



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE FAENAMIENTO DE  
GANADO DE ORELLANA”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**MAYURI ELIZABETH FREIRE CASTELO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**- 2013 -**

### **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a Dios por su infinito amor y bondad, por haber permitido culminar mis estudios Superiores satisfactoriamente.*

*A mis padres, hermanos y demás familiares que me han apoyado para lograr mis metas, mis sinceros agradecimientos.*

*Las buenas fuentes se conoce en las grandes sequias, los buenos amigos en las épocas difíciles. Con esta frase doy las gracias a todos y cada uno de mis amigos en especial a Mayra y Luis.*

*Un infinito agradecimiento a todas las personas que han contribuido en mi formación ética, moral y profesional.*

*A mi Directora de tesis, Dra. Magdy Echeverria, y asesor de Tesis, Ing. Juan Pablo Wayllas, quienes han sido soporte importante en la elaboración de la presente Tesis de Grado, mi gratitud.*

*Al GADMFO quien auspicio esta investigación; al Ing. Marcos Baño jefe de Calidad Ambiental, al Ing. Intriago administrador de la EMUFAGO.*

### ***DEDICATORIA***

*Dedico estas páginas a mis papis Nicolás Freire y María Castelo, por su esfuerzo, dedicación y apoyo en cada etapa de mi vida, mis más sinceros agradecimientos por tanto amor y cariño; a mis hermanos con quienes he compartido momentos muy especiales.*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación:

**“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE FAENAMIENTO DE GANADO DE ORELLANA”**, de responsabilidad de la señorita egresada Mayuri Elizabeth Freire Castelo, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

**FECHA**

**FIRMA**

Dr. Silvio Alvares

-----

-----

**DECANO FAC. CIENCIAS**

Lcdo. Wilvo Vásquez

-----

-----

**DIRECTOR EXT. NORTE AMAZÓNICA**

Dra. Magdy Echeverría

-----

-----

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Pablo Wayllas

-----

-----

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

**NOTA DE TESIS**

-----

-----

*“Yo, Mayuri Elizabeth Freire Castelo, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”*

---

**MAYURI ELIZABETH FRREIRE CASTELO**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

$\eta$ :	Viscosidad cinemática del agua
$\rho$ :	Densidad del agua.
$\rho_s$ :	Densidad de la arena.
$\theta$ :	Ángulo
AT:	Área total.
CA:	Cerámica Alúmina
Cal:	CaO (óxido de calcio)
CD:	Coefficiente de arrastre.
cpm:	Carreras por minuto
<i>E. Coli</i> :	<i>Escherichia coli</i>
EMUFAGO:	Empresa Municipal de Faenamiento de Ganado de Orellana.
d:	Diámetro de la partícula
FM:	Factor de mayoración.
g:	Aceleración de la gravedad
GADMFO:	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Francisco de Orellana.
GPH:	Galones por hora
$H_D$ :	Profundidad del desarenador
HTH:	Hipoclorito de Calcio
LABSU:	Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas.
$L_D$ :	Longitud del desarenador
m:	Metros.
min:	Minuto
NTU:	Unidades nefelométricas.
nmp:	Número más probable.
OD:	Oxígeno disuelto.
PAC:	Policloruro de Aluminio
PVC:	Cloruro de Polivinilo
PTAP:	Planta de Tratamiento de Agua Potable
Q:	Caudal.

Q <sub>D</sub> :	Caudal de diseño
Re:	Número de Reynolds
rpm:	Revoluciones por minuto
s:	Segundos.
SS:	sólidos sedimentables
TRH:	tiempo de retención hidráulica.
TULSMA:	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.
UFC:	Unidades formadoras de colonias.
Us:	Velocidad de sedimentación.
Ust:	Velocidad de sedimentación.
Ua:	Velocidad de arrastre.
V:	Volumen.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	ii
SUMMARY .....	iii
INTRODUCCIÓN.....	iv
OBJETIVOS.....	vi
GENERAL .....	vi
ESPECÍFICOS .....	vi
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1 <b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
1.1 <b>AGUA POTABLE.....</b>	<b>2</b>
1.1.1    Criterios de calidad del agua. ....	2
1.1.2    Sistemas de captación.....	3
1.1.3    Tratamiento del agua potable. ....	3
1.2 <b>TIPOS DE PLANTAS.....</b>	<b>9</b>
1.2.1    Plantas de tratamiento convencional .....	9
1.2.2    Plantas de tratamiento de agua compactas tipo convencional.....	10
1.2.3    Plantas de tratamiento de aguas modular .....	10
1.3 <b>REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO.....</b>	<b>11</b>
1.3.1    Principios.....	11
1.3.2    Procesos de remoción de hierro y manganeso.....	11
1.4 <b>PRUEBAS DE JARRAS.....</b>	<b>13</b>
1.4.1    Pasos a seguir en las pruebas de jarras .....	14
1.5 <b>REDISEÑO.....</b>	<b>15</b>
1.5.1    Desarenador.....	15



1.5.2	Criterios de rediseño para la remoción de hierro y manganeso.....	22
1.5.3	Criterios para implementación de una bomba dosificadora de químicos. .....	26
1.5.4	Criterios para rediseño de filtros. ....	27
1.6	NORMATIVA APLICABLE .....	29
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>32</b>
2	PARTE EXPERIMENTAL .....	33
2.1	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
2.2	MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	34
2.2.1	Método comparativo.....	35
2.2.2	Métodos inductivo y deductivo. ....	35
2.3	PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	35
2.3.1	Puntos de muestreo.....	36
2.3.2	Análisis de resultados de caracterización del agua.....	36
2.3.3	Metodología de trabajo .....	37
2.3.4	Tratamiento de muestras.....	37
2.3.5	Métodos y técnicas para análisis de muestras .....	38
2.4	MÉTODO DE MEDICIÓN DE CAUDAL .....	46
2.5	MÉTODO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO.....	46
2.6	ELABORACIÓN DE PLANOS.....	47
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>48</b>
3	CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	49
3.1	DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA ..	49
3.1.1	Captación.....	50

3.1.2	Pre-cloración y mezcla rápida. ....	50
3.1.3	Aireación. ....	51
3.1.4	Floculador / sedimentador. ....	52
3.1.5	Filtración.....	53
3.1.6	Cloración. ....	54
3.1.7	Almacenamiento. ....	54
3.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA .....	56
3.2.1	Análisis de agua captada.....	56
3.2.2	Análisis del agua tratada de la red de distribución. ....	58
3.2.3	Análisis del agua tratada en el tanque de reserva .....	59
3.2.4	Prueba física del agua potabilizada de la emufago.....	59
3.3	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	60
3.3.1	Dimensionamiento de un desarenador de flujo horizontal. ....	60
3.3.2	Sistema de coagulación y floculación. ....	67
3.3.3	Especificaciones técnicas del equipo a instalar para dosificación.....	80
3.3.4	Cambio del medio filtrante del filtro rápido de arena .....	81
3.4	PROPUESTA ECONÓMICA .....	83
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>85</b>
4	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.....	86
4.1	IMPORTANCIA.....	86
4.1.1	Necesidad de control .....	87
4.1.2	Necesidad de mantenimiento.....	87
4.1.2.2	¿Qué ventajas tiene el mantenimiento? .....	87

4.2	INTRODUCCIÓN .....	88
4.3	OBJETIVOS .....	88
4.3.1	General.....	88
4.3.2	Específicos.....	89
4.4	FUNDAMENTO TEÓRICO .....	89
4.4.1	Procesos en el sistema de tratamiento .....	89
4.5	INSTALACIÓN DE LOS PROCESOS A IMPLEMENTAR EN LA PTAP.....	90
4.5.1	Instalación del desarenador .....	90
4.5.2	Instalación del sistema de dosificación de cal. ....	92
4.5.3	Sustitución del lecho filtrante .....	94
4.6	PROCEDIMIENTOS.....	95
4.6.1	Responsabilidades personales.....	95
4.6.2	Operación y control del sistema de tratamiento .....	95
4.6.3	Mantenimiennto del sistema de tratamiento .....	107
4.6.4	Puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas .....	110
4.7	SEGURIDAD LABORAL.....	112
4.8	RECOMENDACIONES.....	113
	<b>CAPÍTULO V</b> .....	114
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	115
5.1	CONCLUSIONES .....	115
5.2	RECOMENDACIONES.....	116
	<b>CAPITULO VI</b> .....	117
6	BIBLIOGRAFÍA .....	118
	<b>ANÉXOS</b> .....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b>	Tasas de sedimentación para algunas partículas.....	<b>5</b>
<b>TABLA 2.</b>	Geometría recomendada para desarenadores rectangulares .....	<b>17</b>
<b>TABLA 3.</b>	Descripción general del Policloruro de Aluminio .....	<b>25</b>
<b>TABLA 4.</b>	Límites Permisibles para Agua Potable.....	<b>29</b>
<b>TABLA 5.</b>	Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional o desinfección. ....	<b>30</b>
<b>TABLA 6.</b>	Ubicación geográfica de la Planta de Tratamiento de Agua Potable. ....	<b>33</b>
<b>TABLA 7.</b>	Estrategia de muestreo para caracterización del agua .....	<b>36</b>
<b>TABLA 8.</b>	Métodos de parámetros analizados.....	<b>38</b>
<b>TABLA 9.</b>	Potencial de Hidrógeno, pH.....	<b>40</b>
<b>TABLA 10.</b>	Sólidos Totales Disueltos .....	<b>41</b>
<b>TABLA 11.</b>	Color.....	<b>41</b>
<b>TABLA 12.</b>	Hierro y Manganeso Total.....	<b>42</b>
<b>TABLA 13.</b>	Turbidez.....	<b>42</b>
<b>TABLA 14.</b>	Dureza Total .....	<b>43</b>
<b>TABLA 15.</b>	Cloruros. ....	<b>43</b>
<b>TABLA 16.</b>	Nitritos y Nitratos .....	<b>44</b>
<b>TABLA 17.</b>	Sulfatos .....	<b>44</b>
<b>TABLA 18.</b>	Arsénico.....	<b>45</b>
<b>TABLA 19.</b>	Coliformes Fecales y Coliformes Totale .....	<b>45</b>

<b>TABLA 20.</b>	Resultados de las muestras de agua captada.....	<b>56</b>
<b>TABLA 21.</b>	Resultados de la caracterización del agua tratada en la red de distribución (zona de embarque de cárnicos) .....	<b>58</b>
<b>TABLA 22.</b>	Resultados de la muestra de agua en la salida del Tanque de Reserva. ....	<b>59</b>
<b>TABLA 23.</b>	Datos requeridos para el dimensionamiento del desarenador (tomando como referencia la “OPS/CEPIS/05.163” y “RAS 200 Título E”).....	<b>61</b>
<b>TABLA 24.</b>	Propiedades de dimensionamiento para desarenador de flujo horizontal.....	<b>66</b>
<b>TABLA 25.</b>	Dimensiones del desarenador de flujo horizontal.....	<b>67</b>
<b>TABLA 26.</b>	Concentraciones de PAC y Cal utilizadas en la Prueba de Jarras ...	<b>72</b>
<b>TABLA 27.</b>	Resultados del ensayo realizado con 0,02% PAC y 0,006% Cal. ...	<b>72</b>
<b>TABLA 28.</b>	Resultados del agua tratada con cloro (HTH). ....	<b>74</b>
<b>TABLA 29.</b>	Agua pre-clorada, tratada con PAC y CAL y filtrada. ....	<b>74</b>
<b>TABLA 30.</b>	Porcentaje de mejoramiento de la calidad del agua.....	<b>77</b>
<b>TABLA 31.</b>	Características de la bomba dosificadora electrónica Serie EZ.....	<b>81</b>
<b>TABLA 32.</b>	Especificaciones para espesores de nuevo lecho filtrante. ....	<b>82</b>
<b>TABLA 33.</b>	Costos para implementación en el rediseño .....	<b>83</b>
<b>TABLA 34.</b>	Problemas frecuentes y soluciones. ....	<b>104</b>
<b>TABLA 35.</b>	Parámetros a medir. ....	<b>106</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1.</b>	Filtro lento de arena.....	<b>7</b>
<b>GRÁFICO 2.</b>	Filtro rápido de arena.....	<b>8</b>
<b>GRÁFICO 3.</b>	Instalación de hipocloración.....	<b>9</b>
<b>GRÁFICO 4.</b>	Planta de remoción de hierro y manganeso.....	<b>13</b>
<b>GRÁFICO 5.</b>	Desarenador (planta y corte longitudinal).....	<b>16</b>
<b>GRÁFICO 6.</b>	Policloruro de Aluminio.....	<b>25</b>
<b>GRÁFICO 7.</b>	Ubicación de la Planta de Agua Potable en la EMUFAGO.....	<b>34</b>
<b>GRÁFICO 8.</b>	Puntos de muestre.....	<b>36</b>
<b>GRÁFICO 9.</b>	Dial de diferentes medidas del macromedidor.....	<b>46</b>
<b>GRFICO 10.</b>	Eficiencia del tratamiento aplicado al agua captada, en base a la Tabla 27.....	<b>73</b>
<b>GRÁFICO 11.</b>	Variación del pH en el agua pre-clorada con $4,6 \times 10^{-3}\%$ HTH y tratada con PAC y Cal a diferentes concentraciones y filtrada.....	<b>75</b>
<b>GRÁFICO 12.</b>	Variación del Color Aparente en el agua pre-clorada con $4,6 \times 10^{-3}\%$ HTH y tratada con PAC y Cal a diferentes concentraciones y filtrada.....	<b>75</b>
<b>GRÁFICO 13.</b>	Variación del Hierro en el agua pre-clorada con $4,6 \times 10^{-3}\%$ HTH y tratada con PAC y Cal a diferentes concentraciones y filtrada.....	<b>76</b>
<b>GRÁFICO 14.</b>	Variación del Manganeso en el agua pre-clorada con $4,6 \times 10^{-3}\%$ HTH y tratada con PAC y Cal a diferentes concentraciones y filtrada....	<b>77</b>
<b>GRÁFICO 15.</b>	Resultados de Pruebas de Jarras (tiempo de sedimentación vs pH)	<b>78</b>
<b>GRÁFICO 16.</b>	Ubicación del medio filtrante.....	<b>83</b>
<b>GRÁFICO 17.</b>	Instalación del desarenador en la estructura de la planta potabilizadora.....	<b>91</b>
<b>GRÁFICO 18.</b>	Secador y almacenador de arenas.....	<b>92</b>
<b>GRÁFICO 19.</b>	Formas de instalar la bomba.....	<b>93</b>
<b>GRÁFICO 20.</b>	Partes del filtro.....	<b>102</b>

