

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y MANUFACTURERA



**“SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UNA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO**

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN
DE CONOCIMIENTOS**

PRESENTADO POR:

EMMA CAROLINA CORTÉS CARRILLO

LIMA – PERÚ

2 002

A mis padres

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que contribuyeron de alguna u otra forma a la realización de este trabajo, en forma especial al Ingeniero Edwin Dextre, asesor de este informe profesional quien me brindó sus críticas y conocimientos y sobretodo su paciencia para apoyarme; al Ingeniero Emerson Collado, por sus acertados consejos, quien fomentó el interés en el tema de control de procesos, y al Ingeniero Carlos Maguiña por su valiosa colaboración.

Para terminar, deseo agradecer a mi familia por su preocupación constante y a todos los amigos que me alentaron y motivaron a presentar este trabajo, especialmente a Karim y Lida por su paciencia e invaluable amistad.

RESUMEN

Las plantas de tratamiento de agua potable se pueden considerar como grandes fábricas que reciben una materia prima cambiante (agua cruda) la cual no es apta para el consumo humano, y deben entregar un producto manufacturado (agua tratada) que cumpla las normas de calidad establecidas, por lo que debe pasar por una serie de operaciones unitarias que permitan obtener un agua cuyas características físicas, químicas y bacteriológicas estén enmarcadas dentro de las especificaciones, además de entregar agua en cantidad suficiente, en todo momento, para satisfacer las necesidades de la población.

En el presente trabajo se plantea una propuesta de un sistema de automatización para una planta de tratamiento de agua potable, la cual nos garantice mejores condiciones de seguridad, eficiencia, reducción de costos y tiempo.

En la primera parte del informe se dan algunos aspectos generales del agua, como la calidad del agua potable y tipos de contaminantes, las características físico- químicas y microbiológicas. En el capítulo 2 se describen las etapas del proceso de tratamiento del agua potable, así como cada una de las unidades de que consta. En el capítulo 3 se da una descripción de cada instrumento propuesto para la automatización así como las especificaciones técnicas respectivas. Por último, en el capítulo 4 se proponen las Estrategias de Control para cada etapa del tratamiento, las cuales son mostradas en los diagramas de Procesos e Instrumentación (PI&D) respectivos.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.....	8
CAPITULO I. EL AGUA: ASPECTOS GENERALES	
1.1 Naturaleza del agua.....	11
1.2 Contaminantes del agua.....	11
1.3 El agua potable y su importancia.....	15
1.4 Calidad del agua potable.....	17
1.5 Características físicas, químicas y microbiológicas.....	18
1.5.1 Características físicas.....	18
1.5.2 Características químicas.....	20
1.5.3 Características microbiológicas.....	21
1.6 Importancia del control de calidad del agua potable.....	22
CAPITULO II. ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	
2.1 Etapa de Captación.....	29
2.2 Etapa de Pre - tratamiento.....	31
2.2.1 Desarenación.....	31
2.2.2 Estaciones de dosificación de polímeros.....	31
2.2.3 Precloración.....	32
2.2.4 Unidades de regulación.....	34
2.3 Etapa de Tratamiento.....	36
2.3.1 Unidades de reactivos químicos.....	36
2.3.2 Unidades de decantadores.....	37

2.3.3 Filtración.....	38
2.3.4 Cloración.....	41

CAPITULO III. DESCRIPCION DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL UTILIZADOS EN LA AUTOMATIZACION

3.1 Instrumentos de control utilizados en cada etapa del tratamiento.....	43
3.2 Criterio de Selección.....	46
3.2.1 Medidor de turbidez.....	47
3.2.2 Medidor de nivel tipo ultrasonido.....	50
3.2.3 Medidor de nivel tipo capacitivo.....	50
3.2.4 Medidor de pH.....	53
3.2.5 Medidor de cloro residual.....	54
3.2.6 Medidor de flujo tipo magnético.....	55
3.2.7 Rotámetros.....	57
3.3 Especificaciones técnicas.....	58

CAPITULO IV. ESTRATEGIAS DE CONTROL EN LAS ETAPAS DEL TRATAMIENTO

4.1 Objetivo del control automático de procesos.....	59
4.2 Sistema de Control.....	60
4.3 Niveles de automatización.....	60
4.4 Estrategias de Control.....	62
4.4.1 Estrategias de control en la etapa de captación....	67
4.4.2 Estrategias de control en la etapa de Pre-tratamiento.....	67

4.4.3	Estrategias de control en la etapa de Tratamiento.....	69
	CONCLUSIONES.....	79
	BIBLIOGRAFIA.....	81
	ANEXOS.....	84

INTRODUCCION

El agua potable, compuesto vital para la salud y el bienestar del ser humano se obtiene a partir de agua natural o cruda captada en ríos, lagunas, pozos, etc. Los ríos, lagos y mares han recolectado a través del tiempo contaminantes generados por la actividad humana y fenómenos naturales.

El agua tiene una gran capacidad de purificación, por esta misma facilidad de regeneración del agua y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, se encuentran en cantidades mayores o menores al analizar las aguas; muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana y dañinas para la vida.

Por esta razón una planta de tratamiento de agua potable es importante e indispensable para las poblaciones que utilizan este elemento para su quehacer cotidiano y su mejor calidad de vida, pues debe captar, producir y distribuir en forma ininterrumpida las 24 horas del día, los 365 días del año. Producir agua potable es un proceso largo, caro y complejo que requiere trabajo humano, recursos económicos y materiales y procesos de alta tecnología. La tarea completa consiste en captar el agua cruda, la cual se caracteriza por ser turbia, tener color, olor y un mal sabor, además de presentar una multiplicidad de bacterias y virus que no se pueden retirar mediante procesos tradicionales, como el "helicobacter pylori", que es el organismo causante del mayor número de casos de gastritis humana, por lo cual no es apta para el consumo humano; luego realizar el proceso de potabilización que comprende dos etapas:

La primera que es una etapa de pre-tratamiento, que cuenta con las unidades de desarenación, donde se retiene la arena, la unidad de pre-cloración para reducir la carga bacterial, y una segunda etapa de tratamiento propiamente dicha que consta de cuatro unidades o fases del proceso: la de reactivos químicos, donde se preparan los coagulantes y floculantes, decantadores para retener las partículas coaguladas, la unidad de filtración donde se retienen las partículas finas que puedan haber pasado de los procesos anteriores y la cloración final, para destruir toda contaminación que pueda haber quedado después de todos los procesos anteriores y para dejar un residuo de cloro disponible como protección contra posibles contaminaciones en el transporte o distribución.

Dada la importancia del proceso de tratamiento de agua y consciente de nuestra responsabilidad social como profesionales de ingeniería química, se presenta un perfil técnico de un sistema de control automático con la visión a integrar un sistema de automatización que permita operar, controlar y supervisar la planta de tratamiento en forma integral. La automatización disminuirá la intervención humana en la ejecución de secuencias o procesos, sobretodo en tareas monótonas y tareas con apreciable posibilidad de fallas, evitará errores humanos por omisión o por inoportunidad en la toma de decisiones. La automatización permitirá mejorar el trabajo haciéndolo más productivo, eficiente y garantizando al cliente un producto de óptima calidad.

Esto se hará mediante la implantación de estrategias y sistemas de control en las diferentes etapas del tratamiento de agua y donde sea posible la implementación de lazos cerrados de control automático; esto nos va a permitir recepcionar y visualizar datos en tiempo real de variables importantes en las diversas etapas del tratamiento, mediante la integración

La primera que es una etapa de pre-tratamiento, que cuenta con las unidades de desarenación, donde se retiene la arena, la unidad de pre-cloración para reducir la carga bacterial, y una segunda etapa de tratamiento propiamente dicha que consta de cuatro unidades o fases del proceso: la de reactivos químicos, donde se preparan los coagulantes y floculantes, decantadores para retener las partículas coaguladas, la unidad de filtración donde se retienen las partículas finas que puedan haber pasado de los procesos anteriores y la cloración final, para destruir toda contaminación que pueda haber quedado después de todos los procesos anteriores y para dejar un residuo de cloro disponible como protección contra posibles contaminaciones en el transporte o distribución.

Dada la importancia del proceso de tratamiento de agua y consciente de nuestra responsabilidad social como profesionales de ingeniería química, se presenta un perfil técnico de un sistema de control automático con la visión a integrar un sistema de automatización que permita operar, controlar y supervisar la planta de tratamiento en forma integral. La automatización disminuirá la intervención humana en la ejecución de secuencias o procesos, sobretodo en tareas monótonas y tareas con apreciable posibilidad de fallas, evitará errores humanos por omisión o por inoportunidad en la toma de decisiones. La automatización permitirá mejorar el trabajo haciéndolo más productivo, eficiente y garantizando al cliente un producto de óptima calidad.

Esto se hará mediante la implantación de estrategias y sistemas de control en las diferentes etapas del tratamiento de agua y donde sea posible la implementación de lazos cerrados de control automático; esto nos va a permitir recepcionar y visualizar datos en tiempo real de variables importantes en las diversas etapas del tratamiento, mediante la integración

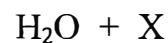
de las unidades con un sistema de control supervisorio, lo cual proporcionará información válida y capacidad de monitoreo y control de todo el proceso de tratamiento de agua potable.

CAPITULO I

EL AGUA: ASPECTOS GENERALES

1.1 Naturaleza del agua

Agua pura es aquella constituida por la unión de una molécula de oxígeno con dos de hidrógeno, ésta se obtiene sólo bajo condiciones especiales de laboratorio. Podemos considerar que la fórmula del agua, tal como se encuentra en ríos, lagos, mares, es la siguiente:



donde X representa los contaminantes o impurezas del agua.

Las fuentes utilizables de agua están constituidas por aguas superficiales; que son aquellas que se encuentran a nivel de la superficie de la tierra, como los ríos, lagos naturales y artificiales y mares; por aguas subterráneas (aquellas que se encuentran en el subsuelo), y por aguas de lluvia.

Las aguas superficiales presentan características diferentes y se ven afectadas frecuentemente por los fenómenos naturales y artificiales.

Las aguas subterráneas presentan condiciones más estables, pero pueden estar mineralizadas, y las aguas de lluvia por su contacto con la atmósfera pueden contaminarse ocasionalmente debido a las emisiones atmosféricas generadas por la actividad de las industrias.

1.2 Contaminantes del agua

Las aguas naturales usadas como fuente de producción de agua potable son de composición compleja, contienen materiales en suspensión y gran número de sustancias disueltas, en concentraciones pequeñas pero de

TIPOS DE AGUA

AGUA SUPERFICIAL

Son aquellas que se encuentran a nivel de la superficie de la tierra, como los ríos, lagos, mares, etc.

AGUA SUBTERRANEA

Aquellas que se encuentran en el subsuelo

AGUA RESIDUAL

Aquella proveniente de las actividades humanas e industriales.

AGUA POTABLE

Aquella que cumple con los requisitos de calidad para ser apta para el consumo.

efectos importantes, muchas veces tóxico.

- a) Microorganismos patógenos. Son los diferentes tipos de bacterias, virus y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis, etc.
- b) Desechos orgánicos. Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno.
- c) Sustancias químicas inorgánicas. En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.
- d) Nutrientes vegetales inorgánicos. Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas.
- e) Compuestos orgánicos. Muchas moléculas orgánicas provenientes de la actividad humana como petróleo, gasolina, plásticos, disolventes, detergentes, etc., acaban en el agua, y permanecen en algunos casos largos períodos de tiempo, son difíciles de degradar por los microorganismos.
- f) Sedimentos y materiales suspendidos. Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, obstruyen canales, etc.

CONTAMINANTES EN LOS CUERPOS DE AGUA

TIPO DE CONTAMINACION	PRINCIPALES CONTAMINANTES	EFECTOS
FISICOS	RADIACION	Defectos congénitos, cáncer y daño genético
	CALOR	Disminuye el contenido de OD.
QUIMICOS	METALES PESADOS	Bioacumulación Efectos en el hombre a largo plazo
	COMPUESTOS ORGANICOS: Plaguicidas, solventes, etc.	Dañan la vida acuática. Transtornos renales, defectos congénitos, diversos tipos de cáncer.
	NUTRIENTES	Eutrofización de las aguas.
BIOLOGICOS	BACTERIAS VIRUS PROTOZOARIOS	Diversas infecciones tanto en la vida acuática como en el hombre

- f) Sustancias radiactivas: Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua, alcanzando concentraciones altas.
- h) Contaminación térmica. El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses, con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta la vida de los organismos.

1.3 El agua potable y su importancia

Se denomina así al agua que cumple los requisitos fisicoquímicos y bacteriológicos que especifica la norma nacional (Ley General de Aguas).

El agua potable es el agua de superficie tratada y el agua no tratada pero sin contaminación que proviene de manantiales naturales, pozos sanitarios y otras fuentes.

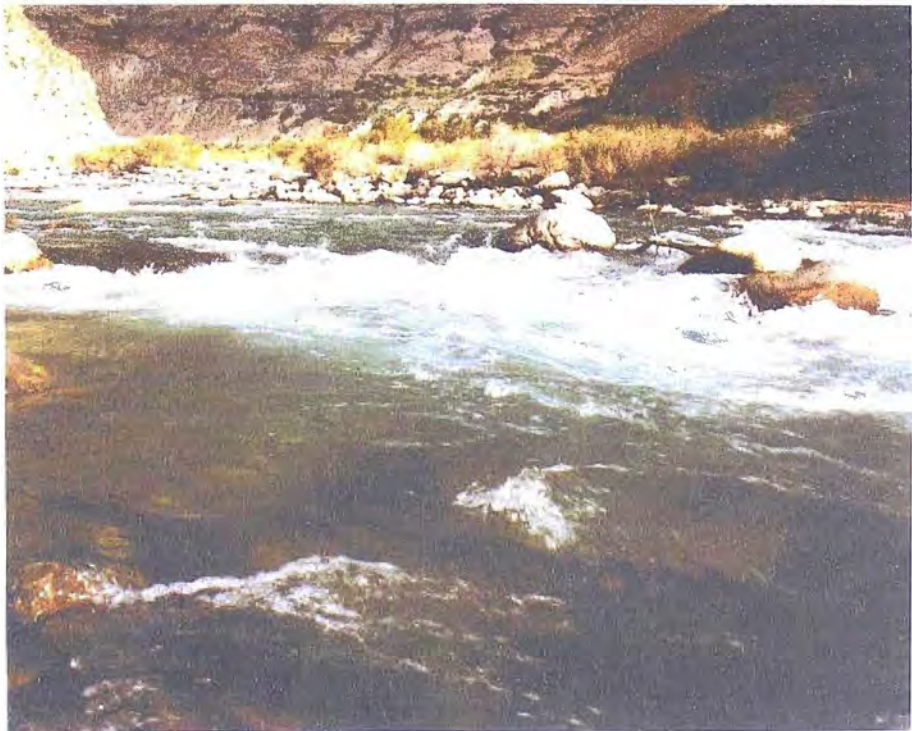
En promedio, una persona necesita unos 20 litros de agua potable todos los días para satisfacer sus necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas. Sin agua potable la gente no puede llevar una vida sana y productiva.

Sin un abastecimiento adecuado de agua, las fábricas que dependen de este líquido pueden tener que cerrar temporalmente, puede bajar el rendimiento de los cultivos, los trabajadores enfermos pueden ser improductivos, y pueden destruirse las pesquerías. La destrucción de la vida acuática no sólo afecta la economía sino que también daña el ecosistema. Además, la falta de un sistema fiable de agua corriente puede hacer que la gente cave sus propios pozos y agote las fuentes de agua dulce. La calidad de la atmósfera también puede verse afectada por la escasez de agua potable. Cuando la gente hierva el agua para matar bacterias peligrosas, el combustible que utiliza puede contaminar el aire.

FUENTE DE AGUA SUPERFICIAL



LAGUNA DONDE NACE EL RIO



Vista del río antes de ingresar a la bocatoma

Muchos ríos y cuencas hidrográficas están contaminados por productos de desechos industriales, de la agricultura y de origen humano, en tanto que otras se están secando porque la gente está utilizando más agua de la que puede reponer la naturaleza.

Abrir un grifo y ver cómo corre el agua es un privilegio moderno: hace sólo cien años que esto ocurre en nuestro país. Hasta entonces, el agua para beber se iba a buscar a las fuentes públicas, y se transportaba hasta las casas. El grifo no es sólo moderno, sino que también es un privilegio.

