

Operación del sistema.

El dispositivo está estructurado por medio de un conjunto de sistemas mecánicos y eléctricos de potencia que estarán controlados por un sistema embebido, ambos arreglos serán de diseño propio con base en las funciones de operatividad y portabilidad del prototipo, según sea el caso de la aplicación requerida (volumen del efluente, nivel de turbiedad, entre otros).

Esencialmente lo que procede en el prototipo es la ejecución de cinco etapas de funcionamiento específicas las cuales se establecen de la siguiente forma:

- 1) Etapa de alimentación de efluente tras la verificación de temperatura.
- 2) Etapa de dosificación del floculador a partir de la lectura del fluido en el tanque principal.
- 3) Etapa de ejecución de la reacción por medio de la activación del agitador.
- 4) Etapa de descarga a través de un filtro activo de carbón y desinfección por radiación UV.
- 5) Etapa de radiación UV del efluente.

Esta secuencia de acciones se presenta en la figura 1, las cuales requieren establecer una plataforma de control adecuada y robusta para el prototipo adecuando de forma eficiente los instrumentos de medición para los parámetros referidos de control entre los que figuran en forma específica los valores de temperatura y nivel, como valores de arranque de proceso, así como de turbidez y pH. De esta manera, se generan las activaciones de los sistemas de bombeo de llenado, la aplicación del floculante, el accionamiento del agitador y por último el drenado y purificación final del efluente.