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>FOTOGRAFÍA 1.</b> Prueba de jarras. ....	<b>14</b>
<b>FOTOGRAFÍA 2.</b> Tanque floculador / sedimentador .....	<b>52</b>
<b>FOTOGRAFÍA 3.</b> Limpieza del filtro por retrolavado.....	<b>53</b>
<b>FOTOGRAFÍA 4.</b> Sistema de dosificación de cloro en tabletas .....	<b>54</b>
<b>FOTOGRAFÍA 5.</b> Tanque de Reserva .....	<b>55</b>
<b>FOTOGRAFÍA 6.</b> Tanque elevado.....	<b>55</b>
<b>FOTOGRAFÍA 7.</b> Cisterna.....	<b>56</b>
<b>FOTOGRAFÍA 8.</b> Tablero de control.....	<b>96</b>
<b>FOTOGRAFÍA 9.</b> Válvulas de tratamiento y retrolavado.....	<b>97</b>
<b>FOTOGRAFÍA 10.</b> Válvula de lodos de retrolavado del filtro .....	<b>97</b>
<b>FOTOGRAFÍA 11.</b> Bomba dosificadora.....	<b>98</b>
<b>FOTOGRAFÍA 12.</b> Medidor y válvula para regular caudal.....	<b>98</b>
<b>FOTOGRAFÍA 13.</b> Medidor de vasos comunicantes.....	<b>99</b>
<b>FOTOGRAFÍA 14.</b> Válvulas de descarga floculador/sedimentador .....	<b>100</b>
<b>FOTOGRAFÍA 15.</b> Cloración en tabletas .....	<b>103</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b>	<b>FOTOGRAFÍAS.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO 3.</b>	<b>PLANOS.....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO 3.</b>	<b>MEDICIÓN DE CAUDAL .....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO 4.</b>	<b>RESULTADOS DE LABORATORIO. ....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO 5.</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA BOMBA DOSIFICADORA SERIE EZ .....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXO 6.</b>	<b>PROFORMAS.....</b>	<b>149</b>



## ÍNDICE DE PLANOS

<b>PLANO 1.</b> Perfil y Vista Superior de la PTAP Actual .....	<b>129</b>
<b>PLANO 2.</b> Desarenador y Recolector de Arenas.....	<b>130</b>
<b>PLANO 3.</b> Cambio de Lecho Filtrante .....	<b>131</b>
<b>PLANO 4.</b> Vista Superior y Perfil de la PTAP propuesta. ....	<b>132</b>

## RESUMEN

En la presente investigación se realizó el Rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa Municipal de Faenamiento de Ganado de Orellana, del Cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana.

El proceso de investigación se basó en el Método Inductivo y Deductivo, que permitió la caracterización física, química y microbiológica del agua se efectuó mediante muestreo simple, utilizando envases de vidrio de color ámbar y frascos estériles, los cálculos analíticos fueron realizados por el Laboratorio de Suelos Aguas y Plantas (LABSU) basando el procedimiento de los análisis en la Norma APHA-AWWA-WPCF.

La caracterización del agua: en la red de distribución se presenció Coliformes (CF=13,33 Col/100mL y CT=90 Col/100mL), *Aerobios Mesófilos* (2566,7 Col/100mL) y color real (19,33 Pt-Co) originado por una contaminación en el tanque de cisterna por factores externos, esta aseveración se la realiza en base a la ausencia de Coliformes en el agua captada; en el caso del agua analizada del tanque de reserva se evidencia la presencia de manganeso (0,43mg/l), hierro total (0,47 mg/l) y Oxígeno Disuelto (5,90 mg/l). Los ensayos realizados en el equipo de prueba de jarras da como resultado la remoción de manganeso, hierro y color en un 89,54 %, aplicando  $6,48 \times 10^{-3} \%$  (v/v) de cloro, 0,02% (p/v) de PAC y 0,019% (p/v) de Cal y por último se filtró en un medio dual de arena y grava (filtro piloto).

Para mejorar la calidad del agua tratada se hace necesaria la implementación de un desarenador, un nuevo sistema de dosificación de coagulación y floculación, y el cambio de lecho filtrante, en base a los estudios realizados, para dar cumplimiento a lo establecido en la Norma Técnica para Agua Potable NTE INEN 1108:2011.

Se recomienda a la Empresa Municipal de Faenamiento de Ganado de Orellana, la implementación de procesos descritos, el control y mantenimiento adecuado de la planta para garantizar la calidad del agua tratada.

## SUMMARY

This research was conducted in order to promote the Redesign of the Drinking Water Treatment Plant of Municipal Company Cattle Slaughtering Orellana, from Francisco de Orellana Canton belonging to Orellana province.

The research process was based on the inductive and deductive method, which allowed the physical, chemical and microbiological characterization study of water by simple sampling using amber coloured and sterile jars. Analytical calculations were directed by the Laboratory of soil, Water and Plants (LABSU) where the procedure of the analysis was based on the Standard APHA – AWWA – WPCF.

Water characterization study: in the distribution system it was evidenced the presence of *coliform* (CF= 13,33 col/100ml, CT=90 col/100ml), *Aerobic Mesophilic* (2566.7 col/100ml) and real colouring (19,33 Pt-Co) caused by pollution in the cistern tank due to external factors, this statement is made based on the absence of coliform bacteria into the collected water, whereas in the case of de water analysis from a reserve tank it was identified the presence of manganese (0,43mg/l), total iron (0,47mg/l) and dissolved oxygen (5,90 mg/l). the testing carried out in the jar test equipment leads to the removal of manganese, iron and colour in a 89,54% using  $6,48 \times 10^{-3}$ % (V/V) of chlorine, 0,02% (W/V) of PAC (polyvinyl chloride) and 0,019% (W/V) of lime and finally it was filtered in a dual mean of sand and gravel (sample filter).

In order to improve the quality of treated water it is and essential requirement the implementation of a sand trap, a new dosing of coagulation and flocculation, and change of filter bed, according to the studies performed to comply with the terms of the Technical Standard NTE INEN Drinking Water 1108:2011.

It is recommended to the Municipal Cattle Slaughtering Orellana to follow the implementation of the processes previously mentioned as well as the monitoring and accurate maintenance of the plant to ensure the quality of treated water

## INTRODUCCIÓN

El agua constituye el líquido más abundante en la Tierra, además representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. El agua es considerada como un recurso renovable cuando se controla cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación y circulación, caso contrario este se revertirá en un recurso no renovable en determinado sector<sup>1</sup>. El deterioro del agua ocasiona consecuencias en la salud de muchas personas, varios de los problemas relacionados con el agua en Ecuador se deben principalmente a la falta de control y cuidado por parte de las administraciones públicas<sup>2</sup>.

El suministro de agua para consumo humano debe garantizarse tanto en cantidad como en calidad, de acuerdo con las necesidades de uso en cada población. Por lo tanto, el objetivo de la potabilización será garantizar al consumidor que el tipo de agua captada, alcanzará la calidad indicada en la legislación para un determinado uso, de modo que no constituya una fuente de contaminación a nuestra salud<sup>3</sup>.

Por ello la municipalidad de Francisco de Orellana, realiza los trámites pertinentes para la “Adquisición e Instalación de una Planta Compacta Modular para Tratamiento y Dotación de Agua en un Caudal de 1,5 L/s, más la Línea de Impulsión desde el Tratamiento hasta la reserva Elevada, en la Planta de Faenamiento de Ganado del Cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana”, para dotar un agua de calidad. La planta inicia su funcionamiento en Febrero del 2011. Esta planta de captación subterránea cuenta con: Mezcla Rápida, aireador de bandejas, Floculador - sedimentador (tanque IMHOFF), filtro de sílice y la desinfección. En la actualidad la planta se enfrenta a la necesidad de un rediseño de ingeniería, que permitan ajustar los parámetros dentro de la Normativa vigente, tal es el caso del Manganeseo y color que excede los límites máximos permisibles del agua tratada.

---

<sup>1</sup> <http://www.jmarcano.com/recursos/agua.html>

<sup>2</sup> <http://laruta.nu/es/articulos/problematika-del-agua-en-ecuador>

<sup>3</sup> ROMERO, M., Tratamientos Utilizados en Potabilización de Agua., Facultad de Ingeniería., Universidad Rafael Landívar., Guatemala-Guatemala., TESIS. 2008.

Es necesario mencionar que en la planta de tratamiento no se ha realizado un estudio referente al tema tratado en este tema de tesis o similares, de modo que es un trabajo de investigación sin precedentes que brinda una propuesta de mejoramiento en el sistema de tratamiento de agua potable.

El agua tratada en la planta es utilizada para los diferentes procesos de faenamiento de porcinos y vacunos, como es: Limpieza de corrales, baño externo del ganado y limpieza del área, ganado faenado y para el consumo humano. Al momento presentan inconvenientes con las paredes en el área de faenamiento, ya que existe la formación de manchas amarillentas producto del agua utilizada y al ser hervida en el fondo de los recipientes se forman películas amarillas.

Con esta investigación se facilitara a la Municipalidad la implementación del rediseño en la planta potabilizadora de la empresa de faenamiento de ganado de Orellana, además, de servir como base para el diseño de nuevas plantas de tratamiento de agua potable con captación subterránea en la zona. Esta investigación está financiado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Francisco de Orellana, ya que permitirá resolver los problemas asociados al agua potable.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Rediseñar la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa Municipal de Faenamiento de Ganado de Orellana.

### **ESPECÍFICOS**

- Evaluar el estado actual de la Planta de Agua Potable de la Empresa Municipal de Faenamiento de Ganado de Orellana.
- Determinar los puntos críticos para el rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el rediseño de la Planta de Agua.

# **CAPÍTULO I**

**MARCO TEÓRICO.**

# **CAPÍTULO I**

## **1 MARCO TEÓRICO.**

### **1.1 AGUA POTABLE.**

Es considerada agua potable o agua para consumo humano, a aquella que puede consumirse sin restricción, gracias a un proceso de purificación, misma que no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o signifique riesgo para la salud. En otros términos, debe cumplir con las normas de Calidad establecidas por autoridades locales e internacionales.

#### **1.1.1 CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA.**

Para establecer la calidad del agua debe considerarse los siguientes criterios:

- Calidad microbiológica: bacterias, virus, protozoarios.
- Calidad física: color, olor, sabor, turbiedad



- Calidad química inorgánica: aluminio, hierro, manganeso, plomo, arsénico, y otros.
- Calidad química orgánica: pesticidas, fungicidas, entre otros.
- Calidad radiológica: radioactividad alfa y beta global.