Otra forma de obtener agua potable es recoger la de la lluvia en grandes depósitos. Este sistema se ha utilizado durante muchos años, y aún se utiliza en algunos lugares. Pero actualmente, la lluvia no es tan inocua como parece, ya que, junto con el agua, nos llueven muchos contaminantes, por ejemplo la llamada lluvia ácida es agua con gran carga de ácido sulfúrico.

1.4 Calidad del agua potable

La calidad del agua tratada guarda estrecha relación con el uso que se le va a dar. Es de suma importancia para la salud pública que la comunidad cuente con un abastecimiento seguro y satisfactorio, para cumplir con las necesidades domésticas, tales como: el consumo, preparación de alimentos y la higiene personal. Para lograr esto, el agua debe cumplir con una serie de normas, basadas en criterios técnicos, que definan las características físicas, químicas y microbiológicas del agua, de tal manera que el agua para consumo humano debe estar exenta de organismos capaces de originar enfermedades y de cualquier mineral o sustancia orgánica que pueda producir efectos fisiológicos perjudiciales. La contaminación bacteriológica del agua potable sigue siendo el principal problema en la calidad del agua.

1.5 Características físicas, químicas y microbiológicas

El agua potable no debe contener ningún microorganismo patógeno ni tampoco bacterias indicadoras de la contaminación fecal. Los problemas relacionados con los componentes químicos surgen fundamentalmente por la posibilidad de que esas sustancias, después de períodos prolongados de exposición, ocasionen problemas para la salud.

1.5.1 Características físicas

Las características físicas del agua son: turbiedad, color, olor, sabor y temperatura. Estas características tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua.

a) Turbiedad

Es la característica que hace aparecer el agua como sucia o barrosa. La turbiedad es causada por partículas suspendidas y coloidales que limitan el paso de la luz a través del agua. Estas partículas pueden ser minerales u orgánicas (arcilla, compuestos de zinc, etc).

El origen de las partículas que causan turbiedad es muy variado, pueden deberse a la erosión ejercida por los ríos, a desechos domésticos e industriales que se descargan en las corrientes de agua, crecimiento de microorganismos, etc.

El grado de turbiedad depende de la concentración de partículas, de su tamaño, dispersión de las mismas y las propiedades de absorción de la luz que posea la suspensión.

La turbiedad no tiene efectos sobre la salud, pero afecta la calidad estética del agua.

Un alto grado de turbiedad puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y estimular el crecimiento de bacterias.

b) Color

El color en el agua potable incide en el aspecto estético y puede ser de origen mineral, tal como el que producen los compuestos de hierro y manganeso, o vegetal, como los producidos por materia orgánica en suspensión. El color de las aguas puede deberse también a desechos industriales, tales como sustancias solubles procedentes de minas, refinerías, etc.

Es conveniente que el agua para consumo humano sea incolora.

Existen dos clases de color tomando en cuenta su origen: el orgánico y el inorgánico, y se reconocen dos tipos: el color verdadero (que presenta el agua después de remover turbiedad y que es el resultado de la presencia de sustancias orgánicas, disueltas y coloidales) y el color aparente, debido a materia suspendida.

El color se expresa en unidades de color (UC). La unidad de color es la que se obtiene agregando 1 mg. de platino, como cloroplatino de potasio, a un litro de agua destilada.

c) Olor y Sabor

El olor del agua obedece fundamentalmente a la presencia de sustancias orgánicas (generado por el plancton, compuestos orgánicos generados por la actividad de bacterias o algas), la vegetación en putrefacción y a desechos producto de actividades económicas.

Las alteraciones del sabor normal del agua de un sistema de abastecimiento, pueden ser un indicio de cambios de la calidad o deficiencias del tratamiento. Por razones estéticas, el agua de consumo humano debe estar exenta de olor y sabor.

d) Temperatura

El factor temperatura se toma como naturalmente se presenta en el agua cruda. Solamente en casos extremos se prevén medidas para regularla

(generalmente bajarla). El agua fría es más grata al paladar, pero este factor influye negativamente en los procesos normales de tratamiento, pudiendo afectar la calidad del agua potable, pero la temperatura alta intensifica el desarrollo de microorganismos y suele aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión.

1.5.2 Características químicas

Considerando el agua como solvente universal, se puede afirmar que cualquier elemento podría estar presente en el agua, por esto se eligen los principales teniendo en cuenta sus posibles efectos que puedan tener sobre la salud, o el impacto que causen sobre los procesos de tratamiento o las implicaciones de tipo económico.

a) pH

El pH del agua es una forma de expresar la concentración del ión hidrógeno. El agua se compone de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, pero tiene la capacidad de ionizarse o sea de separarse en iones hidrógeno y en iones hidronio.

El pH es de suma importancia en el tratamiento de agua debido a su tremenda influencia en los procesos de coagulación y desinfección.

b) Acidez

La acidez del agua es la capacidad para neutralizar el OH. En aguas naturales es debido a la presencia de CO₂, el cual tiende a combinarse con el agua dando origen al ión H.

c) Alcalinidad

Es la medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos, aunque los aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, etc) pueden contribuir a la alcalinidad: la composición de la

alcalinidad es función del pH, la composición mineral, la temperatura y la fuerza iónica. La alcalinidad es importante en el tratamiento porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) para dar origen a la floculación. Por regla general, la alcalinidad natural presente en el agua cruda es suficiente para producir este proceso, pero si ésta es baja, debe recurrirse a la adición de un alcalinizante (hidróxido de calcio) para incrementarla, lo cual incide en los costos de operación.

d) Dureza

La dureza de las aguas se debe a la presencia de cualquier catión polivalente, pero generalmente solo se considera el calcio y el magnesio por ser los más abundantes en aguas naturales.

La presencia de estos cationes impiden la formación de espuma del jabón y causa gran desperdicio del mismo. Otro problema que causa la dureza es la formación de precipitados dentro de las tuberías y accesorios, lo cual reduce su capacidad.

e) Cloro residual

La desinfección del agua se refiere a la destrucción de los organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella. El cloro es el desinfectante más usado en el tratamiento de agua potable debido a que reúne las mayores ventajas: es eficiente, fácil de aplicar y deja un efecto residual que se puede medir.

1.5.3 Características microbiológicas

El agua natural contiene microorganismos, estos provienen del suelo, del aire, de los objetos, de las personas y animales. Su mayor o menor concentración es una característica de cada fuente de abastecimiento.

Los microorganismos en el agua pueden ser perjudiciales o beneficiosos según el caso.

- a) Pueden producir enfermedades específicas (cólera, disentería, tifo).
- b) Ser responsables de la muerte del ganado.
- c) Destruir la vida acuática (cuando muere el planckton y se descompone agota el oxígeno libre).

En las plantas de tratamiento de aguas residuales la actividad bacterial sirve para producir el proceso de autopurificación de la corriente y estabilización de la materia orgánica.

Tipos de agentes patógenos:

Virus. Partícula pequeña formada generalmente por ácido dexoxirebonucleico (ADN y ARN) y proteínas, sin capacidad de reproducirse por sí mismo (virus de la hepatitis, etc.)

Bacterias. Cualquier tipo de organismo microscópico, que se agrupa frecuentemente en colonias, viven en el suelo, agua, aire, materias orgánicas, y de importancia para el hombre debido a sus efectos (Salmonellas, E. Coli, etc.).

Parásitos. Organismo que vive en o sobre un organismo hospedero (anima, hombre, etc.) que puede o no causarle enfermedad (Giardia lambia, etc.).

1.6 Importancia del control de calidad del agua potable

El agua potable es el material más importante de consumo humano y como tal debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas para la salud.

Las características del agua deben garantizar que no produzca daños a la red de distribución, ni a las industrias, ni a la economía privada, y que se pueda

CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGUA POTABLE

TURBIEDAD

Característica física del agua producida por la presencia de partículas extrañas cuyos tamaños son extremadamente pequeños, de materia coloidal y en suspensión.

COLOR

Es producido por alguna sustancia química disuelta en el agua.

OLOR Y SABOR

El olor obedece a la presencia de sustancias orgánicas.

TEMPERATURA

Se toma como se presenta en el agua cruda.

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA POTABLE

POTENCIAL HIDROGENO

La expresión para medir la concentración del ión hidrógeno en una solución. Valor recomendado 6.5 - 8.5. Importante en el proceso de coagulación

ACIDEZ

La acidez del agua es la capacidad para neutralizar el OH. Es debido a la presencia de CO₂

ALCALINIDAD

La alcalinidad del agua se define como su capacidad para neutralizar ácidos.

DUREZA

Se debe a la presencia de los cationes de Ca⁺² y Mg⁺². Impiden la formación de espuma del jabón.

CLORO RESIDUAL

El uso del cloro como agente desinfectante en abastecimientos de agua requiere dispositivos para la medición y el registro continuo del cloro residual.

hacer esto sin tener que hacer un tratamiento excesivamente costoso.

Durante todo el proceso se lleva a cabo un estricto control de calidad.

El agua debe cumplir ciertas normas bacteriológicas y fisicoquímicas para que pueda ser considerada potable.

Los principales parámetros biológicos que se controlan en la planta de tratamiento de agua potable son:

a) Indicadores de contaminación fecal:

Coliformes totales

Coliformes termotolerantes

E. Coli

Colifagos

b) Bacterias heterotrofas

c) Patógenos

d) Parásitos

e) Control hidrobiológico

Zooplancton

Fitoplancton

Parámetros físicos: Turbiedad, pH, conductividad, color verdadero, olor y sabor, sólidos totales

Parámetros químicos:

Químicos inorgánicos: Alcalinidad total, dureza total, dureza cálcica, cloruros, sulfatos, nitritos, oxígeno disuelto.

Metales: Manganese, hierro, plomo, cadmio, cobre, sodio, etc.

No metales: arsénico, boro, fluor, cianuro

Químicos orgánicos: carbono total, carbono inorgánico, cloroformo, trihalometanos totales, aceites y grasas, diclorobromometano, etc.

VALORES MAXIMOS ADMISIBLES DEL AGUA POTABLE ISO 9000

DENOMINACION	UNIDADES	VALORES MAXIMOS ADMISIBLES
TURBIEDAD	NTU	2.00
PH		6.5 - 8.5
COLOR VERDADERO	UC	10
SOLIDOS TOTALES	Mg/L	500
SOLIDOS DISUELTOS	Mg/L	500
DUREZA TOTAL	CaCO ₃ , mg/L	200
CLORUROS	Cl ⁻ , mg/L	250
DBO	Mg/L	5
FLUORUROS	Mg/L	1.5
PLOMO	Pb, mg/L	0.05
COLIFORMES FECALES	NMP/100	0/100 mL
COLIFORMES TOTALES	NMP/100	0/100 mL

PROBLEMAS QUE PUEDEN PRESENTARSE SI NO SE CUMPLEN LOS VALORES ADMISIBLES

VALOR BAJO	DENOMINACION	VALOR ALTO
Corrosión	pH	Sabor, sensación jabonosa
	COLOR (15 UCV)	Apariencia
	TURBIEDAD (> 5)	Apariencia
	CLORURO (> 250mg/L)	Sabor, corrosión
	COBRE (1 mg/L)	Manchas en la ropa lavada.
Posible corrosión	DUREZA	Incrustaciones, formación de espuma

CAPITULO II

ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Para diseñar un sistema de control es necesario un conocimiento profundo del proceso, es decir diagnosticar la planta de tratamiento de agua, esto significa conocer las variables principales, secundarias y misceláneas del proceso.

La teoría de control implica 04 algoritmos:

- a) Análisis y conocimiento del proceso.
- b) Controlabilidad del proceso; es decir definir las variables controladas, manipuladas y efectos de perturbación.
- c) Estabilización de los sistemas, que incluye equipos, procesos, líneas de procesos y variables de procesos (P, T, F, Nivel).
- d) Desarrollo sostenido del sistema, que implica el criterio de innovación tecnológica, pero con responsabilidad respecto al medio ambiente.

VARIABLES PRINCIPALES son aquellas cuyo efecto es muy sensible, es decir, una pequeña perturbación va a generar un cambio sustantivo en la variable de salida (controlada o medida), estas son: turbidez, flujo.

VARIABLES SECUNDARIAS, su efecto perturbante es relativamente secundario, pero necesariamente tienen que estar presentes en el proceso tecnológico: pH.

VARIABLES MISCELÁNEAS, su efecto perturbante es intrascendente, pero también deben estar en el proceso tecnológico. Estas variables pueden o no ser controladas, pues no afectan mucho al proceso.

A continuación describimos las etapas del proceso de tratamiento de agua potable.

2.1 Etapa de Captación

Se compone de una instalación o bocatoma, que es el lugar donde se capta el agua cruda proveniente del río, y una instalación de emergencia o alternativa (segunda bocatoma) donde también se capta el agua que proviene del río. Estas bocatomas están equipadas con rejillas, donde quedan retenidas ramas, trapos y toda basura de tamaño mayor que venga flotando. La capacidad de captación de estas bocatomas es de aproximadamente $15 \text{ m}^3/\text{seg}$ y se capta de acuerdo a la necesidad de la planta.

En la parte frontal de estas instalaciones se encuentra el barraje móvil, que cuenta con siete compuertas radiales accionadas por actuadores electromecánicos, los cuales desplazan las compuertas mediante un sistema de motorreductores poleas y cables.

La bocatoma cuenta con cuatro compuertas deslizantes activadas por actuadores electromecánicos de tres posiciones de control (apertura-parada-cierre), las cuales se encargan de la captación y dos para el drenaje de los elementos de flotación que hayan ingresado a esta bocatoma. La instalación de emergencia cuenta con siete compuertas deslizantes, de las cuales una es dedicada para drenaje del material flotante. Los actuadores de estas compuertas permiten un control local de tres posiciones (apertura-parada-cierre), así como la determinación de la posición de éstas en cualquier instante.

ETAPA DE CAPATACIÓN



BOCATOMA

Capta el agua del río y la deriva a la planta de tratamiento

2.2 Etapa de pre-tratamiento

2.2.1 Desarenación

Estas unidades reciben el agua proveniente de las bocatomas a través de canales subterráneos, donde se extraen la arena y la grava, el objetivo principal es producir una sedimentación de la arena, mediante una disminución de la velocidad del agua a lo largo de las baterías de desarenadores.

En períodos de alta turbiedad se aplican polímeros (polielectrolitos aniónicos, que por su alto peso molecular reaccionan fácilmente con las partículas) para precipitar las partículas discretas (arcillas, limos, etc), esta operación se realiza a la entrada del proceso.

A la salida de los desarenadores el agua recibe una primera dosificación de cloro para reducir la carga bacterial.

Batería de desarenadores

Cada batería de desarenadores está compuesta por cámaras de sedimentación, las cuales tienen una sección de ingreso por pantallas deflectoras, que disminuyen la velocidad de flujo de agua, retienen el material flotante y producen una velocidad de flujo laminar que facilita el proceso de sedimentación.

El agua descarga por rebose a la salida de los desarenadores, mediante un vertedero de colección con dirección al embalse de regulación.

2.2.2 Estaciones de dosificación de polímeros

En estas estaciones se lleva a cabo la preparación de la solución de polímeros para ser dosificadas a la entrada de los desarenadores con el fin

de aglutinar a las partículas en suspensión, facilitando la sedimentación, tanto en los desarenadores como en los embalses reguladores.

