismo, según APHA (1995). Pero si el pH es demasiado elevado, mayor a 12, se necesita agregar ácido sulfúrico con el fin de bajar el pH, igual para este caso aplican las aguas de lluvia.

Procedimiento

1. En el primer tanque, se reciben las aguas ácidas, estas provienen de la planta de tratamiento de Zn, en este primer tanque se debe medir el pH. En función de este valor se tendrán dos condiciones:

- a) si el pH está más de 11, se controlará el pH para que se mantenga en 11, para ello se adiciona soda cáustica, se utiliza una bomba en la cual controlaremos la soda que se irá agregando. Este control es continuo.
- b) si el pH está más de 12, a través de otra bomba se agregará ácido sulfúrico para lograr bajar el valor hasta 10, luego regresaremos al control descrito en la condición anterior.

2. En el segundo tanque, se reciben las aguas de proceso, estas provienen de los circuitos de plomo y cobre, en este tanque debemos medir el pH. En función de este valor se tendrán dos condiciones:

a) si el pH está más de 11, se controlará el pH para que se mantenga en 11, para ello se adiciona soda cáustica, se utiliza una bomba en la cual controlaremos el flujo agregado. Este control es continuo.

b) si el pH está más de 12, a través de otra bomba se agregará ácido sulfúrico para lograr bajar el valor hasta 10, luego regresaremos al control descrito en la condición anterior.

3. En el tercer tanque, se recepcionan las aguas de lluvia, estas provienen de recolectar el agua que discurre por las laderas y que arrastra restos de minerales, en este tanque también debemos medir el pH. Igualmente se tendrán dos condiciones:

a) si el pH está más de 11, se controlará el pH para que se mantenga en 11, para ello se adiciona soda cáustica, se utiliza una bomba en la cual controlaremos el flujo agregado. Este control es continuo.

b) si el pH está más de 12, a través de otra bomba se agregará ácido sulfúrico para lograr bajar el valor hasta 10, luego regresaremos al control descrito en la condición anterior.

NIVEL DE TANQUES

Los tres tanques que se han mencionado son importantes, se debe tener una medición en tiempo real de nivel de los mismos.

Procedimiento

El nivel de los tanques está en función de un valor mínimo y un valor máximo, con la aplicación de un tipo de sensor de nivel límite, estamos en la capacidad de cerrar un lazo de control adecuado preciso y confiable.

Este sistema sería implementado con un algoritmo de control en el PLC recibiendo información procedente del sensor de nivel, y tomando decisión de apertura en una válvula que permitirá el ingreso del agua respectiva.

TORQUE DEL MEZCLADOR

En los tanques para lograr una adecuada homogenización de los aditivos con el agua, son necesario cuatro mezcladores. Estos tienen un sistema

electromecánico, aquí se genera un torque adecuado, pero se debe monitorear una posible sobrecarga y recalentamiento del motor.

Por tanto en esta área es necesario complementar el control con la supervisión para poder integrar las señales a todo el sistema y a la par conseguir una información útil para garantizar el funcionamiento.

Procedimiento

El principio de funcionamiento del sistema es muy simple. Como sabemos, en un mezclador las paletas generan un efecto de reacción en forma de par resistente que es transmitida a través del eje central hasta los accionamientos de los engranajes. Estos elementos mecánicos, sometidos a esfuerzos variables, van a ser por medio de sus indicadores mecánicos los niveles del par que esta soportando en cada momento. Se medirá el torque generado, esto será posible porque se utilizará un variador, el cual proporcionará los datos importantes como son consumo de amperaje, velocidad así como el torque generado.

Las paradas del mezclador no previstas por causa de roturas inoportunas, se eliminarían ya que se efectuaría un seguimiento permanente para prevenir averías.

TEMPERATURA DE LOS TANQUES

Los tres tanques deben mantener su temperatura en valores de 10 °C, esto para que los aditivos puedan realizar una mejor acción en el control del pH.

Procedimiento

Para ello se utilizarán sensores tipo Pt-100, con transmisor en corriente, estos enviarán la información hacia el PLC, en este se implementará un lazo tipo PI que controlará el ingreso de aire a 80 psi, que se inyecta en la parte inferior del tanque a través de una válvula de ingreso.

CAUDAL DE INGRESO Y SALIDA DE LOS TANQUES

En los tres tanques se debe monitorear y controlar el flujo de ingreso de las aguas recolectadas en 5 m³/seg, y el flujo de salida de las aguas ya tratadas en un valor de flujo en 7 m³/seg, esto para cada tanque, estos valores están definidos por procesos estándares según APHA (1995).

Procedimiento

Para ello se utilizarán sensores de flujo ubicados en las tuberías de entrada y salida de cada tanque, estos sensores enviarán la información hacia el PLC, en este se implementará un lazo tipo PID que controlará las válvulas respectivas de entrada y salida de cada uno de los tres tanques, así como el control de las bombas.

1.2. ETAPA DE NEUTRALIZACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO

En esta etapa se deben llevar los valores del pH de las aguas hasta un valor neutro de $\text{pH}=7$, que es lo establecido para aguas con posibilidades de descarga en ríos.

Se utilizarán dos tanques, en los cuales se controlará tanto el pH como el nivel del agua, para una mejor homogeneización se considera también un agitador.

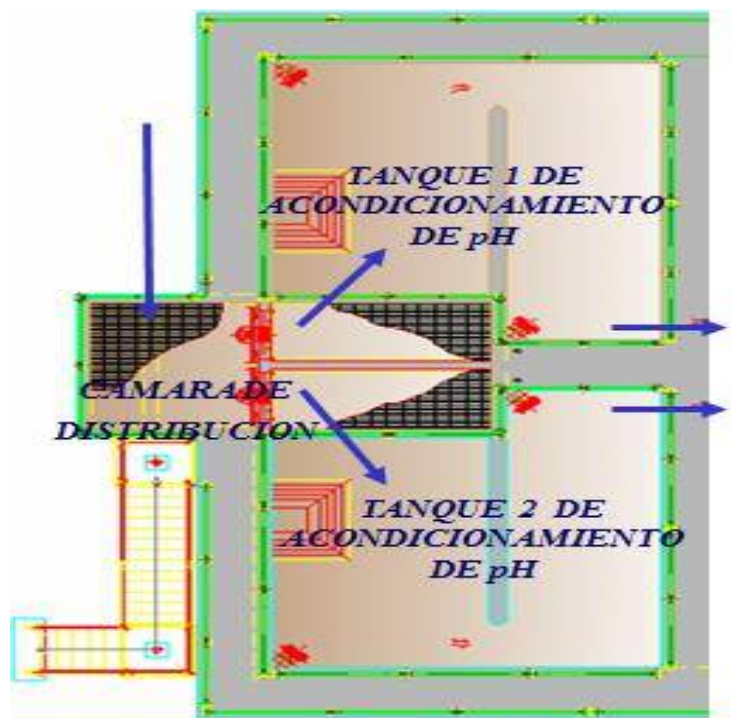


Figura 4.2. Vista de los Tanques de Acondicionamiento

ADITIVOS

El pH del agua tiene un rango de valores entre 1 y 14 unidades de pH, siendo el pH neutro un valor de $\text{pH} = 7$ según APHA (1995). Como el pH con el que llega el agua está más de 7 es necesario agregar ácido sulfúrico con el fin de bajar este pH.

Procedimiento

1. En el tanque que este vacío al ingresar el agua, se mide el pH. En función de este valor si el pH está más de 7, se agregará ácido sulfúrico para lograr bajar el valor hasta 7. Para ello se controlará una bomba y una válvula que permitirán la dosificación del ácido.

NIVEL DE TANQUES

Como se tienen dos tanques, es importante tener una medición en tiempo real de nivel de los mismos.

Procedimiento

El nivel de los tanques está en función de un valor mínimo y un valor máximo, con la aplicación de un tipo de sensor de nivel límite, estamos en la capacidad de cerrar un lazo de control adecuado preciso y confiable.

Este sistema sería implementado con un algoritmo de control en el PLC recibiendo información procedente del sensor de nivel, y tomando decisión de apertura en una válvula que permitirá el ingreso del agua respectiva. La válvula de salida estará condicionada a que el agua llegue al valor de pH de 7.

TORQUE DEL AGITADOR

En los tanques para lograr una adecuada homogenización del ácido con el agua, es necesario utilizar dos mezcladores. Estos tienen un sistema electromecánico, aquí se genera un torque adecuado controlado por un variador, pero se debe monitorear una posible sobrecarga y recalentamiento del motor.

Por tanto en esta área es necesario complementar el control con la supervisión para poder integrar las señales a todo el sistema y a la vez conseguir una información útil para garantizar el buen funcionamiento del motor.

Procedimiento

Como se sabe, en un agitador las paletas generan un efecto de reacción en forma de par resistente que es transmitida a través del eje central hasta los accionamientos de los engranajes. Estos elementos mecánicos, sometidos a esfuerzos variables, van a ser por medio de sus indicadores mecánicos los niveles del par que está soportando en cada momento. Se medirá el torque generado, esto será posible porque se utilizará un variador, el cual proporcionará los datos importantes como son consumo de amperaje, velocidad así como el torque generado.

Las paradas del agitador por causa de roturas inoportunas, se eliminarían ya que se efectuaría un seguimiento permanente para prevenir averías.

2. TOPOLOGÍA DEL SISTEMA DE CONTROL

Basados en la condición de que el controlador adecuado para la aplicación de nuestro proyecto es un Controlador Lógico Programable (PLC), por la cantidad de variables tendremos un CPU con módulos de entrada y salida de acuerdo al tipo de señal a manejar, se recomendará un CPU de respaldo como redundancia. Se establecerá comunicación con un nivel de Supervisión, por lo cual la arquitectura elegida será la de un sistema distribuido incluyendo la posibilidad de un nivel superior.

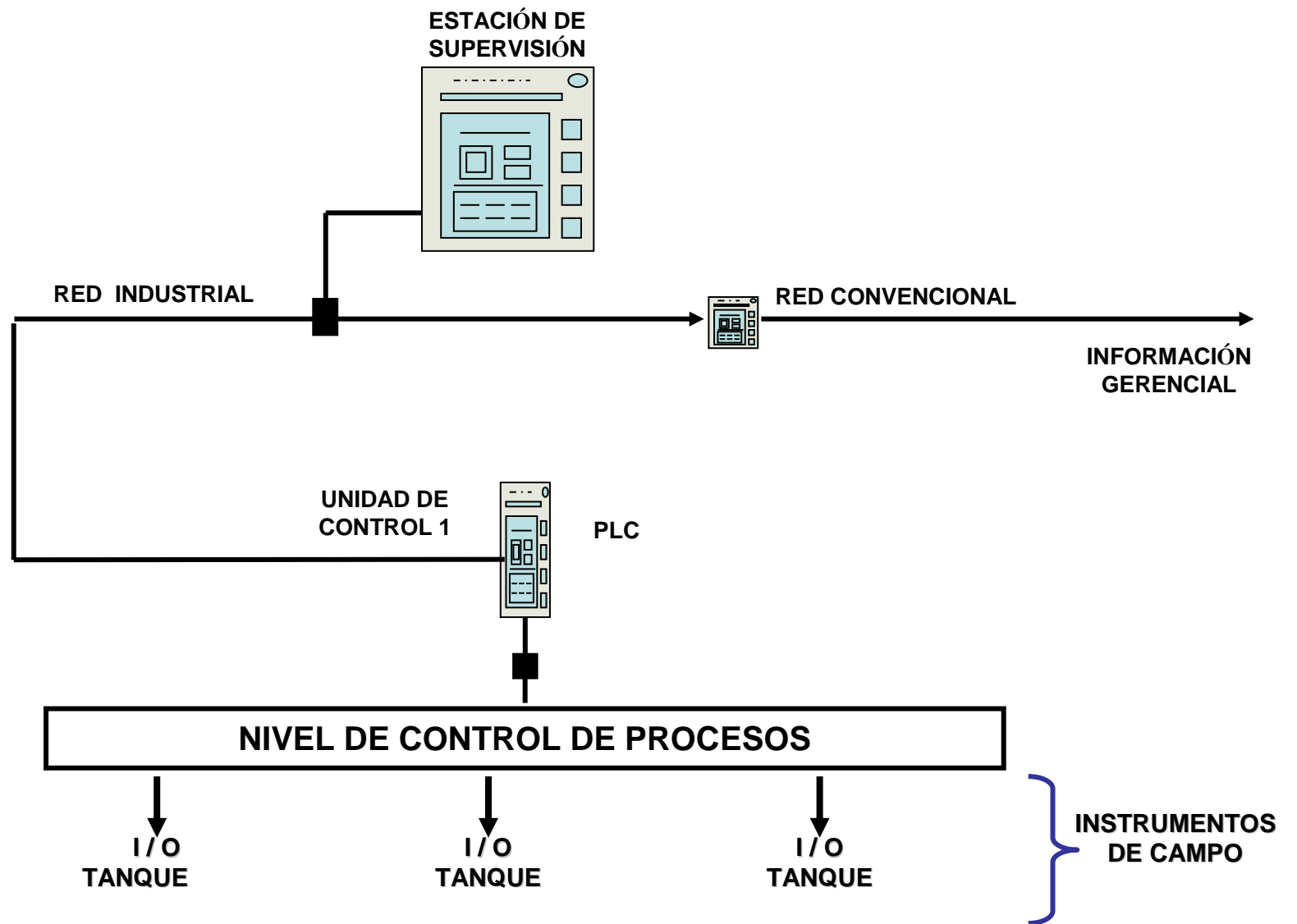


Figura 4.3. TOPOLOGÍA DEL SISTEMA DE CONTROL

3. INTERFACE PARA LA OPERACIÓN

La unidad de control de proceso tomará la información o lectura de los instrumentos de campo, que estarán en interface con el operador en una consola de operación. Para lo cual sus funciones básicas estarán referidas a:

1. Implementar una interface hombre-máquina que permita mostrar la información en la forma más conveniente al operador.
2. Administración y mantenimiento de una base de datos, que incluya la información sobre las características de todos los puntos (TAGs), medición, control y mando.
3. Adquisición de información dada por los instrumentos de campo. Asimismo, será el responsable de administrar las secuencias de mando a distancia.
4. Implementar las funciones de protección requeridas a un nivel de software.
5. Procesar las señales de alarma, llamando la atención de manera conveniente al operador cuando estas ocurran.
6. Generación de reportes periódicos de los puntos (TAGs) y gráficas en tiempo real.

3.1. RED Y PROTOCOLO

La comunicación local deberá ser a través de un protocolo industrial que permitirá:

1. Transferencia de datos entre controlador y el computador central.
2. Programación del controlador.
3. Activación/desactivación de los programas de aplicación desde el computador central.

La redundancia sería una forma de proteger la operación del sistema contra fallas que puedan presentarse, la cual deberá estar orientada a las partes básicas del sistema y no al total del sistema, debido a que el costo del proyecto se duplicaría, lo que no sería beneficioso para la empresa. Este punto está supeditado a la disposición de la empresa de aceptar o no la redundancia.

4. PLANOS DE INSTRUMENTACIÓN (PI&D)

A continuación se mostrarán los planos de instrumentación del sistema, en ellos se detallan los tanques existentes, así como los instrumentos y equipos necesarios para el proyecto.

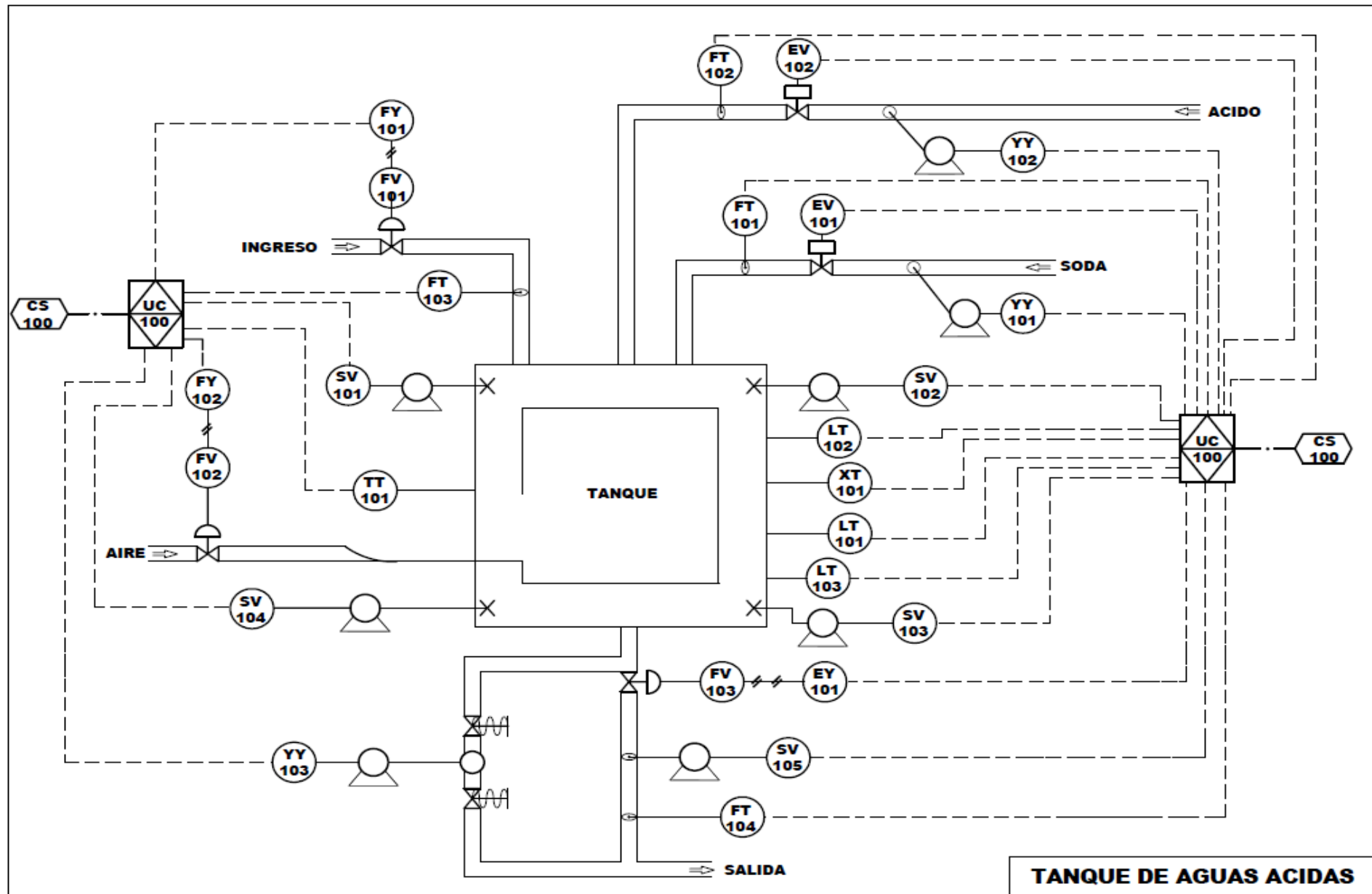
En el primer plano se muestra con detalle el control del primer tanque de aguas ácidas, en el se aprecian los instrumentos necesarios para el control a implementar.