El agua destinada al consumo humano debe cumplir dos condiciones:

- No debe ser peligrosa para la salud y vida de los usuarios.
- El sistema debe operar a un costo razonable<sup>4</sup>.

### **1.1.2 SISTEMAS DE CAPTACIÓN.**

El sistema de captación utilizada para aguas Subterráneas se lo hace mediante bombas hidráulicas, mientras que para las aguas superficiales se utiliza métodos dependiendo la fuente de la que provenga ya sea de embalses, ríos o mar.

### **1.1.3 TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE.**

En la actualidad la primera política para la preservación de la calidad del agua es el proteger en las fuentes de agua de toda posible contaminación. Sin embargo, el agua natural proveniente de cualquier fuente siempre requerirá algún grado de tratamiento, para lograr los estándares de calidad del agua.

En dependencia de la calidad del agua se establece los procesos de tratamiento del agua cruda, en el caso de la mayoría de aguas subterráneas no tienen patógenos ni cantidades significativas de sustancias orgánicas y por ende son utilizadas en el abastecimiento de agua potable con una mínima dosis de cloro (desinfectante) para prevenir una posible contaminación en el sistema de distribución. Otras aguas subterráneas pueden contener

---

<sup>4</sup>.<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1900/3/02%20Proceso%20de%20tratamiento%20del%20agua.pdf>

grandes cantidades de sólidos disueltos o gases, en el caso de tener aguas con altas concentraciones de Hierro o Manganeseo, son necesarios tratamientos físicos o químicos para reducir sus concentraciones y enmarcar dentro de los límites permisibles.

En el caso de las aguas superficiales contienen gran variedad de contaminantes, por lo que el tratamiento es más complejo, siendo su principal inconveniente el exceso de turbiedad. Aunque las corrientes de agua rápida acarrearán sólidos de cierto tamaño, un gran porcentaje son partículas muy pequeñas, las cuales requerirán un proceso de coagulación, para ser removidas. Si tiene bajos niveles de color y otra materia orgánica, podría ser necesaria la adsorción en superficies activas en el tratamiento.

#### **1.1.3.1 Aireación.**

Consiste en la incorporación de oxígeno al cuerpo de agua. Se utiliza para eliminar gases disueltos en el agua (desgasificación) o para convertir sustancias no deseables a sustancias de más fácil manejo mediante la oxidación. La aireación es más comúnmente utilizada en el tratamiento de agua subterránea, pues el agua superficial tiene contacto constante con la atmosfera por un periodo suficiente de modo que la transferencia de gases se da de forma natural.

#### **1.1.3.2 Separación de sólidos.**

La separación de sólidos podría ocurrir mediante flotación si el agua es más densa que la materia sólida; pero en el caso de agua potable suele ser común que los materiales sólidos sean más pesados que el agua, por lo que la sedimentación es la técnica utilizada. En el proceso de la sedimentación, las fuerzas de la gravedad, flotación y fricción viscosa son las conductoras del fenómeno. La técnica consiste en determinar la velocidad y la distancia de sedimentación de las partículas. En el proceso de sedimentación se debe estudiar el tipo de partícula, puesto que de ella depende características importantes, a saber: la velocidad, el tiempo y la distancia de sedimentación. Las partículas por sedimentar pueden ser discretas (su tamaño, forma y gravedad específica no cambian con

el tiempo) o partículas floculantes (cuyas propiedades superficiales son tales que se agrupan o unen con otras partículas, cambiando su tamaño y forma)<sup>5</sup>.

### 1.1.3.3 Coagulación.

Es un proceso Unitario utilizado para causar la coalescencia o agregación del material suspendido no sedimentable y partículas coloidales del agua cruda o residual; en este proceso se reducen las fuerzas repelentes existentes entre partículas coloidales para formar partículas mayores de buena sedimentación.

Por su gran lentitud de asentamiento de las partículas presentes en el agua, como se muestra en la **Tabla 1**, influye en la necesidad de agregar coagulantes químicos para aquellas partículas consideradas no sedimentables.

**TABLA 1. Tasas de sedimentación para algunas partículas.**

Diámetro partícula mm	Partícula representativa	Tiempo requerido para una profundidad de asentamiento de 0,3m
<b>Sedimentables</b>		
10	Grava	0,3s
1	Arena gruesa	3s
0,1	Arena fina	38s
0,01	Limo	33 min
<b>No sedimentables</b>		
0,001	Bacterias	55 horas
0,0001	Color	230 días
0,00001	Coloides	6,3 años
0,000001	Coloides	63 años

FUENTE: Jairo Romero Rojas.

Para propiciar la coagulación se utiliza compuestos químicos, entre ellos tenemos: Sulfato de Aluminio, Cloruro Férrico líquido, Sulfato Férrico, Sulfato ferroso, Sulfato ferroso y cal, Sulfato Ferroso y cloro, Cal, aluminato de Sodio<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup>CAMPOS, I., Sanearamiento Ambiental., 2a ed., San José-Costa Rica., Universidad Estatal a Distancia., 2000.

Varios aspectos van a influir en el proceso de coagulación: calidad del agua bruta, agitación de la mezcla, dosis y tipo de coagulante. Para determinar la dosis y tipo de coagulante para tratar nuestra agua, realizaremos ensayos de laboratorio (jar test), que mostrarán la calidad del agua una vez decantada, el volumen del fango producido y los tiempos de decantación con cada uno de los coagulantes seleccionados.

#### **1.1.3.4 Floculación.**

Los floculantes o también llamados coadyuvantes, son productos que tienen la facultad de captar los coágulos formando entre ellos un aglomerado más voluminoso, pesado y denso. De esta forma se aumenta la velocidad de sedimentación de los flóculos formados.

#### **Clasificación de los coadyuvantes.**

- Según su naturaleza: en minerales u orgánicos,
- Según su carga: en aniónicos y catiónicos.
- Según su origen: en naturales o sintéticos.

Al igual que en la elección del coagulante para determinar el floculante idóneo tendremos que recurrir a ensayos de laboratorio, prueba de jarras, que muestren resultados de diferentes productos y dosis de tratamiento para un mismo agua bruta<sup>7</sup>.

#### **1.1.3.5 Filtración**

Es el paso del agua a través de un material fino denominado filtro. Se utiliza en los tratamientos modernos de potabilización de agua, para eliminar pequeños flóculos o elementos de menor tamaño que no han podido ser eliminados en los procesos anteriores. En condiciones de poca turbiedad y bajos niveles de sólidos disueltos, el proceso de

---

<sup>6</sup> ROMERO, J., Calidad del Agua., 3a ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009.

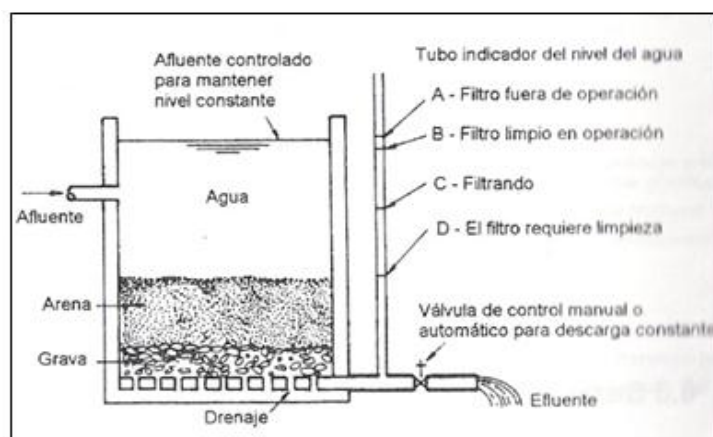
<sup>7</sup>[http://www.elaguapotable.com/Tratamiento%20de%20potabilizacion%20del%20agua%20\(Grupo%20TAR\).pdf](http://www.elaguapotable.com/Tratamiento%20de%20potabilizacion%20del%20agua%20(Grupo%20TAR).pdf)

filtración puede ser utilizado como único tratamiento para la remoción de la turbiedad o eliminación de patógenos, pero siempre es necesario un proceso de desinfección posterior<sup>5</sup>.

Los métodos tradicionalmente utilizados para filtrar son el filtro lento y el filtro rápido, que está en función de la velocidad de filtración.

**Filtros lentos:** la velocidad del filtrado es inferior a  $5\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ , estos filtros se utilizan para aguas poco turbias, que no han necesitado coagulación previa. Requieren una granulometría fina de la arena, las retenciones se van a producir principalmente en la superficie del lecho, por lo que tiene bajo uso para aguas potables. En **Grafico 1**. Se muestra un ejemplo de filtro lento de arena<sup>8</sup>.

**GRÁFICO 1. Filtro lento de arena.**



FUENTE: Jairo Romero Rojas.

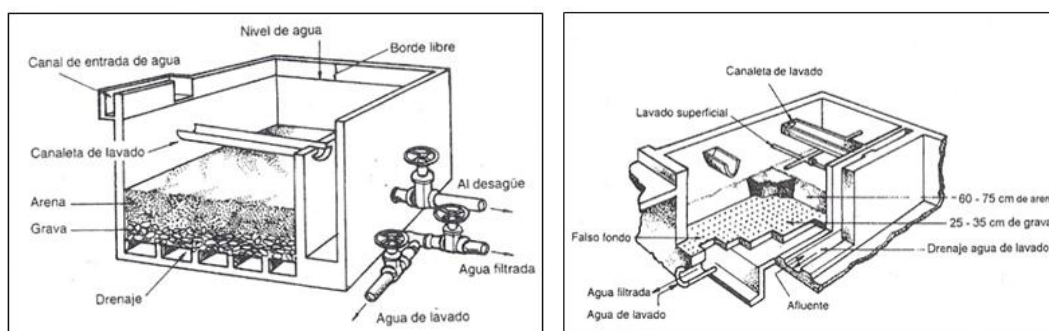
**Filtros rápidos:** la velocidad de filtración es superior a  $5\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ , son los filtros usados normalmente en aguas potables, que previamente han pasado por un proceso de decantación y coagulación.

---

<sup>8</sup>ROMERO, J., Purificación del Agua., 2a. ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2006.

Cuando un filtro se satura, porque ha llegado a un nivel de lámina de agua máximo, habrá que limpiarlo, para que vuelva a tener capacidad de filtrado. El proceso de lavado, va a constituir en una inyección temporal de agua en contracorriente, haciendo que se desprenda los sólidos que han quedado retenidos en el lecho filtrante<sup>8</sup>, en el **Grafico 2**. Se muestra un filtro rápido de arena.

**GRÁFICO 2. Filtro rápido de arena.**



FUENTE: Jairo Romero Rojas, 2a. ed.

### 1.1.3.6 Desinfección.

Permite la eliminación de organismos patógenos que puede llevar consigo el agua, garantizando así sanitariamente su consumo.

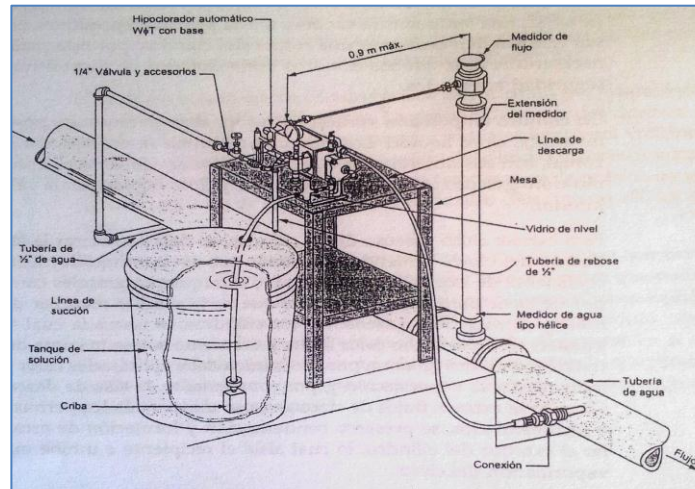
Se pueden utilizar diversos agentes desinfectantes, su selección dependerá de diversos factores: tiempo de contacto, calidad del agua, e instalaciones y recursos disponibles.

Hay tres tipos básicos de desinfección: Tratamientos físicos (calor), tratamientos químicos (cloro, el dióxido de cloro y el ozono) y radiación (UV, los rayos X y los rayos gamma)<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> ROMERO, M., Tratamientos Utilizados en Potabilización de Agua., Facultad de Ingeniería., Universidad Rafael Landívar., Guatemala-Guatemala., TESIS., 2008.

**GRÁFICO 3. Instalación de hipocloración.**



FUENTE: Jairo Romero Rojas, 3a. ed.

