



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DOCUMENTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL PREDICTIVO NEURO-GENÉTICO PARA UNA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS TERCARIAS.

AUTORES:

MARÍA JOSÉ GÓMEZ LÚCAS

JEFFERSON VICENTE BOZADA PINCAY

TUTORA:

ING. MÓNICA MIRANDA RAMOS

GUAYAQUIL- ECUADOR

2019

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo María José Gómez Lucas y Jefferson Vicente Bozada Pincay manifestamos que la responsabilidad del contenido corresponde a los autores del trabajo de titulación **“Diseño, implementación y control predictivo neuro-genético para una planta de tratamiento de aguas terciarias.”**

María José Gómez Lucas

C.I.: 0927465476

Jefferson Vicente Bozada Pincay

C.I.: 0929618577

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Por medio de la presente nosotros, María José Gómez Lucas con identificación #0927465476 y Jefferson Vicente Bozada Pincay con identificación #0929618577 informamos que declaramos nuestra voluntad en ceder todos los derechos de titularidad a la Universidad Politécnica Salesiana sobre el trabajo **“Diseño, implementación y control predictivo neuro-genético para una planta de tratamiento de aguas terciarias.”** la cual queda facultada a ejercer plenamente uso de los derechos cedidos previamente.

María José Gómez Lúcas

C.I.: 0927465476

Jefferson Vicente Bozada Pincay

C.I.: 0929618577

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación “Diseño, implementación y control predictivo neuro-genético para una planta de tratamiento de aguas terciarias”, desarrollado por los estudiantes María José Gómez Lucas y Jefferson Vicente Bozada Pincay previo a la obtención del Título de Ingeniería Electrónica con mención en Sistemas Industriales, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra autentica y de alto valor académico.

Ing. Mónica Miranda R. Msc

Docente Directora del Proyecto Técnico

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Madre, M. Lucas y a su esposo, S. Sotelo por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, por creer siempre en mí y alentarme a no rendirme.

María José Gómez Lucas

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a mis padres, Reyna Pincay y Vicente Bozada quienes han sido el pilar fundamental para la culminación de mi carrera, su esfuerzo, su sacrificio y su apoyo fueron una ayuda incondicional para llegar al final de esta travesía llena de obstáculos y dificultades, pero también cargada de muchas satisfacciones y buenas emociones.

Jefferson Vicente Bozada Pincay

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser mi guía en este arduo camino. Gracias por brindarme paciencia, fortaleza y valentía lo largo del desarrollo de este proyecto.

De manera especial a mi Madre, por estar siempre a mi lado y ser mi pilar fundamental. Gracias por luchar incansablemente junto a mí y ser mi mayor inspiración. Este logro es de las dos.

Gracias a ti, por ser mi luz hasta el final.

A J. Bozada, por ser mi apoyo y mi soporte cuando he dicho que ya no puedo más.

A mi tutora, Msc. Monica Miranda por sus enseñanzas y su colaboración en este trabajo.

María José Gómez Lucas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios , a mi familia por darme el apoyo, las fuerzas para continuar y seguir adelante en los momentos mas duros y no darme por vencido

Gracias a mi tutora la Ing. Mónica Miranda quien nos brindó la oportunidad de trabajar en el siguiente proyecto técnico.

A mis hermanas Carelis e Isabel quienes han sido mi envi6n an6mica durante estos 6ltimos meses en los cuales hemos sacrificado muchas cosas para poder llegar hasta aqu6.

Agradezco tambi6n Mar6a Jos6 G6mez por acompa6arme, ayudarme y guiarme como compa6era de clases, amiga y novia, durante todo el tiempo que hemos estado juntos, siendo tambi6n parte fundamental para la culminaci6n de este proyecto logrando excelentes resultados.

Jefferson Vicente Bozada Pincay

RESUMEN

AÑO	TITULO	ALUMNOS	DIRECTOR	TEMA DE TITULACION
2019	Ingeniero Electrónico	María José Gómez Lucas Jefferson Vicente Bozada Pincay	Msc. Mónica Miranda	Diseño, implementación y control predictivo neuro-genético para una planta de tratamiento de aguas terciarias

El proyecto realizado en el laboratorio asignado por la Universidad Politécnica Salesiana tiene como objetivo principal diseñar e implementar un control Predictivo Neuro - Genético para una planta de tratamiento de aguas terciarias empleando un sistema de filtrado compuesto por fases de tratamiento químico, microbiológico y purificación.

Con la finalidad de mantener un monitoreo constante de la calidad del agua se han implementado, sensores, que permiten la medición de parámetros como pH, conductividad, flujo, presión, temperatura y turbidez, obteniendo un contraste entre el agua de entrada y salida de la planta.

Este proceso emplea un control predictivo neuro – genético que permite posicionar la válvula de ingreso del tratamiento de purificación mediante la configuración de los grados de giro del motor con el designio de regular la presión de ingreso a la planta. Para ello, se destina un valor de ajuste de presión mediante el software Matlab. Se buscó adaptar el sistema a través de una red neuronal con entrenamiento supervisado de backpropagation que, junto a un algoritmo genético, realizó una optimización de pesos de acuerdo a un target referencial.

La identificación del sistema se realizó empleando la herramienta ident, utilizando las variables de pH, conductividad y presión consideradas como las variables más relevantes del sistema.

Para la adquisición de datos se utilizó un Arduino Mega, en conjunto con el software MatLab mediante comunicación serial, realizan el procesamiento las señales y la configuración del valor referencial del control con la finalidad de proporcionar un entorno visual de las variables del proceso y del control en general.

Los resultados son visualizados a través de las gráficas en el interfaz de usuario utilizando la función Guide de MatLab , representando las variables en tiempo real más significativas del sistema. Los valores adquiridos con respecto a la calidad del agua fueron comparados con la normativa INEN 1108 y 2200 a través de un análisis físico químico.

ABSTRACT

YEAR	DEGREE	STUDENTS	ADVISOR	TITLE TOPIC
2019	Electronic Engineering	María José Gómez Lucas Jefferson Vicente Bozada Pincay	Msc. Mónica Miranda	Design, implementation and neurogenetic predictive control of a prototype plant for the treatment of tertiary waters.

The project carried out in the laboratory assigned by the Salesian Polytechnic University has as main objective to design and implement a Neuro - Genetic Predictive control for a tertiary water treatment plant using a filtering system composed of chemical, microbiological and purification treatment phases.

In order to maintain a constant monitoring of water quality, sensors have been implemented, which allow the measurement of parameters such as pH, conductivity, flow, pressure, temperature and turbidity, obtaining a contrast between the water entering and leaving the water plant.

This process employs a neuro-genetic predictive control that allows the purification treatment inlet valve to be positioned by configuring the motor's degrees of rotation with the object of regulating the inlet pressure to the plant. For this, a pressure adjustment value is assigned using the Matlab software. The aim was to adapt the system through a neural network with supervised backpropagation training that, together with a genetic algorithm, carried out a weight optimization according to a referential target.

The identification of the system was carried out using the ident tool, using the variables of pH, conductivity and pressure considered as the most relevant variables of the system.

For the acquisition of data, an Arduino Mega was used, together with the MatLab software through serial communication, the signals are processed and the control reference value is set up in order to provide a visual environment of the process variables and the control in general.

The results are visualized through the graphs in the user interface using the MatLab Guide function, representing the most significant real-time variables of the system. The values acquired with respect to water quality were compared with the INEN 1108 and 2200 regulations through a chemical physical analysis.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Importancia y Alcance	3
1.4. Delimitación	4
1.4.1. Espacial.....	4
1.4.2. Temporal.....	4
1.4.3. Sectorial.....	5
1.4.4. Académica.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Tratamiento Terciario	7
2.2 ¿Qué es un sistema de filtrado?.....	7
2.3 Clasificación de los filtros	7
2.3.1. Filtros de Sedimentos.....	7
2.3.2 Filtros de Carbón Activado	8
2.3.3 Filtros de polipropileno.....	9
2.4 ¿Qué es un purificador?	9
2.5 Clasificación de los purificadores	9
2.6 Membrana de nano filtración NF 270-4040 FILMTEC.....	10
2.7 Purificador ultravioleta	10
2.8 Rotámetro.....	11
2.9 sensor de caudal YF-S201	12
2.10 Potencial Hidrógeno	12
2.11 pH - metro	12
2.12 Conductividad.....	13
2.13 Sensor de conductividad	13
2.14 Turbidez	14
2.15 Sensor de turbidez	14
2.17 Transmisor de presión SITRANS P220	15
2.18 Manómetro	16
2.20 Sensor de temperatura.....	17
2.21 RTD.....	17
2.22 BTC-9300.....	17
2.23 Bomba centrífuga	18
2.24 Motor de pasos - PH266.....	19
2.25 Caja Reductora	19
2.26 Arduino MEGA 256.....	20
2.27 Matlab.....	20
2.28 Redes Neuronales.....	20
2.28.1 Características de una red neuronal.....	21
2.28.2 Elementos de una red neuronal.....	21
2.29 Perceptrón Simple	21
2.30 Perceptrón Multicapa.....	22
2.31 Niveles o Capas de una Red Neuronal	22
2.31.1 De Entrada:	22
2.31.2 Ocultas:	23
2.31.3 De Salida:.....	23
2.32 Topología del Perceptrón Multicapa.....	23
2.33 Aprendizaje Backpropagation.....	24

2.34.1 Métodos de Representación	25
2.34.2 Métodos de selección	25
2.34.3 Métodos de cambio	26
3. MARCO METODOLÓGICO	28
3.1 Metodología	28
3.1.1 Método Inductivo	28
3.1.2 Método Deductivo	28
3.1.3 Método Experimental	28
3.2 Beneficiarios	28
3.3 Impacto	28
4. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA	30
4.1. Diseño de la Planta	30
4.2. Funcionamiento de la Planta	37
4.3 Diseño del Control Predictivo Neuro-genético	39
4.4 Entradas del Sistema – Adquisición de Datos	40
4.5 Algoritmo Neuro-Genético	42
4.5.1 Red Neuronal	42
4.5.1.1 Funcionamiento de la red	42
4.5.1.2 Entrenamiento de la Red	43
4.5.3 Optimización con Algoritmos Genéticos	45
4.5.4 Función de transferencia	48
4.5.5 Interfaz de Usuario	49
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
Bibliografías	53
ANEXOS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Posicionamiento Geográfico de la Universidad Politécnica Salesiana	4
Figura 2.1 Filtro de arena	8
Figura 2.2 Filtro de carbón activado	8
Figura 2.3 Filtro de polipropileno plisado	9
Figura 2.4 Fases de purificación con ozono	10
Figura 2.5 Partes de una membrana de filtración	10
Figura 2.6 Purificador ultravioleta	11
Figura 2.7 Rotámetro	11
Figura 2.8 Sensor YF-S201	12
Figura 2.9 Escala de PH	12
Figura 2.10 Sensor de PH SPH0001	13
Figura 2.11 Representación de la conductividad del agua	13
Figura 2.12 Kit de conductividad K1.0 Atlas Scientific	14
Figura 2.13 Muestras de turbidez	14
Figura 2.14 Sensor de turbidez	15
Figura 2.15 Transmisor de presión 7MF1567	16
Figura 2.16 Manómetro	16
Figura 2.17 Sensor de temperatura RTD	17
Figura 2.18 Controlador de temperatura BTC-9300	18
Figura 2.19 Partes de la bomba centrífuga	18
Figura 2.20 Motor de pasos PH266	19
Figura 2.21 Caja reductora 2GK18KA	19
Figura 2.22 Arduino Mega	20
Figura 2.23 Logo de Matlab	20
Figura 2.24 Representación del perceptrón de Rosenblatt	22
Figura 2.25 Representación del perceptrón multicapa	22
Figura 2.26 Perceptrón de dos capas	23

Figura 2.27 Entrenamiento backpropagation con dos capas	24
Figura 2.28 Proceso de algoritmo genético	25
Figura 2.29 Representación de mutación y cruzamiento	27
Figura 4.1 Vista frontal de la Planta	30
Figura 4.2 Diseño de la Vista superior de la Planta.....	30
Figura 4.3 Planos de lechos filtrantes de la Planta.....	31
Figura 4.4 Sistema de filtración	31
Figura 4.5 Diagrama PID de la planta	32
Figura 4.6 Lechos filtrantes	33
Figura 4.7 Lámparas UV	34
Figura 4.8 Filtro de polipropileno	35
Figura 4.9 Membrana de nanofiltración	36
Figura 4.10 Bomba vertical y motor a pasos	36
Figura 4.11 Tanque contenedor de aguas procesadas	37
Figura 4.12 Muestra de valor de turbidez en tanque de agua de ingreso	37
Figura 4.13 Datos de pH en tanque de agua de ingreso.....	38
Figura 4.14 Interfaz de monitoreo y control.....	39
Figura 4.15 Esquema de control predictivo Neuro-Genético.....	40
Figura 4.16 Diseño de circuito de adquisición y control	40
Figura 4.17 Programa de Adquisición de datos en Arduino	41
Figura 4.18 Configuración de puertos seriales	42
Figura 4.19 Comando FeedForwernet para la red neuronal	45
Figura 4.20 Salida del Algoritmo Neuro – Genético	47
Figura 4.21 Posición del motor con Arduino.....	47
Figura 4.22 Toma de datos de sensores.....	48
Figura 4.23 Valores para la función de transferencia	49
Figura 4.24 Función de transferencia del sistema	49
Figura 4.25 Algoritmo Neuro-Genético en Matlab	50
Figura 4.26 Guide de Visualización de control	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tabla comparativa para la calidad del agua.....	2
Tabla 4.1 Parámetros de agua de entrada.....	38

ANEXOS

Anexo 1 NORMATIVA INEN 1108	56
Anexo 2 Análisis del agua por el laboratorio	62
Anexo 3 Membrana de nanofiltración.....	64
Anexo 4 Especificaciones técnicas - Bomba hidráulica JSWm 2C.....	65
Anexo 5 Especificaciones técnicas - Motor de escalonamiento	66
Anexo 6 Especificaciones técnicas - transmisor de presión.....	67
Anexo 7 Especificaciones técnicas – sensor de flujo YFS201	68
Anexo 8 Especificaciones técnicas – Sensor de conductividad Atlas	69
Anexo 9 Controlador de temperatura BTC 9300	70
Anexo 10 Controlador de temperatura BTC 9300	71
Anexo 11 Controlador de temperatura BTC 9300	72
Anexo 12 Presupuesto	73
Anexo 13 Cronograma de actividades	75
Anexo 14 Imágenes	76

INTRODUCCIÓN

Actualmente los fenómenos físicos químicos influyen en la calidad del agua apta para el consumo humano. Los usos de métodos de control automático para optimizar los procesos de filtración son muy comunes en las plantas de tratamiento de aguas terciarias.

De esta forma se hallarán diferentes resultados en cuanto al análisis del comportamiento de dichos sistemas, con estos datos se logrará implementar e indagar en un control que nos permita obtener una mayor eficiencia en los procesos de filtración de agua.

En el siguiente documento se busca el estudio de un sistema de control para probar la eficiencia de filtración y purificación mediante el uso de filtro activo utilizando nano-membranas y luz ultravioleta realizando un análisis microbiológico o plate count del agua en su etapa final.

Se desarrolló una red neuronal con un algoritmo genético de optimización el cual ha sido implementado en diferentes procesos industriales para el manejo de las diferentes variables dentro de un sistema.

Se especificarán las etapas y modificaciones que se realizaron en la planta, así como también la programación del algoritmo Neuro-genético con la ayuda del software Matlab, para que en un futuro estudio los estudiantes puedan expandir el conocimiento sobre los nuevos métodos de control automático.

Finalmente, este análisis proporcionará una ayuda para el estudio de los diferentes procesos de control de nivel industrial con algoritmos de optimización.

1. EL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

A una muestra de agua terciaria del Bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, se le realizó un análisis de calidad bajo estándares de la norma INEN 1108 y decreto 475/98 el cual expiden normas técnicas de calidad del agua potables. El análisis fue realizado por la empresa ELICROM, se midieron tres parámetros considerados como básicos en un análisis de calidad. Estas variables tuvieron los siguientes valores:

Tabla 1.1
Tabla comparativa para la calidad del agua.

Tabla Comparativa de Variables	Valor Medido	Valor Máximo Permitido
Turbidez	0.66 NTU	5 NTU
Conductividad	132.6 μ S/cm	<1000 mS/cm
Ph	7.94	8.5

De los tres parámetros mencionados, el de Conductividad se considera de mayor importancia puesto que con este factor están relacionados los niveles de sólidos disueltos en el agua.

Por lo tanto, este proyecto busca el estudio de un sistema de control para probar la eficiencia de filtración y purificación mediante el uso de filtro activo utilizando nano-membranas y luz ultra violeta realizando un análisis microbiológico o plate count del agua en su etapa final.

1.2. Antecedentes

La Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil ha desarrollado diversos proyectos que logran fomentar la investigación de diversos tipos de control

automático a sus estudiantes como el control predictivo, fuzzy, redes neuronales, entre otros.

A pesar del avance tecnológico, el uso de procesos naturales a lo largo del tiempo nos ha permitido encontrar respuestas a algunas interrogantes en numerosas áreas de conocimiento ya que simulan el comportamiento humano en la toma de decisiones.

Los algoritmos genéticos y las redes neuronales han demostrado un gran beneficio y un manejo satisfactorio en la evolución de la inteligencia artificial, simulando métodos como selección, búsqueda, aprendizaje, optimización, entre otros.

Este trabajo intenta fomentar la importancia de las investigaciones de estos algoritmos en nuevas técnicas de control, los cuales son versátiles para la resolución de problemas en cualquier ámbito. Para este caso específico, proponemos el desarrollo de un algoritmo neuro genético para el control de una válvula de apertura y cierre para el ingreso del agua a una membrana de nano filtración.