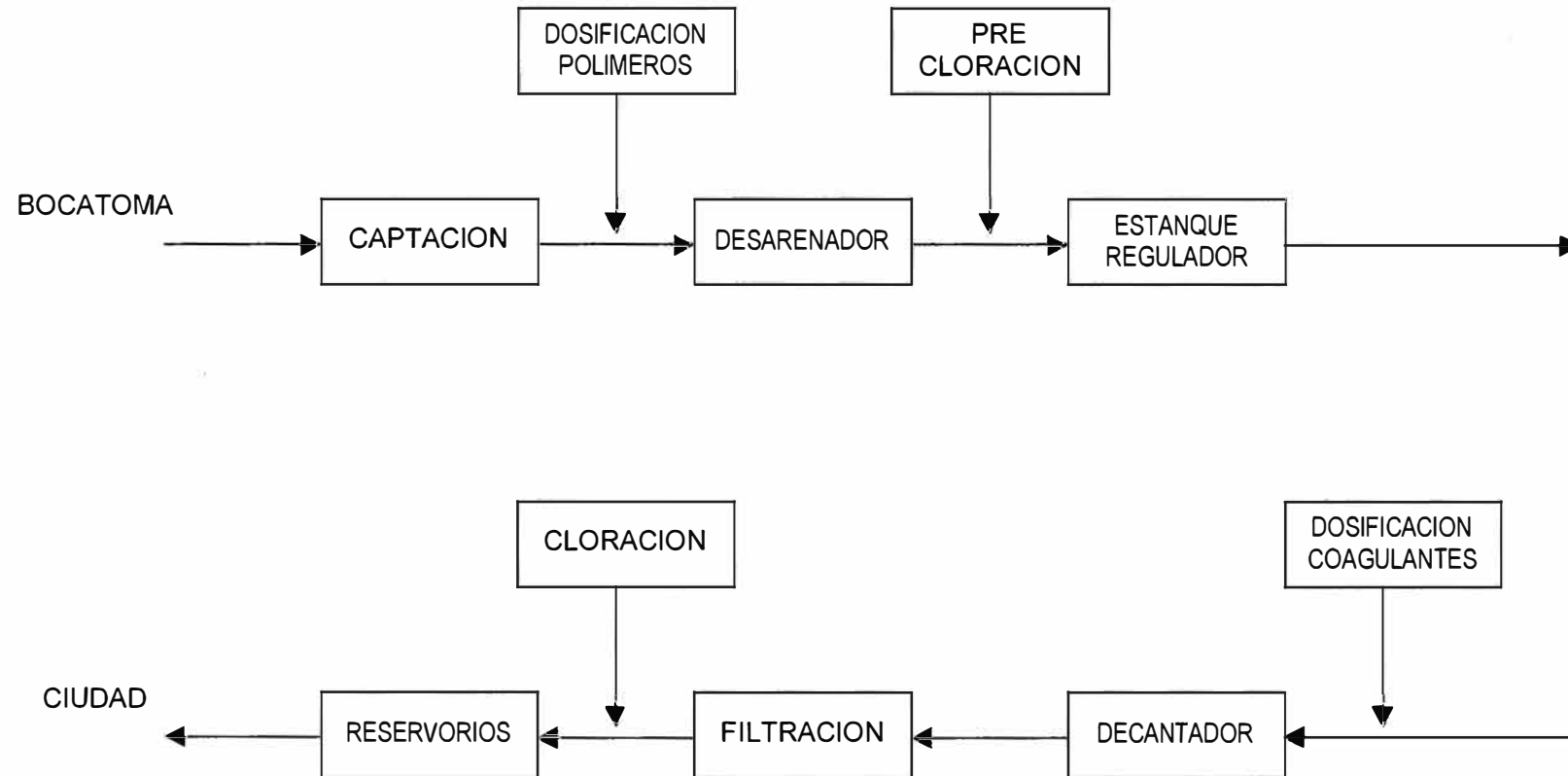
Para la preparación de la solución se cuenta con tanques de almacenamiento para cada estación, donde se suministra una cantidad predeterminada de polímeros por medio de alimentadores mecánicos, la misma que se mezcla con agua de pozo. Esta agua es previamente almacenada en estos tanques por medio de bombas centrífugas (una bomba centrífuga puede entregar un volumen variable de fluido con diferente carga, para una velocidad constante, en cambio una bomba reciprocante es particularmente útil para bombear fluidos viscosos, debido a que la alta proporción de esfuerzo cortante que actúa sobre las paredes del cilindro sirve como un empaque adicional, además de proporcionar un flujo constante). Los tanques cuentan con agitadores electromecánicos tipo hélice con el fin de darle mayor homogeneidad a la mezcla como paso previo a su transporte hacia las baterías de desarenadores.

Para el transporte de los polímeros hacia el punto de dosificación se cuenta con un sistema compuesto por dos bombas reciprocantes y dos bombas centrífugas. Las primeras sirven para extraer la solución viscosa (polielectrolito con agua) de los tanques y las segundas para diluir la solución mediante inyección de agua de pozo. La salida de ambas se mezcla en las tuberías, procediendo luego a su transporte.

2.2.3 Pre-Cloración

En estas estaciones se lleva a cabo la primera desinfección bacterial del agua, mediante la adición de una solución diluída de cloro, que es agregada en una proporción 500 ppm a la entrada de los desarenadores.

ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE UNA PLANTA DE AGUA POTABLE



Los cloradores de alimentación al vacío son más seguros y confiables que los cloradores a presión, a pesar de necesitar suministro adicional de agua. La operación de estos cloradores está basado en el vacío parcial creado por un inyector que se coloca antes del punto de inyección del cloro al agua.

El gas cloro pasa a un rotámetro que mide el flujo del gas, luego ingresa al inyector que consiste en un tubo venturi a través del cual pasa una corriente de agua, que crea una sobrepresión en un diafragma metálico, creando un vacío parcial en todos los conductos y válvulas del clorador. En el inyector el gas cloro se mezcla con agua y produce una solución de una concentración determinada.

El abastecimiento de agua para el inyector debe, en lo posible, tener baja turbiedad, no contener partículas en suspensión y sobre todo estar libre de arena.

2.2.4 Unidades de regulación

Reciben las aguas provenientes de las unidades de desarenación y comprenden los embalses reguladores. Tienen como función mantener un caudal de entrada constante a la planta de tratamiento, especialmente cuando la turbiedad es elevada, permitiendo interrumpir la captación del agua por 15 horas, hasta que mejore la calidad de agua del río. El diseño de estas unidades permite también una sedimentación gravitacional del agua proveniente de las unidades de desarenación.

Para la descarga de lodos se cuenta con un canal subterráneo cuya entrada es controlada mediante una compuerta deslizante.



ESTANQUE REGULADOR

Las aguas captadas se almacenan en reservorios cuya función es regular el agua hacia la planta de tratamiento

2.3 Etapa de Tratamiento

El agua proveniente de los embalses reguladores pasa a través de unidades de tratamiento convencionales denominadas plantas de Tratamiento, que están conformadas por dosificadores, floculadores hidráulicos, sedimentadores y filtros.

En la unidad de reactivos químicos se preparan y suministran las diversas sustancias que ingresarán en la fase de sedimentación, generalmente se almacenan en tanques.

Una vez dosificados los reactivos, el agua ingresa a la Unidad de Decantación, donde las partículas finas son sedimentadas por medio de una batería de decantadores.

La filtración sirve para retener las partículas más pequeñas así como una importante carga bacteriana del agua y se realiza en una batería de filtros.

La etapa de cloración se realiza a la salida de los filtros de agua, para eliminar toda contaminación bacteriana residual, pasando el agua a las tuberías que conducen a los tanques de almacenamiento y/o a la ciudad.

2.3.1 Unidades de reactivos químicos

Las unidades de reactivos químicos constan de las unidades de dosificación de sulfato de aluminio en solución (alúmina), cal hidratada, cloruro férrico y polímeros, los cuales son usados como coagulantes, correctores del nivel de pH y floculadores, respectivamente.

La preparación de la solución de sulfato de aluminio se lleva a cabo en tanques de mezclado, los cuales cuentan con agitadores electromecánicos para facilitar su mezcla con el agua.

El cloruro férrico es almacenado en tanques cilíndricos, el cual cuenta con un sistema de bombas dosificadoras. Para el caso de la cal hidratada se cuenta con un sistema de tanques agitadores y bombas dosificadoras.

COAGULACION - FLOCULACION

Es el proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con peso específico superior al del agua llamadas floc. Este proceso se usa para:

Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente.

Remoción de color verdadero y aparente.

Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.

Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos.

La coagulación comienza en el instante en que se agregan los coagulantes al agua y dura solamente fracciones de segundo. Consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma.

La floculación es el fenómeno por el cual la mayoría de partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores.

Los coagulantes metálicos Al (III) y Fe (III) deben aplicarse en solución verdadera, si se aplican en suspensión sin que las partículas del compuesto hayan tenido tiempo de disolverse, disminuye la efectividad del proceso.

2.3.2 Unidades de decantadores

Estas unidades sirven para la sedimentación de las partículas finas del agua, provenientes de los embalses reguladores, tanto si se trata de partículas presentes, son producto de la adición de reactivos durante la

coagulación-floculación. Este proceso consiste en hacer pasar el agua a través de un concentrador de lodos de tal forma que las partículas finas queden atrapadas en éste, manteniendo al mismo en forma de una masa en expansión. El agua puede atravesar de abajo hacia arriba de manera regular y uniforme, logrando obtenerse un agua decantada de buena calidad.

Consiste en un tanque circular, en cuyo centro se coloca una cápsula de vacío, en la cual periódicamente se disminuye la presión interna con una bomba especial, de modo que el agua ascienda por la campana, hasta un cierto nivel y luego se descargue en el tanque produciendo expansión de lodos y botando el exceso de los mismos a los concentradores. Esta periódica expansión y contracción de la colcha se usa para homogenizarla, evitando las grietas o canales que permiten el paso directo de la turbiedad, y la sedimentación de las partículas más pesadas en el fondo.

El sistema requiere de dos tiempos. En el primer tiempo (Ver figura N° 1) la válvula de aire A se encuentra cerrada. El flujo asciende por la campana C, mientras el agua en el decantador D permanece en reposo, de forma que puede sedimentar. En el segundo tiempo al alcanzar el agua el nivel S en la campana C, la válvula de aire A se abre y el agua de la campana C penetra en D. El agua decantada se recoge en E. Cuando el flujo alcanza el nivel L, en la campana C, se cierra la válvula A. Los fangos depositados en el concentrador B se extraen automáticamente por medio de las válvulas F.

2.3.3 Filtración

Después de concluída la decantación, el agua es llevada a estanques donde se realiza la clarificación final o filtración. Este proceso tiene por objetivo separar las partículas y microorganismos que no han sido retenidos

PULSADOR DEGREMONT

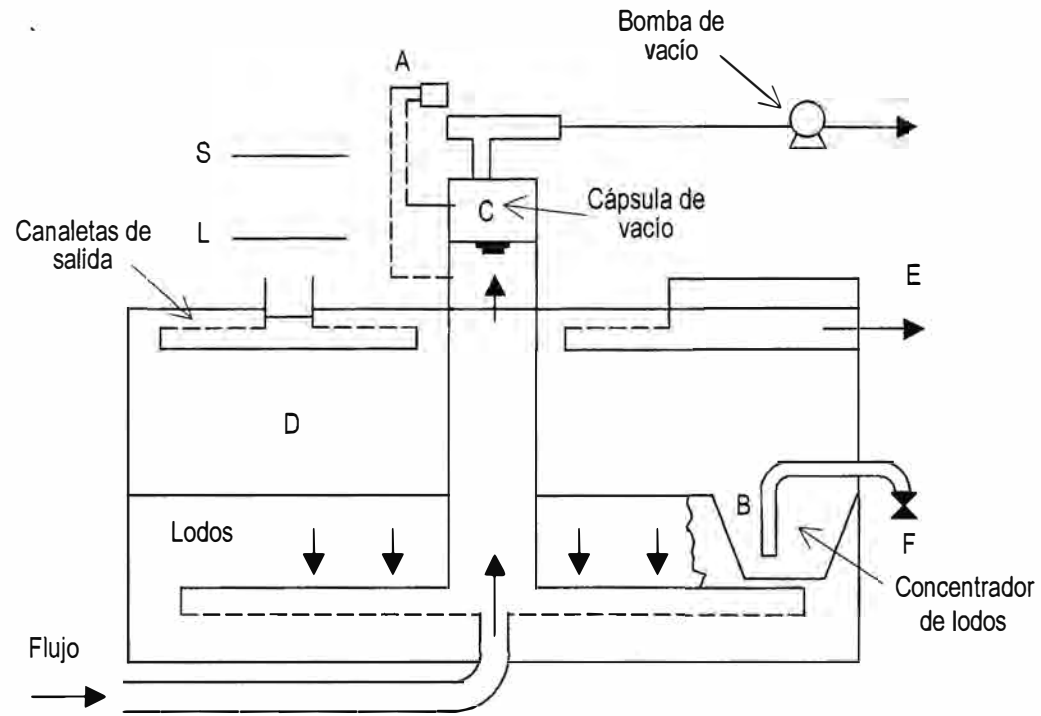
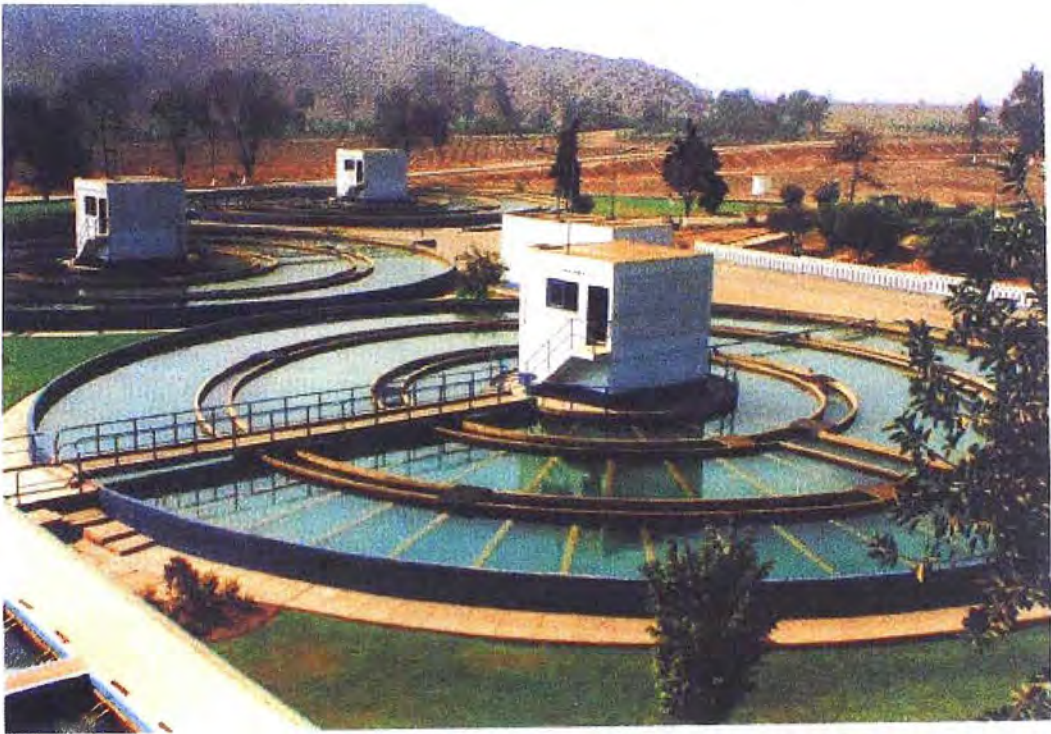


FIG. N° 1

UNIDAD DE DECANTADORES



Clarificación del agua por medio de un flujo ascendente vertical

en los procesos de coagulación y sedimentación. Cada batería de filtros posee tres canales, uno central y dos laterales, por medio de los cuales se hace ingresar el agua por la parte superior, atravesando el lecho de arena, que actúa como filtro. El agua baja, pasando a través de las capas filtrantes, donde quedan retenidas la mayoría de las moléculas en suspensión que no lograron ser eliminadas en las etapas anteriores. El lecho de arena descansa sobre un falso fondo, el cual está cubierto de toberas, por donde se recolecta el agua filtrada.

Durante el período de trabajo del filtro, las partículas irán cubriendo los granos del lecho incrementando su diámetro y disminuyendo su porosidad inicial, con lo que la eficiencia del filtrado se reduce. A este proceso se le conoce como pérdida de carga. Cuando ello se produce, los filtros se lavan inyectando un flujo de agua y aire a presión en contracorriente, en forma ascendente durante aproximadamente 15 minutos.

2.3.4 Cloración

En estas unidades el agua completa su tratamiento para su transporte a los reservorios. Este consiste en la inyección de gas cloro que permite destruir los últimos microorganismos que aún se encuentren presentes en el agua, de modo que ésta quede desinfectada, prevenir contaminaciones en las redes de distribución y además servir como indicador de calidad.

Este proceso final de desinfección del agua permite asegurar su calidad sanitaria. El cloro se inyecta a través de dosificadores automáticos en una cantidad entre 0.6 y 0.8 miligramos de cloro por litro de agua. Esto permite la eliminación de los microorganismos que pudiesen quedar en el agua después del tratamiento.

Similar función cumple la presencia del cloro residual, que corresponde a una cantidad no tóxica de cloro incorporado al agua, capaz de prevenir posibles contaminantes entre la salida desde las plantas de tratamiento y el medidor de agua potable de las propiedades, que representa el punto donde la Empresa "entrega" el agua potable a sus clientes. El cloro residual cuya cantidad mínima debe ser de 0.2 miligramos de cloro por litro de agua, permite asegurar la buena cantidad del agua que sale por la llave y significa, por tanto, un resguardo adicional para nuestra salud.

