

# FICHA TÉCNICA

Planta de Tratamiento de Agua Potable

**MUNICIPIO DE GUALAMATÁN**

**NARIÑO**

**PRESENTADO POR:**



**MEDELLÍN, Agosto de 2015**

## **Contenido**

1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) PROPUESTO PARA EL MUNICIPIO DE GUALMATÁN .....	3
2. DIAGRAMA DE PROCESO (PFD) PROPUESTO PARA LA PTAP PARA EL MUNICIPIO DE GUALMATÁN .....	3
3. PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO .....	4
3.1. PROCESO DE OXIDACIÓN .....	4
3.2. DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS .....	5
3.2.1. Chequeo de gradiente hidráulico de mezcla rápida en tubería (adición de químicos) 5	
3.3. FLOCULACIÓN SEDIMENTACIÓN (TIPO MANTO DE LODOS “FSML”) .....	6
3.3.1. Caudal de diseño.....	6
3.3.2. Tiempo de detención hidráulico .....	6
3.3.3. Carga superficial de sedimentación (CS).....	7
3.3.4. Tiempo mínimo de floculación y gradiente .....	7
3.4. FILTRACIÓN DESCENDENTE.....	11
3.4.1. Chequeo de la unidad de filtración.....	11
✓ <b>Caudal de diseño (Q)</b> .....	11
✓ <b>Tasa de filtración asumida</b> .....	11
✓ <b>Área total de filtración (At)</b> .....	12
3.5. TANQUE DE CONTACTO (DESINFECCIÓN) .....	12
Con base en los dos parámetros de control calculados anteriormente, se asume un tanque con un volumen de 10.000 litros, el cual garantiza el volumen necesario para llevar a cabo el proceso de lavado y garantiza el tiempo de contacto para un adecuado proceso de desinfección.....	
	13

## 1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) PROPUESTO PARA EL MUNICIPIO DE GUALMATÁN

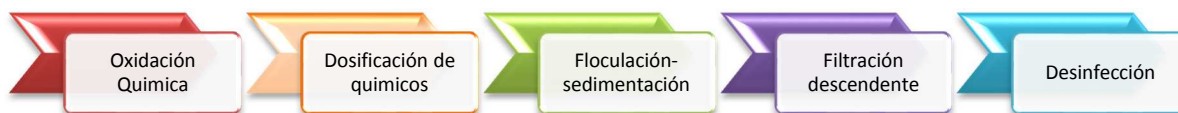
La planta de tratamiento de manera general, consiste en una planta de procesos convencionales; este tipo de sistemas, brinda la posibilidad de obtener agua potable, con gran confiabilidad, este tipo de sistemas de potabilización de aguas, son ideales para abastecer a comunidades medianas y grandes.

Este tipo de sistemas, consisten de manera general en un proceso convencional el cual se enfoca en remoción de sólidos suspendidos y algunos coloides presentes en el agua cruda y una desinfección que garantice eliminación de material patógeno; este tipo de sistemas se considera un sistema capaz de sortear altos desequilibrios o baja calidad en la fuente de suministrado que alimenta el sistema. Para potabilizar a este tipo de aguas, se presenta un sistema de tratamiento que de forma general consiste en:

- ✓ Tanque de oxidación y precipitación química
- ✓ Floculador sedimentador de manto de lodos (FSML)
- ✓ Filtración descendente en arena y antracita
- ✓ Desinfección
- ✓ Tanque de almacenamiento de contacto

## 2. DIAGRAMA DE PROCESO (PFD) PROPUESTO PARA LA PTAP PARA EL MUNICIPIO DE GUALMATÁN

Para llevar a cabo el tratamiento del agua cruda que ingresará al proyecto **PTAP GUALMATÁN**, se propone un sistema fisicoquímico, el diagrama de procesos PFD será:



**FIGURA N° 1. Esquema general PFD del sistema de tratamiento de agua potable**

### 3. PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO

Para efectos de poder tener un análisis general de la planta de tratamiento, a continuación se describe brevemente cada uno de estos procesos y se incluyen las especificaciones hidráulicas principales que sirvieron para el cálculo de las unidades principales.

