



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGUA ESTRUCTURADA ENVASADA

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

ALEX HORACIO RECALDE GÓMEZ

MARZO 2017

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGUA ESTRUCTURADA ENVASADA

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
- INGENIERÍA CONCEPTUAL
- DISEÑO DEL SISTEMA
- ANÁLISIS DEL SISTEMA
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



INTRODUCCIÓN

- El consumo de agua embotellada ha crecido en más del 200 %
- Supera a todas las otras categorías de bebidas.
- Aumenta su influencia en los hábitos de compra de los consumidores.



INTRODUCCIÓN

- Las preocupaciones de salud están conduciendo al incremento en el consumo de agua embotellada.
- Las personas están evitando la carbonatación, azúcar, alcohol, cafeína, preservantes y colorantes.



INTRODUCCIÓN

- Muchas personas tienen miedo de beber agua de la llave:
- Hay cierto riesgo de exposición a enfermedades o de consumir sustancias tóxicas:
 - Cloro y sus derivados.
 - Arsénico, plomo
 - Óxidos de tuberías.



INTRODUCCIÓN

Métodos tradicionales de tratamiento de agua:

- Filtración
- Ozonización
- Radiación UV
- Osmosis Inversa



INTRODUCCIÓN

- Competitividad.
- Vanguardia: tecnología, eficiencia, responsabilidad ambiental, procesos naturales de purificación.
- Producto de calidad, valor agregado:
Agua Estructurada.



INTRODUCCIÓN

AGUA ESTRUCTURADA

Es aquella cuyas moléculas guardan su estructura natural original, poseyendo un ángulo entre hidrógenos de exactamente 104.5° , además de ser microbiológicamente pura y alcalina.

“Dado que la estructura molecular del agua es la esencia de la vida, el hombre que pueda controlar esa estructura en los sistemas celulares cambiará el mundo”

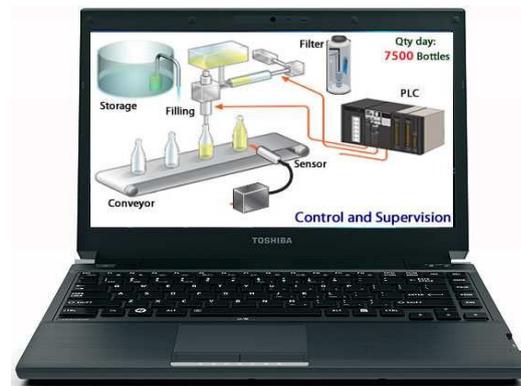
Dr. Albert Szent-Györgyi, Premio Nóbel



OBJETIVOS

Diseñar y simular un sistema de automatización para el proceso de producción de agua estructurada envasada.

- Desarrollar la ingeniería conceptual.
- Analizar los resultados obtenidos en el modelado y simulación del proceso.



AUTOMATIZACIÓN

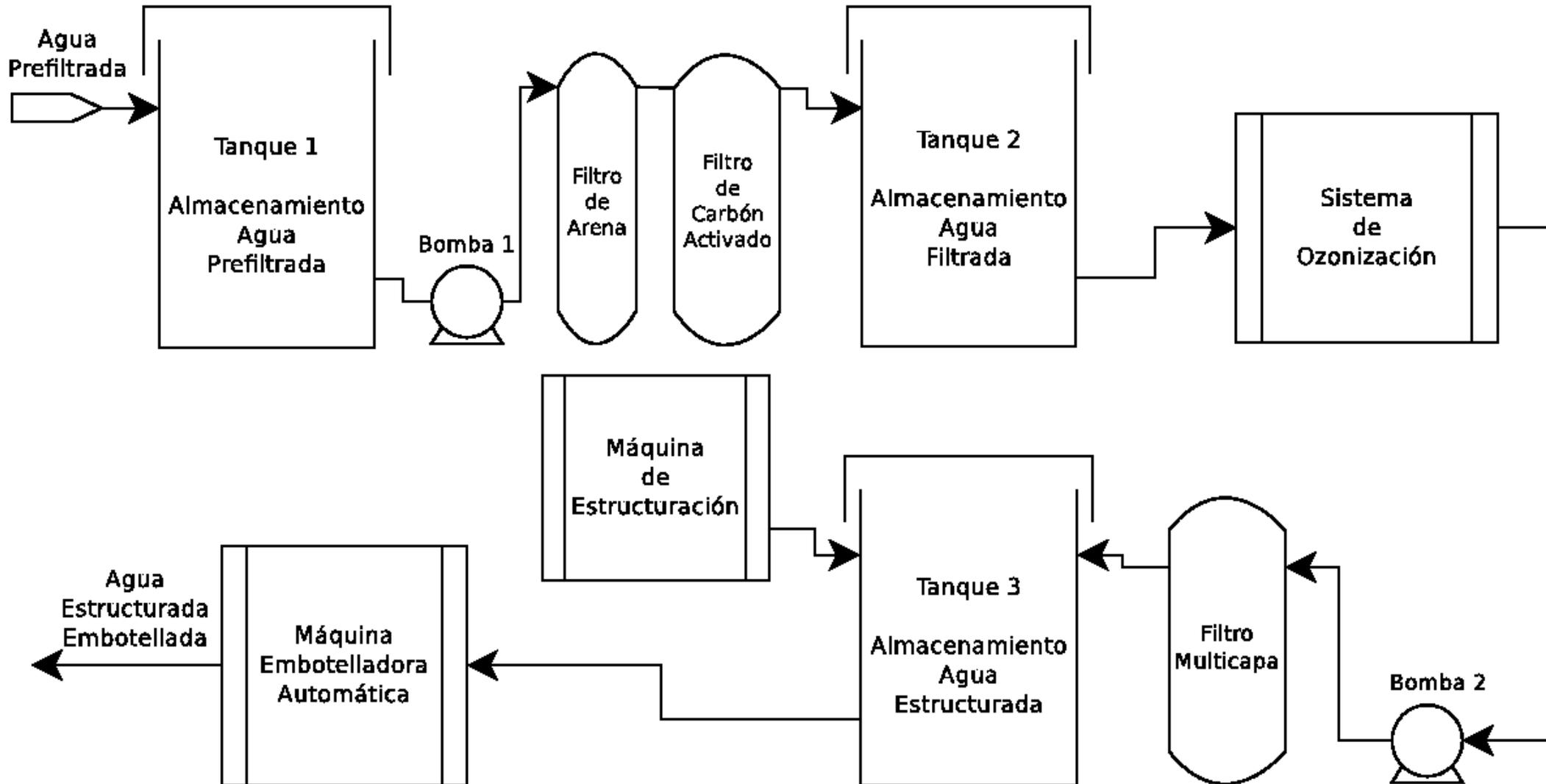
El objetivo principal de la automatización es aumentar la productividad y la calidad de los productos y reducir el costo de producción.

