

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS®</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>		
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>		
	<i>Código: MN-GCL-03</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 19/04/2021</i>
	<i>Página: 1 de 35</i>		

## **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

### **PLANTA DE POTABILIZACION DE AGUA DE POZO UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS (PTAP) CAUDAL 10 LPS**



**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL  
VILLAVICENCIO  
2021**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA PLANTA Y EQUIPOS.....	4
1.1. CAPACIDAD DE DISEÑO .....	4
1.2. TIPO DE PLANTA .....	4
1.3. CALIDAD DE AGUA A TRATAR .....	4
1.4. DESCRIPCIÓN FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA.....	4
1.4.1 AFORO – MEDIDOR DE CAUDAL .....	6
1.4.2. TORRE DE AIREACIÓN .....	7
1.4.3. MEZCLA RAPIDA - COAGULACIÓN .....	8
1.4.4. FLOCULACIÓN.....	9
1.4.5. SEDIMENTACIÓN.....	10
1.5. BASES DE CÁLCULO PLANTA POTABILIZADORA UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS .....	13
1.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLANTA POTABILIZADORA .....	13
1.6.1. AFORO DE CAUDAL .....	13
1.6.2. TORRE DE AIREACIÓN.....	14
1.6.3. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS .....	14
1.6.4. SISTEMA DE COAGULACIÓN O MEZCLA RÁPIDA .....	16
1.6.5. PROCESO DE FLOCULACIÓN .....	16
1.6.6. PROCESO DE SEDIMENTACIÓN.....	18
1.6.7. PROCESO DE FILTRACIÓN .....	19
2. APLICACIÓN DE PRODUCTOS .....	23
3. ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA.....	26
4. OPERACIÓN DE FILTRACION Y RETROLAVADO DE LOS FILTROS.....	28
5. OPERACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA.....	31
6. MANTENIMIENTO GENERAL .....	31
6. ANEXO .....	33
6.1 Plano unifilar del tablero de control de la planta de tratamientos de agua potable..	33
6.2 Plano unifilar de la bomba sumergible tipo lapicero.....	34

## **PLANTA POTABILIZADORA UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS**



 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<i>Código: MN-GCL-03</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 19/04/2021</i>	<i>Página: 4 de 35</i>

**1. ESPECIFICACIONES GENERALES DE LA PLANTA Y EQUIPOS**

**1.1. CAPACIDAD DE DISEÑO**

La planta se diseñó para tratar hasta 10 litros por segundo de agua de pozo, equivalentes a 158.5 galones por minuto o 36 m3/hr o 864 m3/día.

Con el fin de garantizar una larga vida útil de la planta y sus equipos, estos fueron construidos en LAMINA METALICA ASTM A36, calibre 6 mm, dicha lámina fue sometida a proceso de Sandblasting grado SP-10 (Chorro de arena especial a muy alta presión) para garantizar total adherencia de la pintura y posteriormente se hizo aplicación de pinturas especiales altamente resistentes a la corrosión (Pintura para ambiente marino marca Sigma).

**1.2. TIPO DE PLANTA**

La planta en mención es de tecnología mixta. El agua es sometida a todos los procesos y operaciones unitarias de potabilización de agua, como son Aforo, Aireación, Oxidación-Desinfección Coagulación, Floculación, Sedimentación y Filtración.

El diseño total de la planta tiene Propiedad Intelectual de INTEGRAL FLUIDS MANAGEMENT, por lo que se encuentra protegido por las respectivas leyes de Propiedad Intelectual. Todos los derechos reservados.

**1.3. CALIDAD DE AGUA A TRATAR**

En cuanto a la calidad de agua a tratar, agua de pozo profundo, son objetables parámetros como Hierro total y disuelto, Oxígeno Disuelto, gases disueltos (Metano, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>s Sulfhídrico), pH, los cuales no cumplen con los parámetros establecidos por las normas de control de calidad para agua potable o están fuera del rango permitido.

**1.4. DESCRIPCIÓN FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA**

El caudal de agua cruda producida por el pozo profundo, antes de ingresar a la planta puede ser regulado a máximo 10 LPS. Es estrictamente necesario regular el CAUDAL del agua del pozo, mediante el ajuste de la válvula metálica marca Red White de 3” ubicada sobre la tubería que envía el agua cruda del pozo a la planta, justo pasando la malla del cerramiento de la planta, tipo cortina, luego el agua es conducida por tubería de 3” hasta el medidor de caudal Tipo Turbo Bar, inatascable el cual registra la cantidad de agua producida por el pozo y procesada por la planta. Una vez el agua de pozo ha sido aforada, continua hasta la torre de aireación.

## TABLERO DE CONTROL



### 1.4.1 AFORO – MEDIDOR DE CAUDAL

Para la medición del caudal producido por el pozo se instaló un macromedidor sobre la línea que conduce el agua cruda del pozo hacia la torre de aireación, esto con el fin de calibrar y ajustar el caudal de alimentación de agua a la planta a un máximo 10 LPS. El ajuste de ese caudal se realiza desde el tablero de control, si este por algún motivo no estuviera funcionando se manipula la válvula de bronce de 3" regulando el caudal de tal forma que el reloj con manecilla roja del macromedidor dé una vuelta completa en 12 segundos.



Con el fin de evitar que el micromedidor se tapone e incruste por el alto contenido de HIERRO que trae consigo el agua del pozo, se debe hacer limpieza al filtro del macro medidor. Los valores del micromedidor se deben diligenciar diariamente en el formato FO-GBS-84.



Válvula salida de sedimentos

### PUNTO DE MEDICIÓN DE CAUDAL DE AGUA DEL POZO

#### 1.4.2. TORRE DE AIREACIÓN

La torre de aireación es el equipo encargado de cuatro (4) funciones básicas, la primera permite liberar los gases disueltos que vienen en el agua de pozo como son metano, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), los cuales imparten mal olor al agua y generan riesgos de explosión y asfixia. La segunda función de la torre es la de permitir la disolución del oxígeno del aire en el agua del pozo mejorando sustancialmente el sabor del agua tratada. La tercera función que cumple la torre de aireación es la de fomentar la oxidación del hierro y el manganeso, presentes en el agua de pozo. La cuarta y última función que presta la torre de aireación es la de aumentar el tiempo de retención del agua para que se completen las otras tres funciones. La torre de aireación tiene un distribuidor superior de 4" de diámetro con cuatro (4) brazos inyectoras, cinco bandejas, de las cuales, las cuatro superiores son contactoras, empacadas con Pall ring's coque y dotadas con orificios de distribución. La bandeja inferior sirve como bandeja colectora de agua aireada.

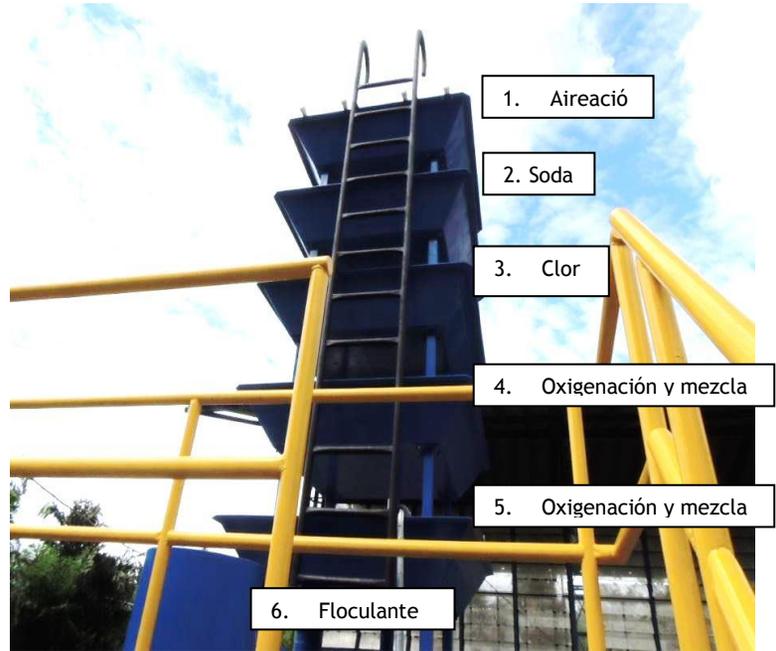


Bandejas de aireación con Pall ring's

En la segunda bandeja se hace la dosificación de la soda caustica liquida y en la tercera bandeja se dosifica el hipocloro de sodio líquido al 15%.



Bandejas de aireación



### 1.4.3. MEZCLA RAPIDA - COAGULACIÓN



La Coagulación es la segunda operación unitaria de potabilización y consiste en mezclar los productos químicos necesarios para la potabilización con el agua cruda del pozo, esta etapa se lleva a cabo en el equipo de mezcla rápida, tipo HIDROCICLON, cuya operación es completamente a gravedad (no se requiere energía eléctrica para lograr la mezcla).