En el segundo plano apreciamos el tanque de aguas de procesos, este tanque muestra su instrumentación requerida.

En el tercer plano apreciamos el tanque de aguas de lluvia, aquí está la instrumentación necesaria para el control respectivo.

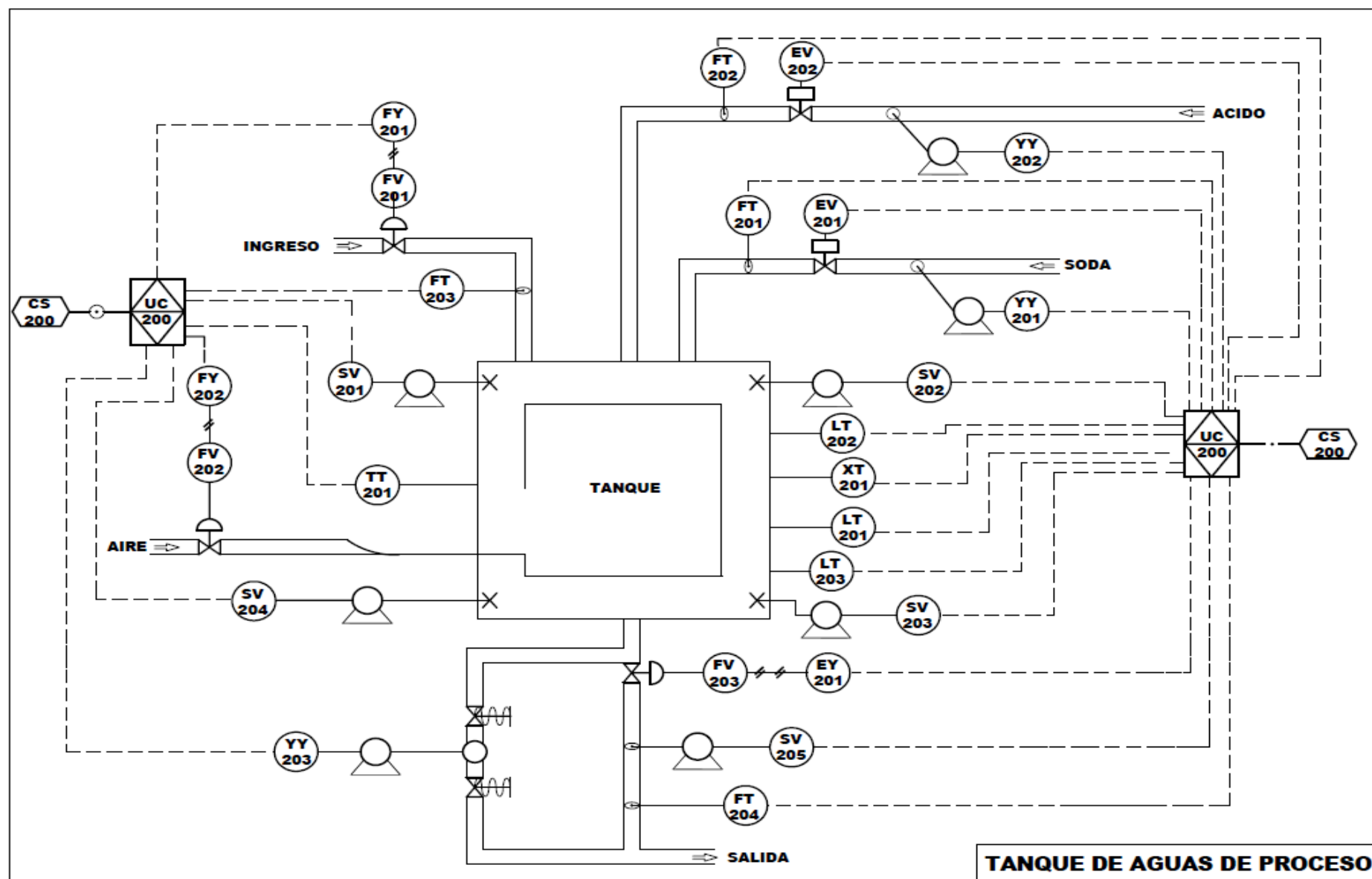
En el cuarto plano se aprecia el tanque de acondicionamiento 1, con su instrumentación necesaria.

En el quinto plano se muestra el tanque de acondicionamiento 2, con la instrumentación y equipos necesarios.



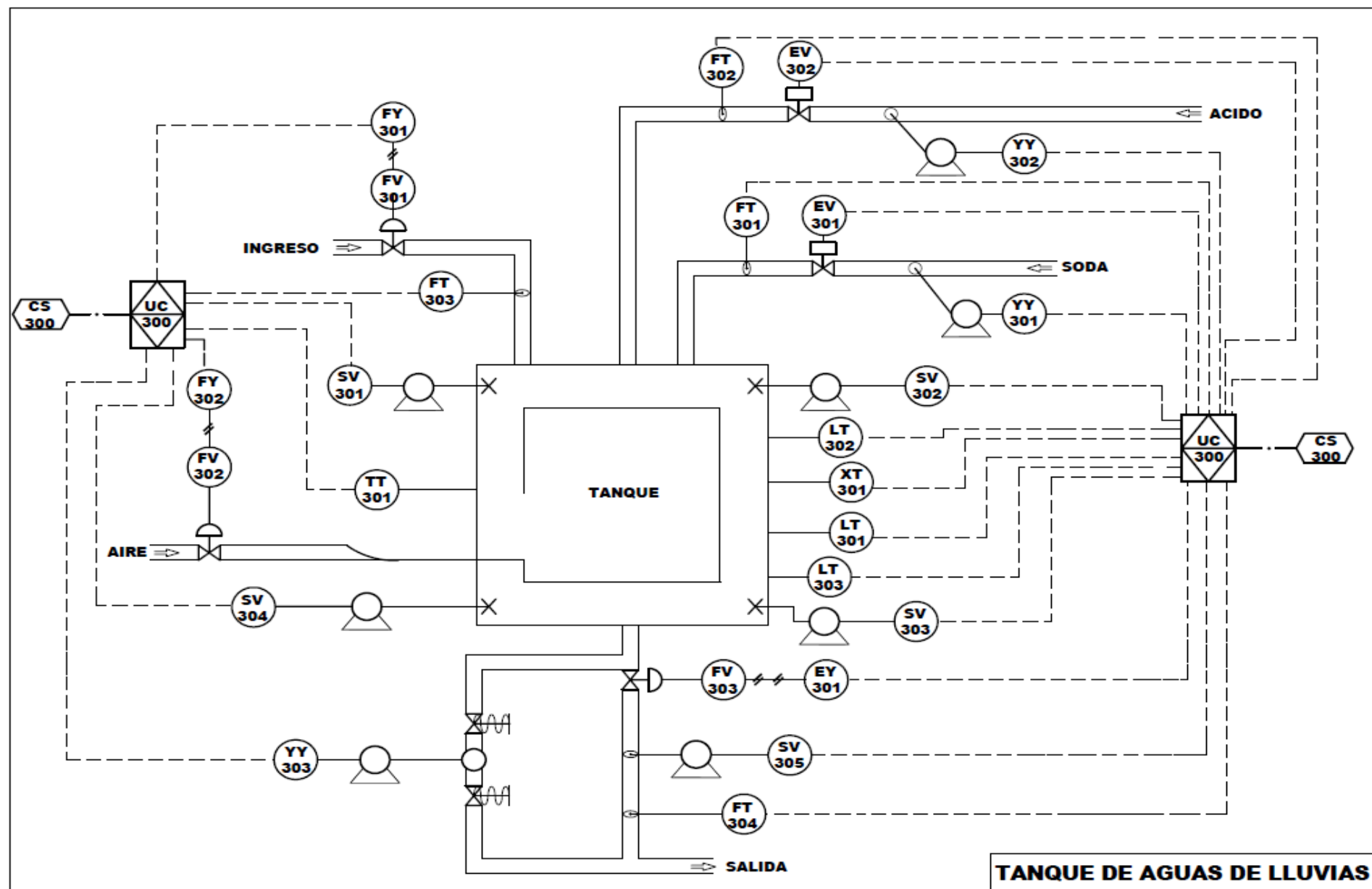
LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR PLANO DE TANQUE DE AGUAS ÁCIDAS

FV101	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua
FY101	Convertidor I/P
FV102	Válvula neumática de flujo, ingreso de aire
FY102	Convertidor I/P
FV103	Válvula neumática de flujo, salida de agua
EY101	Electroválvula paso de aire
EV101	Válvula solenoide ingreso de soda
EV102	Válvula solenoide ingreso de ácido
SV101	Variador de velocidad agitador 1
SV102	Variador de velocidad agitador 2
SV103	Variador de velocidad agitador 3
SV104	Variador de velocidad agitador 4
SV105	Variador de velocidad de bomba salida de agua
YY101	Contactor de motobomba ingreso de soda
YY102	Contactor de motobomba ingreso de ácido
YY103	Contactor de motobomba de desalojo manual
FT101	Sensor de flujo ingreso de soda
FT102	Sensor de flujo ingreso de ácido
FT103	Sensor de flujo ingreso de agua
FT104	Sensor de flujo salida de agua
TT101	Sensor de temperatura de agua
LT101	Sensor de nivel límite inferior de tanque
LT102	Sensor de nivel límite superior de tanque
LT103	Sensor de nivel proporcional de tanque
XT101	Sensor de pH de agua
UC100	Controlador PLC ubicado en tablero
CS100	Unidad PC de supervisión



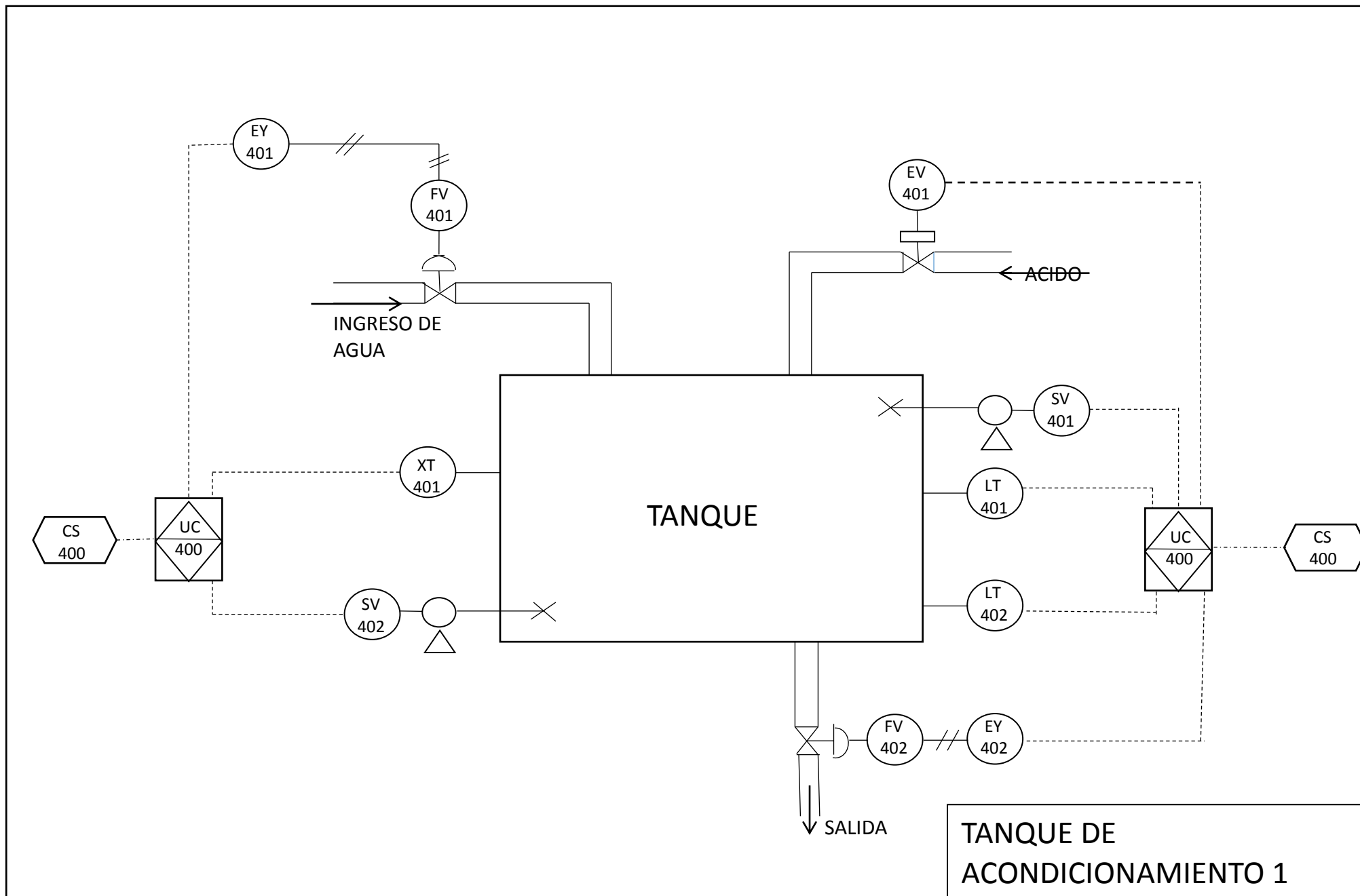
LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR PLANO DE TANQUE DE AGUAS DE PROCESO

FV201	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua
FY201	Convertidor I/P
FV202	Válvula neumática de flujo, ingreso de aire
FY202	Convertidor I/P
FV203	Válvula neumática de flujo, salida de agua
EY201	Electroválvula paso de aire
EV201	Válvula solenoide ingreso de soda
EV202	Válvula solenoide ingreso de ácido
SV201	Variador de velocidad agitador 1
SV202	Variador de velocidad agitador 2
SV203	Variador de velocidad agitador 3
SV204	Variador de velocidad agitador 4
SV205	Variador de velocidad de bomba salida de agua
YY201	Contactor de motobomba ingreso de soda
YY202	Contactor de motobomba ingreso de ácido
YY203	Contactor de motobomba de desalojo manual
FT201	Sensor de flujo ingreso de soda
FT202	Sensor de flujo ingreso de ácido
FT203	Sensor de flujo ingreso de agua
FT204	Sensor de flujo salida de agua
TT201	Sensor de temperatura de agua
LT201	Sensor de nivel límite inferior de tanque
LT202	Sensor de nivel límite superior de tanque
LT203	Sensor de nivel proporcional de tanque
XT201	Sensor de pH de agua
UC200	Controlador PLC ubicado en tablero
CS200	Unidad PC de supervisión



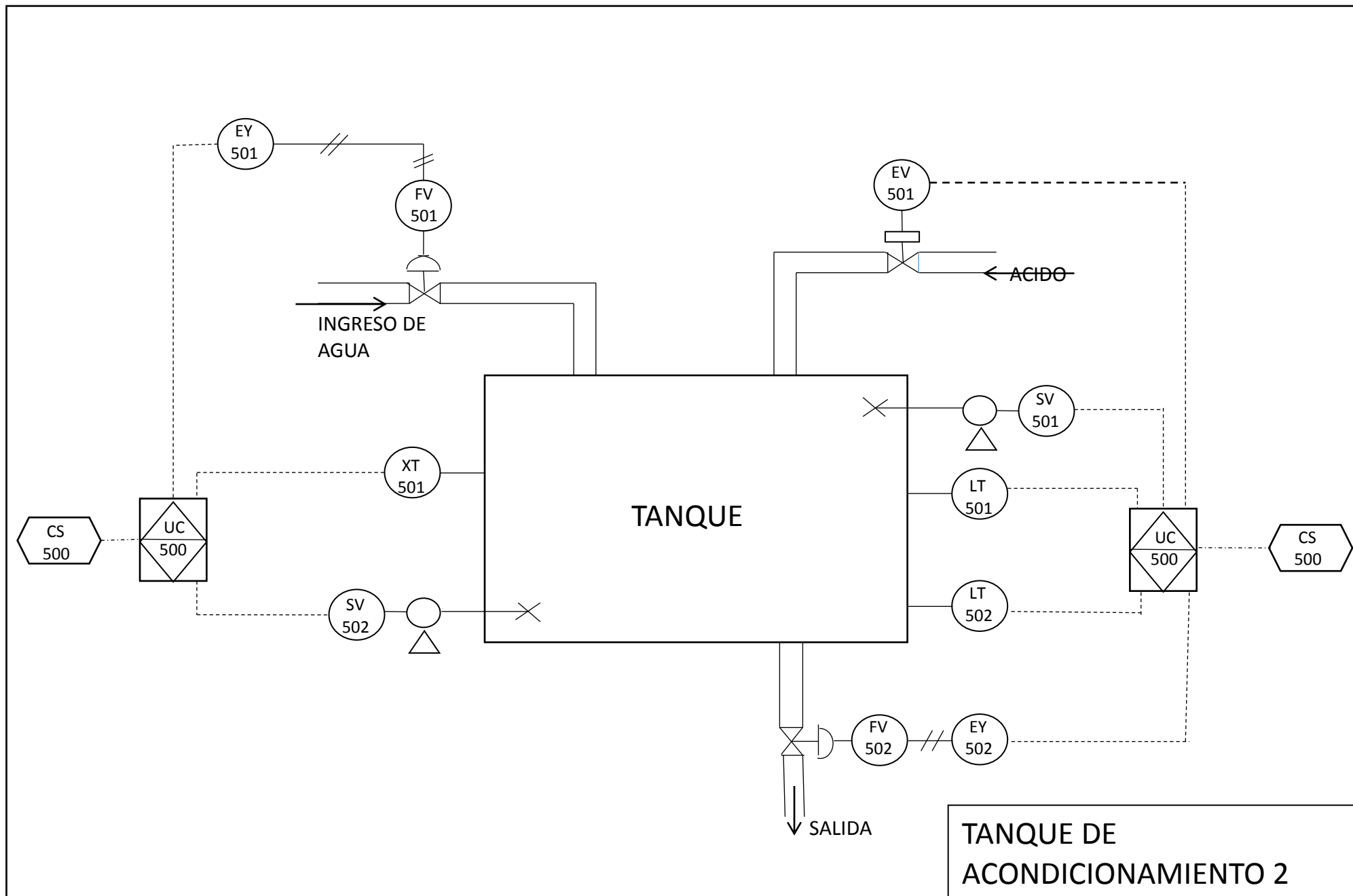
LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR PLANO DE TANQUE DE AGUAS DE LLUVIAS