## 1.2 TIPOS DE PLANTAS POTABILIZADORAS.

### 1.2.1 PLANTAS DE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Es un sistema de tratamiento integrado que incluye todos los procesos para la obtención de agua potable, como los son: coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, clarificación, filtrado y desinfección.

Dependiendo de las características del agua podemos obtener un sistema de filtración simple o doble el cual es recomendable cuando el agua tiene alto color o contenidos altos de hierro y manganeso.

Cada planta se debe diseñar de acuerdo al análisis de agua y tratabilidad y se debe hacer con sistema modular que incorpore las etapas del tratamiento. Estas debe tener su tanque en acero o fibra de vidrio y contener lechos filtrantes para la grava, arena, antracita, carbón activado y/o resinas especializadas. Si el agua tiene alto contenido de hierro se

requiere un tratamiento de oxidación previo hecho mediante torres de aireación o pre-cloración<sup>10</sup>.

### **1.2.2 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA COMPACTAS TIPO CONVENCIONAL.**

El equipo es compacto construidas enteramente de FVPR (Fibra de vidrio y poliéster reforzados) son resistentes a los climas cálidos y a la salinidad ya que no se degradan lo que las hace perfectas para condiciones de trabajo extremas y tratado con recubrimientos y pinturas epóxicas para cero corrosión y su característica principal es que es de muy bajo costo de operación<sup>10</sup>. El sistema opera de forma continua e incluye: homogenización, aireación, floculación, sedimentación y desinfección.

### **1.2.3 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS MODULAR**

La planta modular es un sistema integrado de tratamientos en varias etapas que incluye todos los procesos requeridos para obtener agua potable. Ocupan poco espacio y se pueden ampliar fácilmente añadiendo módulos de clarificación y de filtración.

Adecuadas para: aguas de pozo profundo con alto contenido de color, hierro y manganeso; y muy eficientes con aguas de quebradas de montaña con parámetros que van de mediano a bajo contenido de sólidos en suspensión (SST) y con contenidos de color, que presentan picos pasajeros de alta turbiedad y color cuando hay lluvias fuertes. De acuerdo con las características del agua a tratar, se incorpora procesos de pre-aireación y oxidación, arenas especiales para eliminar hierro y manganeso o post-tratamiento con carbón activado cuando hay elementos orgánicos.

---

<sup>10</sup> <http://www.yakupro.com/plantas-compactas/de-agua-potable>



Pueden operar por gravedad, sin necesidad de tener energía eléctrica disponible o pueden ser automatizadas para operación virtualmente autónoma<sup>11</sup>.

### **1.3 REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO.**

#### **1.3.1 PRINCIPIOS.**

El hierro y manganeso crean serios problemas en suministros de agua, siendo más frecuentes y críticos en aguas subterráneas.

El hierro ferroso,  $\text{Fe}^{2+}$ , y el manganeso manganeso,  $\text{Mn}^{2+}$ , son formas solubles invisibles en el agua, existentes principalmente en medios reductores, es decir, carentes de OD y con pH bajo, tal es el caso de aguas subterráneas y el hipolimnio de los embalses. Cuando las formas solubles del hierro y el manganeso son expuestas al aire se transforman lentamente en las formas oxidadas de hierro férrico,  $\text{Fe}^{3+}$ , y manganeso mangánico,  $\text{Mn}^{4+}$ , que son formas visibles e insolubles.

#### **1.3.2 PROCESOS DE REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO.**

Existen varios procesos por los cuales se consigue bajar las concentraciones de estos dos elementos, como se detalla a continuación.

##### **1.3.2.1 Aireación–retención–sedimentación–filtración**

La aireación permite la oxidación del hierro y la remoción del  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$  los aireadores más usados son los de tipo bandejas, en los que una tubería vertical distribuye el agua sobre la parte superior de una serie de bandejas, tres o más, a través de las cuales fluye el agua. El lecho o contacto con coque permite completar la oxidación del hierro para

---

<sup>11</sup> <http://www.valrex.net/plantas-tratamiento-de-agua.html>

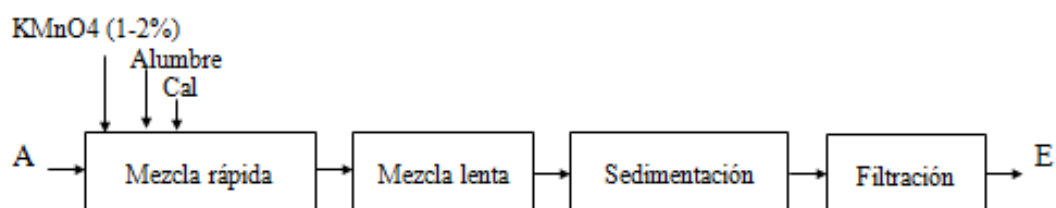
formar flóculo insoluble. Los lechos de contacto de coque, colocados en las bandejas de aireación, se recubren con óxidos de hierro y de manganeso, mismos que catalizan la oxidación del Fe y Mn.

La sedimentación provee el tiempo de reacción suficiente para completar la oxidación y permite la remoción del flóculo pesado sedimentable. La filtración remueve el Fe y Mn oxidado y no sedimentado que no han sido suficientemente pesados, una buena opción es utilizar filtros lentos en plantas pequeñas; en tal caso la arena debe rasparse, removerse, lavarse y remplazarse periódicamente.

### 1.3.2.2 Cloración – aireación – sedimentación – filtración

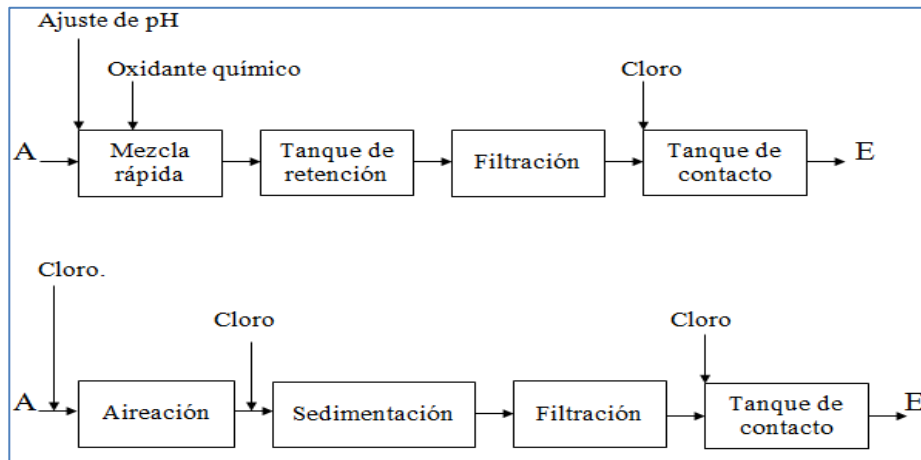
La pre-cloración inhibe el crecimiento de bacterias del hierro e inicia la oxidación del hierro y el manganeso. La aireación incrementa el nivel de OD para oxidar el Fe y Mn, al tiempo que desplaza CO<sub>2</sub> y otros gases volátiles. La cloración intermedia oxida el Fe y Mn remanente. La sedimentación permite un tiempo de retención suficiente para completar las reacciones de oxidación. La filtración permite la remoción del flóculo pesado del Fe y Mn formado y no removido previamente.

### 1.3.2.3 Proceso de permanganato de potasio.



La aireación oxida el hierro fácilmente oxidable, mientras que el hierro remanente es oxidado químicamente; como alternativa, se puede utilizar pre-cloración con el mismo propósito. En caso de existir presencia de contaminantes orgánicos, sobre todo fenoles, la pre-cloración no es aconsejable porque se pueden crear problemas de olores y sabores. La coagulación y dosificación de KMnO<sub>4</sub> al 1-2%, en el sistema convencional de tratamiento, permitirá la remoción del hierro y manganeso<sup>6</sup>.

**GRÁFICO 4. Planta de remoción de hierro y manganeso.**



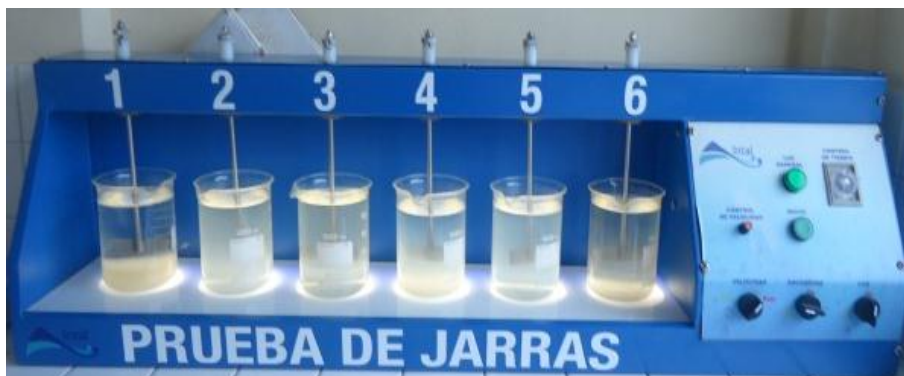
FUENTE: Jairo Romero Rojas, 3a. ed.

#### **1.4 PRUEBAS DE JARRAS.**

Las pruebas de jarras son simulaciones en el laboratorio, de las operaciones de coagulación, floculación y decantación que promueven la remoción de coloides suspendidos y materia orgánica, que se realizan en las plantas de tratamiento y purificación de aguas.

Con este método permite ajustar el pH, hacer variaciones en las dosis de diferentes sustancias químicas que se añade a las muestras de agua a tratar, alternar velocidades de mezclado de modo que se recrea a pequeña escala para su posterior aplicación en tratamiento a gran escala.

**FOTOGRAFÍA 1. Prueba de jarras.**



FUENTE: Mayuri Freire.

#### **1.4.1 PASOS A SEGUIR EN LAS PRUEBAS DE JARRAS**

- Llenar los vasos de precipitación con el agua a analizar. Un contenedor deberá ser de control, mientras que los demás puedan ser ajustados a las condiciones deseadas.
- Adicionar el coagulante a cada vaso y mezclar aproximadamente a 100 rpm durante 1 min.
- Reducir la velocidad de mezclado a 25 o 35 rpm y continuar el proceso de mezclado por 15 o 20 min.
- Apagar el equipo de mezclado y esperar a que se sedimente de 20 a 45 min.
- Filtrar el contenido de los contenedores y hacer las pruebas necesarias con el precipitante y el sobrenadante<sup>1</sup>.

## **1.5 REDISEÑO.**

El rediseño o reingeniería consiste en la revisión de la planta de agua potable de procesos críticos que abarca el sistema y en el diseño e implementación de nuevos procesos unitarios que permitan mejorar la calidad del agua establecida en la norma vigente, NTE INEN 1108:2011.

### **1.5.1 DESARENADOR.**

Son estructuras hidráulicas para remover la arena del agua captada para un sistema de aprovechamiento, por lo general de partículas con diámetros mayores de 0,2mm. Con este proceso se consiguen proteger los equipos de procesos posteriores ante la abrasión, atascos y sobrecargas<sup>12</sup>.

#### **1.5.1.1 Componentes de un desarenador**

##### **a. Zona de entrada**

Consiste en una transición que vincule el canal o conducto que transporta el líquido a desarenar. Tiene como función conseguir una distribución uniforme de los filetes del escurrimiento dentro de la unidad, a fin de lograr una velocidad media constante en la zona de desarenación.

---

<sup>12</sup> PADILLA, M., Remoción de Metales pesados en Aguas Residuales Industriales por la técnica de precipitación Alcalina., Escuela de ingeniería. Departamento de ingeniería Química y Alimentos., Universidad de las Américas Puebla., Puebla-México., TESIS. 2005.

### **b. Zona de sedimentación de las partículas gruesas: zona de desarenación**

Es un canal en donde se realiza el proceso de depósito de las partículas separadas del escurrimiento horizontal, normalmente de sección rectangular. Debe tener pendiente de fondo para facilitar su limpieza.