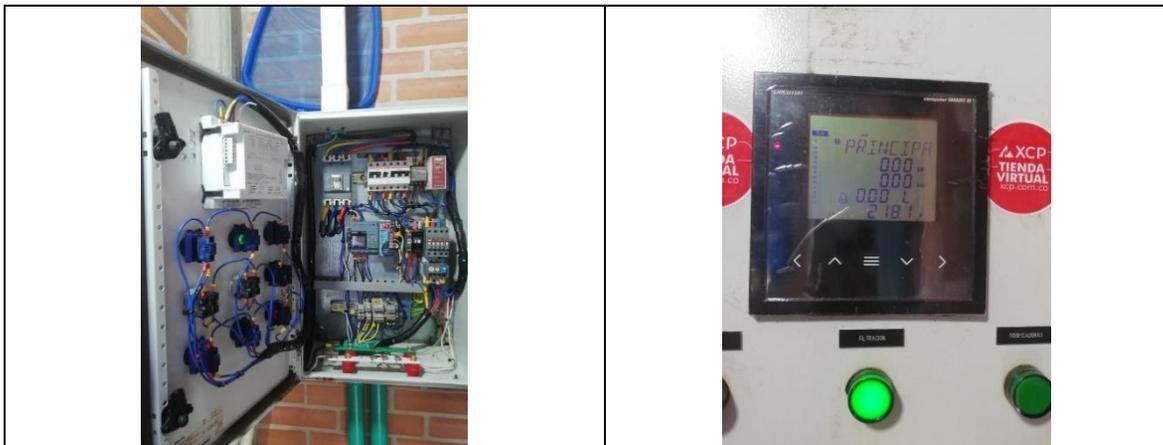
Los productos químicos aplicados en la bandeja colectora de la torre pasan a mezclarse junto con el agua cruda al hidrociclón, la dosificación se realiza empleando tres bombas dosificadoras que inyectan a presión los químicos en forma líquida. Con la primera bomba

se aplica el alcalinizante (FC-41), con la segunda bomba dosificadora se inyecta el desinfectante (Hipoclorito de sodio líquido) y con la tercera bomba se aplica el coagulante (FC-21).



Nota: Los filtros de las bombas dosificadoras se deben limpiar semanalmente.

Bomba 1: Cloro  
Bomba 2: Soda  
Bomba 3: Floculante



#### 1.4.4. FLOCULACIÓN

Después de cumplida la mezcla rápida el agua desciende por el HIDROCICLON hacia el fondo de la primera cámara de la planta (Floculador) para iniciar el proceso de floculación, el cual se lleva a cabo en esta primera cámara denominada FLOCULADOR. El proceso de floculación se desarrolla a medida que ésta cámara se va llenando lentamente. Debido a la geometría de la tolva, la velocidad del agua va disminuyendo continuamente a medida

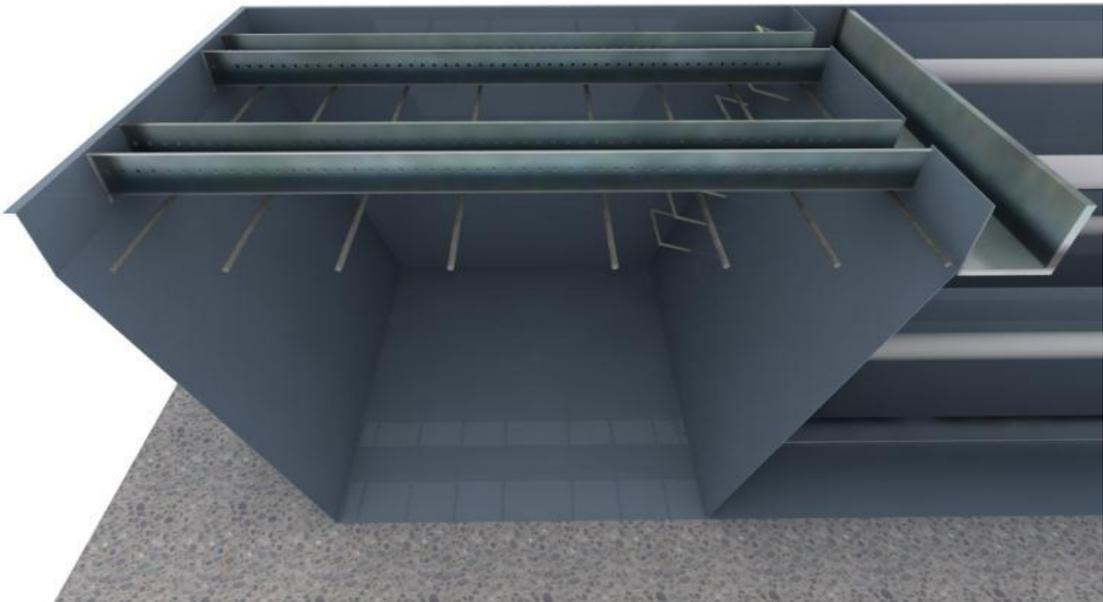
 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 10 de 35

que el agua asciende. Igualmente, se disminuye el gradiente hidráulico continuamente, lo que permite la buena formación de flóculos en tamaño, peso y densidad principalmente. Los flóculos alcanzan la densidad y peso adecuado en la parte superior del floculador y tienden a desplazarse hacia abajo chocando con los flóculos más livianos y pequeños que van ascendiendo, produciendo el llamado lecho fluidizado o “Manto de Lodos”, que hace tan eficiente este tipo de floculador.

El agua completamente floculada, es decir con todos los coloides ya agrupados en partículas de mayor tamaño y peso (flóculos), continua ascendiendo hasta alcanzar las dos (2) canales colectoras de agua floculada, para luego pasar de estas al sedimentador, a través de tres tubos que se encargan de entregar el agua floculada al sedimentador (segunda cámara de la planta) a un gradiente de 20 Seg.-1.

Se presentan dos (2) tipos de floculación en esta clase de floculadores, floculación ortocinética, es decir, en una dirección; y floculación pericinética, es decir, en todas las direcciones.

**FLOCULADOR DE FLUJO ASCENDENTE - GRADIENTE VARIABLE CONTINUO**

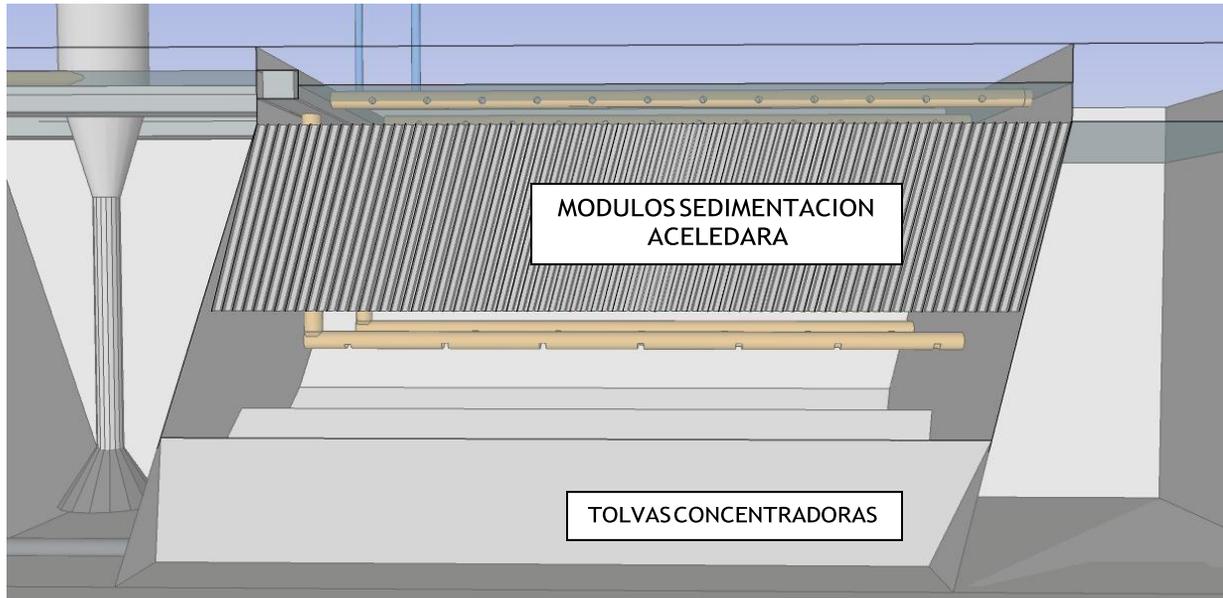


Nota: Se recomienda realizar limpieza cada 6 meses

**1.4.5. SEDIMENTACIÓN**

El agua floculada pasa al sedimentador hacia abajo a través de dos (2) flautas de distribución de agua a sedimentar (Tubos intermedios de 4”). Dichas flautas entregan el agua a todo lo largo de la zona media central del sedimentador a una velocidad y un gradiente tan bajos que las partículas se precipitan hacia el fondo del sedimentador.