CAPITULO III

DESCRIPCION DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL UTILIZADOS EN LA AUTOMATIZACION

La necesidad creciente de incrementar la productividad en el sector industrial con miras a responder a las exigencias de alta competitividad del mercado internacional justifica la incorporación de tecnologías de automatización en los procesos de producción. Para llevar a cabo esta automatización necesitamos de:

Elementos de medición, que comprenden a los instrumentos cuya función es medir la magnitud de la variable controlada, sea por lectura directa o por inferencia y a los transductores y transmisores de la señal correspondiente a la variable medida hasta el controlador.

Elemento de control final, que es un dispositivo o artefacto que efectúa la acción correctiva proveniente de un controlador, con lo cual se hace efectivo el cambio de la variable manipulada. Normalmente el elemento de control final es una válvula de control.

Controlador, es un instrumento capaz de producir una acción correctiva o una señal modulada, en función de la desviación con respecto al valor deseado de la variable que se desea controlar.

3.1 Instrumentos de control utilizados en cada etapa del tratamiento

A cada instrumento se ha asociado su número de identificación TAG, la función más relevante para lo que fueron definidos y el tipo de indicación que deberán tener, de acuerdo a las normas ISA (Sociedad Americana de Instrumentación).

ETAPA DE CAPTACION

N° TAG	TRANSMISORES/SENSORES/MEDIDORES
LT -101	Transmisor de nivel del agua en la bocatoma, tipo ultrasonido
pHT-102	Transmisor de pH del agua en la bocatoma
FI-103	Indicador de flujo en el muestreo automático de agua en la bocatoma (rotámetro).
AT-104	Transmisor de turbidez del agua en la bocatoma
FT-105	Transmisor de flujo de polímero a canal desarenador
LSL-108	Switch de nivel de baja del tanque de agua

ETAPA DE PRE - TRATAMIENTO

N° TAG	SENSORES/TRANSMISORES/MEDIDORES
LSL-106	Switch de nivel de baja del tanque de polímeros
FT-107	Transmisor de flujo de polímero
FI-206	Indicador de flujo de agua en muestreo automático en canal desarenador
AT-205	Transmisor de turbidez del agua en muestreador automático en canal desarenador
LT-210	Transmisor de nivel entrada al desarenador
LT-203	Transmisor de nivel de agua en desarenador
FI-212	Medidor de flujo de agua (rotámetro)
FI-213	Medidor de flujo de gas cloro al inyector (rotámetro)

ETAPA DE PRE - TRATAMIENTO (cont.)

N° TAG	SENSORES/TRANSMISORES/MEDIDORES
FI-214	Medidor de flujo en muestreo automático de agua a la salida del desarenador
AT-302	Transmisor de turbidez a la salida del desarenador, en el muestreador automático de agua
XT-305	Transmisor de cloro residual en el muestreador automático de agua
LSH-401	Switch de nivel de agua en estanque regulador
LSL-402	Switch de nivel bajo en estanque regulador
LI-403	Indicador de nivel capacitivo para detectar interfase de lodos en estanque regulador
FIT-404	Transmisor de flujo tipo magnético a la salida del estanque regulador

ETAPA DE TRATAMIENTO

N° TAG	SENSORES/TRANSMISORES
LI-501	Indicador de nivel en tanque de mezcla de reactivos químicos
FI-503	Indicador de flujo en muestreo automático de agua antes del decantador
pHT-504	Transmisor de pH del agua antes del decantador

ETAPA DE TRATAMIENTO (Cont.)	
Nº TAG	SENSORES/TRANSMISORES
AT-505	Transmisor de turbidez del agua antes del decantador
LT-506	Transmisor de nivel en tanque de coagulante
LT-507	Transmisor de nivel en tanque dosificador de cal
LSL-508	Switch de nivel de baja tanque de floculantes
LSH-509	Switch de nivel de agua en decantador
LT-510	Transmisor de nivel capacitivo para interfase de lodos en decantador
FI-515	Indicador de flujo en muestreo de agua tratada a la salida del decantador
pHIT-516	Indicador transmisor de pH a la salida del decantador
AT-518	Transmisor de turbidez de agua a la salida del decantador
LT-606	Transmisor de nivel del agua en los filtros
FI-609	Medidor de flujo en muestreo salida de filtros
XT-610	Transmisor de cloro residual a la salida de los filtros
pHI-612	Indicador de pH a la salida de los filtros
AI-614	Indicador de turbidez de agua a la salida de los filtros

3.2 Criterio de Selección

Los instrumentos utilizados para el sistema de control automático de la planta de tratamiento de agua potable, se describen a continuación tomando en cuenta el principio de operación, sus aplicaciones, ventajas y desventajas.

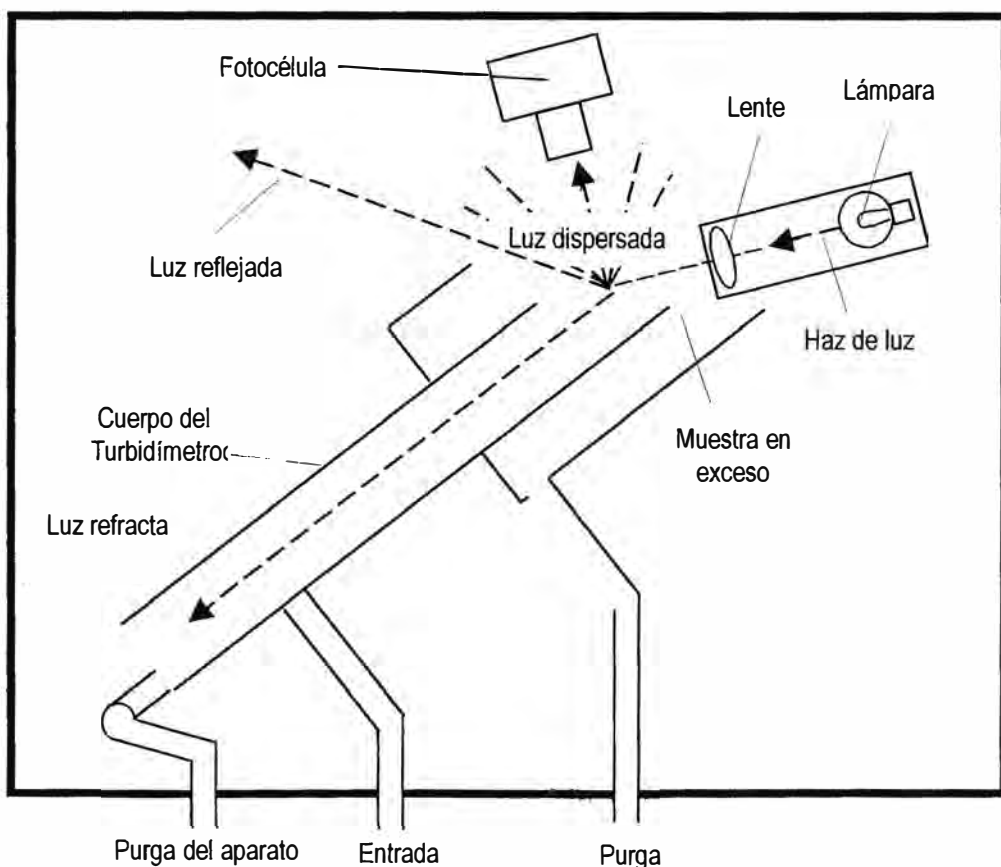
3.2.1 Medidor de turbidez

a) Principio de operación del instrumento de medición

El turbidímetro es un instrumento sensitivo de monitoreo continuo diseñado para la medición de turbiedad en flúidos. El instrumento diseñado está basado en el principio nefelométrico. Los fotómetros nefelométricos miden la cantidad de luz diseminada por la muestra de agua, y la comparan con la de una concentración conocida.

Este tipo de turbidímetro consta básicamente de cinco partes:

- a) Fuente de luz
- b) Concentrador de luz
- c) Muestra de agua
- d) Celda fotoeléctrica
- e) Medidor de turbiedad



La celda fotoeléctrica está colocada a diferentes ángulos según el equipo y es la que acciona el aparato de lectura de la turbiedad calibrado en unidades nefelométricas directamente.

El monitor de turbiedad nos permite mantener un registro permanente de la turbiedad, de manera que en cualquier instante se pueda conocer el valor de ésta y en algunos casos hacer sonar una alarma o prender una luz, cuando exceda determinado límite.

b) Aplicaciones

Se usa para medir agua de bebida, aguas municipales, efluentes industriales.

c) Ventajas

La ventaja de los fotómetros con fotocelda está en que las determinaciones no se basan en el criterio del observador, como en los de transmitancia.

Amplio intervalo de medidas, pueden medir niveles de turbidez muy altas y muy bajas. El aparato no se queda ciego a altos niveles de turbidez.

Ventajas en el mantenimiento: no hay contacto entre la muestra y los componentes ópticos.

Las piezas que se mojan se fabrican con materiales resistentes a la corrosión para que duren mucho.

Display LED de cuatro cifras lee continuamente la turbidez de las muestras de 0.01 a 9999 NTU.

Circuito de rechazo de burbujas, el circuito elimina las fluctuaciones de display de salida causadas por burbujas de aire y partículas grandes.

d) Selección

Se ha seleccionado este instrumento por su amplio rango de trabajo, la confiabilidad y su uso muy generalizado.

MEDIDOR DE TURBIDEZ



MEDIDOR DE CLORO RESIDUAL



3.2.2 Medidor de nivel tipo ultrasonido

a) Principio de operación del instrumento de medición y de control

El medidor de nivel ultrasónico se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo expresado por la distancia en la captación del eco depende del nivel del tanque.

Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20 KHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

b) Aplicaciones

Medida y control de tanques, monitoreo ambiental, líquidos corrosivos.

c) Ventajas y desventajas

La precisión de estos instrumentos es de ± 1 a 3%.

Son adecuados para todos los tipos de tanques y de líquidos o fangos.

Son sensibles a la densidad

Temperatura máxima del fluido 200°C

d) Selección

No tiene contacto con la solución, buena precisión.

3.2.3 Medidor de nivel tipo capacitivo

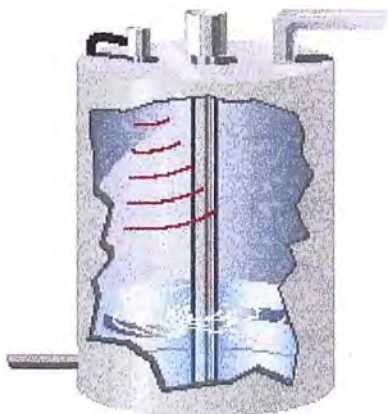
a) Principio de operación del instrumento de medición y control

Mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido.

MEDIDOR DE NIVEL - TIPO ULTRASONIDO



APLICACIONES



MEDICION Y CONTROL EN TANQUES



CANALES ABIERTOS

En flúidos no conductores se emplea un electrodo normal y la capacidad total del sistema se compone de la del líquido, la del gas superior y la de las conexiones superiores.

En flúidos conductores con una conductividad mínima de 100 microhmios/c.c., el electrodo está aislado usualmente con teflón, interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y del gas.

El circuito electrónico alimenta el electrodo a una frecuencia elevada, lo cual disminuye la reactancia capacitiva del conjunto y permite aliviar en parte el inconveniente del posible recubrimiento del electrodo por el producto.

El sistema es sencillo y apto para muchas clases de líquidos; sin embargo en flúidos conductores, los sólidos o líquidos conductores que se encuentran en suspensión o emulsión, y las burbujas de aire o de vapor existentes, aumentan y disminuyen respectivamente la constante dieléctrica del flúido, dando lugar a un error máximo del 3 % por cada tanto por ciento de desplazamiento volumétrico.

La precisión de los transductores de capacidad es de $\pm 1\%$.

b) Aplicaciones

Son empleados en la medida de nivel de interfases

c) Ventajas y desventajas

- Son ligeros, no tienen partes móviles.

Presentan una buena resistencia a la corrosión.

Son de fácil limpieza.

Su campo de medida es ilimitado.

Resistencia a la corrosión

d) Selección

Se ha seleccionado este medidor por su campo de medida y su aplicación en la medida de interfases.

3.2.4 Medidor de pH

a) Principio de operación del instrumento de medición

La medida del pH es una de las pruebas más importantes en los análisis de la calidad del agua. El pH influye en el equilibrio de las concentraciones de muchos compuestos presentes en el agua, de ahí su importancia en la medida y control del pH. Utilizan membranas moleculares con unión porosa para controlar el flujo de la solución de referencia. Este método funciona bien al principio, pero al cabo de poco todas las uniones porosas quedan obstruidas, estorbando y cambiando el caudal del electrolito. Todo ello produce medidas inestables, imprecisas y muy pronto averías en los electrodos.

Otra técnica emplea una unión de referencia con flujo libre. El cartucho de electrolito contiene la solución de referencia, la cual va al electrodo a través de un tubo. El tubo permite que el electrolito se difunda libremente. Como no hay material de unión poroso que pueda colmatarse, el flujo libre de electrolito está asegurado y la respuesta es más rápida que con los electrodos convencionales. El electrodo dura más porque no se puede "atascar". El resultado es un electrodo que proporciona una respuesta rápida, precisión, resultados reproducibles y larga duración.

b) Aplicaciones

Agua tratada y efluentes industriales.

c) Ventajas y desventajas

Lecturas de salida seleccionables para pH y mV

Compensación de temperatura y un display LED.

Capacidad de control PID.

El electrodo para el pH contiene electrodos de media celda para medida y referencia, sensor de temperatura y un preamplificador interno para reducir el ruido.

e) Selección

Por las ventajas que ofrece y su aplicación en el tratamiento de aguas.

3.2.5 Medidor de cloro residual

a) Principio de operación del instrumento de medición

El analizador de cloro proporciona respuestas rápidas y un funcionamiento automático y fiable.

El analizador de cloro usa un procedimiento analítico basado en el método 330.5 de la USEPA para aguas residuales y el método 408.E de los Standard Methods para agua potable. El método colorimétrico DPD proporciona sensibilidad, rapidez, descoloración mínima y un sistema tamponador de resultados precisos. El indicador N,N dietilpifenilediamina (DPD) es oxidado por el cloro de la muestra.

El módulo de válvula/bomba controla el caudal de la muestra que entra, y mide los volúmenes de los reactivos indicador y tampón en un ciclo de 2.5 minutos. Una leva accionada por motor mueve unos bloques comprimidos que aprietan los tubos con una pared gruesa especial contra una placa fija. Se introduce una porción de muestra en la celda de flujo del colorímetro para medir el blanco de absorbancia (intensidad del color) antes de añadir los reactivos. Ello permite compensar cualquier turbidez o color natural en la muestra y proporciona el cero automático como punto de referencia. Luego se añaden los reactivos y un motor agitador magnético mezcla cuidadosamente la muestra y los reactivos. Tras aparecer el color, se mide

la intensidad del color a 510nm y se compara con la referencia. La diferencia entre las dos sirve para calcular la concentración de cloro.

b) Aplicaciones

Es usado para medir agua de bebida, efluentes municipales e industriales, piscinas.

c) Ventajas y desventajas

Proporciona respuestas rápidas y un funcionamiento automático y fiable.

Realiza automáticamente cada 2.5 minutos un análisis completo de cloro residual libre o total.

d) Selección

Por su aplicación en el campo de tratamiento de agua potable.

3.2.6 Medidor de flujo tipo magnético

a) Principio de operación del instrumento de medición

El funcionamiento del medidor magnético de flujo se basa en la conocida ley de inducción electromagnética de Faraday.

El medidor magnético de flujo utiliza la ley de Faraday para medir la velocidad media de flujo, en la forma siguiente: induce un campo magnético a través de una sección de un tubo de flujo. El líquido que fluye es el conductor, que se desplaza a través del campo magnético. Conforme el disco de líquido se mueve a lo largo del campo magnético, se crea una tensión en el par de electrodos montados en lados opuestos de la pared del tubo. La longitud del conductor es la distancia de un electrodo al otro, es decir el diámetro del tubo. Una sucesión constante de discos que se desplazan por el campo magnético, más allá de los electrodos, produce una tensión cuya magnitud es proporcional a la velocidad promedio del líquido. Con un campo magnético constante, el gasto volumétrico es directamente

MEDIDOR DE FLUJO TIPO MAGNETICO



ROTAMETRO



proporcional a la tensión generada. La tensión se mide con un voltímetro apropiado, calibrado directamente en unidades volumétricas de flujo.