- Eficiencia y flexibilidad.
- Integrar gestión y producción.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal.
- Simplificar el mantenimiento



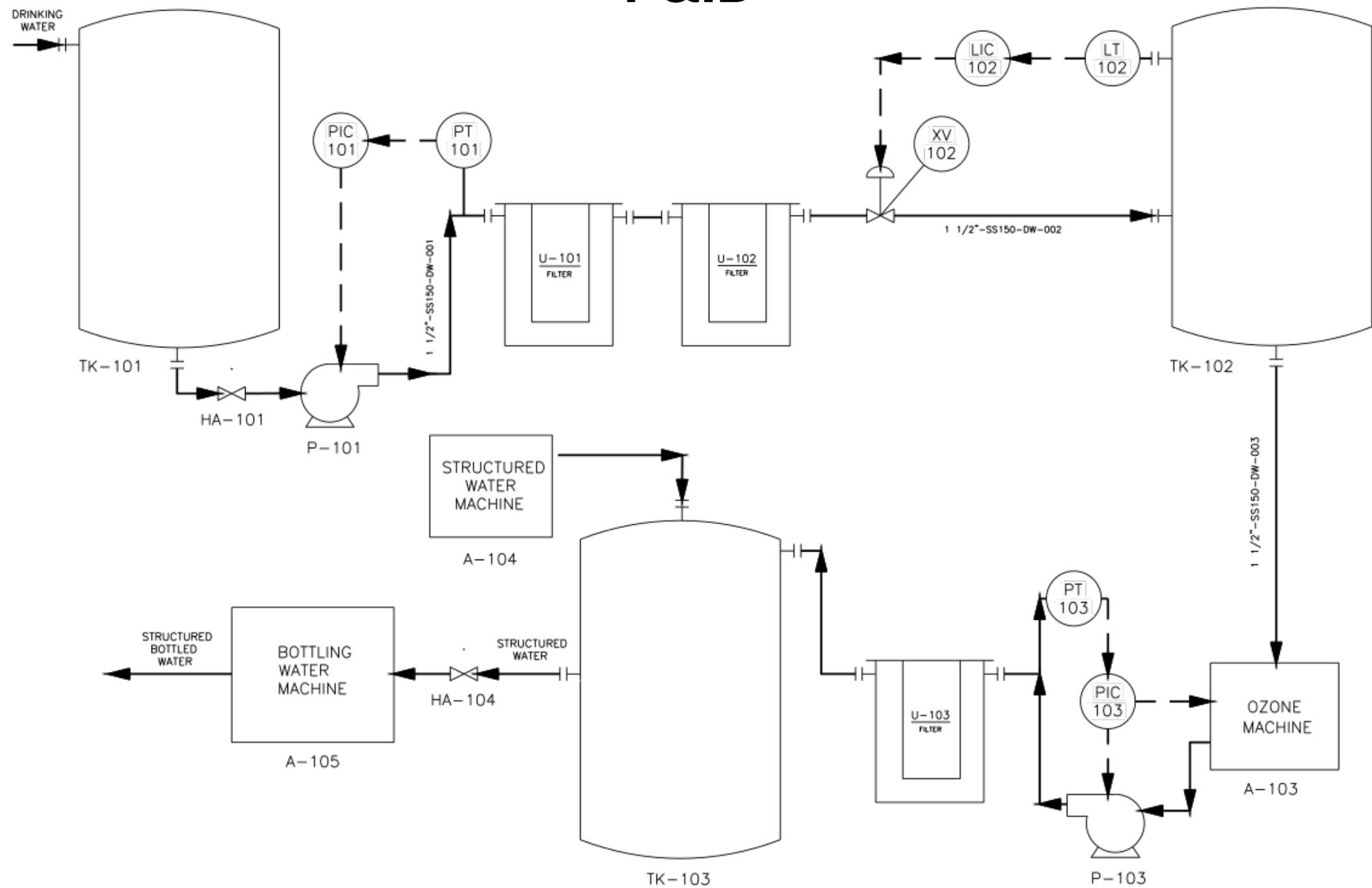
INGENIERÍA CONCEPTUAL

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PFD



INGENIERÍA CONCEPTUAL

P&ID



INGENIERÍA CONCEPTUAL

UNIDAD DE PURIFICACIÓN PRIMARIA

- Filtro de Arena:
 - Elimina sólidos en suspensión del agua TSS.
 - Capacidad de retención de suciedad 3 a 6 Kg TSS/m²

- Filtro de carbón activado:
 - Elimina olores y sabores.
 - Elimina contaminantes industriales.



INGENIERÍA CONCEPTUAL

UNIDAD DE OZONIZACIÓN

- Destruye bacterias y virus inactivos.
- Elimina cloro, pesticidas y otros productos químicos tóxicos.
- Reacciona para oxidar compuestos inorgánicos, como: hierro, manganeso, sulfuros, nitrito, arsénico, entre otros.



INGENIERÍA CONCEPTUAL

UNIDAD DE FILTRACIÓN POR MULTICAPA

- Remueve cloro, cloraminas, sabores y olores, compuestos orgánicos volátiles , compuestos químicos volátiles , metales pesados, hierro y sulfuro de hidrógeno.
- Reduce partículas, atrapando sedimentos y otros desechos.



INGENIERÍA CONCEPTUAL

UNIDAD DE ESTRUCTURACIÓN

El agua pierde su geometría molecular natural al ser tratada con métodos de purificación agresivos.