## SEDIMENTADOR Y TANQUE DE EQUILIBRIO



En el fondo del sedimentador se encuentran las tolvas colectoras de lodos, que son las encargadas de concentrar y enfocar en dicho fondo, en áreas pequeñas, los lodos sedimentados. Este lodo es extraído abriendo la válvula de 6" de purga de fondo de la planta de tratamiento, la cual está conectada a las flautas extractoras de fondo tipo flauta. El agua clarificada en la zona de sedimentación continúa su ascenso hasta llegar a la zona de módulos de sedimentación acelerada, que son los encargados de disminuir aún más la velocidad de algunos flóculos que logran ascender, ya que las reacciones de floculación y sedimentación no logran el 100% de eficiencia. Estos módulos son paneles hexagonales plásticos con una inclinación de 60°. Finalmente, el agua clarificada asciende en flujo pistón hasta llegar a las flautas colectoras (Dos tubos de pvc de 4") las cuales la recogen y entregan el agua clarificada al tanque de equilibrio.

La función del tanque de equilibrio es simplemente almacenar el agua clarificada para regular el proceso de filtración del agua y lavado de los filtros.

SEDIMENTADOR DE ALTA CARGA



TANQUE DE EQUILIBRIO

Del tanque de equilibrio el agua es succionada y bombeada con una electrobomba de 7.5 HP por una tubería de 4" al tren de filtración.

### TREN DE FILTRACIÓN



 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 13 de 35

**Nota:** Realizar retrolavado mínimo cada dos días.

La etapa de filtración es llevada a cabo en tres (3) filtros VERTICALES de 54" de diámetro cada uno, que operan a presión. Los filtros son de lecho mixto de arena y trabajan en paralelo. Finalmente, el agua tratada sale de los filtros, ya filtrada, hacia el tanque elevado de almacenamiento de agua tratada.

## 1.5. BASES DE CÁLCULO PLANTA POTABILIZADORA UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

<b>Capacidad de la planta</b>	10 Litros por segundo.
<b>Tiempo retención Floculación</b>	20 Minutos.
<b>Tiempo retención Sedimentación</b>	45 Minutos
<b>Tiempo de retención total</b>	80 Minutos.
<b>Fuente de agua</b>	Pozo Profundo. Presencia de Hierro 1.5 ppm.
<b>Altura planta potabilizadora</b>	2.80 m.
<b>Altura total incluida torre aireación</b>	7.20 m.
<b>Área requerida Placa Filtros</b>	14 m <sup>2</sup> con tres filtros de 54". Aparte del área de planta.
<b>Longitud Placa Planta</b>	10.0 m.
<b>Ancho Placa Planta</b>	3.8 m.
<b>Longitud Placa Filtros</b>	7.0 m.
<b>Ancho Placa Filtros</b>	2.0 m.
<b>Volumen efectivo de la Planta: 48 Mts<sup>3</sup></b>	Incluye tanque equilibrio.
<b>Volumen Floculador</b>	12. m <sup>3</sup> efectivos de llenado.
<b>Volumen Sedimentador</b>	27 m <sup>3</sup> efectivos de llenado.
<b>Volumen Tanque Equilibrio</b>	6 m <sup>3</sup> efectivos de llenado.

## 1.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLANTA POTABILIZADORA

### 1.6.1. AFORO DE CAUDAL

En la línea que sale de planta una vez tratada el agua se encuentra un macromedidor de 4" pulgadas para aforar el caudal de agua tratada que sale de la planta potabilizadora. Los valores del micromedidor se deben diligenciar diariamente en el formato FO-GBS-84.



### 1.6.2. TORRE DE AIREACIÓN

La torre de aireación tiene las siguientes especificaciones:

<b>Tipo</b>	<b>Vertical</b>
Material de fabricación	Lámina metálica ASTM A36.
Proceso de protección	SandBlasting SP-10.
Recubrimiento de protección	Pinturas para Barco marca Sigma importada.
Funcionamiento	Hidráulico 100%.
Altura total	2.85 mts.
Base Bandejas	1.20 m.
Tiempo de retención hidráulica	11 seg.
Bandejas contactoras	4
Bandeja Colectora	1.
Distribuidor superior	PVC 3" x 2" x 4 flautas.

### 1.6.3. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS

La planta cuenta con un sistema de dosificación electrónica que garantiza una dosificación continua, segura y precisa de los químicos que requiere el agua para su adecuado tratamiento. El sistema de dosificación e inyección asegura una excelente dispersión de los químicos en el torrente de agua cruda.

El sistema de dosificación tiene un total de tres (3) unidades dosificadoras (Bombas tipo diafragma con tarjeta electrónica para aplicar los químicos requeridos).

Cada bomba tiene doble función para la cantidad de dosificación del químico, la normal permite dosificar desde cero (0) hasta 4 litros por hora y se emplea para dosificar volúmenes de químico entre 15 y 66 mililitros por minuto, mientras que la segunda función permite dosificar pequeñas cantidades de químico entre 2 y 15 mililitros por minuto.



El sistema de dosificación de químicos se encuentra automatizado, de tal forma que cuando se prende la bomba de agua de pozo, se encienden de inmediato las bombas dosificadoras. De forma contraria cuando, por ejemplo, se suspende el ingreso de agua cruda a la planta por efecto de que se llenó completamente el tanque de almacenamiento elevado, se apaga todo el sistema de dosificación, quedando en *stand by* y a la espera del nuevo ingreso de agua para tratar.

Se recomienda implementar la dosificación del coagulante IFM - FC-18 (Policloruro de Aluminio altamente catiónico) el cual es un potente coagulante que viene en presentación líquida, con densidad de 1,320 mgr/ml +- 0,005 y contenido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Oxido de Aluminio) del 21% mínimo.

Como Alcalinizante y AYUDANTE DE COLAGULACIÓN se debe aplicar FC-41 líquido, al 48% de pureza, con una densidad de 1.49 mgr/ml. +- 0,01.

Finalmente, se debe dosificar hipoclorito de sodio líquido con una densidad de 1.2 mgr/ml. +- 0,01. Con 15% de Cloro Activo. (El consumo aproximado de cloro es de 1 garrafa de

20 litros en 2 días. Es decir 10 litros de cloro/día).

El punto de dosificación del Coagulante, El Alcalinizante y El desinfectante se hace en las bandejas de la torre de aireación. Todos los tres (3) productos son conducidos desde la descarga de sus respectivas bombas por mangueras de polipropileno hasta la torre.

Las bombas dosificadoras son modelo VCO 1004 FC de tipo diafragma con tarjeta electrónica, que operan a 115 voltios, 60 Hz, con un consumo de potencia de máximo 24 vatios, su dosificación máxima es de 2 litros por hora (4 LPH o 66.6 LPM), a 145 PSI de presión. Amperaje 0.1 A.

Es importante resaltar que nuestro diseño permite que los productos que son líquidos se puedan aplicar en forma pura, sin necesidad de disolver en agua, lo cual evita los riesgos por quemaduras o daño permanente en la piel, los ojos y prendas de vestir.

#### 1.6.4. SISTEMA DE COAGULACIÓN O MEZCLA RÁPIDA

**COAGULACIÓN:** Es normalmente la tercera operación unitaria que se lleva a cabo dentro de la planta y consiste en mezclar los productos químicos con el agua cruda. El equipo de mezcla debe garantizar una homogenización total y una perfecta mezcla dentro de ciertos parámetros establecidos, según el tipo de Coagulación seleccionada, ya sea Coagulación por el método de Adsorción-Desestabilización o Coagulación por el método de Barrido.

El mezclador que se instaló en la planta es del tipo retromezclador Hidrociclón de funcionamiento totalmente hidráulico. El Equipo de mezcla rápida realiza la mezcla rápida empleando el sistema de Coagulación por Barrido, en donde el gradiente de mezcla es de 500 Seg.<sup>-1</sup> y el tiempo de retención hidráulica (TRH) esté comprendido entre 10 y 12 segundos. El equipo coagulador está fabricado en Resina Poliéster grado "Agua Potable" Reforzada con fibra de vidrio Tipo EC de alta resistencia a la luz solar y químicos como Cloro. Está ubicado en el centro superior del floculador mediante soportes metálicos en ángulo, auto soportado a los bordes libres del floculador. Sus especificaciones son:

Tipo	Hidrociclón.
Funcionamiento	Hidráulico 100%.
Alimentador Tangencial	3"
Mezclador Impulsor	3"
Gradiente de Mezcla	500 Seg. <sup>-1</sup>

#### 1.6.5. PROCESO DE FLOCULACIÓN

Se llama floculación al proceso u operación unitaria por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas (flocs) con peso específico superior al del agua. Es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas en el proceso de coagulación, chocan unas con otras para formar coágulos de mayor tamaño y peso. Dicho proceso se usa para:

- ✓ Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica.
- ✓ Remoción de color verdadero y aparente.
- ✓ Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación-floculación-sedimentación.
- ✓ Eliminación de algas y plancton en general.
- ✓ Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor.

En todo floculador se presentan dos tipos de floculación, la ortocinética y la pericinética. La primera es la inducida por la energía comunicada al líquido por fuerzas externas (paletas giratorias, energía cinética, por ejemplo). La segunda es la promovida, internamente dentro del líquido por el movimiento de agitación y remezcla que las partículas tienen (Movimiento Browniano). Ambos tipos de floculación son importantes, pero hoy en día se destaca la floculación pericinética de tipo hidráulico y, más aún, la pericinética de tipo aleatorio vertical.