En cuanto a su estructura, el medidor magnético de flujo consiste en un tubo metálico recubierto, que generalmente es de acero inoxidable o aluminio, o bien un tubo no metálico y no recubierto

b) Aplicaciones

Tiene aplicación en el abastecimiento de agua, cuando se requiere medir el líquido sin ninguna pérdida de carga, o cuando se necesita medir flujos de inversión

c) Ventajas y desventajas

No tiene pérdida de carga (no presenta obstrucción al flujo).

Permite el paso de sólidos en suspensión

No tiene conexiones líquidas

Tiene una salida electrónica

d) Selección

Por su aplicación en el campo de tratamiento de agua.

3.2.7 Rotámetros

a) Principio de operación

Son medidores de área variable que consisten de un tubo vertical con un flotador, que se desplaza dentro del tubo por variaciones del flujo.

El fluido ingresa por la parte inferior ejerciendo una fuerza sobre el flotador, el flotador mantiene una posición de equilibrio con las fuerzas hidráulicas que actúan en sentido contrario a su peso.

El tubo receptor ha sido diseñado en tal forma que exista una relación lineal entre la razón de flujo y la posición del flotador, es así que una escala calibrada en el exterior del tubo permite una lectura directa.

Los rotámetros con tubos de vidrio se usan normalmente para bajas presiones y con flúidos como el agua.

b) Aplicaciones

Servicios de agua, aire o fluidos no peligrosos. Indicación local de flujo de flúidos no peligrosos.

c) Ventajas y desventajas

Costo relativamente bajo

Adecuados para la medición de pequeños flujos

Producen baja caída de presión

Están limitados a servicios de baja temperatura

d) Selección

Se ha seleccionado este medidor por las ventajas que ofrece y sus aplicaciones tanto para gases como para líquidos.

3.3 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas de los instrumentos de medición se presentan en el anexo 01.

CAPITULO IV

ESTRATEGIAS DE CONTROL EN LAS ETAPAS DEL TRATAMIENTO

Establecer un sistema de control en cada una de las etapas del proceso otorga seguridad, calidad y economía en la operación de la planta de tratamiento de agua.

Un estricto control de calidad a lo largo de todo el proceso, implica un control automático de todas las variables y que estas sean controladas varias veces durante el proceso.

El control permite operar la mayoría de los equipos eficientemente logrando de esta manera asegurar un producto de alta calidad y competitividad.

El sistema de control automático puede desempeñar las siguientes funciones:

Poner en funcionamiento, detener o indicar el estado en que se encuentra cualquier equipo del proceso y seguir secuencias programadas de puesta en marcha y parada.

Mantener la calidad del producto en un nivel continuo.

Recolección, almacenamiento y procesamiento de la información en tiempo real para la toma de medidas preventivas y/o correctivas.

4.1 Objetivo del Control Automático de Procesos

El objetivo del control automático de procesos es mantener en determinado valor de operación las variables del proceso, tales como: flujos, niveles, presión, etc., para lo cual utiliza la variable manipulada

para mantener a la variable controlada en el punto de control a pesar de las perturbaciones.

Las perturbaciones en un proceso son la causa de que se requiera un control automático de proceso, si no hubieran alteraciones no se necesitaría supervisar continuamente el proceso.

Para lograr este objetivo se debe implementar un sistema de control.

4.2 Sistema de Control

El sistema de control puede ser dividido en cuatro partes fundamentales:

Proceso

Elemento de medición

Controlador

Elemento de control final

La función del sistema de control es mantener la variable controlada tan cerca como sea posible de un valor deseado o condición de referencia. Para realizar esto, es necesario medir el valor actual de la variable controlada, compararla con el valor deseado y hacer la corrección necesaria en la variable manipulada.

4.3 Niveles de Automatización

Los niveles de automatización son el desarrollo tecnológico para buscar mejores caminos para el control de procesos industriales.

a) Nivel 1: Medición y control de las operaciones principales

Este nivel está constituido por la medida y monitoreo del proceso (dispositivos de campo). A este nivel corresponde el control relativo a la adquisición de datos "in situ" o a distancia.

b) Nivel 2: Control directo del proceso

Está constituido por los dispositivos de control para la regulación de las variables de la planta: nivel, turbidez, etc.

c) Nivel 3: Automatización integral de la planta (Supervisión y monitoreo)

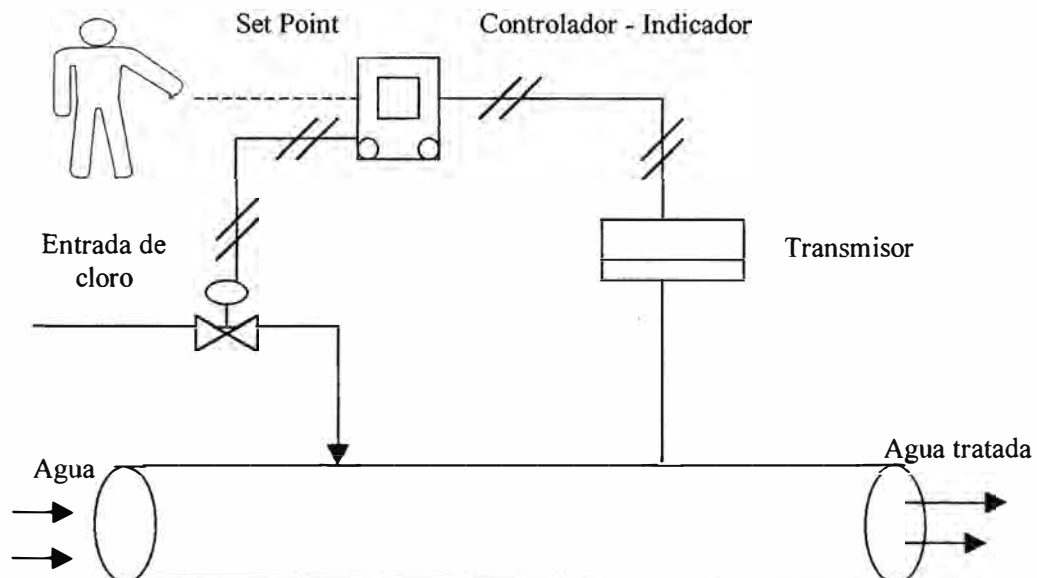
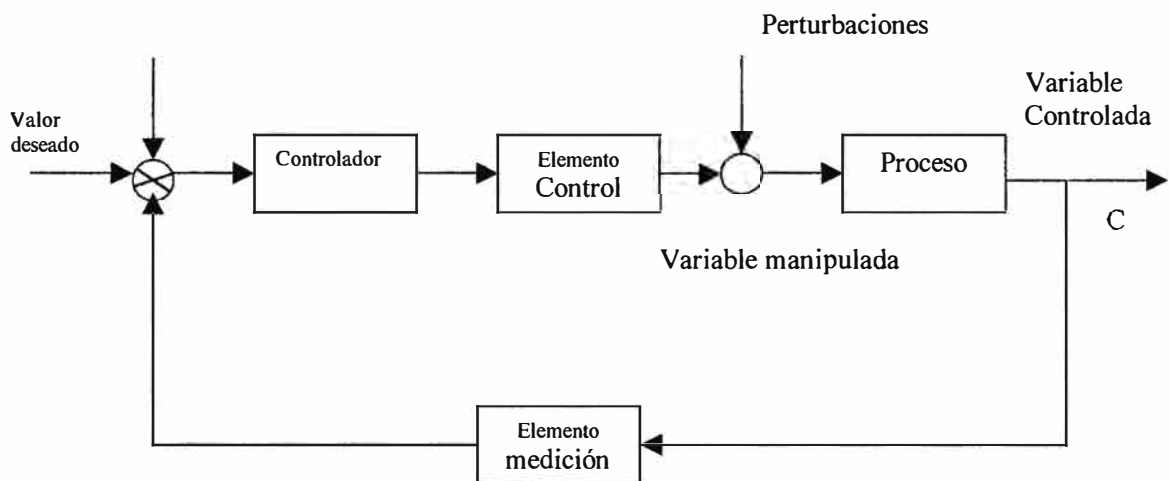
Supervisión a las operaciones en tiempo real, esta información en sus diferentes estados de operación normal, alerta y de emergencia de la planta de tratamiento de agua potable. La automatización en cada etapa del tratamiento: captación, desarenado, regulación y en los procesos de lazo cerrado, como son algunos de los de tratamientos físico-químicos con la finalidad de optimizar la calidad del proceso de tratamiento del agua.



4.4 Estrategias de Control

En el presente trabajo se ha aplicado las siguientes estrategias de control cuyos conceptos y modelos se describen a continuación:

- **Control de Retroalimentación:** Es la forma más simple de los sistemas de control. El objetivo del control de retroalimentación es la mantención de una condición de referencia (valor deseado) mediante la medición del valor actual de la variable a controlar, su comparación con el valor deseado y la modificación de la magnitud de la variable manipulada.



Control en Cascada: Consiste básicamente en que la señal de salida de un controlador (primario o amo) se introduce como valor deseado o set point de otro controlador (secundario o esclavo).

Sus características son:

- Reduce el efecto de los cambios de carga, cerca de su fuente
- Reduce el efecto de los atrasos en el tiempo de respuesta.

El efecto neto del control en cascada será minimizar el efecto de las perturbaciones secundarias sobre el proceso, mejorando de esta forma el comportamiento dinámico del sistema.

(Ver fig. N° 2)

Control de Acción Adelantada (Feed Forward): Este tipo de control no altera el comportamiento del circuito primario, pero modifica el efecto de las perturbaciones sobre el sistema, produciendo un cambio apreciable en la magnitud de la variable controlada. El control de acción adelantada no se diseña para que opere por si mismo, sino en conjunto con un sistema de control de retroalimentación. Esto se debe a que el control de acción adelantada sólo mantiene a la perturbación del proceso en un valor de referencia pero no controla el proceso en su conjunto.

(Ver figura N° 3)

Control de Relación: Es una forma especial del control en cascada, en el cual una variable secundaria es puesta en alguna proporción a la variable primaria. Estas variables pueden tener cualquier naturaleza, pero el control de relación se aplica mayormente al flujo.

(Ver figura N° 4)

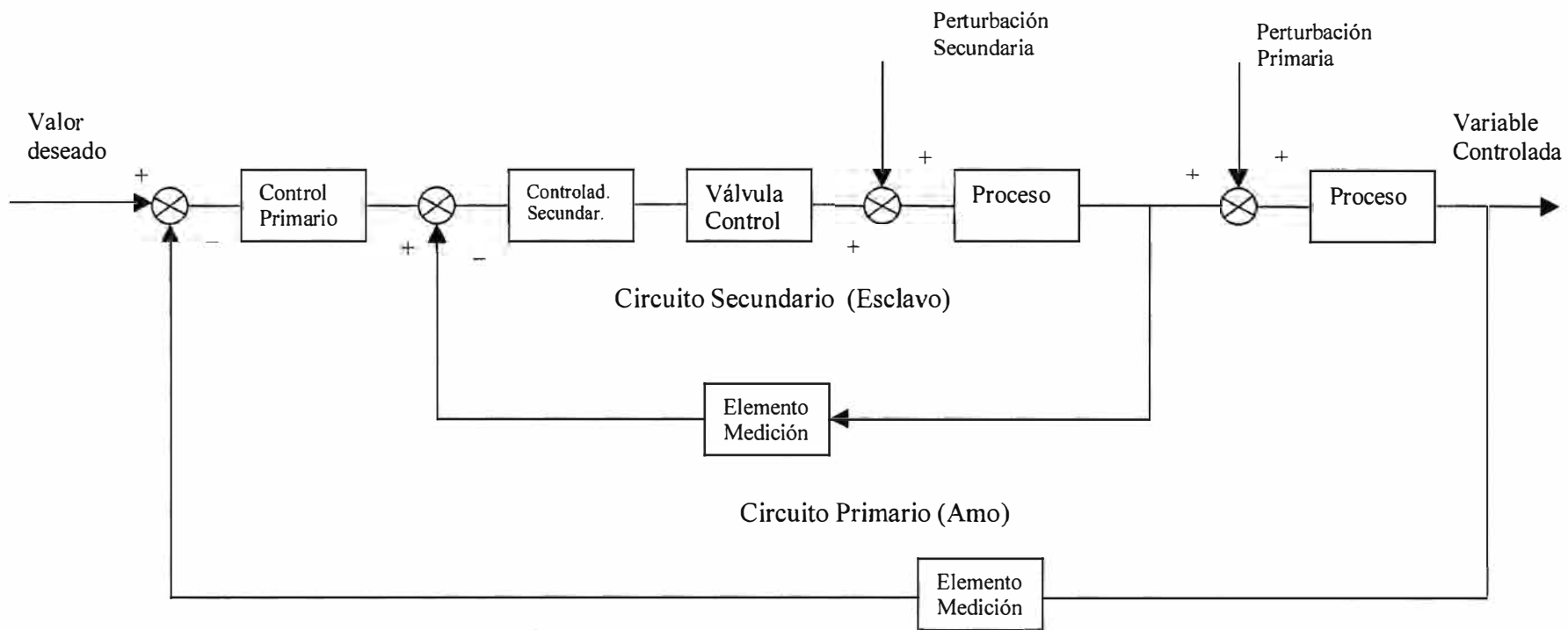


DIAGRAMA DE BLOQUE - CONTROL DE CASCADA

FIGURA N° 02

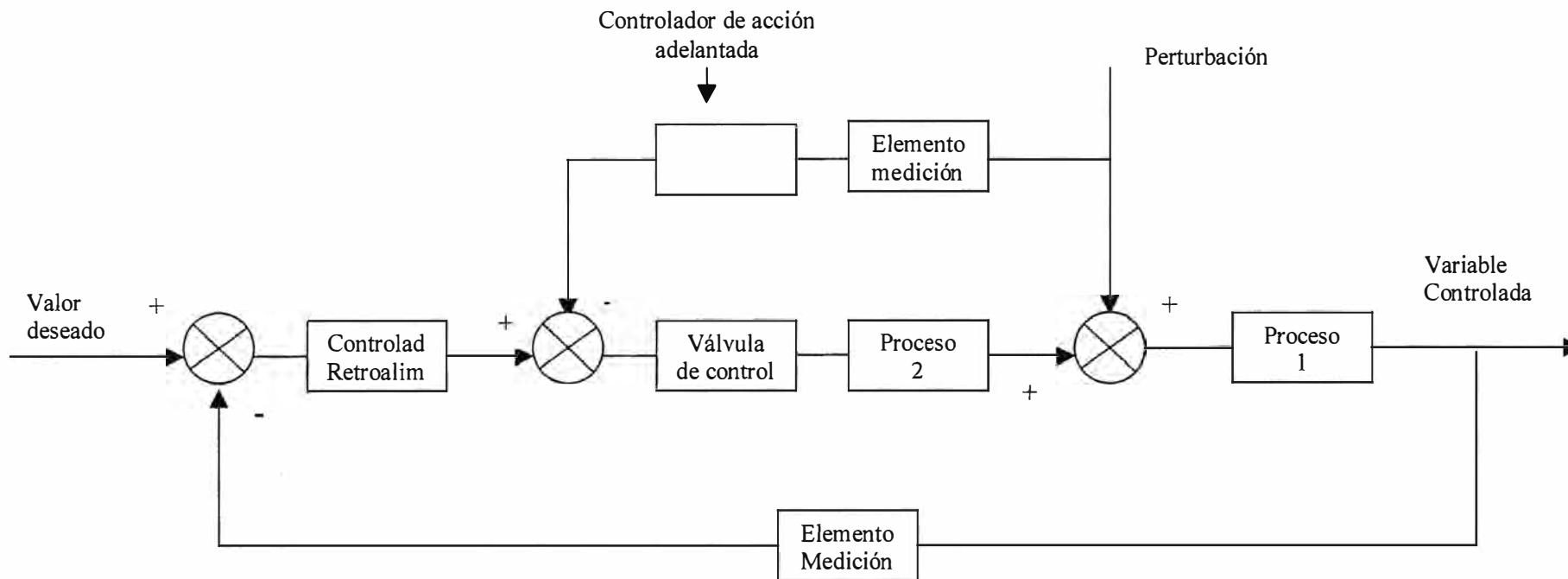


DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONTROL DE ACCIÓN ADELANTADA

