

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA EMPRESA  
UCP BACKUS & JOHNSTON S.A.A. PLANTA MOTUPE**

**TESIS**

PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

FARRO GÓMEZ, HENRY WAGNER  
ESQUERRE GIL, EDSON ARMANDO

ASESOR: ING. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA

LAMBAYEQUE-PERU

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA



**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL PARA LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA EMPRESA UCP  
BACKUS & JOHNSTON S.A.A. PLANTA MOTUPE"**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRONICO**

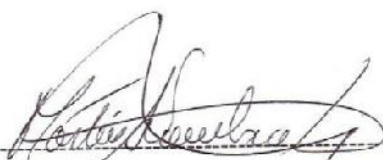
**PRESENTADO POR:**

Bach. FARRO GÓMEZ, HENRY WAGNER  
Bach: ESQUERRE GIL, EDSON ARMANDO

**SUSTENTADO ANTE EL JURADO CALIFICADOR:**

  
Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano  
PRESIDENTE

  
Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera  
SECRETARIO

  
Ing. Martín Augusto Nombra Lossio  
VOCAL

  
Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera  
ASESOR

LAMBAYEQUE - PERU  
2016

## DEDICATORIA

---

A mis padres:

GOMEZ ESPINOZA LOLA MARLENY  
FARRO SAMPEN CARLOS ALBERTO

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

---

---

A mis hermanos, esposa e hijos:

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

---

•  
•

HENRY

## DEDICATORIA

---

A mis padres:

GIL SAUCEDO GLADYS

ESQUERRE SAAVEDRA ARMANDO AUGUSTO

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

---

---

A mis hermanas:

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

---

•  
•

EDSON

## AGRADECIMIENTO

Quisiéramos expresar nuestro más 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 permitieron conocer nuestras debilidades, ayudándonos en esforzarnos por ser cada día mejor.

Nuestras esposas, hijos

Nuestro asesor el Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera por su orientación en el desarrollo de la presente tesis.

Edson y Henry

## **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 PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA EMPRESA UCP BACKUS & JOHNSTON S.A.A. PLANTA MOTUPE”.***

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.

Nuestro proyecto de investigación se ha desarrollado de acuerdo a las necesidades de los 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, abril de 2016.***

---

***Henry Wagner Farro Gómez***  
***Bach. Ingeniería Electrónica***

---

***Edson Armando Esquerre Gil***  
***Bach. Ingeniería Electrónica***

## **RESUMEN**

El presente trabajo se realizó con el objetivo de elaborar el diseño de la automatización de una planta de tratamiento de agua.

Se diseñó los planos de instrumentación con los cambios realizados en el proceso de tratamiento de agua, partiendo de los elementos existentes en la planta de tratamiento de la Empresa Unión de Cervecerías Peruanas BACKUS & JOHNSTON S.A.A. Planta Motupe.

Se elaboró el algoritmo de control para un Controlador Lógico Programable tomando en cuenta la renovación del proceso y las consideraciones para el diseño de la automatización.

Se realizó el programa de supervisión, el cual nos permite observar los valores de las variables del proceso de tratamiento de agua.

Los resultados obtenidos nos permiten concluir:

Es factible la automatización de la planta de tratamiento de agua, mediante un PLC.

El algoritmo de control para el PLC, regulará automáticamente cada fase del proceso de tratamiento de agua.

El algoritmo de control para el PLC, garantiza la obtención de agua tratada, con las características fisicoquímicas planificadas por la empresa.

## **ABSTRACT**

The present work was realized by the objective to elaborate the design of the automation of the plant of water treatment.

The plans of instrumentation were designed with the changes realized in the process of water treatment, departing from the existing elements in the plant of water treatment of the Company Unión de Cervecerías Peruanas BACKUS & JOHNSTON S.A.A. Planta Motupe.

The algorithm of control was elaborated for a Programmable Logic Controller taking the renewal of process into account and the considerations for the design of the automatization.

The program of supervision (DEMO) was realized, which allows us to observe the process of water treatment.

The obtained results allow us to conclude:

It's feasible, the automatization of the plant of treatment of water, by means of a PLC.

The algorithm of control for the PLC, will regulate automatically each phase of process of treatment of water.

The algorithm of control for the PLC, it guarantees the obtaining of water processed, with the characteristic physical chemistries planned by the company.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito implementar una solución de automatización, para la planta de tratamiento de agua de la empresa Backus & Jhonston S.A.A. Planta Motupe.

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: Fundamentación Teórica**

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 a la información sobre el proceso de tratamiento de agua.

### **Capítulo III: Situación Actual y Justificación**

En este capítulo se describe la situación actual del proceso y se realiza la justificación técnica, económica y social del proyecto.

### **Capítulo IV: Diseño de la Automatización**

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, el algoritmo de control y el software de supervisión del sistema. Se utilizan criterios técnicos y se seleccionan los instrumentos y equipos del sistema.

## **Capítulo V: Costos**

En este capítulo 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
<b>Capítulo I: ANÁLISIS DEL PROBLEMA</b>	
1. Realidad Problemática	4
2. Antecedentes del Problema	5
3. Aporte del Trabajo de Investigación	7
4. Formulación del Problema Científico	7
5. Hipótesis	7
6. Objetivos	7
6.1. Objetivo General	7
6.2. Objetivos Específicos	7
<b>Capítulo II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b>	
1. Sistemas de Control	8
1.1. Sistemas de Control de Lazo Cerrado	8
1.2. Sistemas de Control de Lazo Abierto	9
1.3. Sistema de Control de Lazo Cerrado vs. Lazo Abierto	10
2. Controladores	11
2.1. Controladores Analógicos y Digitales	11
2.2. Controladores Comerciales	13

3. Sensores	13
4. Actuadores	15
4.1. Actuadores Neumáticos	16
4.2. Actuadores Eléctricos	16
5. Utilización del Agua en la Industria	17
6. Calidad de Agua	19
7. Tratamiento de Agua	20

### **Capítulo III: SITUACIÓN ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN**

1. Situación Actual del Proceso	23
1.1. Planta de Tratamiento de Agua	23
1.1.1. Reactivador	23
1.1.2. Tanque Distribuidor	25
1.1.3. Filtros	26
1.1.4. Paneles de Temporizadores	27
1.1.5. Tolvas	28
1.1.6. Ambiente para realizar los Análisis	28
1.1.7. Almacén de Insumos	28
1.2. Operación del Reactivador	29
1.3. Operación del filtro de Agua	30
1.4. Rango de pH para el agua Tratada	30
2. Justificación del Proyecto	31
2.1. Justificación Técnica	31
2.2. Justificación Económica	31
2.3. Justificación Social	32

### **Capítulo IV: DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN**

1. Selección de la Arquitectura del Sistema de Control	33
2. Interface del Sistema con el Operador	35
3. Red de Comunicación	35
4. Planos de Instrumentación	36
5. Algoritmo de Control	43

5.1. Tanque de Cal Hidratada	43
5.2. Tanque de Alumina	47
5.3. Tanque Reactivador	49
6. Programa de Supervisión	55
7. Selección de Instrumentos	61

## **Capítulo V: COSTOS**

1. Generalidades	67
2. Estimación de Costos	68
2.1. Costos de Instrumentación	68
2.2. Costos de Equipos	70
2.3. Costos a Nivel de Supervisión	70
2.4. Costos de Ingeniería	71
2.5. Costos de Puesta en Servicio	71
2.6. Costos de Capacitación	71
3. Inversión y Financiamiento	71
3.1. Inversión	71
3.2. Financiamiento	72

Conclusiones	73
Recomendaciones	74
Referencias Bibliográficas	75
Anexos	

## ANÁLISIS DEL PROBLEMA

---

### 1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El agua es el alimento básico del hombre, de los animales y de las plantas. El agua es relativamente pura cuando se forma en las nubes, pero en su trayecto hacia la tierra va absorbiendo gases principalmente oxígeno y anhídrido carbónico, cuando llega a la tierra disuelve total o parcialmente a los solutos con los que se pone en contacto, también puede contaminarse con desechos industriales, agrícolas o de las viviendas humanas, en esta última puede haber microorganismos, parásitos, bacterias y hongos.

Según los solutos que contiene y el lugar de donde proviene existen diferentes tipos de agua, por ejemplo agua cruda o dura, agua fuerte, agua delgada o blanda, agua mineral, agua pesada, agua potable, agua salada, agua de desecho, agua de manantial, agua de nieve, agua superficial, agua subterránea o del subsuelo.

Además de utilizarse el agua en la preparación de los alimentos del hombre, se utiliza para obtener infusiones de plantas medicinales como complemento dietético.

En la farmacopea se utiliza para elaborar agua destilada, agua bidestilada, agua oxigenada, agua boricada, extracto de flores medicinales como el agua de azahares.

En la industria se utiliza el agua como materia prima o como parte de los procesos de manufactura en la elaboración de alimentos como agua tratada, agua de mesa, bebidas gaseosas y licores como la cerveza.

En todos estos casos el agua disponible debe ser abundante con abastecimiento continuo y de naturaleza potable, es decir libre de contaminación y sin microorganismos, sustancia tóxicas y corrosivas.

Cada fábrica elige la calidad de agua específica para cada tipo de bebida que va a elaborar, así tratándose de la fábrica de cerveza el agua suministrada es el agua subterránea y es necesario someterla a un proceso llamado “tratamiento de agua”, para darle las características físico - químicas necesarias que debe tener el agua utilizada en la planta.

Existe una manera de mejorar el control del proceso de tratamiento de agua, mediante la automatización de este, en el que el control principal lo realiza un PLC, con este método se ahorra materia prima, reactivo, personal y se logra mayor eficacia en el tratamiento del agua.

Ante los hechos expuestos surge la necesidad de implementar un sistema de control para la automatización mediante PLC en el tratamiento de agua.

## **2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Se tiene que aclarar que anteriormente no se ha realizado ningún proyecto relacionado al tema en la empresa BACKUS & JOHNSTON S.A.A., Planta Motupe.

TITULO: “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO EN LOS DISTRITOS DE ANDAHUAYLAS Y SAN JERÓNIMO, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGIÓN DE APURÍMAC”

**AUTOR:**

Javier Adolfo D'Stefano Molero  
Facultad de Ciencias e Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica del Perú  
Perú, 2007

**RESUMEN:** El presente trabajo consta de una propuesta para el tratamiento de agua del río Chumbao, que recorre los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac, con el fin de dotarlos de un servicio eficiente de agua potable, debido a que el servicio actual es insuficiente. Con tal propósito la tecnología planteada reemplazará el abastecimiento de agua de manantiales por agua superficial tratada, utilizándose las redes existentes para la distribución domiciliaria.

**TÍTULO: “DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS”**

**AUTORA:**

Noelia Alasino  
Facultad de Ingeniería Química  
Universidad Nacional del Litoral  
Argentina, 2009

**RESUMEN:** Esta tesis trata sobre la optimización, síntesis y diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales por barros activados para eliminación biológica de nutrientes basados en modelos, aplicando técnicas de programación matemática. A lo largo de la misma se desarrollan modelos matemáticos de complejidad y rigurosidad crecientes, cuyas soluciones y conocimientos adquiridos se utilizan sucesivamente para el planteo, representación, acotamiento del espacio de búsqueda de las soluciones, e inicialización de los modelos matemáticos subsiguientes



### **3. APORTE DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

El aporte de este proyecto es proponer el diseño de un sistema de control basado en algoritmos que permitan mejorar el proceso de tratamiento de plantas de aguas industriales.

### **4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO**

¿El Diseño de un Sistema de Supervisión y Control de la Planta de Tratamiento de Agua de la empresa Backus & Johnston S.A.A. Planta Motupe, permitirá optimizar dicho proceso?

### **5. HIPOTESIS**

- El Diseño de un Sistema de Supervisión y Control de la Planta de Tratamiento de Agua de la empresa Backus & Johnston S.A.A. Planta Motupe, permitirá optimizar el proceso de tratamiento.

### **6. OBJETIVOS**

#### **6.1. OBJETIVO GENERAL:**

- Realizar el diseño de la Supervisión y Control del proceso de tratamiento de agua.

#### **6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Lograr mayor eficiencia en el tratado del agua utilizada en la elaboración de la cerveza.
- Establecer un algoritmo en PLC propio para el control automático de cada una de las fases del proceso del tratamiento del agua.
- Obtener agua tratada con las características físico - químicas deseadas.
- Se regulará con precisión cada una de las fases del proceso del tratamiento de agua.

# FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

---

## 1. SISTEMAS DE CONTROL

### 1.1. SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO (“CLOSED LOOP”)

Con frecuencia se llama así a los sistemas de control retroalimentado. En la práctica, se utiliza indistintamente la denominación control retroalimentado (“feedback”) o control de lazo cerrado (“closed loop”). La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de retroalimentación (que puede ser la señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas), entra al controlador para reducir el error y llevar la salida a un valor deseado.

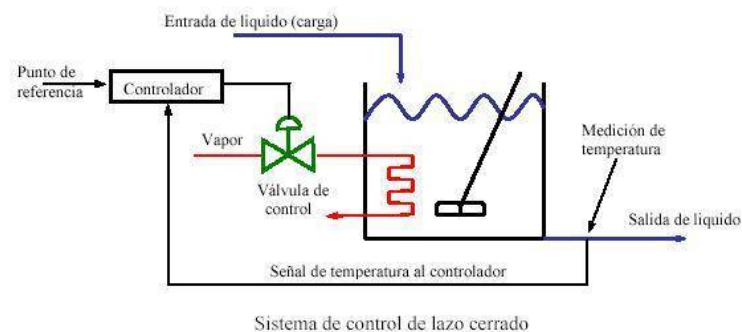


Figura 2.1. Sistema de Lazo Cerrado

El término lazo cerrado implica el uso de la acción de control retroalimentado para reducir el error del sistema.

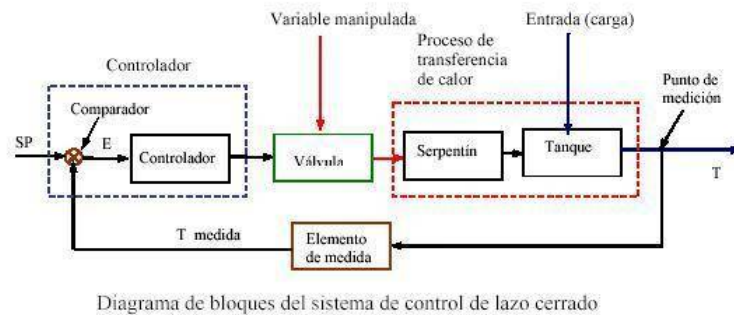


Figura 2.2. Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado

## 1.2. SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO (“OPEN LOOP”)

Los sistemas en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control, se denominan sistemas de control de lazo abierto (“open loop”). En otras palabras, en un sistema de control de lazo abierto la salida ni se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico lo constituye una lavadora de ropa doméstica. El remojo, lavado y enjuague en la lavadora se cumplen por tiempos. La máquina no mide la señal de salida, es decir, la limpieza de la ropa.

En cualquier sistema de control de lazo abierto, no se compara la salida con la entrada de referencia. Por tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fija. Así, la precisión del sistema depende de la calibración. En presencia de perturbaciones, un sistema de control de lazo abierto solo se puede utilizar si la relación entre la entrada y la salida es conocida; y si no se presentan perturbaciones tanto internas como externas, denominándose frecuentemente sistema de control de alimentación directa (“feed forward”).

Nótese que cualquier sistema de control que funciona sobre la base de tiempos es un lazo abierto.

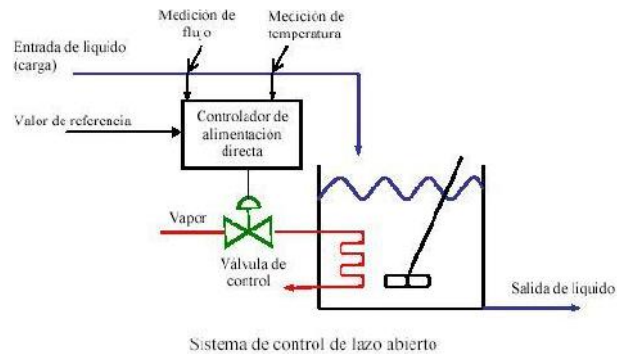


Figura 2.3. Sistema de Lazo Abierto

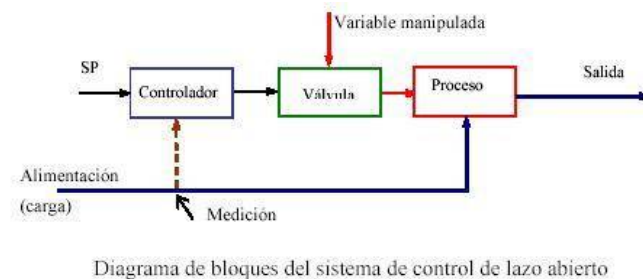


Figura 2.4. Diagrama de bloques de un sistema de lazo abierto

### 1.3. SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO VERSUS DE LAZO ABIERTO

Una ventaja del sistema de control de lazo cerrado es que el uso de la retroalimentación hace que la respuesta del sistema sea relativamente insensible a perturbaciones externas y a variaciones internas de parámetros del sistema. De este modo, es posible utilizar componentes relativamente imprecisos y económicos, y lograr la exactitud de control requerida en determinada planta, cosa que sería imposible en un control de lazo abierto.

Desde el punto de vista de la estabilidad, en el sistema de control de lazo abierto la estabilidad es más fácil de lograr puesto que no constituye un problema importante.

En cambio en los sistemas de lazo cerrado, la estabilidad si es un problema importante, por su tendencia a sobre corregir errores que pueden producir oscilaciones de amplitud constante o variable.

Hay que puntualizar que para sistemas cuyas entradas son conocidas previamente y en los que no hay la presencia de perturbaciones, es recomendable utilizar el control de lazo abierto. Los sistemas de control de lazo cerrado tienen ventajas solamente si se presentan perturbaciones no previsibles o variaciones de componentes del sistema.

## **2. CONTROLADORES**

### **2.1. CONTROLADORES ANALÓGICOS Y DIGITALES**

Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (valor deseado), determina el error, y produce una señal de control que reducirá el error a cero, o a un valor muy pequeño. La forma como el controlador automático produce la señal de control, se denomina acción de control.

Los controladores analógicos usan señales eléctricas o neumáticas continuas. Los controladores ven continuamente las señales del transmisor, y las válvulas de control son cambiadas continuamente.

Los controladores digitales por computadora son discontinuos en su operación, viendo un número de lazos secuencialmente. Cada lazo individual es visto solo en cada periodo de muestreo. Las señales analógicas desde los transmisores deben pasar a través de convertidores analógico-digital (A/D) para que llegue la información a la computadora en una forma que pueda usarla. Después la computadora ejecuta los cálculos (algoritmo de control) y envía una señal la cual debe pasar a través de un convertidos digital-analógico (D/A) y un “retenedor” que envía una señal continua a la válvula de control.