La floculación toma entre 15 y 30 minutos de tiempo de retención hidráulica, dependiendo del tipo de floculador empleado. Normalmente, los floculadores empleados en plantas convencionales requieren de tiempos de retención hidráulica altos y siempre cercanos a 30 minutos, mientras que **los floculadores de las plantas de tecnología mixta requieren TRH tan solo de 12-15 minutos, esto debido a que en estos últimos los diseños incluyen gradiente variable continuo, de tipo flujo en pistón vertical y con floculación pericinética predominante.** Los gradientes varían desde iniciales de 500 Seg.<sup>-1</sup> hasta finales de 20 Seg.<sup>-1</sup>, esto en las plantas convencionales, mientras que en las de tecnología mixta los iniciales suelen ser iguales, pero los finales son ventajosamente más altos, del orden de 90 Seg.<sup>-1</sup>.

Para el caso nuestro, se seleccionó un floculador de funcionamiento totalmente hidráulico, de **gradiente variable continuo y no de gradiente escalonado como lo son los de las plantas convencionales.** Su flujo es vertical, de tipo pistón con floculación pericinética predominante, aumentada por efecto de la fuerza de gravedad (Flujo hacia abajo) versus flujo vertical (Flujo hacia arriba), lo que promueve la interacción y remezcla de los flóculos recién formados (pequeños) con los flóculos ya “maduros” (de mayor tamaño y peso). Las especificaciones básicas del floculador son:

Tipo	Lecho fluidizado
Modelo	Tolva piramidal vertical
Funcionamiento	Hidráulico 100%
Modelo	HIDROMIX-F-008
Flujo	Vertical tipo pistón
Floculación principal	Pericinética y Ortocinética
Altura total	2.80 m.
Ancho	2.0 m.
Sistema de desocupación	Bridado en 3” dotado con válvula mariposa
Sistema colector superior	Tipo DUPLEX canales en U.

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 18 de 35

Gradiente de transporte Final	20 Seg. <sup>-1</sup> dentro de canales en U.
Delta de Gradiente	Desde 450 hasta 20 Seg. <sup>-1</sup> antes de canales colectoras
Tiempo de retención hidráulica	19.5 minutos.
Eficiencia	>=98

El floculador cuenta en la parte superior con dos canales colectoras que recogen el agua floculada por equirepartición (recogen c/u igual cantidad de agua) y la envían al sedimentador. En resumen, la floculación se lleva a cabo en un floculador tipo reactor de lecho fluidizado de gradiente variable continuo.

### 1.6.6. PROCESO DE SEDIMENTACIÓN

La sedimentación es la operación unitaria mediante la cual los coloides agrupados en tamaños y pesos mayores (flocs) en el proceso de floculación, se separan y precipitan por acción de la fuerza de gravedad en el fondo de una o varias cámaras llamadas sedimentadores. La sedimentación se realiza siempre en forma totalmente hidráulica y se lleva a cabo principalmente reduciendo la velocidad y el gradiente del agua floculada.

La sedimentación en las plantas convencionales normalmente se realiza en varias unidades en sentido horizontal, lo que es poco eficiente. En las plantas compactas, normalmente, se realiza en sentido diagonal, lo que también es poco eficiente. Finalmente, en las plantas de tecnología mixta la sedimentación se realiza en flujo vertical tipo pistón, a través de módulos de sedimentación acelerada, que es el más eficiente sistema de sedimentación en la actualidad. Tanto así que las plantas convencionales están siendo reformadas para implementar este sistema de sedimentación acelerada.

Los sedimentadores de las plantas **convencionales** cuentan con tiempos de retención hidráulica del orden de 90 minutos o más, mientras que las plantas de tecnología **mixta** cuentan con TRH del orden de 40 a 45 minutos. Los gradientes que se manejan en ambas tecnologías de sedimentación son iguales y están en el orden de máximo 15 seg<sup>-1</sup>. Estas dos tecnologías también cuentan con sistemas de concentración de lodos y sistemas de extracción de los mismos, aunque son mucho más eficientes los de tecnología Mixta, ya que las paradas para limpieza son mínimas y de muy corta duración. Igualmente, cuentan con sistemas de distribución de agua floculada y sistemas de recolección de agua clarificada que garantizan equirepartición de flujos, lo cual asegura gran estabilidad en la operación de estas plantas.

Para el caso nuestro, se seleccionó un sedimentador de alta tasa, de tecnología mixta, de flujo vertical, tipo pistón, con sistema de módulos de sedimentación acelerada, sistema concentrador de lodos y sistema de alta eficiencia de extracción de lodos.

El sedimentador cumple con los siguientes requisitos:

- Tiempo de retención hidráulica neta 45 minutos.
- Altura total de 2.80 metros.

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 19 de 35

- Longitud total 3.30 m.
- Ancho total 1.6 m.
- Carga Hidráulica operacional  $85 \text{ mt}^3/\text{mt}^2/\text{día}$ .
- Carga Hidráulica de diseño  $90 \text{ mt}^3/\text{mt}^2/\text{día}$ .
- Gradiente en alimentación  $14 \text{ Seg}^{-1}$ .
- Tipo de Flujo entre módulos Laminar, Numero de Reynolds NR menor de 250.
- Sistema de Distribución de agua floculada, ubicado justo por debajo de los módulos de sedimentación acelerada, tiene un gradiente de  $14 \text{ Seg}^{-1}$ .
- Cuenta con cámara o zona de separación y sedimentación  $h= 0.60 \text{ m}$ .
- Cuenta con sistema y zona de concentración de lodos  $h= 0.6 \text{ m}$ .
- Cuenta con un sistema eficiente de extracción de lodos, tipo Flauta diámetro de 6" y orificios aspiradores de 1-1/4" de pulgada.
- Cuenta con sistema de sedimentación acelerada con una altura de módulos de sedimentación acelerada de 1.04 metros y un área de  $10.6 \text{ m}^2$ , los módulos son del tipo panel hexagonal plástico con inclinación a  $60^\circ$  y están fabricados en ABS no reciclado. Los módulos están soportados internamente sobre un sistema de vigas horizontales.
- Operación en Flujo tipo pistón.
- Flujo totalmente vertical.
- Cuenta con un sistema de recolección superior de agua clarificada que trabaja a tubos semillenos, que garantiza la recolección uniforme del agua clarificada.
- El sedimentador No presenta áreas ni zonas muertas en donde se estanque el agua clarificada

### 1.6.7. PROCESO DE FILTRACIÓN

La filtración en arena consiste en retener los pocos sólidos en suspensión, que, por su bajo peso, no fueron separados del agua en el proceso de sedimentación.

En general, se considera la filtración como el paso de un fluido a través de un medio poroso que retiene la materia que se encuentra en suspensión. En las principales instalaciones de filtración, como es el caso de las plantas convencionales, los filtros suelen ser abiertos, mientras los filtros cerrados suelen utilizarse en tecnología mixta, para instalaciones medianas y pequeñas (menores de  $300 \text{ m}^3/\text{hr}$ ).

En las instalaciones de filtración de las estaciones de tratamiento de agua, el medio poroso suele ser generalmente arena, arena + antracita y la materia en suspensión que está constituida por flóculos o microflóculos procedentes de la etapa anterior de sedimentación o bien formados expresamente cuando se sigue el proceso conocido como "micro floculación sobre filtro" o "filtración directa". Los filtros de estas instalaciones, generalmente, son abiertos, con velocidades de filtración entre 6 y  $15 \text{ m/h}$ , empleándose los filtros cerrados a presión en instalaciones pequeñas (menores de  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

El espesor de la capa de arena suele oscilar entre 0,6 y 1 m. y el tamaño efectivo entre 0.45 y 1 mm con un coeficiente de uniformidad entre 1,5 y 1,7. En el caso de lechos bicapa, el espesor de arena es 1/3 del total y sobre ella una capa de antracita de 2/3 del espesor total y talla efectiva entre 1,2 y 2,5 mm.

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 20 de 35

Realmente, el espesor y granulometría dependen de la velocidad de filtración, del tamaño y naturaleza de las partículas que van a ser retenidas y de la pérdida de carga disponible.

La tasa de filtración, para el caso de filtración rápida suele ser del orden de 3 – 6 gpm/pie<sup>2</sup>. (165 - 330 mt<sup>3</sup>/mt<sup>2</sup>/día).

Uno de los parámetros más indicativos del comportamiento del filtro es la turbidez del agua filtrada. Al comenzar el período de filtración, partiendo de un lecho filtrante limpio, hay un período inicial de tiempo, relativamente corto, conocido como "período de maduración", en el cual la turbidez del agua filtrada va disminuyendo hasta alcanzar un punto a partir del cual la turbidez se mantiene casi constante un período largo de tiempo, que dependerá de la altura de capa del lecho.

Continuando la filtración, se llegará a un punto a partir del cual la turbidez inicia un incremento, conociéndose este punto como el comienzo del "período de perforación" del lecho.