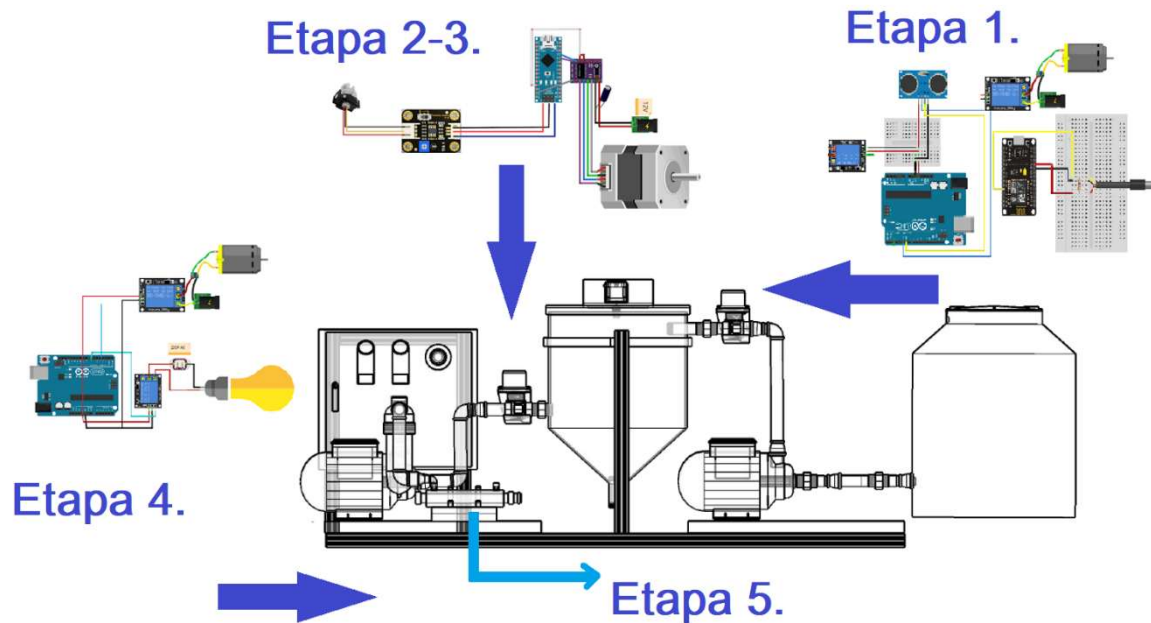
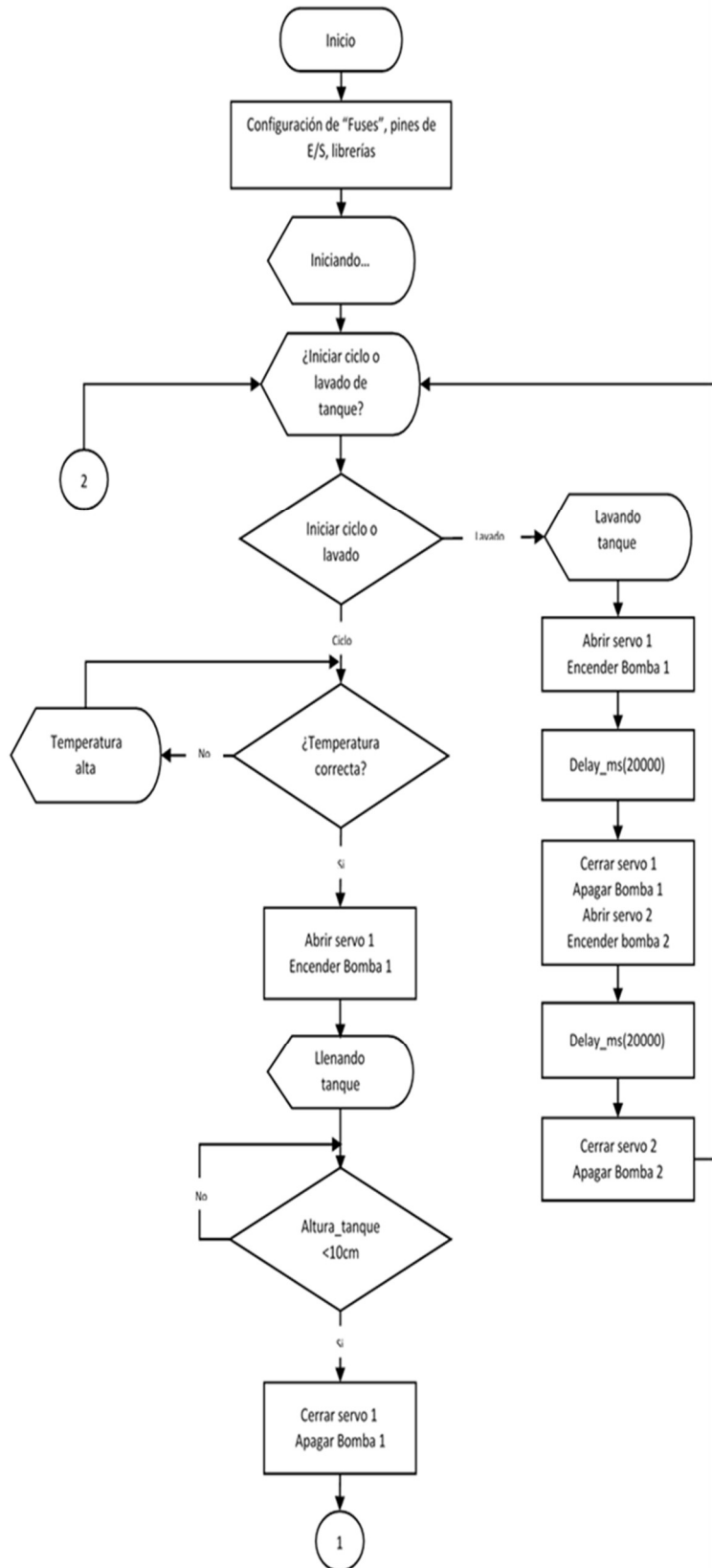
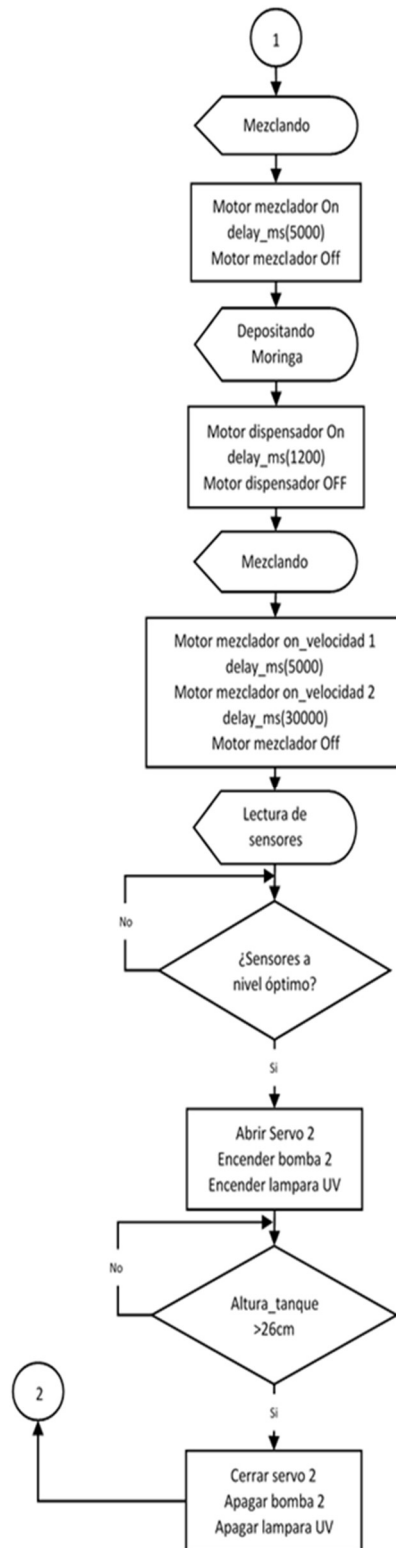