Existen tres tipos básicos de controladores que son comúnmente usados para control de retroalimentación continuo:

**ACCIÓN PROPORCIONAL:** La acción proporcional en un controlador implica que su señal de salida,  $U$ , cambia en proporción directa a la señal de error,  $E$ , la cual

es la diferencia entre el setpoint, R, y la señal medida del proceso, Ym, proveniente del transmisor.

$$U = U_s \pm K_c(R - Y_m)$$

Donde:

U = señal de salida del controlador, presión para controladores neumáticos y mA para controladores electrónicos.

Us = constante y es el valor de la señal de salida del controlador cuando no hay error. Como generalmente el proceso debe operar al valor de diseño y en el estado estacionario (U = Us).

Kc = es denominada ganancia del controlador. A mayor valor de la ganancia, mayor cambio en la señal de salida del controlador para un error dado.

Por ejemplo, si la ganancia es 1, un error de 10 por ciento de la escala (1.6 mA en un sistema analógico electrónico de 4 a 20 mA) cambiará la salida del controlador en 10 por ciento de la escala.

La ganancia del controlador puede ser ya sea positiva o negativa mediante la colocación de un interruptor en un controlador analógico o especificando el signo deseado en un controlador digital.

Como un ejemplo, supongamos que estamos controlando el nivel de la base de una columna de destilación con el flujo de los productos del fondo. La válvula deberá ser AO ya que necesitamos que se corte en caso de falla (no queremos perder nivel en la base en una emergencia). La señal de nivel del transmisor se incrementa si el nivel se incrementa. Por lo tanto, el controlador de nivel de la base deberá ser "incremento- incremento".

**ACCIÓN INTEGRAL (RESTAURADORA)** La acción proporcional mueve la válvula de control en proporción directa a la magnitud del error. La acción integral mueve la válvula de control en base al tiempo integral del error.

$$U = U_s + \frac{1}{T_i} \int E(s) dt$$

Donde TI es el tiempo integral o el tiempo de restauración con unidades de minutos.

El propósito básico de la acción integral es mover el proceso regresándolo a su setpoint cuando este ha sido perturbado. Un controlador proporcional, usualmente no retorna la variable controlada a su setpoint cuando ocurre una perturbación de carga o setpoint. Este error de funcionamiento ( $R - Y_m$ ) es denominado error de estado estacionario u “offset”. La acción integral reduce el “offset” a cero.

La acción integral degenera la respuesta dinámica de un lazo de control. Esto hace al lazo de control más oscilatorio y los movimientos hacia la inestabilidad. Pero la acción integral es usualmente necesaria si se desea obtener un offset igual a cero. Este es otro ejemplo de la contradicción en ingeniería que debe resolverse entre la operación dinámica y la operación al estado estacionario.

**ACCIÓN DERIVATIVA.** El propósito de la acción derivativa (también llamada velocidad o preacto) debe anticipar donde el proceso esta en curso mirando la razón de tiempo de cambio de la variable controlada (su derivada). Si podemos tomar la derivada de la señal de error (lo cual no podemos hacerlo perfectamente, tendríamos una acción derivativa ideal.

$$U = U_s + T_D \frac{dE}{dt}$$

Donde  $T_D$  es el tiempo derivativo (minutos)

En teoría, la acción derivativa debe siempre proporcionar respuesta dinámica, y esto se hace en muchos lazos. En otros sin embargo, el problema de señales ruido (fluctuaciones de señales medidas del proceso) hacen indeseable el uso de la acción derivativa.

## **2.2. CONTROLADORES COMERCIALES**

Las tres acciones descritas anteriormente son usadas individualmente o combinadas en controladores comerciales. Probablemente 60 por ciento del total de controladores son PI (proporcional-integral), 20 por ciento son PID (proporcional-integral-derivados) y 20 por ciento son P solamente (proporcional).

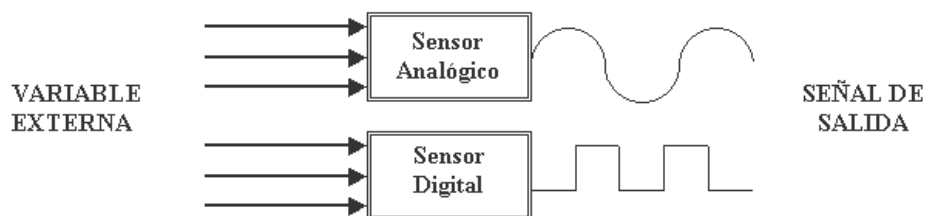
## **3.SENSORES**

Los sensores son en realidad unos elementos físicos que pertenecen a un tipo de dispositivo llamado transductor. Los transductores son unos elementos capaces de transformar una variable física en otra diferente. Los sensores son un tipo

concreto de transductores que se caracterizan porque son usados para medir la variable transformada.

La magnitud física que suele ser empleada por los sensores como resultado suele ser la tensión eléctrica, debido a la facilidad del trabajo con ella.

Desde el punto de vista de la forma de la variable de salida, podemos clasificar los sensores en dos grupos: Analógicos, en los que la señal de salida es una señal continua, analógica; y Digitales, que transforman la variable medida en una señal digital, a modo de pulsos o bits.



A los sensores, se les debe exigir una serie de características, que pasamos ahora a enumerar y comentar:

- Exactitud. Hace referencia a que se debe poder detectar el valor verdadero de la variable sin errores sistemáticos. Sobre varias mediciones, la media de los errores cometidos debe tender a cero.
- Precisión. Una medida será más precisa que otra si los posibles errores aleatorios en la medición son menores. Debemos procurar la máxima precisión posible.
- Rango de funcionamiento. El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento, es decir, debe ser capaz de medir de manera exacta y precisa un amplio abanico de valores de la magnitud correspondiente.
- Velocidad de respuesta. El sensor debe responder a los cambios de la variable a medir en un tiempo mínimo. Lo ideal sería que la respuesta fuera instantánea.
- Calibración. La calibración es el proceso mediante el que se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida que produce el



sensor. La calibración debe poder realizarse de manera sencilla y además el sensor no debe precisar una recalibración frecuente.

- Fiabilidad. El sensor debe ser fiable, es decir, no debe estar sujeto a fallos inesperados durante su funcionamiento.
- Coste. El coste para comprar, instalar y manejar el sensor debe ser lo más bajo posible.
- Facilidad de funcionamiento. Por último, sería ideal que la instalación y uso del sensor no necesitara de un aprendizaje excesivo.

Todas estas características son las deseables en los sensores. Sin embargo, en la mayoría de los casos lo que se procurará será un compromiso entre su cumplimiento y el coste que ello suponga a la hora del diseño y fabricación.

#### **4. ACTUADORES**

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

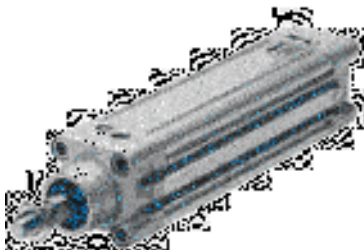
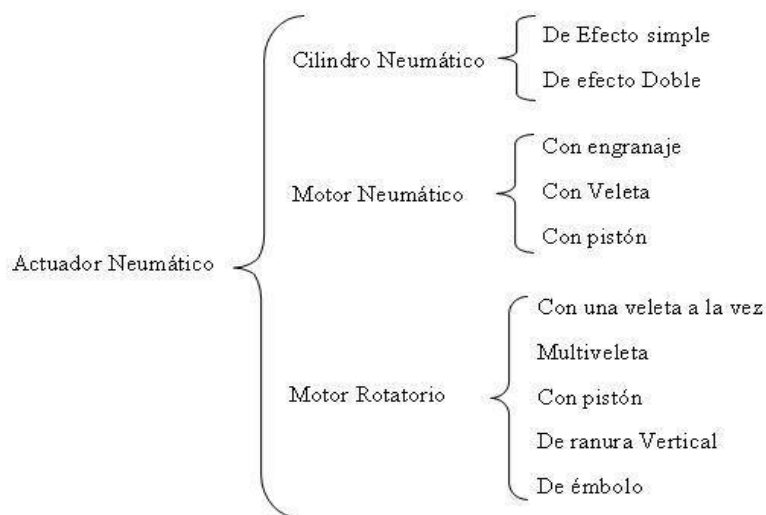
Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

Los actuadores eléctricos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin

escobillas se utilizaran en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

#### 4.1. Actuadores Neumáticos

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. Se clasifican de la siguiente manera:



#### 4.2. Actuadores Eléctricos

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

**Motores a paso** Es un dispositivo electromecánico que convierte pulsos eléctricos en movimientos mecánicos distintos. El eje de un motor a pasos gira con incrementos discretos a paso del paso cuando pulsos eléctricos son aplicados en la secuencia apropiada. Existen tres tipos básicos de motores a Pasos. Ellos son:

- Reductancia variable
- Imán permanente
- Híbrido



Figura 2.5. Motor eléctrico paso a paso

## **5. UTILIZACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA**

El agua tiene una amplia gama de usos, pero en la industria se considera como básicos los siguientes:

Para transferencia de calor, para la generación de energía y para usarlo en diferentes procesos químicos de transformación.

- **Transferencia de calor:** esta propiedad del agua es aprovechable en la industria en los procesos de calentamiento y de enfriamiento. Comúnmente para suministrar calor a las diferentes áreas de una industria se produce vapor de agua, en un centro generador de donde se distribuye a toda la planta a presión y a velocidad elevadas. La temperatura en cada unidad se controla regulando el flujo o la presión. La circulación de agua fría se emplea en equipos de enfriamiento.

- Generación de energía: la mayor parte de energía eléctrica generada, para una ciudad proviene de plantas termoeléctricas. La mayoría de estas plantas recuperan el vapor de agua por medio de condensadores, de tal manera que la cantidad de agua de reemplazo consumida es muy baja, menor del 1%. Estas plantas generadoras pueden ubicarse en la proximidad de la existencia de industria y abastecerlas de electricidad y de vapor de agua.
- Aplicación en procesos industriales: en este rubro la utilización del agua es múltiple, así, sirve como transportador de sustancias materiales en suspensión de una zona a otra de la fábrica a través de tuberías de circulación, por ejemplo el transporte de celulosa en la industria de papel.
- En minería el agua es utilizada para disolver o derretir los depósitos minerales subterráneos y transportar a la superficie para procesarlos posteriormente.
- En los pozos petroleros, se ha creado la necesidad de recuperar los residuos de petróleo de los antiguos campos de petróleo mediante la inyección de agua y vapor de agua.

En las plantas enlatadoras, las verduras son transportadas mediante corriente de agua, igual que la remolacha y jugo de la caña, en las fabricas azucareras.

- En casi todas las industrias y las viviendas de comunidades y ciudades, el agua se usa como diluyente y transporte de los desechos (aguas negras).
- Agua para lavar: resulta económico y conveniente el uso del agua para lavar la mayoría de equipos de una industria, mejorando la calidad del producto y el deterioro de los equipos por acumulación de sustancias químicas, precipitantes y corrosivas.
- Para la azúcar refinada también se lava mediante un proceso de extracción de agua durante la centrifugación, el lavado elimina la capa de miel de los cristales de azúcar, facilitando que fluya libremente y quitándole el color oscuro del azúcar.
- En los sistemas de aire acondicionado, utilizan el agua para lavar el aire retirando las impurezas que se encuentran en él, pero controlando la temperatura y humedad adecuadas
- En la industria de las bebidas embotelladas, el agua de buena calidad constituye la mayor parte del producto final. Cada bebida y cada fábrica de estas bebidas, tiene sus propias normas de calidad de agua, utilizando agua

clara para bebidas carbonatadas o agua completamente desmineralizadas para las bebidas alcohólicas.

Con el crecimiento de la tecnología y la ciencia, también ha crecido el número y en variedad la utilidad del agua en la industria.

## **6. CALIDAD DE AGUA**

Los factores que determinan la calidad de agua son la concentración total de sólidos (en suspensión cantidad de sales disueltas y microorganismos) y la dureza, los cuales además dependen del lugar de donde proviene el agua.

En relación a la dureza se considera agua dura o cruda y agua blanda o delgada. El agua dura contiene abundante carbonatos o sulfatos de calcio y de magnesio, en menor cantidad fierro, manganeso y otros cationes polivalentes que no afectan a la dureza del agua. El agua dura o cruda no es recomendable para la bebida, dificulta la digestión y el cocimiento de las legumbres.

Las aguas minerales o medicinales contienen abundante minerales o gases en disolución que le confieren al agua propiedades curativas para algunas enfermedades, provienen de las fuentes naturales y muchas de ellas se encuentran a temperatura elevada. Por su contenido pueden ser azoadas, sulfhídricas, carbónicas, ferruginosas etc.

Las aguas superficiales son mas blandas o ligeras que las subterráneas, sin embargo puede variar según las diferentes etapas del año y a veces se tornan turbias en razón de los periodos de mayor o menor flujo, los cuales también influyen en la concentración de sólidos y la dureza del agua subterránea.

El contenido de sílice en el agua en gran cantidad, forma escamas duras en los calderos y en las hojas de las turbinas. El hierro, manganeso y aluminio en exceso en las aguas superficiales y subterráneas, forman compuestos con las sustancias orgánicas disueltas. El hierro y el manganeso son perjudiciales porque dan un color indeseado al producto final.

El sodio y potasio en cantidades pequeñas son inofensivas. Los iones carbonatos ( $\text{CO}_3$ ) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ), dan la alcalinidad al agua, ésta por lo general se debe a la presencia de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que le confiere la propiedad de actuar como tampón o amortiguadora.

La concentración del ión hidrógeno o PH, se usa para indicar el grado de acidez y alcalinidad del agua. El PH de casi todas las aguas superficiales oscila entre 6 a

8. Las aguas subterráneas tienen un PH promedio entre 6-8, a veces tiene PH mayor que 8 y menor que 5.

El agua superficial y subterránea también contiene cloro, la de mar contiene abundante cloro, en este caso aumenta la corrosión en la superficie de los metales. En casi todas las aguas superficiales se observa la presencia de microorganismos: parásitos, bacterias, hongos, ofensivos para el organismo.

La definición de agua dura o agua blanda es relativa, porque en algunos países el agua dura puede ser considerada como blanda y viceversa, sin embargo hay que tener en cuenta que el índice para considerar agua dura es la mayor concentración de iones de calcio y magnesio, los cuales disminuyen el Ph y para agua blanda, es la concentración de iones de carbonato y bicarbonato los cuales aumentan el Ph o alcalinidad total del agua.

El agua básica o de distribución que se utiliza en cualquier industria para el empleo en diferentes procesos de una planta o diferentes plantas de la fábrica, incluyendo la utilizada por el personal, para bebida en forma natural (agua potable), debe contar con poca cantidad de minerales, libre de sustancias tóxicas, corrosivas y microorganismos. En tal virtud cuando el agua no cumple estas condiciones, se impone primeramente la purificación total o parcial del agua según las necesidades de la fábrica, mediante diversos métodos de “tratamiento de agua”.

## **7. TRATAMIENTO DE AGUA**

Tratamiento de agua es un proceso complicado y variable, para su elección debe tenerse en cuenta la fuente de donde procede y la calidad deseada del agua de distribución que luego va a tener múltiples usos en las distintas áreas de una fábrica o industria, para ello puede tenerse en cuenta además la fiabilidad del agua, la flexibilidad del proceso con miras al futuro, el costo de instalación y desarrollo del proceso del tratamiento del agua.

Para obtener agua potable o bebible en forma directa o en agua embotellada y hielo doméstico, debe sujetarse a las normas establecidas por La Organización Mundial de la Salud (OMS), la que involucra normas internacionales y europeas que están en constante revisión.

Existe variedad de métodos de tratamiento de agua y según las necesidades de eliminar parcial o totalmente las sustancias que se encuentran en solución

verdadera o en forma coloidal, se elegirá uno o varios métodos para asegurarse de lograr los objetivos de la empresa.

Cuando las circunstancias son adecuadas puede utilizarse los fenómenos que ocurren en la naturaleza, por ejemplo además de los procesos físico y físico - químicos que se producen en forma espontánea (como sedimentación filtración, desgaseado, o reoxigenación), se puede aprovechar los fenómenos provocados por los microorganismos vivos contenidos en el agua. Estos procesos consisten en la eliminación o transformación de sustancias orgánicas (metabolismo del microorganismo) que pueden ser fuente de energía vital. También pueden participar en la precipitación de coloides hidrófilos estables y en la eliminación de otros microorganismos como los gérmenes patógenos, por competir en la supervivencia.

Con cualquiera de los métodos de tratamiento de agua empleados se debe conseguir lo siguiente:

1. Extracción o transferencia de masa sólido-líquido, líquido-líquido o gas-líquido utilizando:

- Separación mediante rejillas
- Tamizado
- Sedimentación
- Filtración
- Flotación
- Absorción
- Desgaseado
- Intercambio iónico
- Transferencia iónica
- Ultrafiltración

2. Modificación de estado o de estructura mediante:

- Precipitación de coloides
- Transformación de iones en precipitado o en gas
- Disgregación de moléculas o en moléculas de menor tamaño o más simples.

- Formación de moléculas más complejas (productos de adición o de sustitución)
  - Destrucción de microorganismos vivos: parásitos, bacterias, hongos.
3. Combinación de la modificación de estado o estructura y de la extracción:
- Generalmente, primero se realiza el cambio de estado o estructura
  - Y finalmente el de extracción.

Para obtener agua potable a partir de agua de mar, primeramente se trata modificando el estado o estructura, luego los métodos de destilación y congelación. Hay condiciones en que para purificar el agua es necesario intensificar cada uno de los métodos mencionados, en tales casos se utiliza reactivos y procesos mecánicos específicos.



## **CAPITULO III**

# **SITUACIÓN ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN**

---

### **1. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO**

Se obtuvo información sobre los elementos existentes en la planta de tratamiento de agua, manual de la planta, manual de funcionamiento de los elementos del proceso y planos de instrumentación de los mismos, para determinar que cambios se realizarán para poder automatizar el proceso de tratamiento de agua.

Se obtuvo datos mediante la observación, sobre la existencia de sensores, motores, bombas, tanques, su funcionamiento y la secuencia del proceso del tratamiento de agua.

#### **1.1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA**

La planta de tratamiento de agua consta de los siguientes componentes:

##### **1.1.1. REACTIVADOR**

Es el componente básico de la Planta de tratamiento de agua, en el que se realizan las reacciones químicas que precipitan los carbonatos para acondicionar la alcalinidad requerida del agua. Es de forma cilíndrica y esta construida de planchas de acero al carbono, el fondo es de cemento ligeramente cónico hacia el centro. Consta de las siguientes partes:

- **Plataforma de trabajo e inspección.**  
Ubicada en la parte superior, esta sostenida por vigas de acero, sirve de soporte las partes móviles del reactivador. Adicionalmente existen dos vigas de acerolas que sirven de soporte a la canaleta colectora y a la campana de floculación.

- Cilindro central o Cámara de Reacción

Es un cilindro construido de planchas de acero al carbono, esta sostenido por cuatro templadores a las vigas de la plataforma. Dentro de esta cámara se encuentra un eje tubular que da el giro a un agitador de paletas. Su parte inferior esta conectada, mediante un faldón de caucho, al cono que gira con el raspador ("scraper"). A esta cámara llegan el tubo de entrada de agua cruda y los tubos que transportan los reactivos.