1.3. Importancia y Alcance

Este proyecto se enfoca en el diseño, implementación y un control predictivo neuro- genético, el cual contiene un sistema de tratamiento de agua compuesto por un tratamiento químico, un tratamiento microbiológico y un tratamiento de purificación, utilizando el software Matlab, con la finalidad de realizar el control y visualizar los resultados del proceso a través de una pantalla de monitoreo. El proceso mencionado es un sistema de purificación de agua. El objetivo es fomentar

el estudio de nuevos métodos de optimización que son de gran importancia para poner en práctica los conocimientos y competencias desarrolladas durante la carrera.

Este proyecto facilitará a futuros tesis implementando proyectos relacionados con un prototipo real, contribuyendo así al desarrollo y optimización de diversos procesos industriales de tratamiento de agua.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial.

El proyecto es implementado en el curso C-103 de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.



Figura 1.1 Posicionamiento Geográfico de la Universidad Politécnica Salesiana
Fuente: Google Maps

1.4.2. Temporal.

El presente Proyecto tuvo una duración de 24 meses a partir de la aprobación del mismo.

1.4.3. Sectorial.

El presente proyecto técnico fue desarrollado en el sector sur de la ciudad de Guayaquil, provincia de Guayas, en las calles Chambers #277

1.4.4. Académica.

En el ámbito académico se pone en práctica todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Electrónica, haciendo énfasis en la materia de control e instrumentación

1.4 Justificación

Este proyecto busca mejorar la calidad de agua de la Universidad Politécnica Salesiana, utilizando control predictivo para controlar el estado del fluido hasta que éste alcance el nivel de descontaminación apto para el consumo humano, también es un aporte al desarrollo de las técnicas para la higienización del agua poniendo en práctica los conocimientos de control y electrónica, incluyendo tecnología con la utilización de las nano membranas, dando como resultado un sistema eficaz que garantiza la reducción de contaminantes en el agua y cumple con la función de cuidar la salud de los beneficiarios.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general.

Diseñar e implementar un control Predictivo Neuro- Genético para una planta de tratamiento de aguas terciarias.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Diseñar un proceso de filtración de aguas terciarias utilizando membranas de nano filtración.
- Implementar el proceso de filtrado de aguas terciarias utilizando membranas de nano filtración
- Medir variables del sistema tales como conductividad, ph, presión, temperatura, turbidez y caudal las cuales nos permitirán visualizar datos de la planta de tratamiento de aguas terciarias.
- Realizar un control Predictivo Neuro- Genético para detectar el nivel de contaminación de la membrana de nano filtración.
- Obtener la función de transferencia de la planta utilizando software de control.
- Efectuar un análisis microbiológico para comprobar el mejoramiento de la calidad del agua.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Tratamiento Terciario

Se refiere al tratamiento de tercera fase que se le realiza a el agua con el fin de eliminar los contaminantes presentes restantes de las fases anteriores, estén estos suspendidos o disueltos, con el objetivo de reutilizar el agua una vez higienizada. Estos tratamientos terciarios podrían llegar a ser biológicos, químicos o físicos.

2.2 ¿Qué es un sistema de filtrado?

Proceso mediante el cual las partículas que se encuentran en un fluido se separan pasando el fluido por medio de un filtro. Los elementos que participan en la filtración son: un medio filtrante, un fluido con sólidos en suspensión, fuerza, la diferencia de presión que impulsa al fluido para que avance, un filtro que contiene el medio filtrante junto con el fluido permitiendo así la aplicación de la fuerza la aplicación de la fuerza.

Cumplen la función semejante a la de un colador, trabajan con el fluido a nivel superficial.

2.3 Clasificación de los filtros

2.3.1. Filtros de Sedimentos

Estos filtros están conformados por camas de arena fina de un metro de grosor encima de un colchón de grava de 30 cm de altura y un Sistema de drenado.

Para los filtros con sedimentos es importante también mantener los procesos biológicos, ya que estos forman una delgada película de microorganismos que atrapan y destruyen bacterias y demás materia orgánica. Estos filtros con de bajo costo y muy confiables debido a que logran remover microorganismos hasta en 99.9% y su operación con su debido control logran ser muy sencillas.



Figura 2.1 Filtro de arena

Fuente: <http://distriambiente.com/filtros-de-arena/>

2.3.2 Filtros de Carbón Activado

Es aquel que permite atrapar compuestos orgánicos a través de las paredes del filtro y son utilizados cuando queremos remover, olores, sabores y colores descargables del agua, radón y otros compuestos orgánicos volátiles.

El carbón activado posee una gran capacidad de absorción de compuestos debido a su vasta área superficial.

Una de las limitaciones importantes es que no remueven bacterias, metales, nitratos y generan residuos de carbón saturado.



Figura 2.2 Filtro de carbón activado

Fuente: <http://aybwatersolutions.com.mx/tda/filtro-carbon-activado.html>

2.3.3 Filtros de polipropileno

Los filtros de polipropileno retienen partículas sólidas suspendidas microscópicas en su mayoría desde 5 micras, como, por ejemplo, arenas, partículas metálicas, sólidos suspendidos y sedimentables.

Comúnmente se los utiliza en la pre filtración en sistemas de osmosis inversa y post filtración para filtros de carbón activado.



Figura 2.3 Filtro de polipropileno plisado

Fuente: <https://www.gedar.es/tienda/3-filtro-polipropileno-plisado-cfp-c7447.html>

2.4 ¿Qué es un purificador?

Un purificador se encarga de separar las sustancias que pueden haber sido disueltas en el agua, como los iones, es un tratamiento mucho más profundo, que asegura una pureza superior del agua.

2.5 Clasificación de los purificadores

Estos purificadores trabajan con químicos a nivel molecular para producir oxidación en el agua, con lo cual se eliminan virus, bacterias y desodoriza el agua.

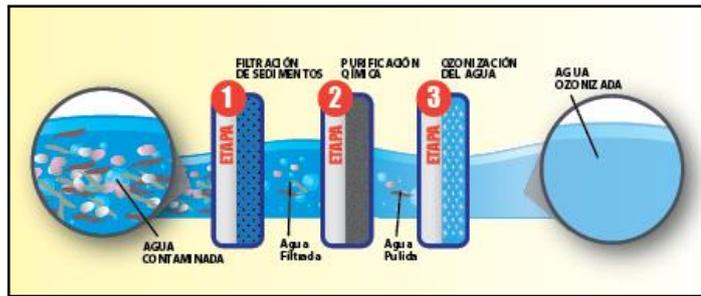


Figura 2.4 Fases de purificación con ozono

Fuente: <http://www.starlinedigital.com/index.php/sistemas-de-ozono>

2.6 Membrana de nano filtración NF 270-4040 FILMTEC.

Es un tipo de membrana que a través de presión filtra o purifica el agua por medio de un sistema acompañante, generalmente la propiedad de las membranas NF se encuentra entre las membranas RO (osmosis), no porosas, membrana de ultrafiltración (UF), donde la separación suele realizar limpieza del agua. La membrana FILMTEC está hecha de un polímero con enlaces de amida (poliamida), es comúnmente usado en los procesos de tratamiento de agua para consumo.

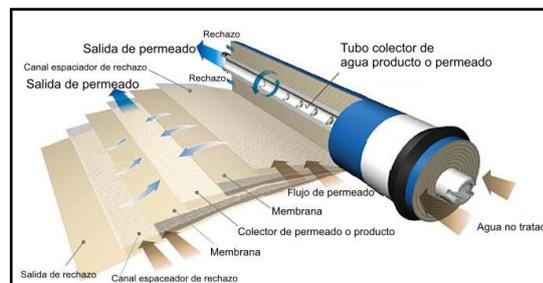


Figura 2.5 Partes de una membrana de filtración

Fuente: <https://aquapurif.es/expertos-mejoran-el-rendimiento-de-la-desalinizacion-de-agua-mediante-membranas/>

2.7 Purificador ultravioleta

Tienen la capacidad de realizar un tratamiento contra patógenos es decir desintegrar cualquier organismo contaminante, como virus, bacterias, gérmenes y microorganismos presentes en el agua, valiéndose de la frecuencia de los rayos UV.

La efectividad de la radiación UV dependerá de la dosis que absorben los organismos, dependiendo de la intensidad de la lámpara y el tiempo de exposición.



Figura 2.6 Purificador ultravioleta
Fuente: Autores

2.8 Rotámetro

Es usado comúnmente para medir líquidos y gases, está formado por un tubo con escala y un flotador, su medición está basada en el principio de área variable.

El caudal es directamente proporcional a la altura en la que se encuentre el flotador dentro del tubo.



Figura 2.7 Rotámetro
Fuente: Autores

2.9 sensor de caudal YF-S201

Es el encargado de medir el gasto volumétrico o caudal de un fluido que circula a través de un área determinada.



Figura 2.8 Sensor YF-S201

Fuente: <https://naylampmechatronics.com/sensores-liquido/108-sensor-de-flujo-de-agua-12-yf-s201.html>

2.10 Potencial Hidrógeno

El ph permite clasificar en ácidos o bases a una solución, este tiene una escala de 0 a 14, cuando el ph disminuye la acidez aumenta, y se considera neutro cuando el ph es igual a 7.

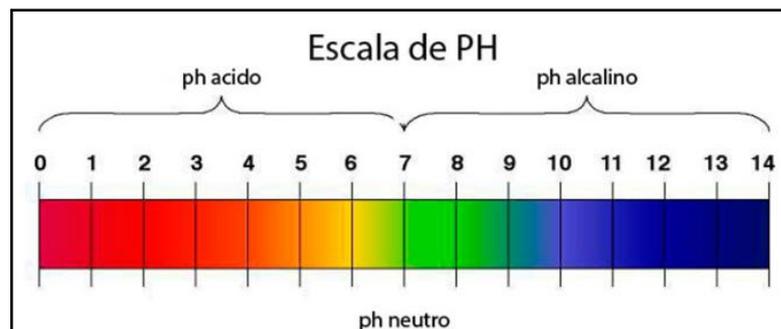


Figura 2.9 Escala de PH

Fuente: <https://www.experimentoscientificos.es/ph/escala-del-ph/>

2.11 pH - metro

Este medidor lee la concentración de iones de hidronio presentes en el agua mediante un electrodo instalado en la sonda, dando como resultado un valor análogo

visible en la placa controladora, que cuenta también con un potenciómetro para calibrar el sensor.



Figura 2.10 Sensor de PH SPH0001
Fuente: Autores

2.12 Conductividad

Se conoce como conductividad a la propiedad del agua que permite que pase a través de ella corriente eléctrica, el agua que está en contacto con sales tiene mayor conductividad y por el contrario mientras más pura sea perderá esta propiedad. La unidad de la conductividad es siemens por centímetro (s/cm).

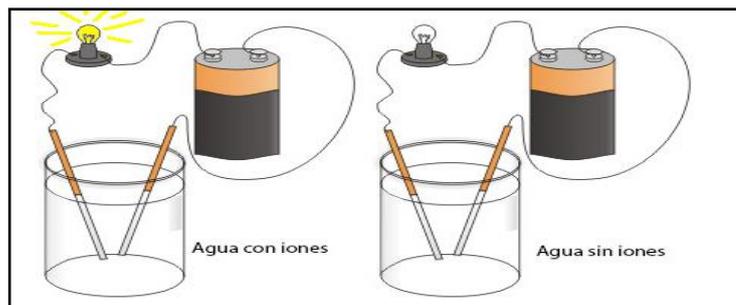


Figura 2.11 Representación de la conductividad del agua
Fuente: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/conductividad-en-el-agua/>

2.13 Sensor de conductividad

Es un sensor conformado por dos conductores que trabajan en una celda de conductividad que se encarga de medir sólidos disueltos y tiene una salida en serie, muestra la concentración total de iones en el flujo de muestra.



Figura 2.12 Kit de conductividad K1.0 Atlas Scientific
Fuente: Autores

2.14 Turbidez

Es uno de los parámetros de calidad del agua, depende de la transparencia que tenga la misma, puede ser perturbada por la presencia de agentes externos como sólidos en suspensión, tierra, plantas, sedimentos. La turbidez es medida en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Los límites de turbidez según la OMS (Organización Mundial para la Salud), para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU.

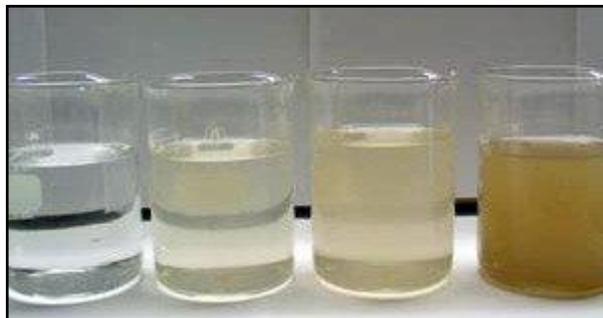


Figura 2.13 Muestras de turbidez
Fuente: <https://www.tecnocverting.es/articulos-tecnicos/que-es-la-ntu/>

2.15 Sensor de turbidez

Este dispositivo permite medir la cantidad de luz que se proyecta en el agua mediante principios ópticos, se eligen de acuerdo a la aplicación, los más recomendados en agua potable son los nefelométricos, que emiten una luz y esta se

dispersa en el agua, el detector toma esta lectura de intensidad lumínica y la convierte en una señal eléctrica.

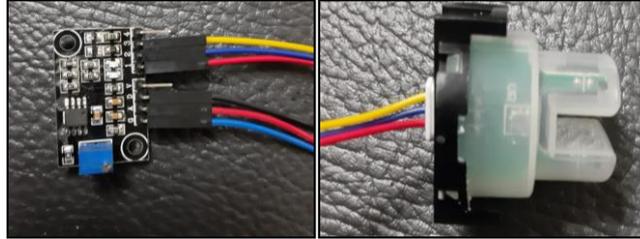


Figura 2.14 Sensor de turbidez
Fuente: Autores

2.16 Presión

Es una unidad escalar que representa la manera en la que una fuerza resultante es aplicada sobre una superficie, la presión está estrechamente relacionada con la temperatura, ya que a grandes presiones las partículas liberan calor, y a pérdida de esta se reacciona con la pérdida de calor.

2.17 Transmisor de presión SITRANS P220

Es el encargado de medir la presión absoluta existente en líquidos gases y vapor, y traducirla para el operador en una señal eléctrica. El transmisor de presión tiene cuerpo de acero inoxidable, y su funcionamiento consiste en celda piezoresistiva, es decir leerá el cambio de la resistencia eléctrica del material debido al cambio de temperatura.



Figura 2.15 Transmisor de presión 7MF1567
Fuente: Autores

2.18 Manómetro

Es un medidor comúnmente analógico de presión de fluidos. Muestra la presión manométrica que es el resultado de restar la presión absoluta y la presión atmosférica.



Figura 2.16 Manómetro
Fuente: Autores

2.19 Temperatura

Es la propiedad física que se encarga de medir la ausencia o presencia de energía térmica de una sustancia, que son provocadas por la velocidad de movimiento de los átomos y partículas de la misma.

2.20 Sensor de temperatura

Son los dispositivos que captan la variación de temperatura y lo transforman a una señal eléctrica.

2.21 RTD

La RTD es un sensor de temperatura, compuestos generalmente por un hilo metalizado el cual genera una relación entre la temperatura y un valor resistivo cuya respuesta es lineal obteniendo los datos respectivos utilizando también como herramienta una tabla que nos ayudaría a ilustrar los valores de resistencia que genera cada grado centígrado , por ejemplo $0^{\circ} = 100 \Omega$



Figura 2.17 Sensor de temperatura RTD
Fuente: Autores

2.22 BTC-9300

Es un microcontrolador Fuzzy basado en PID , con una pantalla Led de 4 dígitos que nos indicará el valor del proceso. Este instrumento nos servirá como indicador debido a que la variable temperatura no forma parte del control.



Figura 2.18 Controlador de temperatura BTC-9300
Fuente: Autores

2.23 Bomba centrífuga

Este tipo de bomba también es también conocida como rotodinámica, se encarga de producir velocidad a partir de energía mecánica, y esta a su vez en presión (energía cinética) gracias al giro de un impulsor.

El principio de funcionamiento se basa en la recepción de un fluido, que luego circulará en contrapresión, para que se mueva desde donde hay mayor presión hacia donde hay menor presión.

Los elementos que las componen son los siguientes:

*Eléctricos: estator, rotor, entrehierro, caja de bornes

*Hidráulicos: Impulsor, voluta, difusor.

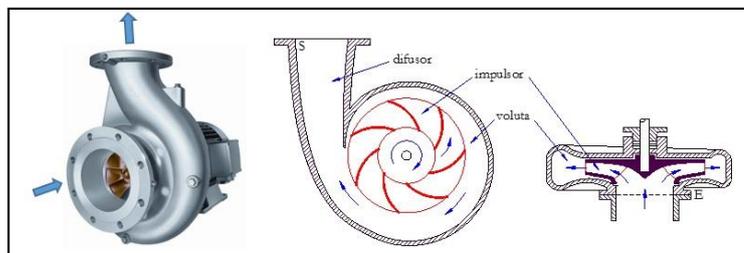


Figura 2.19 Partes de la bomba centrífuga

Fuente: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/que-es-y-como-se-calcula-npshdisp-bomba-centrifuga>

2.24 Motor de pasos - PH266

Es un instrumento electromecánico que transforma las pulsaciones eléctricas en desplazamientos angulares, es utilizado en procesos que exijan movimientos exactos. Pueden variar desde 1.8° a 90° de acuerdo a lo requerido, también pueden permanecer en una sola posición. En el caso del modelo PH266 varía 1.8° en cada paso, mediante control digital.