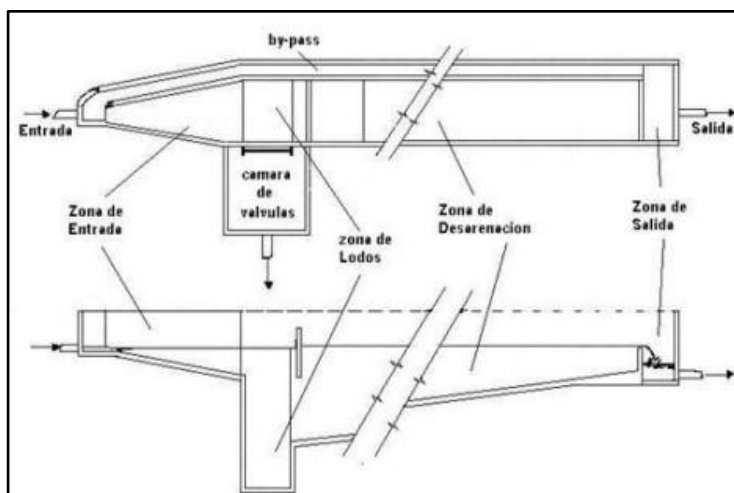
### **c. Zona de salida**

Está constituida por un vertedero horizontal con descarga libre, ubicada en todo el ancho de la zona de desarenación, diseñado para mantener una velocidad que no produzca resuspensión del material sedimentado.

### **d. Zona receptora del material depositado para su posterior derivación**

Formada por una tolva con una pendiente suficiente para provocar el deslizamiento del material depositado hacia un canal transversal colector, desde el cual se derivará todo el material recolectado a una cámara exterior, a través de una compuerta de igual sección que el canal.

**GRÁFICO 5. Desarenador (planta y corte longitudinal)**



FUENTE: OPS/SEPIS/05.158.UNATSABAR

### 1.5.1.2 Consideraciones de Diseño.

#### a. Geometría.

Características geometrías recomendadas para un desarenador de flujo horizontal.

**TABLA 2. Geometría recomendada para desarenadores rectangulares**

Parámetro	Relación (m)
Profundidad	2-5
Relación largo : ancho	2,5:1 - 5:1
Relación ancho : profundidad	1:1 - 5:1

FUENTE: Adaptado del RAS 2000. Tratamiento de aguas residuales

#### b. Velocidad mínima del agua

Los desarenadores deben diseñarse de manera tal que la velocidad pueda controlarse. La variación debe estar únicamente en un rango entre 0.2 m/s y 0.4 m/s.

#### c. Número

El número de desarenadores es característico a cada diseño. Se recomienda un mínimo de dos unidades en cualquiera de los niveles de complejidad. Cada unidad debe tener la capacidad para operar con los caudales de diseño cuando la otra unidad está en limpieza. Para el caso de un caudal mínimo se deberá construir un solo desarenador.

#### d. Tasa de desbordamiento superficial

Se recomienda un rango entre 700 y 1600 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día. Estos valores pueden ser expresados en términos de velocidad de sedimentación, variando aproximadamente entre 30 m/h y 65 m/h.

### **e. Tiempo de retención hidráulico**

El tiempo de retención debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse; se recomienda un tiempo entre 20 segundos y 3 minutos. Esto se logra mediante dispositivos que permitan regular la velocidad del flujo<sup>13</sup>.

#### **1.5.1.3 Diseño de un desarenador rectangular de flujo horizontal.**

En la tabla 1., se muestra la tasa de sedimentación para algunas partículas, para el diseño se debe considerar un factor de mayoración de 1,15 por el caudal pico que ingresa a la cámara de desarenación<sup>14</sup>.

$$Q_D = Q * F_M$$

**Ec. 1**

Dónde:

$Q_D$ = caudal de diseño.

$Q$ = caudal pico

$F_M$ = factor de mayoración (1,15)

Para el diseño del desarenador rectangular se tomara en cuenta parámetros establecidos en la “Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores”.

#### **a. Velocidad de sedimentación de la partícula mineral, $U_s$ (cm/s)**

La sedimentación de arena gruesa ( $d < 0.02$  cm) se efectúa en forma más eficiente en régimen de transición con valores de número de Reynolds mayores de uno ( $Re > 1.0$ ), por lo que se debe aplicar la fórmula de Allen para hallar la velocidad de sedimentación<sup>15</sup>.

---

<sup>13</sup> <http://alojamientos.us.es/grupotar/master/formacion/edar/temario/pretratam/desarenado.htm>

<sup>14</sup> COLOMBIA., REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS – 2000. Tratamiento De Aguas Residuales. Bogotá - Colombia., Ministerio de Desarrollo Económico. 2000.



$$U_s = 0,22 \left( \frac{\rho_s - \rho}{\rho} * g \right)^{\frac{2}{3}} * \left( \frac{d}{(\eta)^{1/3}} \right)$$

**Ec. 2**

Dónde:

$g = 981 \text{ cm/s}^2$ : aceleración de la gravedad

$\rho_s$  = densidad de la partícula ( $\text{g/cm}^3$ )

$\rho$  = densidad del agua a  $T^\circ\text{C}$  ( $\text{g/cm}^3$ )

$d$  = diámetro de la partícula (cm)

$\eta$  = viscosidad cinemática del agua ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )

**b. Cálculo del número de Reynolds (Re):**

$$Re = \frac{U_s * d}{\eta}$$

**Ec. 3**

Dónde:

$\eta$  = viscosidad cinemática del agua,  $\text{cm}^2/\text{s}$

**c. Cálculo del coeficiente de arrastre,  $C_D$ :**

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$$

**Ec. 4**

**d. Cálculo de la velocidad de sedimentación de la partícula en la zona de transición:**

$$U_{st} = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} + (\rho_s - 1) * d}$$

**Ec. 5**

---

<sup>15</sup> PERÚ., ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Lima-Perú. CEPIS. 2005.

**e. Velocidad de arrastre  $U_a$  (cm/s)**

Siendo

$$U_a = 125 * [(\rho_s - \rho)d]^{1/2}$$

**Ec. 6**

**f. Cálculo del área superficial,  $A_s$**

$$A_s = \frac{Q_D}{U_a}$$

**Ec. 7**

Dónde:

$A_s$ = área superficial,  $m^2$

$Q_D$ = caudal de diseño,  $m^3/s$

$U_a$ = velocidad de sedimentación o velocidad de arrastre,  $m/s$

**g. Cálculo de las dimensiones del desarenador.**

Para establecer las medidas de ancho, largo y profundidad se tomara en cuenta las condiciones de diseño mencionadas en la tabla 2.

**h. Cálculo del Área total**

$$A_T = L_D * b$$

**Ec. 8**

**i. Cálculo de la velocidad horizontal media**

$$V_h = \frac{Q_D}{A}$$

**Ec. 9**

Dónde:

Vh= velocidad horizontal, m/s

A= área total en, m<sup>2</sup>

Verificar el cumplimiento de:

$$V_a > V_h$$

**Ec. 10**

**j. Cálculo del tiempo de retención hidráulica**

$$TRH = \frac{V}{Q_D}$$

**Ec. 11**

De modo que se calcula el volumen del tanque desarenador con:

$$V = L_D * b * H_D$$

**Ec. 12**

Dónde:

TRH= tiempo de retención hidráulica, s

V= volumen del tanque desarenador, m<sup>3</sup>

L<sub>D</sub>= longitud del desarenador, m

b= ancho del desarenador, m

H<sub>D</sub>= profundidad del desarenador, m

**k. Calcular la longitud de transición, Lt, al ingreso del desarenador**

$$L_t = \frac{B - b_1}{2tg\theta}$$

**Ec. 13**

Dónde:

B= ancho del desarenador, b

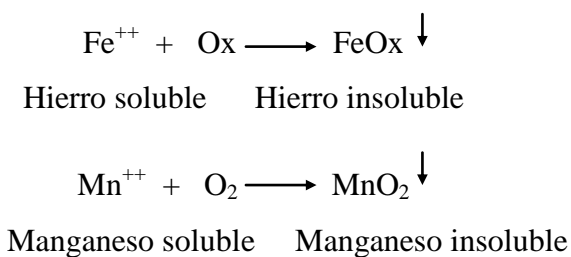
b1= ancho del canal de llegada a la transición

$\theta$ = ángulo de divergencia=  $12^{\circ}30'$  = 12.5

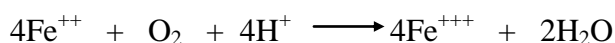
### 1.5.2 CRITERIOS DE REDISEÑO PARA LA REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO.

La oxidación de hierro y manganeso con oxigenación es un proceso muy lento e ineficiente.

La oxidación del hierro y manganeso por aireación se puede representar así:



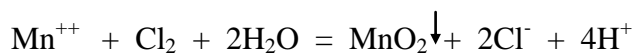
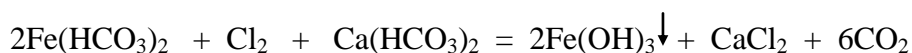
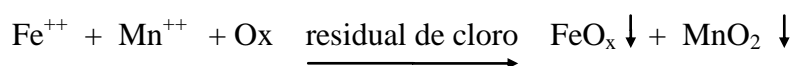
O también:



Para oxidar 7mg de hierro se requiere 1mg de  $\text{O}_2$ . Si la concentración de  $\text{Fe}^{++}$  es alto y el pH es mayor de 7,5, la reacción se ve limitada por la baja tasa de transferencia del oxígeno a solución; sin embargo, la remoción de hierro se ve favorecida porque para un pH entre 5 y 11 el  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  es muy insoluble. El manganeso más difícil de oxidar que el hierro, se ve poco afectada por la aireación y por ello la aireación sola no es efectivo, para removerlo.

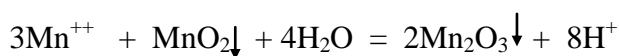
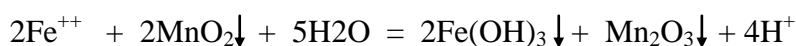
En algunos casos el incremento del pH a un valor cercano a 9,0, con Cal, promueve la oxidación del manganeso. De la misma manera, el uso de lechos de contacto con coque en las bandejas de los aireadores o en tanques de retención permite desarrollar recubrimientos de óxidos férricos y mangánicos, los cuales mejoran la remoción, al acelerar la oxidación; en otras palabras, la capa de MnO<sub>2</sub> o de Fe(OH)<sub>3</sub> sobre las bandejas de aireación son catalizadores de la reacción y aumentan la eficiencia del proceso<sup>6</sup>.

La remoción de hierro y manganeso mediante aireación y cloración se puede representar así:



El hierro ferroso soluble es oxidado en hidróxido férrico insoluble, el cual puede removerse mediante sedimentación y filtración; la reacción con el cloro libre o combinado ocurre más rápidamente a pH 7,0 y se prolonga por un periodo máximo de una hora.

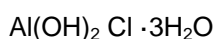
En la reacción del manganeso se oxida a la forma mangánica y se remueve por sedimentación y filtración. Los contenidos de dióxido mangánico se depositan sobre la arena y sirven como catalizadores para hacer factible la remoción; la reacción es más rápida a pH alto. El MnO<sub>2</sub> cataliza las reacciones secundarias siguientes<sup>6</sup>:



### 1.5.2.1 Policloruro de Aluminio

El Hidroxicloruro de Aluminio (incorrectamente nombrado como policloruro de aluminio, abreviado generalmente como PAC) es el resultado de un proceso de fabricación complejo bajo condiciones de trabajo controladas. Su abreviación es PACI según la norma ANSI/AWWA B408-10.

El PACI es una sal básica del cloruro de aluminio, un polímero de hidroxicloruro de aluminio con fórmula:



#### Usos principales

El policloruro de aluminio es un polímero Coagulante - Floculante es utilizado para el tratamiento de clarificación de aguas potables, residuales y de procesos industriales. Está basado químicamente en policloruro de aluminio en forma de polvo, con alta concentración de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (mínimo 31%). Su fuerte poder desestabilizador de cargas permite una completa coagulación de los sólidos presentes en el agua permitiendo obtener los niveles de color, turbidez y los parámetros necesarios para un sistema en particular. Muy eficiente para el tratamiento de aguas con alto contenido de hierro o compuestos de hierro, aguas duras o con color. Sustituye parcial o totalmente la aplicación de sulfato de aluminio, permitiendo obtener bajos residuales de sulfatos<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> <http://syquem.com/poli.html>

**TABLA 3. Descripción general del Policloruro de Aluminio**

Parámetro	Característica
Apariencia	Polvo
Color	Amarillento
Olor	Penetrante
Ph	3.5-5
Carácter	Iónico - Catiónico
%AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31%
Solubilidad en el agua	99.9%

FUENTE: SYQUEM, Químicos y Servicios S.A.

**GRÁFICO 6. Policloruro de Aluminio.**



FUENTE: SYQUEM, Químicos y Servicios S.A.