#### 3.1. PROCESO DE OXIDACIÓN

Las aguas crudas que alimentarán a la PTAP, cuentan desde su origen con la presencia de hierro ( $> 1.2 \text{ mg/l}$ ) y un alto color aparente ( $> 100 \text{ UC}$ ), y una baja turbiedad ( $< 15 \text{ NTU}$ ); esto induce a que sea necesario un proceso fisicoquímico previo, éste deberá permitir convertir las sustancias inorgánicas y orgánicas generadoras de color en sustancias químicas inofensivas (precipitados); se deberá en otras palabras oxidar las sustancias, con el objetivo de no generar impactos negativos sobre los procesos subsiguientes en el tren de tratamiento.

La oxidación química a manera de marco teórico, se refiere generalmente a la utilización de agentes oxidantes tales como el peróxido de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), el permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ), cloro ( $\text{Cl}_2$ ) o incluso el oxígeno  $\text{O}_2$ , sin la necesidad de microorganismos para proceder en las reacciones.

Teniendo en cuenta la experiencia de Eduardoño, se requiere un tiempo de residencia o contacto (TDH) de mínimo cuarenta y cinco (45) minutos, además de brindar la hidráulica adecuada para que se lleve a cabo un adecuado proceso de oxidación, el cual puede ser complementado en caso de ser necesario, con la adición de un adsorbente como el carbón activado en polvo (CAP), que ayude y catalice la remoción de las sustancias orgánicas generadoras de color.

Con lo anterior reducimos el dimensionamiento de la unidad de oxidación al volumen que me permita almacenar al menos durante 0.75 horas (45 min) el caudal medio de producción de agua potable (10 l/s). El modelo de dimensionamiento es:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 10 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} * 0.75 \text{ hora} \cong 27 \text{ m}^3$$

Para efectos de seguridad se asume dos tanques en serie de  $15 \text{ m}^3$  cada uno, para lograr un volumen total de  $30 \text{ m}^3$ . La dosis y productos químicos a utilizar, se deberán validar durante el periodo de arranque y puesta en marcha.

### 3.2. DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS

Para la dosificación de químicos se proyecta que esta se haga en tubería, de forma tal que se pueda aprovechar la velocidad en la tubería, para generar la mezcla rápida y así favorecer la acción y eficacia de los productos químicos.

#### 3.2.1. Chequeo de gradiente hidráulico de mezcla rápida en tubería (adición de químicos)

Datos de partida:

**Tabla 3. Datos de partida, chequeo de gradiente hidráulico**

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal de entrada (Q)	m <sup>3</sup> /s	0.01
Diámetro tubería (Ø)	pulgadas	4
Diámetro tubería (Ø)	metros	0.01
Área transversal tubería (At)	m <sup>2</sup>	0.008
Viscosidad cinemática a 18°C (μ)	m <sup>2</sup> /s	0,0000010615
Viscosidad absoluta a 20°C (γ)	Kgf.s/m <sup>2</sup>	998.2
Peso específico del agua (β)	Kgf /m <sup>3</sup>	1.002 x 10 <sup>-4</sup>
Número de Manning		0.013

a. Velocidad en la tubería (Vt):  $V_t = Q/A_t$

$$V_t = \frac{Q}{A_t}$$

$$V_t = \frac{0.01 \text{ m}^3/\text{s}}{0.008 \text{ m}^2}$$

$$V_t = 1.25 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 0k; 2.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ Maximo recomendado por la norma NTC 1500}$$

b. Gradiente hidráulico en tubería (G) ; (Pérez, 2000)

$$G = n \sqrt{\frac{\gamma}{\beta}} \left[ \left( \frac{D}{4} \right)^{-0.67} * V_t^{1.5} \right]$$

$$G = 0.013 \sqrt{\frac{998.2 \text{ kgf} \cdot \text{s}/\text{m}^2}{1.002 \times 10^{-4} \text{ kgf}/\text{m}^3}} \left[ \left( \frac{0.01 \text{ m}}{4} \right)^{-0.67} * (1.25 \text{ m}/\text{s})^{1.5} \right]$$

$$G \approx 3176 \text{ s}^{-1} > 0k; 1000 \text{ s}^{-1} \text{ minimo recomendado para mezcla rapida}$$

Los resultados se presentan a continuación

**Tabla 4. Resumen, chequeo de gradiente hidráulico**

Parámetro	Unidad	Valor
Velocidad en la tubería ( $V_t$ )	m/s	1.25
Gradiente hidráulico en tubería	$\text{s}^{-1}$	3176

### 3.3. FLOCULACIÓN SEDIMENTACIÓN (TIPO MANTO DE LODOS “FSML”)

Esta unidad es un tanque vertical con una zona inicial que brinda diferencialmente una mezcla en la que se lleva a cabo el proceso de floculación; esta zona es en donde se logra que las partículas diminutas coaguladas, sean puestas en contacto unas con otras y, mediante agitación lenta prolongada, se aglomeren, incrementen su tamaño y adquieran mayor densidad, favoreciendo posteriormente la sedimentación.