FV301	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua
FY301	Convertidor I/P
FV302	Válvula neumática de flujo, ingreso de aire
FY302	Convertidor I/P
FV303	Válvula neumática de flujo, salida de agua
EY301	Electroválvula paso de aire
EV301	Válvula solenoide ingreso de soda
EV302	Válvula solenoide ingreso de ácido
SV301	Variador de velocidad agitador 1
SV302	Variador de velocidad agitador 2
SV303	Variador de velocidad agitador 3
SV304	Variador de velocidad agitador 4
SV305	Variador de velocidad de bomba salida de agua
YY301	Contactor de motobomba ingreso de soda
YY302	Contactor de motobomba ingreso de ácido
YY303	Contactor de motobomba de desalojo manual
FT301	Sensor de flujo ingreso de soda
FT302	Sensor de flujo ingreso de ácido
FT303	Sensor de flujo ingreso de agua
FT304	Sensor de flujo salida de agua
TT301	Sensor de temperatura de agua
LT301	Sensor de nivel límite inferior de tanque
LT302	Sensor de nivel límite superior de tanque
LT303	Sensor de nivel proporcional de tanque
XT301	Sensor de pH de agua
UC300	Controlador PLC ubicado en tablero
CS300	Unidad PC de supervisión



LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR PLANO DE TANQUE DE ACONDICIONAMIENTO 1

FV401	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua
EY401	Electroválvula paso de aire
EV401	Válvula solenoide ingreso de ácido
FV402	Válvula neumática de flujo, salida de agua
EY402	Electroválvula paso de aire
SV401	Variador de velocidad agitador 1
SV402	Variador de velocidad agitador 2
LT401	Sensor de nivel límite inferior de tanque
LT402	Sensor de nivel límite superior de tanque
XT401	Sensor de pH de agua
UC400	Controlador PLC ubicado en tablero
CS400	Unidad PC de supervisión



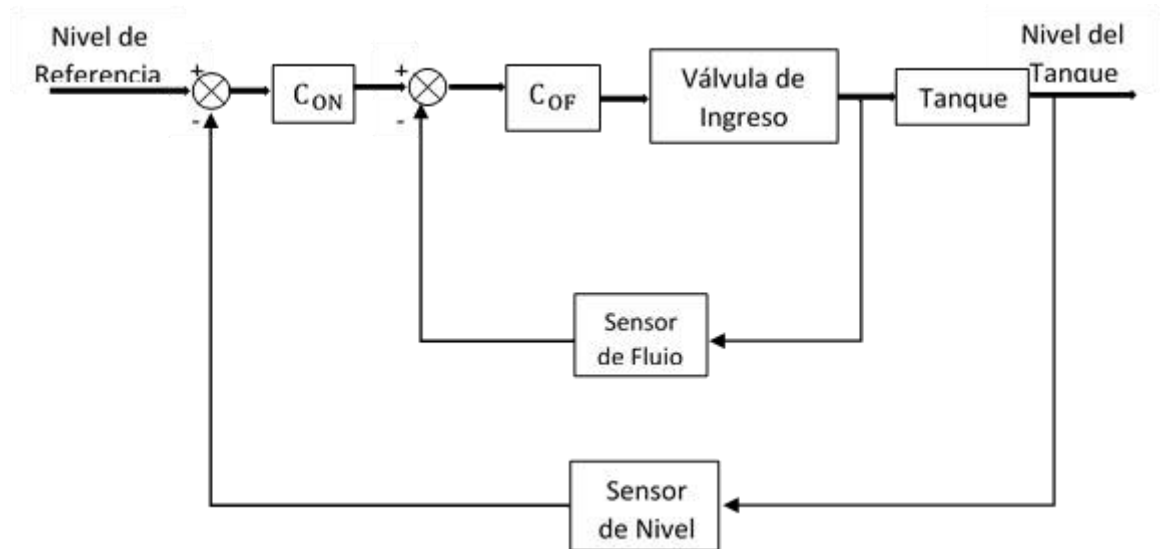
LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR PLANO DE TANQUE DE ACONDICIONAMIENTO 2

FV501	Válvula neumática de flujo, ingreso de agua
EY501	Electroválvula paso de aire
EV501	Válvula solenoide ingreso de ácido
FV502	Válvula neumática de flujo, salida de agua
EY502	Electroválvula paso de aire
SV501	Variador de velocidad agitador 1
SV502	Variador de velocidad agitador 2
LT501	Sensor de nivel límite inferior de tanque
LT502	Sensor de nivel límite superior de tanque
XT501	Sensor de pH de agua
UC500	Controlador PLC ubicado en tablero
CS500	Unidad PC de supervisión

5. MODELAMIENTO DE SISTEMAS Y DIAGRAMAS DE FLUJO

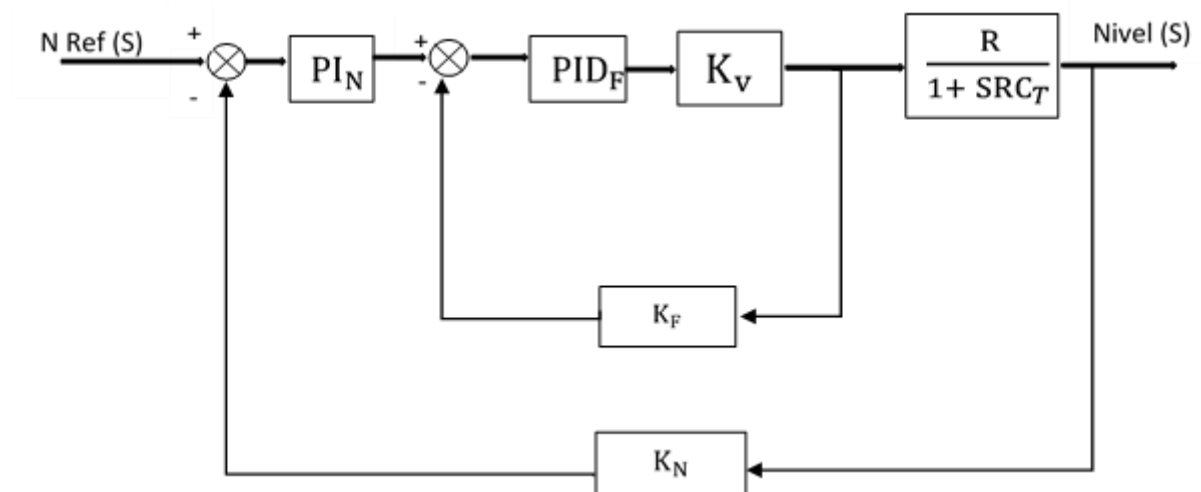
a) Control de nivel del tanque y caudal de ingreso

Se ha planteado un doble lazo, ya que se relacionan con la misma válvula de ingreso. Se tiene el siguiente esquema:



Considerando a C_{ON} como el controlador de nivel y a C_{OF} como controlador de flujo

Diagrama de Bloques



Dónde:

K_v = constante de relación de la válvula de ingreso.

C_T = capacitancia del tanque.

K_F = constante de relación del sensor de flujo de entrada.

K_N = constante de relación del sensor de nivel del tanque.

Función de Transferencia

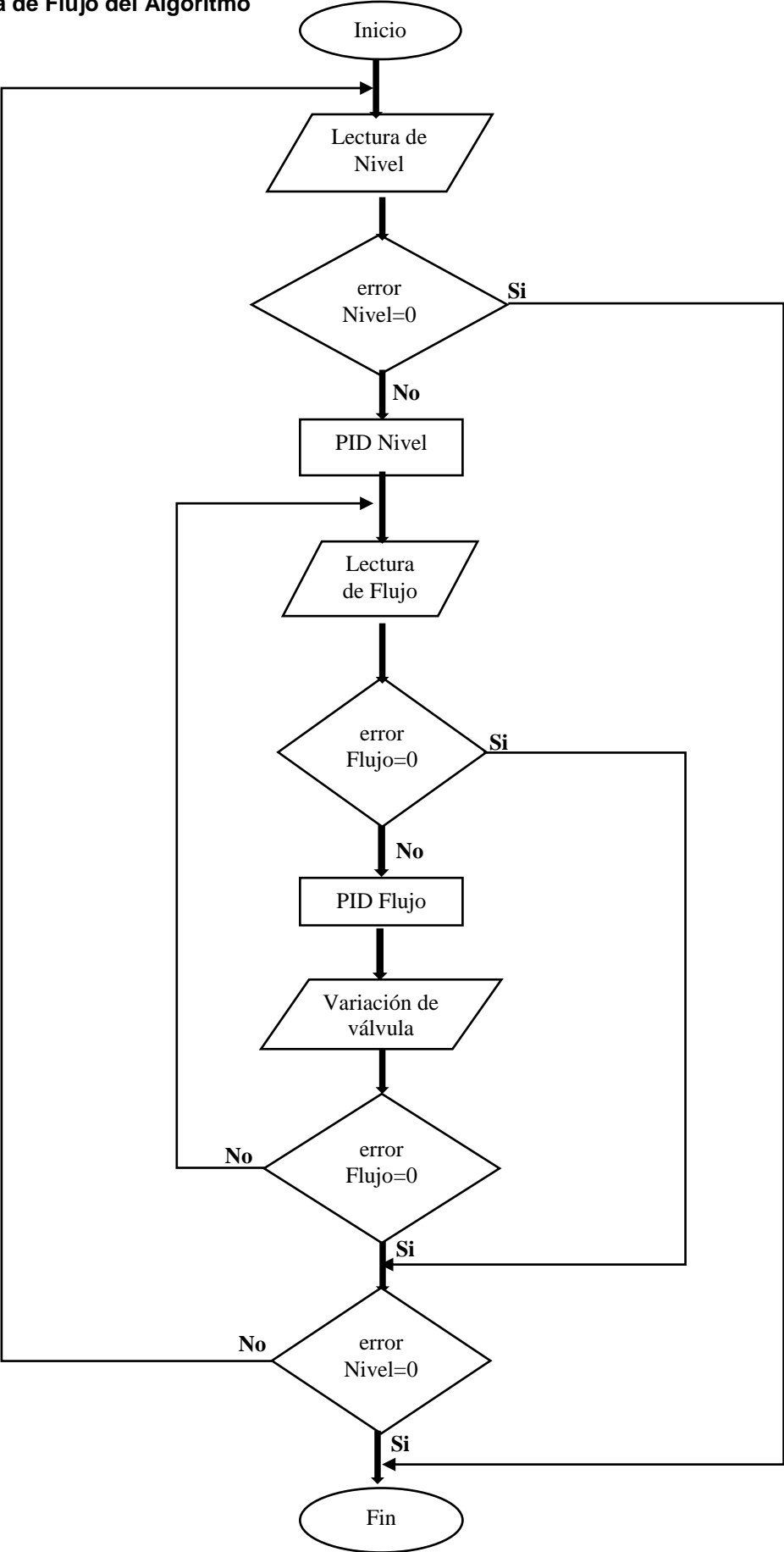
$$\frac{\text{Nivel}(S)}{N_{Ref}(S)} = \frac{(PI_N) \left(\frac{PDI_F \cdot K_v}{1 + K_F \cdot PDI_F \cdot K_v} \right) \left(\frac{R}{1 + SRC_T} \right)}{1 + (K_N) (PI_N) \left(\frac{PDI_F \cdot K_v}{1 + K_F \cdot PDI_F \cdot K_v} \right) \left(\frac{R}{1 + SRC_T} \right)}$$

Donde:

$$PI_N = \frac{1 + SK_p T_i}{ST_i} \longrightarrow \text{PI para el nivel del tanque.}$$

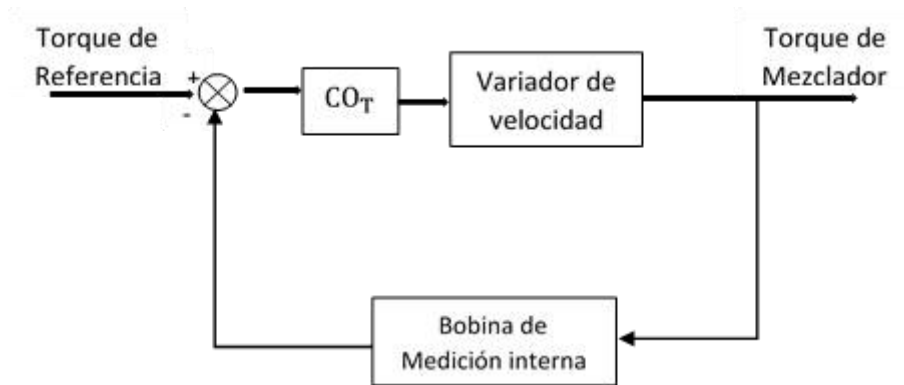
$$PID_F = \frac{1 + SK_p T_i + S^2 T_i T_d}{ST^2} \longrightarrow \text{PID para el flujo de entrada}$$

Diagrama de Flujo del Algoritmo



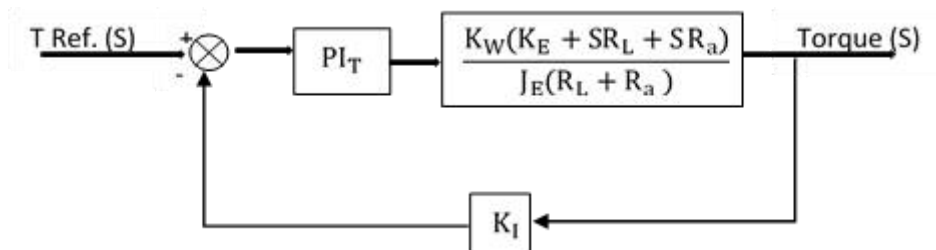
b) Control del Torque del Mezclador

En este proceso se ha contemplado el uso de un variador, el esquema es el siguiente:



Considerando a CO_T como el controlador de torque.

Diagrama de bloques



Donde:

K_W = coeficiente de variación de velocidad generada.

K_E = coeficiente de torque electromagnético.

J_E = constante del momento de inercia.

R_L = resistencia interna del generador.

R_a = resistencia de la armadura del motor.

K_I = constante de relación de la bobina de medición de corriente

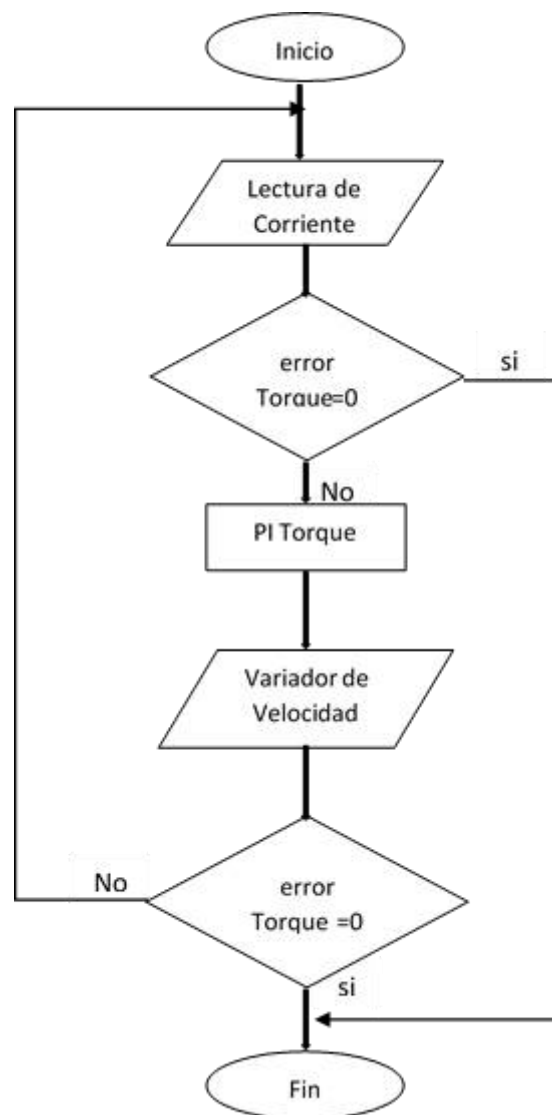
Función de Transferencia

$$\frac{\text{Torque}(S)}{T_{\text{Ref}}(S)} = \frac{(PI_T) \left(\frac{K_W(K_E + SR_L + SR_a)}{J_E(R_L + R_a)} \right)}{1 + (K_I)(PI_T) \left(\frac{K_W(K_E + SR_L + SR_a)}{J_E(R_L + R_a)} \right)}$$

Donde:

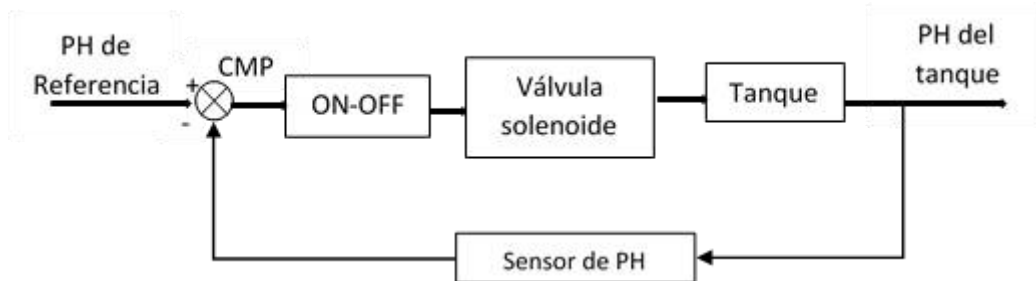
$$PI_T = \frac{1 + SK_P T_i}{s T_i} \longrightarrow \text{PI para el torque del mezclador.}$$

Diagrama de Flujo del Algoritmo



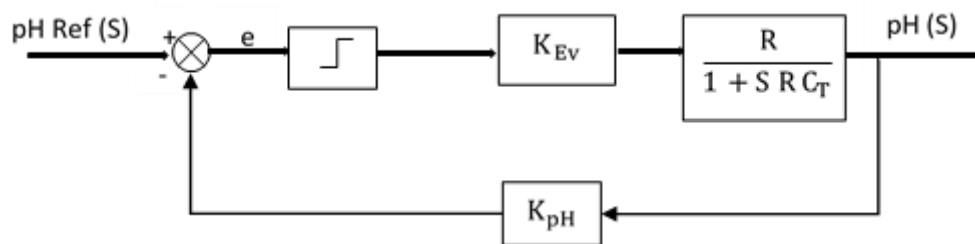
C) Control Dosificación de Aditivos

El esquema es el siguiente:



Considerando a CMP como comparador.

Diagrama de Bloques



Donde:

K_{Ev} = coeficiente de la válvula solenoide.

K_{pH} = constante de relación del sensor de pH.