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.. **Esquema del funcionamiento del proceso con base en la disposición del prototipo de planta.**

Habiendo ya preestablecido la configuración y lógica de operación y control para la planta de proceso ahora se establece una descripción general del algoritmo para su correspondiente codificación. Para la realización del algoritmo se hace uso de un modelo de programación top-down, de forma tal que se trasladan las 5 etapas generales por medio de un diagrama de flujo que permite bosquejar en forma más concreta el algoritmo, para establecer la secuencias y estructuras cíclicas a implementar, de igual forma se definen las variables de entrada y salida, para el diseño de planta, el diagrama de flujo para el diseño.





Sistema embebido

Con el fin de implementar un sistema embebido de diseño propio que se encargue de operar en forma automática el proceso total, activando los diferentes dispositivos de potencia o actuadores con base en la señal de entrada del sensor de medición de nivel, índice de turbiedad detectado y tiempos programados de ejecución, es relevante hacer uso de un microcontrolador de gama media/alta como lo es el *PIC18F4550*. Este microcontrolador cuenta con 5 puertos E/S, 4 temporizadores, 20 fuentes de interrupción, comunicación serial, modulo USB, 13 canales de entradas analógicas y dos módulos PWM. La distribución de sus pines se puede observar en la figura 2.

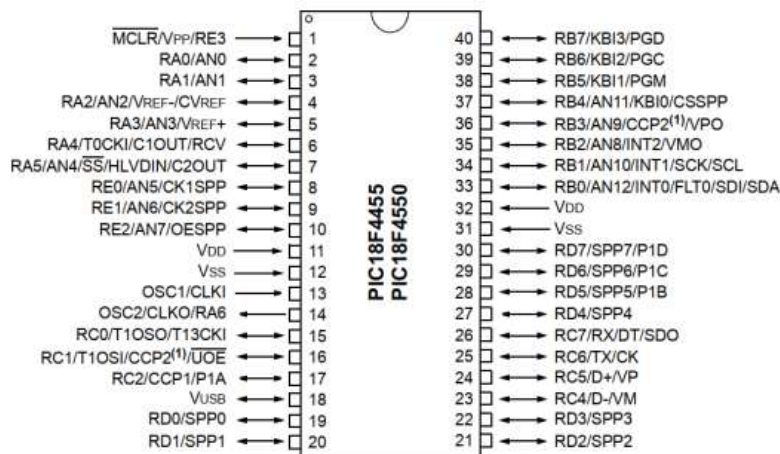


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.. Esquema de distribución de los pines del PIC18F4550.

Todo el proceso se regula por medio de un *PIC18F4550*. La razón del uso de este microcontrolador es la necesidad de utilizar 25 pines para la conexión de 5 sensores, 2 botones, 7 actuadores y una pantalla LCD (*liquid-crystal display*). Lo anterior con la siguiente configuración de conexión (Figura 3.34).