En el caso de un filtro la pérdida de carga indica el grado de dificultad que encuentra el agua a su paso a través de la arena, lo que nos sirve para hacer un seguimiento del estado de atascamiento del lecho de arena con el transcurso de tiempo de filtración. Al construir los filtros se fija la pérdida de carga máxima a la que podrá llegarse, y deberá ser tal que, el tiempo que tarda en alcanzarse sea igual o ligeramente inferior al tiempo al cabo del cual se alcanzará la perforación del lecho, de esta forma se aprovecha el atascamiento de la casi totalidad de la altura del lecho de arena previsto.

En el caso de plantas convencionales, para conseguir una tasa o velocidad de filtración constante, se pueden utilizar filtros que operan a nivel constante, con regulación aguas arriba y abajo mediante flotadores, válvulas de mariposa o sifones, o bien, emplear filtros de nivel variable, en los cuales, este nivel va aumentando a medida que aumenta la pérdida de carga como consecuencia del atascamiento o colmatación del lecho filtrante.

Llegado el momento de la máxima pérdida de carga de alguno de los filtros que forman la instalación, se interrumpe la entrada de agua a filtrar y se procede al lavado a contracorriente, que consta de tres fases: 1) Esponjamiento del lecho con aire a baja presión (entre 30 y 60 segundos), 2) Lavado con aire y agua (entre 3 y 6 minutos) y 3) Aclarado con agua (entre 12 y 7 minutos).

En el caso de plantas de tecnología mixta se emplean filtros cerrados que trabajan a presión por columna de agua o presión suministrada por una bomba cuando es necesario el rebombeo a un tanque elevado. Nunca requieren de aire en el proceso de retrolavado, pues su sistema de lavado es de alta carga. Para el caso nuestro, la filtración será realizada en filtros a presión.

Se requiere de una batería de tres (3) filtros que operen fuera de la planta a presión. Los filtros son fabricados en lámina metálica calibre 1/4" ASTM A-36. Contienen cada uno 1200 kilos (24 bultos x 50 kilos) de arena cuarzo malla 8-12 y 20-40.

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 21 de 35

Los filtros tienen las siguientes especificaciones:

- Filtro tipo VERTICAL.
- Flujo descendente a presión.
- Tasa de filtración 3.2 galones por minuto por pie<sup>2</sup>.
- Número total de filtros tres (3).
- Diámetro de cada filtro: 54 pulgadas.
- Longitud costado recto 39 pulgadas.
- Montados sobre cuatro soportes.
- Entrada y salida de cada filtro 3".
- Dotados con válvula de desaireo tipo ventosa de 1" y tapón de desagüe de 2.5".
- Dotados con tubería cabezal de agua de alimentación en 3".
- Dotados con tubería cabezal de agua de retrolavado en 3".
- Dotados con tubería cabezal de agua filtrada en 3".
- Dotados c/u con válvulas de 2.5" bridadas tipo para las operaciones de filtrado y retrolavado.
- Cada filtro debe ser retrolavado según Norma RAS, con agua filtrada proveniente de los otros filtros.

#### **SISTEMA DE FILTRACIÓN POTABILIZADORA UNILLANOS LECHO FILTRANTE:**



Los filtros están cargados cada uno con 34 BULTOS de arena cuarzo, es decir, 1700 kilos

c/u, de dos tipos diferentes de arena tipo cuarzo con coeficiente de uniformidad de 1.45, el primero es arena malla 8-12, con una altura de capa de 0.35 m., sobre esta se carga con arena malla 20-40 con un espesor 0.60 m. para obtener grado de microfiltración.



Interior de los filtros



Llenado con grava y arena de los 3 filtros

Especificaciones de llenado de gravas y arenas sílices en los filtros de la PTAP.

FILTROS DE ARENA	
1/2-1/4	0,2 m
1/4-1/8	0,05 m
8-14	0,05 m
14-20	0,15 m
20-30	0,3 m

### **SISTEMA DISTRIBUIDOR Y SISTEMA COLECTOR INTERNO:**

Cada filtro tiene un sistema distribuidor interno, que consta de cuatro distribuidores fabricados en polipropileno.



## 2. APLICACIÓN DE PRODUCTOS

Para el adecuado tratamiento del agua se requiere la aplicación de tres (3) productos químicos, damos como recomendación las siguientes dosis guía:

**El primer** producto es el ALCALINIZANTE – COAGULANTE FC-41 que es el encargado de aumentar la alcalinidad del agua y, por ende, su pH, y que simultáneamente sirve como coagulante al contener en su formulación una sal de Aluminio. Se debe dosificar en forma líquida pura tal como viene en la garrafa original.

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 24 de 35

Las dosis guía recomendadas están entre 5 y 10 gramos por metro cúbico de agua a tratar (ppm).

**El segundo** producto es el DESINFECTANTE – HIPOCLORITO DE SODIO LIQUIDO, que es el encargado de DESINFECTAR el agua cruda. Este producto se debe dosificar en forma pura. Las dosis guía recomendadas están entre 8 y 15 gramos por metro cúbico de agua a tratar (ppm). Para determinar la dosis exacta de cada producto se recomienda llevar a cabo el siguiente procedimiento: Realiza las PRUEBAS DE JARRAS de rigor para evaluar la dosis de coagulante y demás productos. Determine parámetros de alcalinidad, pH y Cloro libre en la prueba de jarras.

**El tercero** de ellos es el COAGULANTE FC-18 líquido, que es el encargado de COAGULAR el agua y los coloides eliminando la turbidez, color y el Hierro presente en ella, este producto también contribuye a la remoción de color y bacterias. El FC-18 se debe dosificar en forma líquida pura, tal como viene en la garrafa original de 5 galones o 15 galones. Las dosis guía recomendadas están entre 15 y 35 gramos por metro cúbico de agua a tratar (ppm).

## METODO DE AJUSTE DE DOSIS DE PRODUCTOS

Se debe seguir el ajuste de la dosificación de químicos en el siguiente orden:

1.- HIPOCLORITO DE SODIO LIQUIDO (Oxidante-Desinfectante): Se debe ajustar, primero, la dosificación del Hipoclorito, por lo tanto, inicie primero la dosificación de este producto aplicando la dosis guía inicialmente. Verifique que la bomba dosificadora este encendida, observando que la luz (Led) de energizado este prendida. Asegúrese de Mantener el residual de Cloro libre del agua en el mezclador hidrociclón entre 1.5 y 2.0 partes por millón (ppm). Esta medición se debe hacer vía química, empleando el Kit comparador método preferiblemente DPD o en su defecto método ortotolidina, siga las instrucciones de manejo del Kit. Si la lectura es menor de 1.5 ppm, es decir, que hay poco residual de Cloro, aumente ligeramente la dosis de Hipoclorito en la bomba dosificadora girando hacia la derecha, en sentido de las manecillas del reloj un mínimo desplazamiento la perilla; en caso contrario, si el residual de Cloro es alto, mayor de 2.0 partes por millón, disminuya la dosis ligeramente.



2.- IFM-FC-41 (Alcalinizante-Coagulante): Se debe mantener una alcalinidad del agua tratada después de filtros entre 50 y 70 mgr/lt. El pH del agua coagulada entre 7.2 y 7.4 Esta medición se debe hacer con el medidor de pH o Use el Kit para determinación de pH vía colorimétrica ROJO FENOL, no olvide lavarlo varias veces antes de usarlo. Si la lectura de pH es menor de 7.2 o la de alcalinidad menor de 50 mgr/lt. Aumente ligeramente la dosis de FC-41 girando hacia la derecha, en sentido de las manecillas del reloj un mínimo desplazamiento la perilla de la bomba dosificadora; en caso contrario, si el pH es alto, mayor de 7.6 o la alcalinidad es mayor de 80 mgr/lt., disminuya la dosis girando hacia la izquierda en sentido contrario a las manecillas del reloj un mínimo desplazamiento la perilla de la bomba dosificadora de FC-41.

3.- IFM-FC-18 Policloruro de Aluminio: Una vez ajustadas las dosis de los dos primeros productos, Hipoclorito de Sodio y Policloruro, se debe ajustar la dosis del Policloruro de Aluminio observando la apariencia del agua floculada, teniendo en cuenta el siguiente criterio: Sí los flóculos formados en el floculador se suben y forman una capa flotante, existe una sobredosis del producto y se hace necesario la disminución del mismo en la bomba dosificadora. Sí el agua es turbia y los flóculos no se forman o son demasiado pequeños, falta producto, por lo que se debe aumentar la dosis. En determinadas ocasiones, cuando se agrega en exceso el coagulante, tampoco se forman los flocs. También se puede emplear un recipiente de vidrio, tomando una muestra de agua en el mezclador hidrociclónico y agitándola en forma circular por 30 a 60 segundos para luego observar si hay o no formación de flocs.

Es muy frecuente que cuando se arranca el pozo después de que éste ha permanecido parado por más de 24 horas, la calidad del agua cruda varíe significativamente a las pocas horas de haber sido prendido, por lo que es recomendable estar muy atentos con las dosis de los tres productos para ajustarlas en cuanto sea necesario

### 3. ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA

#### PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA

**ADVERTENCIA:** Todas las válvulas deben, obligatoriamente, ser manipuladas lentamente, ninguna válvula puede ser cerrada o abierta en forma rápida e intempestiva.