FIGURA N° 03

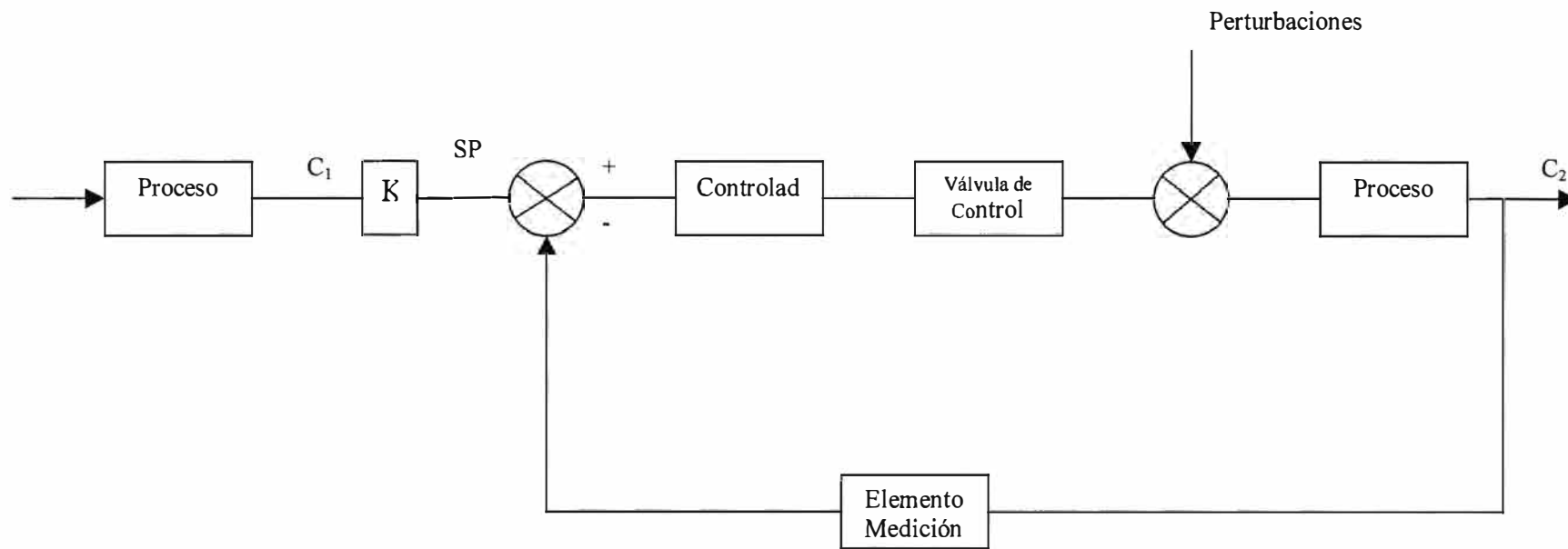


DIAGRAMA DE BLOQUES - CONTROL DE RELACIÓN

FIGURA N° 04

4.4.1 ESTRATEGIAS DE CONTROL EN LA ETAPA DE CAPTACION

Objetivo del Control

Conocer los parámetros de entrada del agua cruda en la bocatoma.

Descripción de la estrategia

La instalación de un sistema automático de muestreo de agua cruda permite conocer los valores de pH y turbiedad del agua para su posterior tratamiento. Este se realiza mediante una línea de bombeo de 1/2" de diámetro y luego se acondiciona los pasos para el monitoreo de cada una de las variables indicadas. Lazo 103 y 104.

Con un medidor de canal abierto Parshall determinamos el flujo del agua cruda a la entrada de la bocatoma. Lazo 101. (Ver lámina 03)

4.4.2 ESTRATEGIAS DE CONTROL EN LA ETAPA DE PRE-TRATAMIENTO

a) **Unidad de dosificación de polímeros**

Objetivo del control

Monitorear los niveles de los tanques de polímeros.

Descripción de la estrategia

Un switch de nivel baja para evitar que el tanque quede vacío.

Control de la concentración de polímero, midiendo el flujo de agua que fluye del tanque de agua, el cual es medido y afectado por una constante de relación que ingresa como set point del controlador de flujo del polímero.

La estrategia de control correspondiente se muestra en el lazo 107.

Un switch de alta y baja el cual se controla con una válvula solenoide en el tanque de agua. Lazos 108 y 109 (Ver lámina 03).

b) Unidades de desarenación

La automatización en estas unidades comprende la instalación de medidores de turbiedad y medidores de nivel para determinar el caudal de ingreso a los desarenadores.

Un medidor de nivel en el tanque desarenador, de supervisión local; el cual tendrá en cuenta una variación anormal del nivel de agua, por lo que va a manipular el accionar de las compuertas de la bocatoma. Lazo 203.

(Ver lámina 04)

Un medidor de turbidez donde la turbidez es la variable controlada que entra como set point del flujo de polímero y a la vez entra la señal del controlador de turbidez a la salida del desarenador (lazo 302), se suman por un requerimiento doble del sistema, manipulando el control de flujo de polímero.

c) Pre-cloración

Descripción de la estrategia

La cantidad de cloro a dosificar se fija en forma manual con una válvula aguja la cantidad de cloro para la cantidad de agua que está fluyendo. (FI - 213 Y FI-212)

La dosificación de cloro está determinada por el caudal de flujo de agua a la entrada de los desarenadores.(FT 210)

Se ha previsto un sistema de alarma de emergencia de supervisión local que tenga como mínimo una fuga de cloro. (Ver lámina 04)

d) Estanque de regulación

El objetivo de control es asegurar una alimentación continua a la planta de tratamiento.

Un switch de nivel de alta y baja para asegurar que no le falte agua al estanque.

Un indicador de nivel tipo capacitivo el cual sensorá el nivel de lodos, la descarga se hará en forma manual con una válvula solenoide.

También se requiere un medidor de cloro residual a la entrada de la unidad, el cual envía una señal la cual se suma a la señal de flujo que va a manipular la cantidad de cloro a dosificar (Ver lámina 05).

4.4.3 ESTRATEGIAS DE CONTROL EN LA ETAPA DE TRATAMIENTO

a) Unidad de reactivos químicos

Objetivos de Control

Asegurar el nivel de los tanques dosificadores de coagulantes y floculantes.

La automatización en la unidad de reactivos químicos comprende la instalación de sensores de nivel en todos los tanques.

Descripción de la estrategia

Un switch de nivel en los tanques de dosificación de cal, de coagulantes y floculantes, para asegurar que el tanque no quede vacío.

Coagulación - Floculación

La turbidez del agua que ingresa al decantador debe controlarse por manipulación del flujo de coagulante y floculante, utilizando un algoritmo de control en cascada.

El control de pH se regula manipulando la dosificación de cal.

(Ver lámina 05)

b) Unidad de decantación

Objetivo de Control

Detectar el nivel de interfase del concentrador de lodos (LC-510 Y 512)

Medir la turbidez del agua decantada. (AT-518)

Conocer el caudal promedio de tratamiento en tiempo real, mediante la instalación de medidores de nivel. (LSH-509 Y LSH-511)

Descripción de la estrategia

La estrategia de control de la unidad de decantación se presenta en la lámina N° 05

El control de nivel de lodos, se realiza mediante un lazo de control simple que utiliza un algoritmo de control Feed back.

A la vez se tiene un switch de nivel de alta para el agua decantada, para que no llene en exceso.

Un sensor de turbidez y un indicador de pH a la salida del decantador, para conocer los parámetros a los cuales está saliendo el agua del decantador.

c) Unidad de Filtración

Objetivo de Control

Obtención de agua que cumpla los parámetros de calidad.

Medir la turbidez del agua filtrada

Conocer el caudal promedio de tratamiento

Descripción de la estrategia

El control de nivel del filtro ajusta el punto de referencia de los controladores del efluente del filtro.

Un indicador de presión diferencial para la obstrucción de los filtros.

Indicadores de pH y turbiedad a la salida de los filtros para conocer la calidad del agua tratada (Ver lámina 06)

d) Unidad de Cloración

Objetivo de Control

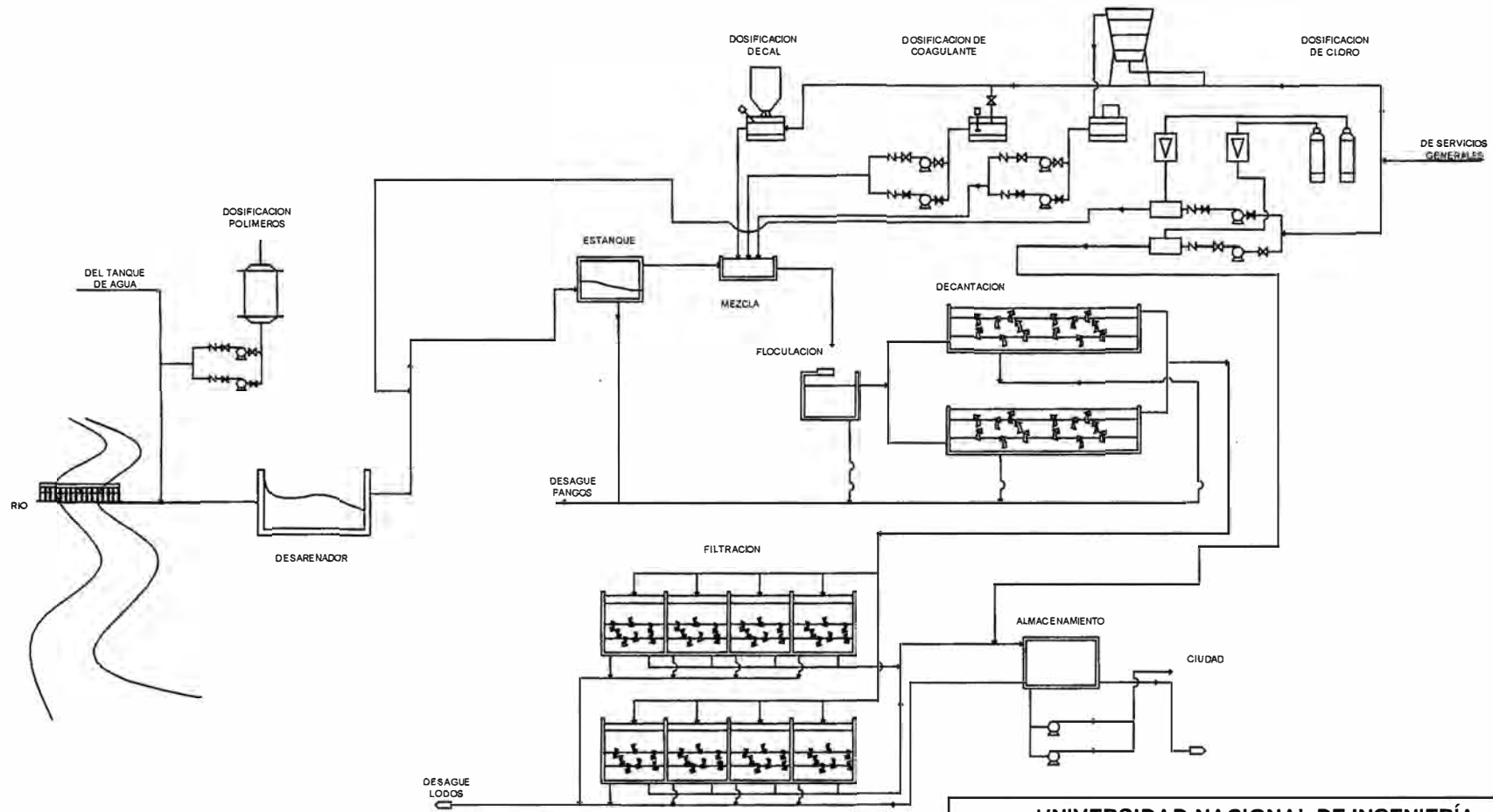
Automatizar la dosificación de cloro mediante la medición del cloro residual.

Descripción de la estrategia

La estrategia de control se presenta en la lámina 06. Lazo XC-610

La automatización del sistema de dosificación de cloro consiste básicamente en un sistema de control de lazo cerrado el cual debe sensar la cantidad de cloro residual a la salida de la unidad de filtración para dosificar la inyección de cloro, para lo que se requiere medidores de cloro residual.

También se ha considerado un sistema de alarma de emergencia para la detección de fuga de cloro en la planta, el cual será monitoreado en forma local.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera	
SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	
DIAGRAMA DE FLUJO	LAM. 01