Finalmente posee una zona que favorece la formación de un manto de lodos, que proporciona al agua un proceso de sedimentación. Este último proceso es maximizado y potenciado en una zona de sedimentación acelerada, que garantiza una alta eficiencia y facilidad en la operación y mantenimiento.

El modelo de cálculo que permite el dimensionamiento básico de esta unidad se presenta así:

#### 3.3.1. Caudal de diseño

Se proyectan dos unidades de FSML en paralelo, cada una para un caudal de 5 l/s (432  $\text{m}^3/\text{día}$ ).

#### 3.3.2. Tiempo de detención hidráulico

De acuerdo a la literatura especializada en el tema, se dice que el TDH oscila entre 40 – 120 min. (Arboleda, 1973), entre 90-120 min (RAS 2000, C.6.5.1.4), entre 30 – 120 min.

(Rojas, 2002). Por lo tanto se asume un **TDH de 75 min; Valor que se encuentra dentro del rango recomendado en la literatura especializada.**

### 3.3.3. Carga superficial de sedimentación (CS)

De acuerdo a literatura especializada en el tema la carga superficial oscila entre 30 – 75  $m^3/m^2.día$  (Romero, 1999), entre 30-60 (RAS 2000, C.6.5.1.4). Por lo que asumiremos una carga superficial de **65  $m^3/m^2.día$ , Valor que se encuentra dentro del rango recomendado en la literatura especializada.**

### 3.3.4. Tiempo mínimo de floculación y gradiente

De acuerdo a literatura especializada en el tema de tiempo de floculación (Pérez, 2000) recomendado entre 15-60 minutos. Sobre el gradiente y teniendo en cuenta que este es diferencial, se deberá validar que la campana cuente con dos zonas con gradientes que oscilen entre  $300 s^{-1} - 20 s^{-1}$ , lo que garantiza y verifica una mezcla eficaz para el proceso de floculación.

En este caso asumiremos un tiempo mínimo de floculación de 20 *minutos* y se validaran que los gradientes sean adecuados ( $300 s^{-1} - 20 s^{-1}$ )

#### ✓ Dimensiones propuestas

Para el diseño de cada unidad de FSML, se proponen las siguientes dimensiones con base en los siguientes cálculos:

##### a. Área superficial necesaria (AS)

$$AS (m^2) = \frac{Q \left( \frac{m^3}{día} \right)}{CS \left( \frac{m^3}{m^2.día} \right)}$$

$$AS = \frac{432 \left( \frac{m^3}{día} \right)}{65 \left( \frac{m^3}{m^2.día} \right)} \cong 6.6 m^2$$

**b. Diámetro mayor**

$$Df = \sqrt{\frac{4 * AS}{\pi}}$$

$$Df = \sqrt{\frac{4 * 7.2 \text{ m}^2}{\pi}} = 2.9 \text{ m}$$

Se proponen dos unidades en paralelo, cada una con un de **2.9 m**.

Teniendo en cuenta que el FSML, cuenta una altura cilíndrica de 3.8 m, divididos en dos zonas, una zona de manto de lodos con altura igual a 2.6 m (RAS 2000, C.6.5.1.4) y otra altura de sedimentación de alta tasa igual a 1.2 m; con base en lo anterior el volumen y el tiempo de retención hidráulica se calcula con base en:

**c. Volumen y tiempo de retención hidráulica**

$$Volumen(m^3) = AS \cdot Altura$$

$$Volumen(m^3) = 6.6 \text{ m}^2 * 3.2 \text{ m} = 25.1 \text{ m}^3$$

$$TDH(día) = \frac{Volumen}{Caudal} = \frac{25.1 \text{ m}^3}{432 \frac{\text{m}^3}{d}} = 0.058 \text{ día} * \frac{1440 \text{ min}}{1 \text{ día}} \approx 84 \text{ min} > 75 \text{ min}; OK$$

Los demás componentes y elementos que componen el FSML, corresponden a desarrollos propios del desarrollo de EDUARDOÑO S.A. y no son objeto de verificación literaria.