- Campana de Floculación

Tiene la forma de tronco de cono en su parte superior y cilíndrica en el tramo inferior. Esta construida de planchas de acero al carbono y esta sujeta a las vigas transversales que soportan la plataforma.

- Canaleta Colectora.

Construida de planchas de acero al carbono. Esta canaleta tiene 72 agujeros de 3cm. de diámetro ubicados en la parte interior y a media altura de la canaleta. Estos agujeros permiten la recolección del agua tratada.

Posee además, en el fondo, una perforación de 36cm. por el cual se conduce, a través de un tubo del mismo diámetro, el agua al tanque distribuidor.

- Embudo de Rebose

Construido de planchas de acero al carbono, esta ubicado en la parte alta del tanque reactivador, ligeramente por debajo del nivel superior de la canaleta colectora, sirve para eliminar, al desagüe, cualquier exceso de agua que sobrepase la capacidad de colección de agua tratada por los agujeros de la canaleta.

- Tubería de descarga de lodos.

Es una tubería de 4 pulgadas de diámetro, que conecta el centro del fondo del reactivador con el sistema de drenaje de la fabrica.

- Válvulas de muestreo.

Son un conjunto de válvulas ubicadas en el exterior del reactivador y sirven para tomar muestras del agua de las diferentes zonas del reactivador para poder apreciar la marcha de la reacción entre el agua y los reactivos y la respectiva formación de carbonatos y los flóculos.

- Mando electromecánico del agitador  
Lo constituye un motoreductor de tres velocidades y una transmisión compuesta por piñón y catalina.
- Agitador.  
Constituido por un eje tubular y un impulsor de disco y paletas.
- Mando electromecánico del raspador  
Lo constituye un motor eléctrico, un reductor de velocidad, una transmisión de cadena y rodillos, un piñón de cadena y un eje de acero.
- Raspador (“Scraper”)  
Conformado por dos brazos de acero sostenido por el eje y sus cojinetes; posee en cada brazo tres paletas raspadoras, las cuales llevan los sólidos decantados hacia el centro del fondo del reactivador. En el centro posee un peine removedor de lodos, el cual mantendrá los lodos en estado fluido para ser eliminados a través del tubo de desagüe.
- Control de nivel del Reactivador.  
El nivel del agua, en el reactivador, es controlado por un controlador de nivel propiamente dicho y una válvula y un motor neumático que, al recibir la señal del controlador, abre o cierra la válvula permitiendo así la entrada de agua al reactivador.
- Medidor de agua “Foxboro”  
Este instrumento controla y grafica el caudal de agua que proviene de los pozos profundos, ingresa al reactivador y emite pulsos que son recibidos por el panel No 2 de temporizadores, que controlan la adición de cal y alumina.

### **1.1.2. TANQUE DISTRIBUIDOR**

Es un tanque cilíndrico que está ubicado en el exterior del reactivador y al nivel de la canaleta colectora. Está construido con planchas de acero al carbono. En el interior del tanque distribuidor hay otro tanque concéntrico, a donde llega la tubería de salida de agua de la canaleta colectora del reactivador. Entre este cilindro interior y la pared del tanque distribuidor existen tres planchas radiales, las cuales forman cámaras que dividen el flujo del agua en tres partes. El agua de una cámara, por medio de un tubo de 8 pulgadas de diámetro, va al filtro de

antracita y el agua de las otras dos cámaras, por medio de tubos de 6 pulgadas de diámetro, va al filtro de arena.

A la parte superior del tanque distribuidor llega un tubo de 3 pulgadas de diámetro que viene del tanque de recuperación de agua, de lavado a contraflujo, de los filtros. De la parte superior, del tanque distribuidor, también sale un tubo de rebose.

### **1.1.3. FILTROS**

Los filtros de agua “Graver Monovalve”, son tanques cilíndricos, contruidos de planchas de acero al carbono y están divididos en tres compartimientos horizontales. El compartimiento del fondo esta comprendido entre el piso del filtro y un diafragma de acero. El diafragma esta suspendido por 47 barras de acero de 2.5 cm. de diámetro y 40 cm. de altura. El segundo compartimiento esta formado por el diafragma, antes mencionado, y un techo a abovedado de dos secciones diametralmente distribuidas, formando dos cámaras.

El diafragma da forma al fondo de este compartimiento y tiene 158 perforaciones de 3.8 cm. de diámetro y que sirven de alojamiento a los colectores de “Party Lock”. Cada una de las cámaras tiene su tapa de registro para la limpieza, al igual que el compartimiento del fondo. En la parte superior de cada una de estas cámaras, al centro, hay una placa deflectora, debajo del orificio por donde ingresa el agua proveniente del tanque distribuidor.

El tercer compartimiento tiene como fondo el techo abovedado de las cámaras del segundo compartimiento. Este compartimiento sirve para recibir el agua filtrada a través de un conducto que lo comunica con el compartimiento del fondo. Este compartimiento acumula el agua necesaria para efectuar el lavado del filtro, a contra flujo.

Los filtros tienen, cerca de su borde superior, un rebose en forma de tina semicircular que recoge el agua cuando esta sobrepasa su nivel, y por medio de un tubo, conectado en su fondo, lo conduce a los reservorios.

#### 1.1.4. PANELES DE TEMPORIZADORES

##### Panel N° 1

Este panel tiene tres temporizadores que gobiernan la operación de agitación a contra flujo y la remoción de los lodos del fondo del reactivador.

- Temporizador (Timer) de control de pulsos.

Este instrumento recibe señal de los temporizadores del cal y alumina y sirve para controlar la frecuencia de los ciclos de agitación a contra flujo de los sólidos asentados en el tubo de extracción de lodos y en el centro del fondo del reactivador, para su eliminación. Esta graduado de 0 a 120 pulsos; su rango de trabajo es variable. Para regular la frecuencia de contra flujos basta girar la perilla a la izquierda o a la derecha según se quiera aumentar o disminuir el lapso entre contra flujos, enviando señal del temporizador de contra flujos.

- Temporizador de contra flujos del Reactivador

Este instrumento ordena el ingreso de agua a presión para remover los lodos decantados, previo a su extracción por el tubo de descarga. Emite una señal con graduación en segundos, de 0 a 240 segundos.

- Temporizador de Purga

Este instrumento entra en acción al recibir señal del temporizador de contraflujo y emite una señal que abre la válvula motorizada de purga de los lodos. Este instrumento esta graduado de 0 a 15 minutos.

##### Panel N° 2

Este panel contiene tres temporizadores, los cuales son regulables con un vernier graduado en segundos y controlan el tiempo de funcionamiento de los gusanos alimentadores de cal y de alumina.

Un temporizador controla el gusano alimentador de alumina, otro controla la alimentación de cal y un tercero controla el gusano alimentador de una tolva que esta en stand by como repuesto para reemplazar a la tolva de cal o de alumina, según sea el caso.

Estos temporizadores reciben señal de arranque del medidor de flujo de agua que entra al reactivador y envían señal al temporizador de control de pulsos del panel N 1.

#### **1.1.5. TOLVAS**

En un ambiente acondicionado para la preparación de los insumos, empleados en el tratamiento del agua, hay tres tolvas. Una tolva se emplea para la dosificación de cal, otra tolva para la dosificación de sulfato de alumina y una tercera tolva como repuesto para reemplazar a cualquiera de las anteriores.

Cada tolva se compone de tres cuerpos, el primer cuerpo en la parte superior, en forma de tronco de pirámide invertida; un segundo cuerpo en la parte central de la tolva, en forma de cajón con base rectangular, en el que se aloja una tolva mas pequeña con una ranura central en el fondo, de 3 cm. de ancho y 35.5 cm. de largo y en cuyo centro se aloja un sinfín que alimenta los insumos, cal o alumina según sea el caso, al tercer cuerpo. El tercer cuerpo es el depósito de agua en el que se efectúa la mezcla, la que es agitada por una hélice accionada por un motor. La mezcla es impulsada por una bomba y por medio de una tubería va a la cámara de reacción del reactivador.

#### **1.1.6. AMBIENTE PARA REALIZAR LOS ANALISIS**

Es un ambiente especialmente preparado para realizar los análisis de control de la calidad del agua, en las distintas etapas del tratamiento.

#### **1.1.7. ALMACEN DE INSUMOS**

Es un recinto que sirve de almacén de los insumos empleados en el tratamiento del agua. Los insumos son almacenados sobre parihuelas de madera para evitar la humedad del piso. Los insumos empleados en esta planta de tratamiento de agua son: Cal hidratada, Sulfato de alumina, Nalcolyte 110-A, y Nalco 8184.

La cal hidratada, es la cal viva que ha sido apagada por la adición de agua, convirtiéndolo en un hidrato de calcio. El sulfato de alumina, es una sal que se obtiene por la reacción del ácido sulfúrico, una base obtenida de los feldespatos y las arcillas de oxido de aluminio.

El Nalcolyte 110-A, es un compuesto químico que se obtiene ya preparado y formulado. Es un efectivo coagulante, el cual añadido al agua en el reactivador, se

logra incrementar el tamaño y la densidad de los flóculos de carbonato de calcio, precipitándose y facilitando su decantación, consiguiendo con esto el aumento de la claridad del agua y facilitando su filtrado.

El Nalco 8184, es un compuesto químico que puede reemplazar al Nalcolyte 110-A, pues también constituye un efectivo floculante del carbonato de calcio.

## **1.2. OPERACIÓN DEL REACTIVADOR**

Después de un servicio de limpieza y desinfección, el reactivador se encuentra vacío, y en condiciones de realizar la operación del tratamiento del agua. Se comienza a llenar el tanque reactivador, abriendo la válvula de ingreso de agua cruda, la que es impulsada, por una bomba, desde una de los pozos profundos. Se inicia la adición de reactivo, cuando el nivel del agua sobrepase el nivel de los tubos de ingreso de los reactivos al cilindro central del reactivador, regulando los temporizadores de cal y alumina. En seguida se procede a abrir la válvula de extracción de lodos con el objeto de hacer mas lenta la elevación del nivel del agua, retardando que esta llegue a los agujeros de la canaleta recolectora, evitando así que el agua llegue a los filtros sin haber obtenido la alcalinidad deseada.

Para conseguir la alcalinidad deseada del agua se procederá, luego de cada análisis, a efectuar el ajuste de los temporizadores de cal y alumina, aumentando o disminuyendo la duración de los periodos de adición, modificando la graduación del “vernier” de cada instrumento, considerando que el de cal regula la alcalinidad y el de alumina regula la floculación de los carbonatos.

Una vez obtenido los resultados deseados, se procederá a cerrar la válvula de extracción de lodos, permitiendo que el agua ingrese a la canaleta recolectora y de allí pase a los filtros de agua.

Para conseguir una adecuada agitación en el cilindro central, y obtener así una mejor reacción entre los reactivos y los bicarbonatos del agua cruda, se buscara la mejor velocidad de agitación, regulando la velocidad de salida del motor reductor de mando del agitador. Al respecto hay que tener en cuenta que una

velocidad muy baja no favorece la reacción y que una velocidad muy alta puede dificultar la formación de los flóculos de carbonato y retardar su decantación.

### 1.3. OPERACIÓN DEL FILTRO DE AGUA

El agua proveniente del reactivador llega al filtro bajando por una tubería, y atravesando el lecho filtrante y los coladores Partylock sube por un conducto al compartimiento de almacenaje de agua para el lavado a contraflujo. El aire que ingresa con el agua es eliminado por un tubo y el nivel en el compartimiento de almacenaje de agua para el lavado a contraflujo comienza a subir.

El nivel del agua en el tubo de eliminación del aire es mas alto que en el compartimiento de agua para lavado a contraflujo y se debe a la caída de presión a través del lecho filtrante.

El diseño de este filtro es tal que requiere de una sola válvula para su operación, por lo que trabaja en forma automática.

### 1.4. RANGO DE PH PARA EL AGUA TRATADA

ALCALINIDAD (ppm)	PH
36	8.5
38	8.4
40	8.3
42	8.2
44	8.1

Esta tabla nos muestra los valores permitidos para el agua tratada. Teniendo como valor ideal el de PH = 8.3 (Set Point) y la relación casi inversamente proporcional entre la alcalinidad y el PH.



## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **2.1. 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 agua.
- g. Almacenamiento de datos e información del sistema de tratamiento de agua en un sistema de supervisión.

### **2.2. 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 al aumentar la producción en forma eficiente.

### **2.3. 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. Realizar el tratamiento adecuado del agua utilizada como principal insumo del producto consumido por personas.

Es de vital importancia poder realizar los controles del tratamiento de agua en la elaboración de la cerveza, ya que es el componente principal en porcentaje, así como de sus características depende el sabor final del producto, por lo tanto es esencial que este proceso esté automatizado asegurando la calidad de la producción.

## **CAPITULO IV**

### **DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN**

---

#### **1. SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA 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 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 gerencial

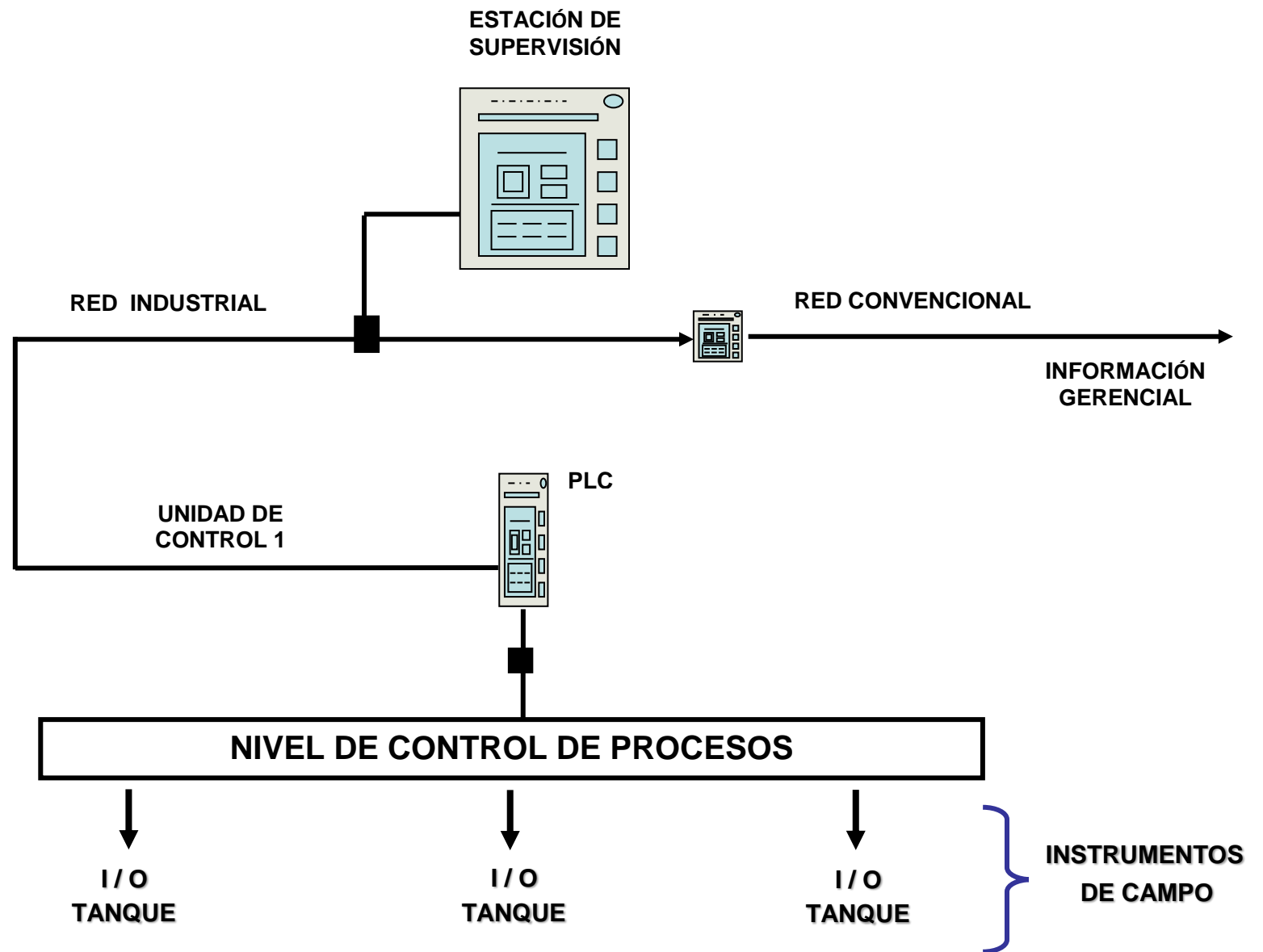


Figura 4.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

## **2. INTERFACE DEL SISTEMA CON EL OPERADOR**

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. RED DE COMUNICACIÓN**

La comunicación local deberá ser a través de un protocolo industrial, de acuerdo al PLC seleccionado, 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.

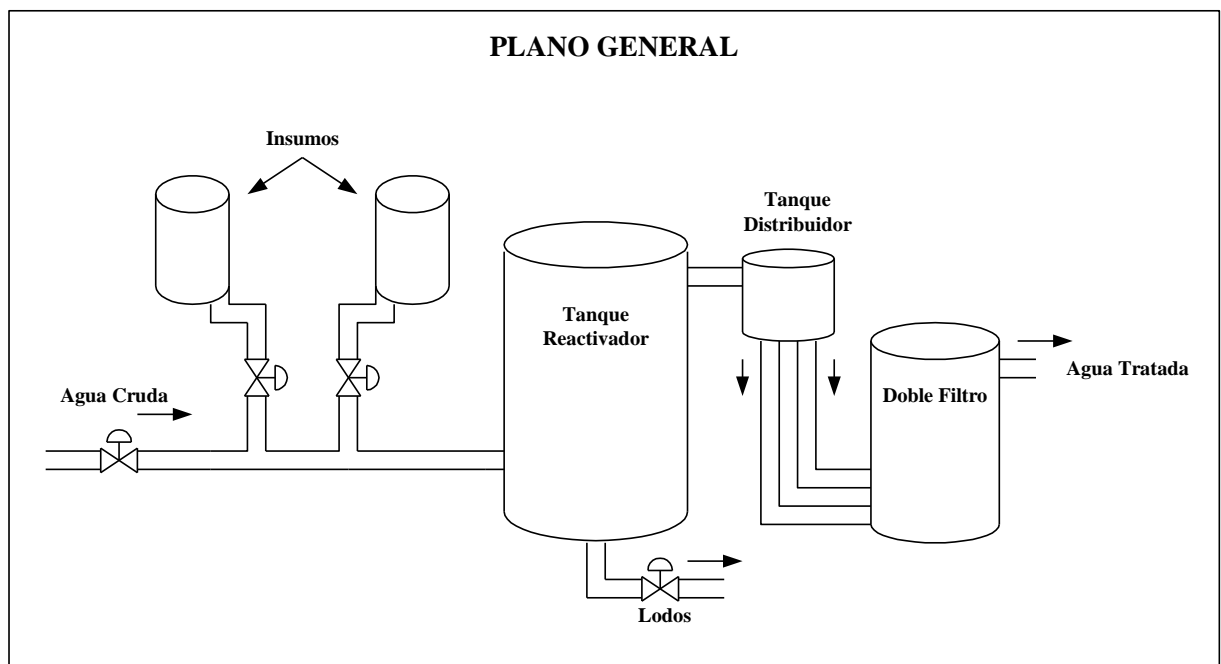
La redundancia sería una forma de proteger la operación del sistema contra fallas que puedan presentarse, la cual deberá estar orientada a las partes básicas del sistema y no al total del sistema, debido a que el costo del proyecto se duplicaría, lo que no sería beneficioso para la empresa. Este punto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

#### 4. PLANOS DE INSTRUMENTACIÓN

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.