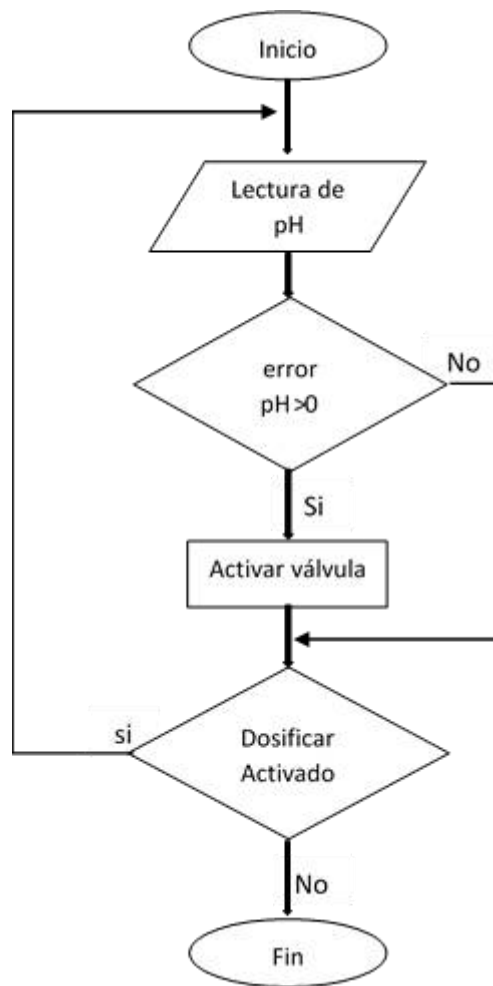
Función de Transferencia

$$\frac{pH(S)}{pH\ Ref(S)} = \frac{(\text{ON-OFF})(K_{Ev})\left(\frac{R}{1+SRCT}\right)}{1+(K_{pH})(\text{ON-OFF})(K_{Ev})\left(\frac{R}{1+SRCT}\right)}$$

Donde:

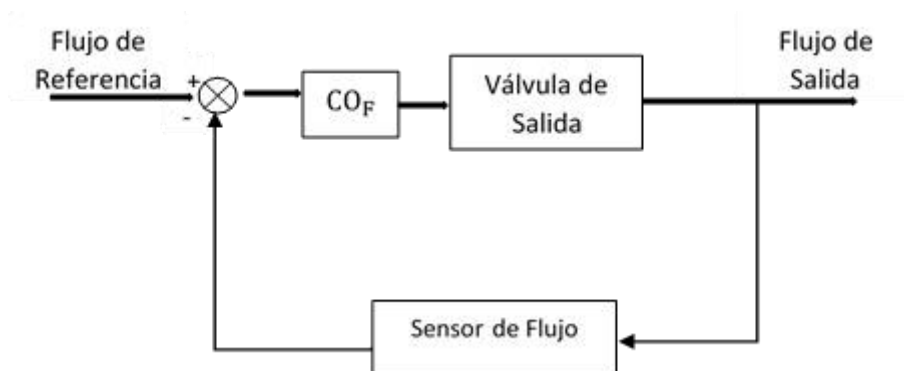
$$\text{ON-OFF} = \begin{cases} 220\text{ Vac,} & e > 0 \\ 0\text{ Vac,} & e \leq 0 \end{cases}$$

Diagrama de Flujo del Algoritmo



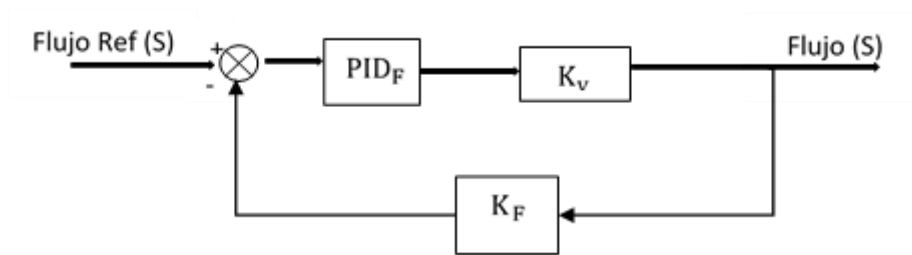
d) Control de Flujo de Salida

El esquema es el siguiente:



CO_F es considerado como el controlador de flujo

Diagrama de bloques



donde :

K_v = constante de relación de la válvula de salida.

K_F = constante de relación del sensor de flujo de salida.

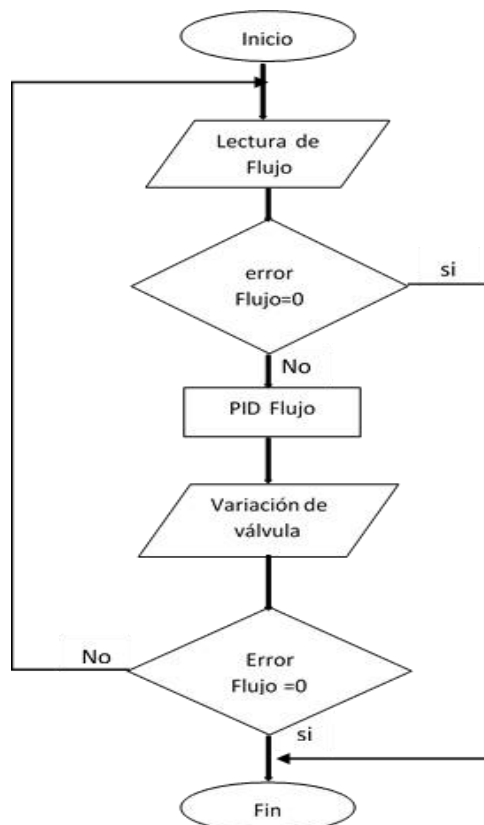
Función de Transferencia

$$\frac{\text{Flujo (S)}}{\text{F Ref (S)}} = \frac{(\text{PID}_F) (K_v)}{1 + (K_F) (\text{PID}_F) (K_v)}$$

donde:

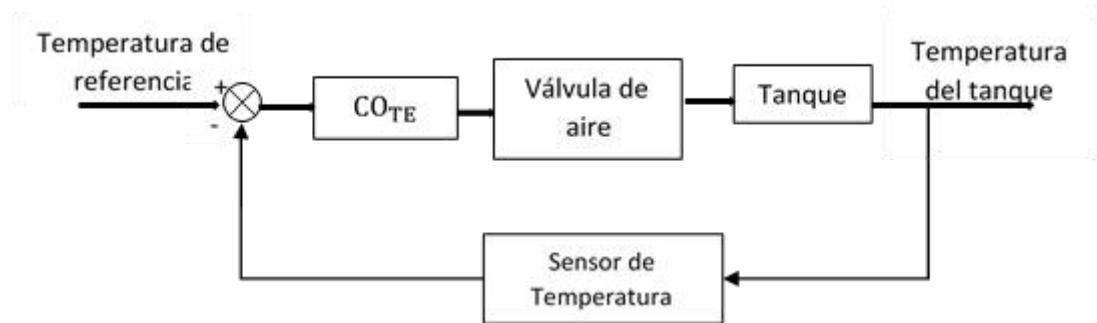
$$\text{PID}_F = \frac{1 + SK_p T_i + S^2 T_i T_d}{S T_i} \longrightarrow \text{PID para el flujo de salida.}$$

Diagrama de Flujo del algoritmo



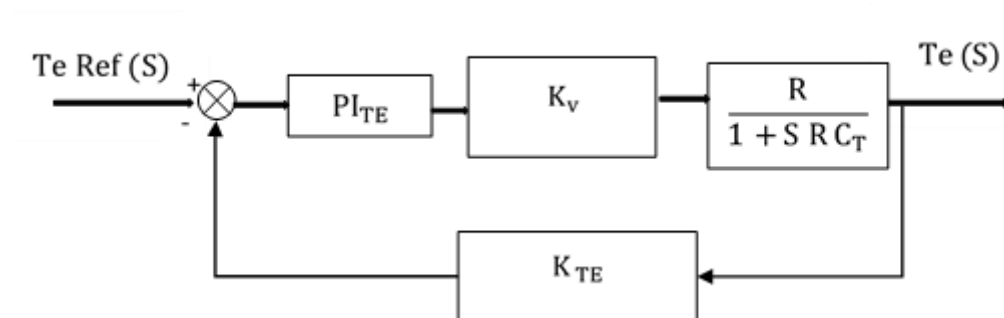
e) Control de Temperatura

Se ha planteado el siguiente esquema



Se está considerando a CO_{TE} como controlador de temperatura.

Diagrama de bloques



Donde:

K_v = constante de la relación de la válvula de aire.

K_{TE} = constante de la relación del sensor de temperatura.

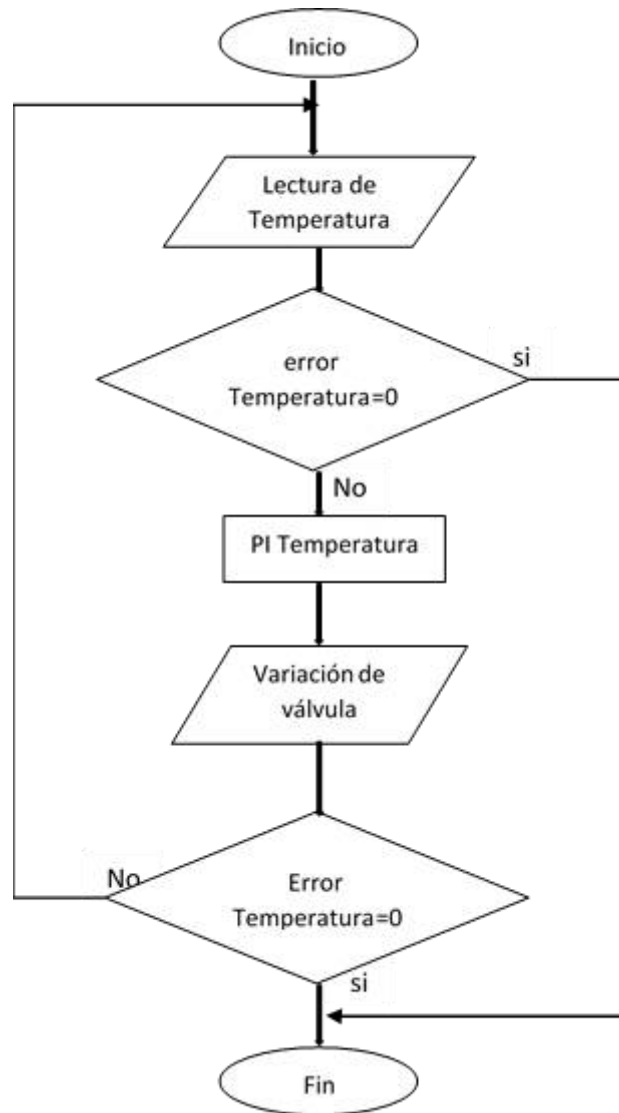
Función de Transferencia

$$\frac{Te(S)}{Te\ Ref(S)} = \frac{(PI_{TE})(K_v)\left(\frac{R}{1 + S R C_T}\right)}{1 + (K_{TE})(PI_{TE})(K_v)\left(\frac{R}{1 + S R C_T}\right)}$$

Donde:

$$PI_T = \frac{1 + SK_p T_i}{S T_i} \longrightarrow \text{PI para la temperatura del tanque.}$$

Diagrama de Flujo del Algoritmo



6. DISEÑO DE LA SUPERVISIÓN

Como se había seleccionado la arquitectura de control en un punto anterior, se tenía un nivel de supervisión. Este nivel debe tener las siguientes características:

1. visualización de los valores de las principales variables en tiempo real
2. gráficas lineales y de relación en el tiempo
3. sistema de alarmas gráficas y por ubicación
4. generación de base de datos de las principales variables.

Internamente el sistema de supervisión realiza otras tareas que el operador no puede ver pero que se realizan como una necesidad del sistema, estas tareas son:

- Comunicación con el PLC
- Almacenamiento de datos en una base de datos
- Almacena eventos
- Almacena alarmas
- Diagnostica las diferentes tareas del sistema.

Las pantallas que se podrán visualizar son las siguientes:

Pantalla General: Esta pantalla mostrará todo el sistema de operación del proceso

Pantalla Operación Manual: Esta pantalla muestra donde el operador podrá seleccionar el arranque de las bombas y válvulas en forma manual

Pantalla de Tendencias: Las pantallas de tendencias, muestra gráficas de las variables que tendrán la posibilidad de ser reales e históricas al mismo tiempo.

Pantalla de Alarmas: En esta pantalla podrán visualizarse todas las alarmas generadas por el sistema, las cuales se almacenan en la base de datos. Algunas de ellas serán: circuito de desconexión de emergencia, fallo de voltaje 24 vdc, fallo de voltaje 220 vac, perturbación de bomba, flujo de descarga muy

alto, nivel de tanque muy alto, nivel de tanque muy bajo, niveles de pH fuera de rango.

Pantalla de Reportes: se confeccionarán reportes, los cuales podrán ser visualizados en Excel.

En la PC de supervisión no se realiza ninguna tarea de control, es por eso que si por alguna razón la PC de supervisión se queda colgada, el control se sigue realizando en el PLC sin mayores inconvenientes, con la única salvedad que los valores con los que esta trabajando el sistema son los últimos ingresados. Una vez reiniciada la PC el sistema de Supervisión puede trabajar normalmente.

El software SCADA recomendado en este proyecto es el **INTOUCH** de Wonderware, cuyo fabricante y distribuidor es Schneider Electric.

Para efectos de demostración se ha utilizado un programa que nos permita realizar gráficos, y así mostrar algunas pantallas que el software de supervisión debe tener para el proceso de tratamiento de agua.



Figura 4.9. Pantalla Principal del Proceso

En esta pantalla se aprecia todo el proceso, así como a todos los tanques ecualizadores y equipos en operación.



Figura 4.10. Pantalla para seleccionar Tanques Ecualizadores

En esta pantalla se presenta un menú donde se puede seleccionar el tanque de trabajo en forma más específica, en cada una de las pantallas que abrirá nos entregará información de los valores en tiempo real de las principales variables.

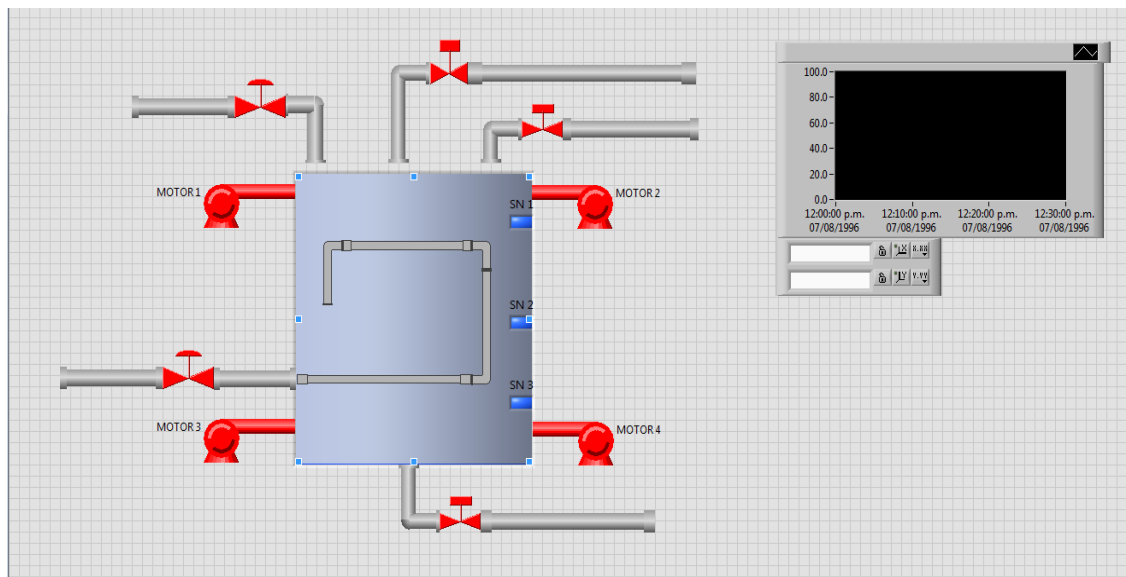


Figura 4.11. Presentación del Tanque Aguas Industriales

En esta pantalla se muestran las bombas, válvulas, así como los sensores que se utilizan en cada uno de los tanques de aguas de proceso, de lluvia y aguas ácidas.

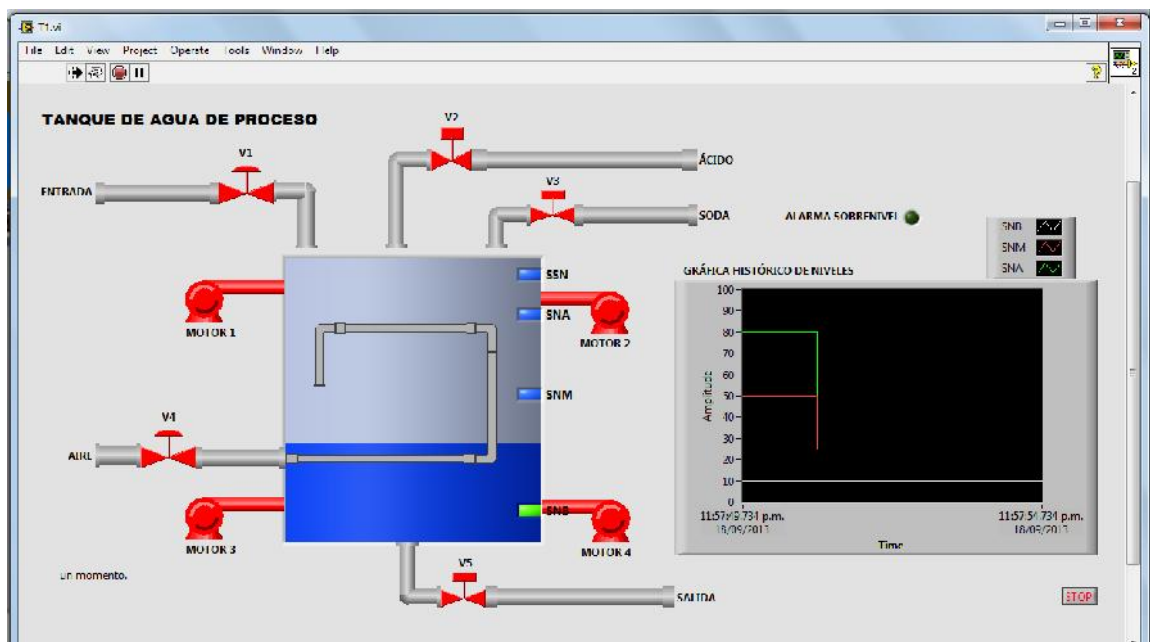


Figura 4.12. Operación de los Tanques de Aguas Industriales

En esta pantalla se aprecian los tanques en operación, se muestra el nivel en el tanque, la activación de las bombas, así como la gráfica de nivel en función del tiempo.