SIMBOLOS BASICOS



INSTRUMENTO O DISPOSITIVO MONTADO LOCALMENTE



INSTRUMENTO MONTADO EN EL FRENTE DEL PANEL



FUNCION DE SOFTWARE EN LA COMPUTADORA DEL CUARTO DE CONTROL

VALVULAS, BOMBAS Y MEDIDORES



VALVULA COMPUERTA



BOMBA CENTRIFUGA



VALVULA AGUJA



INYECTOR



CHECK O RETEN



BOCINA



VALVULA SOLENOIDE



LINEA DE PROCESO O SEÑAL ELECTRICA QUE PROSIGUE O PROVIENE DE LA LAMINA CUYA NUMERACION SE INDICA



DRENAJE



CANAL MEDIDOR PARSHALL



MOTOR ELECTRICO



MEDIDOR MAGNETICO



MEZCLADOR



VENTILADOR ASPIRADOR



ROTAMETRO



LUZ DE ALARMA

CODIGO DE LINEAS



PROCESO



SEÑAL ELECTRICA

IDENTIFICACION DE VALVULAS

HV = VALVULA DE MANO

FV = VALVULA DE FLUJO

LV = VALVULA DE NIVEL

ANOTACIONES

A = TURBIDEZ

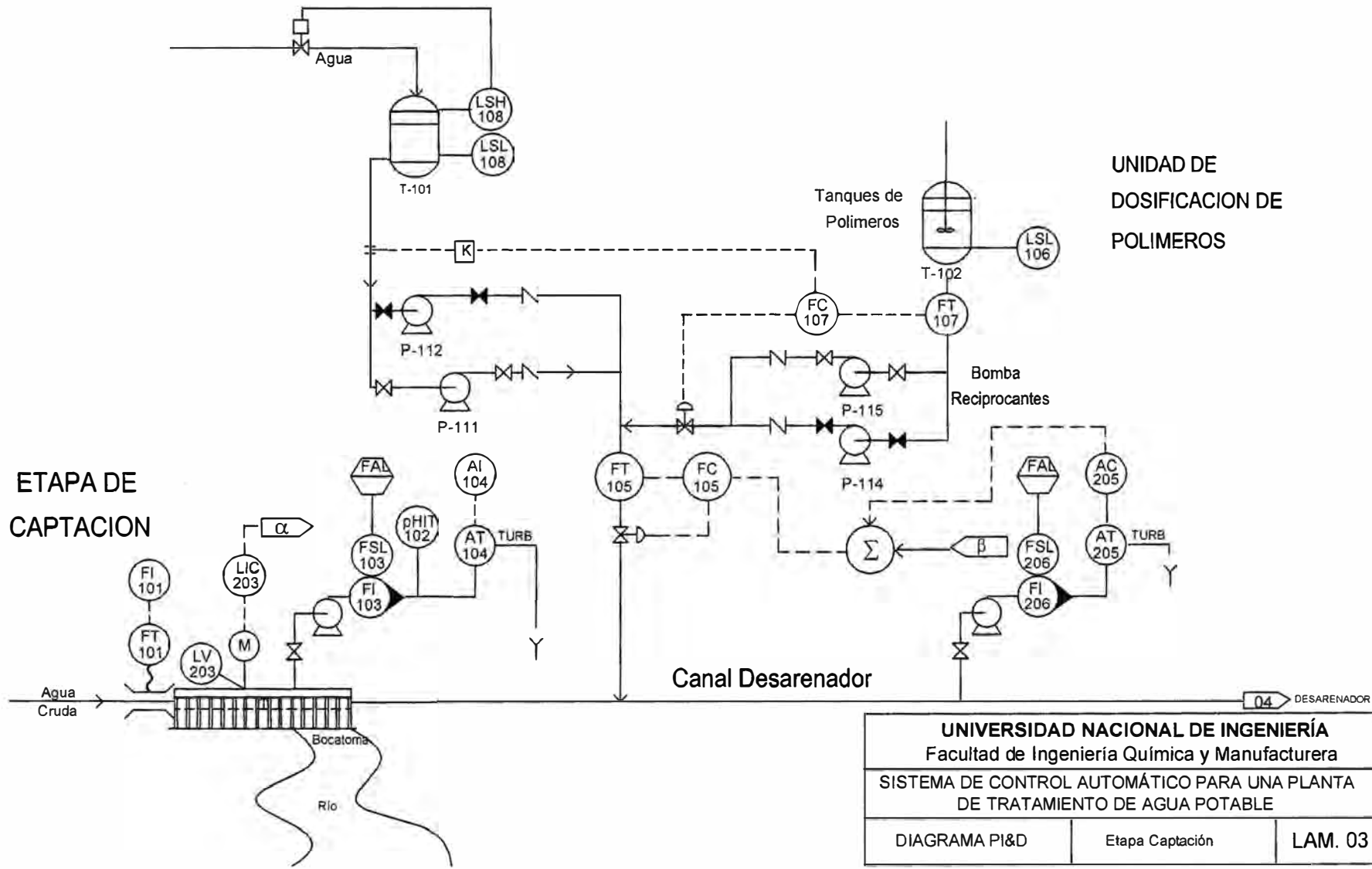
P = BOMBA

T = TANQUE

X = CLORO RESIDUAL

SIMBOLOS VARIOS

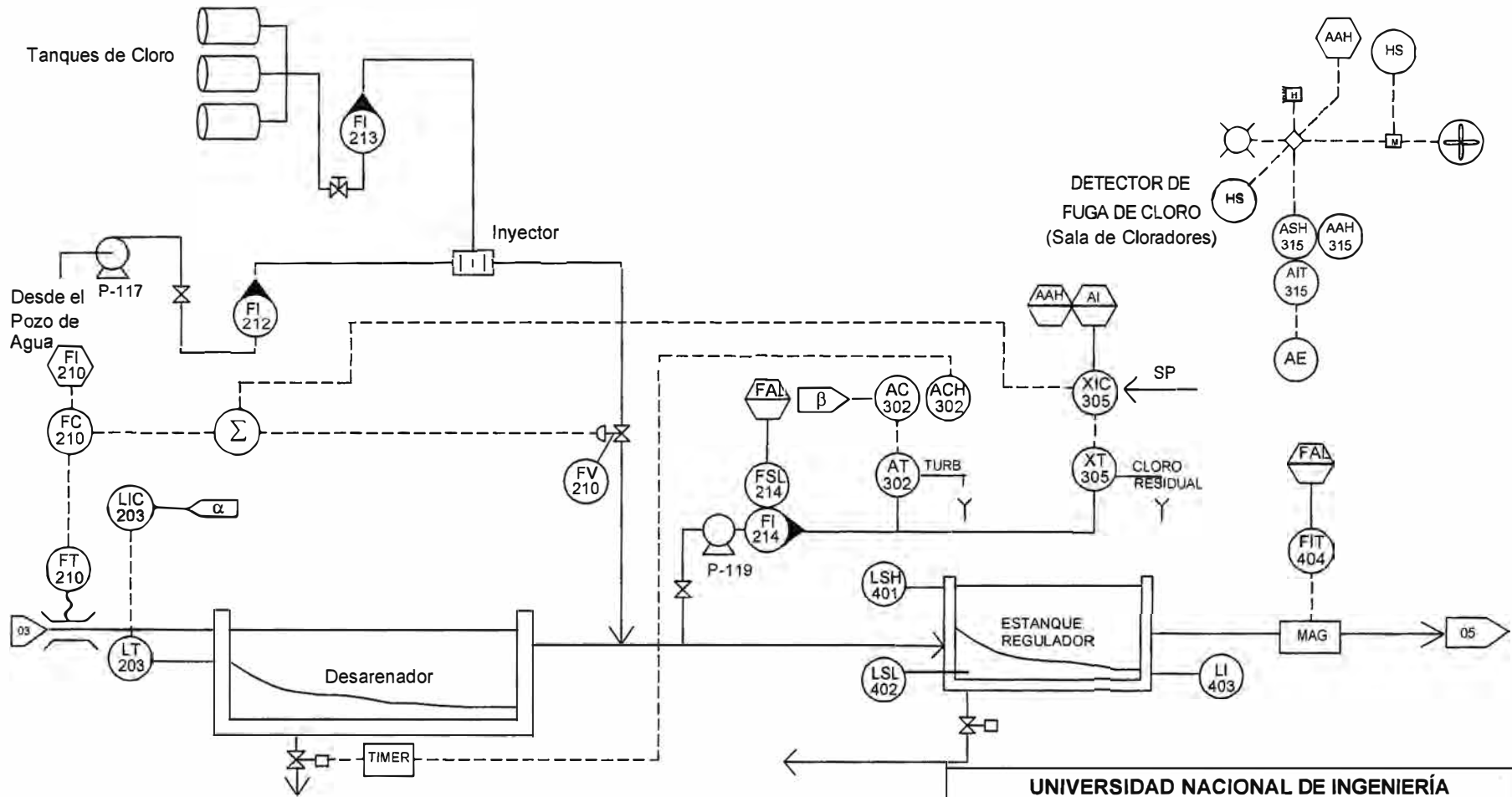
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera	
SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	
LEYENDA	LAM. 02



UNIDAD DE
DOSIFICACION DE
POLIMEROS

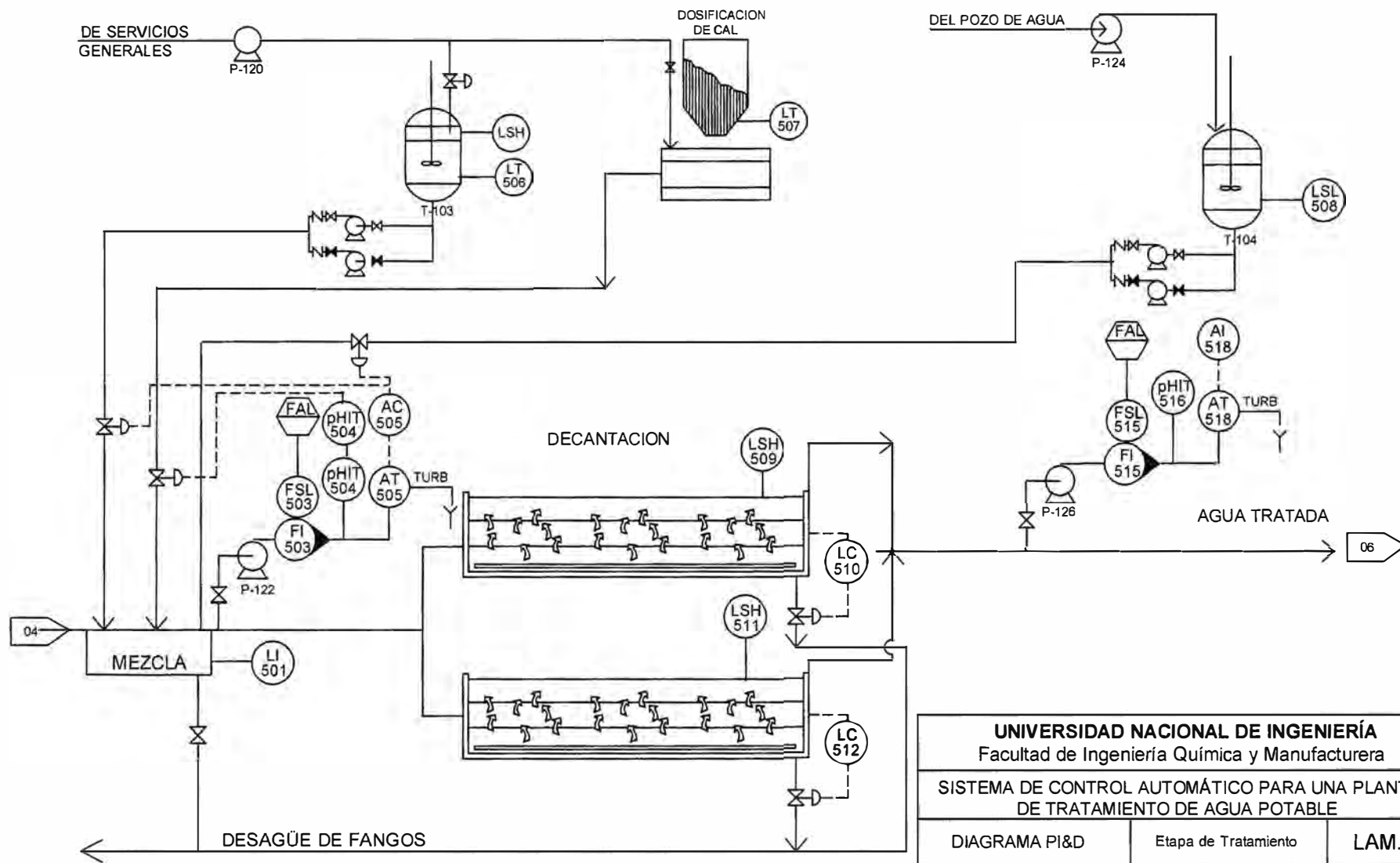
ETAPA DE
CAPTACION

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		
Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera		
SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE		
DIAGRAMA PI&D	Etapa Captación	LAM. 03

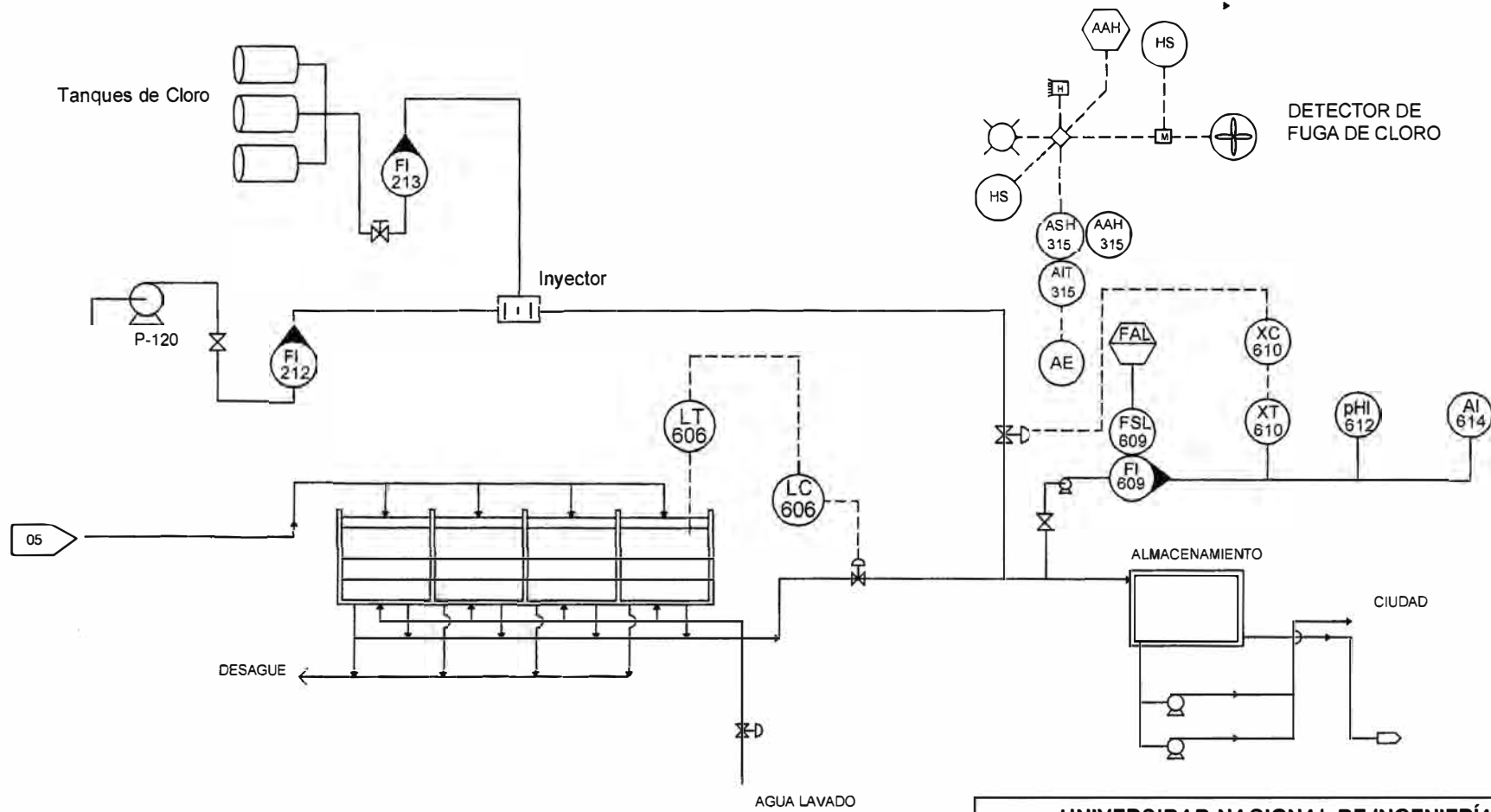


DESAGUE
Lodos

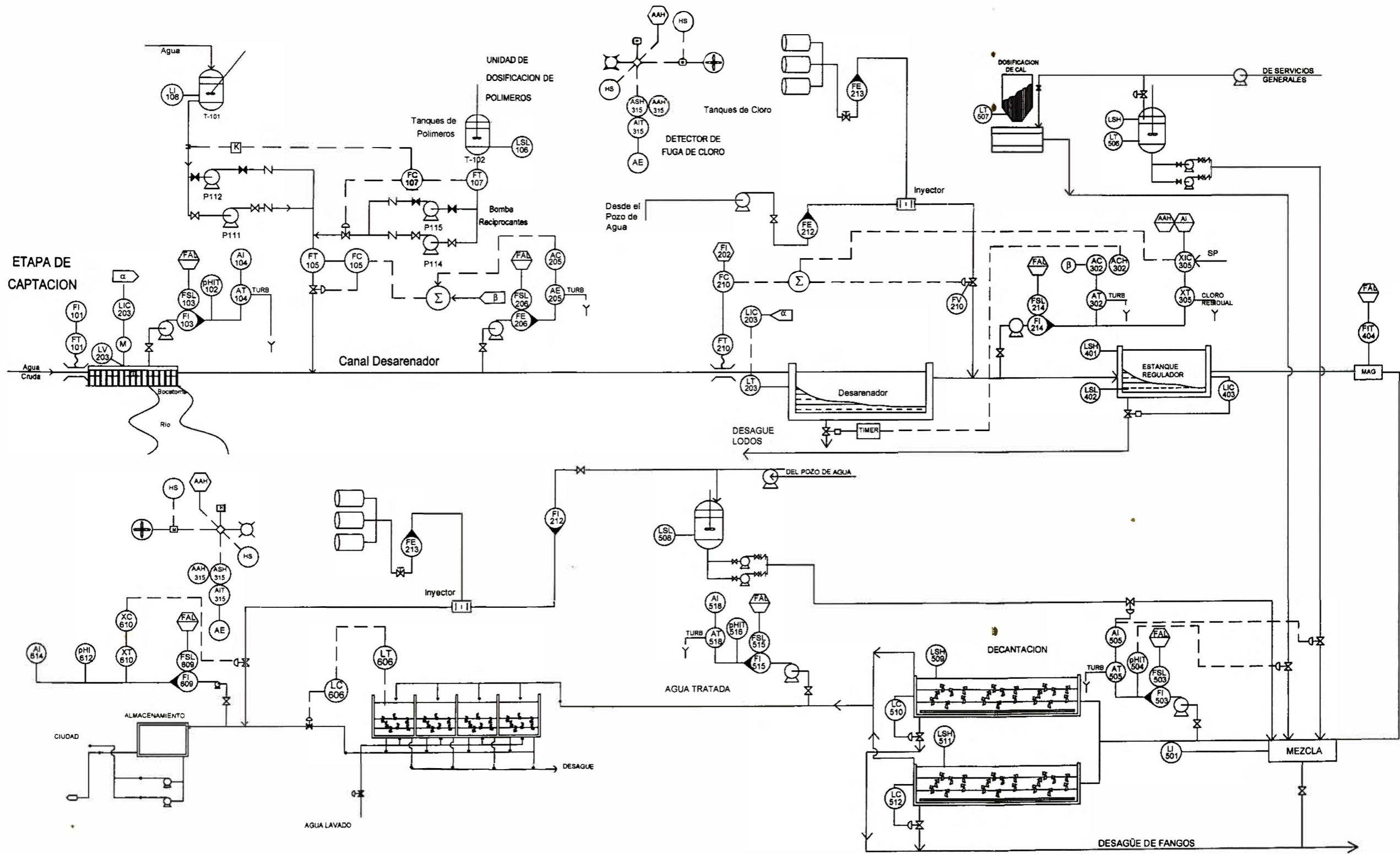
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		
Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera		
SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE		
DIAGRAMA PI&D	Etapa Pre-Tratamiento	LAM. 04



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		
Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera		
SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE		
DIAGRAMA PI&D	Etapa de Tratamiento	LAM. 05



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA		
Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera		
SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE		
DIAGRAMA PI&D	Etapa de Tratamiento	LAM. 06



CONCLUSIONES

1. Debido a que algunos parásitos son resistentes a la desinfección, es necesario optimizar y controlar las etapas de filtración y coagulación, para lograr una remoción satisfactoria de estos organismos.
2. La instrumentación de las plantas de tratamiento de agua, depende tanto del proceso como del personal. Si el personal no es calificado o inexperto, aún el sistema más sofisticado de control fracasará. La instrumentación no es un sustituto del personal adiestrado, pero debe ser una ayuda. Sin una ayuda de este tipo, una planta moderna de tratamiento de agua no puede administrarse en forma eficiente y efectiva.
3. Para equipar debidamente las plantas de tratamiento de agua y las estaciones accesorias de bombeo con los instrumentos y los sistemas de control necesarios, es preciso tener un conocimiento profundo de la medición de flujos, el control de la dosificación de los reactivos químicos, etc., a fin de lograr un diseño funcional. Esto puede dar como resultado plantas de tratamiento de agua notablemente perfeccionadas, que sean fáciles de operar, aseguren mejores productos y requieren menor fuerza de trabajo.
4. Para determinar el tipo de sistema de control que debe aplicarse es necesario tener en cuenta la naturaleza del proceso, antes de escoger

el tipo de control, el grado de control necesario y el costo para proporcionar el control deseado.