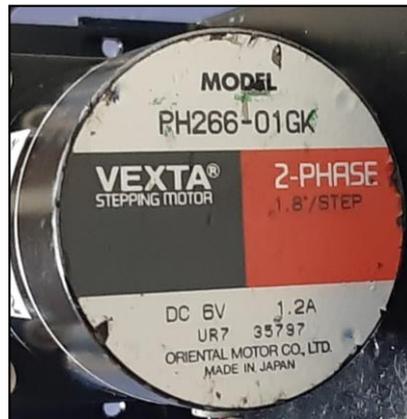


Figura 2.20 Motor de pasos PH266
Fuente: Autores

2.25 Caja Reductora

Son cajas de engranajes, que reciben el torque del motor y lo reducen para que la salida tenga la velocidad que se necesita, es decir disminuyen las revoluciones por minuto entre los puntos de entrada y salida de la caja reductora.



Figura 2.21 Caja reductora 2GK18KA
Fuente: Autores

2.26 Arduino MEGA 256.

Es una tarjeta compuesta por el microcontrolador Atmega 2560, que está compuesto por 54 pines digitales, configurado como entradas o salidas que nos permiten leer y enviar señales y nos facilitará la conexión de los equipos a usar con el software para poder visualizar el comportamiento del sistema y poder controlarlo mediante la programación.

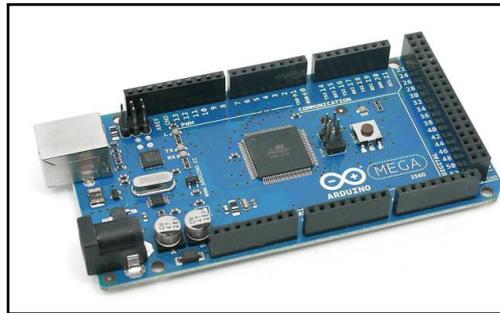


Figura 2.22 Arduino Mega

Fuente: <https://www.electrontools.com/Home/WP/2018/06/19/arduino-mega-2560-caracteristicas/>

2.27 Matlab

Plataforma empleada para realizar cálculos computacionales de ingeniería a través de expresiones matemáticas y matrices, su uso principal es el control, tales como PID, difuso, predictivo, etc.

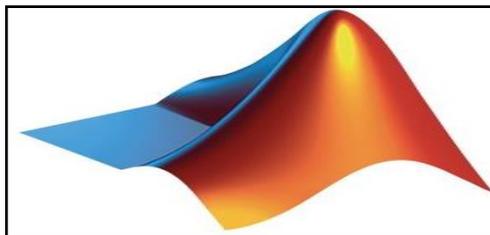


Figura 2.23 Logo de Matlab

Fuente: <https://es.mathworks.com/>

2.28 Redes Neuronales

Se conoce como red neuronal artificial al sistema que imita el comportamiento de una red neuronal natural, percibiendo el estado del sistema mediante los sensores u

otros medidores y realizando una acción programada mediante operaciones matemáticas usando actuadores, para esto se emplean pruebas para que la red aprenda el comportamiento de la planta.

2.28.1 Características de una red neuronal

- Aprendizaje adaptativo
- Auto-organización
- Tolerancia a fallos
- Operación en tiempo real
- Fácil inserción dentro de la tecnología existente

2.28.2 Elementos de una red neuronal

- Sinapsis
- Entrada
- Regla de Propagación
- Función de activación
- Función de salida
- Salida

2.29 Perceptrón Simple

Es un modelo de red neuronal del grupo de aprendizaje supervisado y su flujo de datos es unidireccional, fue desarrollado por Rosenblatt (1958), es conocido por su capacidad de reconocer patrones simples. Está formado por dos capas de neuronas lineales, una sensorial o de entradas y otra de salida.

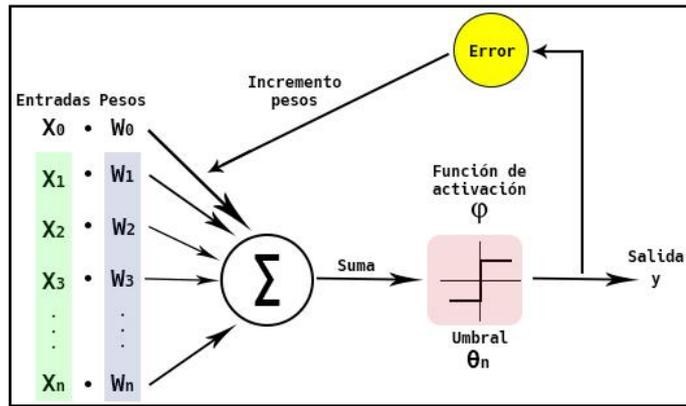


Figura 2.24 Representación del perceptrón de Rosenblatt
 Fuente: <https://koldopina.com/como-entrenar-a-tu-perceptron/>

2.30 Perceptrón Multicapa

El perceptrón multicapa se desarrolló en base al perceptrón simple, para resolver las limitaciones que este tenía como su nombre lo indica tiene múltiples capas sean estas de entrada, ocultas o de salida. Con esta red neuronal podemos desarrollar: asociación de patrones, segmentación de imágenes, compresión de datos, etc.

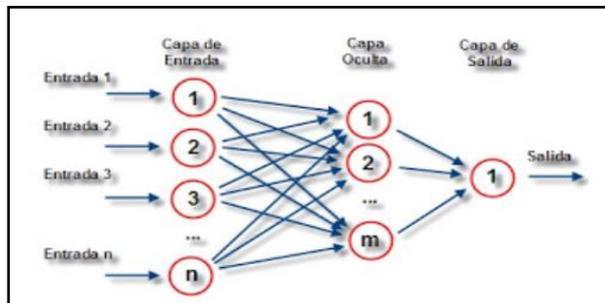


Figura 2.25 Representación del perceptrón multicapa
 Fuente: <http://bejaes2.blogspot.com/>

2.31 Niveles o Capas de una Red Neuronal

2.31.1 De Entrada:

Esta recibe la información directamente de las fuentes externas los sensores del proceso.

2.31.2 Ocultas:

Son las capas intermedias de unidades de proceso, ya que estas no interactúan con el exterior, las entradas de las capas ocultas provienen de las capas anteriores, y las salidas de estas son enviadas a las neuronas de los siguientes niveles. Pueden estar conectadas de diferentes maneras o topologías.

2.31.3 De Salida:

Son las que están conectadas con la última capa oculta, transmite la información de la red hacia el exterior.

2.32 Topología del Perceptrón Multicapa

El Perceptrón multicapa es una red de alimentación hacia adelante (feedforward), por lo tanto cada capa está interconectada con el siguiente nivel hasta llegar a la capa de salida.

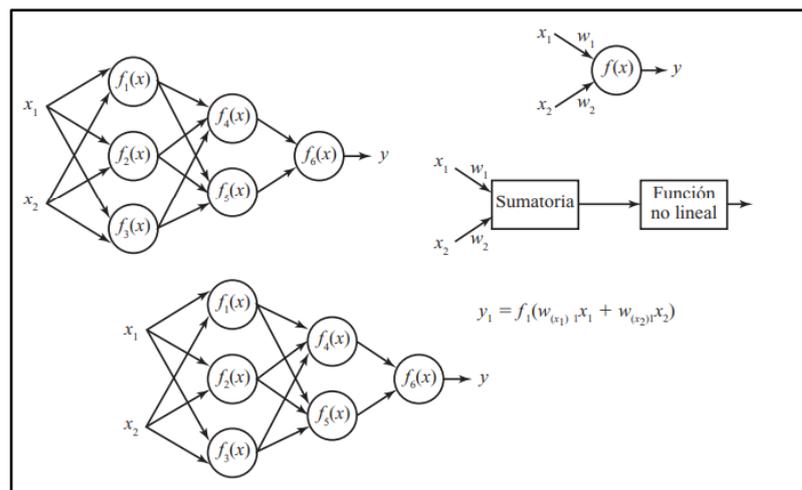


Figura 2.26 Perceptrón de dos capas

Fuente: Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería, Pedro Ponce Cruz/Alfaomega

2.33 Aprendizaje Backpropagation

Es una red de aprendizaje de propagación hacia atrás. Las salidas de error se propagan hacia atrás, empezando de la capa de salida, hacia las neuronas de la capa oculta que alimentan directamente a la salida. La señal de error que reciben las neuronas de la capa oculta es igual a la contribución que tiene cada una en la neurona de salida, y este proceso es repetitivo hasta que cada uno reciba su señal de error correspondiente. Luego de este proceso se modifican los pesos de forma que la red clasifique correctamente los patrones de entrenamiento.

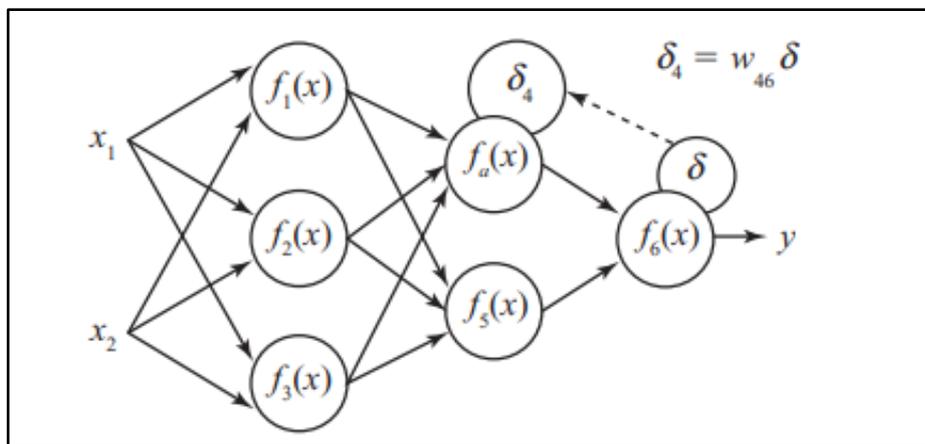


Figura 2.27 Entrenamiento backpropagation con dos capas

Fuente: Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería, Pedro Ponce Cruz/Alfaomega

2.34 Algoritmos Genéticos

Los algoritmos genéticos son sistemas adaptativos que asemejan la evolución biológica y emplean la mutación, selección y cruzamiento como una táctica para la solución a problemáticas.

Las dinámicas de estos sistemas son básicamente, teniendo un problema característico, se plantean varias soluciones llamadas función de aptitud, y se valoran cuantitativamente cada una para conservar las más óptimas a las cuales se les permite realizar copias (reproducirse) con ciertas mutaciones, y estas forman un nuevo conjunto solución y se repite nuevamente el proceso de evaluación las veces que sean necesaria hasta obtener la solución eficiente para nuestra finalidad.

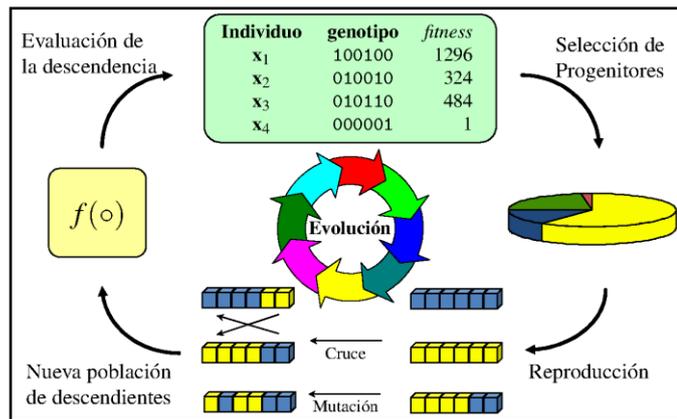


Figura 2.28 Proceso de algoritmo genético
Fuente: <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=65>

2.34.1 Métodos de Representación

Es el que se encarga de codificar las propuestas de soluciones potenciales, de modo que el algoritmo aplicando ciertas operaciones pueda trabajar con las soluciones y que le permitan evolucionar, para esto pueden emplearse: cadenas binarias, de enteros o números decimales, en donde cada dígito representa alguna característica de la solución.

2.34.2 Métodos de selección

En este proceso se usan técnicas para escoger a las soluciones que deben reproducirse, cuyas mutaciones pasarán a la siguiente generación.

Algunos de los métodos pueden ser combinados y otros son excluyentes.

Estos métodos son:2

Elitista: se escogen solo los más aptos para realizar las copias.

Proporcional a la aptitud: existe una mayor probabilidad de que los más aptos sean seleccionados, pero no es excluyente.

Rueda de ruleta: la selección depende de la diferencia de la aptitud de la solución y la de sus competidores.

Escalada: la aptitud es más elevada, se usa para grupos cuyas diferencias de aptitud sean mínimas.

Por torneo: se realizan subgrupos, en donde los miembros compiten entre ellos, y solo se elige al ganador de cada subgrupo.

Por rango: a cada solución se le otorga un número fundamentado en su aptitud y la selección se realiza con estos rangos permitiendo mayor diversidad genética.

Generacional: los elegidos en cada generación se convierten en la siguiente.

Jerárquica: se realizan evaluaciones en cada generación, hasta que sobrevivan los niveles más altos.

2.34.3 Métodos de cambio

Engloban las dos estrategias bases para alterar aleatoriamente al conjunto de soluciones aptas que fueron escogidas en el proceso anterior.

1° Mutación: en donde se intercambia un dígito por otro, causando alteraciones en puntos clave de la codificación del individuo.

2° Cruzamiento: se escogen a dos individuos para que cambien parte de su código genético dando origen a una descendencia artificial con las combinaciones de los individuos base. Existen cruzamientos de un punto, dos puntos e uniforme.

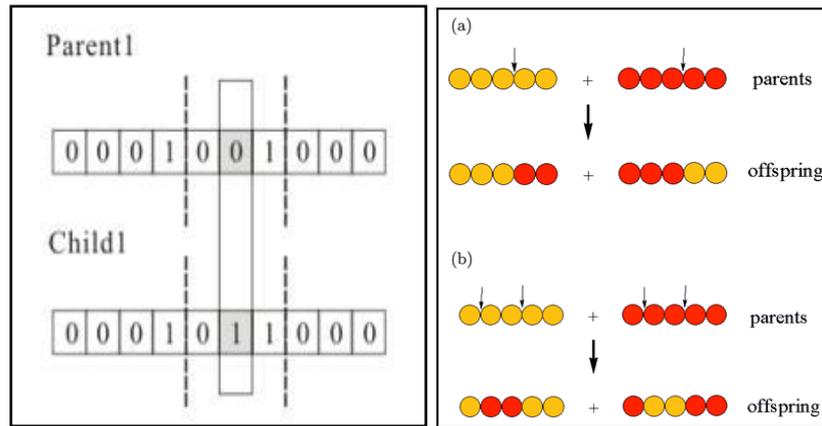


Figura 2.29 Representación de mutación y cruzamiento
Fuente: <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=65>

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología

3.1.1 Método Inductivo

Este módulo está diseñado con elementos que permite mejorar la calidad de agua, logrando así que sea aplicado en proceso de filtrado a escala industrial.

3.1.2 Método Deductivo.

Con la existencia de elementos tales como sistemas de filtración implementados en la industrial, en conjunto con equipos para la adquisición y procesamiento de las señales adicionadas con las técnicas de inteligencia artificial, permite conformar el modulo y la solución a esta problemática.

3.1.3 Método Experimental.

La utilización de este método radica en la implementación de un sistema de filtrado para aguas terciarias y de un control neuro genético.

3.2 Beneficiarios

Los beneficiarios de la realización del proyecto técnico es la comunidad que se encuentre en contacto con el mismo mediante su uso, dentro de esta se encuentran estudiantes, docentes, y demás personal de la Universidad Politécnica Salesiana que contará con agua higienizada para su utilización.

3.3 Impacto

El impacto de este proyecto abarca el ámbito ambiental. Académico y el bienestar de la sociedad estudiantil, en la parte ambiental se puede usar este proyecto como

prototipo para recrearlo en las industrias para el tratamiento de aguas contaminadas y no contaminar el ambiente, o también para reutilizar en los mismos procesos ahorrando el agua, por otro lado en impacto académico ya que el proyecto se conservará en la universidad y esto puede ser usado por los estudiantes en prácticas o para futuros tesis innovando el proyecto actual, y finalmente es innovador darle utilidad al proyecto en la propia institución para mejorar la calidad de agua en el bloque.

4. DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

4.1. Diseño de la Planta

En este capítulo se describirá a detalle la planta de tratamiento de agua terciarias, sus elementos, su diseño, programación y finalmente los resultados de este proyecto.