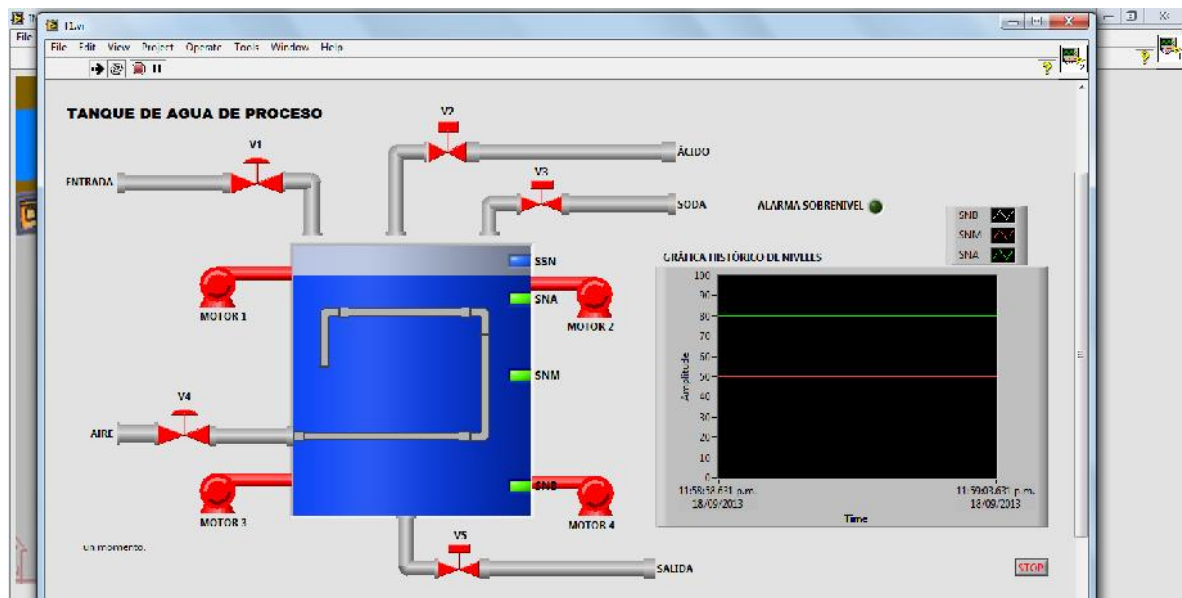


Figura 4.13. Operación de los Tanques de Aguas Industriales

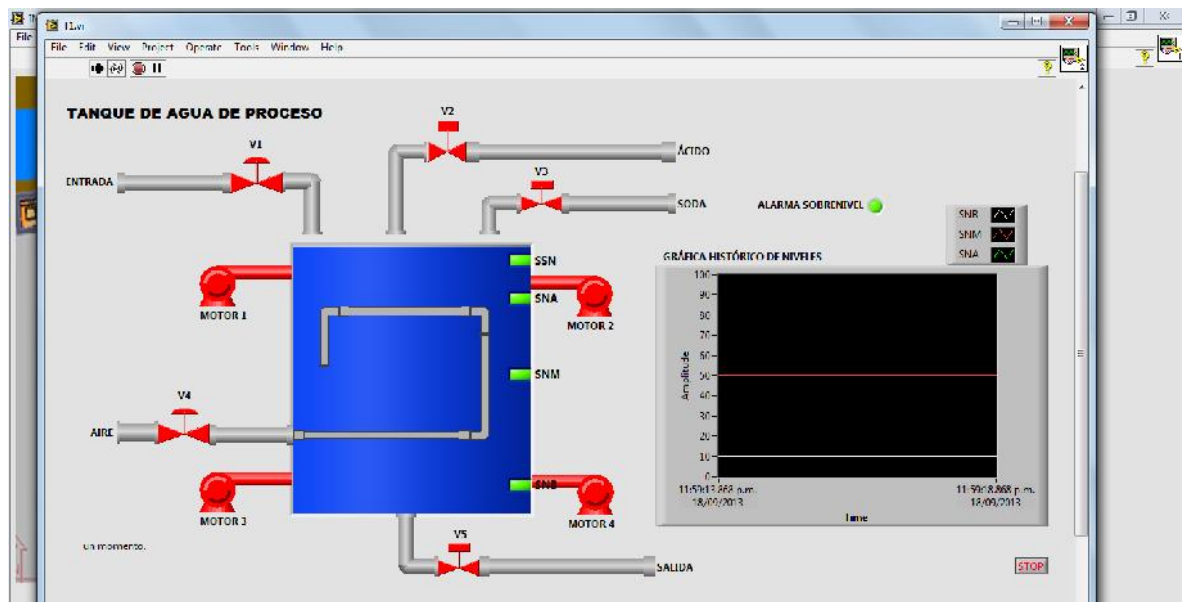


Figura 4.14. Operación de los Tanques de Aguas Industriales

Estas últimas dos pantallas muestran el llenado de los tanques, en la pantalla final se aprecia la activación de la alarma de nivel alto, en el gráfico cambia de color y es posible emitir un sonido de advertencia.

Adicionalmente se considerará el tener pantallas de control manual tanto de las válvulas, así como de los motores de las bombas y el mezclador. Las imágenes tendrán el modelo mostrado:

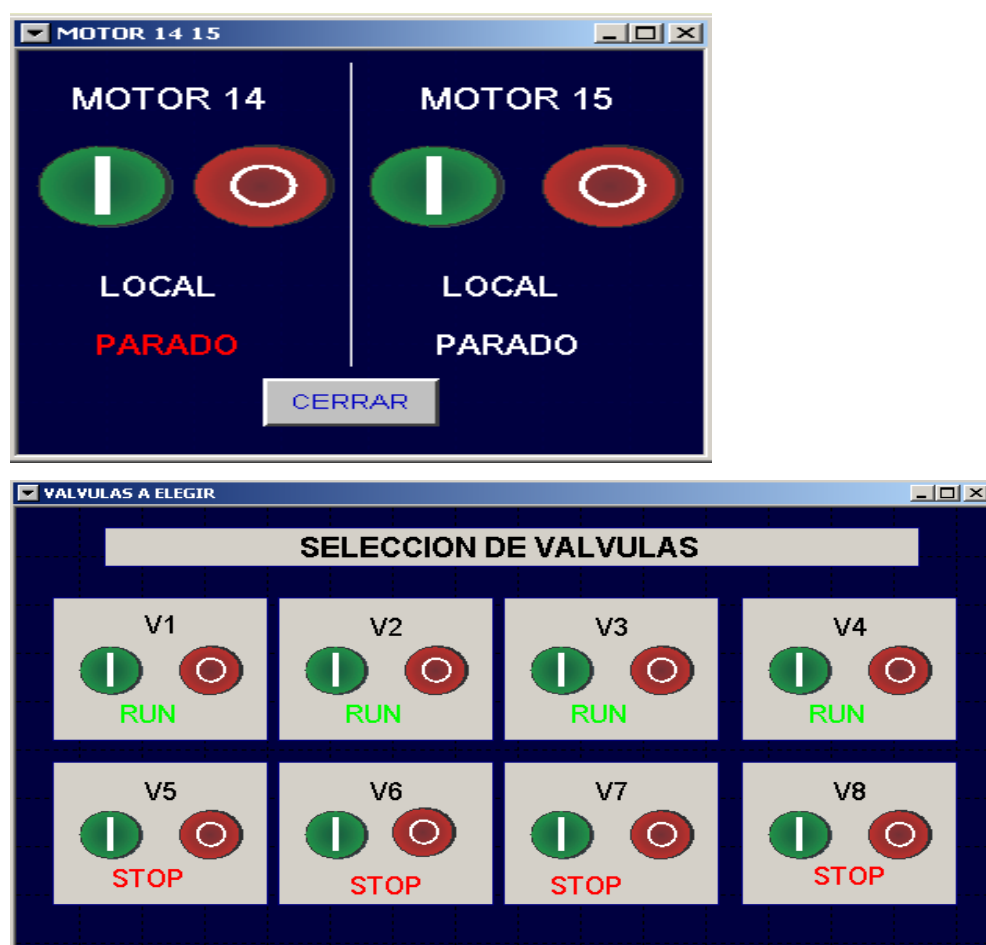


Figura 4.15. Pantallas con Controles Manuales

También se implementarán gráficas en tiempo real de las principales variables para visualizar como se comporta el flujo, el nivel, el pH, la temperatura, y así sacar más datos precisos para ir mejorando en el sistema de tratamiento de aguas industriales.

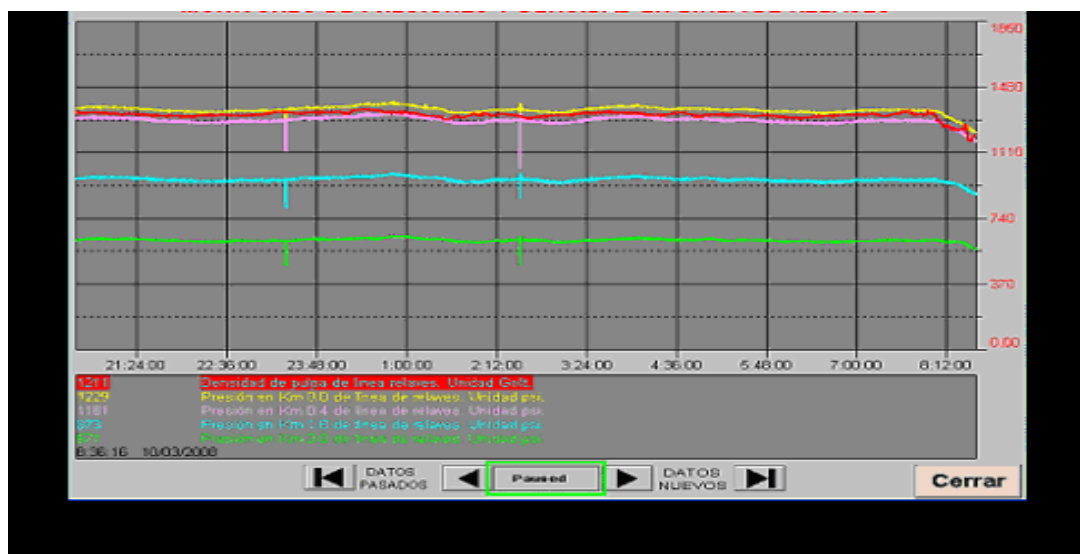


Figura 4.16. Pantallas con Gráficas en Tiempo Real

7. ELECCIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

De acuerdo a los criterios y tablas y las especificaciones de los capítulos anteriores, se procedió a realizar la selección de los instrumentos y equipos de control.

7.1. INSTRUMENTACION SELECCIONADA

Después de consultar con manuales de diferentes fabricantes, se seleccionaron los instrumentos y válvulas consideradas en el diseño del proyecto. Estos se describen en la siguiente tabla:

N°	ELEMENTO	CANTIDAD
01	SENSOR DE NIVEL CONTINUO MARCA: PROXIMITY MODELO: UL200 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Salidas: 4 a 20 mAdc - Voltaje: 24 vac - Rango: 4 metros - Temperatura: -23° a 71° C - Material de sensor: CPVC - Protección: NEMA 4X 	3
02	DETECTOR DE NIVEL LÍMITE MARCA: ENDRESS - HAUSER Características: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Electrodo - Temperatura máxima: 80° C - Presión: 6 bar. - Salida: 24 vdc - Protección NEMA 4 	10
03	SENSOR TRANSMISOR DE pH MARCA: DWYER MODELO: 657C – 1 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Rango: de 0 a 13 pH - Precisión RH: ± 2% - Resolución: 0.1% - Voltaje: 10 - 35VDC - Salida: 4 – 20 mA. - Temperatura de operación: 0° a 70° C 	5
04	TRANSMISOR DE FLUJO	

	MARCA: HEDLAND MODELO: FM – 1100 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Rango: 0 m3/seg a 10 m3/seg - Presión: 5000 Lb/pulg² - Temperatura: 400° F max - Alimentación: 24 vdc - Salida: 4 - 20mA. - Indicación digital 	12
05	SENSOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA MARCA: OHKEN MODELO: TT 900 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Rango: 0 a 15 °C - Tipo: Pt-100 - Material funda: acero inoxidable - Alimentación: 24 vdc - Salida: 4 a 20 mA 	3
06	TRANSDUCTOR CORRIENTE-PRESIÓN (I/P) MARCA: OMEGA MODELO: IP 210 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Entrada: 4 a 20 MA - Salida: 3 a 15 psi - Normalización: Standard - Protección: NEMA 3 	6
07	ELECTROVÁLVULA MARCA: FESTO MODELO: CAT – JJ400 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Posiciones: 2 - Presión de operación: 100 psi max. - Alimentación: 24 Vdc - Rango de temperatura: 0 a 100° C 	7
08	VÁLVULA SOLENOIDE MARCA: ECKARDT MODELO: AK-P9384 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo: acero inoxidable - Tamaño ϕ: 2" 	8

	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación: 220 vac - NC 	
09	VÁLVULAS DE FLUJO NEUMATICAS MARCA: ECKARDT MODELO: MB6713 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo: acero al carbón - Tamaño ϕ: 6" - Presión: 80psi - Actuador: Diafragma y resorte múltiple - Temperatura: 100° C máx. 	13
10	CONTACTORES TRIFÁSICOS MARCA: SIEMENS MODELO: 3RT5012 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Treinta millones de maniobras - Máxima temperatura: 60 °C - Bobina: 220 vac 	9
11	VARIADOR DE VELOCIDAD MARCA: DANFOSS MODELO: FC 301 <ul style="list-style-type: none"> - Potencia máxima de 5 HP - Parada de seguridad - Control vectorial VVC+ - Conexión por bornera o profibus 	19
12	GUARDAMOTORES TRIFÁSICOS MARCA: SIEMENS MODELO: 3RV1031 <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad máxima de 30 amperios - Disparador de apertura y de mínima tensión - Bornes de tornillo - Regulación por tornillo 	28

7.2. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR PLC

A continuación detallaremos mediante una tabla comparativa las principales características de los PLC's propuestos, y basándose en un análisis determinaremos cuál de los PLC's será el seleccionado.

Para el presente Proyecto de Automatización los criterios que mencionaremos son de los siguientes PLC's industriales:

- Marca SIEMENS, Modelo SIMATIC S7-224U
- Marca ALLEN-BRADLEY, Modelo SLC 500
- Marca MODICON, Modelo COMPAC 984-A-145

COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE PLCs

CARACTERÍSTICAS	FABRICANTES DE PLC'S		
MARCA	SIEMENS	ALLEN – BRADLEY	MODICON
MODELO	SIMATIC S7-224U	SLC 500	COMPAC 984-A-145
ALIMENTACION	110-240 VAC	110-240 VAC	24 VDC O 115/230 VAC
ENTRADAS ANALÓGICAS	IP 260 ENT de 0 a 5 V, 4 a 20 mA multigama, 12 bits resoluc.	AEZ 414 4 ENTRADAS 0-10V; 4-20 mA 11 bits de resoluc.	ADU 204: 4 ENT.
ENTRADAS DISCRETAS	15-420-7LA11 32 ENT. ALIM. 24 VDC	SX DMZ 28 DR 16 ENT. 24V.	DEP 208: 8 ENT. ALIM. 220VAC. DEO 216:16 ENT. ALIM. 24 VDC. DEP 209: 8 ENT. ALIM. 120 VAC.
SALIDAS ANALÓGICAS	IP 260 SAL de 0 a 5 V, 4 a 20 mA multigama,12 bits resoluc.	SX ASZ 200 2 SAL. ±10V; 4 -20 mA. 11 bits de Resoluc.	DAU 202: 2 SAL
SALIDAS DISCRETAS	15-441-7LA11 32 SAL. TIPO RELE 24 vdc ó 220 vac	DMZ 6 DTK 12 SAL. RELE	DAP 208: 8 SAL-24 VD DAP 209: 8 SAL-120VA DAP 216: 16 SAL- 24VDC.
DIMENSIONES FÍSICAS	16,5 x 8,5 x 6 cm	ALT.151 mm. PROF.108 mm.	21,3X14,2X12 cm.
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC'S	PROFIBUS RED LOCAL SINEC H1	RED LOCAL CONTROLNET	MODBUS PLUS
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PARA PERIFÉRICOS	SERIE ESTANDAR	SERIE ESTANDAR	MODBUS ESTANDAR
LENGUAJE DE PROGRAMACION	STEP7	RX LOGIX 500	MODSOFT. COMPACT-984
MEMORIA RAM	700-375-OLD11 8 KB. 700-375-OLD21 16 KB. 700-375-OLD31 32 KB. 700-377-OAB31 64 KB	7,8 K INSTRUCC. BOLE (2K PALABRAS DE DATOS)	FORMATOS: 3K Bytes 8K Bytes 16K Bytes

MEMORIA EPROM	700-375-1LA15 8KB. 700-375-1LA21 16 KB. 700-375-1LA41 32 KB. 700-375-1LA61 64 KB. 700-375-1LA71 128 KB	4.7K LISTA DE INSTRUCCIONES.	8K Bytes
TARJETA DE EXPANSIÓN	S7-IM 306 (MOD.INTERF. PARA RACKS DE EXPANC.)		MODULOS A120
TARJETA DE INTERFAZ A RED	CP 535 (Proc. De com.) Medio Físico TX: cable coaxial apantallado (a través de Transc. BT 775	PCMCIA (TSX FPF 20) Cable de conexión para tarjeta de RED TSX FPCG (1m.)	
SISTEMA OPERATIVO	PCP/M-86 MS DOS y Windows		TELECARGABLE

Para el presente proyecto se llegó a seleccionar el PLC SIEMENS de fabricación alemana, siendo las características para el proyecto las siguientes:

N°	ELEMENTO	CANTIDAD
01	UC100 Controlador Lógico Programable FABRICANTE: SIEMENS MODELO: S7-224U USO: Control del Tratamiento de Agua Características: - Fuente: Integrada en el chasis - Memoria: 64KB - Módulo Id: 20E – 24VDC (3 mod x 8) - Módulo Od: 17S - Tipo relé 220 vac (3 mod x 8) 7S – Tipo relé 24 vdc (1 mod x 8) - Módulo Ia: 23E – 4 a 20 mA (6 mod x 4) - Módulo Oa: 6S – 4 a 20 mA (3 mod x 2)	1

La red propuesta es Profibus, red que utiliza Siemens, la cual enlazaría el PLC con los variadores, estos equipos estarían ubicados en el tablero de control. Para la comunicación entre el PLC y la PC de supervisión, se utilizaría Profinet por donde se enviará toda la información necesaria.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE COSTOS

1. GENERALIDADES

El presente capítulo muestra todos los costos de implementar el proyecto. Como sabemos la evaluación económica es muy importante al momento de tomar la decisión de automatizar la planta, porque de acuerdo a ella se verá si realmente es rentable invertir, así como si la automatización de la planta incrementaría la calidad y reduciría los costos por pérdida de materia prima o por mal uso de recursos.

Se han dividido los costos por rubros para poder hacer más claro el análisis de los mismos.