- Tecnología frecuencial:
 - Genera diferentes frecuencias de energía electromagnética y transmite al agua.
 - Recupera su estructura molecular natural.



INGENIERÍA CONCEPTUAL

UNIDAD DE EMBOTELLADO

- Estaciones de trabajo: Lavadora, llenadora, taponadora, etiquetadora, empacadora.
- Capacidad: hasta 12,000 botellas por hora a 500 ml de volumen. Tamaños: de 300 a 2,000 ml.
- Suministro Eléctrico: 3 fases 240V/60Hz.
- Potencia Instalada: 3.5 KW.



INGENIERÍA CONCEPTUAL

CÁLCULO DE PRESIÓN Y POTENCIA

Pérdida de Presión

$$P_{loss} = f \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2}$$

$$P_{loss} = \xi \frac{\rho v^2}{2}$$

Tipo de Elemento	P_{loss} (PSI)
Tuberías	0.77
Filtros	18.35
Componentes	3.07
Total	22.19

Potencia de las Bombas

$$BPH = \frac{TDH \cdot Q \cdot S_g}{3960 \cdot \eta}$$

Bomba	BPH (hp)	Potencia (hp)
P-101	1.88	2.00
P-103	1.71	1.75

DISEÑO DEL SISTEMA

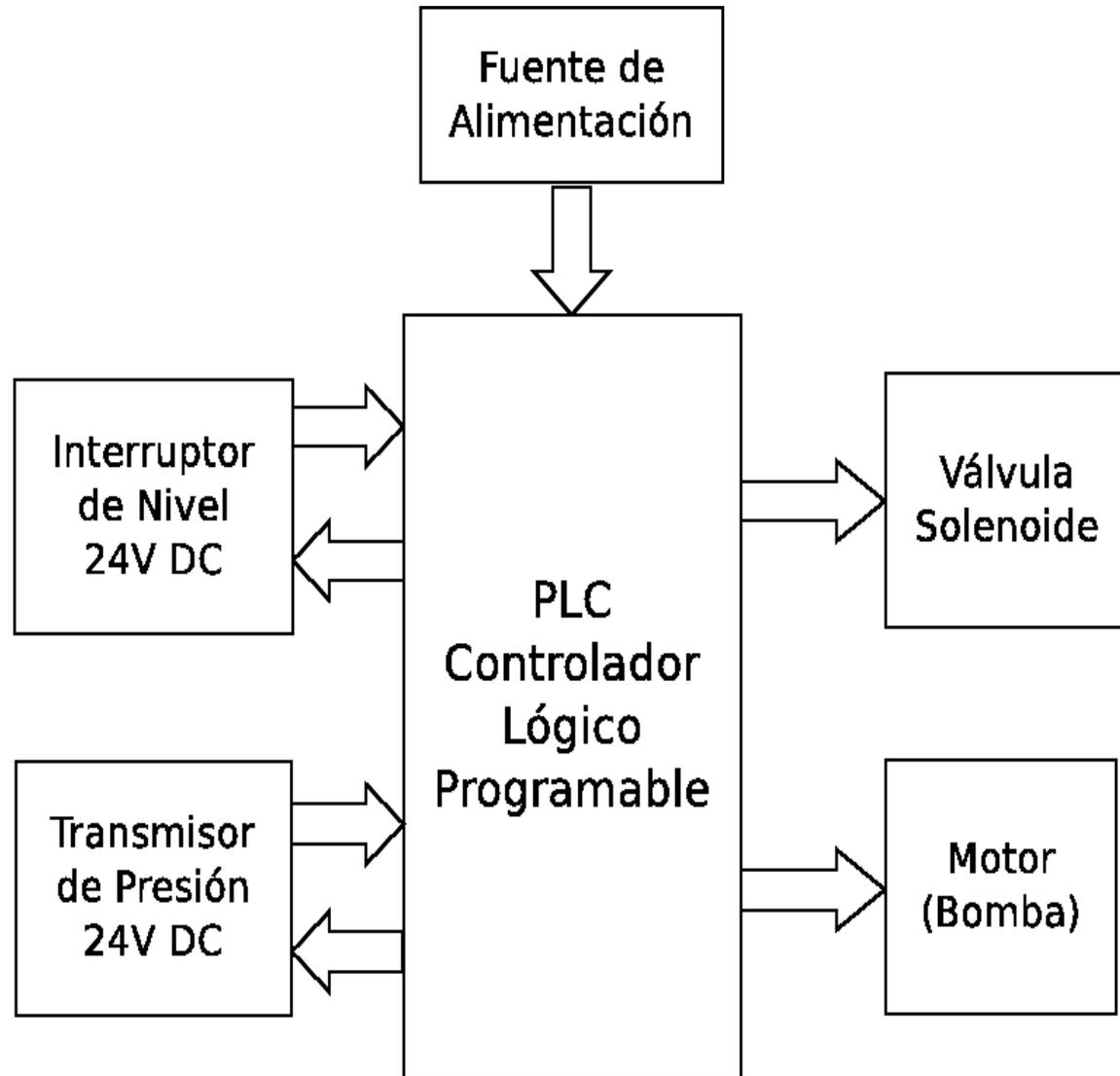
SELECCIÓN DE EQUIPOS

Equipo	Marca	Modelo
Filtro de Arena	Pure Aqua	MF-450 70F1855MM-SS
Filtro de Carbón Activado	Pure Aqua	MF-450 70F24100AC-SS
Filtro Multicapa	Naturally Filtered	MG-30
Máquina de Ozonización	Norland	SSOZ-30A
Máquina de Estructuración	BCX	Ultra Rife
Máquina Embotelladora Automática	Norland	Triumph 12,000
Bomba Centrífuga Higiénica	Pentair	Sudmo SP
Tanque de Almacenamiento	Pentair	Sudmo

DISEÑO DEL SISTEMA

METODOLOGÍA

- Control de nivel automático en el tanque de almacenamiento de agua filtrada, y un control de presión en los filtros.
 - Sensor interruptor de nivel.
 - Sensor interruptor de presión.
 - PLC