Figura 4.1 Vista frontal de la Planta
Fuente: Autores

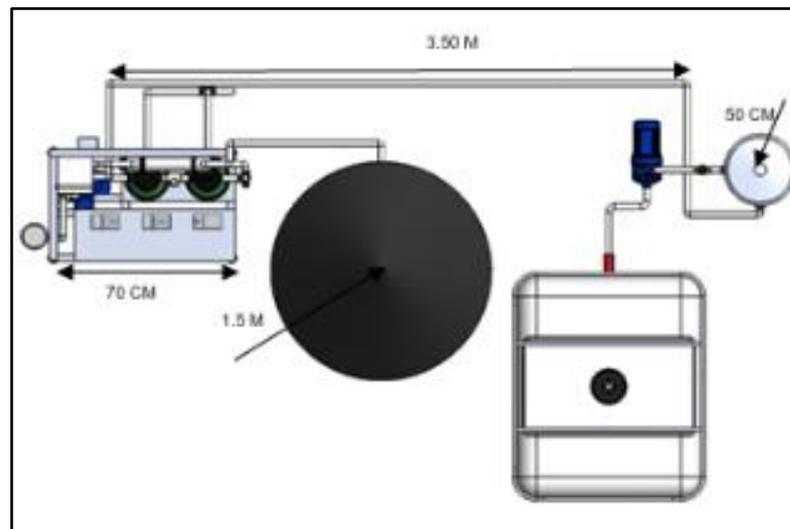


Figura 4.2 Diseño de la Vista superior de la Planta
Fuente: Autores

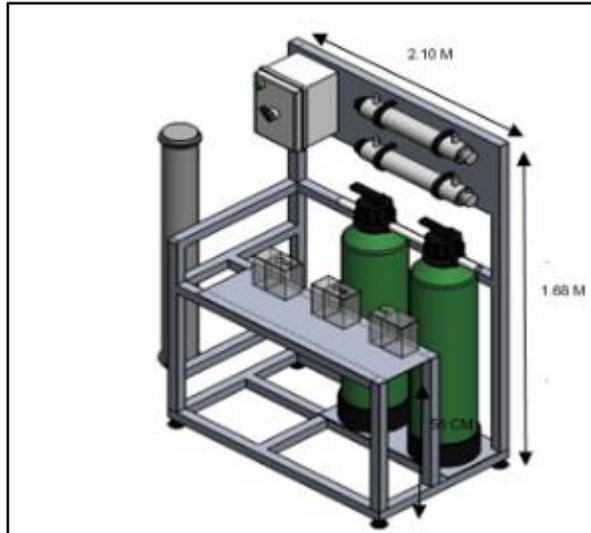


Figura 4.3 Planos de lechos filtrantes de la Planta
Fuente: Autores

Luego de haber realizado el correspondiente análisis y según el requerimiento de la Norma INEN 1108, con respecto a la calidad del agua, se estableció el siguiente diseño para el sistema de filtrado de agua.

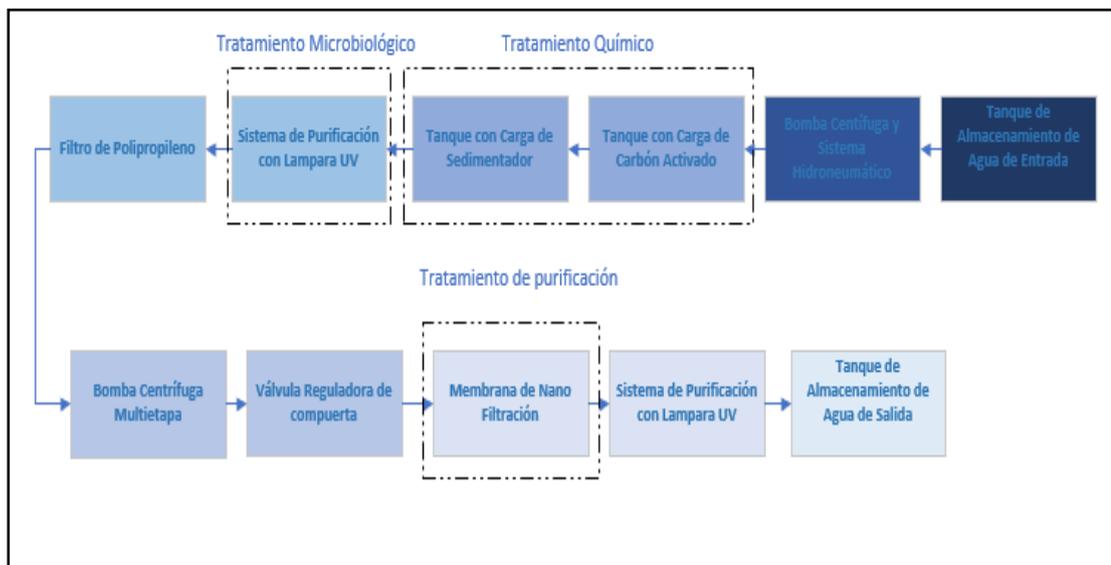


Figura 4.4 Sistema de filtración
Fuente: Autores

En el Siguiete diagrama P&ID, se muestra el modelo del sistema de filtrado.

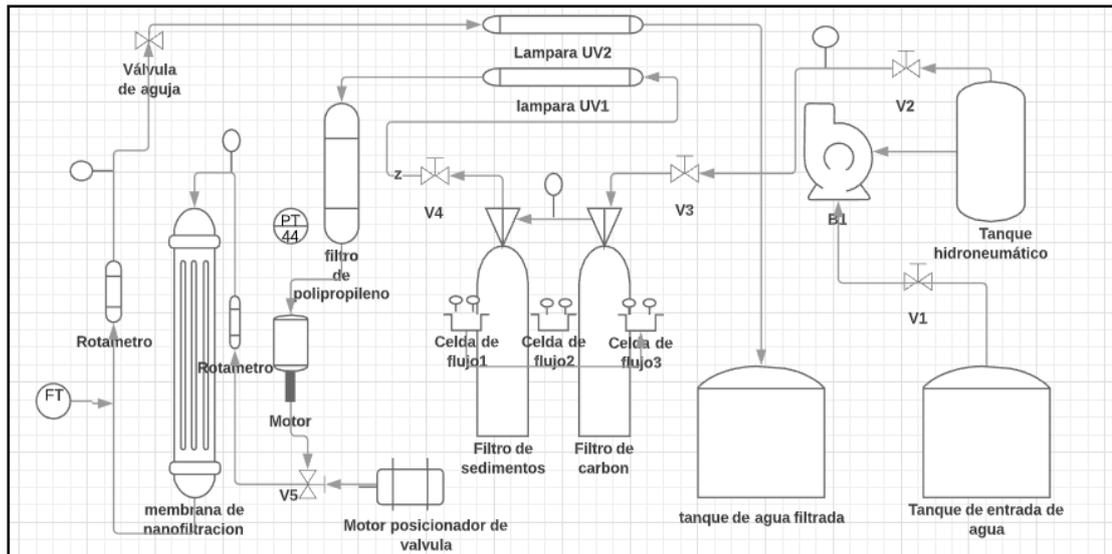


Figura 4.5 Diagrama PID de la planta
Fuente: Autores

La planta se encuentra conformada inicialmente por un sistema de almacenamiento el cual incluye un tanque con capacidad de 1300 litros con el fin de abastecer con la cantidad necesaria de fluido a la planta. El almacenamiento debe ser mayor al requerimiento actual del sistema.

A este reservorio se encuentra conectado la bomba centrífuga de $\frac{1}{2}$ hP y un sistema hidroneumático ajustado a un rango de 20-40 PSI con el fin mantener una presión mínima requerida para el abastecimiento de agua del sistema. En este punto, se instaló un manómetro que nos permite monitorear los rangos de presión requeridos junto con un presostato el cual se activa o desactiva para mantener un flujo constante de líquido durante el proceso.

Este Sistema posee una capacidad de 5GPM de agua permeada. Por lo tanto, todos los elementos contemplados en él se encuentran dentro de la especificación requerida.

Tratamiento Químico:

Esta fase del sistema, se encuentra compuesta por un filtro de Sedimentos el cual permite eliminar elementos suspendidos y turbidez del agua. Adicionalmente, se instaló un filtro de carbón activado que nos permite eliminar olor, sabor y sustancias químicas como el cloro. Este filtro de carbón siempre se debe de usar posterior al filtro de sedimentación. Los dos tanques tienen una presión de trabajo entre 40-60 PSI.

Ambos Filtros poseen cabezales manuales de limpieza que son válvulas de compuerta con tres posiciones distintas. Estas válvulas permiten realizar algunas funciones como filtración, lavado y enjuague de los lechos.



Figura 4.6 Lechos filtrantes
Fuente: Autores

Tratamiento Microbiológico:

Posterior al tratamiento químico, se instaló una lámpara UV, Tanto a la entrada como a la salida de la membrana de nano filtración.

Las lámparas UV tiene como función principal la eliminación de virus, bacterias y microorganismos dañinos para el cuerpo humano y en este caso, también ayuda a la eliminar las bacterias acumuladas en el sistema en caso de que la planta permanezca apagada y no exista circulación de agua. Este proceso no adiciona nada al agua y por lo tanto no tiene impacto en la composición química. Con el objetivo de aumentar la efectividad de este tratamiento, es necesario eliminar totalmente la turbidez ya que la luz ultravioleta debe de atravesar el flujo de agua.



Figura 4.7 Lámparas UV
Fuente: Autores

Tratamiento Microbiológico:

Compuesto por un filtro de polipropileno, con una apertura de $5\mu\text{m}$ con la finalidad de retener partículas más pequeñas antes de que ingresen a la membrana de nanofiltración.



Figura 4.8 Filtro de polipropileno
Fuente: Autores

Antes del Ingresar a la nano membrana, encontramos una bomba de agua vertical, con el objetivo de aumentar la presión del agua para el ingreso. Se necesita una presión de ingreso mínima de 40PSI.

Posterior al filtro y con la presión adecuada, el agua ingresa a la membrana de nano filtración. El objetivo de este elemento consiste en la separación de partículas y contaminantes de tamaño molecular las cuales generalmente se encuentran formadas por sustancias orgánicas, micro contaminantes.

La nano membrana se encuentra formada por una estructura asimétrica de poliamida, otorgando al conjunto gran resistencia, soportar condiciones de proceso difíciles y brindar grado de separación requerido.

La membrana se encuentra conectada a la entrada proveniente del filtro de polipropileno y contiene dos salidas, una que conduce el agua a la salida del proceso

(agua filtrada), y otra que forma parte de agua de rechazo propio de la funcionalidad de la nanomembrana. Este residuo es eliminado

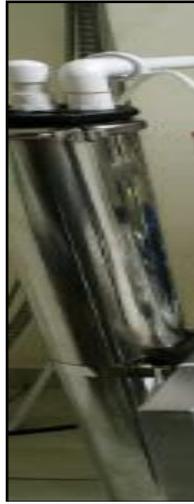


Figura 4.9 Membrana de nanofiltración
Fuente: Autores

Con el fin de regular la presión de ingreso en esta parte del sistema, se realizó el control de esta válvula por medio de un motor a pasos el cual permite ubicarla en una posición determinada y así regular la presión del sistema.



Figura 4.10 Bomba vertical y motor a pasos
Fuente: Autores

El agua de salida del proceso de filtrado, es almacenada en un tanque de 500 litros.



Figura 4.11 Tanque contenedor de aguas procesadas
Fuente: Autores

4.2. Funcionamiento de la Planta

En las respectivamente se tomaron los parámetros de manera experimental de conductividad, turbidez y pH del agua que se encuentra en el reservorio de ingreso a la planta y así analizar los niveles de contaminación.



Figura 4.12 Muestra de valor de turbidez en tanque de agua de ingreso
Fuente: Autores



Figura 4.13 Datos de pH en tanque de agua de ingreso
Fuente: Autores

Tabla 4.1
Parámetros de agua de entrada

Parámetros de agua de entrada de la planta	
Conductividad	132,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Ph	7,24
Turbidez	0,66 NTU

La figura 4.14, muestra el interfaz de Monitoreo y Control, donde se reconoce los diferentes sensores utilizados para el proceso.

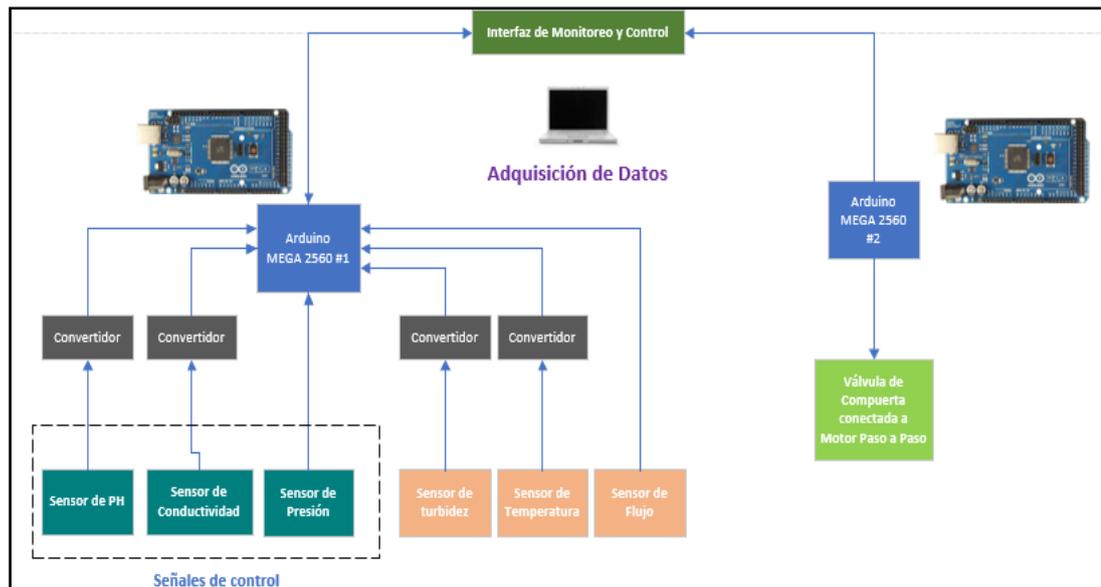


Figura 4.14 Interfaz de monitoreo y control
Fuente: Autores

Con el objetivo de realizar monitoreo continuo a los parámetros de la calidad del agua de la planta, se realizó la instalación de sensores análogos de Ph SPH001 y conductividad K1.0 a la entrada y a la salida del sistema. Adicionalmente se encuentran instalados sensores de turbidez SEN0189, temperatura RTD con el controlador BTC 9300, flujo YF-S201 y transmisores de presión SITRANS 7MF1567 Para el control de la válvula de compuerta, se utilizó un driver STP7565 y un motor a pasos A3409-9212 que permite regular la apertura y cierre de la válvula mediante el posicionado del motor.

Para la adquisición de datos, utilizamos dos tarjetas Arduino MEGA 256.

4.3 Diseño del Control Predictivo Neuro-genético

El diseño del control Neuro genético, fue basado según el siguiente esquema, comenzando por la adquisición de las señales de control PH, Conductividad y Presión, seguido con un escalamiento de los datos obtenidos entre -1,1 para el

ingreso y procesamiento en la red neuronal, y finalmente la optimización de los valores con el algoritmo genético.

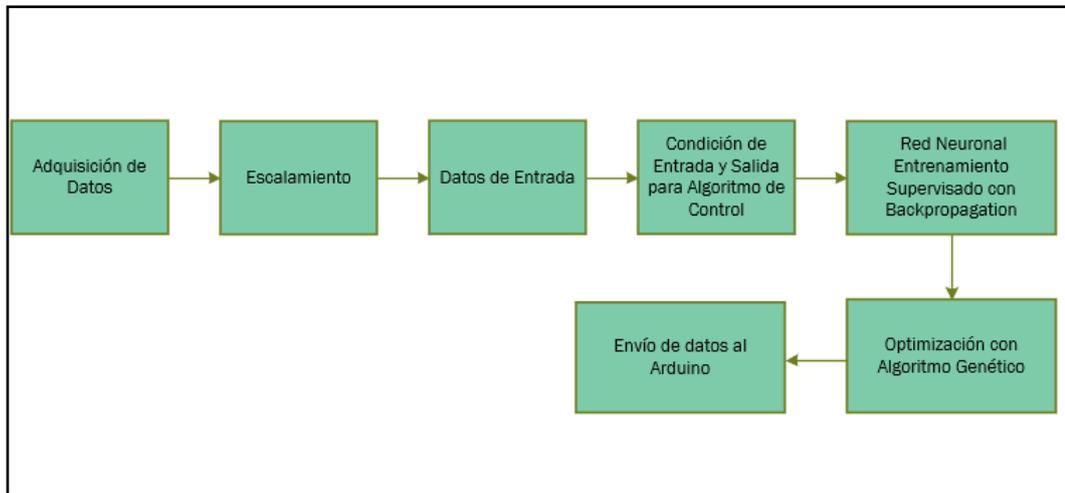


Figura 4.15 Esquema de control predictivo Neuro-Genético
Fuente: Autores

4.4 Entradas del Sistema – Adquisición de Datos

Después de haber realizado la implementación del sistema de filtrado, se determinó la adquisición de datos para el sistema de control.