2. ESTIMACION DE COSTOS

2.1. COSTOS DE INSTRUMENTACION

ITEM	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO (\$)	CANTIDAD	P. TOTAL (\$)
1	Sensor de Nivel Continuo Marca: Proximity	620,00	3	1860,00
2	Detector de Nivel Límite Marca: ENDRESS-HAUSER	140,00	10	1400,00
3	Sensor Transmisor de pH Marca: DWYER, Modelo: 657C-1	700,00	5	3 500,00
4	Sensor Transmisor de Flujo Marca: Hedland	860,00	12	10320,00
5	Sensor Transmisor de Temperatura Marca: Ohken	250,00	3	750,00
6	Transductor Corriente/presión (I/P) Marca: Omega	280,00	6	1680,00
7	Electroválvula de Flujo Marca: Festo	160,00	7	1120,00
8	Válvula Solenoide Marca: Eckardt	320,00	8	2560,00
9	Válvula de Flujo Neumática Marca: ECKARDT, Modelo: MB6713	780,00	13	10140,00

10	Contactores Trifásicos Marca: SIEMENS, Modelo: 3RT5012	50,00	9	450,00
11	Variador de Velocidad Marca: DANFOSS, Modelo: FC 301	2000,00	19	38000,00
12	Guardamotores Trifásicos Marca: SIEMENS, Modelo: 3RV1031	60,00	28	1680,00
73 460,00				

2.2. COSTOS DE EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	PLC (UC 100) Fabricación: SIEMENS Modelo: S7-224U Incluido módulos I/O y fuente	1	4 500,00	4 500,00
TOTAL NIVEL DE CONTROL				4 500,00

2.3. COSTOS DE SUPERVISIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	PC - Core i3 Compatible.	1	700,00	700,00
2	Impresora Inyección Marca: EPSON 900	1	60,00	60,00
3	Software de Supervisión Inc. tarjeta de comunicación	1	4 500,00	4 500,00
TOTAL NIVEL DE SUPERVISIÓN				5260,00

2.4. COSTOS DE INGENIERIA

Consiste en los costos por las horas empleadas en la instalación y comprobación de todo el instrumental empleado, así también en la programación de los PLC's en los sistemas de control y monitoreo de variables.

TOTAL INGENIERIA:.....U.S. \$ 10 000,00

2.5. COSTOS DE PUESTA EN SERVICIO

Correspondiente al costo del personal (por estadía), involucrados en la activación del sistema.

TOTAL PUESTA EN SERVICIO:...U.S. \$ 15 000,00

2.6. COSTOS DE CAPACITACION

Son los gastos correspondientes a la Capacitación del Personal de Planta encargada de operar sistemas de Control e Instrumentación.

TOTAL CAPACITACION:.....U.S. \$ 2 000,00

3. INVERSION Y FINANCIAMIENTO

3.1. INVERSION

Correspondiente al total de costos que implica la Implementación y Puesta en marcha del Proyecto de Automatización.

DESCRIPCION	MONTO U.S.\$
TOTAL COSTOS DE INSTRUMENTACION	73 460,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE EQUIPOS	4 500,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE SUPERVISION	5 260,00
TOTAL COSTOS DE INGENIERIA	10 000,00
TOTAL COSTO PUESTA EN SERVICIO	15 000,00
TOTAL COSTO CAPACITACION	2 000,00
TOTAL DE COSTO ESTIMADO	110 220,00
FACTOR DE RIESGO (10%)	11 022,00
TOTAL INVERSION DEL PROYECTO	121 242,00

3.2. FINANCIAMIENTO

El financiamiento será con recursos propios, financiando la Empresa el 100% de la inversión total.

Las condiciones de financiamiento serán las normadas por las entidades financieras con las que la empresa tiene relaciones establecidas.

4. EVALUACION ECONOMICA

Es la evaluación de la rentabilidad de la inversión, sin considerar el financiamiento externo.

4.1 FLUJO DE CAJA

PREMISAS:

- Las proyecciones de Ingresos y Egresos son a valores corrientes.
- El horizonte de proyección: Se inicia enero 2016 y termina diciembre 2017.

INGRESOS

- En el año 1, la producción esperada corresponde a 6 meses, puesto que considera el tiempo de instalación de los nuevos equipos, en cambio que para el año 2 se considera 12 meses de producción.
- La proyección del nivel de producción depende de la estacionalidad del negocio. En tanto para el año 1, se ha considerado como base el último mes del 2014 (según cuadro resumen).

EGRESOS

- Los costos de producción, son los que incurren en la producción directa del producto (ver cuadro resumen).
- Los costos de distribución, vendrían a ser los costos que implica la comercialización del producto, se considera el 15% de las ventas.

RESUMEN	VALOR EN U.S \$	
	VENTAS	COSTOS
Productos terminados	3727535,47	2491137,08
Subproductos terminados	149637,21	149637,21
<u>TOTAL</u>	3877172,68	2640774,29

FLUJO DE CAJA ECONOMICO

(En Dólares Americanos)

<u>CONCEPTOS</u>	AÑOS		
	0	1	2
Ingresos Ventas: Productos terminados		3727535,47	4473042,57
Ingresos Ventas: Productos en proceso		149637,21	179564,65
INGRESOS		3877173,68	4652609,22
Costo de producción		2640774,29	3116113,66
Costo de Distribución (15% de las Ventas Totales)		581576,05	697891,38
EGRESOS		3222350,34	3814005,04
Utilidad antes de impuestos		654823,343	838604,177
Impuesto a la Renta		196447,00	251581,25
Utilidad Neta		458376,34	587022,92
Inversión	-121242,00		
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	-121242,00	458376,34	587022,92

4.2 VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO (VANE)

Suma de los flujos económicos actualizados a la tasa de interés ponderada. Si el valor es mayor a cero, la inversión es rentable.

$$VANE = \sum \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

donde:

- VANE = valor actual neto económico
- FNE_n = flujo neto económico en el periodo n
- i = tasa de interés ponderada
- n = periodos

VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO

TASA DE DESCUENTO: 6%

AÑO	FLUJO ECONOMICO	FACTOR ACTUALIZ.	VALOR ACTUALIZ.
0	-121242.00	1,0000000	-121242.00
1	458 376.34	0,9433962	432 430.51
2	587 022.92	0,8899964	522 448.31
VALOR ACTUALIZADO NETO ECONOMICO			\$ 833 636.82

Actualizado a una tasa de descuento de mercado del 6% se ha obtenido un VANE de \$ 833 636,82; es decir que además de recuperar la inversión se tendrá un ingreso adicional por esa cantidad.

4.3 TASA INTERNA DE RETORNO ECONOMICO (TIRE)

Muestra la rentabilidad promedio por periodo e iguala el VANE a cero.

$$VANE = \sum \frac{FNE_n}{(1+i)^n} = 0$$

TASA INTERNA DE RETORNO ECONOMICO

AÑO	FLUJO ECONOMICO	FACTOR ACTUALIZ.	VALOR ACTUALIZ.
0	-121242,00	1,0000000	-121242,00
1	458376,34	0,2638522	120943,62
2	587022,92	0,0696180	40867,37
TASA INTERNA DE RETORNO			40568,99

Según el cuadro, nos indica una TIRE de 64 %, esto significa que el interés equivalente sobre el capital que el proyecto genera es superior al interés mínimo aceptable del capital bancario.

Por lo tanto el proyecto es positivo.

4.4 RELACION BENEFICIO – COSTO (R)

No es más que la sumatoria de los beneficios actualizados entre la sumatoria de los costos actualizados generados por el proyecto.

RELACION: BENEFICIO/ COSTO

AÑO	BENEFICIOS	COSTOS	FACTOR ACTUALIZ	VALORES ACTUALIZADO	
				BENEFIC.	COSTOS
0		-121242,00	1,0000000		-121242,00
1	3877173,68	3222350,34	0,9433962	3657711,02	3039953,15
2	4652609,22	3814005,04	0,8899964	4140805,64	3394450,91
VALOR ACTUALIZADO NETO ECONOMICO				7798516,66	6313162,06

$$R = \frac{BENEFICIOS}{COSTOS} = 1,23$$

El valor nos indica una utilidad de U.S. \$ 0,23 por cada dólar invertido.

4.5 PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION (PRI)

$$PRI = \frac{INVERSION}{(Ingresos - Costos) / Vida Economica}$$

$$PRI = 0,16 \times 24 \text{ meses}$$

$$PRI = 3,84 \text{ meses}$$

Por los resultados anteriores, se deduce que el proyecto puede soportar una disminución de sus ingresos por diversas razones, así como que la recuperación del mismo se realizaría en cuatro meses.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó el Sistema de Supervisión y Control de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales en el Complejo Metalúrgico de La Oroya.
2. Se diseñaron las estrategias de control para las diferentes variables del proceso, así como se determinaron las entradas y salidas necesarias para los sistemas de control.
3. Se elaboraron los diagramas de instrumentación para la automatización de las diferentes etapas del proceso.
4. Se dimensionaron y seleccionaron los diferentes instrumentos y equipos necesarios, todos ellos cumpliendo los estándares aplicables para este tipo de proceso.
5. Se diseñaron las principales pantallas para el software de supervisión respectivo.

RECOMENDACIONES

1. Se necesita realizar una evaluación de los diferentes elementos que componen el sistema para poder programar las hojas de ruta de mantenimiento o reparaciones de los mismos.
2. Se debería implementar una red de comunicación con los demás equipos de la planta.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- (1) Katsuhiko Ogata. *"Ingeniería de Control Moderna"*. Prentice Hall, 1998.
- (2) R.C.Dorf. *"Sistemas Modernos de Control"*. Addison-Wesley, USA, 1989.
- (3) Syed A. Nasar. *"Maquinas Eléctricas y Electromecánicas"*. Primera Edición. Editorial Mc Graw-Hill / Interamericana de México S.A. 1998.
- (4) Carlos Smith, Armando Corripio. *"Control Automático de Procesos"*. Editorial Mc Graw-Hill, 1990.
- (5) Antonio Creuss. *"Instrumentación Industrial"*. Editorial Mc Graw-Hill, 1998.
- (6) R. Ferré. *"Diseño Industrial por Computadora"*. Editorial Gustavo Gili S.A., 1994.
- (7) Ángulo Usategui, José. *"Control de Procesos Industriales por Computador"*. Editorial Paraninfo, España. 2002.
- (8) APHA. *"Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water"*. USA. 1995.
- (9) *Manuales de Servicio del PLC SIMATIC*.
- (10) [http: www.festo.com](http://www.festo.com)
- (11) [http: www.siemens.com](http://www.siemens.com)

ANEXOS

DL421/422 DirectLine® Sensor for Durafet® II and Meredian® II pH/ORP Electrodes

70-82-03-40
1/03
Page 1 of 8

Specification

Overview

DirectLine® DL421/422 for Durafet® II pH and Meredian® II pH/ORP electrodes is a family of sensors released by Honeywell as part of a new generation of analytical measurement. The DirectLine sensor's unique architecture combines the latest in microelectronics technology with the proven performance of Durafet® II solid state pH sensors, or Meredian® II glass electrodes, to provide unequalled savings during installation, start-up, operation, and maintenance.

The DirectLine® electronics module can mount integrally on the pH/ORP electrode and provide a 4-20 mA dc output proportional to pH. The output of the DirectLine® sensor connects directly to any host monitor or control device that accepts standard 4-20 mA

inputs and provides external loop power including:

- Honeywell UDC3300 1/4-DIN Controller
- UMC800 Controller
- PLCs with analog inputs
- DCS systems
- A host of recorder/controller products

For electrode submersion or special mounting applications, the electronics module is also available in a remote-mounting configuration.

Description

The Honeywell DirectLine® architecture consists of an electronics module integral to the electrode. This design eliminates the need and added cost of a separate analyzer or transmitter.

The electronics module is sealed in a plastic weatherproof, corrosion-resistant housing and is connected to the pH/ORP electrode on one side and a 4-20 mA output cable on the other via waterproof connectors. This housing design allows this system to be used in harsh environments where moisture and dust is a problem.

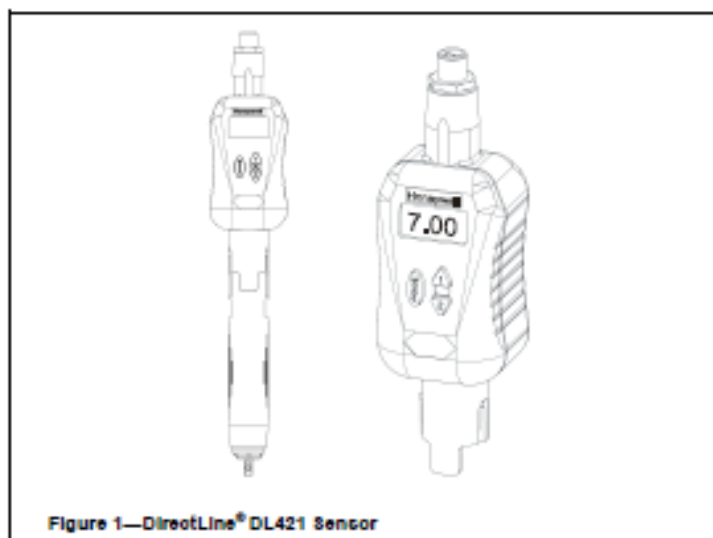


Figure 1—DirectLine® DL421 Sensor

Description, continued

For submersion or special mounting applications, the remote mounting option connects the electronics module to the electrode via a cable. The electronics module is then mounted on a 2-inch pipe, wall, or DIN rail.

Features

- Direct 4-20 mA output eliminates need for dedicated analyzers or transmitters, simplifying installation, start-up, operation, and maintenance tasks. Installation costs are also reduced because standard cable can be used for additional cable distances.
- Integral electronics with local HMI simplifies installation and shortens calibration times.
- Modular plug-in construction simplifies electrode replacements.
- Local display and keypad facilitates quick set-up, calibration, and operational activities.
- 1/2" NPT conduit connection provides increased protection and noise immunity of output cable

Features, continued

- Plug-in modular design allows sensor to be safely removed and replaced without cycling power on the electronics module.
- Electronics and sensor diagnostics reduces troubleshooting times.
- Sample or auto buffer calibration options accommodates individual calibration techniques and reduces calibration time.
- Playing card-sized guide facilitates simple, correct, and consistent calibration and configuration.
- Watertight sensor connection for reliability in submersion applications.
- Global approvals including:
 - CE Mark for industrial applications
 - UL General Purpose
 - CSA General Purpose
 - FM Class I, Div. 1 (I.S.)
 - FM Class I, Div. 2 (non-incendive field wiring)
 - IP65, Type 4x Enclosure

Specifications

Displayed Process Variable	pH: 0-14 pH ORP: -1600 to +1600 mV
Displayed Temperature Range (pH only)	-10 °C to +110 °C (14 °F to 230 °F)
Display Accuracy (reference)	pH: ±0.02 pH ORP: ±1 mV
Process Temperature	DuraFet®: -10 °C to +110 °C (14 °F to 230 °F) Meridian®: 0 °C to 110 °C (32 °F to 230 °F)
DuraFet® Sensor Survivable Temperature Range	-10 °C to +130 °C (14 °F to 266 °F)
Electronics Module Ambient Temperature	-20 °C to +85 °C (-4 °F to +185 °F)
Output Type	4-20 mA (2-wire loop powered)
Output Scale	0-14 pH, ±1600 mV
Output Calibration	4-20 mA
DuraFet® Remote Mounting Connector Rating	Submersible to 20 feet
Output (Loop) Cable Connection	M12 type
User Termination	Tinned leads on cord set or customer supplied cable
Cable Lengths Sensor: Output:	DuraFet®: 20 feet or 50 feet Meridian®: 12 feet or 20 feet 20 feet or 50 feet
Power	16-42 Vdc Maximum Load Resistance: 250 ohms at 16 Vdc 600 ohms at 24 Vdc 1400 ohms at 42 Vdc
Local Display and Buttons	LCD 4-digit, 7-segment
Engineering Units	pH, mV degrees F degrees C
Calibration Options (pH)	1 point Sample or 2 point Sample Auto Buffer Recognition Selections: US, NIST, EURO
Solution Temperature Compensation (for pH only)	Selections: 0.00pH/10 °C -0.16pH/10 °C -0.32pH/10 °C
Diagnostics	Sensor and electronics
Case	Weatherproof, corrosion-resistant plastic housing
Approvals	CE Mark for Industrial Applications UL – General Purpose CSA – General Purpose FM Class I, Div. 1, Groups A, B, C, D and Class I, Zone 0, AEx Ia IIC (U.S.) FM Class I, Div. 2, Groups A, B, C, D; Class I, Zone 2, Groups IIC (non-incendive field wiring) Enclosure: IP66, Type 4x
Remote Mounting	Pipe, Wall, or DIN Rail
Dimensions	H 123 mm (4.84") x W 48 mm (1.89") x D 46 mm (1.81")
Weight	Approximately 142 g (5.0 oz.)

Remote Mounting Hardware

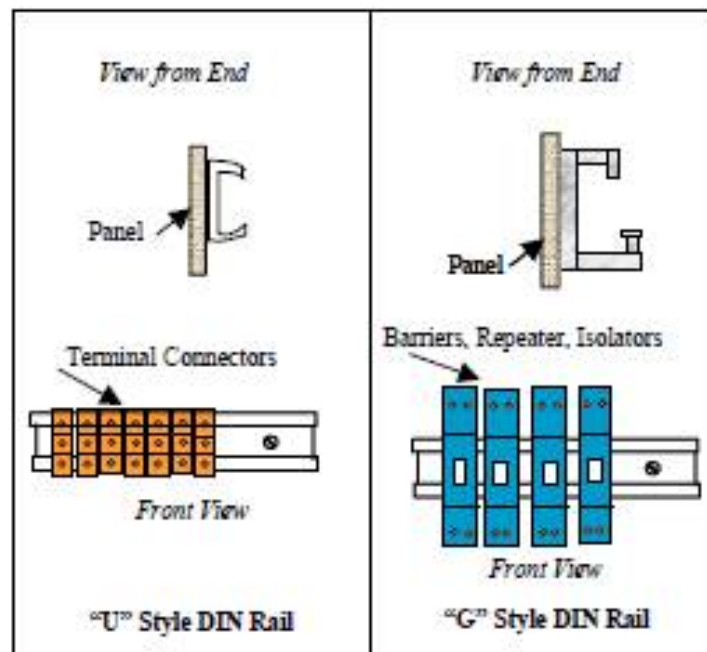
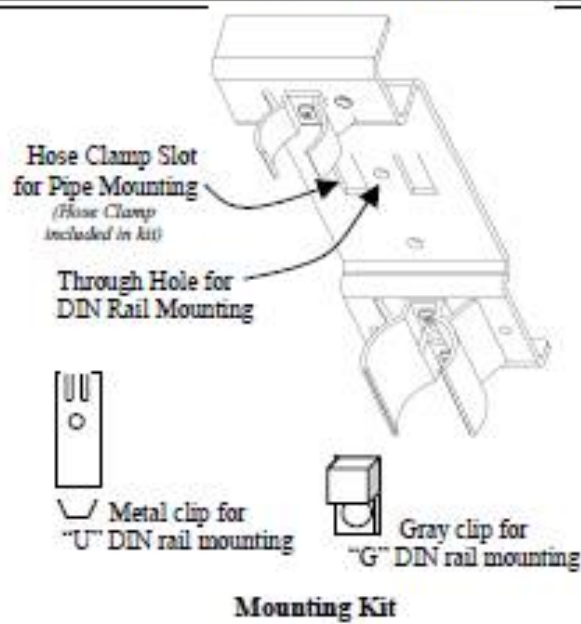


Figure 6—Remote Mounting Hardware



Medidores de nivel Ultrasonicos para Liquidos y Solidos



Medir
+
Monitorizar
+
Analizar



- Rango de medida:
liquidos: hasta 8 m
solidos: hasta 3.5 m
- Precisión:
0.25% max. de intervalo
- Resolución:
3 mm (2-hilos)
2 mm (4-hilos)
- Presión: max. 3 bar abs,
tmax. 80 °C
- Conexión:
G 1 1/2, G2
1/2 NPT, 2 NPT
- Material de la cubierta:
Aluminio, PA66
Material del sensor: PVDF
- Salida analógica:
4-20 mA





Descripción

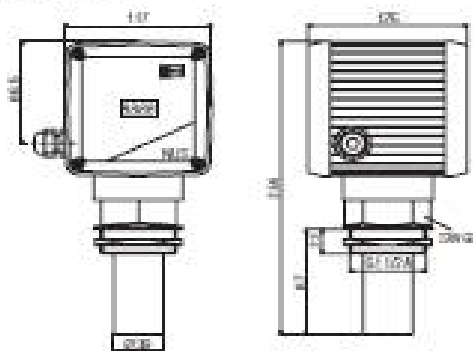
El medidor de nivel ultrasónico KOBOLD modelo NUS se utiliza para medir niveles continuos sin contacto. El instrumento compacto contiene un sensor de temperatura integrado para la compensación del tiempo de viaje del sonido. El rango de medición es ajustable. El instrumento opera sobre el principio ultrasónico. El sensor transmite pulsos de pulsos ultrasónicos a la superficie de un líquido o material medido. Los pulsos reflejados son recibidos por el mismo sensor. El sistema electrónico evalúa el tiempo de eco de los pulsos y determina el nivel. Una salida estándar de señal para teletransmisión y un indicador LED para indicación local están disponibles.