DISEÑO DEL SISTEMA

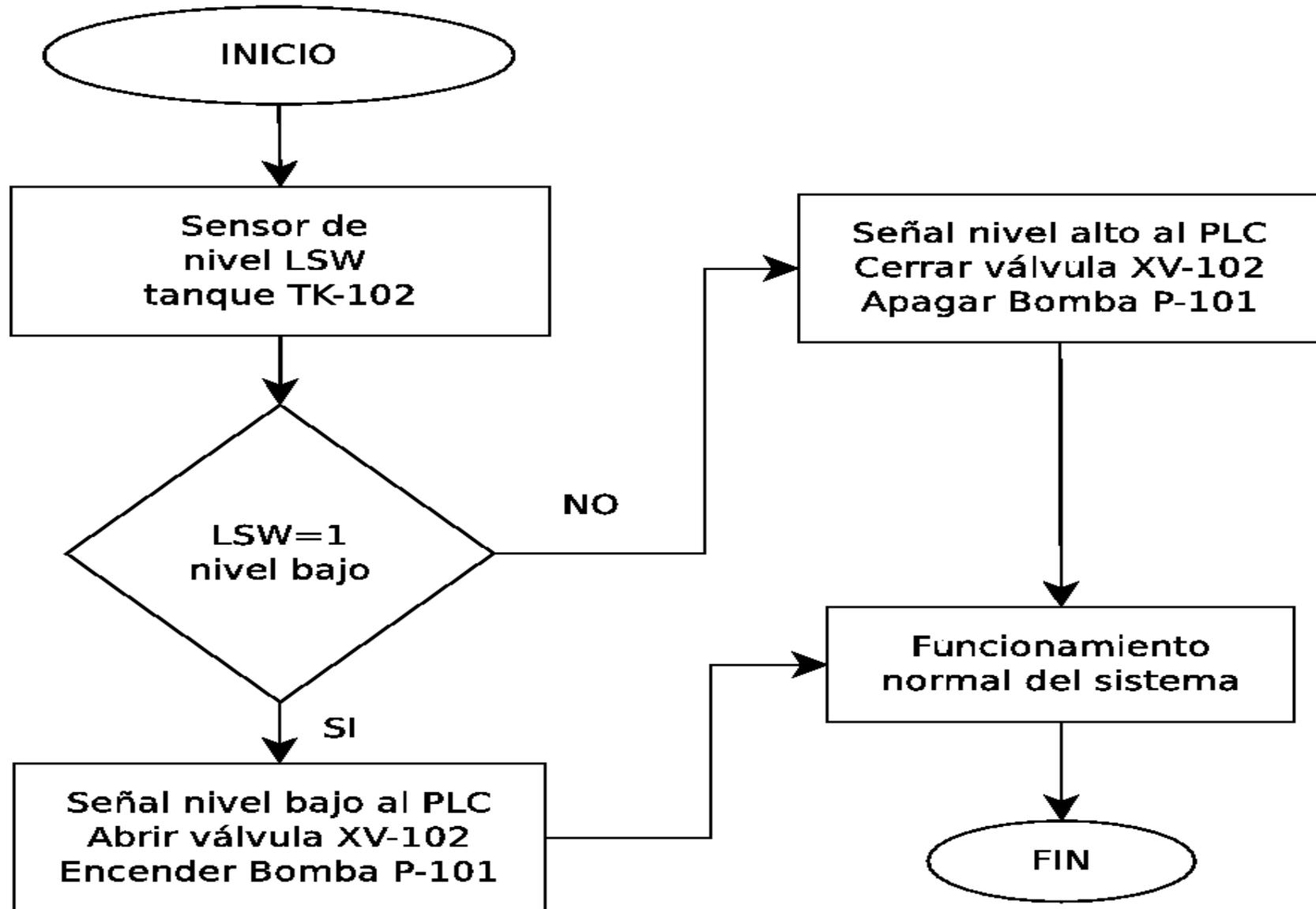
ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

Entradas	Función	Dirección
INICIO	Botón de inicio y parada del sistema	B3:0/0
MAN/AUTO	Botón de operación manual o automático	I0:0/16
LSW	Señal del sensor de nivel	I0:0/32
ON/OFF B1	Botón de encendido y apagado de la bomba 1	I0:0/64
ON/OFF B2	Botón de encendido y apagado de la bomba 2	I0:0/80

Salidas	Función	Dirección
VALVULA	Energizar o desenergizar válvula solenoide	O:0/0
BOMBA 1	Encender o apagar bomba 1	O:0/32
BOMBA 2	Encender o apagar bomba 2	O:0/48