### 1.5.2.2 CAL, CaO.

La cal es un término que designa todas las formas físicas en las que puede aparecer el óxido de calcio (CaO) y el óxido de calcio de magnesio (CaMgO<sub>2</sub>), denominados también, cal viva (o generalmente cal) y dolomía calcinada respectivamente. Al añadir agua a la cal viva y a la dolomía calcinada se obtiene productos hidratados denominados comúnmente cal apagada o hidróxido de calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>) y dolomía hidratada (CaMg (OH)<sub>4</sub>).

Es empleada para ablandar, purificar, eliminar turbiedad, neutralizar la acidez e incrementar el pH y obtener la mayor eficiencia de coagulación, y eliminar la sílice y otras impurezas con el fin de mejorar la calidad del agua que consumimos<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup>[http://anfocal.org/media/Biblioteca\\_Digital/Usos\\_Ecologicos/Tratamiento\\_de\\_Aguas/USOS\\_DE\\_CAL\\_EN\\_AGUA\\_POTABLE.pdf](http://anfocal.org/media/Biblioteca_Digital/Usos_Ecologicos/Tratamiento_de_Aguas/USOS_DE_CAL_EN_AGUA_POTABLE.pdf)

### **1.5.3 CRITERIOS PARA IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DOSIFICADORA DE QUÍMICOS.**

En el caso de sistemas de dosificación mediante bombas, estas deben ser de tipo diafragma; el fabricante debe considerar por cada solución, un sistema constituido por los siguientes elementos:

- Dos bombas dosificadoras de membrana.
- Amortiguador de pulsaciones
- Válvulas de contrapresión.
- Válvulas de seguridad.
- Columna de calibración.
- Bastidor en acero inoxidable.
- Tanque de preparación de la solución.

La capacidad de dichos equipos debe permitir al menos dos veces el requerimiento máximo del sistema de potabilización. El control de la dosificación será considerado manual. Las soluciones serán preparadas en tanques de acero inoxidable AISI 316 con capacidad de almacenamiento de 24 horas, a una concentración recomendada para el producto a dosificar, debiendo disponer incorporado un agitador electromecánico de acero inoxidable con una velocidad de giro comprendida en el rango de 50 y 80 rpm.

**Dosificadores de carga constante.** Consisten en tanques de acero inoxidable AISI 316 dotados de válvula flotadora para control de nivel y mecanismo que permita ajustar la sección del orificio de control de caudal de la solución. Las dimensiones del tanque serán adoptadas en función del caudal de dosificación evitando que ocurra la precipitación de sólidos. Por cada solución se debe contemplar dos dosificadores de carga constante.



## **1.5.4 CRITERIOS PARA REDISEÑO DE FILTROS.**

La filtración es un proceso físico-químico utilizado para separar impurezas suspendidas y coloidales del agua, mediante su paso a través de un medio granular constituidos por arena o grava y antracita. Los filtros rápidos pueden ser de capa filtrante simple o doble, de flujo ascendente o descendente, de tasa constante o declinante, de gravedad o a presión.

### **1.5.4.1 Filtros de flujo descendente.**

Son filtros cuyo flujo se produce de forma descendente, pueden ser abiertos o trabajar a presión, la carga hidráulica se genera por el desnivel entre las unidades de sedimentación y la batería de filtración sin admitir un sistema de bombeo intermedio. El método de operación puede ser a tasa constante o declinante variable.

El número mínimo de filtros viene definido por sus características de operación durante la filtración y lavado. En los sistemas operados a tasa constante, no debe ser inferior de 2 y se debe disponer de válvulas de aislamiento a la entrada y a la salida para permitir su mantenimiento<sup>18</sup>.

El cálculo del número de filtros se lo realiza mediante la ecuación de Morrill y Wallace<sup>8</sup>:

$$N = 0,044\sqrt{Q}$$

**Ec. 14**

Dónde:

Q= caudal de la planta en m<sup>3</sup>/día

---

<sup>18</sup> ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN)., Implementación de Plantas Potabilizadoras Prefabricadas en Sistemas Públicos de Agua Potable., 2655., Quito-Ecuador., INEN., 2012.

#### **1.5.4.2 Lechos filtrantes y tasas de filtración.**

Los lechos filtrantes pueden ser de los siguientes tipos:

##### **a) Capa única de arena**

El espesor debe estar comprendido entre 0,60 a 0,80 m; el tamaño efectivo de 0,45 mm a 0,55 mm y coeficiente de uniformidad de 1,4 a 1,6. La tasa media de filtración debe estar limitada a 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x día.

##### **b) Capa única de arena uniforme**

La profundidad del lecho debe estar comprendida entre 1,2 m a 1,8 m. La arena debe cumplir un tamaño efectivo comprendido entre 1 mm a 1,3 mm y el coeficiente de uniformidad debe ser menor o igual a 1,3. La tasa media de filtración debe estar limitada a 360 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>día.

##### **c) Capa filtrante de arena y antracita**

La capa filtrante constituida por capas superpuestas de arena y antracita deben cumplir las siguientes especificaciones:

###### **c.1) Arena**

- Espesor de la capa comprendido entre 0,20 y 0,30 m.
- Tamaño efectivo entre 0,45 a 0,6 mm.
- Coeficiente de uniformidad menor o igual a 1,6.

###### **c.2) Antracita**

- Espesor de la capa comprendido entre 0,45 y 0,60 m.
- Tamaño efectivo, 0,8 a 1,1 mm.
- Coeficiente de uniformidad, menor o igual a 1,4.
- Peso específico, no menor de 15 200 N/m<sup>3</sup> o equivalente 1 550 kg/m<sup>3</sup>.

La tasa media de filtración está limitada a 350 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x día. En el caso de sistemas de filtración operados con tasa declinante variable, la tasa máxima debe ser limitada a 500 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x día<sup>18</sup>.

## 1.6 NORMATIVA APLICABLE

En el presente estudio se aplicara la Norma NTE INEN 1108:2011 para Agua Potable, esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano. En la tabla siguiente se resumen los parámetros importantes según el agua a tratar<sup>19</sup>.

**TABLA 4. Límites Permisibles para Agua Potable.**

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	-----	No objetables
Sabor	-----	No objetables
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
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

---

<sup>19</sup> ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)., Agua Potable., 1108., Quito-Ecuador., INEN., 2011.

Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Selenio, Se	mg/l	0,01
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausencia
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausencia

FUENTE: Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN).

En el caso de agua cruda o de captación referidas para consumo humano y uso doméstico se comparara con lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) del Libro VI. Anexo I, tanto para aguas que únicamente requieran de tratamiento convencional o requieran desinfección, deberán cumplir con los siguientes límites establecidos<sup>20</sup>.

**TABLA 5. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional o desinfección.**

Parámetro	Expresado como	Unidad	Tabla 1	Tabla 2
Amonio	NH <sub>4</sub>	mg/l	0,05	+
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1	0,01
Cloruro	Cl	mg/l	250	250
Coliformes totales	nmp/100 ml	UFC/100ml	3000	50
Coliformes fecales	nmp/100 ml	UFC/100ml	600	+
Color	Color real	Unidades de color	100	20
Dureza	CaCO <sub>3</sub>	mg/l	500	500
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5	<1,4
Hierro total	Fe	mg/l	1,0	0,3
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1	0,1

<sup>20</sup> ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE., Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Libro VI, Anexo 1, tabla 1 y 2 “Límites Permisibles para Aguas de Consumo Humano”, Quito-Ecuador., MAE., 2003.

Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0	1,0
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No mayor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l	No mayor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6-9	6-9
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/l	1000	500
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	400	250
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Turbiedad		UTN	100	10
Zinc	Zn	mg/l	5,0	5,0

FUENTE: TULSMA. Libro VI. Anexo I; \* No establecido en la tabla

En el rediseño de la Planta de Agua Potable se aplican las siguientes normas técnicas:

- ✓ Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000, Sección II Título E, Tratamiento de Aguas Residuales, República de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá. Noviembre del 2000.
- ✓ NTE INEN, 2655 del 2012, para la Implementación de Plantas Potabilizadoras Prefabricadas en Sistemas Públicos de Agua Potable.

# **CAPÍTULO II**

## **PARTE EXPERIMENTAL**

## CAPÍTULO

### 2 PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

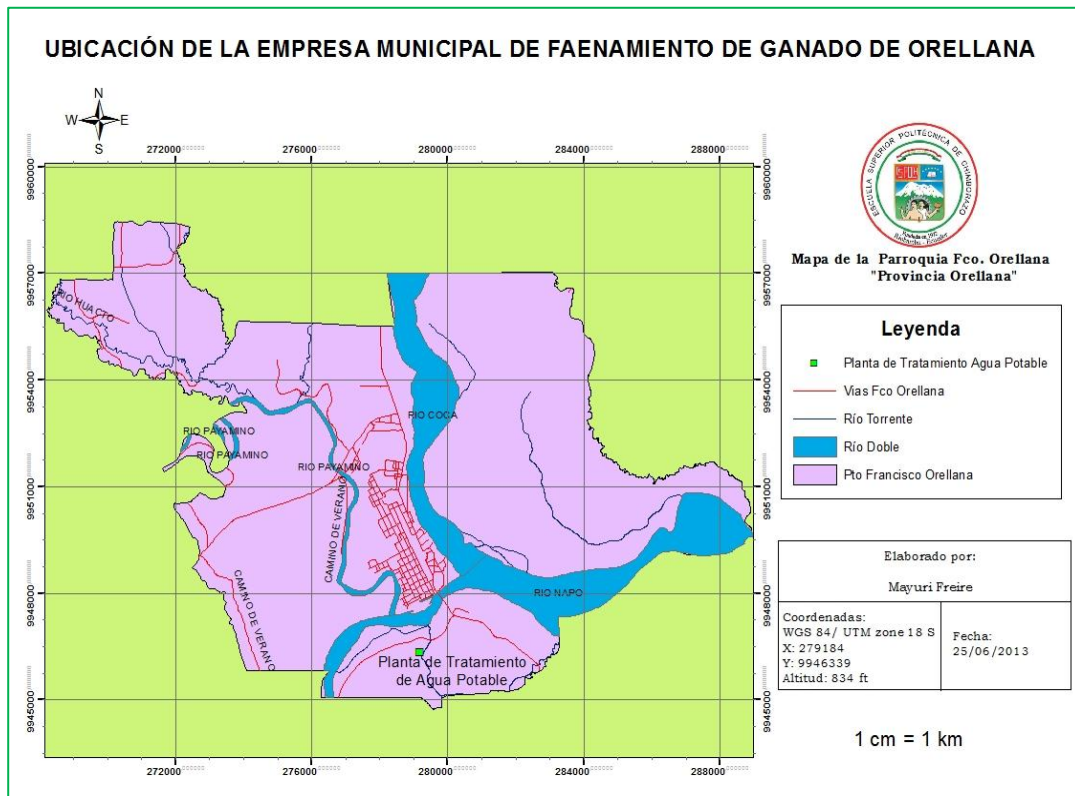
La presente investigación de rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de captación subterránea se realizó en las instalaciones de la Empresa Municipal de Faenamiento de Ganado de Orellana, ubicada en el Km 1 ½ Vía Los Zorros, situada en el Barrio Flor de Oriente del Cantón Francisco de Orellana de la Provincia de Orellana.

**TABLA 6. Ubicación geográfica de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.**

DATUM: WGS -84- ZONA 18S	
NORTE	9946339
ESTE	279184
ALTITUD	834 pies

FUENTE: Mayuri Freire.

**GRÁFICO 7. Ubicación de la Planta de Agua Potable en la EMUFAGO**



FUENTE: Mayuri Freire.

## 2.2 MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el presente trabajo el método de investigación utilizada fue comparativo, cualitativo y cuantitativo, relacionando entre todos los datos obtenidos en el desarrollo del tema, por medio del cual permitió efectuar el dimensionamiento y rediseño de la Planta Potabilizadora.



### **2.2.1 MÉTODO COMPARATIVO.**

Procedimiento de la comparación sistemática de casos de análisis que en su mayoría se aplica con fines de generalización empírica y de la verificación de hipótesis<sup>21</sup>.

### **2.2.2 MÉTODOS INDUCTIVO Y DEDUCTIVO.**

El método inductivo está generalmente asociado con la investigación cualitativa mientras que el método deductivo está asociado frecuentemente con la investigación cuantitativa.

La investigación cuantitativa recoge y analiza datos cuantitativos sobre variables, en el caso del agua hace referencia a las concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

La investigación cualitativa evita la cuantificación, se basa en registros narrativos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación participante y las entrevistas no estructuradas<sup>22</sup>.

## **2.3 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Para la recolección de la información se caracterizó parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en la captación, salida del tanque de reserva y en la distribución del agua de la planta potabilizadora, según la siguiente estrategia de muestreo establecido.