5. El control en cascada es usado con la finalidad de aumentar la velocidad de respuesta dinámica del proceso y mejorar la estabilidad, sobretodo cuando se tienen varias perturbaciones, donde un circuito de control simple no podría brindar un control satisfactorio para todas.

6. El control en cascada es un ciclo de retroalimentación dentro de un ciclo donde un sistema de respuesta lenta es puesto en cascada sobre un sistema de respuesta rápida. Su efecto es minimizar el efecto de las perturbaciones secundarias sobre el proceso, mejorando el comportamiento dinámico del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAMOVICH de, Beatriz. (1998). *Parásitos en agua potable: un desafío de nuestro tiempo*. En: Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, vol: 40, pp. 18-20.

ARBOLEDA, Jorge. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Colombia: Mc GRAW HILL.

BABCOCK, Russel H. (1980). *Instrumentación y Control en el tratamiento de aguas potables, industriales y de desecho*. México: LIMUSA.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (Perú): *Textos completos* [en línea]. [Lima]: CEPIS. <http://www.cepis.ops-oms.org>. [Consulta: 28 Enero 2002].

CLEMENT, J.M. (1970). *Introducción al control e instrumentación*. Madrid: ALHAMBRA, S.A.

DEXTRE, Edwin (1996). *Automatización y control de procesos industriales: Instrumentación industrial, diseño y selección*. Lima: EDJ Consultores Asociados.

DWYER. *Catalog Specifications*. [en línea]. <http://www.dwyer-inst.com> [Consulta: 10 Abril 2002]

FLOWLINE. *Online catalog.* [en línea].
<http://www.flowline.com/catalog/search.lasso>. [Consulta: 20 Enero 2002]

GLI INTERNATIONAL, INC. *Product Catalog.* [en línea].
<http://www.gliint.com> [Consulta: 02 Abril 2002]

HACH. *Product information* [en línea]. <http://www.hach.com/cs/costserv.htm>.
[Consulta: 15 Diciembre 2001].

KEMMER, Frank. (1982). *Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones.* México: Mc GRAW HILL.

MILLTRONICS. *Products.* [en línea]. <http://www.milltronics.com>. [Consulta: 15 Marzo 2002].

OMS, (1995). *Guías de calidad del agua potable.* Vol.1.

SEDAPAL. *Tratamiento del agua* [en línea]. [Lima]: Sedapal.
<http://www.sedapal.com.pe/index.htm> [Consulta: 28 Noviembre 2001].

SMITH, Carlos A. & CORRIPIO, Armando. (1994). *Control automático de procesos. Teoría y práctica.* México: LIMUSA, S.A.

SPARLING. *Products information* [en línea] <http://www.sparlinginstruments.com/products.htm>. [Consulta: 15 Marzo 2002].

WEBER, Walter J. (1979). *Control de la calidad del agua. Procesos fisicoquímicos*. Madrid: REVERTÉ, S.A.

ANEXOS

ANEXO 01

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	FT - 101
OBJETO:	TRANSMISOR DE NIVEL - ULTRASONIDO
UBICACIÓN:	BOCATOMA
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA CRUDA
TEMPERATURA	25° C
PRESION	Atmosferica
FLUJO	15m ³ /seg
TRANSMISOR	
RANGO	0.5 a 18 pies (15 cm a 5.4 m)
RESOLUCION	0.125"
PRECISION	± 0.25% del span en aire
DEADBAND	0.5" (15 CM) mínimo
SALIDA	4 - 20 Ma
REQUERIMIENTOS ELECT	220 Vdac
HOUSING	
SENSOR	
MODELO	
TIPO	ULTRASONICO TRANSDUCER
TEMPERATURA	- 40 A 60 ° C

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	AT - 104
OBJETO:	TRANSMISOR DE TURBIEDAD
UBICACIÓN:	BOCATOMA
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA CRUDA
TEMPERATURA	25° C
PRESION	Atmosférica
FLUJO	15m ³ /seg
TRANSMISOR	
RANGO	0 - 9999 NTU
RESOLUCION	0.01 NTU bajo 100 NTU 0.1 NTU entre 100 - 999.9 NTU 1.0 NTU sobre 1000 NTU
PRECISION	± 5 % de 0 a 2000 NTU ± 10 % DE 2000 A 9999 NTU
REPETIBILIDAD	± 1.0 % ó ± 0.04 NTU
SALIDA	4 - 20 mA
REQUERIMIENTOS ELECT	220 VAC
HOUSING	NEMA 4 / NEMA12
INDICACION LOCAL	LED
MOUNTING	WALL MOUNT
SENSOR	
MODELO	
TIPO	TURBIDIMETRO NEFELOMETRICO
INSTALACION	PLUMBING MOUNTING
TEMPERATURA AMBIENTE	0 - 50 °C

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	LSL - 106
OBJETO:	SWITCH DE NIVEL
UBICACIÓN:	TANQUE DE POLIMEROS
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	POLIMERO CATIONICO
TEMPERATURA	25 °C
PRESION	ATMOSFERICA
FLUJO	-----
SWITCH GENERAL	
SENSITIVIDAD	0.1 %
HOUSING	NEMA 4
LONGITUD DE CABLE	20 PIES STANDARD
SET AT	FIELD SET
FUERZA	NIL (Contacto en seco)
MATERIAL	POLIPROPILENO
ESTABILIDAD	0.01%
REPETIBILIDAD	0.1% DEL SPAN
SWITCH GENERAL	
FORM	SPDT
RATING	3 AMP @ 120 VAC INDUCTIVO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	FT - 105
OBJETO:	TRANSMISOR DE FLUJO MAGNETICO
UBICACIÓN:	UNIDAD DE POLIMEROS
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	POLIMERO
TEMPERATURA	15° c
PRESION	
FLUJO	50 L/M
TRANSMISOR	
RANGO	5 A 100 L/M
SENSITIVIDAD	± 0.005
PRECISION	± 1%
TEMPERATURA	-40 A 85°C
SALIDA	4 - 20 Ma
ENCLOSURE CLASS	NEMA 4X
INDICACION LOCAL	LCD
TIEMPO DE RESPUESTA	0.3 A 30 SEG
SENSOR	
MODELO	
INSTALACION	HASTA 297 mts
TEMPERATURA AMBIENTE	-40 °C a 105°C

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	FI-103, FI-206, FI-212, FI-214
OBJETO:	ROTAMETRO
UBICACIÓN:	MUESTREADOR DE AGUA
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA CRUDA
TEMPERATURA	25°C
PRESION	ATMOSFERICA
FLUJO	
TRANSMISOR	
RANGO	65 A 150 mm
PRECISION	± 6% F.S - 65 mm ± 4% F.S - 150 mm
CALIBRACION	± 2% - 65 mm ± 1% - 150 mm
CAPACIDAD	0.54 A 2000 cc/mn agua 50 a 67500 cc/mn aire
SENSOR	
MODELO	
TIPO	VIDRIO
CONEXION	1/4", 1/8" NPT

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	AT - 205
OBJETO:	TRANSMISOR DE TURBIEDAD
UBICACIÓN:	CANAL DESARENADOR
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA
TEMPERATURA	25° C
PRESION	Atmosférica
FLUJO	
TRANSMISOR	
RANGO	0 - 9999 NTU
RESOLUCION	0.01 NTU bajo 100 NTU 0.1 NTU entre 100 - 999.9 NTU 1.0 NTU sobre 1000 NTU
PRECISION	± 5 % de 0 a 2000 NTU ± 10 % DE 2000 A 9999 NTU
REPETIBILIDAD	± 1.0 % ó ± 0.04 NTU
SALIDA	4 - 20 mA
REQUERIMIENTOS ELECT	220 VAC
HOUSING	NEMA 4 / NEMA12
INDICACION LOCAL	LED
MOUNTING	WALL MOUNT
SENSOR	
MODELO	
TIPO	TURBIDIMETRO NEFELOMETRICO
INSTALACION	PLUMBING MOUNTING
TEMPERATURA AMBIENTE	0 - 50 °C

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	LT - 210
OBJETO:	TRANSMISOR DE NIVEL ULTRASONIDO
UBICACIÓN:	ENTRADA AL DESARENADOR
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA CRUDA
TEMPERATURA	25°C
PRESION	
FLUJO	
TRANSMISOR	
RANGO	0.5 a 18 PIES
RESOLUCION	0.125"
PRECISION	± 0.25% del span en aire
DEADBAND	0.5" mínimo
SALIDA	4 - 20 mA
REQUERIMIENTOS ELECT	24 Vcc
PROTECCION	IP55
ENCLOSURE	NEMA 4X
SENSOR	
TIPO	ULTRASONICO TRANSDUCER
TEMPERATURA	-40 A 60° C
HOUSING	NEMA 4X

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	pHT - 102, 504, 516, 612
OBJETO:	TRANSMISOR DE Ph
UBICACIÓN:	Bocatoma, entrada decantadores, salida decantadores, salida de los filtros
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA CRUDA
TEMPERATURA	25° C
PRESION	ATMOSFERICA
FLUJO	
TRANSMISOR	
RANGO	0 a 14 Ph
RESOLUCION	0.01 pH
PRECISION	± 0.05 pH
REPETIBILIDAD	± 0.01 pH
SALIDA	4 - 20 mA
COMPENSACIÓN DE TEMP.	Automática
ENCLOSURE CLASS	NEMA 4
INDICACION LOCAL	LCD
LINEALIDAD	0.2 %
SENSOR	
MODELO	
TIPO	SUMERGIBLE
INSTALACION	Montados en tanques abiertos
TEMPERATURA AMBIENTE	0 - 60 ° C

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	XT-305, XT-610
OBJETO:	TRANSMISOR DE CLORO RESIDUAL
UBICACIÓN:	SALIDA DEL DESARENADOR SALIDA DE FILTROS
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA CRUDA
TEMPERATURA	25° C
PRESION	
FLUJO	
TRANSMISOR	
RANGO	0.5 A 5 mg/l libre o cloro residual total
PRECISION	± 5% o 0.035 mg/l como Cl ₂ ± 5% o 0.005 mg/l como Cl ₂
MINIMA DETECCION	0.035 mg/l
SALIDA	0.5" (15 CM) mínimo
CICLO	Un análisis completo c/2.5 min.
REQUERIMIENTOS ELECT	230 Vac
ALARMAS	2
SENSOR	
MODELO	
TIPO	ANALIZADOR DE CLORO
HOUSING	ABS PLASTIC

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	AT - 505
OBJETO:	TRANSMISOR DE TURBIEDAD
UBICACIÓN:	ENTRADA AL DECANTADOR
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA CRUDA
TEMPERATURA	25° C
PRESION	ATMOSFERICA
FLUJO	
TRANSMISOR	
RANGO	0 - 1000 NTU
RESOLUCION	0.01 NTU POR DEBAJO DE 100 NTU 0.1 NTU ENTRE 100 Y 999.9
PRECISION	± 5 %
REPETIBILIDAD	0.1 % DEL SPAN
SENSIBILIDAD	0.001 NTU
SALIDA	4 - 20 Ma
REQUERIMIENTOS ELECT	220 VAC
HOUSING	NEMA 4 X
INDICACION LOCAL	LED
MOUNTING	SUPERFICIE O TUBERIA
SENSOR	
MODELO	
TIPO	TURBIDIMETRO NEFELOMETRICO
INSTALACION	PLUMBING MOUNTING
TEMPERATURA AMBIENTE	0 - 60 °C

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	LT-515, LT-512
OBJETO:	TRANSMISOR DE NIVEL - CAPACITIVO
UBICACIÓN:	DECANTADORES
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA CRUDA
TEMPERATURA	25° C
PRESION	
FLUJO	
TRANSMISOR	
RANGO	> 100 MICROHMS
REPETIBILIDAD	± 51 MM
PRECISION	± 1 MM en agua
RANGO DIELECTRICO	> 20 CONSTANTS
SALIDA	4 - 20 mA
REQUERIMIENTOS ELECT	24 Vcc
PROTECCION	IP55
ENCLOSURE	NEMA 6
SENSOR	
MODELO	
TIPO	CAPACITIVO
HOUSING	-40 A 90 °C
TEMPERATURA	NEMA 6

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
NUMERO TAG:	AT - 614
OBJETO:	TRANSMISOR DE TURBIEDAD
UBICACIÓN:	SALIDA DE FILTROS
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
FLUIDO	AGUA TRATADA
TEMPERATURA	25° C
PRESION	Atmosférica
FLUJO	
TRANSMISOR	
RANGO	0 - 100 NTU
RESOLUCION	0.01 NTU
PRECISION	± 2 % de 0 - 30 NTU ± 5 % DE 30 - 100 NTU
REPETIBILIDAD	0.1 % DEL SPAN
SALIDA	4 - 20 Ma
REQUERIMIENTOS ELECT	220 VAC
HOUSING	NEMA 4 X
INDICACION LOCAL	LED
MOUNTING	SUPERFICIE O TUBERIA
SENSOR	
MODELO	
TIPO	TURBIDIMETRO NEFELOMETRICO
INSTALACION	PLUMBING MOUNTING
TEMPERATURA AMBIENTE	0 - 60 °C

ANEXO 02

GLOSARIO

Alcance (Span): Es la diferencia algebraica entre el límite superior e inferior de la escala de medida de un instrumento.

Bocatoma: Estructura que permite derivar y regular las aguas hacia una red de conducción de un sistema de suministro.

Cargas o Perturbaciones: Son las variables de entrada del proceso que afectan a la variable de salida del proceso y que no están sujetas a ningún agente de control.

Coagulación: Adición de compuestos insolubles al agua para neutralizar la carga de los coloides provocando su coalescencia y la formación de partículas más grandes que pueden eliminarse por sedimentación.

Controlador: Es un instrumento capaz de producir una acción correctiva o una señal modulada en función de la desviación con respecto al valor deseado de la variable que se desea controlar.

Elemento de medición: El instrumento o los instrumentos cuya función es medir la magnitud de la variable controlada.

Floculación: Adición de uno o más compuestos químicos para producir un flóculo, que es un compuesto insoluble capaz de absorber materia coloidal y sedimentarse fácilmente.

Offset: Es la diferencia entre el valor de la variable controlada en estado estacionario respecto al valor deseado.

Precisión: Es el grado de conformidad de un valor indicado a un reconocido valor estándar aceptado o valor patrón. Se expresa como un porcentaje de desviación del rango o del alcance.

Rango: Son los límites inferior y superior de medida de un instrumento dentro de las condiciones de operación.

Repetibilidad: Capacidad de un instrumento para indicar la misma medida para un mismo valor medido en las mismas condiciones de operación.

Set Point: Es una variable de entrada que es el valor deseado de la variable controlada.

Sólidos disueltos: Representa la cantidad de materia no volátil disuelta en una muestra de agua, y suele expresarse en partes por millón en peso.

Sólidos suspendidos: Sólidos no disueltos que pueden eliminarse por filtración.

Turbiedad: Suspensión de partículas finas que impide el paso de los rayos luminosos, dichas partículas tardan mucho más tiempo en sedimentarse por su tamaño pequeño.

Variable manipulada: Es la cantidad o condición que es modificada por el sistema de control de manera que la magnitud de la variable controlada sea efectivamente modificada.