DISEÑO DEL SISTEMA

PROGRAMACIÓN DEL PLC – DIAGRAMA DE FLUJO



DISEÑO DEL SISTEMA

HMI / SCADA

PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUA ESTRUCTURADA

INICIO / PARADA

ENCENDIDO

MODO DE OPERACIÓN

MAN / AUTO

AUTOMÁTICO

MODO MANUAL

BOMBA P-101

ON

BOMBA P-103

ON

ALARMAS

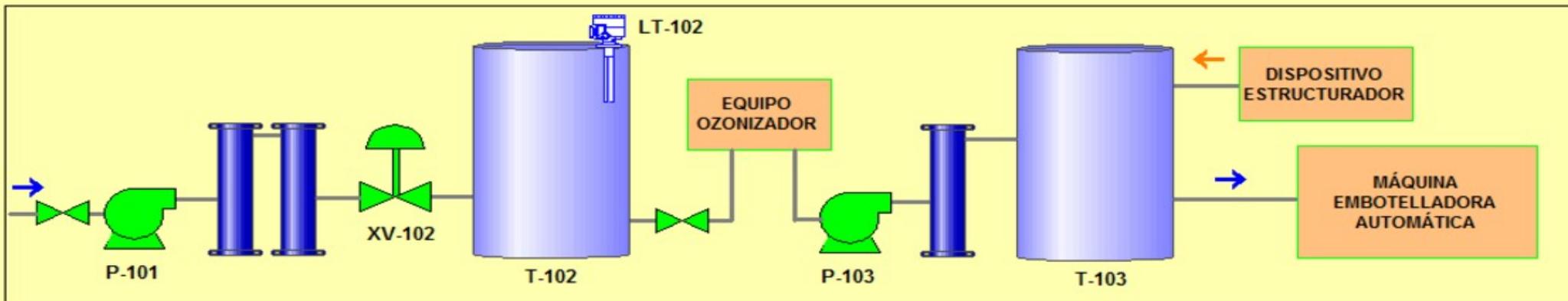
NIVEL T-102

Bajo

Alto

SALIR

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA



INTERRUPTOR DE NIVEL



PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

pH

7.57

TEMPERATURA

18.20 °C

CLORO RESIDUAL

0.020 mg/L

CONDUCTIVIDAD

245 μ S

TSS

74.2 mg/L

TURBIEDAD

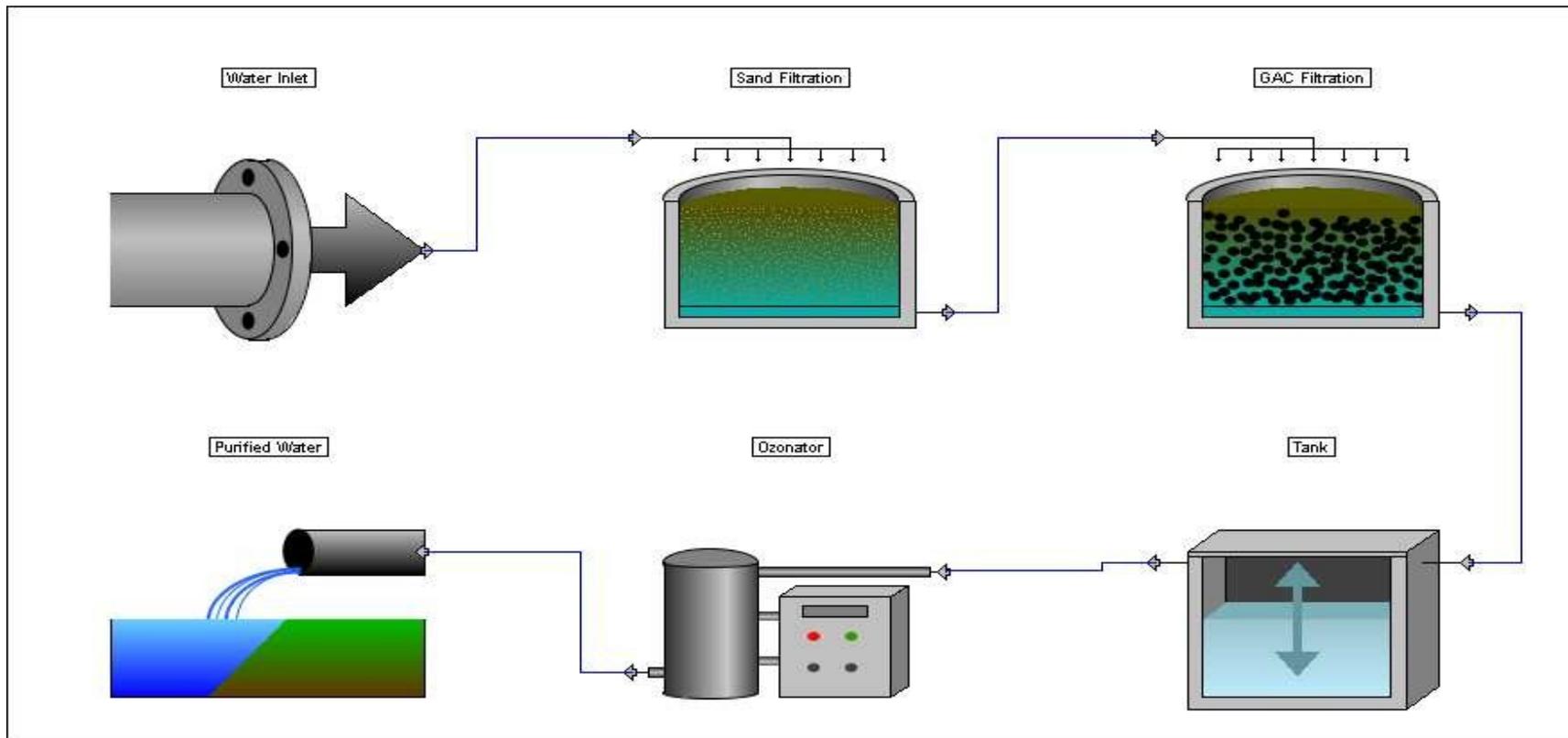
0.0012 NTU

ANÁLISIS DEL SISTEMA

MODELADO DEL PROCESO DE PURIFICACIÓN

Software WatPro.

- Es un simulador de tratamiento de agua para predecir la calidad del agua, basada en procesos de tratamiento específicos y adición química.