---

<sup>21</sup> [http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~k95/es/doc/diccionario\\_metodo-comparativo.pdf](http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~k95/es/doc/diccionario_metodo-comparativo.pdf)

<sup>22</sup> [http://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti\\_cuali/cuanti\\_cuali.asp](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali.asp)

**TABLA 7. Estrategia de muestreo para caracterización del agua**

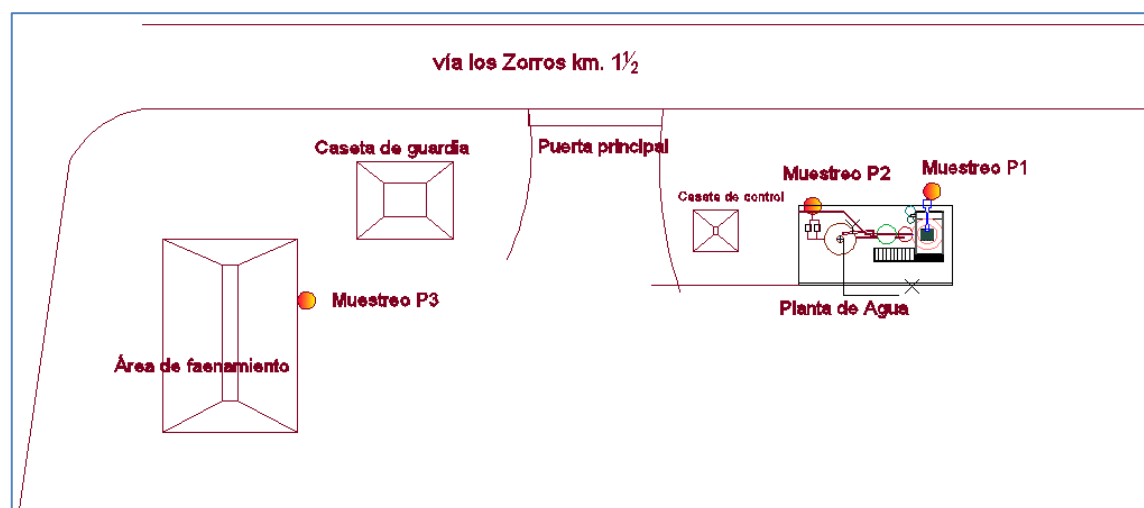
Lugar de muestreo	Número de muestras	Días de muestreo	Total de muestras	Total de muestras analizadas
Captación del pozo (P1)	1	2	2	2
Tanque de reserva (P2)	1	1	1	1
Red de distribución (P3)	3	1	3	3

FUENTE: Mayuri Freire.

Para realizar la caracterización del agua se contó con el apoyo del Administrador de la Empresa Municipal de Faenamiento de Ganado de Orellana, EMUFAGO, y el asesoramiento Técnico del Jefe de Calidad Ambiental de la Unidad de gestión Ambiental del GADMFO.

### 2.3.1 PUNTOS DE MUESTREO

**GRÁFICO 8. Puntos de muestre**



FUENTE: Mayuri Freire

### 2.3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA.

Los resultados de los parámetros físico, químicos y microbiológicos caracterizados, se procede a comparar con los límites permisibles establecidos para Agua Potable en la Norma NTE INEN 1108, y en el TULSMA. Libro VI. Anexo I. Tabla 1., para comparar los resultados del agua de Captación.

Se descartan los parámetros físicos, químicos o microbiológicos que se encuentren cumpliendo con la normativa vigente y en la siguiente recolección de muestras se analizará únicamente aquellos que no estén cumpliendo, con el propósito de minimizar gastos.

### **2.3.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Para la caracterización de las muestras de agua se realizó un muestreo simple mismo que proporciona información sobre la calidad en un punto y momento dado por lo que es importante a la hora de establecer las características del agua en un punto de la red de abastecimiento de una población. Tomando en cuenta estos aspectos la recolección de las muestras se realizó tanto en la captación, tanque de reserva y red de distribución, teniendo en cuenta que la EMUFAGO realiza sus actividades de faenamiento en la madrugada, se recogieron las muestras de agua: a las 02H00 am, 08H00 am y 14H00 pm., en la red de distribución; dos muestras de agua en la captación; y una muestra de agua en el grifo de muestreo del tanque de reserva. A cada muestra de agua recolectada se realizó su respectiva cadena de custodia y al culminar la frecuencia de muestreo se trasladó inmediatamente al Laboratorio LABSU, para su respectivo análisis.

### **2.3.4 TRATAMIENTO DE MUESTRAS**

Las muestras de agua fueron sometidas a análisis de parámetros físicos, químicos, y microbiológicos de acuerdo al lugar y fuente de agua, entre ellos: pH, color real, Cl<sub>res.</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, F<sup>-</sup>, Ba, CN<sup>-</sup> libre, Cu, Fe<sub>T</sub>, Mn, turbiedad, Aerobios Mesófilos, Hongos, Levaduras, CT, CF y E. coli. El agua de captación fue sometida a pruebas de jarras, con HTH, policloruro de Aluminio y Cal.

## 2.3.5 MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA ANÁLISIS DE MUESTRAS

### 2.3.5.1 Métodos

Los métodos utilizados en el análisis de muestras de agua, se sujetan al manual “standard Methods for Examination of Water and Wastewater (Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales)”<sup>23</sup>.

**TABLA 8. Métodos de parámetros analizados**

PARÁMETRO	MÉTODO
Potencial de hidrogeno	SM 4500-H + B
Color real	HACH 8025
Color aparente	HACH 8025
Oxígeno disuelto	SM4500-O-B
Demanda química de oxigeno	HACH 8000
Cloro libre residual	SM 4500 Cl G
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	SM 4500-NO <sub>2</sub> B
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	SM 4500-NO <sub>3</sub> B
Fluoruros	HACH 8029
Bario	SM 3030 B, 3111 D
Cianuro libre	HACH 8027
Cobre	SM 3030 B, 3111 B
Hierro total	SM 3030 B, 3111 B
Manganeso	SM 3030 B, 3111 B
Arsénico	EPA 3050 B, SM 3114 C
Zinc	SM 3030 B, 3111 B
Turbiedad	SM 2130 B
Detergentes	HACH 8028
Amonio (NH <sub>4</sub> )	SM 4500 NH <sub>3</sub> F
Dureza total	SM 2340 C
Aerobios mesófilos	MFLP-41 A
Hongos y Levadoras	MFLP-41 A

---

<sup>23</sup> ESPAÑA., APHA-AWWA-WPCF. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales., 17a ed., Madrid-España., Díaz de Santos, S.A., 1992.,

Coliformes totales	SM 9222 B
Coliformes fecales	SM 9222 D
Escherichia coli	SM 9222 B

FUENTE: Laboratorio LAPSU.

### 2.3.5.2 Técnicas

**TABLA 9. Potencial de Hidrógeno, pH**

**Método: 4500-B**

CONCEPTO	MATERIAL	REACTIVO	PROCEDIMIENTO	CÁLCULO
El pH es un parámetro que nos indica la acidez o alcalinidad del agua, varía de 1 a 14. Si el agua posee un pH menor a 7 se considera acida, caso contrario básica, igual a 7 neutra.	-pH-metro -Vaso de precipitación 250 ml	-Agua destilada -Agua Problema	-Calibrar en pH-metro -En un vaso de vidrio limpio poner un volumen de muestra suficiente de modo que cubra al electrodo de vidrio. -Sumergir el electrodo en la muestra y suavemente agitar a una velocidad constante para proporcionar la homogeneidad y suspensión de los sólidos, y esperar hasta que la lectura se estabilice. -Anote el valor de la lectura en el protocolo de trabajo.	Lectura directa

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TABLA 10. Sólidos Totales Disueltos****Método: HACH**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Los sólidos totales es la cantidad de materia disuelta en un volumen de agua. Se puede calcular tomando la suma de las concentraciones de todos los cationes y aniones indicados en la parte del análisis del agua o puede también ser medida evaporando una muestra de agua para secarla y posteriormente pesar sus residuos.	-Vaso de precipitación de 250mL -Electrodo sensible HACH	-Agua cruda -Agua tratada	Colocar aproximadamente 100mL de agua ya sea cruda o tratada, en el vaso de 250mL.	Leer directamente el valor de STD en el HACH series.

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TABLA 11. Color.****MÉTODO HACH 8025**

CONCEPTO	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El color es causado por la presencia de sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color producido por sólidos suspendidos se denomina Color Aparente. Mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero.	-Colorímetro HACH -Vaso de precipitado de 250ml	-Tomar la muestra en un vaso de precipitación y colocar en la celda. -Colocar la rueda colorimétrica de aguas crudas y leer comparativamente. -De la misma manera colocar la rueda colorimétrica para aguas limpias y leer comparativamente.	-Anotar la lectura directamente.

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TABLA 12. Hierro y Manganeso Total.**

Método: SM3030 B, 3111 B.

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Tanto el hierro como el manganeso crean problemas en suministros de aguas, más comúnmente en aguas subterráneas y en aguas del hipolimnio anaeróbico de lagos estratificados y en otros casos de aguas superficiales provenientes de ríos y embalses. Estos elementos se encuentran en forma insoluble en aguas con bajo contenido de OD.	-Equipo de Absorción Atómica de llama	-Agua cruda	-Tomar 30mL de muestra problema, en caso de existir turbidez elevada filtrar el agua.  -Someter a medición directa, en el equipo de Absorción Atómica.	Lectura directa

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TABLA 13. Turbidez**

Método: Nefrelométrico 2130 B

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
La turbidez mide la intensidad de color en el agua que se obtiene en la captación y posterior al tratamiento, el equipo identifica las impurezas finamente divididas, cualquiera que sea su naturaleza, que pueda ser suspendida, bien sea de origen inorgánico tales como las arcillas, limos, carbonatos de calcio, sílice, hidróxido férrico, azufre, entre otros o pueden ser de origen orgánica como materia vegetal, aceites, grasas y microorganismos.	-Turbidímetro de amplio espectro -Celda -Pizeta -Estándares para calibración	-Agua sujeta de análisis	-Calibrar el turbidímetro -Colocar en la celda el agua sujeta análisis. -Someter a medición directa.	Leer directamente el valor

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.



**TABLA 14. Dureza Total****Método: Standard Methodos 4500HB**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMEINTO	CÁLCULOS
La dureza total mide la capacidad del agua para consumir jabón. Las aguas duras son usualmente menos corrosivas que las blandas. Contienen esencialmente sales de calcio y magnesio que están disueltos generalmente en forma de carbonatos que por calentamiento pueden formar bicarbonatos que son la causa de incrustaciones en los sistemas de transporte de agua.	-Probeta de 100 ml -Pipeta de 1ml -Vaso de precipitado de 250ml -Agitador magnético	-Agua sujeta a análisis -Buffer de dureza Negro de eriocromo T -Solución de EDTA	-Tomar 50mL de muestra problema. -Adicionar 1ml de buffer de dureza. -Agregar una pequeña porción de negro de eriocromo T. -Valorar con la solución de EDTA -Leer el valor de titulación	ml utilizados de EDTA por 20

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TABLA 15. Cloruros.****Método: Standard Methodos**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMEINTO	CÁLCULOS
El cloruro en la forma de iones Cl <sup>-</sup> , es uno de los principales aniones presentes en el lodo. Los mismos que pueden encontrarse en altas concentraciones, esto depende de la formación de la que procede.	-Bureta -Probeta de 100ml -Pipeta de 1ml -Vaso de precipitado de 250 ml -Agitador magnético -Magnetor -Pizeta	-Dicromato de Potasio -Nitrato de Plata 0,01 N -Agua destilada -Agua a analizar	-Tomar 25ml de la muestra de agua a analizar en un erlenmeyer de 100ml. -Agregar unas gotas de indicador de dicromato de potasio Chloride <sup>2</sup> el mismo que dará una coloración amarilla. -Titular con nitrato de plata hasta cambio de color.	ml consumidos de nitrato de plata por 0,5 por factor de dilución

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TABLA 16. Nitritos y Nitratos****Método: HACH**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Los niveles naturales de nitrato en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas se ha observado un incremento de los niveles de nitrato debido a la intensificación de las prácticas agrícolas.	-HACH 2004 -Pipeta de 1ml -Vaso de precipitado de 250 ml	-Reactivo NitriVer -Reactivo NitraVer	-Colocar 10ml de la muestra de agua a analizar y agregar el NitriVer para determinar nitritos y NitraVer para determinar nitratos. -Colocar la celda en el HACH -Según el parámetro a analizar cambiar la curva de calibración.	Leer el valor directamente.