Aplicaciones

- Líquidos
- En medios de grano grueso

Dimensiones

Dimensiones



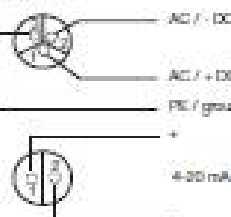
Conexión eléctrica

NUS-10... / NUS-20...

2-hilos



4-hilos



Detalles Técnicos

principio de medición:	Principio Ultrasónico medida del eco en tiempo
Rango de medida (líquidos):	
NUS-...5...	0.25...4 m (2-hilos) 0.25...5 m (4-hilos)
NUS-...8...	0.40...7 m (2-hilos) 0.40...8 m (4-hilos)
Rango de medida (sólidos):	
NUS-...5...	hasta 2 m
NUS-...8...	hasta 3.5 m
Distancia de bloqueo:	NUS-...5...: 0.25 m NUS-...8...: 0.40 m
Frecuencia:	NUS-...5...: 70 kHz NUS-...8...: 60 kHz
Frecuencia del pulso:	0.5 to 3 Hz (dependiendo de la versión electrónica)
Haz de luz:	11°, cónico
Mín. tiempo de retardo:	aproximadamente 5 s (2-hilos) aproximadamente 1 s (4-hilos)
Presación de medida (a 20°C):	0.25% of max. longitud
Resolución:	3 mm (2-hilos) 2 mm (4-hilos)
posición de montaje:	vertical a la superficie
Temperatura de proceso:	-40 a 80 °C
Temperatura ambiente:	-20 a 60 °C
temperatura de almacenamiento:	-40 a 80 °C
Max. Presión de operación:	3 bar abs.
Materiales:	
Cuerpo:	Aluminio, recubierto con Poliuretano (PU66) PMDF/EPDM
Sensor y conexión:	
Conexión:	
NUS-...5...	G 1 1/2, 1 1/2 NPT
NUS-...8...	G 2, 2 NPT
	G-rosca con tuerca y EPDM-empaque Instrumento compacto
Diseño:	
Conexión eléctrica:	2/3-polo Quikcon®
Salida Conmutada (NUS-30...):	PNP, max. corriente de carga: 60 mA
Salida analógica:	4-20 mA
Carga:	
NUS-10...	max. 500 Ω
NUS-20..., NUS-30...	max. 350 Ω
voltaje de alimentación:	12 a 36 V _{DC} , 2-hilos 18 a 36 V _{DC} , 4-hilos 90 a 127 V _{AC} , 4-hilos 180 a 250 V _{AC} , 4-hilos
Visor (solo NUS-20/-30):	4-dígitos, LED-display rgb, Tamaño de dígito: 7.62 mm programable punto decimal ajustable Rango de Indicación: -1999...9999 IP 65
Protección:	
Peso:	aproximadamente 1.6 kg (2-hilos) aproximadamente 1.8 kg (4-hilos)

Datos de Pedido (Ejemplo NUS-10 5 3 R)

Modelo	Versión	Rango de medición	Alimentación	Conexión
NUS-	10... sin indicación	5=0.25...5 (6) m	3=12 a 36 V _{DC} , 2-hilos 7=18 a 36 V _{DC} , 4-hilos*	R=G 1 1/2 (en medida, rango 5) N=1 1/2 NPT (en medida, rango 6)
	30... con indicación y salida conmutada	8=0.40...8 (7) m	1=90 a 127 V _{AC} , 4-hilos* 9=180 a 250 V _{AC} , 4-hilos*	R=G 2 (en medida, rango 6) N=2 NPT (en medida, rango 7)

*no disponible para NUS-30

MINIATURE I/P TRANSDUCER ELECTRONIC AIR PRESSURE CONTROL



IP610 Series
3 to 15 psi up to 0 to 120 psi
Intrinsically Safe



IP610-X60 with conduit electrical termination, \$290, shown larger than actual size.

IP610-X15D with DIN connector, \$290, shown larger than actual size.

SPECIFICATIONS

Agency Approvals:

FM and CSA Intrinsically Safe

IP610-*: Class I, II, III, Div. 1,

Groups C, D, E, F & G

IP610-*D: Class I, Div. 1,

Groups C & D

*= output pressure, does not affect rating

Input Signal: 4 to 20 mA loop powered

Linearity: $\pm 0.5\%$ of span ($\pm 1.5\%$ for

zero based units)

Hysteresis & Repeatability: $\pm 0.5\%$ of

span ($\pm 1\%$ for zero based units)

Min. Supply Pressure: 5 psi above
max output

Max. Supply Pressure: 100 psi except
x60, x120, and 0120 ranges 150 psi

Supply Pressure Sensitivity:

0.1% of span per psi ($\pm 0.02\%$ for zero
based units)

Air Consumption: 1.8 SCFH typical
(6.0 SCFH for zero based units)

RFVEMI Effect:

0.5% of span change in output pressure
per En 61000-4-3:1998, Amendment 1,
Performance Criterion A

Temperature Limits: -30 to 65 °C
(-20 to 150 °F)

Max Flow Capacity: 12 SCFM for all
except 120 psi 20 SCFM

Input Impedance:

Range Code	Impedance
X15, X27	180 Ω
X30, X60, X120	240 Ω
030, 060	290 Ω
0120	300 Ω

Media: Clean, dry, oil-free, instrument
air, filtered to 40 micron

Pressure Ports: $\frac{1}{8}$ " NPT female

Electrical Connections: $\frac{1}{8}$ " NPT

female conduit or DIN 43650 connector

Mounting: Direct wall, panel, $\frac{1}{4}$ " pipe,
or optional DIN rail

Housing: Chromate treated aluminum
with epoxy paint, NEMA 4X rated (IP65)

Elastomers: Buna-N

Trim: Stainless Steel

and zinc plated brass

Weight: 500 g (1.1 lbs.) or
635 g (1.4 lbs.) for zero based units

Conduit Termination

AVAILABLE FOR FAST DELIVERY!

To Order (Specify Model Number)		
Model No.	Range (psi)	Price
IP610-X15	3 to 15	\$290
IP610-X27	3 to 27	290
IP610-X30	6 to 30	290
IP610-X60	2 to 60	290
IP610-X120	3 to 120	290
IP610-030	0 to 30	335
IP610-060	0 to 60	335
IP610-0120	0 to 120	335

DIN 43650 Connector

To Order (Specify Model Number)		
Model No.	Range (psi)	Price
IP610-X15-D	3 to 15	\$305
IP610-X27-D	3 to 27	305
IP610-X30-D	6 to 30	305
IP610-X60-D	2 to 60	305
IP610-X120-D	3 to 120	305
IP610-030-D	0 to 30	350
IP610-060-D	0 to 60	350
IP610-0120-D	0 to 120	350

Accessories

To Order (Specify Model Number)		
Model No.	Price	Description
IP610-DM	\$9	DIN rail mounting kit
OP-6	210	Reference Book: Fundamentals of Temperature, Pressure, and Air Flow Measurement


All IP610s come with mounting bracket and operator's manual.

Ordering Example: IP610-X15-D is a loop powered IP converter with 3 to 15 psi range and
DIN 43650 electrical connection, \$305.





IP610-X60 with conduit
electrical termination,
\$290, shown actual size.

Jefferson



The image displays five industrial solenoid valves. Two are made of brass and three are made of stainless steel. They vary in size and port configuration. Each valve has a black solenoid actuator mounted on top. One of the brass valves has a label that reads "1 1/2\"/>

INGENIERÍA DE LA AUTOMACIÓN INDUSTRIAL

Tipos de válvulas a solenoide

Vías - Posiciones - Condición de reposo

Las válvulas a solenoide se clasifican por el número de entradas y salidas en 2 vías, 3 vías, 4 vías o 5 vías.

Desde el punto de vista funcional pueden ser monoestables o biestables. Las monoestables, al desenergizarse su único solenoide vuelve a una posición estable. En cambio las biestables, se componen de dos bobinas, una por cada posición, y pueden trabajar con pulsos de corriente.

Las válvulas de 2 vías monoestables que al desenergizarse se cierran, se las denominan **Normalmente Cerradas**. Cuando por el contrario quedan abiertas se las denominan **Normalmente Abiertas**.

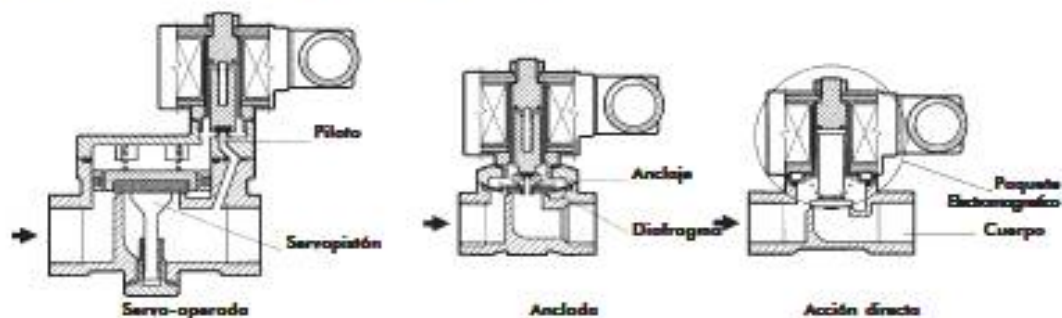
En el caso de 3 vías monoestables pueden tener varias denominaciones de acuerdo a la forma de trabajo.

Normalmente Cerradas, Normalmente abiertas, convergentes, divergente. Si pueden operar de cualquier forma, se las denomina **Universales**.

En el caso de 3, 4 o 5 vías pueden tener 2 o 3 posiciones; en este último caso con una posición estable, y dos inestables, con una bobina para cada posición.

Acción directa - Servo-operada - Combinada

Por su forma de operar las válvulas pueden ser de acción directa, servo-operadas, o la combinación de ambas: las **ancladas**.



Fórmulas y tablas

Para el cálculo de caudales



Fórmulas para cálculos de caudales

Ruidos	Cálculo del caudal: Q_v = líquidos; Q_g = gases; Q_m = vapores	Cálculo del coeficiente de flujo K_v (m³/h)	Cálculo de la caída de presión en bar
Líquidos	$Q_v = K_v \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma}}$	$K_v = Q_v \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta p}}$	$\Delta p = \gamma \left(\frac{Q_v}{K_v} \right)^2$
Corrección del K_v para líquidos más viscosos que el agua	$Q_v = K_{vc} \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma}}$	$K_{vc} = \sqrt{\frac{K_v}{\Delta p} \cdot \frac{\nu}{800}} + K_v$	$\Delta p = \gamma \left(\frac{Q_v}{K_{vc}} \right)^2$
Gases	$P_2 > \Delta p$	$Q_g = 500 \cdot K_v \sqrt{\frac{P_2 \cdot \Delta p}{\gamma_g (273 + t)}}$	$K_v = \frac{Q_g}{500} \sqrt{\frac{\gamma_g (273 + t)}{P_2 \cdot \Delta p}}$ $\Delta p = \frac{P_1}{2} \cdot \sqrt{\frac{P_1^2}{4} \cdot C}$ $C = \gamma_g T \left(\frac{Q}{500 K_v} \right)^2$
	$P_2 \leq \Delta p$	$Q_g = \frac{250 \cdot K_v \cdot P_1}{\sqrt{\gamma_g (273 + t)}}$	$K_v = \frac{Q_g \sqrt{\gamma_g (273 + t)}}{250 \cdot P_1}$
Vapores saturados secos	$P_2 > \Delta p$	$Q_m = K_v \cdot 31,7 \sqrt{\frac{\Delta p}{v_2}}$	$K_v = \frac{Q_m}{31,7} \sqrt{\frac{v_2}{\Delta p}}$ $\Delta p = \left(\frac{Q_m}{K_v 31,7} \right)^2 \cdot v_2$
	$P_2 \leq \Delta p$	$Q_m = K_v \cdot 22,5 \sqrt{\frac{P_1}{v_1}}$	$K_v = \frac{Q_m}{22,5} \sqrt{\frac{v_1}{P_1}}$

Features

- Variable flow proportional to the control signal.
- Closed loop control via linear potentiometer.
- Fail-close construction: Valve returns to closed position upon loss of power.
- Supplied factory-assembled.

General

Differential Pressure	0 to 240 psi
Maximum allowable pressure	240 psi
Fluid Temperature Ranges	See chart on following page.
Ambient Temperature Ranges	0 to 122°F
Response Time	See chart on following page.
Linearity	± 5%
Hysteresis	< 1%

Compact Positioner

Pilot Fluids	Air or inert gas, filtered 50µm, lubricated or not
Pilot Pressure	60 to 240 psi
Pilot Fluid Temperature	0 to 60°C
Pilot Connection	1/8"
Maximum Current	150mA
Nominal Supply Voltage	24VDC ± 10%, Max. ripple 10%
Maximum Power	3.6 W
Connector Size	Spade plug CM6, 4 pins
Coil Insulation Class	F
Positioner Body/Enclosure	Aluminum, PA/PP65

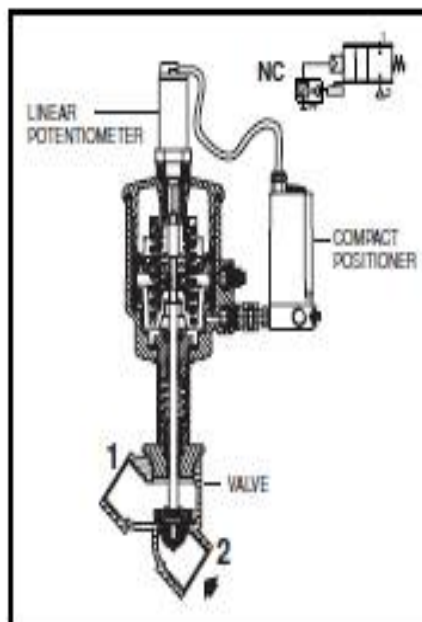
Control Signal

Control Signal	Suffix ①
0 - 10 VDC	PDB04
0 - 20 mA	PDB05
4 - 20 mA	PDB06

① Add suffix to 8290 catalog number (EG: 8290A354PDB04), see following page for complete product range. Supplied installed on valve and pre-adjusted at the factory. Positioner configured for one, customer specified, control signal.

Linear Potentiometer

Resistance	500Ω
Body/Enclosure	Aluminum/PP65



Specifications

Pipe Size (ins.)	Orifice Dia. (ins.)	Cv Flow	OPD Min (psi.)	OPD Max. Fluids (psi.)	OPD Max. Steam (psi.)	Max. Fluid Temp. °F	Bronze	Stainless Steel	Pilot Pressure Min (psi)	Pilot Pressure Max (psi)	Approx. Shipping Weight (lbs.)	Suffix ① (0-10 VDC) Fail closed	Suffix ② (0-20 mA) Fail closed	Suffix ③ (4-20 mA) Fail closed
50mm Operator												PB04	PB05	PB06
1/2	1/2	5.3	0	240	150	366	8290A384	8290A393	60	150	4.1			
3/4	3/4	8.3	0	150	150	366	8290A385	8290A394	60	150	4.3			
63mm Operator														
3/4	3/4	8.3	0	240	150	366	8290B005	8290B048	60	150	5.3			
1	1	17	0	150	150	366	8290B010	8290B053	60	150	6.3			
1-1/4	1-1/4	24	0	90	90	366	8290A016	8290A050	60	150	7.5			
1-1/2	1-1/2	33	0	60	60	366	8290A020	8290A063	60	150	9.8			
2	2	45	0	40	40	366	8290A024	8290A067	60	150	12.2			
90mm Operator														
1	1	17	0	240	150	366	8290B011	8290B054	60	150	7.9			
1-1/4	1-1/4	24	0	180	150	366	8290A017	8290A060	60	150	9.3			
1-1/2	1-1/2	33	0	120	120	366	8290A021	8290A064	60	150	11.1			
2	2	45	0	90	90	366	8290A025	8290A068	60	150	17.8			
125mm Operator														
1-1/4	1-1/4	34	0	240	150	366	8290A042	8290A046	60	150	15.1			
1-1/2	1-1/2	55	0	240	150	366	8290A082	8290A086	60	150	16.6			
2	2	77	0	150	120	366	8290A085	8290A088	60	150	18.8			
2-1/2	2-1/2	85	0	90	90	366	8290A089	8290A091	60	150	23.7			

① Add suffix to 8290 catalog number (EG: 8290A384PB04).
Fail closed construction: Valve returns to closed position upon loss of power.
Compact Positioner not available on 32mm Operator.

Response time (in seconds) for NC valves (90 psi air control)

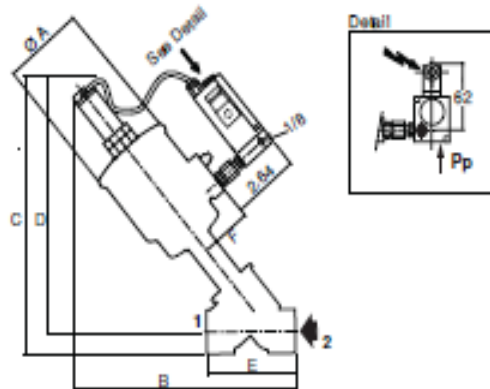
Pipe Size (ins.)	Operator (mm)							
	50		63		90		125	
	Open	Close	Open	Close	Open	Close	Open	Close
1/2	1.25	0.92	-	-	-	-	-	-
3/4	1.30	0.93	1.7	2.25	-	-	-	-
1	-	-	2.7	3.18	5.23	7.26	-	-
1 1/4	-	-	2.7	3.18	5.23	7.26	9.34	17.8
1 1/2	-	-	2.7	3.18	5.23	7.26	13.7	18.3
2	-	-	2.7	3.18	5.23	7.26	13.7	18.3
2 1/2	-	-	-	-	-	-	14.0	19.5

Installation

- Valves can be mounted in any position.
- Installation and maintenance instructions are included with each valve.