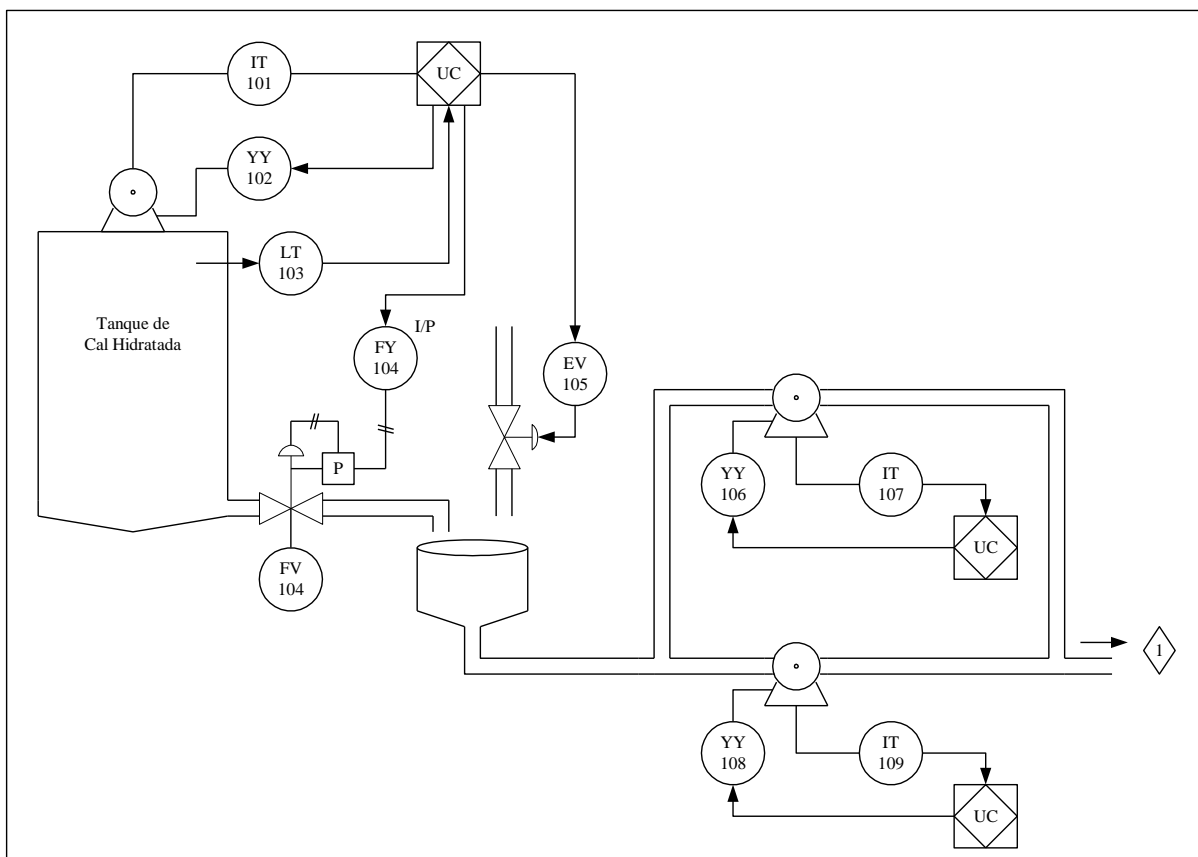
Los planos de instrumentación se diseñaron tomando en cuenta el funcionamiento de los elementos existentes y el de los nuevos elementos (PLC, sensores de nivel, sensores de PH, válvulas), para finalmente elaborar el algoritmo de control de la planta de tratamiento de agua.

Para ello se tomó en cuenta el esquema general de la planta de tratamiento de agua y los elementos cuyas características de cada uno se expone a continuación.



**Figura 4.2. Esquema General de la Planta**

Los planos de instrumentación elaborados teniendo en cuenta los nuevos elementos del proceso de tratamiento de agua, se exponen en las siguientes figuras:

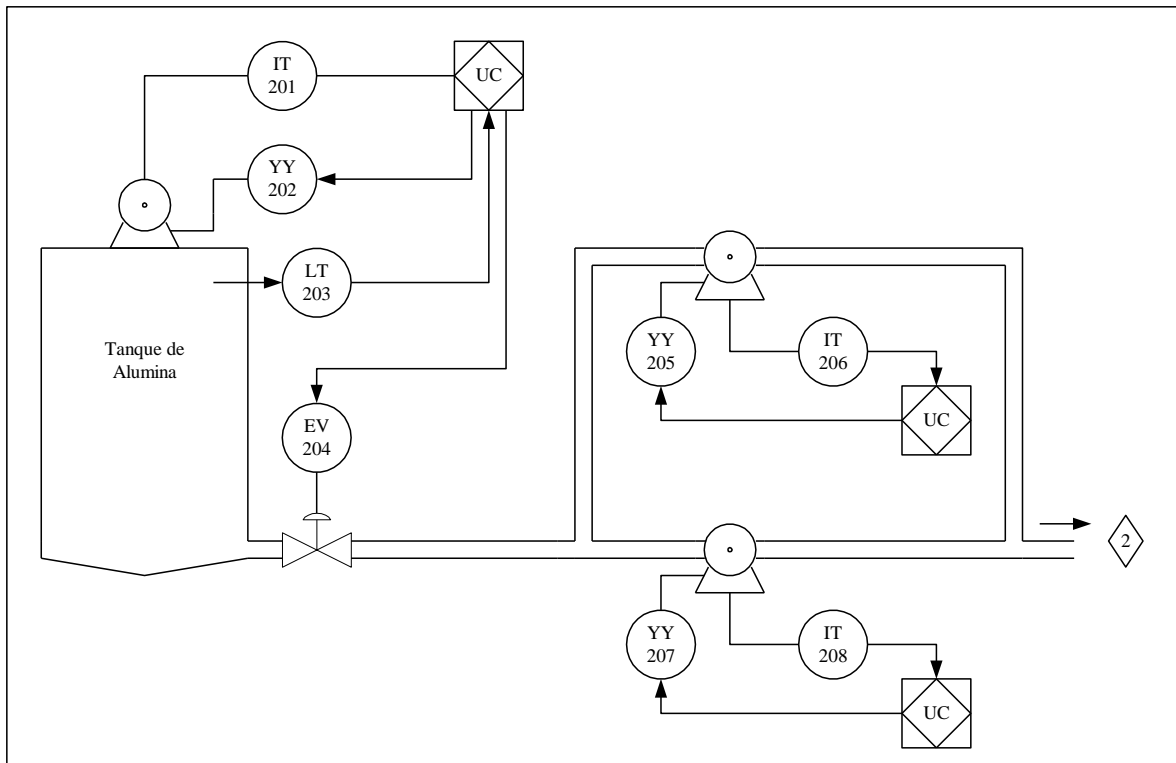


**Figura 4.3. Plano de Tanque de Cal Hidratada**

En la siguiente tabla se muestran los diversos elementos empleados en este diagrama de instrumentación.

IT – 101	Sensor de Corriente de motor
YY – 102	Relé Contactor para activar motor
LT – 103	Sensor de Nivel de Tanque de Cal Hidratada
FY – 104	Convertidor Corriente – Presión
FV – 104	Válvula de Flujo Neumática de 1 1/2”
EV – 105	Electro válvula
YY – 106	Relé Contactor para activar motor de bomba
IT – 107	Sensor de Corriente de motor
YY – 108	Relé Contactor para activar motor de bomba
IT – 109	Sensor de Corriente de motor

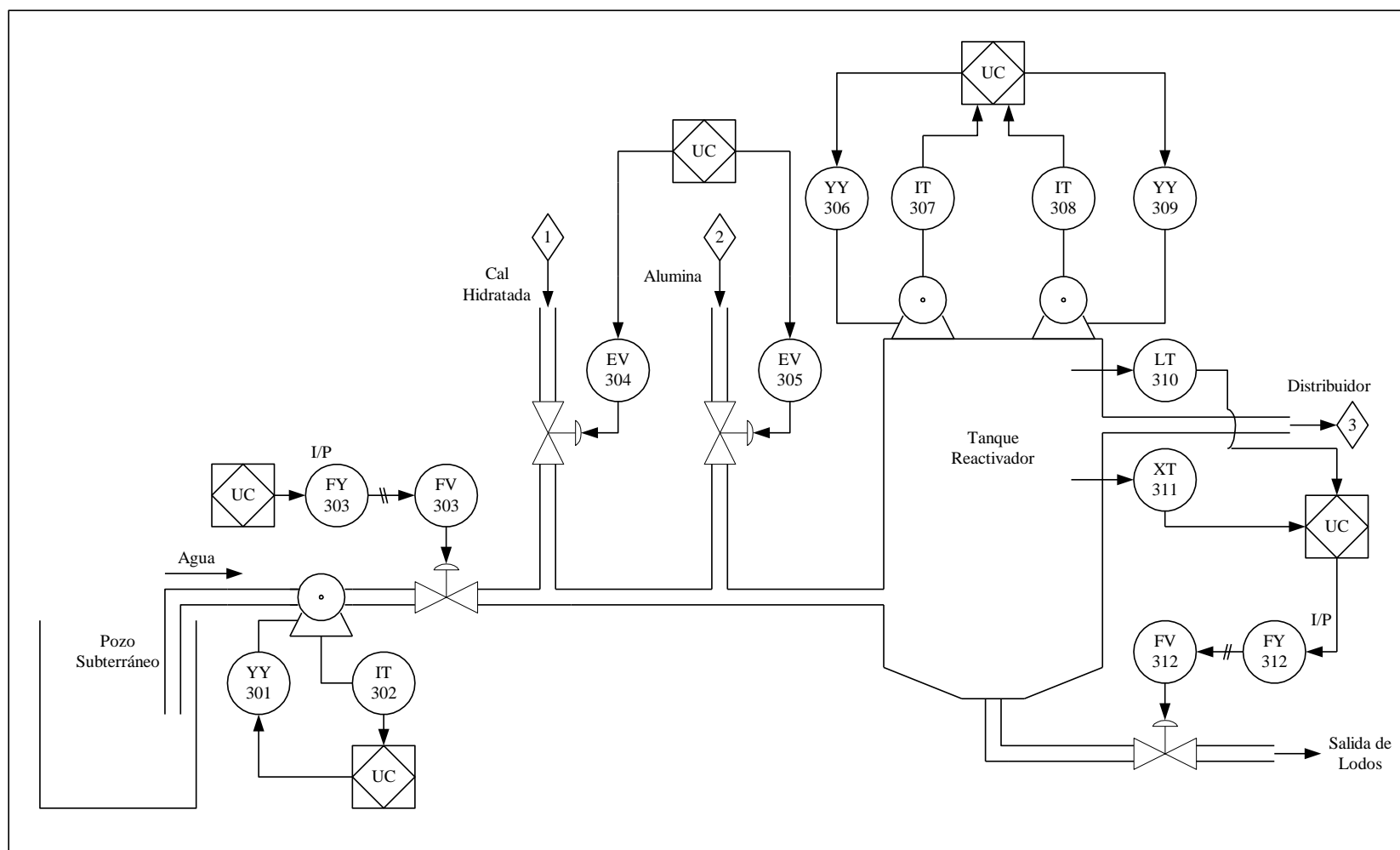




**Figura 4.4. Plano de Tanque de Alumina**

En la siguiente tabla se muestran los diversos elementos empleados en este diagrama de instrumentación.

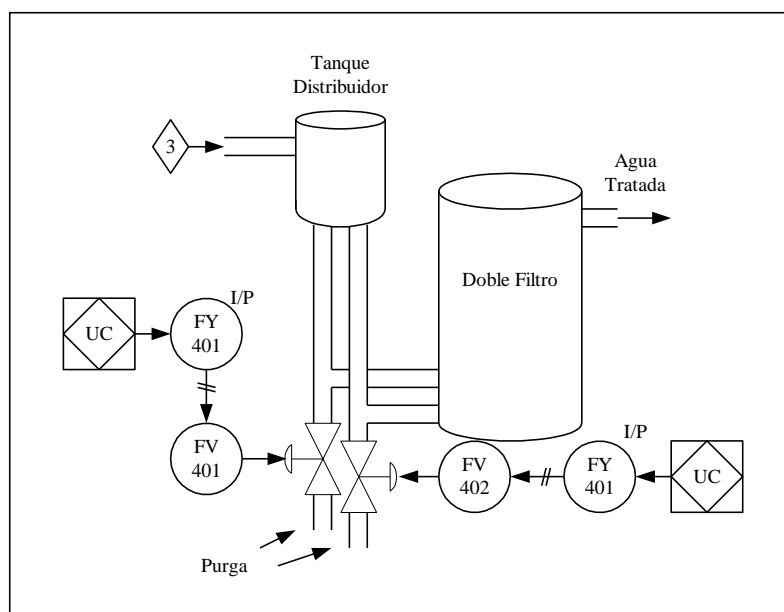
IT – 201	Sensor de Corriente de motor
YY – 202	Relé Contactor para activar motor
LT – 203	Sensor de Nivel de Tanque de Alumina
EV – 204	Electro válvula
YY – 205	Relé Contactor para activar motor de bomba
IT – 206	Sensor de Corriente de motor
YY – 207	Relé Contactor para activar motor de bomba
IT – 208	Sensor de Corriente de motor



**Figura 4.5. Plano de Tanque Reactivador**

En la siguiente tabla se muestran los diversos elementos empleados en este diagrama de instrumentación.

YY – 301	Relé Contactor para activar motor de bomba
IT – 302	Sensor de Corriente de motor de bomba
FY – 303	Convertidor Corriente – Presión
FV – 303	Válvula de Flujo Neumática de 31/2”
EV – 304	Electro válvula
EV – 305	Electro válvula
YY – 306	Relé Contactor para activar Motor
IT – 307	Sensor de Corriente de Motor
IT – 308	Sensor de Corriente de Motor
YY – 309	Relé Contactor para activar Motor
LT – 310	Sensor de Nivel de Tanque de Alumina
XT – 311	Sensor de Nivel de Ph del agua de 0 a 14
FY – 312	Convertidor Corriente – Presión
FV – 312	Válvula de Flujo Neumática de 31/2”



**Figura 4.6. Plano de Tanque Distribuidor y Doble Filtro**

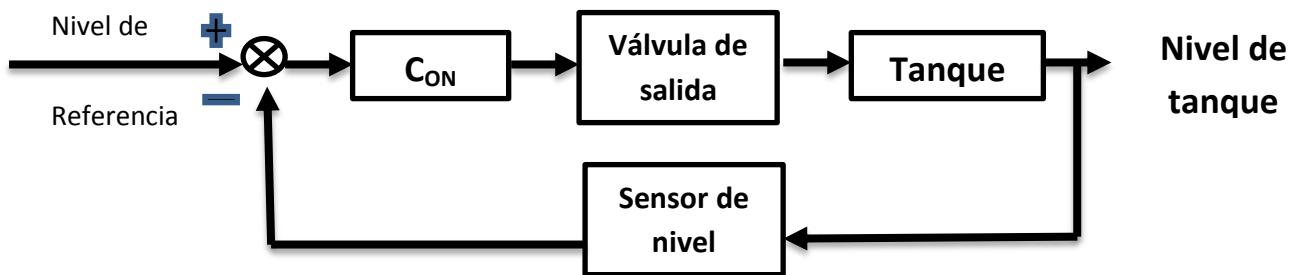
En la siguiente tabla se muestran los diversos elementos empleados en este diagrama de instrumentación.

FV – 401	Válvula de Flujo Neumática
FY – 401	Convertidor Corriente – Presión
FV – 402	Válvula de Flujo Neumática
FY – 402	Convertidor Corriente – Presión

## 5. ALGORITMO DE CONTROL

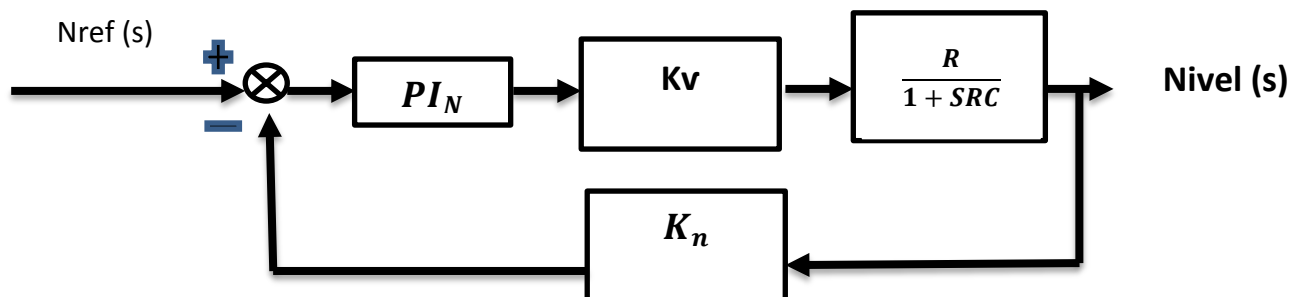
### 5.1 TANQUE DE CAL HIDRATADA

#### a) Nivel de Tanque



Considerando a  $C_{ON}$  como controlador de nivel

#### Diagrama de bloques



Donde:

$K_v$  = constante de relación de la válvula

$K_n$  = constante de relación del sensor de nivel

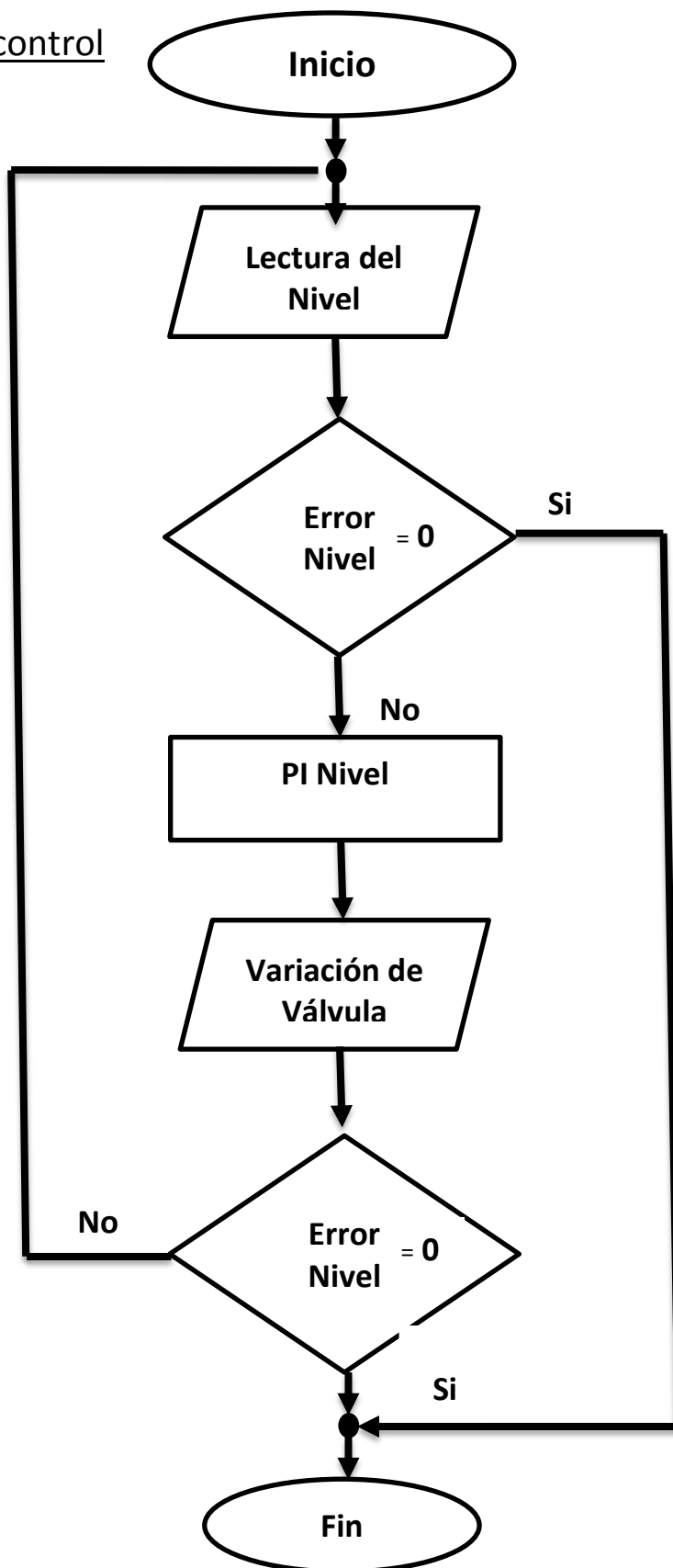
#### Función de transferencia

$$\frac{Nivel(s)}{Nref(s)} = \frac{PI_N(K_v)\left(\frac{R}{1+SRC}\right)}{1+(K_n)(PI_N)(K_v)\left(\frac{R}{1+SRC}\right)}$$

Donde:

$$PI_N = \frac{(1+sK_p.T_i)}{(sT_i)} \longrightarrow \text{PI para el nivel del tanque}$$

## Algoritmo de control



## Simulación en Matlab

### Programa para el Control de Nivel

```
%%%TANQUE CAL HIDRATADA-CONTROL DE NIVEL
```

```
%Ganancias
```

```
Kv = 0.1;
```

```
Kn = 1;
```

```
%Valores del proceso
```

```
R = 80;
```

```
C = 0.1;
```

```
%Constantes de tiempo
```

```
Ti= 10;
```

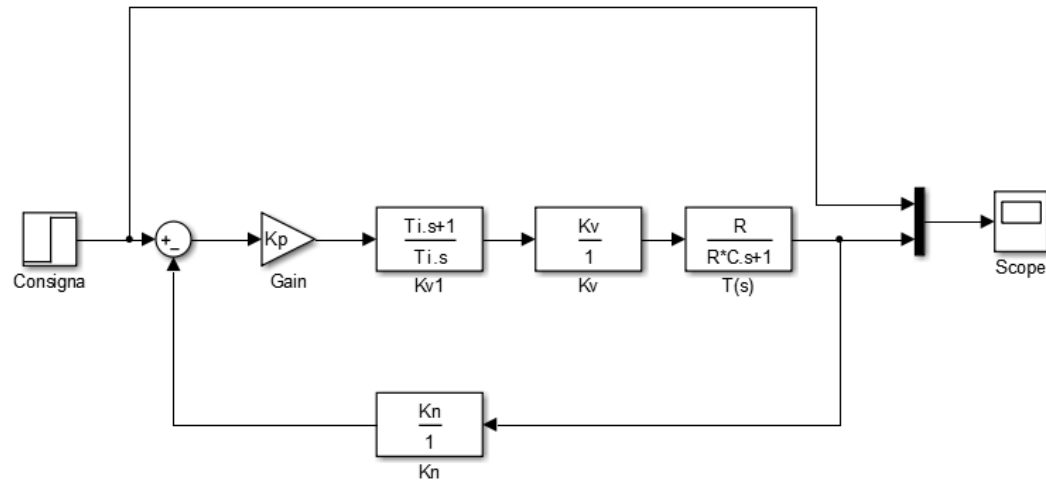
```
Td = 0.015;
```

```
%Parámetros del controlador
```

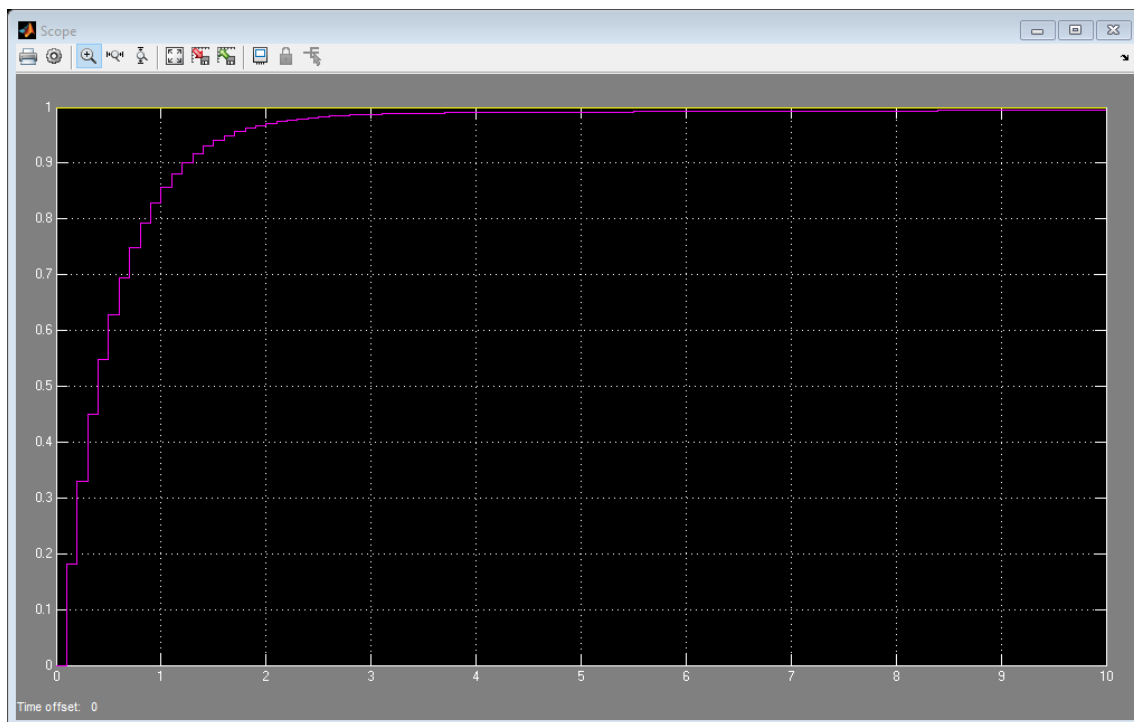
```
Kp = 2;
```

```
Ki = 0.2;
```

## Diagrama de bloques en Matlab



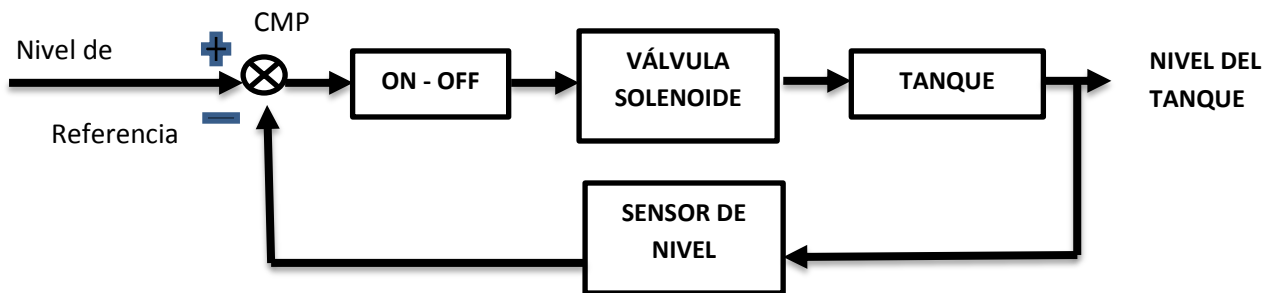
## Respuesta Gráfica del Control de Nivel





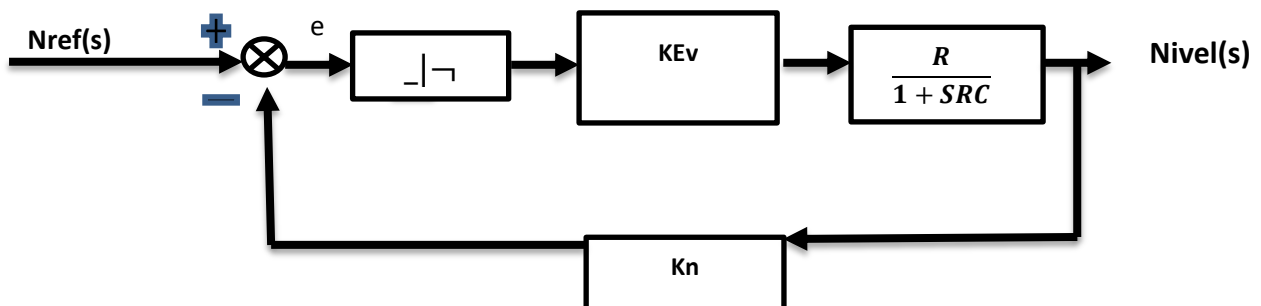
## 5.2 TANQUE DE ALUMINA

### a) Nivel de Tanque



Considerando a CMP como comparador

### Diagrama de bloques



Donde:

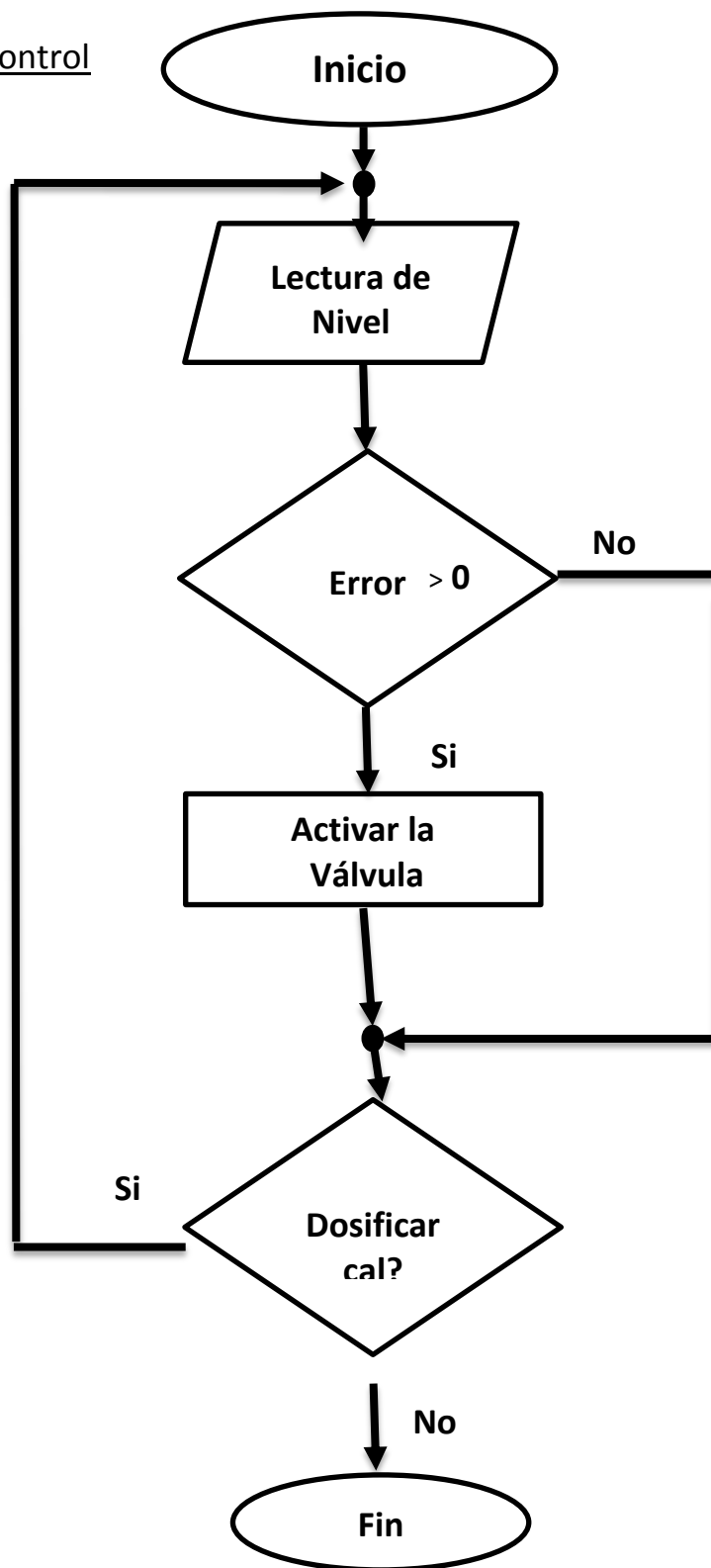
$KEv$  = coeficiente de la válvula solenoide

$Kn$  = constante de relación del sensor de nivel

### Función de Transferencia

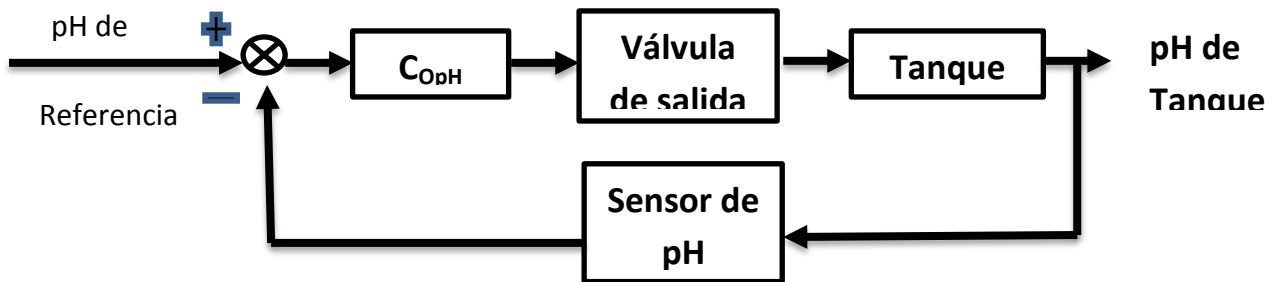
$$\frac{Nivel(s)}{Nref(s)} = \frac{(\_|\neg)(KEv) \left( \frac{R}{1+SRC} \right)}{1 + (Kn)(\_|\neg)(KEv) \left( \frac{R}{1+SRC} \right)}$$

Donde:  $\_|\neg$  = control on-off



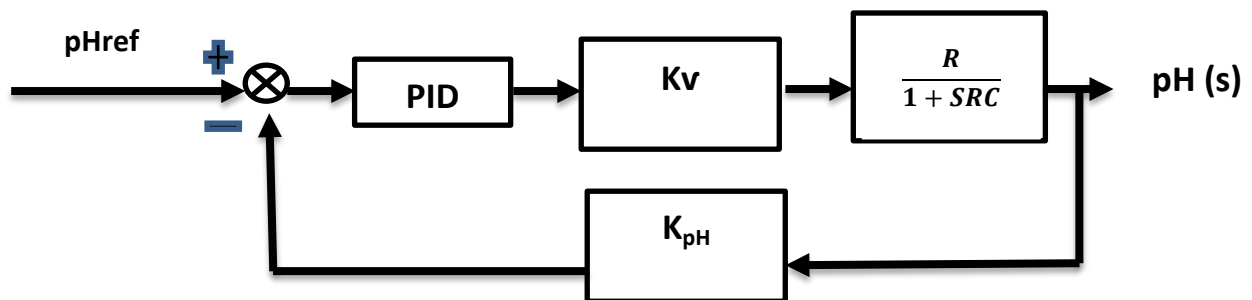
### 5.3 TANQUE REACTIVADOR

#### a) Control de pH



Considerando a  $C_{OpH}$  como controlador de pH

#### Diagrama de bloques



Donde:

$K_v$  = constante de relación de la válvula.