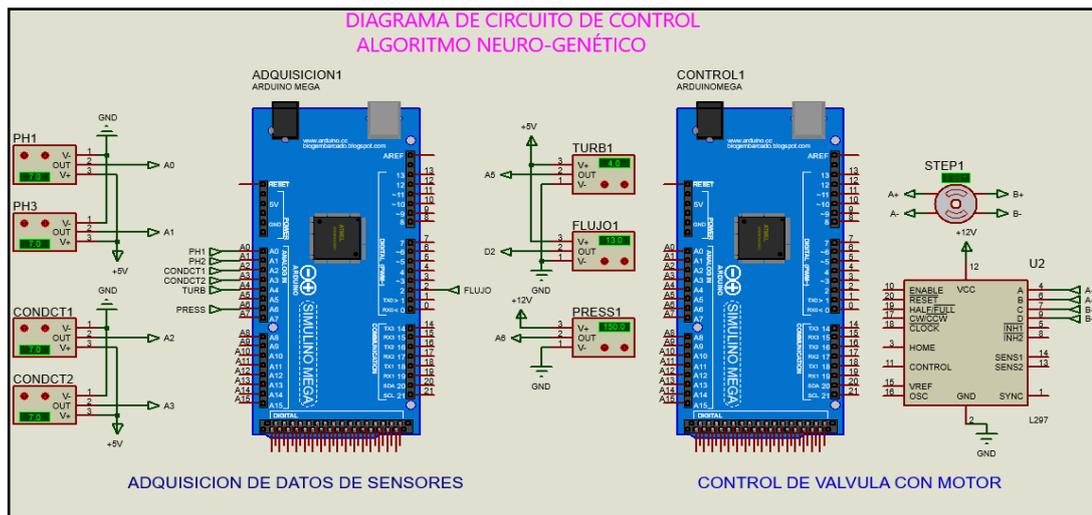
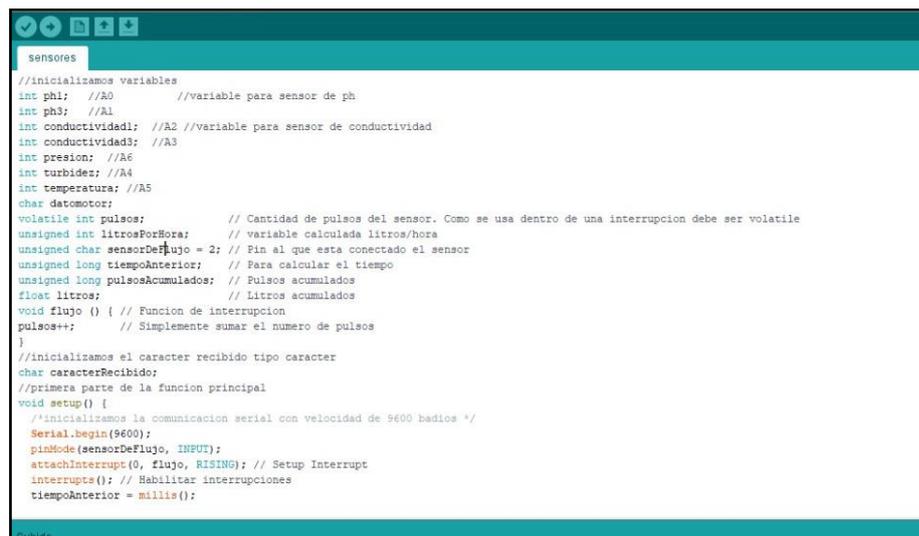


Figura 4.16 Diseño de circuito de adquisición y control
Fuente: Autores

En primer lugar, se establecieron las entradas del sistema. Se definió como variables de Control a pH, conductividad y presión debido a que estas variables determinaron la calidad del agua. Mientras que las variables de Flujo, Temperatura y Turbidez corresponden a Variables de Monitoreo del Sistema.

A continuación, se realizó un programa en Arduino el cual no permitió establecer la comunicación serial y transmitir los datos hacia Matlab para que sean procesados. Aquí no solo encontraremos las variables de control, también las variables de monitoreo.



```
sensores
//inicializamos variables
int pH; //A0 //variable para sensor de ph
int pH3; //A1
int conductividad1; //A2 //variable para sensor de conductividad
int conductividad3; //A3
int presion; //A6
int turbidez; //A4
int temperatura; //A5
char datomotor;
volatile int pulsos; // Cantidad de pulsos del sensor. Como se usa dentro de una interrupcion debe ser volatile
unsigned int litrosPorHora; // variable calculada litros/hora
unsigned char sensorDeFlujo = 2; // Pin al que esta conectado el sensor
unsigned long tiempoAnterior; // Para calcular el tiempo
unsigned long pulsosAcumulados; // Pulsos acumulados
float litros; // Litros acumulados
void flujo () { // Funcion de interrupcion
pulsos++; // Simplemente sumar el numero de pulsos
}
//inicializamos el caracter recibido tipo caracter
char caracterRecibido;
//primera parte de la funcion principal
void setup() {
/*inicializamos la comunicacion serial con velocidad de 9600 baudios */
Serial.begin(9600);
pinMode(sensorDeFlujo, INPUT);
attachInterrupt(0, flujo, RISING); // Setup Interrupt
interrupte(); // Habilitar interrupciones
tiempoAnterior = millis();
}
Subido
```

Figura 4.17 Programa de Adquisición de datos en Arduino
Fuente: Autores

```

function prende_Callback(hObject, eventdata, handles)
global encendido
global puertoComunicacion
global puertoControl
global s
global sc
%obtenemos la cadena de caracteres que hay en el objeto puerto
puertoComunicacion = get(handles.puerto, 'string')
puertoControl = get(handles.pcontrol, 'string') % Envio de Puerto de Control
%eliminamos cualquier puerto de comunicacion con el nombre deseado
delete(instrfind({'Port'}, {puertoComunicacion}));
delete(instrfind({'Port'}, {puertoControl}));
%declaramos al puerto serial con velocidad de 9600 baudios
s = serial(puertoComunicacion, 'BaudRate', 9600, 'Terminator', 'CR/LF');
sc = serial(puertoControl, 'BaudRate', 9600, 'Terminator', 'CR/LF');
%enviamos un mensaje de error si no se encuentra el puerto
warning('off', 'MATLAB:fscanf:unsuccessfulRead');
%abrimos el puerto serial
fopen(s)
fopen(sc) % Apertura de puerto de envío de datos
%activamos una bandera que se ha abierto el puerto serial
encendido = 1
function apaga_Callback(hObject, eventdata, handles)
global encendido

```

Figura 4.18 Configuración de puertos seriales
Fuente: Autores

Luego, se estableció en Matlab la configuración de los puertos Seriales empleados en la comunicación. Seguido, se definió las escalas determinadas para cada uno de los sensores con el fin de obtener una lectura correcta

4.5 Algoritmo Neuro-Genético

4.5.1 Red Neuronal

4.5.1.1 Funcionamiento de la red

Para el diseño del algoritmo de control, se realizó una red neuronal artificial con entrenamiento supervisado, utilizando backpropagation.

Para el control de la planta de purificación de agua, se diseñó un control predictivo con un algoritmo genético de optimización usando la Red Neuronal Artificial perceptrón multicapa con aprendizaje backpropagation.

Cada neurona de la capa de entrada es una variable que alimenta a la red y tiene un valor numérico o valor de activación $a_i(t)$ que se obtiene de los sensores, a estas variables se les aplica la función de salida que cambia su estado actual de activación y genera una señal de salida que se envía mediante los canales de comunicación a las neuronas ocultas. Una vez en las capas ocultas la señal varía de acuerdo a el peso (w_{ih}) asociado a cada uno de ellos.

Para las redes implementadas en este proyecto la función de activación es la función identidad $F(y) = y$, por lo tanto el valor que se envía a la capa oculta será directamente el valor de la variable de entrada ($a_i(t) = y_i$) multiplicada por un peso W .

Cada neurona tiene un peso asociado, la capa de entrada tiene un peso (w) relacionado a cada una de las neuronas de las capas ocultas (w_{ih}), y cada una de estas tiene peso asociado a la neurona de salida (w_{ho}); estos pesos son los que le permiten a la red aprender el estado del fluido, y las condiciones que se desean obtener.

4.5.1.2 Entrenamiento de la Red

El aprendizaje de la red consiste en encontrar los pesos que reducen el error. Una regla de aprendizaje produce la modificación en el valor de los pesos de una red

hasta que estos tengan un valor constante ($dw/dt=0$), y esto implica que la red ya ha aprendido.

Para el caso de las redes neuronales de posición, se empleó el aprendizaje “propagación hacia atrás”.

En este modelo todas las neuronas aportan a reducir error mediante la modificación de sus pesos; este proceso es dividido en varias tareas pequeñas que cada neurona desempeña.

En este algoritmo se inicia comparando el resultado de las neuronas de salida con la salida real de la red y se calcula un valor del error para cada neurona de la capa oculta y de salida.

Para las neuronas de la capa de salida, el valor del error (delta) es:

$$\delta_o = (d_o - y_o) f'_{o} Net_o \quad (1)$$

Donde d_o es el valor real y y_o : valor de salida de la red

Para las redes de posición y giro la derivada de la función de salida $f'_{o} Net_o$ es igual a 1 ya que es una función identidad .

Para las neuronas ocultas, el error (delta) está dado por:

$$\delta_h = f'_h(Net_h) \sum \delta_o W_{ho} \quad (2)$$

Es decir, los pesos de la red neuronal inicialmente se generan aleatoriamente para posteriormente realizar el modelo de propagación hacia atrás, donde las neuronas de la red son inducidas a la disminución del error por medio de la modificación de sus pesos, de manera que realizan un trabajo específico. Este ajuste consiste en realizar una comparación del valor obtenido de la neurona de salida de la red, con la salida de la red, para calcular el error de cada neurona oculta y de salida.

Para el siguiente control, se utilizó el comando `feedforwardnet` de Matlab, con una entrada de 30 Neuronas basadas en prueba y error de acuerdo al mejor ajuste del sistema.

```
% targets for the neural net
%targets = [0:1;1;1]'; %la falla estaba esta sin deshabilitar
% Numero de Neuronas
n = 30;
% Creacion de Red Neuronal
nete = feedforwardnet(n)
% Configuracion de Red neuronal con entradas y Target determinados
nete = configure(net, inputs, targets);
% Obtención de Pesos y Bias de Red neuronal
getwb(net)
% Ajuste de Error
error = targets - net(inputs)
calce = meanr(error.^2)/meanr(varf(targets',1))
```

Figura 4.19 Comando FeedForwardnet para la red neuronal
Fuente: Autores

4.5.3 Optimización con Algoritmos Genéticos

Una vez definido el modelo neuronal, a continuación, se realizó la optimización mediante el algoritmo genético. Esta solución consiste en un conjunto de posibles soluciones del problema y de relacionar una función que permita evaluar las diferentes soluciones planteadas.

El entrenamiento supervisado de la red permite obtener un conjunto de soluciones iniciales, generando resultados más robustos en el menor tiempo posible.

Para esta aplicación utilizamos un algoritmo de minimización del error de estimación, con una población inicial ajustada entre valores de -1 -1, con una tasa de aprendizaje de 1e-9. Esta tasa de aprendizaje fue determinada aleatoriamente, dependiendo del ajuste del algoritmo a los requerimientos del sistema.

Luego de obtener las repuestas, se procedió a realizar la evaluación de los individuos mediante la función objetivo del algoritmo la cual es la función que define el error cuadrático Medio, definido por:

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\widehat{Y}_i - Y_i)^2 \quad (3)$$

Esta técnica se usa para acaparar la mayor cantidad de beneficios o reducir significativamente los errores, para esto se emplea un conjunto solución y una función de evaluación que estime las diferentes soluciones planteadas.

La implementación de algoritmos genéticos permite generar resultados óptimos, es decir contribuyen a la adaptación de la red, ya que tiene el dominio del conjunto solución en donde se elige la alternativa más viable.

```

Command Window
-2.3817  -1.5901  -2.5936  3.7502

calc =

38.6555

ans =

2.3817  1.5901  2.5936  -2.7502

Generation      Func-count      Best          Mean          Stall
                f(x)            f(x)          Generations
1                400            0.1812        19.51         0
2                600            0.1643        14.5          0
3                800            0.1643        11.93         1
4                1000           0.1643        10.42         2
Optimization terminated: maximum number of generations exceeded.

fx ans =

```

Figura 4.20 Salida del Algoritmo Neuro – Genético
Fuente: Autores

Luego de obtener los valores de salida o targets según al requerimiento del sistema optimizados por el algoritmo genético, se realiza el envío de los datos a Arduino para el posicionamiento del motor con el fin de realizar la regulación de la válvula de compuerta. En Arduino, se mantiene definido casos para cada requerimiento del movimiento del motor de acuerdo a la posición requerida.

```

posicionado
#define STEPS 4000 //Ponemos el número de pasos que necesita para dar una vuelta. 200 en nues
// Ponemos nombre al motor, el número de pasos y los pins de control
Stepper stepper(STEPS, 8, 9, 10, 11); //Stepper nombre motor (número de pasos por vuelta, pin
char vall = 0;
int numero=0;
int led=13;
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////
void setup()
{
  // Velocidad del motor en RPM
  pinMode(led,OUTPUT);
  stepper.setSpeed(6);
  //////////////////////////////////////
  Serial.begin(9600);
  //////////////////////////////////////
}

void loop()
{
  if (Serial.available() > 0)
  {
    vall= Serial.read();
    if( vall=='0')
    {
      encendido();
    }
  }
}

```

Figura 4.21 Posición del motor con Arduino
Fuente: Autores

4.5.4 Función de transferencia

Para realizar el análisis de la función de transferencia del sistema se empleó el software Matlab, a través de su herramienta “Ident”.

Se realizó una muestra de datos de conductividad, ph y presión que son las variables más significativas del proceso y obtuvimos los valores que nos muestran la figura.

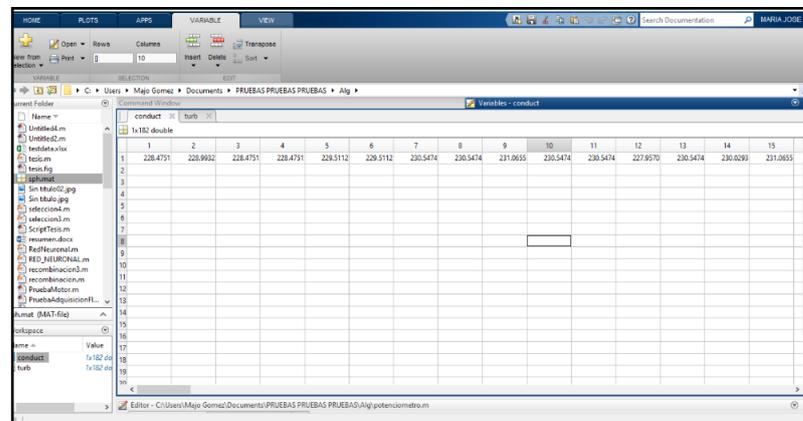


Figura 4.22 Toma de datos de sensores
Fuente: Autores

Una vez tomados los datos de la planta en tiempo real logramos obtener las iteraciones del sistema y el ajuste estimado de los datos del proceso.

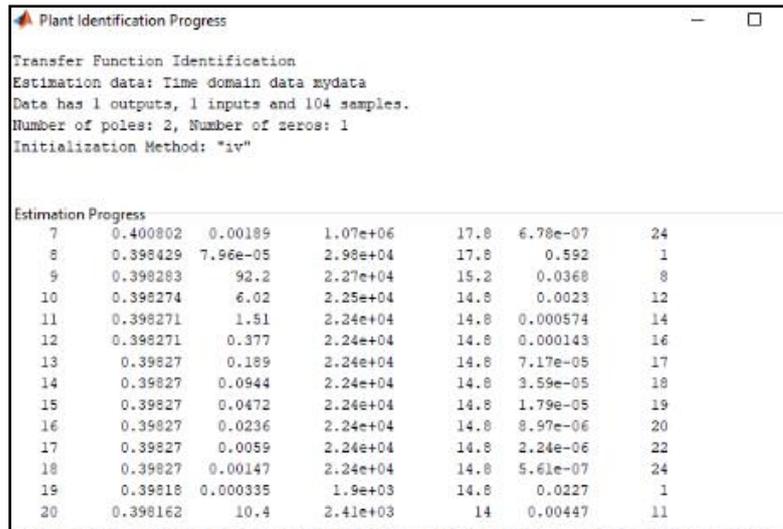


Figura 4.23 Valores para la función de transferencia
 Fuente: Autores

Gracias a las iteraciones que surgieron durante la toma de datos se obtuvo la función de transferencia de segundo orden.

```
>> tf1

tf1 =

From input "u1" to output "y1":
-2.937e-05 s - 6.158e-06
-----
s^2 + 0.01202 s + 3.269e-07

Name: tf1
Continuous-time identified transfer function.

Parameterization:
  Number of poles: 2   Number of zeros: 1
  Number of free coefficients: 4
  Use "tfdata", "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using TFEST on time domain data "mydata".
Fit to estimation data: 2.953% (stability enforced)
FPE: 0.4469, MSE: 0.3981
```

Figura 4.24 Función de transferencia del sistema
 Fuente: Autores

4.5.5 Interfaz de Usuario

Finalmente, se realizó la configuración del Interfaz de Usuarios, utilizando la aplicación de Matlab GUIDE.

```

function varargout = potenciometro(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @potenciometro_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @potenciometro_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function potenciometro_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);

```

Figura 4.25 Algoritmo Neuro-Genético en Matlab
Fuente: Autores

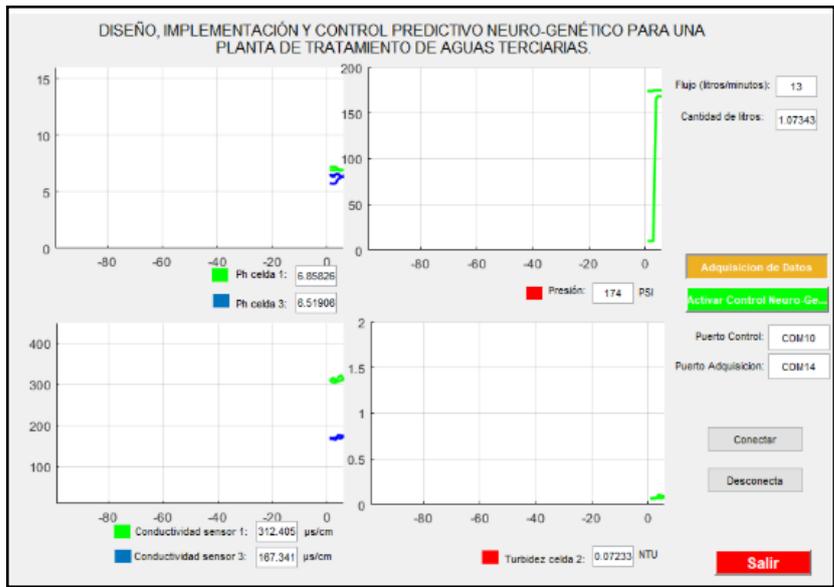


Figura 4.26 Guide de Visualización de control
Fuente: Autores

CONCLUSIONES

- Las membranas de nano filtración otorgan al consumidor final, agua purificada con la mayor calidad con respecto a normas internacionales, con ello se verificó que el producto final es apto para el consumo humano sin riesgos de adquirir algún tipo de enfermedad.
- Durante el proceso de filtración se obtuvo datos de la planta, como pH, conductividad, presión, flujo, turbidez y temperatura en tiempo real, con ello se realizó un monitoreo del estado del agua en su etapa inicial y final para observar el cambio de los diferentes parámetros medidos.
- La implementación de algoritmos genéticos contribuye a la adaptación de la red, ya que tiene el dominio del conjunto solución en donde se elige la alternativa más viable junto con la red neuronal se logró optimizar los valores antes medidos.
- Una vez realizado el análisis microbiológico se logró constatar que se han optimizado todos los valores de entrada al sistema obteniendo un mejor filtrado del agua en su etapa final.
- Se logró obtener la función de transferencia del sistema con los valores obtenidos durante la adquisición de datos de la planta.