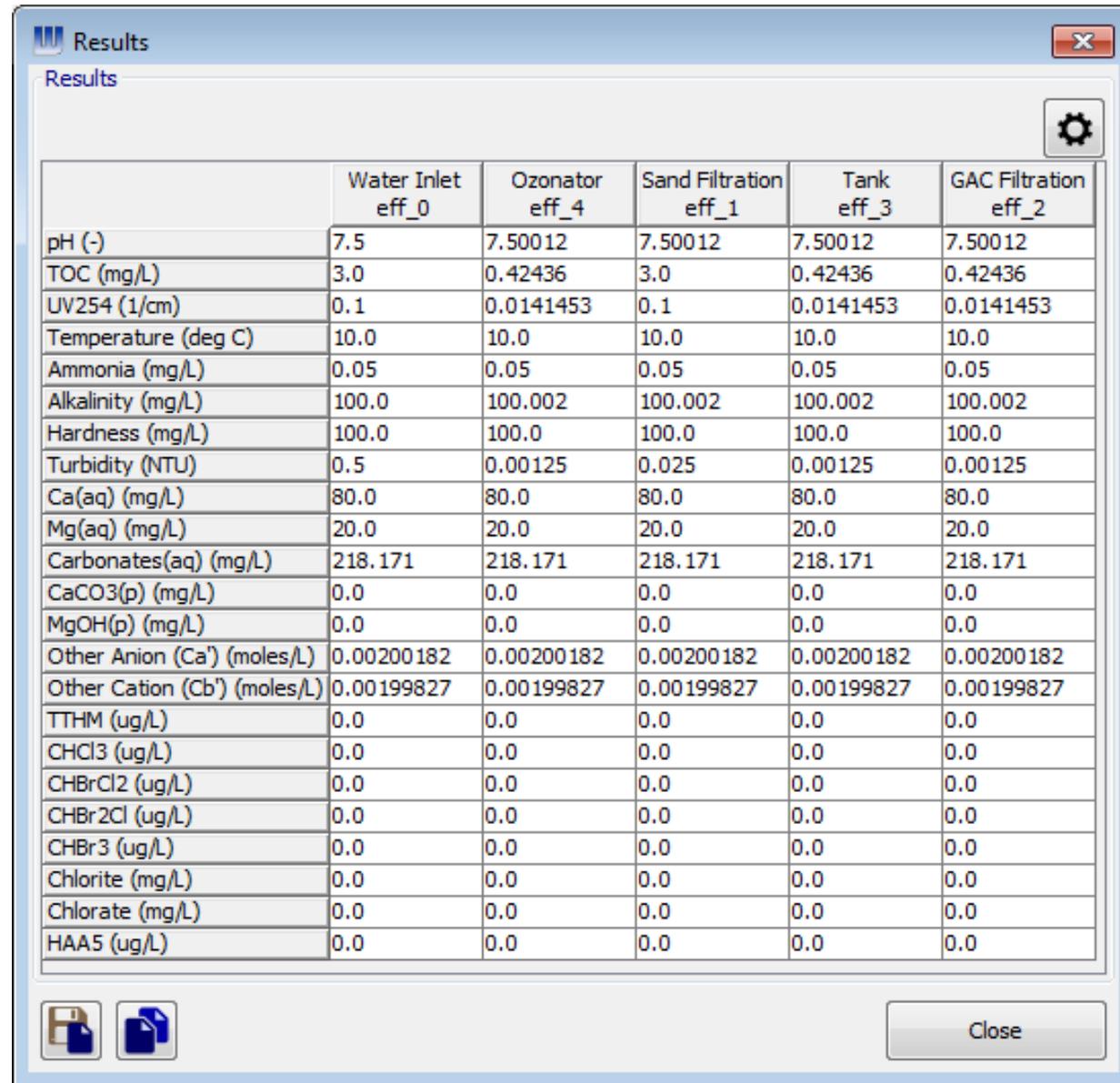


ANÁLISIS DEL SISTEMA

MODELADO DEL PROCESO DE PURIFICACIÓN

Resultados:

- Derivados del cloro se redujeron a cero.
- Parámetro TOC disminución de 2.58 mg/L.
- Turbiedad pasó de 0.5 NTU a 0.00125 NTU.



The screenshot shows a software window titled "Results" with a table of water quality parameters. The table has six columns representing different stages: Water Inlet (eff_0), Ozonator (eff_4), Sand Filtration (eff_1), Tank (eff_3), and GAC Filtration (eff_2). The parameters listed include pH, TOC, UV254, Temperature, Ammonia, Alkalinity, Hardness, Turbidity, and various ions and disinfection byproducts. The values generally decrease or remain constant through the stages, with significant reductions in TOC and Turbidity.

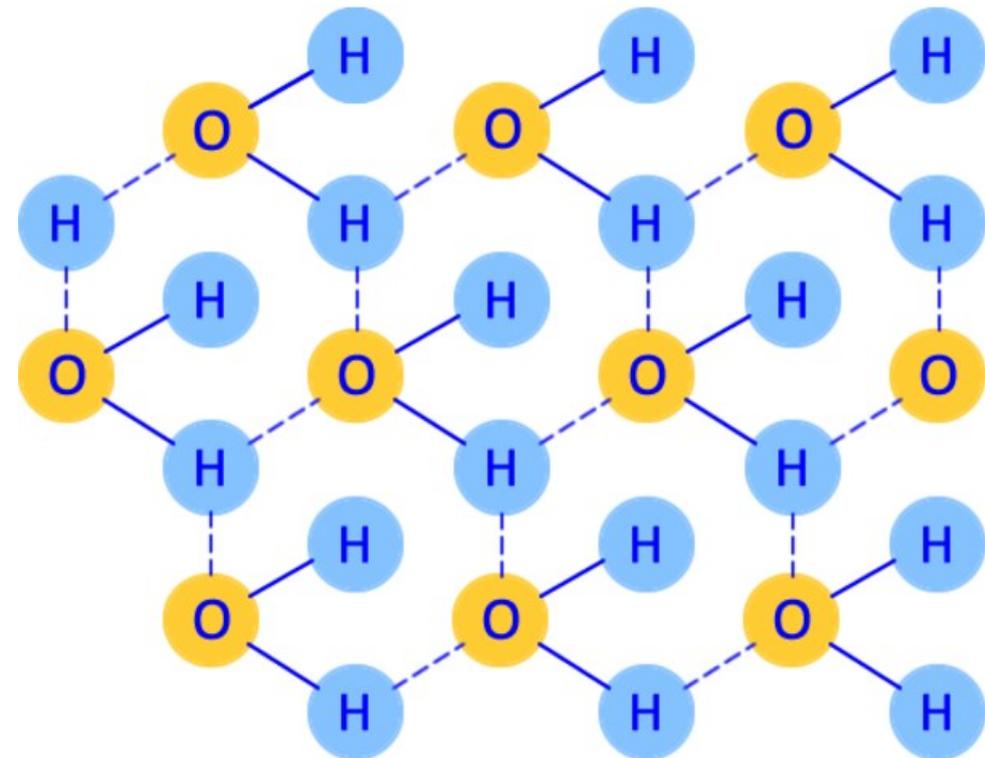
	Water Inlet eff_0	Ozonator eff_4	Sand Filtration eff_1	Tank eff_3	GAC Filtration eff_2
pH (-)	7.5	7.50012	7.50012	7.50012	7.50012
TOC (mg/L)	3.0	0.42436	3.0	0.42436	0.42436
UV254 (1/cm)	0.1	0.0141453	0.1	0.0141453	0.0141453
Temperature (deg C)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Ammonia (mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Alkalinity (mg/L)	100.0	100.002	100.002	100.002	100.002
Hardness (mg/L)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Turbidity (NTU)	0.5	0.00125	0.025	0.00125	0.00125
Ca(aq) (mg/L)	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Mg(aq) (mg/L)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Carbonates(aq) (mg/L)	218.171	218.171	218.171	218.171	218.171
CaCO3(p) (mg/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MgOH(p) (mg/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Other Anion (Ca') (moles/L)	0.00200182	0.00200182	0.00200182	0.00200182	0.00200182
Other Cation (Cb') (moles/L)	0.00199827	0.00199827	0.00199827	0.00199827	0.00199827
TTHM (ug/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CHCl3 (ug/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CHBrCl2 (ug/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CHBr2Cl (ug/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CHBr3 (ug/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chlorite (mg/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chlorate (mg/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HAA5 (ug/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ANÁLISIS DEL SISTEMA