1. Sensor de solidos totales disueltos.
2. Sensor de turbidez.
3. Sensor de Ph.
4. Sensor de distancia por ultrasónico.
5. Servomotores para válvulas de flujo.
6. Sensor de temperatura.

7. Microcontrolador
8. Pulsadores de arranque y paro con resistencias de pulso alto.
9. Motores a pasos y sus módulos de control.
10. Lámpara de radiación UV y su relevador de arranque.
11. Bombas de flujo y sus relevadores de arranque.
12. Pantalla de cristal líquido como interfaz de usuario.

Dado lo anterior, se descarta la posibilidad de utilizar el *PIC18F2550* que básicamente cuenta con las mismas características que el microcontrolador seleccionado, pero solamente con 21 pines disponibles para entradas y salidas. Así, el *PIC18F4550* se encarga de operar en forma automática el ciclo total, activando los diferentes elementos del proceso con base a las señales adquiridas y los tiempos programados de ejecución, lo anterior se muestra en el diagrama a continuación:

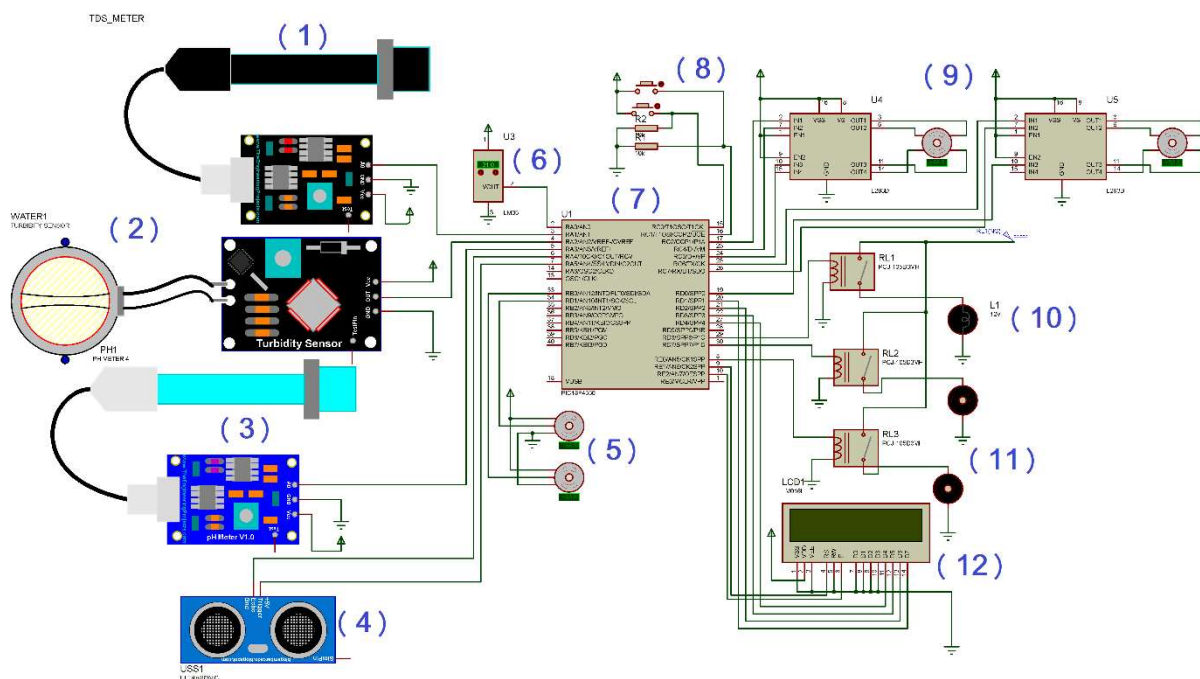


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.. Arreglo eléctrico del sistema de operación y control.