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

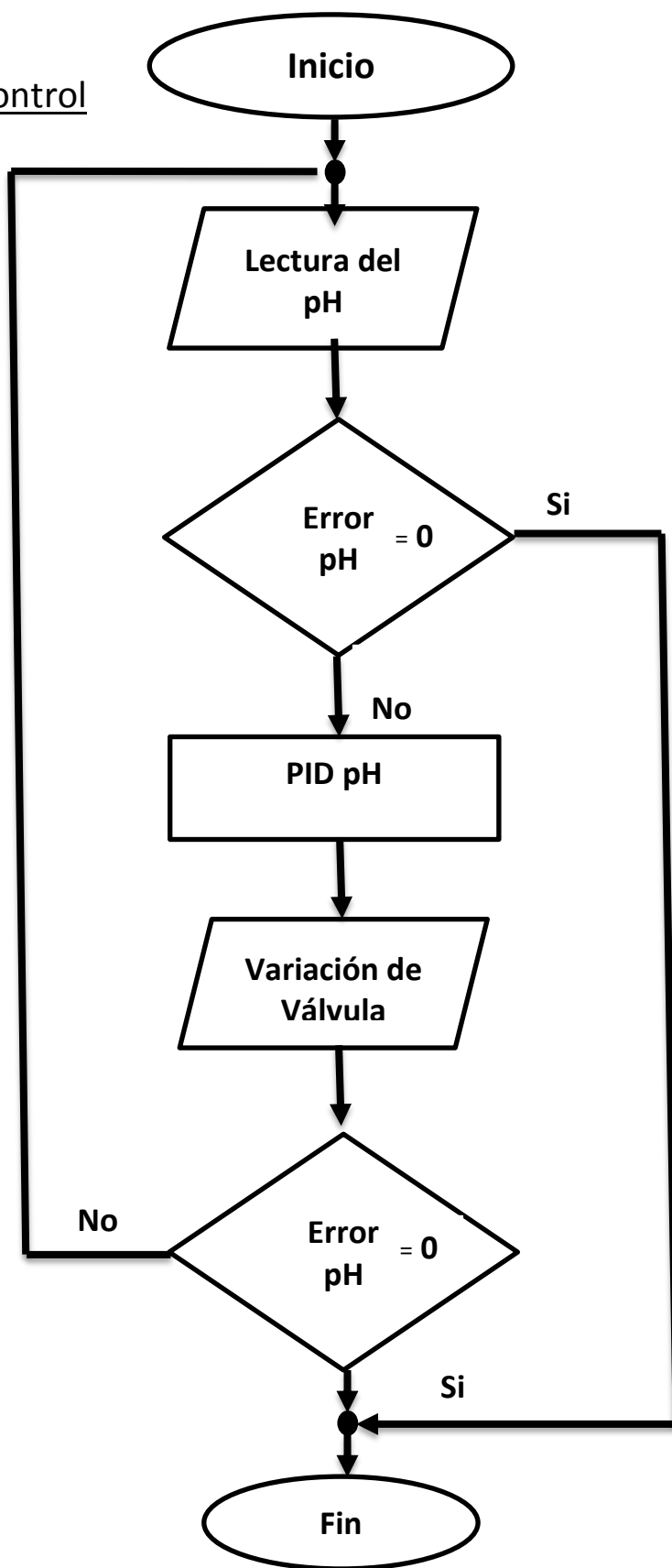
#### Función de transferencia

$$\frac{pH(s)}{pH_{ref}(s)} = \frac{PID(K_v)\left(\frac{R}{1+SRC}\right)}{1+(K_{pH})(PID)(K_v)\left(\frac{R}{1+SRC}\right)}$$

Donde:

$$PID = \frac{1+sK_pT_i+s^2T_iT_d}{(sT_i)} \longrightarrow \text{PID para el pH del tanque}$$

Algoritmo de control



## Simulación en Matlab

### Programa para el control de pH

```
%TANQUE REACTIVADOR-CONTROL PH
```

```
%Parámetros del controlador
```

```
Kp = 2;
```

```
Ki = 0.2;
```

```
Tid = Ti*Td;
```

```
Kd = 0.03;
```

```
%Valores del proceso
```

```
R = 80;
```

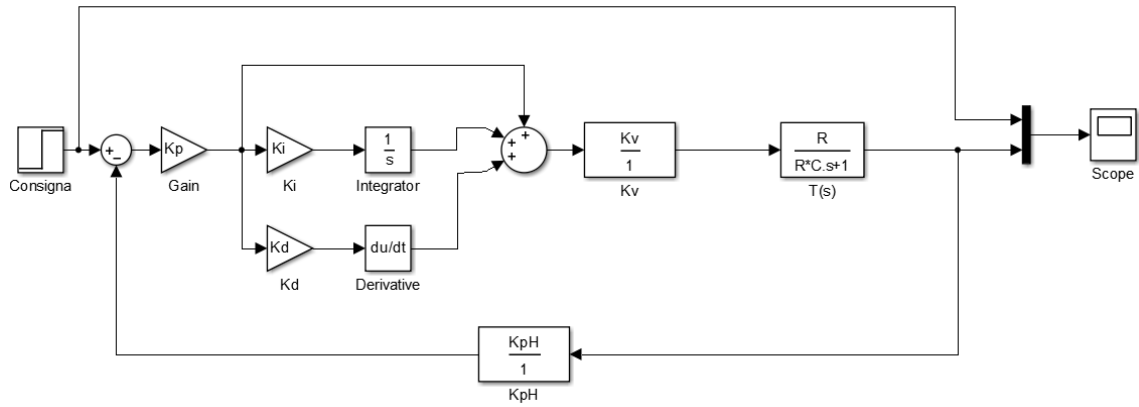
```
C = 0.1;
```

```
%Ganancias
```

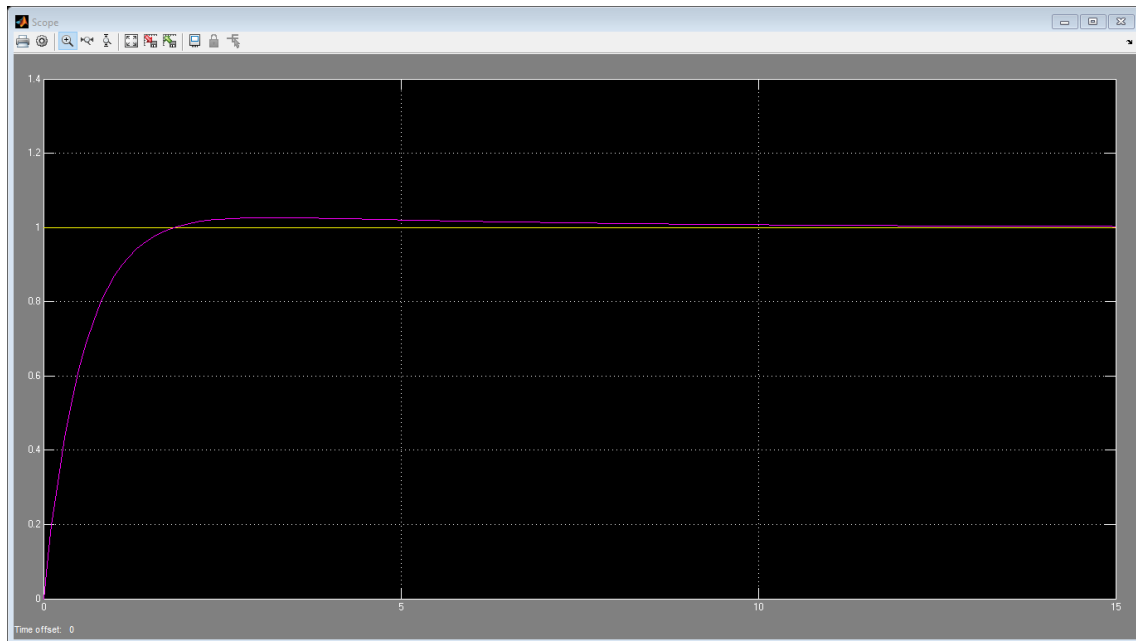
```
Kv = 0.1;
```

```
KpH = 1;
```

## Diagrama de bloques en Matlab



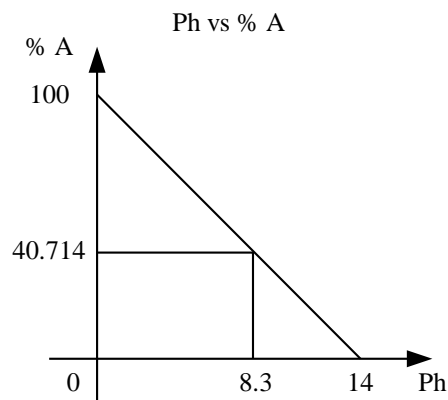
## Respuesta Gráfica del control de pH



Para el diseño del algoritmo de control en el lazo de pH se tomó en consideración las características de los elementos del proceso ya mencionados, el tiempo de operación de los elementos del proceso, el valor del pH deseado (Set Point) al final del tratamiento, este último dato sirvió para regular el ingreso de cal hidratada al tanque reactivador (porcentaje de apertura de válvula).

Una vez obtenida la secuencia de funcionamiento del proceso, se elaboró los lazos de control, los cálculos para las gráficas pH vs %A, e vs %A, de las cuales obtenemos la ecuación que relaciona el error con el % de apertura, la cual nos sirvió para el diseño del algoritmo.

El sistema es un lazo cerrado de control para el pH del proceso, en el cual su actuador es la Válvula de Cal Hidratada, la cual es regulada mediante el PLC de acuerdo al error ( $e = SP - pH$ ) que se obtenga luego de sensar el pH en el Tanque Reactivador. Por lo que podemos concluir con la siguiente gráfica:



**Figura 4.7. Relación de pH con %Apertura**

La gráfica pH vs %Apertura muestra que la variación de la apertura de la válvula de cal Hidratada es inversamente proporcional al valor del Ph del agua tratada.

Para implementar el algoritmo de control se consideró:

- Escalamiento para las señales analógicas de entrada al PLC utilizando los módulos de conversión que tiene el software
- Base de tiempo dentro del algoritmo (segundos, minutos y horas), para lo cual se consideró el tiempo de operación (Ton / Toff) para la bomba de Alumina, y para la válvula de extracción de lodos, así como el intercalado en el trabajo de las Bombas de Alumina y Cal Hidratada.
- Activar Válvula de entrada de agua
- Activar Bomba para el Pozo Subterráneo
- Activar Motor del Tanque de Cal Hidratada
- Activar Válvula de Entrada de Cal Hidratada
- Activar Válvula de Agua para Cal Hidratada
- Con el valor de Ph sensado en el Tanque reactivador se hace los cálculos para controlar el Porcentaje de Apertura de la Válvula de Cal Hidratada
- Escalamiento de salida para la Válvula de Cal Hidratada, utilizando el módulo de conversión del software

También se tomó en cuenta una señal de alarma, en el caso de que fallara algún motor o bomba y la posibilidad de drenar el agua para la limpieza de los tanques de la planta de tratamiento de agua.



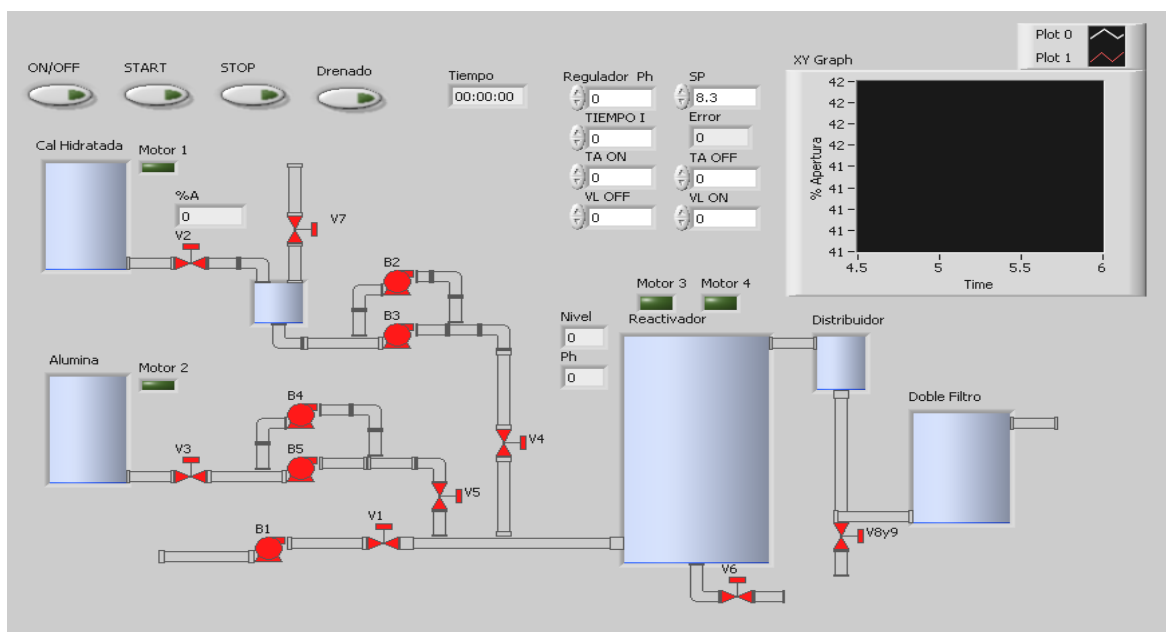
## 6. PROGRAMA DE SUPERVISION

Dentro de la arquitectura planteada se ha considerado un nivel de supervisión, para ello se planteó realizar un software demostrativo utilizando el programa LABVIEW, el cual nos facilita la creación de una interfase hombre-máquina (HMI), para la inspección del funcionamiento del proceso de la planta de tratamiento de agua.

Este programa nos permitirá ingresar los valores como:

- Setpoint (en este caso del pH)
- Tiempo de intercalamiento de las Bombas de Alumina y Cal Hidratada.(Tiempo I)
- Tiempo de operación de las Bombas de Alumina (TA ON y TA OFF)
- Tiempo de operación de la Válvula de Extracción de Lodos (VL OFF y VL ON)

Así también nos muestra el nivel de los tanques: Reactivador, Distribuidor y Doble Filtro conforme estos van incrementando su nivel de agua, la activación de los elementos del proceso (válvulas, motores y bombas), el error (con respecto al pH), el tiempo de operación de la planta de tratamiento de agua y una grafica la cual nos muestra la variación del porcentaje de apertura de la válvula de Cal Hidratada.



**Figura 4.8. Pantalla principal del programa de Supervisión**

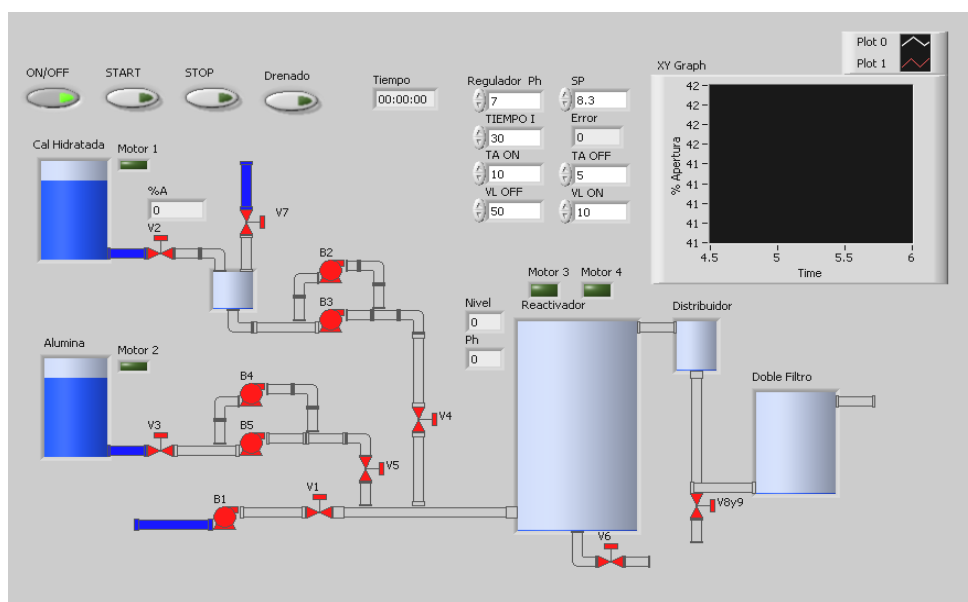
El programa nos permite ingresar:

- Valor de pH (SP) que deseamos que tenga el agua tratada al final del tratamiento,
- Tiempo I, que es el tiempo de intercalamiento de las Bombas de Alumina y Cal Hidrata.
- TA ON y TA OFF, que son los tiempos que regularán el tiempo de operación de las Bombas de Alumina
- VL OFF y VL ON, que son los tiempos que regularán el tiempo de operación para la Válvula de Extracción de Lodos.

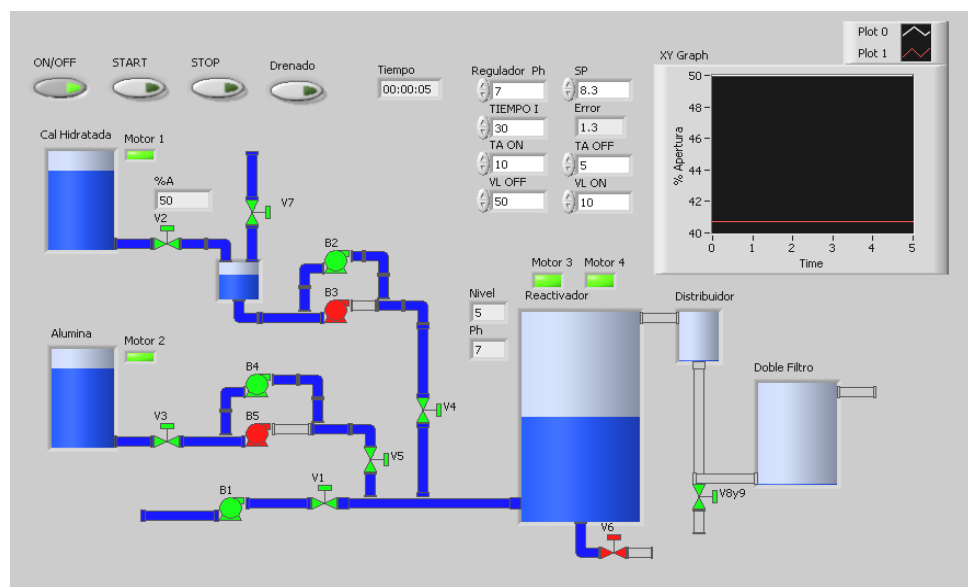
También nos muestra el error, y una gráfica en la que se observa el %A ideal (calculado con el SP), junto con el %A en ese instante del proceso.

A continuación veremos un ejemplo de funcionamiento de este programa de supervisión.

Para el ejemplo necesitamos ingresar los datos: SP = 8.3, TI = 30, TA ON = 10, TA OFF = 5, VL OFF = 50 y VL ON = 5.

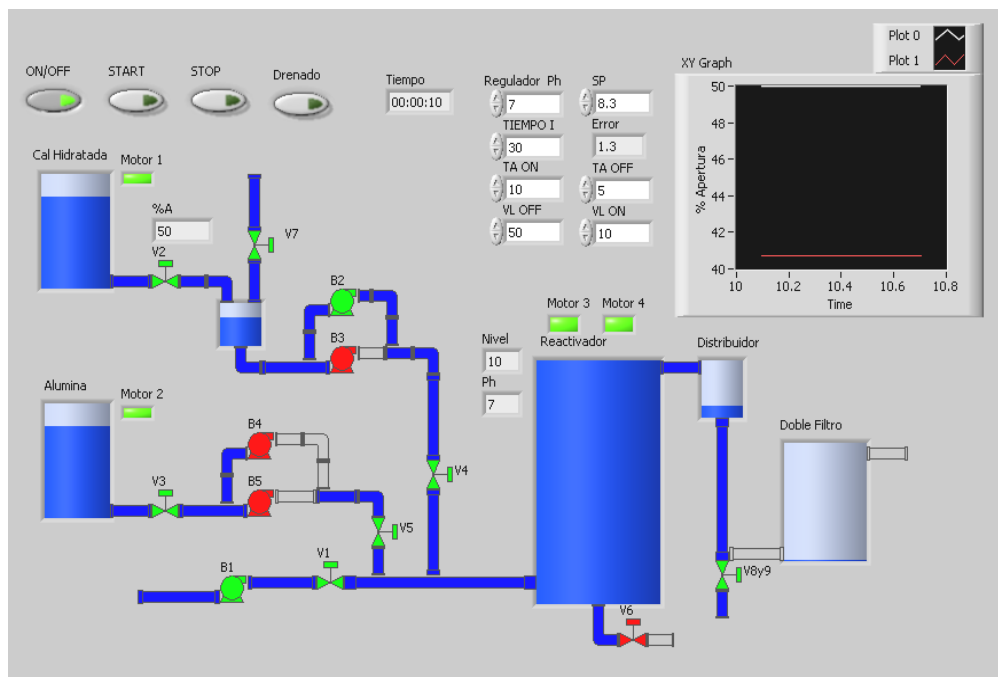


**Figura 4.9. Pantalla presentando el ingreso de datos**



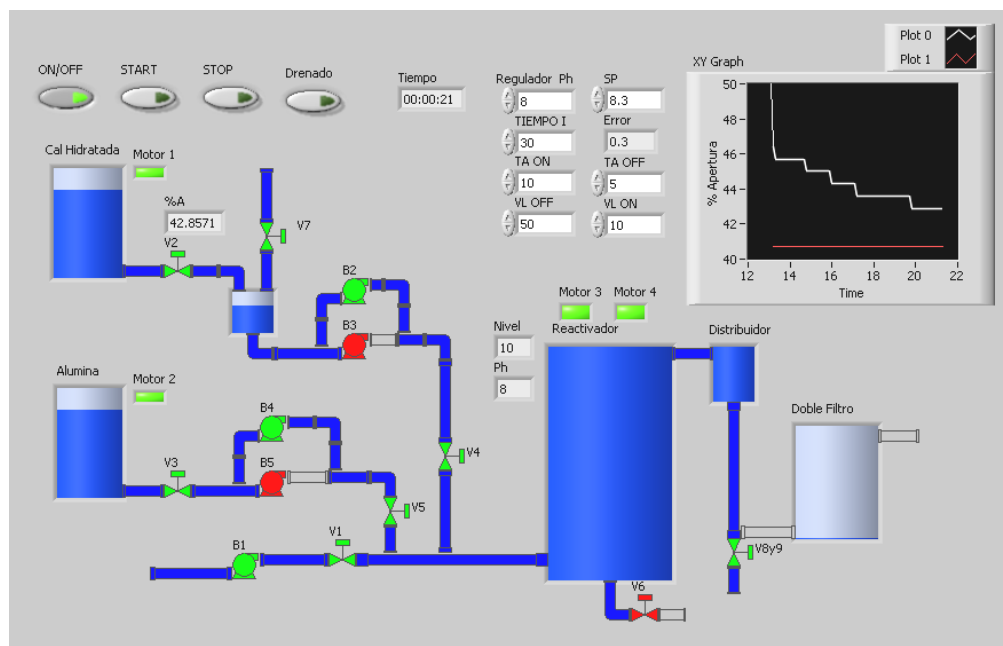
**Figura 4.10. Pantalla con el sistema funcionando**

Se puede observar el proceso en funcionamiento, el agua ingresa al tanque reactivador y las bombas están trabajando de manera intercalada (TI).