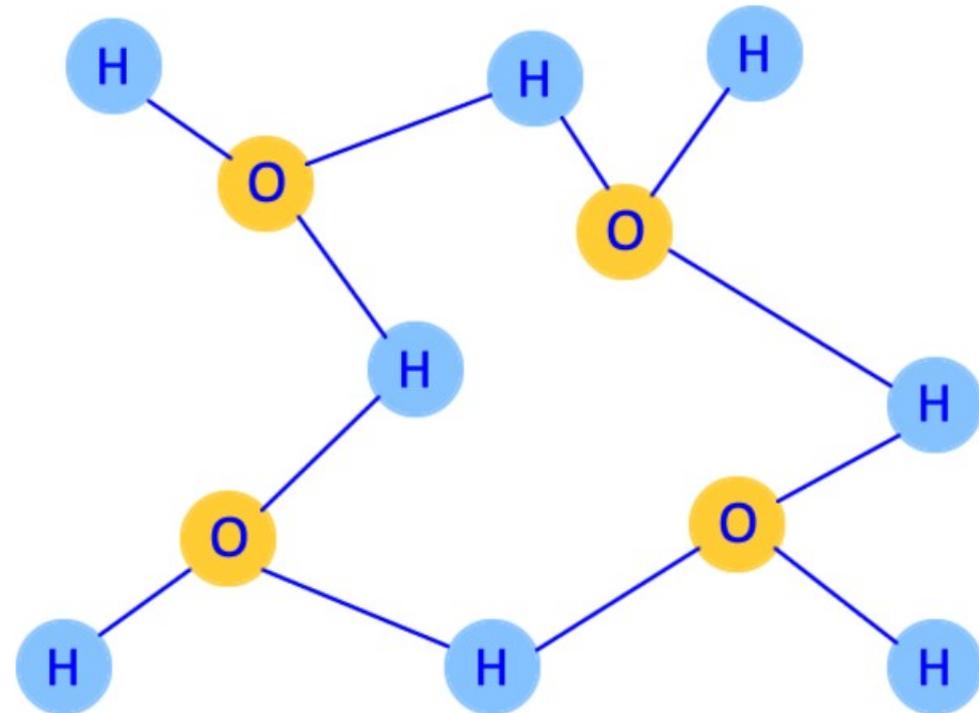
ESTRUCTURA MOLECULAR DEL AGUA

Imagen de la izquierda: agua hexagonal o agua viva. Imagen de la derecha: agua desorganizada o agua muerta.

Estructura Molecular Original



Estructura Molecular Alterada



ANÁLISIS DEL SISTEMA

ESTRUCTURA MOLECULAR DEL AGUA

Estructura molecular original:

- Al transmitir la información vibratoria a las moléculas, el agua recupera su orientación y geometría natural, esto transforma al agua con las mejores características para un buen metabolismo.



Estructura molecular alterada:

- Afecta el índice de biodisponibilidad del agua, y por lo tanto, al ser ingerida por un ser vivo esta no tiene la capacidad de penetrar profundamente en los tejidos y células del cuerpo.

ANÁLISIS DEL SISTEMA

SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Comprobar el funcionamiento del sistema de control a través de acciones ejecutadas por el operador desde el panel de control.

- Factory Talk View ME, versión 8.20 demo
- RSLinx Classic Lite, versión libre
- RSLogix Emulate 500, versión libre
- RSLogix Micro Starter Lite, versión libre

ANÁLISIS DEL SISTEMA

SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

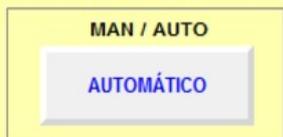
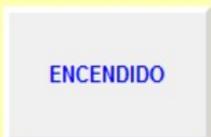
PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUA ESTRUCTURADA