1. Verifique que haya suficiente cantidad de los tres (3) productos químicos instalados en la succión de las bombas dosificadoras. De no ser así, reemplace la garrafa que esté por acabarse por una llena.
2. Drene los lodos sedimentados en el fondo del sedimentador de la planta abriendo la válvula de 6", de descarga de lodos, observe el agua y deje la válvula abierta hasta que el agua se torne clara. Proceda a cerrar completamente la válvula de lodos. Cíerrela lentamente. Verifique que llegue al tope.
3. Verifique que todos los Selectores del tablero de control de la planta de potabilización estén en posición AUTO. A) Pozo, B) Bomba de Filtración y C) Bombas dosificadoras.



4. Verifique que las tres fases de corriente que alimentan el tablero eléctrico estén energizadas, mediante el selector VOLTIMETER, girando hacia la izquierda este selector de OFF a RS, ST y TR, todas tres deben mostrar en el Voltímetro Análogo 220 – 230 voltios.
5. Verifique que las tres fases de corriente que alimentan el tablero eléctrico estén energizadas, mediante el selector VOLTIMETER, girando hacia la derecha este selector de OFF a RN, TN y SN, todas tres deben mostrar en el Voltímetro Digital 110 -115 voltios.

6. Verifique que todas las válvulas de mariposa requeridas para envío de agua al tanque de almacenamiento, tanto de la planta, como de los tres filtros y las válvulas finales de envío de agua a tanque de almacenamiento, estén abiertas.
7. Si las bombas dosificadoras de químicos se prendieron, cébelas, de lo contrario en el tablero de control eléctrico de la planta de agua, colóquelas en manual una a una y cebe (Sacar las burbujas de aire de la manguera de succión) las tres bombas dosificadoras, poniendo en posición manual (MAN) el selector de las tres bombas dosificadoras, abriendo los grifos de purga de cada una de las bombas dosificadoras, no olvide verificar que las mangueras de retorno de los grifos estén retornando cada químico a su respectiva garrafa. No olvide cerrar nuevamente los grifos de cebado. Apague nuevamente las bombas dosificadoras y déjelas en posición AUTO.
8. Afore el caudal de dosificación actual de cada una de las bombas dosificadoras para establecer cuantas partes por millón o mgr/lit de cada producto se están aplicando.
9. La bomba dosificadora N<sup>o</sup>. 1, ubicada al extremo izquierdo, que dosifica el FC-41, debe estar regulada entre la escala 10-20% DE CANTIDAD DE DOSIFICACIÓN. Se deberá ajustar la cantidad de FC-41 para que el pH del agua en el equipo de mezcla rápida sea de mínimo 7.2 y máximo 7.50, para el caudal de 10 LPS.
10. La bomba dosificadora N<sup>o</sup>. 2, ubicada en el centro, es la dosificadora del Hipoclorito de Sodio, debe estar regulada entre la escala de % DE CANTIDAD DE DOSIFICACIÓN. La cantidad de Hipoclorito se ajusta verificando el residual de Cloro Libre que da agua filtrada, el cual debe estar en el rango de un residual de 1.0 ppm (partes por millón).
11. La bomba dosificadora N<sup>o</sup>. 3, ubicada en el extremo derecho, es la que dosifica FC-18. Se debe ajustar la cantidad de FC-18 para que la FLOCULACIÓN SEA ADECUADA (Formación de Floccs con buen peso y tamaño).
12. Inicie la alimentación de agua cruda a la planta de potabilización, energizando el tablero de control. Verifique que el selector de esta bomba de pozo profundo esté en posición automático.
13. Verifique que llega agua a la torre de aireación.
14. Ajuste el caudal de entrada a la planta en máximo 10 LPS. Ajuste el caudal del pozo. Para ajustar ese caudal se debe manipular el tablero, si este no funciona utilice la válvula de bronce de 3" regulando el caudal de tal forma que el reloj con manecilla roja del micromedidor dé una vuelta completa en 12 segundos.
15. Una vez se permite el ingreso de agua cruda a la planta de tratamiento de agua, verifique el buen funcionamiento de las bombas dosificadoras.
16. Si el caudal del pozo varía por algún ajuste que se haya hecho en la bomba del pozo, realice las pruebas de rigor, como prueba de jarras, para establecer y ajustar las dosis de los químicos.
17. Compruebe que el pH del agua en el equipo de mezcla rápida (hidrociclón) este entre 7.2 y 7.5.
18. Compruebe que el residual de Cloro en el agua del equipo de mezcla rápida este entre 1.5 y 2 ppm (partes por millón).
19. Transcurridos 15 minutos verifique visualmente en la parte alta del FLOCULADOR, observe con detenimiento el agua que asciende en la parte alta del FLOCULADOR hacia las CANALES COLECTORAS CON ORIFICIOS, debe apreciarse claramente la formación de Floccs (partículas pequeñas de un tamaño aproximado de entre 1 y 2 milímetros). Si no se alcanzan a apreciar los floccs verifique el pH del agua floculada, debe estar entre 7.2 y 7.5, sino es así corrija el pH aumentando o disminuyendo la cantidad de FC-41 (Girando 1/2 unidad el DIAL DE DOSIFICACIÓN DE CANTIDAD de la bomba

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 28 de 35

dosificadora Bomba Dosificadora respectiva. Espere 5 minutos y vuelva a leer el pH. Repita este procedimiento hasta dejar el pH en su rango. Si aún no se han formado los Flocs aumente la dosis de coagulante (Girando 1/2 unidad el DIAL DE DOSIFICACIÓN DE CANTIDAD de la bomba dosificadora de FC-18) en la Bomba Dosificadora respectiva, hasta que se formen adecuadamente en tamaño y densidad. Si por alguna circunstancia se forma una nata sobre el agua en la parte alta del FLOCULADOR esto quiere decir que hay un exceso de COAGULANTE FC-18, por lo que se debe disminuir la cantidad de este producto modificando la dosis del mismo en su bomba correspondiente.

**20.** Transcurridos 60 minutos verifique visualmente en la parte alta del SEDIMENTADOR LA APARIENCIA DEL AGUA CLARIFICADA, observe con detenimiento el agua que asciende en la parte alta del SEDIMENTADOR hacia las FLAUTAS PERFORADAS, deben apreciarse cristalina o muy ligeramente turbia.

**21.** Mantenga abierta la válvula de desocupación del tanque de equilibrio hasta que la planta se estabilice y todos los parámetros como Cloro Libre, pH, Color, Hierro y Turbidez cumplan la norma

**22.** Verifique que estén abiertas las válvulas de mariposa que permite el trasiego de agua desde el tanque de equilibrio de la planta, pasando por la bomba de filtración y hasta los filtros y el tanque de almacenamiento elevado.

**23.** Proceda a lavar los tres filtros si se requiere, siguiendo el procedimiento de lavado de filtros (Ver más adelante).

**24.** Terminado el proceso de lavado de filtros, déjelos en servicio nuevamente.

**25.** Transcurrida una hora de operación realice un análisis al agua tratada: pH, Alcalinidad, Turbidez, Color, Hierro y demás análisis de rigor.

**26.** Actúe según el caso corrigiendo el parámetro que este fuera de control.

**27.** Una vez estabilizados todos los parámetros como Cloro Libre de 1.5 ppm, pH de 7.2 a 7.5 y excelente formación de Flocs, la planta estará completamente estabilizada.

**28.** Inicie el llenado del tanque elevado cerrando la válvula de desagüe del tanque de equilibrio.

**29.** Verifique el nivel de llenado del tanque de almacenamiento de agua.

**30.** Monitoree cada 15 minutos los parámetros de control (pH y Cloro Libre) durante las tres primeras horas.

**31.** Verifique luego cada 4 horas parámetros de control.

**32.** Realice las pruebas de jarras, si es preciso, para hacer los ajustes en dosificación de químicos.

**33.** Transcurridas 10 Horas realice una purga de lodos abriendo las válvulas de 6”.

**34.** Realice el lavado de filtros cuando sea preciso.

#### **4. OPERACIÓN DE FILTRACION Y RETROLAVADO DE LOS FILTROS**

La operación normal de los filtros es el filtrado continuo de agua desde el tanque de equilibrio de la planta hasta el tanque de almacenamiento elevado, para lograr esto se deben dejar abiertas la válvula de succión y descarga de la bomba de filtración, las válvulas de Filtrado de cada filtro (Válvulas N°. 1 y la válvula N°. 3) e, igualmente, la válvula totalizadora de 4”, de envío a tanque elevado de almacenamiento; y se deben dejar cerradas las válvulas N°. 2 de la derecha de cada uno, es importante dejar desairear completamente cada filtro, esta operación se realiza en forma completamente automática, estando en proceso de filtrado a tanques. Recuerde que las válvulas N°3 inferiores de los

filtros siempre deben permanecer abiertas, aún en proceso de lavado.