RECOMENDACIONES

- Los elementos de instrumentación deben estar calibrados, ya que de lo contrario ocasionarían lecturas erróneas y por lo tanto no se conocería con certeza el estado del sistema.
- Programar el mantenimiento preventivo de los instrumentos, así como la limpieza de los mismos antes y después de su uso para que cualquier residuo de las pruebas anteriores no contaminen las muestras y las lecturas. Así como también se debe realizar una limpieza del tanque cada periodo de uso.
- Antes de iniciar el funcionamiento de la planta se debe revisar el estado de las válvulas de apertura, ya que para el correcto funcionamiento no debe de existir estrangulamiento en estas.
- Verificar las óptimas condiciones de los equipos antes de usar la planta, como por ejemplo que válvula de aguja este a media vuelta de apertura, también qué punto de funcionamiento para realizar las pruebas este seteado en 150 psi.

BIBLIOGRAFÍAS

- Campos Flores G. (2014). TRATAMIENTO TERCIARIO DE AGUAS RESIDUALES. 2019, de prezi Sitio web: <https://prezi.com/zox6yymiacycp/tratamiento-terciario-de-aguas-residuales/>
- Molina M. (11 Mayo, 2012). Filtración de Agua técnicas y métodos. 2019, de Taringa Sitio web: https://www.taringa.net/+apuntes_y_monografias/que-es-la-filtracion-de-agua-tecnicas-y-metodos_12nu21
- AguaSalud (2017). Filtros de Agua. 2019, de AguaSalud Sitio web: <https://aguasalud.es/filtros-de-agua/>
- Mecafenix Frank (Abril, 2017). Motor paso a pasa, qué es y como funciona. 2019, de Ingeniería Mecafenix. Sitio Web: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>
- Tercesa (Marzo, 2008). Reductor de velocidad y caja reductora. 2019, de Tercesa. Sitio Web: <https://tercesa.com/noticias/reductor-de-velocidad-o-caja-reductora/>
- Gonzalez Toro C. (2011). Monitoreo de la calidad del agua. 2019, de academic Sitio web: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Begoña Santoro (2018). Conductividad del Agua. 2019, de Experimentos Científicos. Sitio web: <https://www.experimentoscientificos.es/conductividad/conductividad-del-agua/>
- Goyenola Guillermo (Junio, 2007). Determinación del Ph. 2019, de RED MAPSA Sitio web:

http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Determinacion%20del%20pH.pdf

- Ing. Jorge Orellana (2005). Tratamiento de las aguas. 2019 de Utn. Sitio web: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf
- Christian Veloso. (2018). Arduino Mega 2019, de Electrontools Sitio web: <https://www.electrontools.com/Home/WP/2018/06/19/arduino-mega-2560-caracteristicas/>
- Garrido J, Reyna P, Vázquez M. (2009). Control de Nivel a través de redes neuronales 2019, de Mecamex Sitio web: <http://www.mecamex.net/anterior/cong08/articulos/50.pdf>
- Beverly L. (Noviembre, 2010). Qué es perceptrón multicapa y hopfield 2019, de Blogspot Sitio web: <http://bejaes2.blogspot.com/>
- Milone, D; Rufiner, L. (Junio, 2015). Perceptrón multicapa 2019, de Blogspot Sitio web: <http://inteligenciaartificialespammfl.blogspot.com/2015/06/perceptron-multicapa.html>
- Ruiz C., Basualdo M., (2001). Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones. 2019, de Universidad Tecnológica Nacional.Sitio web: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monograis/match-redesneuronales.pdf
- Ruiz C., Basualdo M., (2001). Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones. 2019, de Universidad Tecnológica Nacional.Sitio web:

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monograis/matich-redesneuronales.pdf

- Mora A., Sancho J., (2014). Modelo de redes neuronales optimizadas con algoritmos genéticos. 2019, de Revista Nacional de Administración. Sitio web:
<https://investiga.uned.ac.cr/revistas/index.php/rna/article/download/672/559>
- Sancho F. (Noviembre, 2018). Algoritmos genéticos. 2019 de CS Sitio web:
<http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=65>
- ingenieria, L. E. (s.f.). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de
<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-temperatura-rtd/>
- integrated, M. (2015). *datasheets.maximintegrated.com*. Obtenido de
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX31865.pdf>

ANEXOS

Anexo 1 NORMATIVA INEN 1108



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1108
Quinta revisión
2014-01

AGUA POTABLE. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011.

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.
ICS: 13.060.20

10
Páginas

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA POTABLE REQUISITOS	NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01
---	------------------------------------	---

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation). *Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales* (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) en su última edición.

Ministerio de salud Pública **REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS** Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002

4. DEFINICIONES

4.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

4.1.1 Agua potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

4.1.2 Agua cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

4.1.3 Límite máximo permitido. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

4.1.4 ufc/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

4.1.5 NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

4.1.6 mg/l. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico-químicos.

4.1.7 Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

4.1.8 Plaguicidas. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

4.1.9 Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

4.1.10 Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

4.1.11 Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

4.1.12 Sistema de abastecimiento de agua potable. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

4.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

5. REQUISITOS

5.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5.2 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ^{††}
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

[†] Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹³⁷I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

TABLA 2. Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP		
Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
Hidrocarburos:		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

TABLA 3. Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazina	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrin	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

TABLA 4. Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar: N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,000 1

TABLA 5. Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:	mg/l	0,06
• Bromodiclorometano	mg/l	0,3
• Cloroformo		
Tricloroacetato	mg/l	0,2

TABLA 6. Cianotoxinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.3 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

TABLA 7. Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

Documento: **TÍTULO: AGUA POTABLE. REQUISITOS** Código: ICS
NTE INEN 1108 13.060.20
Quinta revisión

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Resolución No. 11 135 de 2011-05-20 publicado en el Registro Oficial No. 481 de 2011-06-30 Fecha de iniciación del estudio: 2013-08
---	--

Fechas de consulta pública: 2013-08-16 a 2013-08-30

Subcomité Técnico de: **AGUA POTABLE**

Fecha de iniciación: 2013-10-29

Fecha de aprobación: 2013-11-08

Integrantes del Subcomité:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Marcelo Carpio (Presidente)

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
SECRETARIA DEL AGUA

Dra. Zolla Novillo

Dr. Carlos Espinosa

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Dr. Edgar Pazmiño

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
INTERAGUA

Dr. Luis Cazar Ubilla

Ing. María José Pineda

Dra. Enith Bravo

Ing. Andrea Celi

MIPRO – SCA

ARCSA

MSP – DIRECCIÓN DE VIGILANCIA Y CONTROL SANITARIO

Dr. Juan Mora

Dra. Glomara Quizphe

Ing. Natazha Valarezo

Ing. Michelle Maldonado

Ing. Gabriela Chacón

Ing. Maritza Farinango

Ing. María E. Dávalos (Secretaría técnica)

ARCSA

ARCSA

MSP – DIRECCIÓN SALUD AMBIENTAL

INEN – NORMALIZACIÓN

INEN – NORMALIZACIÓN

INEN – NORMALIZACIÓN

INEN - REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites: Esta NTE INEN 1108:2014 (Quinta revisión), reemplaza a la NTE INEN 1108:2011 (Cuarta revisión)

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 168 de 2014-01-23

Por Resolución No. 13523 de 2013-12-18

Anexo 2 Análisis del agua por el laboratorio

	LABORATORIO DE ENSAYOS FÍSICOS Y QUÍMICOS INFORME DE ENSAYOS Nº WE-JC-AC-001-2019 ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
---	---

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
 Prov. del Guayas; Ciudad de Guayaquil; Robles 107 y Chambers
 Jean Carlos Carriel Rendón
 0939674407

Guayaquil, 13 de marzo de 2019

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

<i>Origen de Muestra:</i>	Agua de Consumo	<i>Muestreado Por:</i>	Cliente
<i>Punto de Muestreo:</i>	Salida de Muestra	<i>Muestreador:</i>	Cliente
<i>Coordenadas Geográficas:</i>	No Especifica	<i>Fecha y Hora de Muestreo:</i>	2019-03-01 12:30
<i>Tipo de Muestreo:</i>	Simple	<i>Condiciones Ambientales del Muestreo:</i>	No Especifica
<i>Código de la Muestra:</i>	JC-AC-001-2019	<i>Fecha Y Hora de Recepción de Muestras:</i>	2019-03-01 15:00
<i>Norma Técnica de Muestreo:</i>	No Aplica	<i>Condiciones Ambientales del Análisis:</i>	24,0 °C/62,5 %HR
<i>Plan Procedimiento de Muestreo:</i>	No Aplica		

INORGÁNICOS NO METÁLICOS

Parámetros	Resultados	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁰
Boro ^{3,6}	N/D	mg/L	---	PEE.EL080	HACH 8015	2019-03-07 MRR	2,4
Cianuros ^{3,4}	N/D	mg/L	---	---	SM 4500 CN ⁻	2019-03-07 MRR	0,07
Cloro Libre ^{3,4}	0,03	mg/L	---	PEE.EL.044	SM 4500 Cl G	2019-03-07 MRR	0,3 a 1,5
Fluoruros ^{3,4}	N/D	mg/L	---	---	HACH 8029	2019-03-07 MRR	1,5
Nitratos ^{3,6}	N/D	mg/L	---	PEE.EL.040	SM 4500 NO ₃ ⁻	2019-03-07 MRR	50
Nitritos ^{3,6}	N/D	mg/L	---	PEE.EL.052	HACH 8507	2019-03-07 MRR	3,0
Potencial de Hidrógeno ^{1,2}	6,7	U pH	0,2	PEE.EL.021	SM 4500 H ⁺ B	2019-03-07 MRR	No Especifica

- Parámetros que se encuentran incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- Parámetros que se encuentran incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el A2LA.
- Parámetros que no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- Parámetros que no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el A2LA.
- Parámetros acreditados cuyo resultado está fuera del alcance de acreditación del SAE.
- Parámetros acreditados cuyo resultado está fuera del alcance de acreditación del A2LA.
- Parámetros cuyo resultado corresponde al análisis realizado por el laboratorio acreditado subcontratado.
- Las opiniones e interpretaciones se encuentra fuera del alcance de acreditación del SAE y A2LA.
- Ensayo realizado en las instalaciones del cliente.

¹⁰ NORMATIVA

GUA POTABLE. REQUISITOS
 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108
 Quinta Revisión
 2014-01

---	No Aplica	U	Incertidumbre	PEE.EL.	Procedimiento Especifico de Ensayo de Elicrom
< LD	Menor al Límite de Detección	N/D	No Detectado	SM	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 23 RD Ed

DESVIACIONES DEL PROCEDIMIENTO

No se presentó ninguna desviación del procedimiento durante el análisis.

OBSERVACIONES

Muestra suministrada por el cliente. Los resultados se aplican a la muestra como se la recibió.

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas
Este informe no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita de ELICROM

WE-JC-AC-001-2019
 FO.PEE.020-02 Rev. 12

Página 2 de 3

Dirección: Cdla Guayaquil Mz. 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol
 Pbx: 2282007; Cel: 0982932691, 0982931606; bsantana@elicrom.com; dvega@elicrom.com
 GUAYAQUIL - ECUADOR



LABORATORIO DE ENSAYOS FÍSICOS Y QUÍMICOS
INFORME DE ENSAYOS
 N° WE-JC-AC-001-2019
 ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS
 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
 Prov. del Guayas; Ciudad de Guayaquil; Robles 107 y Chambers
 Jean Carlos Carriel Rendón
 0939674407

Guayaquil, 13 de marzo de 2019

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

<i>Origen de Muestra:</i>	Agua de Consumo	<i>Muestreado Por:</i>	Cliente
<i>Punto de Muestreo:</i>	Salida de Muestra	<i>Muestreador:</i>	Cliente
<i>Coordenadas Geográficas:</i>	No Especifica	<i>Fecha y Hora de Muestreo:</i>	2019-03-01 12:30
<i>Tipo de Muestreo:</i>	Simple	<i>Condiciones Ambientales del Muestreo:</i>	No Especifica
<i>Código de la Muestra:</i>	JC-AC-001-2019	<i>Fecha Y Hora de Recepción de Muestras:</i>	2019-03-01 15:00
<i>Norma Técnica de Muestreo:</i>	No Aplica	<i>Condiciones Ambientales del Análisis:</i>	24,0 °C/62,5 %HR
<i>Plan/Procedimiento de Muestreo:</i>	No Aplica		

INORGÁNICOS NO METÁLICOS

Parámetros	Resultados	Unidades	U K=2	Procedimiento	Método	Analizado	Límite Permisible ¹⁰
Boro ^{3,6}	N/D	mg/L	---	PEE.EL080	HACH 8015	2019-03-07 MRR	2,4
Cianuros ^{3,4}	N/D	mg/L	---	---	SM 4500 CN ⁻	2019-03-07 MRR	0,07
Cloro Libre ^{3,4}	0,03	mg/L	---	PEE.EL.044	SM 4500 Cl G	2019-03-07 MRR	0,3 a 1,5
Fluoruros ^{3,4}	N/D	mg/L	---	---	HACH 8029	2019-03-07 MRR	1,5
Nitratos ^{3,6}	N/D	mg/L	---	PEE.EL.040	SM 4500 NO3 ⁻	2019-03-07 MRR	50
Nitritos ^{5,6}	N/D	mg/L	---	PEE.EL.052	HACH 8507	2019-03-07 MRR	3,0
Potencial de Hidrógeno ^{1,2}	6,7	U pH	0,2	PEE.EL.021	SM 4500 H ⁺ B	2019-03-07 MRR	No Especifica

1. Parámetros que se encuentran incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
2. Parámetros que se encuentran incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el A2LA.
3. Parámetros que no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
4. Parámetros que no están incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el A2LA.
5. Parámetros acreditados cuyo resultado está fuera del alcance de acreditación del SAE.
6. Parámetros acreditados cuyo resultado está fuera del alcance de acreditación del A2LA.
7. Parámetros cuyo resultado corresponde al análisis realizado por el laboratorio acreditado subcontratado.
8. Las opiniones e interpretaciones se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE y A2LA.
9. Ensayo realizado en las instalaciones del cliente.

¹⁰**NORMATIVA**

AGUA POTABLE. REQUISITOS
 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108
 Quinta Revisión
 2014-01

---	No Aplica	U	Incertidumbre	PEE.EL.	Procedimiento Especifico de Ensayo de Elicrom
<LD	Menor al Límite de Detección	N/D	No Detectado	SM	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 23 RD Ed

DESVIACIONES DEL PROCEDIMIENTO

No se presentó ninguna desviación del procedimiento durante el análisis.

OBSERVACIONES

Muestra suministrada por el cliente. Los resultados se aplican a la muestra como se la recibió.

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas
 Este informe no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita de ELICROM

WE-JC-AC-001-2019
 FO.PEE.020-02 Rev. 12

Página 2 de 3

Dirección: Cda Guayaquil Mz. 21 Calle 1era Solar 10 Frente al Mall del Sol
 Pbx: 2282007; Cel: 0982932691, 0982931606; bsantana@elicrom.com; dvega@elicrom.com
 GUAYAQUIL - ECUADOR

Anexo 3 Membrana de nanofiltración



LENNTECH

info@lenntech.com Tel. +31-152-610-900
www.lenntech.com Fax. +31-152-616-289

FILMTEC™ Membranes

FILMTEC NF270-4040 Nanofiltration Elements for Commercial Systems

Features

The FILMTEC™ NF270 membrane elements are ideal for removing a high percentage of TOC and THM precursors with medium to high salt passage and medium hardness passage. The FILMTEC NF270 membrane is an ideal choice for surface water and ground water where good organic removal is desired with partial softening.

Product Specifications

Product	Part Number	Active Area ft ² (m ²)	Applied Pressure psig (bar)	Permeate Flow Rate gpd (m ³ /d)	Stabilized Salt Rejection (%)
NF270-2540	140986	28 (2.6)	70 (4.8)	850 (3.2)	>97.0
NF270-4040	140987	82 (7.6)	70 (4.8)	2,500 (9.5)	>97.0

1. Permeate flow and salt rejection based on the following test conditions: 2,000 ppm MgSO₄, 77°F (25°C) and 15% recovery at the pressure specified above.
2. Permeate flow for individual NF270-2540 elements may vary by -30% / +30%. NF270-4040 individual elements may vary -15% / +50%.
3. Developmental products available for sale.

Figure 1



Dimensions - Inches (mm)

Product	A	B	C	D
NF270-2540	40.0 (1,016)	1.19 (30)	0.75 (19)	2.4 (61)
NF270-4040	40.0 (1,016)	1.05 (27)	0.75 (19)	3.9 (99)

1. Refer to FilmTec Design Guidelines for multiple-element systems.
2. NF270-2540 has a tape outer wrap. NF270-4040 has a fiberglassed outer wrap.