Dimensions (inches)

Pipe Size	A	B	C	D	E	F
50mm Operator						
1/2	2.7	6.93	8.21	7.58	2.56	1.7
3/4	2.7	7.26	8.30	7.76	2.95	1.7
63mm Operator						
3/4	3.4	7.78	9.11	8.51	2.06	2.0
1	3.4	8.18	9.51	8.71	3.54	2.0
1-1/4	3.4	9.52	10.82	9.84	4.33	2.0
1-1/2	3.4	9.80	11.45	10.27	4.72	2.0
2	3.4	10.78	12.01	10.63	5.90	2.0
90mm Operator						
1	4.7	8.50	9.92	9.12	3.54	2.6
1-1/4	4.7	9.88	11.11	10.12	4.33	2.6
1-1/2	4.7	10.16	11.73	10.55	4.72	2.6
2	4.7	11.10	12.29	10.91	5.91	2.6
125mm Operator						
1-1/4	6.1	11.10	13.63	12.63	4.30	3.1
1-1/2	6.1	11.50	14.23	13.13	4.70	3.1
2	6.1	12.40	14.83	13.43	6.00	3.1
2-1/2	6.1	13.70	15.83	14.03	7.50	3.1





RUGGED, LOW COST ELECTRIC ACTUATORS FOR ROTARY VALVES
THREE ON-OFF MODELS WITH 100, 300 OR 600 LB-IN OUTPUT TORQUE
WATERPROOF (NEMA 4, 4X, IP 65)

Bray Controls' generations of innovative electric actuators have a proven record of success. Building on this record, Bray has combined engineering expertise and years of field experience to produce the R⁵. This red, rectangular electric actuator for rotary valves delivers highly reliable service at a reduced price. The R⁵ meets the needs of 21st Century industrial applications at a price that is unmatched.

Bray has specifically engineered the R⁵ for customer-friendly convenience. Designed to offer easy, interference-free access to terminal block wiring and cam adjustment, the R⁵ greatly reduces the time required for field start-up. Installation and maintenance can be performed with assured ease and safety.

MOTOR & CAPACITOR (A) The R⁵ has a 120 or 220 VAC single phase permanent split-capacitor reversible induction motor. 12 or 24 VDC motors are available upon request. The UL listed motor features a built-in thermal overload protector of a bi-metallic strip in the windings set at 230°F (110°C) with automatic reset.

MOTOR BREAK (B) All AC motors feature an internal break. When power to the actuator is cut off the break stops the motor and holds the valve in position until power is restored.

SPUR GEAR SYSTEM (C) The heavy-duty spur gear train is composed of precision cut, multi-staged gears and shafts. The gears and shafts are heat treated high alloy steel and will withstand locked rotor conditions. The spur gear system is permanently lubricated at the factory.

CIRCUIT BOARD (D) The R⁵ has a heavy duty printed circuit board that replaces cumbersome internal component wiring. To withstand line vibration and shock, Bray manufactures the R⁵ PCB at double the thickness of commonly used PCBs.

TRAVEL LIMIT SWITCHES (E) Bray has provided two SPDT switches as standard. The 10A, 220 VAC switches are used for AC motor control. Two optional auxiliary switches are available to signal a low wattage AC lamp or a DC controller input. Switches are easily accessible without interference from other components.

CAMS / CAM ADJUSTMENT (F) Cams are infinitely adjustable by a Hex key with no special tools needed. Standard factory setting allows 90° reversible rotation between open and closed positions. Extended rotation units such as 180°, 270° or beyond are optional.

TERMINAL BLOCK (J) The actuator switches are connected to a terminal block. The block has been designed for ease of customer wiring without interference from other components and features clearly marked terminal numbers. The lever-operated block simplifies wiring connection. Connection is just a matter of inserting the wire and pushing down the lever – no tools are needed. The block has been placed near the two conduit entries with ample room for running wire leads. A wiring diagram is included inside the cover for easy reference.



ACTUATOR MOUNTING (G) R⁵ actuators comply with ISO 5211 standards for mounting of actuators to valves. A double D bore is standard. A double square (star) bore is available.

INDICATOR SHAFT (H) The shaft is Stainless Steel.

HEATER (I) A heater can be added to the R⁵ to prevent possible damage to electrical components due to condensation build-up inside the actuator.

HOUSING SEAL (K) The large O-ring seal between the cover and base provides a waterproof enclosure and prevents ingress of moisture. This seal is far superior to commonly used gaskets.

SERIES 73 TECHNICAL DATA

Actuator Series	873-1	873-3	873-6
Torque Output	100 [11]	300 [34]	600 [68]
Motor	VAC	120 / 220	120 / 220
Current Rating	Hz	50-60	50-60
Speed in Seconds	Amps	0.4 / 0.2	0.9 / 0.4
90° Operation		2/5/10	5/10/15
Butterfly Valve Sizes*		1" - 1 1/2"	2" - 3"
Ball Valve Sizes**		1/2" - 1"	1" - 2"
Weights			
lbs	4.5	5.8	6.1
(kg)	[2.04]	[2.63]	[2.77]

Note: All motors are single phase and Current Rating is at all speeds. The duty cycle for intermittent on-off operation is 25%.

12 & 24 VDC motors are available as an option, please consult your Bray representative.

* Depending on service conditions.

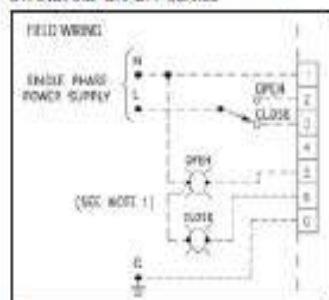
** Depending on service conditions and restricted port or full port valves.

TEMPERATURE RANGE

-40°F (-40°C) to +150°F (+65°C)

CUSTOMER WIRING DIAGRAM

STANDARD ON-OFF Service



Notes:

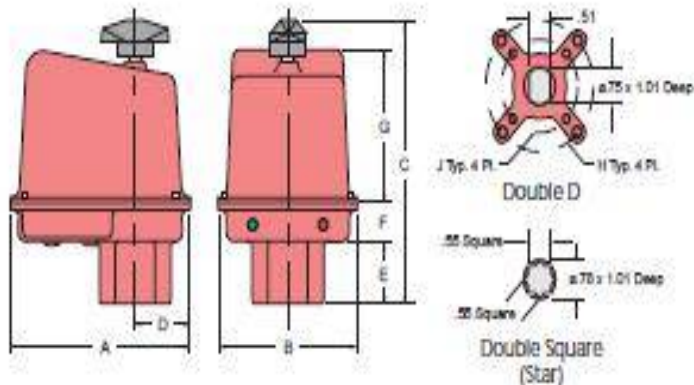
- 1) Remote position indicator devices must be rated at the same supply potential as the motor supply.
- 2) Optional max. 2 switches - voltage free travel limit switches are available for remote indication if required.

Limit Switch Rating: 250 VAC, 10A, 1/2 HP
Terminal Strip Wiring: 14-28 AWG, 105°C,
300V minimum rated wire.



SERIES 73 DIMENSIONS

Actuator Series	A	B	C	D	E	F	G	H (UNC) x B.C.	J (UNC) x B.C.
873-1	5.93 [151]	3.29 [84]	7.52 [191]	2.10 [53]	1.63 [41]	1.49 [38]	3.50 [89]	1/4-20 x ø1.97 [F05]	#10-32 x ø1.42 [F03]
873-3	6.76 [172]	3.79 [96]	8.25 [210]	2.45 [62]	1.89 [48]	1.57 [40]	3.79 [96]	1/4-20 x ø1.97 [F05]	#10-32 x ø1.42 [F03]
873-6	5.99 [152]	4.64 [118]	7.82 [199]	1.84 [47]	1.73 [44]	1.06 [27]	4.23 [107]	5/16-18 x ø2.76 [F07]	1/4-20 x ø1.97 [F05]



The Bray R5™ Electric Actuator - Series 73-6 on Flow-Tek flanged ball valve, Series 73-3 and -1 on Bray Series 20 butterfly valves.

DISTRIBUTOR

SERIES 70

RUGGED ELECTRIC ACTUATOR FOR ROTARY VALVES

300 TO 6,500 LB-IN OUTPUT TORQUE

Bray Controls' years of proven success in electric actuation, combined with innovative engineering, has produced the R⁴.™ The R⁴ features on-off or modulating control.

This red, round electric actuator for rotary valves delivers highly reliable service.



Bray's unique, customer-friendly designed Control Center has many advantages over present industry standards including:

- UL, CSA and CE certification of most units
- Ease of customer field wiring directly to the terminal strip without interference from other components
- Simple and unique manual override handwheel system
- Lowest profile and lightest weight actuator on the market
- Simple finger or screw driver adjustment of travel limit cams without interference from other components
- Highly visible valve status display
- Externally adjustable travel stops
- Captive housing screws

Additionally, components not requiring customer access are protected underneath the Power Center cover plate.

LOW PROFILE, COMPACT, HIGH TORQUE DESIGN

The R⁴ is by far the most compact, lowest profile design of any electric actuator delivering comparable torque output. Thorough research and many years of field experience have gone into the development of this state-of-the-art actuator – the product of the future. This design offers the advantages of greatly reduced space requirements, lighter weight and ease of installation and maintenance when compared to other electric actuators. When mounted directly to Bray valves, the R⁴ is especially compact.



The R⁴ compared to a typical actuator, both mounted to 4" Bray valves.

DIRECT MOUNTING OF THE R⁴ ON BRAY VALVES

Bray actuators mount directly to Bray valves without using any external linkage. Field installation is simple and misalignment is minimized. For sanitary processing and outdoor applications, the Bray direct mounting system reduces the possibility of contamination buildup or corrosion between the valve and actuator. The mounting pattern complies with ISO 5211 and VDI/VDE 3845 (NAMUR recommendations). The R⁴ can be mounted and operated in any position. Standard rotation is 90° reversible. Bray can provide linkages for mounting the R⁴ to other devices requiring 90° rotation. Please consult the Bray factory for further information.

EXTERIOR FEATURES

EXPLOSION PROOF ENCLOSURE

The R⁴ waterproof/explosion proof unit is UL NEMA 4, 4X, 7 & 9 listed and certified to specifications for hazardous locations. This rugged, heavy duty housing contains precision machined bores and flanges to meet flame path requirements. The valve position indicator is viewed from behind a sodium glass explosion proof window. This unit is currently available with 800 to 2,000 lb.-in. output torque, continuous or intermittent duty.



MECHANICAL TRAVEL STOPS

Stainless steel mechanical travel stops permit precise field adjustment of actuator movement to specific degrees of rotation. The travel stops are located outside the base for easy readjustment without removing the cover. Stainless steel lock nuts with O-ring seals hold the travel stops securely in place. The travel stops are normally set at the factory to allow 0° and 90° travel.



R⁴ manual override handwheel with optional spinner.

FEEDBACK POTENTIOMETER

The feedback potentiometer gear has an over-torque shift engagement which operates if the limits of the active region of the potentiometer are exceeded. This situation can occur when the manual override handwheel is turned past 90° or below 0° travel. The potentiometer gear always remains engaged with the drive gear, but shifts on its shaft to prevent damage and maintain proper alignment.

VOLTAGE SPIKE PROTECTION

Voltage spikes that can damage electrical equipment are very common in industrial locations. Large voltage spikes can be caused by switching power loads, such as large motor drives, at the customer location. The output stage TRIACs of the Servo are protected

against damage from voltage spikes by a special combination of

- limit switch circuitry
- metal oxide varistor (MOV) for transient voltage suppression
- zero crossing detection

DEVICENET SERVO

Bray also offers the Series 70 with the most advanced serial bus communication Servo on the market. The Bray DeviceNet Servo is fully ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) compliant. Benefits include greatly simplified field wiring and installation, advanced control and diagnostics in real-time from a remote location, and full network integration. Please contact your Bray representative for more information.

CONTROL STATION (Optional)

Bray has designed a manual local electrical control station that flush



Control Station

mounts directly to the R4. The Control Station features:

- a local-off-remote control switch
- an open-stop-close switch
- two lights which locally indicate open and closed valve position

The cover plate can be rotated in any 90° increment, allowing the customer to operate and view the station with ease. The enclosure is aluminum and weatherproof (NEMA 4, 4X, IP 65). Additionally, the control station has captive cover bolts and two input ports available in the following thread connections: 3/4" NPT or M25. Two different multi-pin, watertight electrical cable connections are also available.



SIMATIC S7

Con SIMATIC S7 puede resolver cualquier tarea, y en lo que se refiere a potencia, funcionalidad, flexibilidad y fácil manejo es una auténtica maravilla. Justo lo que esperaba de un autómata SIMATIC. Como SIMATIC también es sinónimo de continuidad, los ya acreditados componentes S5 pueden combinarse sin problemas con el nuevo SIMATIC. Así que usted decide hasta que punto desea modernizar su instalación o máquina.

FUERTE EN PRESTACIONES Y FACILISIMO DE USAR

SIMATIC S7 le proporcionará la potencia que necesite. Incluso aquella que se espera de un computador de proceso, pues cubre toda la gama fuera de las aplicaciones reservadas a los miniautómatas. Una ventaja de la que disfrutará tanto la periferia centralizada como la descentralizada, además el S7 es tan robusto que soporta perfectamente los ambientes industriales mas desfavorables. No sólo gracias a los módulos (tarjetas) encapsuladas sino también al funcionamiento sin ventilador y a un comportamiento extremadamente fiable en arranque y desconexión.



Un manejo sencillísimo

El S7 presenta otra ventaja extraordinaria. Aunque ofrece infinidad de prestaciones resulta facilísimo de manejar, ya que está dotado de una estructura muy simple, armonizando desde el principio el hardware con el software. Ya verá el tiempo que ahorra!. Así ya no hay reglas que respetar en cuanto a los slots, y el software se encarga de parametrizar el hardware. Las funciones complejas se pueden realizar con una sola instrucción y además todo el sistema es completamente coherente en términos de parametrización, programación, gestión de datos y comunicación. Y ello no solo a nivel de PLC sino también para manejo y visualización, redes locales e incluso para eventuales microcomputadores industriales integrados. El entorno software que lo hace posible se llama STEP® 7: el software más sencillo y manejable que pueda encontrarse actualmente en el mercado de aplicaciones para la automatización. Y naturalmente basado en Windows!

Una configuración a la medida

Como cada tarea exige una configuración diferente, este potente PLC de un enorme abanico de componentes muy escalonados en cuanto a su potencia. Para funciones especiales puede elegir entre numerosos módulos de comunicación para establecer de manera sencilla las más variadas conexiones. Con el S7-400 se ha llevado a la práctica una filosofía basada en la facilidad de manejo. Ello se traduce en un gran ahorro no solo de tiempo sino también de componentes. Pues mucho de lo que hasta ahora había que realizar añadiendo software adicional ya viene integrado de fábrica.

Primero: configuración a medida

La posibilidad de lograr una solución personalizada a partir de elementos estándar no es nada nuevo para SIMATIC. Lo realmente innovador es la muy variada gama de potencias que presentan las CPU. Las diferencias radican en la velocidad de ejecución, el tamaño de memoria así como la variedad de interfaces integrados. No importa la potencia que Ud. Requiera, pues siempre dispondrá de la mejor solución. Y ello sin invertir más de lo que realmente necesita.

Interfaces integrados

El puerto MPI (interface multipunto) permite conectar el autómata simultáneamente a unidades de programación, a PC, así como a equipos de manejo y visualización (p. ej. Paneles de operador) en intercambiar pequeñas cantidades de datos con otros autómatas S7, todo ello sin influir en el tiempo de ciclo. Además del MPI, algunas CPU llevan una interface PROFIBUS-DP incorporado. Ello permite integrar el S7-400 como maestro en una red PROFIBUS sin necesidad de hardware adicional.



Servicios integrados

El sistema operativo de la CPU integra servicios que hasta ahora había que programar laboriosamente y que en ocasiones ni siquiera eran realizables. Por citar algunos ejemplos nombremos los servicios de diagnóstico extensos, los módulos periféricos e incluso un buffer de eventos con indicación de fecha y hora. Además de los servicios de manejo y visualización (M+V) y de los de comunicación. Todo ello se parametriza fácilmente en la CPU.

Periferia muy extensa

La periferia que ofrece el S7-400 es muy variada. Numerosos módulos de señal - algunos de ellos incluso con capacidad de diagnóstico e interrupciones - facilitan la conexión con el proceso y las nuevas técnicas de conexión como Top Connect y Smart Connect reducen considerablemente los trabajos de cableado, pues permiten prescindir del "borne intermedio". Y finalmente, el sistema de periferia descentralizada ET 200 que pone fin a los problemas de espacio y que está disponible en todos los grados de protección.

Software STEP 7

STEP 7 es actualmente el software más manejable para aplicaciones de automatización. Está basado en Windows, lo cual no solo garantiza un manejo sencillo sino que lo abre plenamente al mundo de los PC. Así, el S7-400 permite disfrutar de un entorno ideal para configurar, programar y parametrizar no sólo el autómatas sino también las funciones de M+V y de cálculo. La gestión centralizada de datos y de señales reducen enormemente las tareas de introducción, modificación y administración. La programación se realiza con los ya conocidos lenguajes KOP y AWL - sin mencionar los paquetes de software opcionales como S7-HiGraph para procesos asincrónicos, S7 GRAPH para controles secuenciales o también el lenguaje de alto nivel SCL. SIMATIC S7-400 Una decisión inteligente Actualmente, la elección de un sistema de automatización no solo depende de meros datos técnicos. Al realizar una inversión hay que pensar en la continuidad de cara al futuro, lo que obliga a considerar el autómatas y todo su entorno. En este sentido, con el PLC SIMATIC S7-400 siempre irá sobre seguro.

Homogeneidad hasta el nivel de campo

Las arquitecturas de automatización descentralizadas son muy rentables. El S7-400 está equipado con todo lo necesario para realizarlas: conexión a la red SIMATIC NET (es el nuevo nombre de la familia de productos SINEC), PROFIBUS-DP, y con ello al sistema ET 200, el cual permite establecer una conexión muy económica entre el PLC y la periferia.

Comunicación con todos los entornos de automatización

Puesto que todo el intercambio de datos entre los PLC y entre estos y el computador es cada día más importante, es evidente que un verdadero SIMATIC tiene que poderse conectar a redes locales. Así, puede optar entre Industrial Ethernet y PROFIBUS-FMS, ambas redes de difusión mundial y que junto con SIMATIC S7 ya se han acreditado como redes para uso industrial. Manejo y visualización para todos los gustos Las CPU llevan los servicios M+V integrados en el sistema operativo, lo que permite llevar a cabo funciones de supervisión sin mayor dificultad y sin cargar excesivamente el tiempo de ciclo.