Nota: En la imagen podemos ver las llaves en funcionamiento

RETROLAVADO									
	Llaves Filtro 1			Llaves Filtro 2			Llaves Filtro 3		
Retrolavado Filtro 1	1:C	2:A	3:A	1:A	2:C	3:A	1:A	2:C	3:A
Retrolavado Filtro 2	1:A	2:C	3:A	1:C	2:A	3:A	1:A	2:C	3:A
Retrolavado Filtro 3	1:A	2:C	3:A	1:A	2:C	3:A	1:C	2:A	3:A

A: Abierto, C: cerrado

- ✓ Nota: posición de las llaves para hacer retrolavado, se debe cerrar la llave de paso al tanque elevado
- ✓ El sistema de filtración está constituido por tres (3) filtros a presión fabricados en lámina metálica calibre 1/4", y contienen internamente arena de varios tamaños y calidades especiales, la cual es la encargada de retener las partículas en suspensión que, eventualmente, pueda arrastrar el agua sedimentada (clarificada), por lo que a medida que operan los filtros se va formando internamente una capa de suciedad sobre la superficie superior de la arena, lo que hace que en el proceso de filtrado, la calidad del agua se deteriore y, por lo tanto, se requiere de un procedimiento de lavado.
- ✓ El proceso de lavado o retrolavado de los filtros se debe realizar cuando la calidad final de agua tratada que se envía a tanque de almacenamiento elevado disminuye o cada vez que el tanque de equilibrio de la planta incrementa su nivel hasta un 80%. Esto indica que los lechos filtrantes de los filtros están saturados y es necesario realizar el

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 30 de 35

proceso de retrolavado.

### **LAVADO DE FILTROS:** (Vea los esquemas y diagramas de lavado de filtros)

El proceso de lavado de los filtros debe hacerse siempre y cuando la planta esté operando en forma correcta.

El procedimiento para lavar los filtros es el siguiente:

1. Verifique que el tanque de equilibrio tenga por lo menos un 70% de llenado de agua. De no ser así, permita que el nivel del tanque de equilibrio suba.
2. Apague la bomba de filtración que este en línea.
3. Cierre la Válvula Totalizadora de 4" ubicada sobre la línea de salida de filtros de envío de agua tratada a tanque de almacenamiento elevado.
4. Proceda a lavar los filtros en orden numérico ascendente, siendo el N°.1 el ubicado más cerca de la bomba de filtración (a la izquierda mirando de frente los filtros), luego proceda en forma secuencial lavando el N°. 2 ubicado en la mitad de los filtros y el N°. 3 ubicado al lado derecho de frente a los filtros.
5. Lave siempre primero el filtro N°. 1 así:
6. Apague la bomba de filtración.
7. Abra la válvula frontal N°. 2 de la derecha del filtro N°. 1 y luego cierre la válvula frontal N°. 1 de la izquierda de este filtro.
8. Encienda la bomba de filtración.
9. Diríjase a la caja de desagüe y observe el agua de lavado que sale allí, inicialmente sale cristalina, pero a los 30 segundos se ensucia y enturbia, espere hasta que el agua en la caja aclare completamente. Se estima que en máximo 4 minutos debe aclarar el agua.
10. Apague la bomba de filtración.
11. Proceda a lavar el filtro N°. 2 en igual forma que el filtro N°1. No olvide abrir la válvula de la izquierda del filtro N°. 1 y cerrar la válvula de la derecha del filtro N°. 1, para dejar en operación de filtrado este filtro N°. 1. Cierre la válvula de la izquierda del filtro N°. 2, abra la válvula de la derecha del filtro N°. 2.
12. Encienda la bomba de filtración y deje lavar este filtro N°. 2.
13. Diríjase a la caja de desagüe y observe el agua de lavado que sale allí, inicialmente sale cristalina, pero a los 30 segundos se ensucia y enturbia, espere hasta que el agua en la caja aclare completamente. Se estima que en máximo 4 minutos debe aclarar el agua.
14. Apague la bomba de filtración.
15. Proceda a lavar el filtro N°. 3 en igual forma que los filtros N°. 1 y N°. 2. No olvide abrir la válvula de la izquierda del filtro N°. 2 y cerrar la válvula de la derecha del filtro N°. 2, para dejar en operación de filtrado este filtro N°. 2. Abra la válvula de la derecha del filtro N°. 3, cierre la válvula de la izquierda del filtro N°. 3.
16. Encienda la bomba de filtración y deje lavar este filtro N°. 3.
17. Diríjase a la caja de desagüe y observe el agua de lavado que sale allí, inicialmente sale cristalina, pero a los 30 segundos se ensucia y enturbia, espere hasta que el agua en la caja aclare completamente. Se estima que en máximo 4 minutos debe aclarar el agua.

18. Apague la bomba de filtración.
19. No olvide abrir la válvula de la izquierda del filtro N°. 3 y cerrar la válvula de la derecha del filtro N°. 3.
20. Abra la válvula Totalizadora de 4" ubicada sobre la línea de salida de filtros de envío de agua tratada a tanque de almacenamiento elevado, para permitir el normal filtrado del agua este tanque.
21. Verifique que todas las válvulas estén en su adecuada posición para filtrado normal.
22. Encienda la bomba de filtración.

**5. OPERACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA**

Una vez la planta haya sido estabilizada completamente se deben hacer los siguientes controles:

- ✓ Se debe estar verificando el nivel y cantidad de productos químicos existente y de necesitarse se deben reponer los productos químicos que se agoten.
- ✓ Se deben realizar análisis por lo menos una vez en el turno, de Hierro, Turbidez y Color en el agua cruda y tratada, pH, Alcalinidad. Estos resultados se deben registrar en el libro record (Bitácora).
- ✓ Se debe verificar la apariencia y estado del agua cruda que ingresa a la planta y el agua clarificada arriba en sedimentador de la planta (Color y Turbidez) con el fin de hacer los ajustes correspondientes.
- ✓ Por lo menos una vez al día se debe realizar purga de lodos del sedimentador mediante la apertura completa de la respectiva válvula de 6" extracción de lodos de fondo.
- ✓ Se debe realizar el retrolavado de los filtros por lo menos cada 48 horas, incluso si el tanque de equilibrio no muestra acumulación de agua o incremento de nivel. Esto se hace con el fin de evitar que la arena de los filtros se apelmace o forme zonas internas sin flujo de agua.
- ✓ Se debe verificar todos los días, a primera hora, la adecuada operación de las bombas dosificadoras, observando una a una para comprobar que sí están dosificando los químicos correspondientes en forma adecuada.
- ✓ Se deben enviar muestras de agua tratada cada semana a un laboratorio certificado para análisis fisicoquímico requerido.

**6. MANTENIMIENTO GENERAL**

Para asegurar una adecuada operación de la planta y prolongar la vida útil de los equipos y de la planta, recomendamos realizar el mantenimiento que se describe a continuación:

Cada 15 días	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben destapar los orificios de las bandejas de la torre de aireación, para evitar la pérdida de flujo hidráulico.</li> <li>• Nunca debe operarse la planta si hace falta alguna de los productos químicos.</li> <li>• Nunca debe operarse la planta si no hay operador.</li> </ul>
--------------	---

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 32 de 35

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada mes se deben limpiar manualmente las bombas dosificadoras de químicos, tanto en las válvulas de pie, líneas de succión como de descarga y sus respectivas mangueras.</li> </ul>
Cada tres (3) meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe hacer lavado completo interior del Sedimentador.</li> </ul>
Cada seis (6) meses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben vaciar y lavar completamente el Floculador.</li> <li>• Se debe hacer lavado interior del tanque de equilibrio de la planta.</li> </ul>
Cada año (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe hacer mantenimiento a las bombas dosificadoras.</li> <li>• Se debe bajar y lavar la totalidad del <i>pall ring</i>'s de la torre de aireación y se debe cambiar si está fracturado.</li> </ul>
Cada tres (3) años	Se debe cambiar la totalidad de la arena de los filtros.
Cada cuatro (4) años	Se debe retocar la pintura exterior e interior de la planta y los filtros.