1 inch = 25.4 mm

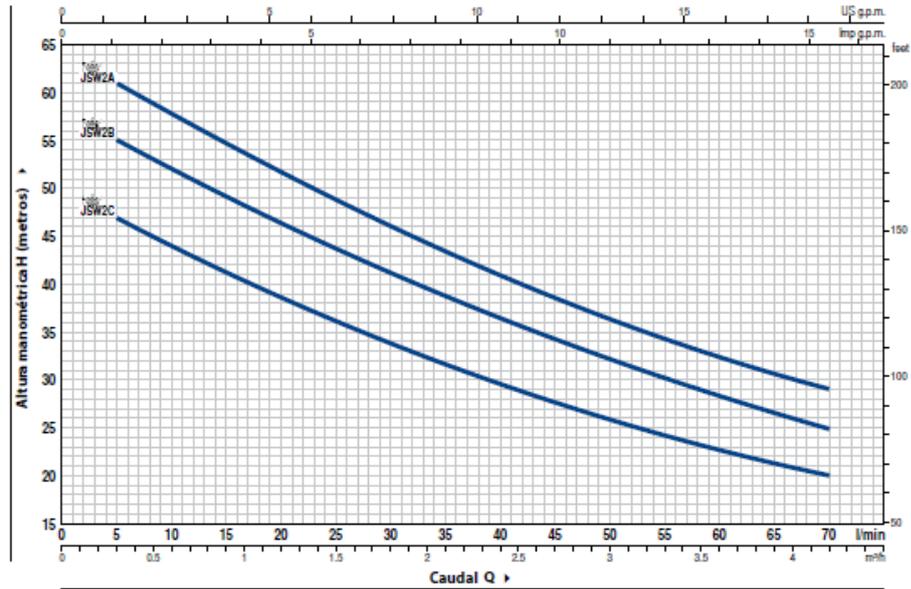
Operating Limits

- | | |
|--|---------------------------------|
| • Membrane Type | Polyamide Thin-Film Composite |
| • Maximum Operating Temperature | 113°F (45°C) |
| • Maximum Operating Pressure | 600 psi (4.1 bar) |
| • Maximum Feed Flow Rate - 4040 elements | 16 gpm (3.6 m ³ /hr) |
| - 2540 elements | 6 gpm (1.4 m ³ /hr) |
| • Maximum Pressure Drop - tape wrapped | 13 psig (0.9 bar) |
| - fiberglassed | 15 psig (1.0 bar) |
| • pH Range, Continuous Operation ^a | 2 - 11 |
| • pH Range, Short-Term Cleaning (30 min.) ^b | 1 - 12 |
| • Maximum Feed Silt Density Index | SDI 5 |
| • Free Chlorine Tolerance ^c | < 0.1 ppm |
- ^a Maximum temperature for continuous operation above pH 10 is 95°F (35°C).
^b Refer to Cleaning Guidelines in specification sheet 609-23010 for NF90.
^c Under certain conditions, the presence of free chlorine and other oxidizing agents will cause premature membrane failure. Since oxidation damage is not covered under warranty, FilmTec recommends removing residual free chlorine by pretreatment prior to membrane exposure. Please refer to technical bulletin 609-22010 for more information.

Anexo 4 Especificaciones técnicas - Bomba hidráulica JSWm 2C

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm HS= 0 m



MODELO		POTENCIA (P ₂)		Q	H											
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m³/h	0	0.3	0.6	1.2	1.5	1.8	2.4	2.7	3.0	3.6	4.2
JSWm 2C	JSW 2C	0.75	1	l/min	0	5	10	20	25	30	40	45	50	60	70	
JSWm 2B	JSW 2B	0.90	1.25	H metros	50	47	44	38.5	36	34	29.5	27.5	26	22.5	20	
JSWm 2A	JSW 2A	1.1	1.5		58	55	52	46.5	43.5	41	36.5	34	32	28	25	
					64	61	57.5	51.5	49	46	41	38.5	36	32	29	

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

POS. COMPONENTE

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

1 CUERPO BOMBA Hierro fundido con bocas roscadas ISO 228/1

2 TAPA Acero inoxidable AISI 304

3 GRUPO EYECTOR Noryl FE1520PW

4 RODETE Acero inoxidable AISI 304

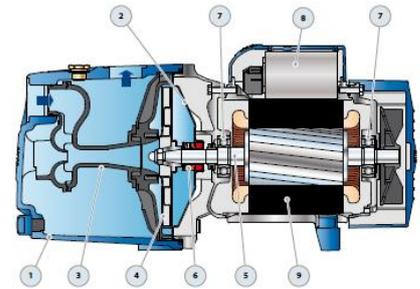
5 EJE MOTOR Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104

6 SELLO MECANICO	Sello	Eje	Anillo fijo	Materiales	Elastómero
	Modelo	Dímetro			
	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR

7 RODAMIENTOS 6203 ZZ / 6203 ZZ

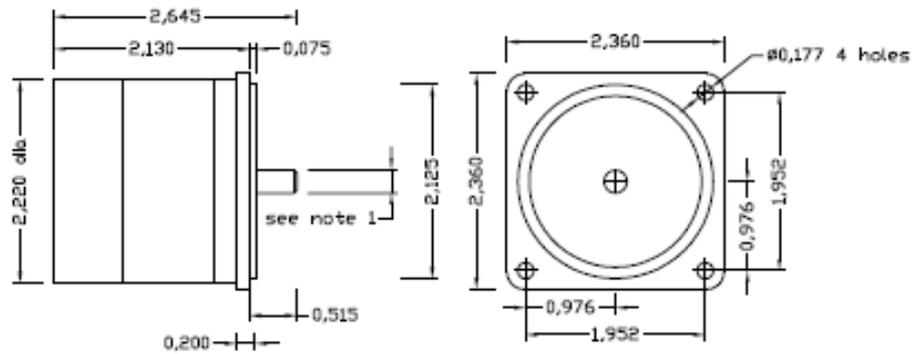
8 CONDENSADOR	Electrobomba	Capacidad	(110 V o 127 V)
	Monofásica	(220 V)	
	JSWm 2C	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL
	JSWm 2B	25 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL
	JSWm 2A	25 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL

9 MOTOR ELECTRICO JSWm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.



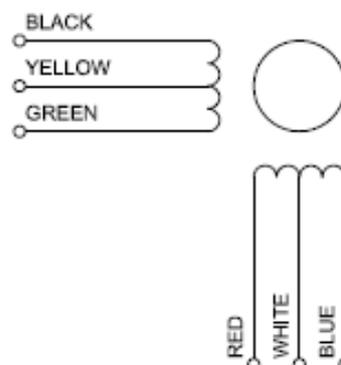
Anexo 5 Especificaciones técnicas - Motor de escalonamiento

DIMENSIONS (UNIT=INCH)



SPECIFICATIONS		
Step Angle	deg	1,8
Voltage	V DC	6
Current / phase	A / phase	1,2
Holding Torque	oz-in	83,3
	N-cm	58,8
Resistance / phase	ohm / phase	5
Inductance / phase	mH / phase	8
Rotor Inertia	oz-in ²	0,74
	g-cm ²	135
Weight	lbs	1,3
	kg	0,6

WIRING DIAGRAM



Anexo 6 Especificaciones técnicas - transmisor de presión

Technical specifications

Application	
Gauge pressure measurement	Liquids, gases and vapors
Mode of operation	
Measuring principle	Piezoresistive measuring cell (stainless steel diaphragm)
Measured variable	Gauge pressure
Inputs	
Measuring range	
• Gauge pressure	
- Metric	2.5 ... 1000 bar (36 ... 14500 psi)
- US measuring range	30... 14500 psi
Output	
Current signal	4 ... 20 mA (U _B - 10 V)/0.02 A
• Load	DC 7 ... 33 V (10 ... 30 V for Ex)
• Auxiliary power U _B	
Voltage signal	0 ... 10 V DC
• Load	≥ 10 kΩ
• Auxiliary power U _B	12 ... 33 V DC
• Power consumption	< 7 mA at 10 kΩ
Ratiometric output	0 ... 90 %
• Load	≥ 10 kΩ
• Auxiliary power U _B	5 V DC ± 10 %
• Power consumption	< 7 mA at 10 kΩ
Characteristic curve	Linear rising
Measuring accuracy	
Error in measurement at limit setting incl. hysteresis and reproducibility	<ul style="list-style-type: none"> • Typical: 0.25 % of full-scale value • Maximum: 0.5 % of full-scale value
Step response time T ₉₉	< 5 ms
Long-term stability	
• Lower range value and measuring span	0.25 % of full-scale value/year
Influence of ambient temperature	
• Lower range value and measuring span	0.25 %/10 K of full-scale value
• Influence of power supply	0.005 %/V

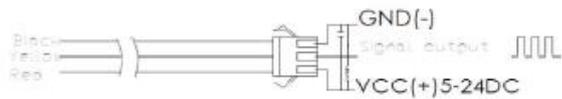
Design	
Weight	Approx. 0.090 kg (0.198 lb)
Process connections	See dimension drawings
Electrical connections	<ul style="list-style-type: none"> • Connector per EN 175301-803-A Form A with cable inlet M16x1.5 or 1/2-14 NPT or Pg 11 • M12 connector • 2 or 3-wire (0.5 mm²) cable (∅ ± 5.4 mm) • Quikcon cable quick screw connection
Wetted parts materials	
• Measuring cell	Stainless steel, mat.-No. 1.4016
• Process connection	Stainless steel, mat. No. 1.4404 (SST 316 L)
Non-wetted parts materials	
• Enclosure	Stainless steel, mat. No. 1.4404 (SST 316 L)
• Rack	Plastic
• cables	PVC
Certificates and approvals	
Classification according to pressure equipment directive (PED 2014/68/EU)	For gases of fluid group 1 and liquids of fluid group 1; complies with requirements of article 4, paragraph 3 (sound engineering practice)
Lloyd's Register of Shipping (LR) ¹⁾	12/20010
Germanischer Lloyd (GL) ¹⁾	GL19740 11 HH00
American Bureau of Shipping (ABS) ¹⁾	ABS_11_HG_789392_PDA
Bureau Veritas (BV) ¹⁾	BV 271007A0 BV
Det Norske Veritas (DNV) ¹⁾	A 12553
Drinking water approval (ACS) ¹⁾	ACS 15 ACC NY 360
EAC ¹⁾	№ TC RU C-DE.ГБ05.В.00732 ОЧ НАМИО «ЦБЭ»
CRNCSA ¹⁾	pending
Underwriters Laboratories (UL) ¹⁾	
• for USA and Canada	UL 20110217 - E34453
• worldwide	IEC UL DK 21845
Explosion protection	
Intrinsic safety "i" (only with current output)	Ex II 1/2 G Ex ia IIC T4 Ga/Gb Ex II 1/2 D Ex ia IIIC T125 °C Da/Db
EC type-examination certificate	SEV 10 ATEX 0146
Connection to certified intrinsically-safe resistive circuits with maximum values:	U _i ≤ 30 V DC; I _i ≤ 100 mA; P _i ≤ 0.75 W
Effective internal inductance and capacity for versions with plugs per EN 175301-803-A and M12	L _i = 0 nH; C _i = 0 nF

Conditions of use	
• Process temperature	-30 ... +120 °C (-22 ... +248 °F)
• Ambient temperature	-25 ... +85 °C (-13 ... +185 °F)
• Storage temperature	-50 ... +100 °C (-58 ... +212 °F)
• Degree of protection (to EN 60529)	<ul style="list-style-type: none"> • IP 65 with connector per EN 175301-803-A • IP 67 with M12 connector • IP 67 with cable • IP 67 with cable quick screw connection
Electromagnetic compatibility	<ul style="list-style-type: none"> • acc. IEC 61326-1/-2/-3 • acc. NAMUR NE21, only for ATEX versions and with a max. measuring deviation ≤ 1 %

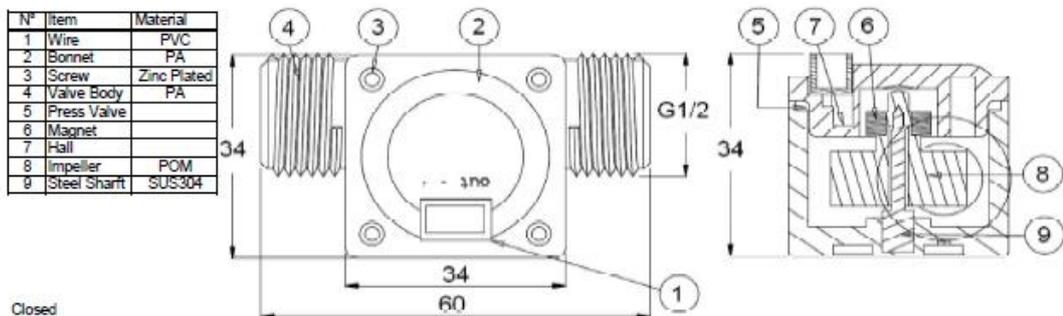
¹⁾ For variants with output signal 0 ... 5 V and ratiometric output available soon.

Anexo 7 Especificaciones técnicas – sensor de flujo YFS201

Connection method:



N°	Item	Material
1	Wire	PVC
2	Bonnet	PA
3	Screw	Zinc Plated
4	Valve Body	PA
5	Press Valve	
6	Magnet	
7	Hall	
8	Impeller	POM
9	Steel Shaft	SUS304



- Modelo: YF-S201
- Voltaje de operación: 5V - 18V DC
- Consumo de corriente: 15mA (5V)
- Capacidad de carga: 10mA (5 VDC)
- Salida: Onda cuadrada pulsante
- Rango de Flujo: 1-30L/min
- Volumen promedio por pulso: 2.25mL
- Pulsos por litro: 450
- Factor de conversión: 7.5
- Rosca externa: 1/2" NPS
- Presión de trabajo máx.: 1.75MPa (17 bar)
- Temperatura de funcionamiento: -25°C a 80°C
- Material: Plástico color negro

Anexo 8 Especificaciones técnicas – Sensor de conductividad Atlas

Conductivity Probe K 1.0

Graphite

Reads	Conductivity
Range	5 – 200,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Accuracy	+/- 2%
Connector	Male BNC
Response time	90% in 1s
Max pressure	3,447 kPa (500 PSI)
Max depth	343 meters (1,125 ft)
Temperature range °C	1 – 110 °C
Cable length	1 meter
Internal temperature sensor	No
Time before recalibration	-10 years
Expectancy	-10 years



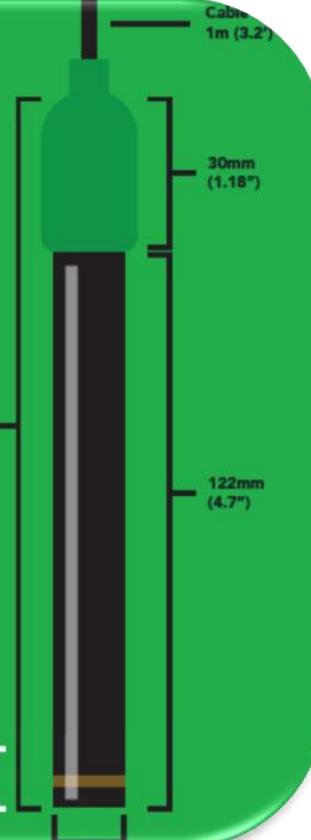
Specifications

Model	K 1.0	5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 200,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Max depth	343 meters (1,125 ft)	
Cable length	1 meter	
Weight	51 grams	
Measuring Surface	Graphite	
Dimensions	12mm x 152mm (0.47" x 6")	
BNC connector	Male	
Sterilization	Chemical only	
Food safe	Yes	

Typical Applications

- Standard Lab use
- Field use
- Aquarium
- Hydroponics
- Fish keeping
- Mixed aqueous/organic
- Samples containing Heavy metals
- Soil Samples
- Strong reducing agents

This Conductivity probe can be **fully submerged** in fresh or salt water, up to the BNC connector **indefinitely**.



Anexo 9 Controlador de temperatura BTC 9300



CRN TECNOPART, S.A.

Sant Roc 33
08340 VILASSAR DE MAR (Barcelona)
Tel 932 404 748 - 937 591 484 Fax 937 591 547
e-mail: crn@crn.com <http://www.crn-tecnopart.com>

BrainChild

BC-140.20

REGULADORES DE PROCESO BTC 4300 (96x96mm) BTD8300 (96X48mm) BTC9300 (48X48mm)



ESPECIFICACIONES

Alimentación

90 - 264 VAC, 47 - 63 Hz, 15VA, 7W máximo
11 - 28 VDC / VDC, SELV, Energía Limitada, 15VA, 7W máximo

Entrada 1

Características

Tipo	Rango	Precisión a 25 °C	Impedancia de entrada
J	-120 - 1000 °C (-184 - 1832 °F)	±2 °C	2,2MΩ
K	-200 - 1370 °C (-328 - 2498 °F)	±2 °C	2,2MΩ
T	-250 - 400 °C (-418 - 752 °F)	±2 °C	2,2MΩ
E	-100 - 900 °C (-148 - 1652 °F)	±2 °C	2,2MΩ
B	-0 - 1820 °C (-32 - 3308 °F)	±2 °C (200 - 1820 °C)	2,2MΩ
R	-0 - 1788 °C (-32 - 3214 °F)	±2 °C	2,2MΩ
S	-0 - 1788 °C (-32 - 3214 °F)	±2 °C	2,2MΩ
N	-250 - 1900 °C (-418 - 2372 °F)	±2 °C	2,2MΩ
L	-200 - 900 °C (-328 - 1652 °F)	±2 °C	2,2MΩ
PT100 (DIN)	-210 - 700 °C (-348 - 1292 °F)	±0,4 °C	1,3 KΩ
PT100 (JIS)	-200 - 600 °C (-328 - 1112 °F)	±0,4 °C	1,3 KΩ
mV	-8 - 70mV	±0,05%	2,2MΩ
mA	-3 - 27mA	±0,05%	70,5Ω
V	-1,3 - 11,5V	±0,05%	302KΩ

Resolución: 18 bits

Frecuencia de muestreo: 5 veces / segundo
Clasificación máxima: -2 VDC mínimo, 12 VDC máximo (1 minuto por entrada mA)

Efecto térmico: ±1,5 μ V / °C para todas las entradas excepto mA
±3,0 μ V / °C para entrada mA

DESCRIPCIÓN

Son controladores de temperatura PID + Lógica Difusa basado en microprocesador incorporan dos pantallas LED de 4 dígitos brillantes y de fácil lectura, donde se indican los valores de proceso y los valores de punto de ajuste. La tecnología de Lógica Difusa permite un proceso por el que se alcanza un punto de ajuste predeterminado en el menor tiempo posible, con un mínimo de exceso durante el encendido o avería de carga externa.