#### d. Gradientes de velocidad “G” para mezcla lenta (floculación)

Teniendo en cuenta que el proceso de clarificación, requiere un proceso de mezcla lenta, el FSML cuenta con una campana que garantiza una zona de mezcla lenta diferencial y la que garantiza un tiempo de detención hidráulica TDH = 15-60 min y al menos dos gradientes que oscilen entre  $G > 300 \text{ s}^{-1}$  y  $G > 20 \text{ s}^{-1}$ , la campana de mezcla o floculación se dimensiona y verifica con base en los siguientes cálculos:

- ✓ **Campana de mezcla diferencial lenta (floculación):** El parámetro de diseño de esta unidad se hace con información obtenida de pruebas de tratabilidad y experiencia propia de EDUARDOÑO S.A. (oscila entre 15-20 min.)

Las dimensiones propuestas son:

Radio mayor: 2.9 m

Radio menor: 0.05 m

Altura: 1.5 m

Para el cálculo del volumen se utiliza la siguiente ecuación:

$$Vol (m^3) = (radio\ mayor^2 + radio\ menor^2 + radio\ mayor * radio\ menor) * 0.33 * \pi * altura$$

$$Vol (m^3) = (2.9^2 + 0.05^2 + 2.9 * 0.05) * 0.33 * 3.1416 * 1.2 = 10.6 m^3$$

Para la verificación del TDH se utiliza la siguiente ecuación:

$$TDH(\text{min}) = \frac{vol(m^3)}{Q\left(\frac{m^3}{s}\right)}$$

$$TDH(\text{min}) = \frac{10.6 m^3}{0.005 \frac{m^3}{s}} = 2129 s * \frac{1 \text{ min}}{60 s} = 35 \text{ min} > \mathbf{20 \text{ min}; OK cumple}$$

Ficha Técnica PTAP Procesos Convencionales

- ✓ **Verificación de los gradientes de floculación:** teniendo en cuenta que los gradientes que se generan en la campana de mezcla son diferenciales con respecto a la altura, se verificara que está brinde al menos dos valores que oscilen entre  $120 \text{ s}^{-1} \leq G < 20 \text{ s}^{-1}$ , los cálculos de verificación son:

$$G (\text{s}^{-1}) = n \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} R^{-0.67} \cdot V^{1.5};$$

$$\text{Para } G_1 \left\{ \begin{array}{l} n: \text{coeficiente de rugosidad de Manning} (0.013) \\ \gamma: \text{Peso especifico del agua } \left( 1.002 \times 10^{-4} \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \right) \\ \mu: \text{Viscosidad absoluta } \left( 998.2 \frac{\text{kgf} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right) \\ R: \text{radio hidraulico (m); } \left( \frac{D = 0.1 \text{ m}}{4} \right); \text{ Esto a } 0.10 \text{ m del inicio de la campana} \\ V: \text{velocidad } \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right); \left( \frac{Q (0.005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}})}{A(\text{corte de cono} = 0.0079 \text{ m}^2)} \right) \end{array} \right.$$

$$G_1 (\text{s}^{-1}) = 0.013 \sqrt{\frac{998.2}{1.002 \times 10^{-4}}} \left( \frac{0.1}{4} \right)^{-0.67} \cdot \left( \frac{0.005}{0.0079} \right)^{1.5} \cong 244 \text{ s}^{-1}; \text{ OK cumple}$$

$$\text{Para } G_2 \left\{ \begin{array}{l} n: \text{coeficiente de rugosidad de Manning}(0.013) \\ \gamma: \text{Peso específico del agua } \left(1.002 \times 10^{-4} \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}\right) \\ \mu: \text{Viscosidad absoluta } \left(998.2 \frac{\text{kgf} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}\right) \\ R: \text{radio hidráulico (m); } \left(\frac{D = 0.15 \text{ m}}{4}\right); \text{ Esto a } 0.15 \text{ m del inicio de la campana} \\ V: \text{velocidad } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right); \left(\frac{Q \left(0.005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{A(\text{corte de cono} = 0.018 \text{ m}^2)}\right) \end{array} \right.$$

$$G_2 \text{ (s}^{-1}\text{)} = 0.013 \sqrt{\frac{998.2}{1.002 \times 10^{-4}} \left(\frac{0.15}{4}\right)^{-0.67} \cdot \left(\frac{0.005}{0.018}\right)^{1.5}} \cong 54 \text{ s}^{-1}; \text{ OK cumple}$$

### 3.4. FILTRACIÓN DESCENDENTE

Se proyecta una batería de filtración descendente de cuatro filtros en paralelo, cada uno operando a Q/4 (10 lps/4); se plantea el uso de un lecho filtrante mixto, compuesto de arena y antracita.