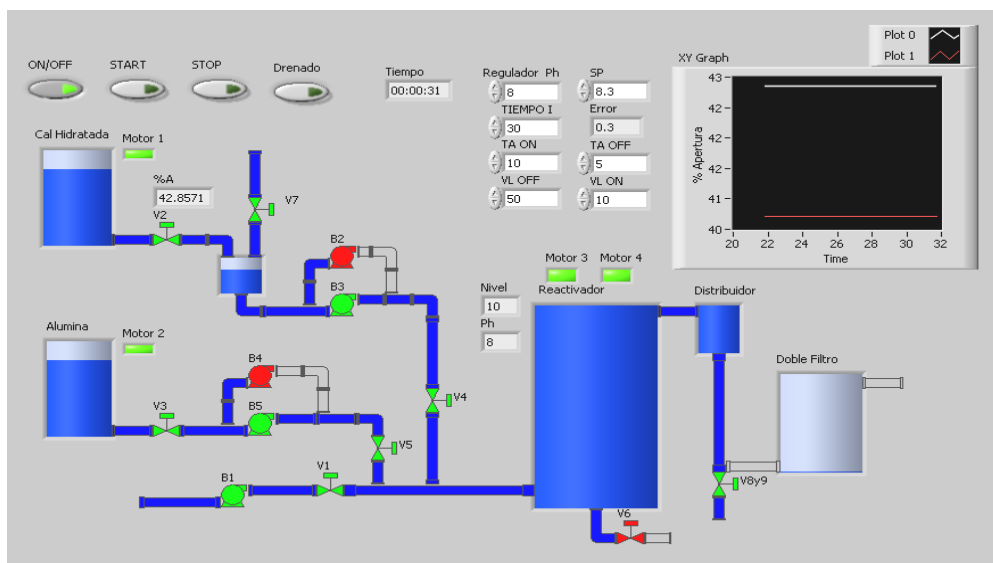
**Figura 4.11. Pantalla con el sistema funcionando**

En esta imagen se puede observar que el tiempo de operación está en 10 segundos y en ese instante se apaga una de las Bombas de Alumina B4 (TA ON = 10).



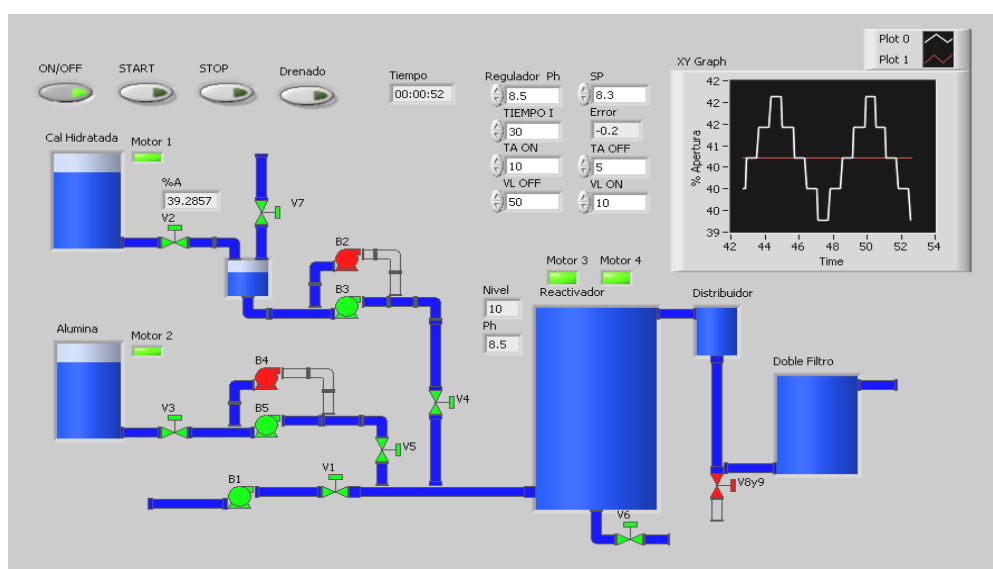
**Figura 4.12. Pantalla con el sistema funcionando**

En esta imagen se observa que el tiempo de operación está en 21 segundos y la Bomba de Alumina B4, que antes se había apagado, ahora ya está encendida (TA OFF = 5).



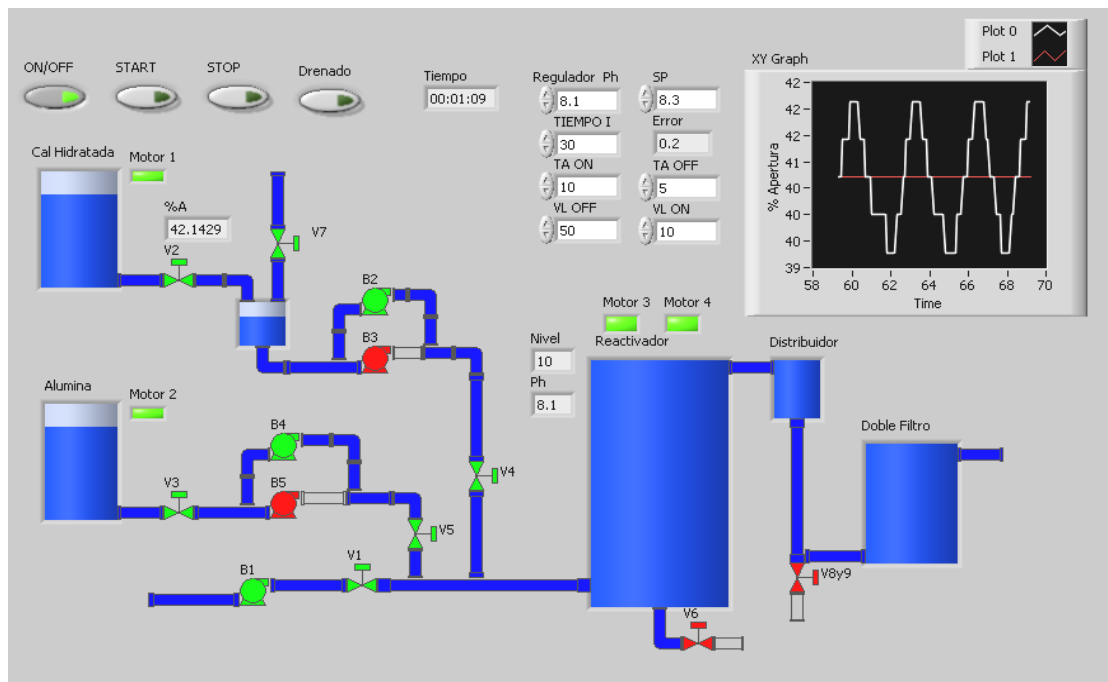
**Figura 4.13. Pantalla con el sistema funcionando**

Esta imagen nos muestra que el tiempo de proceso está en 31 segundos, y ya hubo el intercalamiento de bombas (B2 con B3, y B4 con B5 respectivamente), y también se puede observar que mientras el pH sensado no pase de 8 (en valor), el agua no pasará al Doble Filtro.



**Figura 4.14. Pantalla con gráfica del %Apertura**

En la imagen se puede ver que la Válvula de Extracción de Lodos (V6) se activó debido a que el tiempo de proceso esta en 52 segundos, y también se observa que el doble filtro ya se lleno debido a que el valor del pH sensado es más de 8.



**Figura 4.15. Pantalla final del ciclo de trabajo**

Finalmente se muestra el proceso funcionando y se ve la oscilación del %Apertura (de blanco) en la gráfica con respecto al %A ideal (de rojo).

## 7. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS

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

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	<b>SENSOR DE NIVEL CONTINUO</b>  MARCA: PROXIMITY MODELO: UL200 Características: <ul style="list-style-type: none"><li>- Salidas: 4 a 20 mA</li><li>- Voltaje: 24 vdc</li><li>- Rango: 4 metros</li><li>- Temperatura: -23° a 71° C</li><li>- Protección: NEMA 4X</li></ul>	2
02	<b>SENSOR DE NIVEL LÍMITE</b>  MARCA: ENDRESS - HAUSER Características: <ul style="list-style-type: none"><li>- Tipo: Electrodo</li><li>- Temperatura máxima: 80° C</li><li>- Presión: 6 bar.</li><li>- Salida: 24 vdc</li><li>- Protección NEMA 4</li></ul>	4
03	<b>SENSOR TRANSMISOR DE Ph</b>  MARCA: DWYER MODELO: 657C – 1 Características: <ul style="list-style-type: none"><li>- Rango: de 0 a 14 pH</li><li>- Precisión RH: <math>\pm</math> 0.2%</li><li>- Resolución: 0.1%</li><li>- Voltaje: 10 - 35VDC</li><li>- Salida: 4 – 20 mA.</li><li>- Temperatura de operación: 0° a 70° C</li></ul>	1

04	<b>TRANSDUCTOR CORRIENTE-PRESIÓN (I/P)</b>  MARCA: OMEGA MODELO: IP 210 Características: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrada: 4 a 20 MA</li> <li>- Salida: 3 a 15 psi</li> <li>- Normalización: Standard</li> <li>- Protección: NEMA 3</li> </ul>	2
05	<b>ELECTROVÁLVULA</b>  MARCA: FESTO MODELO: CAT – JJ400 <b>Características:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posiciones: 2</li> <li>- Presión de operación: 100 psi max.</li> <li>- Alimentación: 24 Vdc</li> <li>- Rango de temperatura: 0 a 100° C</li> </ul>	4
06	<b>VÁLVULA SOLENOIDE</b>  MARCA: ECKARDT MODELO: AK-P9384 Características: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuerpo: acero inoxidable</li> <li>- Tamaño <math>\phi</math>: 2"</li> <li>- Alimentación: 220 vac</li> <li>- NC</li> </ul>	4
07	<b>VÁLVULAS DE FLUJO NEUMATICAS</b>  MARCA: ECKARDT MODELO: MB6713 Características: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuerpo: acero al carbón</li> <li>- Tamaño <math>\phi</math>: 5"</li> <li>- Presión: 80psi</li> <li>- Actuador: Diafragma y resorte múltiple</li> <li>- Temperatura: 100° C máx.</li> </ul>	5
08	<b>CONTACTORES TRIFÁSICOS</b>  MARCA: SIEMENS MODELO: 3RT5012 Características: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Treinta millones de maniobras</li> <li>- Máxima temperatura: 60 °C</li> <li>- Bobina: 220 vac</li> </ul>	9



09	<b>GUARDAMOTORES TRIFÁSICOS</b> MARCA: SIEMENS MODELO: 3RV1031 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensidad máxima de 30 amperios</li> <li>- Disparador de apertura y de mínima tensión</li> <li>- Bornes de tornillo</li> <li>- Regulación por tornillo</li> </ul>	9
----	--	---

### 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 mencionamos son de los siguientes PLC's industriales:

- Marca SIEMENS, Modelo SIMATIC S7-314U
- Marca ALLEN-BRADLEY, Modelo SLC 500
- Marca SCHNEIDER, Modelo M-340

**TABLA COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE PLCs**

CARACTERÍSTICAS		PLC'S	
MARCA	SIEMENS	ALLEN – BRADLEY	SCHNEIDER
MODELO	SIMATIC S7-314U	SLC 500	M-340
ALIMENTACION	110-240 VAC	110-240 VAC	24 VDC O 115/230 VAC
ENTRADAS ANALÓGICAS	IP 260 ENT 4 a 20 mA, 12 bits resolución	AEZ 414 4 ENTRADAS 0-10V; 4-20 mA 11 bits de resolución	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 4 a 20 mA, 12 bits resolución	SX ASZ 200 2 SAL. ±10V; 4 -20 mA. 11 bits de resolución	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 PROGRAMA	STEP7	RX LOGIX 500	MODSOFT. COMPACT-984
MEMORIA RAM	700-375-OLD11 8 KB. 700-375-OLD21	7,8 K INSTRUCC. BOLE ( 2K PALABRAS	FORMATOS: 3K Bytes 8K Bytes

	16 KB. 700-375-OLD31 32 KB. 700-377-OAB31 64 KB	DE DATOS)	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:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	UC Controlador Lógico Programable FABRICANTE: SIEMENS MODELO: S7-314U USO: Control del Tratamiento de Agua Características: - Fuente: Integrada en el chasis - Memoria: 64KB - Módulo Id: 11E – 24VDC (2 mod x 8) - Módulo Od: 17S - Tipo relé (3 mod x 8) - Módulo Ia: 2E – 4 a 20 mA (1 mod x 4) - Módulo Oa: 1S – 4 a 20 mA (1 mod x 2)	1

La red propuesta es Profibus, que enlazaría el PLC con la PC de supervisión, se enviará toda la información necesaria para poder visualizarla, almacenarla en una base de datos y generar gráficos históricos.

### **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(S/.)	CANTIDAD	P. TOTAL (S/.)
1	Sensor de Nivel Continuo Marca: Proximity	620,00	2	1 240,00
2	Detector de Nivel Límite Marca: ENDRESS-HAUSER	140,00	4	560,00
3	Sensor Transmisor de pH Marca: DWYER, Modelo: 657C-1	1200,00	1	1 200,00
4	Transductor Corriente/presión (I/P) Marca: Omega	280,00	2	560,00
5	Electroválvula de Flujo Marca: Festo	160,00	4	640,00
6	Válvula Solenoide Marca: Eckardt	320,00	4	1 280,00
7	Válvula de Flujo Neumática Marca: ECKARDT, Modelo: MB6713	780,00	5	3 900,00
8	Contactores Trifásicos Marca: SIEMENS, Modelo: 3RT5012	320,00	9	2 880,00

<b>9</b>	<b>Guardamotores Trifásicos</b> <b>Marca: SIEMENS, Modelo: 3RV1031</b>	<b>60,00</b>	<b>9</b>	<b>540,00</b>
<b>12 800,00</b>				

## 2.2. COSTOS DE EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	P. UNIT. (S/.)	P. TOTAL (S/.)
1	<b>PLC ( UC)</b> <b>Fabricación: Siemens</b> <b>Modelo: S7-314</b> <b>Incluido módulos I/O y fuente</b>	1	4 500,00	4 500,00
TOTAL NIVEL DE CONTROL				4 500,00

## 2.3. COSTOS A NIVEL DE SUPERVISIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNIT. (S/.)	P. TOTAL (S/.)
1	<b>PC-PENTIUM-V</b> <b>Compatible.</b>	1	1 300,00	1 300,00
2	<b>Impresora Inyección</b> <b>Marca: EPSON 900</b>	1	200,00	200,00
3	<b>Software de Supervisión</b> <b>Inc. tarjeta de comunicación</b>	1	4 500,00	4 500,00
TOTAL NIVEL DE SUPERVISIÓN				6 000,00



## **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 INGENIERÍA:..... S/. 20 000,00

## **2.5. COSTOS DE PUESTA EN SERVICIO**

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

TOTAL PUESTA EN SERVICIO:.... S/. 50 000,00

## **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:..... S/. 10 000,00

# **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 S/.
TOTAL COSTOS DE INSTRUMENTACION	12 800,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE EQUIPOS	4 500,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE SUPERVISION	6 000,00
TOTAL COSTOS DE INGENIERIA	20 000,00
TOTAL COSTO PUESTA EN SERVICIO	50 000,00
TOTAL COSTO CAPACITACION	10 000,00
<b>TOTAL DE COSTO ESTIMADO</b>	<b>103 300,00</b>
FACTOR DE RIESGO (10%)	10 330,00
<b>TOTAL INVERSION DEL PROYECTO</b>	<b>113 630,00</b>

### 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.

## CONCLUSIONES

1. Se realizó el Diseño de un Sistema de Supervisión y Control para la Planta de Tratamiento de Agua de la empresa UCP Backus & Johnston S.A.A. Planta Motupe.
2. Se estableció un algoritmo de control propio para el sistema basado en PLC, el cual regulará eficientemente cada fase del proceso de tratamiento de agua.
3. El algoritmo diseñado para el PLC, garantizará la obtención de agua tratada, con las características físico - químicas deseadas.
4. Se realizó la selección de los instrumentos y equipos necesarios para la implementación del sistema de control diseñado.
5. Se implementó un programa de Supervisión para el sistema de control, considerando alarmas y gráficas de las principales variables.

## RECOMENDACIONES

Es necesario obtener toda la información posible (características de los elementos y manuales del proceso) antes de empezar a realizar el diseño de la automatización de un proceso.

Una vez terminado el algoritmo de control para el PLC (en el caso de implementación), se debe comprobar con la planta en funcionamiento, ya que este puede requerir algunos ajustes finales.

Es necesario someter el agua obtenida a pruebas de laboratorio para asegurar que tenga las características físico – químicas deseadas.