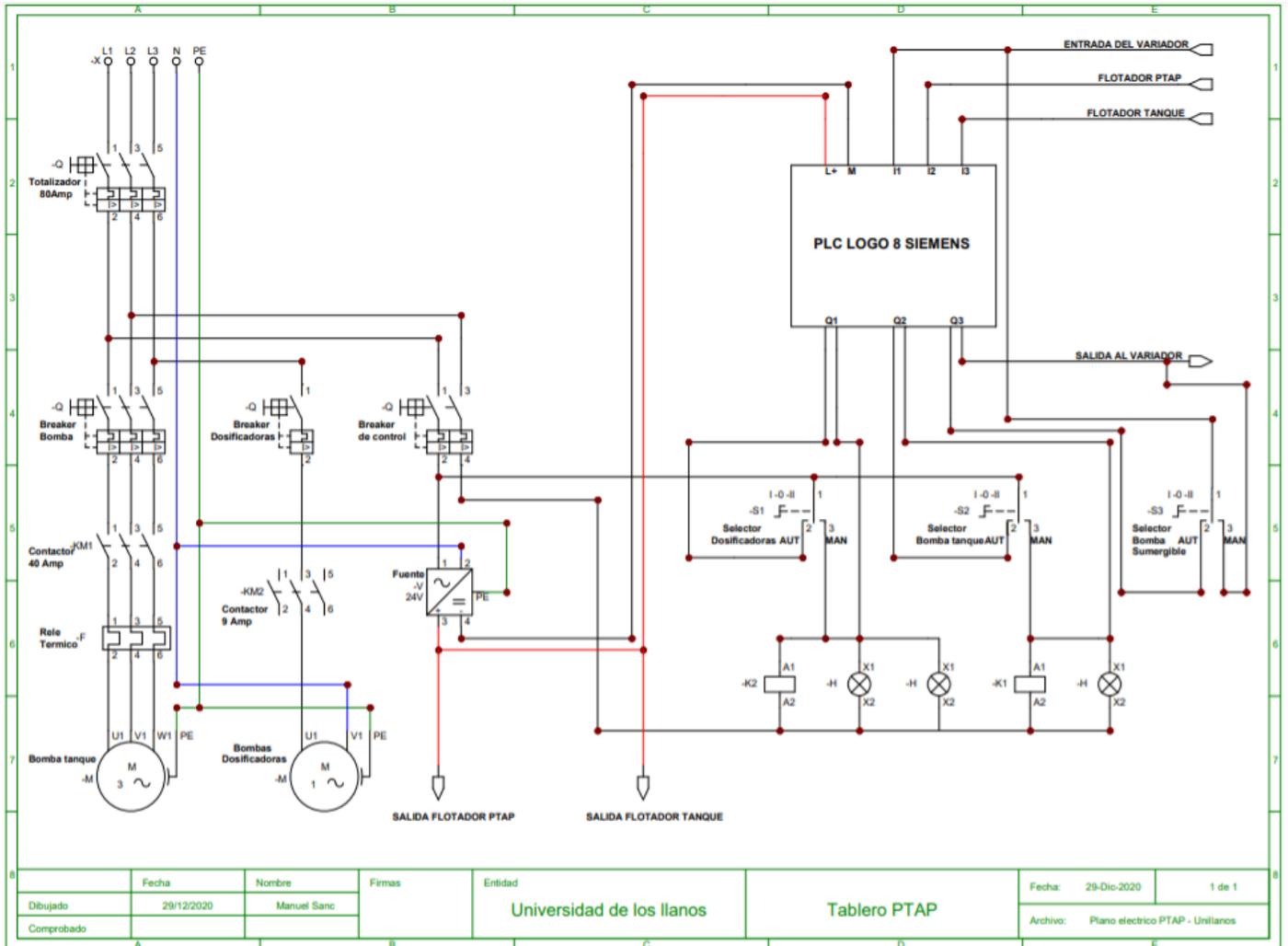
**ADVERTENCIAS:** Se deben seguir las siguientes recomendaciones si se quiere operar el sistema adecuadamente y así evitar los problemas futuros:

- La planta requiere que el caudal de agua del pozo sea siempre el mismo (10 lps); de no ser así, la planta no operará bien y la calidad del agua tratada no será apta para consumo humano.
- Para poder operar la planta adecuadamente se deben tener los equipos mínimos de laboratorio para el respectivo control de calidad de agua y monitoreo y control de la operación, como son: colorímetro, medidor de pH vía indicador rojo fenol, kit para determinación de cloro método DPD, kit para determinación de hierro total y disuelto.
- La planta debe ser operada preferiblemente por personal calificado con título de operador de planta u otro similar expedido por entidad reconocida por el Ministerio de Salud. En su defecto, se puede capacitar personal por espacio de mínimo 72 horas mediante sesiones teórico-prácticas.
- La planta mientras opera **no puede ser descuidada** en ningún momento, por lo que se recomienda, si se va a operar por más de 8 horas, tener al menos dos (2) turnos diferentes para que la planta esté siempre controlada por personal capacitado.
- La planta no debe ser operada si falta alguno de los químicos necesarios para su adecuada tratabilidad. Siempre se tiene que operar con todos los químicos, de lo contrario el agua tratada no será potable e incluso puede ser agresiva y perjudicial para seres vivos. Igualmente, se producirán manchas e incrustaciones permanentes en las paredes internas de la planta, especialmente el sedimentador, tanque de equilibrio, tuberías, módulos de sedimentación acelerada, etc. También puede sufrir deterioro irreversible el lecho filtrante de los filtros.
- Se deben realizar con frecuencia controles de calidad (análisis) por parte de un laboratorio de análisis certificado e independiente. Los parámetros que se deben analizar son: pH, color, hierro total y disuelto, cloro libre, alcalinidad, conductividad y microbiológico completo.
- La mala operación de la planta e indebida manipulación de sus equipos ocasiona la pérdida inmediata de garantía de los mismos.

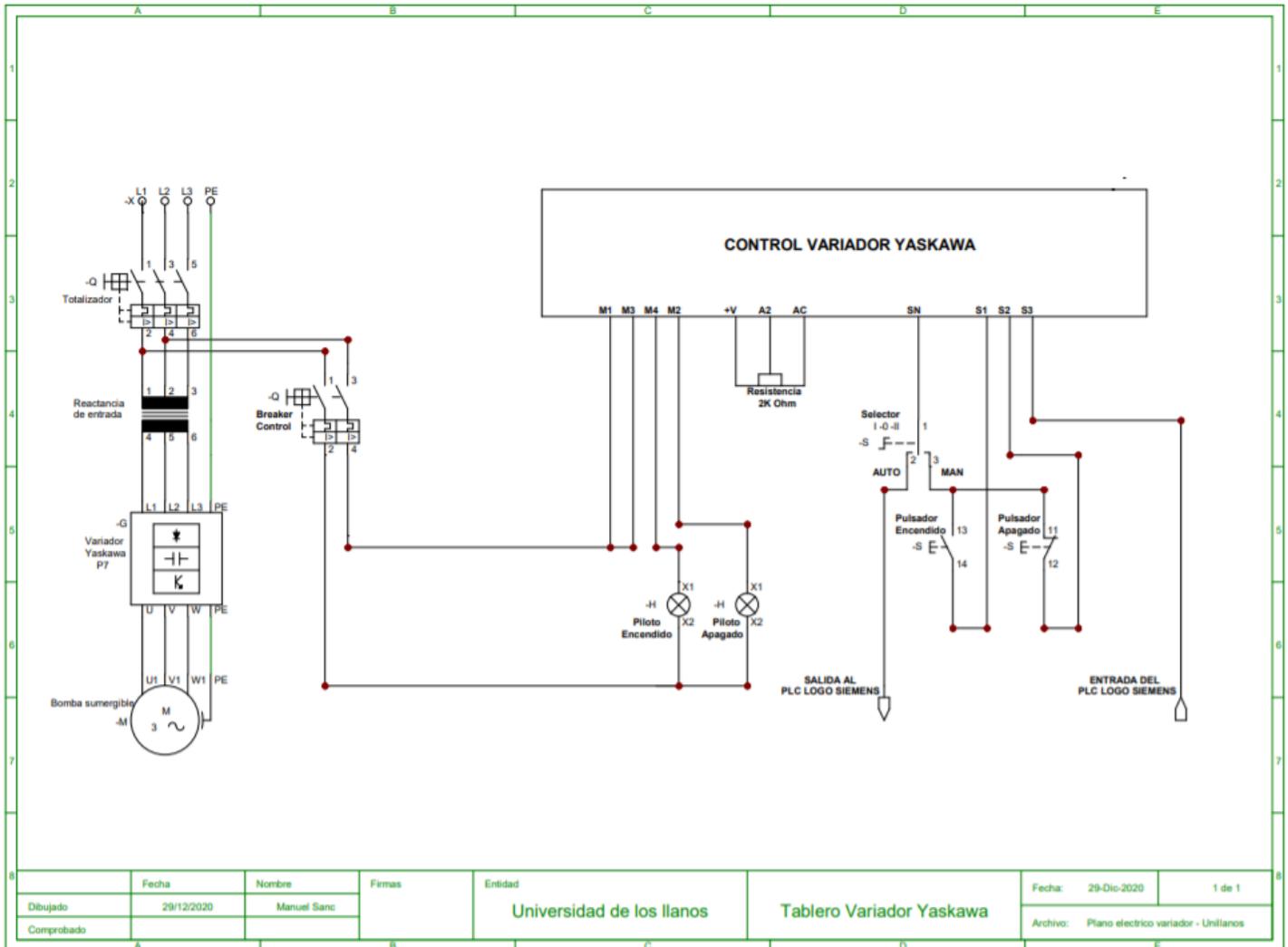
 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS®</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-03	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 19/04/2021	<b>Página:</b> 33 de 35

## 6. ANEXO

### 6.1 Plano unifilar del tablero de control de la planta de tratamientos de agua potable



6.2 Plano unifilar de la bomba sumergible tipo lapicero.



## 7. CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Cambios	Elaboró/Modificó	Revisó	Aprobó
01	19/04/2022	Documento nuevo.	Laura X. Palma <i>Prof. Apoyo Ambiental</i>	Laura V. Hernández <i>Prof. Apoyo Ambiental</i>	Samuel Betancur <i>Asesor de Planeación</i>