#### 3.4.1. Chequeo de la unidad de filtración

Las características típicas de diseño de los sistemas de filtración descendente son:

✓ **Caudal de diseño (Q)**

El caudal de diseño por cada filtro será de 2.5 l/s (216 m<sup>3</sup>/día)

✓ **Tasa de filtración asumida**

Se toma un valor **180 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d según RAS 2000 en C.7.5.1.3**, recomienda una tasa de filtración < 300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d. Por lo tanto se asegura una tasa con un valor conservador, que garantice alta eficiencia en el proceso de filtración, incluso durante el re-trolavado.

✓ **Área total de filtración (At)**

El área superficial de filtración se determina mediante la siguiente fórmula:

$$A_f = \frac{Q\left(\frac{m^3}{día}\right)}{q\left(\frac{m^3}{m^2 \cdot día}\right)}$$

$$A_{fs} = \frac{216 \frac{m^3}{día}}{180 \frac{m^3}{m^2 \cdot día}} = 1.2 m^2$$

Por lo tanto el diámetro requerido para el filtro deberá ser:

$$D. \text{ filtro} = \sqrt{\frac{4 * AS}{\pi}}$$

$$D. \text{ filtro} = \sqrt{\frac{4 * 1.2}{\pi}} = 1.24 m; \text{ se asume un diametro de } 1.25 m$$

### 3.5. TANQUE DE CONTACTO (DESINFECCIÓN)

Para garantizar un adecuado tiempo de contacto ( $t_c$ ) para un adecuado proceso de desinfección, se usa el método sugerido por el RAS 2000. En **C.8.5.1**, este método se base en que la concentración "C" de desinfectante aplicado (como cloro libre) multiplicada por el tiempo de detención " $t_c$ " desde que se aplica dicha dosis hasta que se consume en el agua, es igual a una constante "K", o sea que  $Ct=K$ . Este valor de la constante se calcula con base en las siguientes tablas así:

Se asume que la operación de la planta permite el 90 al 95% de la remoción de coliformes en los procesos previos; por lo tanto la tabla adecuada deberá ser:

TABLA C.8.2.B  
Valores de Ct = K en mg-min/l para inactivación de quiste Giardia por Cloro libre para log 3

Dosis de Cloro Aplicada mg/l	10°C				15°C				20°C				25°C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0,4	37	44	52	63	25	30	35	42	18	22	26	31	12	15	18	21
0,6	38	45	54	64	25	30	36	43	19	23	27	32	13	15	18	22
0,8	39	46	55	66	26	31	37	44	20	23	28	33	13	16	19	22
1	40	47	56	67	27	32	38	45	20	24	28	34	13	16	19	23
1,2	40	48	57	69	27	32	38	46	20	24	29	35	14	16	19	23
1,4	41	49	58	70	28	33	39	47	21	25	29	35	14	17	20	24
1,6	42	50	60	72	28	33	40	48	21	25	30	36	14	17	20	24
1,8	43	51	61	74	39	34	41	49	22	26	31	37	15	17	21	25
2	44	52	62	75	29	35	42	50	22	26	31	38	15	18	21	25
2,2	45	53	64	77	30	35	43	51	22	27	32	39	15	18	21	26
2,4	45	54	65	79	30	36	43	53	23	27	33	39	15	18	22	26
2,6	46	55	66	80	31	37	44	54	23	28	33	40	16	19	22	27
2,8	47	56	67	82	31	37	45	55	24	28	34	41	16	19	23	27
3	48	57	69	83	32	38	46	56	24	29	34	42	16	19	23	28

Asumiendo una dosis de 2 mg/l, pH de 7 y una temperatura de 20°C, K= 31; con base en este valor se calcula t (min) de la siguiente manera:

$$t = \frac{K \left( \frac{mg \cdot min}{l} \right)}{C \left( \frac{mg}{l} \right)} = \frac{31}{2} = 16 \text{ min (960 s)}$$

$$\text{Volumen para tiempo de contacto} = Q \left( \frac{l}{s} \right) * t_c(s) = 10 \frac{l}{s} * 960s = 9600 l$$

Con base en los dos parámetros de control calculados anteriormente, se asume un tanque con un volumen de 10.000 litros, el cual garantiza el volumen necesario para llevar a cabo el proceso de lavado y garantiza el tiempo de contacto para un adecuado proceso de desinfección.