INICIO / PARADA

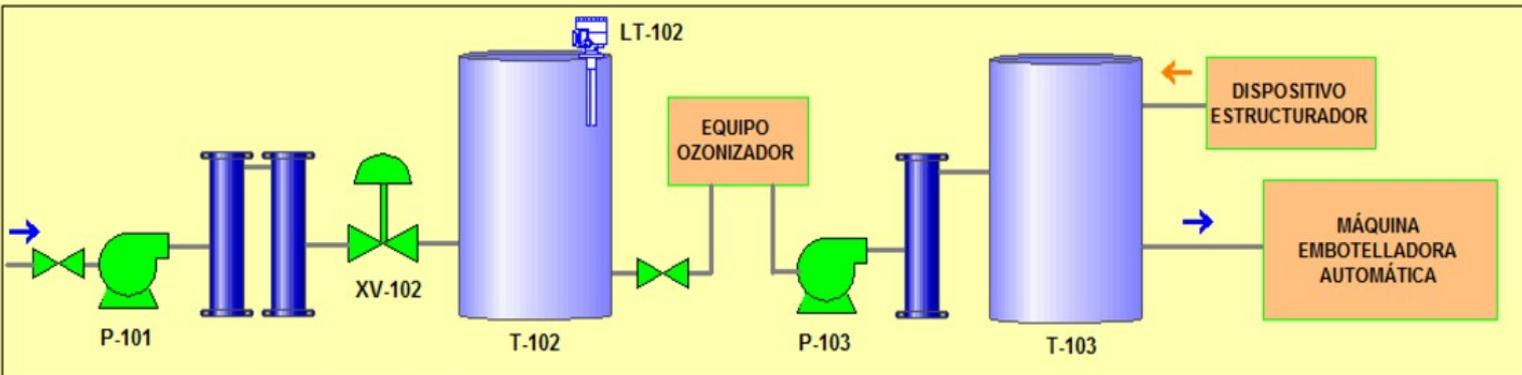
MODO DE OPERACIÓN

MODO MANUAL

ALARMAS



DISTRIBUCIÓN EN PLANTA



INTERRUPTOR DE NIVEL



PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

pH	7.57	TEMPERATURA	18.20 °C
COLOR RESIDUAL	0.020 mg/L	CONDUCTIVIDAD	245 uS
TSS	74.2 mg/L	TURBIEDAD	0.0012 NTU

RSLogix Micro Starter Lite - WATER.R...

File Edit View Search Comms Tools

Window Help

REMOTE RUN No Forces

No Edits Forces Enabled

Driver: EMU500-1 Node: 1d

0002

INICIO B3:0 0

MAN/AUTO I:0 16

Bul.1763

LSW I:0 32

Bul.1763

AUX1 O:0 24

Bul.1763

0003

INICIO B3:0 0

MAN/AUTO I:0 16

Bul.1763

LSW I:0 32

Bul.1763

MAN/AUTO I:0 16

File 2

For Help, press F1

ANÁLISIS DEL SISTEMA

SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUA ESTRUCTURADA

INICIO / PARADA

MODO DE OPERACIÓN

MODO MANUAL

ALARMAS

ENCENDIDO

MAN / AUTO

AUTOMÁTICO

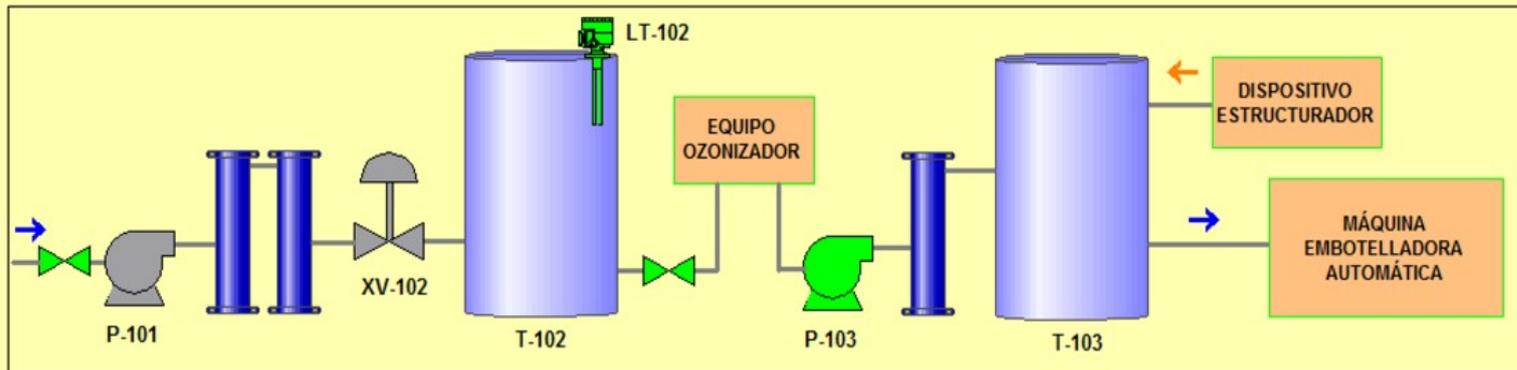
BOMBA P-101
ON

BOMBA P-103
ON

NIVEL T-102
Bajo Alto

SALIR

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA



INTERRUPTOR DE NIVEL

Wednesday, March 01, 2017



PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

pH

7.57

TEMPERATURA

18.20 °C

CLORO RESIDUAL

0.020 mg/L

CONDUCTIVIDAD

245 uS

TSS

74.2 mg/L

TURBIEDAD

0.0012 NTU

RSLogix Micro Starter Lite - WATER.R...

File Edit View Search Comms Tools

Window Help

REMOTE RUN No Forces

No Edits Forces Enabled

Driver: EMU500-1 Node: 1d

INICIO B3:0 0

MAN/AUTO I:0 16 Bul.1763

LSW I:0 32 Bul.1763

AUX1 O:0 24 Bul.1763

INICIO B3:0 0

MAN/AUTO I:0 16 Bul.1763

LSW I:0 32 Bul.1763

MAN/AUTO I:0 16

File 2

For Help, press F1

ANÁLISIS DEL SISTEMA

ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

Valor Actual Neto
(VAN)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{1+k} - I_o$$

$$VAN = \$ 657,735.67$$

Tasa Interna de
Retorno (TIR)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{1+k} - I_o = 0$$

$$TIR = 74,40 \%$$

Valores calculados en base al flujo de
caja proyectado a 4 años

CONCLUSIONES

- En base a las investigaciones realizadas acerca de métodos de tratamiento de agua, se ha logrado integrar diferentes técnicas y métodos de purificación no agresivos a la estructura molecular del agua.
- Mediante el uso de software especializado para modelado de sistemas de tratamiento de agua, se ha logrado obtener parámetros de calidad de agua dentro de los rangos permitidos.

CONCLUSIONES

- Para realizar un diseño de procesos industriales es importante definir los requerimientos funcionales del sistema, a través de diagramas de instrumentación y tuberías, y descripción general del proceso.
- Gracias al uso de software especializado para simulación de procesos industriales automatizados, se ha logrado demostrar que el sistema funciona de acuerdo a las condiciones planteadas durante el diseño.

RECOMENDACIONES

- Debido a que es importante comprobar los método de estructuración del agua, se recomienda adquirir un equipo especializado que permita observar la estructura molecular del agua tratada.
- Si se requiere controlar otras variables del sistema, es necesario adquirir la licencia del software RSLogix, ya que la versión gratuita solo permite programar ciertos modelos de PLC, limitados en cuanto a especificaciones técnicas.

GRACIAS !!