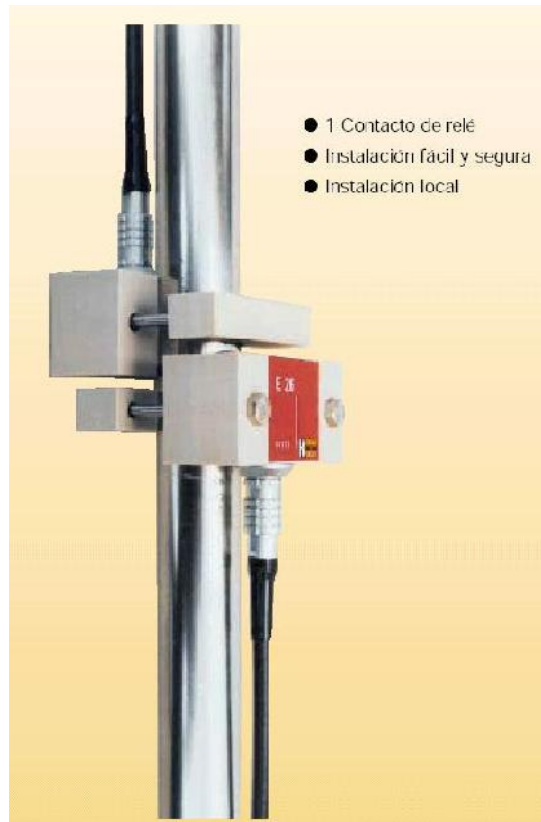
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Corripio, Smith. (1991). *Control Automático de Procesos*. Editorial Limusa. México.
2. Ángulo Usategui, José. (1992). *Control de Procesos Industriales por Computador*. Editorial Paraninfo, España.
3. Carranza N, Raymundo. (2008). *Tópicos de Instrumentación y Control*. Primera Edición Perú.
4. Christikov. (1990). *Técnicas de Medición Industrial*. Editorial Marcombo.
5. Andrew, William. (2002). *Instrumentación Aplicada en los Procesos Industriales*. Editorial L&M.
6. Creuss, Antonio. (2006). *Instrumentos Industriales, Ajuste y Calibración*. Editorial Alfa Omega Marcombo. México.
7. Neglia, Gregorio y Fernández Cornejo, Jorge. (1998). *Medición y Control de Procesos*. Editorial Alfa Omega.
8. Siemens. (2008). *Manuales de Servicio del PLC SIMATIC S7 de Siemens*. Siemens.
9. [http: www.siemens.com](http://www.siemens.com)
10. [http: www.wici.com](http://www.wici.com)

**ANEXOS**

## SENSORES DE NIVEL

### Descripción

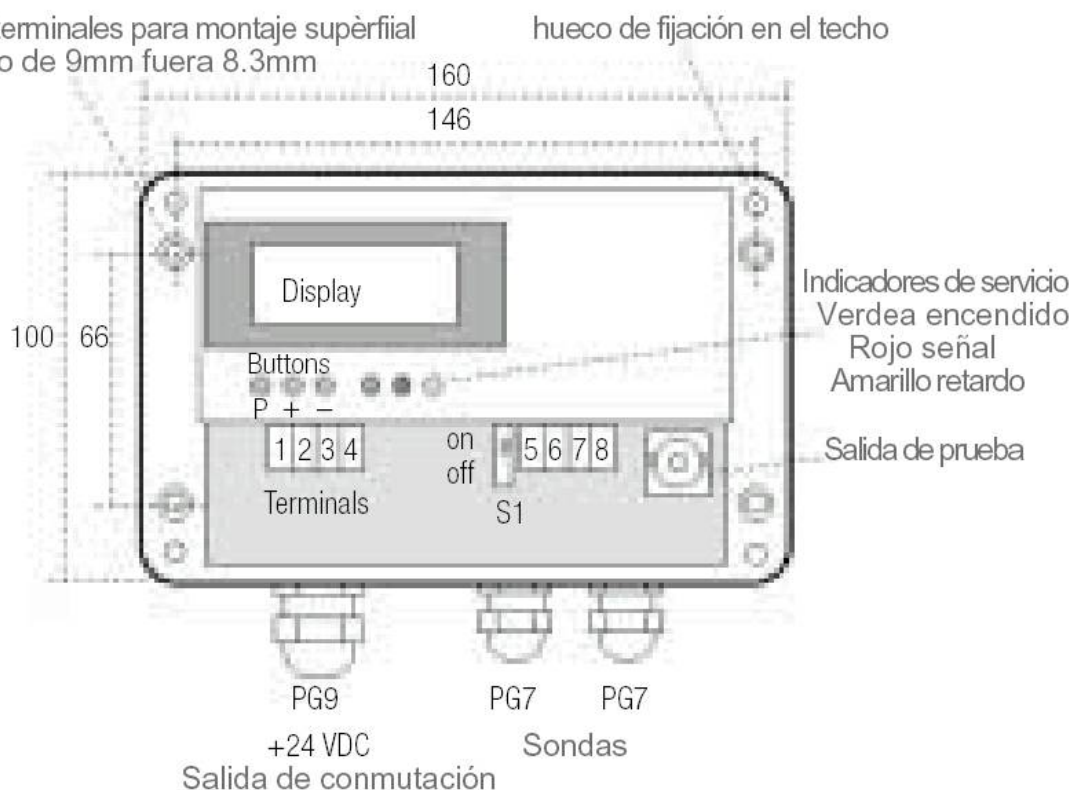


### Descripción

El NDW opera con la técnica ultrasónica (puente de sonido). Dos sensores se montan en el exterior del tubo. Un sensor envía un pulso corto de energía ultrasónica a un ángulo determinado en el tubo. El segundo sensor recibe el pulso retrasado con respecto al medio.

Si hay líquido en el tubo, el sistema electrónico en sentido descendente detecta la generación de eco y cambia a un contacto flotante conveniente (contacto N/A). Este método de medida se puede utilizar con los tubos con diámetro entre 8 y 55 mm. Para todas las medidas, se asume que la viscosidad del medio es similar a la del agua y que está prácticamente libre de burbujas de aire, burbujas de gas y sólidos.

## Dimensiones:



## Aplicaciones

- Plantas farmacéuticas
- Ingeniería médica
- Industria Alimenticia
- El transmitir con el gas licuado o medios agresivos
- Protección de ejecución seca para las bombas
- Detector húmedo, detector seco para la tubería fina

## Áreas de Aplicación

Para monitorear niveles de líquidos en la tubería donde el sensor no debe contactarse con medios físicos, higiénicos o por razones de seguridad. Por favor especificar el diam. externo de la tub. de **1/10 mm de prec** cuando se ordene

## Detalles Técnicos

Instalación de la sonda: sobre la parte externa del tubo

Secc. transversal del tubo: 8 mm – 55 mm de diametro exterior

Por favor especificar cuándo se ordene

Material del tubo: Acero, acero inoxidable,

acero, otros metales,, vidrio, plásticos



Calibración:	Todos los parámetros están establecidos con botones y visualizador es integrados
Señal de proceso:	Integración y función de inversión , elemento de retardo de tiempo
Intervalo de medición:	20 ms
Histéresis:	Ajustable 20 ms – 200 s
Tiempo de contacto:	Ajustable 20 ms – 1000 s
Indicadores de servicio:	Energía, señal. relé
Salida:	Interruptor relé contacto (N/A contacto) máx. 50 V/ 0.5 A flotación
Alimentación de energía:	+18 V a 30 VDC/100 mA, factor de fluctuación máx. 10%. Tiempo de respuesta 0.5 s, protección de polaridad inversa
Temperatura de operación: Sondas:	-20 a +135°C
Electrónicas:	-20 a +60°C
Protección:	IP 65

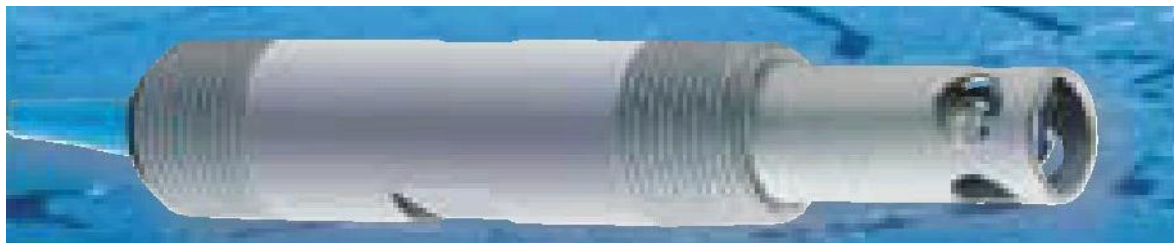
### **Ventajas especiales**

- Control de nivel no contactante a través de la pared del tubo
- Instalación fácil y segura
- No se necesita perforación soldadura o prueba
- Se puede instalar en el sitio durante la producción
- Para terminales para montaje superficial dentro de 9mm fuera 8.3mm hueco de fijación en el techo

## SENSORES DE pH

### Electrodos de pH Industriales:

#### Electrodos sumergibles en línea



- **Sonda protegida, previene de daños al sensor**

Estos resistentes electrodos combinados permanentemente encapsulados pueden ser instalados en accesorios T para uso en línea o en soportes de inmersión de 0,9 m WD-35801-54 para un fácil montaje en el tanque. Referencia de KCl/AgCl sellada y conector BNC.

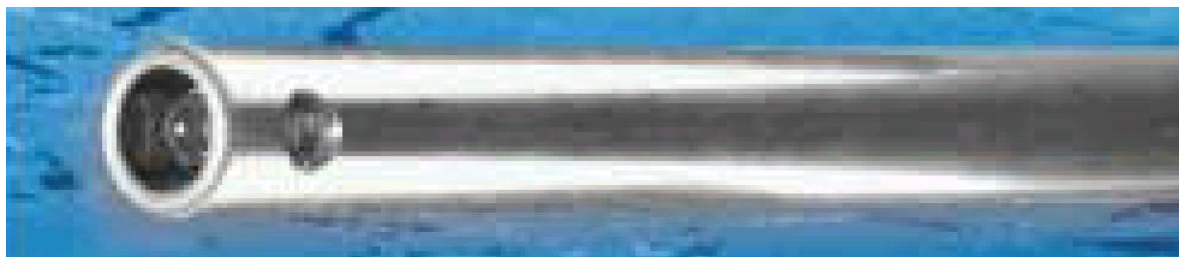
**Cuerpo:** CPVC con rosca de tubo de 3/4" NPT(M) en ambos extremos, cable de 3 m

**Elemento ATC:** extremos pelados **Rango:** 0 a 12 pH

**Máx temp:** 80°C **Dimensiones:** 16 cm L x 2,5 cm OD **Peso:** 0,3 kg

Model. no.	Tipo	Unión
WD	35801	02 Electrodo de pH simple unión
WD	35801	08 Electrodo de pH doble unión
WD	35801	21 Electrodo de ORP sensor doble unión de banda de Pt

#### Electrodos sumergibles



- Encapsulados permanentemente en un tubo; perfectos para instalación en estanques

Referencia de KCl/AgCl sellada y Conector BNC.

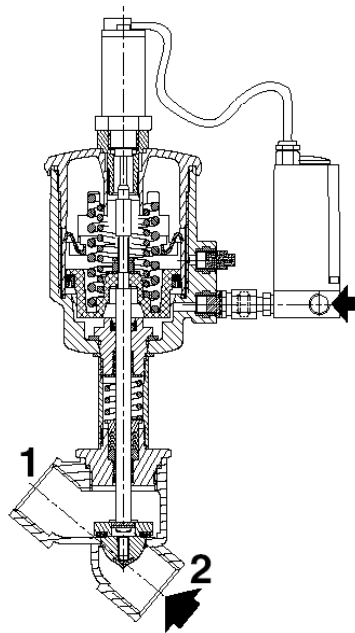
**Cuerpo:** plástico ABS, cable de 3 m **Elemento ATC:** extremos pelados

**Rango:** 0 a 12 pH **Máx temp:** 80°C

**Dimensiones:** 0,9 m L x 2,5 m OD **Peso:** 0,4 kg

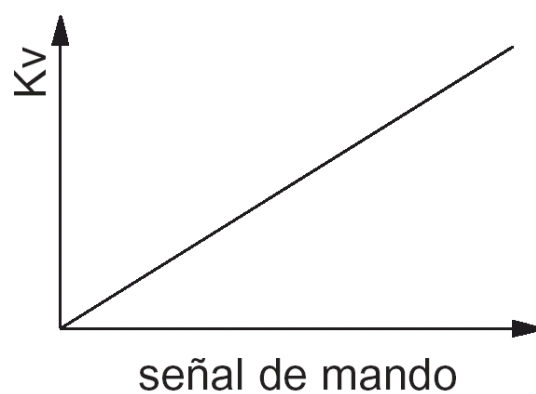
Model. no.	Tipo	Unión
WD	35806	00 Electrodo de pH simple unión
WD	35806	01 Electrodo de pH doble unión
WD	35806	02 Electrodo de ORP sensor doble unión de banda de Pt

**VÁLVULA PROPORCIONAL CON POSICIONADOR COMPACTO** normalmente **cerrada**, de mando por presión todo tipo de racordaje



## PRESENTACIÓN

- Caudal variable proporcional a la señal de mando
- Control de posición por potenciómetro (captador)
- Para válvulas **NC**, entrada **bajo** el clapet, con 2 orificios (serie **290**), cuerpo roscado, de bridas, clamp, extremos para soldar o con 3 orificios (serie **390**), cuerpo roscado
- Conjunto suministrado montado y regulado en fábrica para una válvula 2/2 estanca al clapet señal de mando Kv



## INFORMACIÓN GENERAL

Presión diferencial	0 a 16 bar [1 bar = 100 kPa]
Presión máxima admisible	16 bar
Zonas de temperatura fluidos	Ver noticias de las válvulas standard correspondientes
Zona de temperatura ambiente	0°C a +50°C
Viscosidad máxima admisible	600 cSt (mm <sup>2</sup> /s)
Tiempos de maniobra	Ver V402-5

## INFORMACIÓN GENERAL POSICIONADOR COMPACTO

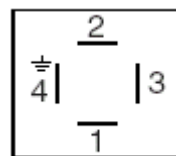
Fluidos de pilotaje	Aire o gas neutro, filtrados 50 µm, lubricados o no
Presión de pilotaje	4 a 10 bar
Temperatura fluido de pilotaje	0°C a +60°C
Racordaje pilotaje	G 1/8 (para todas las cabezas de mando)
Corriente máxima	150 mA
Tensión de funcionamiento	24V CC ± 10%, tasa de ondulación máx. 10%
Potencia máxima	3,6 W
Consigna analógica	Ver "Selección del material"
Conector talla 15	Desenchufable CM6 (Pg 7P), 4 clavijas
código : 881 00 240	
Clase de aislamiento de bobina	F
Protección	IP65

## CONEXIONES ELÉCTRICAS

### Conexión caja de pilotaje

1. + 24 V (Alimentación)
2. 0 V (Alimentación)
3. Consigna (0 - 10 V / 0 - 20 mA / 4 - 20 mA)
4. Retorno potenciómetro (0 - 10 V).

La clavija 4 no es una conexión de tierra



## SELECCIÓN DEL MATERIAL (únicamente para válvulas NC, entrada bajo el clapet)

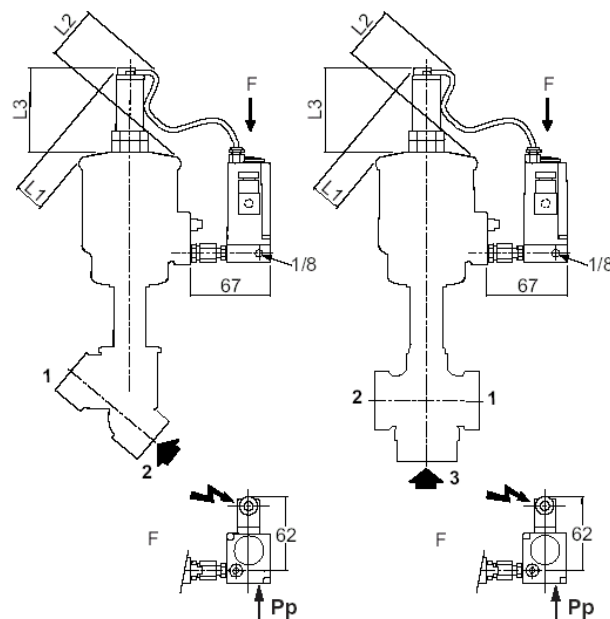
consigna analógica	sufijo válvula proporcional y posicionador compacto (1) (conjunto montado y regulado en fábrica)			
	posición mantenida del clapet (2)		cierre del clapet (3)	
	2 orificios	3 orificios	2 orificios	3 orificios
0 - 10 V CC	PD B01	B01	PD B04	B04
0 - 20 mA	PD B02	B02	PD B05	B05
4 - 20 mA	PD B03	B03	PD B06	B06

## INSTALACIÓN

- Posibilidad de montaje de las válvulas proporcionales en cualquier posición
- Otros tipos de conexiones realizables bajo demanda
- Las instrucciones de instalación/mantenimiento están incluidas con cada válvula
- Bolsas de piezas de recambio disponibles

## DIMENSIONES

DIMENSIONES (mm), PESOS (kg)



Peso del conjunto posicionador compacto con potenciómetro (captador de posición), sin la válvula: 0,3

Peso de las válvulas solas:

Para **las versiones** 2 orificios, añadir con respecto al peso indicado en las páginas correspondientes:

- DN 32/40 : +0,1
- DN 50 : +0,2
- DN 65 : +0,4

Para las versiones **3 orificios**: tomar el peso indicado.

(mm)	cabeza de mando			
	50 mm	63 mm	90 mm	125 mm
L1	34	25	15	0
L2	54	46	36	49
L3	81	65	65	111

## SIMATIC S7 – 300



- Fuente de alimentación:  
24 VDC 2 A / 5 A / 10 A
- CPU 314 (6ES7 314-1AE04-0AB0)  
Memoria: 24 Kbytes  
  
E / S máx. Digitales: 512  
  
E / S máx. Analógicas: 64  
  
Módulos de expansión máx.: 32  
  
Número de contadores: 64  
  
Número de temporizadores: 128
- Módulo de Entrada digital:  
DI 16 x AC 120V      6ES7 321-1EH01-0AA0)
- Módulo de Salida digital  
DO 16 x Rel. AC120/230V      6ES7 322 - 1HH01 - 0AA0
- Módulo de Entrada Analógica:  
AI 8 x 12Bit      6ES7 331 - 7KF02 - 0AB0
- Módulo de Salida Analógica :  
AO 2 X 12Bit      6ES7 332 - 5HB01 - 0AB0

## **FUERTE EN PRESTACIONES Y FACILISIMO DE USAR SUPERPOTENTE**

SIMATIC S7-300 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 mini autómatas. Una ventaja de la que disfrutará tanto la periferia centralizada como la descentralizada, además el S7-300 es tan robusto que soporta perfectamente los ambientes industriales más 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 S7-300 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 p. ej., 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 S7-300 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.



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 S7-300 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 S7-300 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".

## **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 S7-300 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 S7-300 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 S7-300 siempre irá sobre seguro.

## **Homogeneidad hasta el nivel de campo**

Las arquitecturas de automatización descentralizadas son muy rentables. El S7-300 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-DEP.

## **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. Además dispone de las más diversas soluciones para manejo y visualización, pudiendo utilizar p. ej. Varios paneles de operador para uno o varios S7-300 e incluso integrar directamente en el autómata un módulo M7 como comfortable sistema operador para varios S7-300.