PRESTACIONES

Rápida frecuencia de muestreo de la entrada (5veces/segundo)
Función básica y completa
Menú de usuario configurable
Control de bomba
Control PID + Lógica Difusa basado en microprocesador
Programación automática
Control diferencial
Función de ajuste aproximado "Auto-tune"
Función de ajuste preciso "Self-tune"
Función modo de espera
Rampa de "Arranque suave" y temporizador de intervalo
Entradas programables (termopar, RTD, mA, VDC)
Entradas analógicas para punto de ajuste remoto y CT
Entrada de eventos para cambiar función y punto de ajuste
Filtro digital programable
Bloqueo de Hardware y protección de bloqueo remoto
Alarma de interrupción del bucle
Alarma de avería de calentador
Alarma de avería de sensor y transferencia Bumpless
Comunicación RS-485, RS-232
Retransmisión analógica
Alimentación eléctrica DC de acondicionador de señal
Una amplia variedad de módulos de salida disponibles
Seguridad UL / CSA / IEC1010-1
EMC / CE EN 61326

Efecto de resistencia del cable del sensor:

TC: 0,2 μ W/ohmio
RTD de 3 cables: diferencia de resistencia de dos cables: 2,6 °C/ohmio
RTD de 2 cables: 2,6 °C/ohmio de la suma de la resistencia de dos cables 200nA
Relación de rechazo de modo común (RRMC): 120dB
Relación de rechazo en modo normal (RRMN): 55dB
Detección de avería del sensor:

Sensor abierto para entradas TC, RTD y mV,
inferior a 1 mA para entrada 4-20 mA,
inferior a 0,25V para entrada 1 - 5 V,
no disponible para otras entradas.

Tiempo de respuesta de avería de sensor:

Hasta 4 segundos para entradas TC, RTD y mV,
0,1 segundos para entradas 4-20 mA y 1 - 5 V.

Anexo 10 Controlador de temperatura BTC 9300

AUTOMATIONDIRECT

SureStep STEPPING SYSTEMS

STP-DRV-6575 MICROSTEPPING DRIVE



Note: STP-DRV-6575 Drives are suitable for driving 3-phase and 4-phase stepping motors with 4, 6, or 8 leads.

WARNING

To minimize the risk of potential safety problems, you should follow all applicable local and national codes that regulate the installation and operation of your equipment. These codes vary from area to area. It is your responsibility to determine which codes should be followed, and to verify that the equipment, installation, and operation are in compliance with the latest revision of these codes.

Equipment damage or serious injury to personnel can result from the failure to follow all applicable codes and standards. We do not guarantee the products described in this publication are suitable for your particular application, nor do we assume any responsibility for your product design, installation, or operation.

If you have any questions concerning the installation or operation of this equipment, or if you need additional information, please call our technical support at 770-844-4200.

This publication is based on information that was available at the time it was printed. At AutomationDirect.com we constantly strive to improve our products and services, so we reserve the right to make changes to the products and/or publications at any time without notice and without obligation. This publication may also discuss features that may not be available in certain revisions of the product.

SureStep™ Microstepping Drive Specifications	
Part Number	STP-DRV-6575
Input Power	24-65 VDC (external power supply required, fuse at 7A fast-acting)
Output Current	1.0-7.5 A/phase (peak of sine)
Current Controller	Dual H-bridge digital MOSFET, 4-quadrant PWM at 20 kHz
Input Signals	Step 5-24 VDC nominal (range: 4-30 VDC); optically isolated, differential. Minimum pulse width - 250ns. Maximum pulse frequency - 150 kHz or 2MHz (user selectable). Function - Step or Step CW pulse.
	Direction 5-24 VDC nominal (range: 4-30 VDC); optically isolated, differential. Minimum pulse width - 250ns. Maximum pulse frequency - 150 kHz or 2MHz (user selectable). Function - Direction or Step CCW pulse.
	Enable 5-24 VDC nominal (range: 4-30 VDC); optically isolated, differential. Function - disable motor when closed.
Output Signal	Fault 30 VDC / 80mA max, optically isolated photodarlington, sinking or sourcing. Function - closes on drive fault.
Rotary Switch Selectable Function	Select motor based on part number, or by motor current.
Jumper Selectable Functions	Step Pulse Type Step signal - step/pulse; Direction signal - direction. Step CW & CCW. Step signal - CW step; Direction signal - CCW step.
	Step Pulse Noise Filter Select 150 kHz or 2MHz
DIP Switch Selectable Functions	Current Reduction Reduce power consumption and heat generation by limiting motor running current to 100%, 90%, or 80% of maximum. Current should be increased to 120% if microstepping. (Torque is reduced/increased by the same %.)
	Idle Current Reduction Reduce power consumption and heat generation by limiting motor idle current to 90% or 50% of running current. (Holding torque is reduced by the same %.)
	Load Inertia Anti-resonance and damping feature improve motor performance. Set motor and load inertia range to 0-4s or 5-10s.
	Step Resolution For smoother motion and more precise speed, set the pulse step resolution to 20000, 12800, 5000, 2000, 400 smooth, 400, 200 smooth, or 200 steps/rev
	Self Test Automatically rotate the motor back and forth two turns in each direction in order to confirm that the motor is operational.
Drive Cooling Method	Natural convection (mount drive to metal surface)
Mounting	Use (2) #6 screws to mount wide or narrow side to metal surface
Removable Connectors	Motor & Power Supply: screw terminal blocks Phoenix Contact 1757051 Signal: screw terminal blocks Phoenix Contact 1803613
Weight	10.8 oz (306g) - (including mating connections)
Operating Temperature	0-85 °C (32-185 °F) - (interior of electronics section)
Ambient Temperature	0-50 °C (32-122 °F) - (drive must be mounted to suitable heat sink)
Humidity	maximum 90% non-condensing
Agency Approvals	CE (EMC & LVD); RoHS

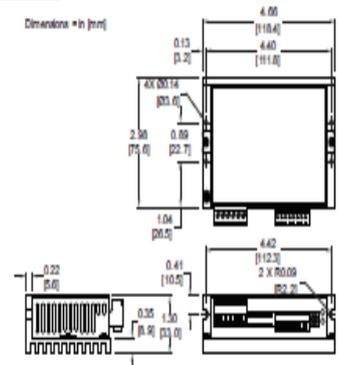
MOUNTING THE DRIVE

The STP-DRV-6575 drive can be mounted on the wide or the narrow side of the chassis using (2) #6 screws. Fasten the drive securely to a smooth, flat, metal surface that will help conduct heat away from the chassis. Otherwise, forced air flow from a fan may be required to prevent overheating. **WARNING:**

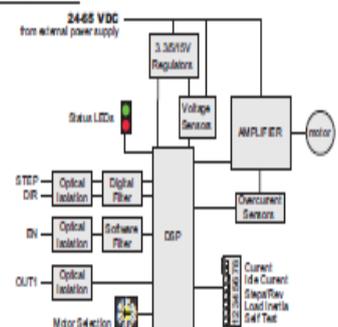
- Never mount the drive in a space where there is no air flow, or where other devices can heat the surrounding air to 50°C [122°F].
- Never put the drive where it can get wet, or where metal or other electrically-conductive particles can get on the circuitry.
- Always provide air flow around the drive. Minimum allowable spacing between multiple drives is 0.5 in [13 mm].

DIMENSIONS

Dimensions - in [mm]



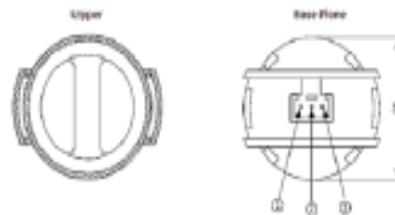
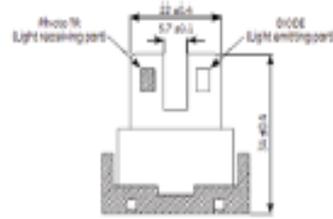
BLOCK DIAGRAM



Anexo 11 Controlador de temperatura BTC 9300

Theory of Operation

The sensor operates on the principle that when light is passed through a sample of water, the amount of light transmitted through the sample is dependent on the amount of soil in the water. As the soil level increases, the amount of transmitted light decreases. The turbidity sensor measures the amount of transmitted light to determine the turbidity of the wash water. These turbidity measurements are supplied to the washer controller, which makes decisions on how long to wash in all the cycles. These decisions are made based on a comparison between clean water measurements (taken at the beginning of the wash cycle) and the wash water turbidity measurement taken at the end of each wash cycle. By measuring the turbidity of the wash water, the washing machine can conserve energy on lightly soiled loads by only washing as long as necessary. This will result in energy savings for the consumer.



Specifications

Part Number
TSD-10

Rated Voltage
DC 5V (between No #1 & Ground)

Voltage Differential
 $3.0V \pm 10\%$

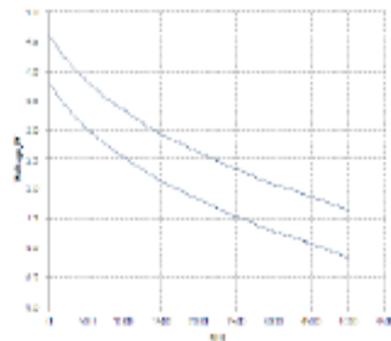
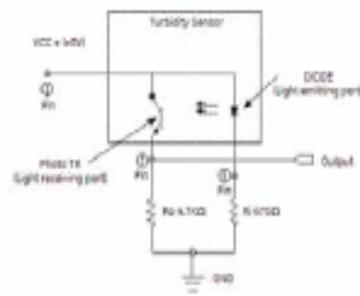
Test Method
After testing voltage in water (0 NTU),
voltage test in water (4000 NTU)
(Turbidity level Calibration -> Master NTU standard liquid)
(Voltage between No #2 pin & Ground)

Operating Temperature Range
-10°C ~ 90°C

Storage Temperature Range
-20°C ~ 90°C

Rated Current
Max. 30 mA

Insulation Resistance
Min 100 MΩ by 500V DC



Application Section
Detecting the turbidity degree of water

Anexo 12 Presupuesto

Elementos	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Bomba de Agua Periferica LEO 0.50 HP	1	\$500,00	\$500,00
Nano Membrana	2	\$1.40	\$2.800,00
Lampara de Luz UV	1	\$1.10	\$1.100,00
Cilindro de Carbono Activado	1	\$1.10	\$1.100,00
Especto fotómetro de Masa.	1	\$1.20	\$1.200,00
Tarjeta Arduino uno	2	\$10	\$20
Sensor Ph Arduino + Tarjeta de	2	\$54,50	\$109,00
Acondicionamiento Arduino			
Sensor de Conductividad	3	\$200	\$600,00
Sensor de Caudal Yf-s201 Arduino	3	\$15	\$45,00
Sensor de Presión PMT-300 de 4-20mA 30BAR	2	\$85	\$170,00
Sensor de Temperatura Ds18b20 Digital Sonda	1	\$7	\$7,00
Arduino			
Bomba de dosificación peristáltica 12V	2	\$30,00	\$60,00
Servomotor MG996R con Engranés Metálico	3	\$15	\$45,00
Valvula esferica de 1/2" marca fv	3	\$3,36	\$10,08
valvula de compuerta de 1/2" marca fv	1	\$5,65	\$5,65
Válvula Selenoide Asco 120V AC	1	\$155,86	\$155,86
Codo de Unión para 1/2"Plastigama	7	\$0,45	\$3,15
Unión RH para 1/2" Plastigama	7	\$0,49	\$3,43

Metro de Tubería PVC para 1/2" Plastigama	5	\$1,45	\$7,25
Construcción de la Planta	1	\$500,00	\$500,00
Ph de mesa	1	\$200,00	\$200,00
Conductivímetro de Mesa	1	\$200,00	\$200,00
Cinta Teflón	1	\$0,38	\$0,38
Costos de Funcionamiento del Proyecto			
Ácidos y base para limpieza de Membranas	1	\$200	\$300,00
Paracetamol (sales para la mezcla con agua)	1	\$100	\$100,00
Cloruro de Sodio		\$100	\$100,00
Agua Destilada	1	\$500	\$500,00
Total del Presupuesto			\$9.841,80

Anexo 13 Cronograma de actividades

Cronograma de Actividades	Trimestre			Trimestre			Trimestre			Trimestre		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Adquisición de equipos de la planta	X											
Obtener el modelo matemático de la planta	X											
Ensamblaje de la planta		X	X									
Puesta en marcha de				X								
Implementar un proceso de filtración					X	X						
Pruebas y validación del modelo matemático							X	X				
Diseño del control predictivo de la planta									X	X		
Comparar el control predictivo con el predictivo neuro –									X	X	X	
Pruebas y validación de la planta											X	X

Anexo 14 Imágenes



Imagen 1: Placa de la bomba centrífuga

Fuente: Autores

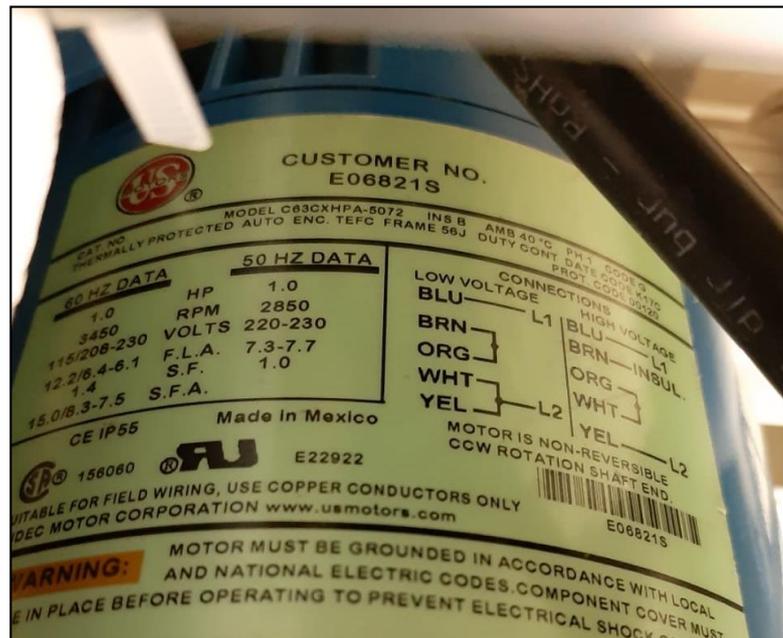


Imagen 2: Placa de la bomba centrífuga multietapa

Fuente: Autores



Imagen 3: Sensor de flujo de agua
Fuente: Autores



Imagen 4: Transmisor de presión
Fuente: Autores



Imagen 5: Motor de pasos con caja reductora
Fuente: Autores

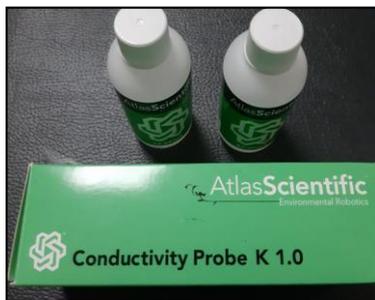


Imagen 6: Sensor de conductividad
Fuente: Autores



Imagen 7: Sistema ultravioleta esterilizador
Fuente: Autores



Imagen 7: Sonda electrodo de ph / Ph metro
Fuente: Autores



Imagen 8: Contenedores (Capacidad 500lts/1300lts)
Fuente: Autores

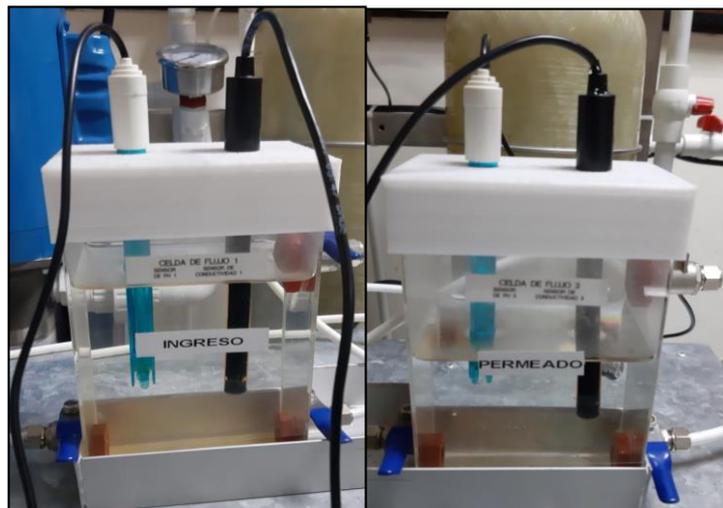


Imagen 9: Celdas de Flujo: Ingreso y de permeado
Fuente: Autores



Imagen 10: Rotámetro y manómetro de caudal permeado
Fuente: Autores



Imagen 11: Lechos filtrantes de carbón activado y sedimentos
Fuente: Autores



Imagen 12: Planta de tratamiento de aguas terciarias
Fuente: Autores



Imagen 13: Conexión de arduino con los medidores de ph y conductividad
Fuente: Autores



Imagen 14: Conexión de transmisores de presión
Fuente: Autores