Parámetros de medición del agua

El agua de consumo inocua (agua potable), debe presentar parámetros de calidad, que no ocasione ningún riesgo significativo para la salud cuando se consuma. Esta condición de los recursos hídricos puede definirse, además, como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación del mismo para asegurar que al ingerirse, no representen un riesgo para la salud. Con base en el enfoque antes mencionado cobra fundamental importancia para la validación del proyecto propuesto, el establecimiento de técnicas adecuadas a fin de aplicar una serie de metodologías para el análisis del efluente.

Estos parámetros de medición de la calidad del agua están asociados a las características químicas, físicas y biológicas que este líquido debería cumplir, según los valores establecidos para su uso. Entre los principales indicadores que comúnmente se usan para medir las características físicas y químicas del agua:

- **TDS (Total Dissolved Solids):** Total de sólidos disueltos y lo que hacen los lectores de TDS es medir la concentración total de los sólidos disueltos en el agua. Los TDS se componen de sales inorgánicas. Las sales inorgánicas comunes presentes en el agua son los minerales como calcio, magnesio, potasio y sodio, entre otros. Los sólidos totales (TDS) son la suma de todos los sólidos disueltos y suspendidos en el agua. TDS puede ser de las sustancias orgánicas como inorgánicas, los microorganismos y partículas más grandes como la arena y arcilla.
- **DBO y DQO:** Los análisis se pueden también hacer por medidas del carbón orgánico total (COT) y por la demanda biológica (DBO) y química de oxígeno (DQO). La DBO es una medida de la materia orgánica en el agua, expresada en mg/l. Es la cantidad de oxígeno disuelto que se requiere para la descomposición de la materia orgánica. La prueba de la DBO toma un período de cinco días. La DQO es una medida de la materia orgánica e inorgánica en el agua, expresada en mg/l es la cantidad de oxígeno disuelto requerida para la oxidación química completa de contaminantes.
- **Turbidez:** La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua. Este parámetro mide la cantidad de partículas suspendidas en el agua. Su unidad

de medida es NTU (unidad nefelométrica de turbidez). La turbidez del agua también reduce la efectividad de desinfección. Los microorganismos pueden quedar protegidos del efecto de los agentes desinfectante por la turbidez de las aguas.

- **Conductividad:** Mide la capacidad de conducción de corriente eléctrica que tiene el agua, según la cantidad de minerales contenidos en esta. Se mide en microsiemens (μS) o en Siemens por metro (S/m). No obstante, para usarlo como indicador de calidad habría que analizar el tipo de minerales que contiene. Por ejemplo, el calcio y el arsénico suman al agua una gran capacidad de conductividad, pero el último de estos minerales resulta letal para el consumo, incluso, en valores mínimos de microsiemens. La medida de la conductividad del agua puede proporcionar una visión clara de la concentración de iones en el agua, pues el agua es naturalmente resistente a la conducción de la energía.
- **Temperatura:** Al medir la temperatura del agua, se encuentra una relación con el pH y conductividad de esta, por lo tanto, este indicador se mide en conjunto. Su unidad de medida se expresa en Kelvin (K). La temperatura también influye la efectividad de los desinfectantes. El aumento de la temperatura produce un aumento de la velocidad de las reacciones y la desinfección. También puede provocar la volatilización o inactivación del agente desinfectante contra la desinfección del agua.
- **Contaminación microbiana:** La contaminación microbiana es dividida en la contaminación por los organismos que tienen la capacidad de reproducirse y de multiplicarse y los organismos que no pueden hacerlo. Este es un parámetro sensible para la evaluación del sistema propuesto. En México se mide este indicador con la unidad de medida CF (formadores de colonias), junto a otros indicadores, para determinar la potabilidad del agua designada para el consumo humano.
- **pH:** Este indicador se expresa en una escala de 0 a 14, en donde el 7 equivale a un agua con pH neutro. Del 0 al 7 indica que el agua es ácida y del 7 al 14 que el agua es alcalina. El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado el número de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la cual, en el medio, es decir 7 la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica. Cuando una sustancia es neutra el número de los átomos de hidrógeno y de hidróxidos OH^- es igual. Cuando el

número de átomos de hidrógeno (H^+) excede el número de átomos del oxhidrilo (OH^-), la sustancia es ácida.