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TABLA 17. Sulfatos****Método: Standard Methods**

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Los altos niveles de sulfato pueden corroer tuberías, particularmente las de cobre. En áreas con altos niveles de sulfato, normalmente se usan materiales más resistentes a la corrosión tales como tubos de plástico.	-Bureta -Pipeta de 1ml -Balón de 10ml -Erlenmeyer -Espectrofotómetro	-Solución sulfatos -Cloruro de bario	-En el balón de 100ml colocamos una porción de muestra + 2ml de solución acondicionadora y aproximadamente 1gr de BaCl <sub>2</sub> aforar con la muestra -Medir en el fotómetro a 410 nm.	Lectura directa, si hay dilución multiplicar por el factor de dilución.

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TABLA 18. Arsénico**

Método: Color HACH

CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
La ingestión de pequeñas cantidades de Arsénico puede causar efectos crónicos por su acumulación en el organismo. Envenenamientos graves pueden ocurrir cuando la cantidad tomada es de 100mg. Se ha atribuido al arsénico propiedades cancerígenas.	-Pipeta de 1ml -Vaso de precipitado de 250ml.	-Reactivo arsenic	-En el frasco de análisis colocar 25ml de agua problema adicionar el reactivo arsenic. -Introducir la cinta color para medir comparativamente el nivel de arsénico.	Leer con la escala de color comparativa.

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TABLA 19. Coliformes Fecales y Coliformes Totale**

Método: Standard Methodos 9222D y 9222B

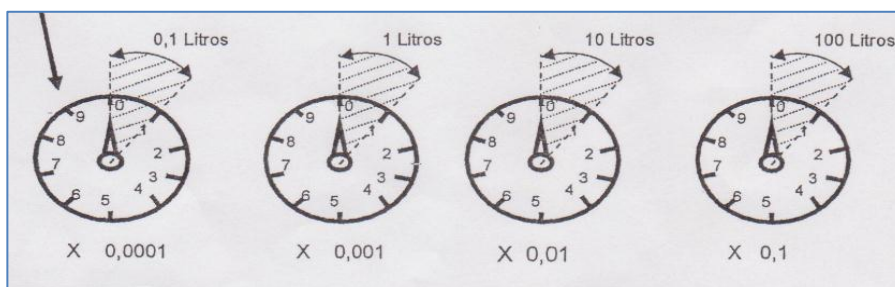
CONCEPTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Los <i>CF</i> son un subgrupo de los <i>CT</i> , capaz de fermentar la lactosa a 44° C en vez de 37 °C como lo hacen los totales. Aproximadamente el 95% del grupo de los Coliformes presentes en heces están formados por <i>E. Coli</i> y ciertas especies de <i>Klebsiella</i> .	-Mechero Bunsen -Pipeta de 1ml -Membrana milipore	-mc-ColiBlue -mf-ColiBlue -Agua ultra-purificada	-Añadir una ampolla como medio de cultivo en los medios milipore dependiendo del microorganismo a identificar. -Para <i>CF</i> incubar a 44 °C y <i>CT</i> incubar a 37°C, durante 24 H.	Contabilizar el número de colonias formadas

FUENTE: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

## 2.4 MÉTODO DE MEDICIÓN DE CAUDAL

La medición del caudal se lo realizó directamente en el macromedidor ubicado en el ingreso a la planta de tratamiento de agua, donde indica en cada dial la cantidad de agua que ingresa según el tiempo que tarde en dar una vuelta completa al dial en sentido a las manecillas del reloj, según como se muestra en el siguiente gráfico:

**GRÁFICO 9. Dial de diferentes medidas del macromedidor**



FUENTE: Municipio, GADMFO

Considerando que la planta potabilizadora opera discontinuamente, el método para establecer el gasto promedio diario de agua, se basa en la medición directa del medidor ubicado en la salida de las bombas de impulsión. La medición se realizara cada 24 H durante dos días por semana.

## 2.5 MÉTODO PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO

El método para determinar la eficiencia del tratamiento de la calidad del agua tratada se obtiene con respecto a cada parámetro analizado, mediante la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{V_i - V_f}{V_i} \times 100\%$$

**Ec. 15**

Dónde:

$E_p$ = eficiencia con respecto a cada parámetro

$V_i$ = valor inicial del parámetro

$V_f$ = Valor final del parámetro

## **2.6 ELABORACIÓN DE PLANOS.**

Los planos de rediseño de la planta de agua potable, se realizara con la ayuda del Software AUTOCAD 2010 a escala 1:1.

# **CAPÍTULO III**

## **CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **CAPÍTULO III**

### **3 CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **3.1 DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA**

El agua que ingresa a la planta de tratamiento es de tipo subterráneo y la profundidad aproximada del pozo es de 17 a 18 metros. En la actualidad se extrae un caudal de 1,42 L/s aproximadamente y la capacidad para la cual está diseñada es de 1,5 L/s. Al poseer un sistema automatizado el funcionamiento del sistema de potabilización es intermitente, ingresando en funcionamiento la planta entre 01:00 am hasta 09:00 a 10:00 am aproximadamente y el resto de día de modo discontinuo, alcanzando un tratamiento promedio de 86,875 m<sup>3</sup>/día (ver Anexo 3)

En las conexiones de las tuberías existen fugas de agua en mínimas proporciones, además la planta de agua se ve afectada por presencia de material particulado PM10 proveniente de la vía de segundo orden que está situada a una distancia de 5m de la planta lo que constituye una fuente de contaminación al sedimentarse estas partículas en el agua en tratamiento.

Para evaluar el estado del proceso de potabilización se realizó los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua captada que ingresa a la planta de tratamiento, para ello se recogió muestras de agua en la captación, red de distribución y salida del tanque de reserva (ver anexo 1). Los análisis pertinentes fueron realizados por el Laboratorio LABSU (en el Cantón Francisco de Orellana).

### **3.1.1 CAPTACIÓN.**

Para la captación utilizan una bomba electro-sumergible, impulsando a través de tuberías de PVC de 2 pulgadas a la canaleta Parshall, encontrándose en esta tubería un medidor de caudal instalado a dos metros en posición vertical a la canaleta Parshall.

### **3.1.2 PRE-CLORACIÓN Y MEZCLA RÁPIDA.**

Para la oxidación de metales como hierro y manganeso es utilizado el cloro, mismo que es dosificado por medio de una bomba de marca IWAKI, a 25 carreras por minuto (cpm), emitiéndose en cada pulsación 0,22ml de cloro líquido (HTH), lo que significa que se añade 0,092 ml/s de Cloro líquido por cada 1,42 L/s de agua que ingresa al tratamiento y en términos de porcentaje (volumen/volumen) en dilución alcanza  $6,48 \times 10^{-3} \%$ , agregándose el Cloro al ingreso de la canaleta Parshall.

La mezcla rápida efectuada mediante la canaleta parshall, ubicada a 4,5 m de altura aproximadamente, mide 1,3m de largo y desemboca sobre las bandejas de aireación (ver anexo 1), el ingreso del agua a la canaleta parshall está controlado por una válvula principal y con la ayuda del medidor de vasos comunicantes, mismo que posee una varilla de escala con calibración de fábrica, instalado en la canaleta parshall se verifica los L/s de agua que ingresan a tratamiento.



Durante el trayecto por la canaleta permite la homogenización del agua con el cloro, produciéndose la oxidación del hierro y manganeso.

Al momento en la canaleta Parshall se depositan sedimentos de arena fina que es arrastrada en la succión, verificándose también en las paredes de la canaleta una película amarillenta producto de la oxidación del manganeso por efecto de la oxidación con cloro.

### **3.1.3 AIREACIÓN.**

La aireación es realizada por medio de aireadores de bandejas múltiples (5 bandejas), cada bandeja mide 60x60x10 cm, de ancho, largo y profundidad respectivamente. Cada bandeja tiene 169 orificios de 5mm de diámetro, a excepción de la última bandeja que únicamente tiene un orificio de 2plg de diámetro, las bandejas tienen una altura total de 1,12m ubicadas sobre el tanque sedimentador. Antes de ingresar el agua al sistema de bandejas se dosifica el Policloruro de Aluminio, mismo que se mezcla conforme descende entre bandejas, realizándose la dosificación del coagulante por medio de una bomba de marca IWAKI, la misma que suministra 0,56 ml por cada pulsación, generando un total de 45 carreras por minuto (cpm), de modo que se añade 0,42ml/s de PAC a cada 1,42 L/s de agua de la solución madre de PAC al 25%, alcanzándose en la mezcla una concentración de  $7,4 \times 10^{-3}$ % PAC.

Producto de la oxidación del manganeso, existe presencia de recubrimientos amarillentos sobre las bandejas, luego de que la película se ha tornado densa es removida manualmente dos veces por semana, ver anexo 1.

### 3.1.4 FLOCULADOR / SEDIMENTADOR.

El proceso de floculación y de sedimentación se los realiza en el mismo tanque (tipo cono imhoff) ya que está dividido en dos compartimentos: el interno correspondiente al floculador, cuyo recorrido de agua es descendente; y la parte externa corresponde al sedimentador. Este tanque IMHOFF está construido de fibra de vidrio y tiene la capacidad de retener y sedimentar los flóculos en la parte inferior.

**FOTOGRAFÍA 2. Tanque floculador / sedimentador**



FUENTE: Mayuri Freire

En su parte interna del floculador incluyen un sistema de laberinto vertical para una correcta formación de los flóculos, mientras que en la parte exterior del sedimentador existen módulos plásticos de sedimentación de ABS (Acrilo nitrilo Butadieno Estireno) de 53 cm y con celdas de 5x5 cm, los mismos que regulan la velocidad ascendente del agua permitiendo mejorar el rendimiento de la sedimentación, la tubería que recoge el agua tiene orificios de 1 cm de diámetro y conduce el agua al siguiente proceso de filtración.

Después de la floculación el agua posee una coloración amarillenta y presencia de flóculos menos densos ocasionando incapacidad de sedimentación total y por ende llegan a la tubería recolectora y pasan a la filtración.

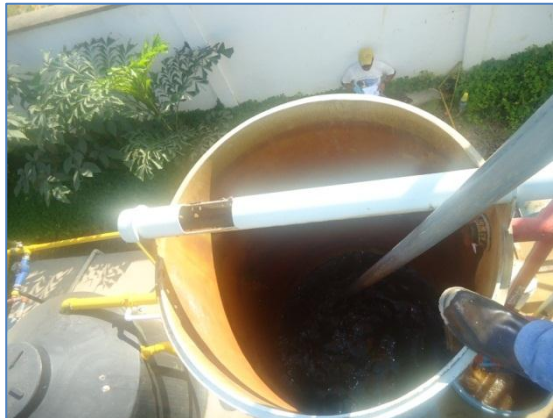
La limpieza del floculador y sedimentador se lo realiza cada hora abriendo y cerrando la válvula de la tubería de descarga de lodos, ubicada en la parte inferior del tanque. El agua de efluente tiene una tonalidad café rojiza.

### **3.1.5 FILTRACIÓN.**

El filtro utilizado es el denominado rápido de arena, cuyo lecho filtrante es la sílice con una altura efectiva de 68 cm y la altura total del filtro es de 2,38 m., el filtro está provisto de un sistema de tuberías tanto para la salida de agua tratada, purga de lodos (retrolavado) y en caso de exceso de agua que son manipuladas mediante válvulas según la operación a realizar.

El retrolavado es realizado una vez por semana, notándose también impregnada en las paredes del filtro una coloración amarillenta hasta el nivel del agua, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

**FOTOGRAFÍA 3. Limpieza del filtro por retrolavado**



FUENTE: Mayuri Freire.

### 3.1.6 CLORACIÓN.

La cloración es efectuada a la salida del agua tratada, cuyo sistema de desinfección es Cloro en Pastillas que incluye: dispensador de cloro en pastillas y flujómetro.

En la parte interna del flujómetro se observó crecimiento de algas, debido a la exposición de factores físicos externos como la energía luminosa y el oxígeno que favorece su crecimiento e impiden observar con claridad la cantidad de cloro que marca el rotámetro.

**FOTOGRAFÍA 4. Sistema de dosificación de cloro en tabletas**



FUENTE: Mayuri Freire.

### 3.1.7 ALMACENAMIENTO.

El agua tratada es almacenada en tres compartimientos: tanque de reserva, ubicado dentro de las instalaciones de la planta; tanque elevado, distribuye el agua por gravedad; y la cisterna.

El tanque de reserva de 2,5 m<sup>3</sup> recibe el agua tratada, aquí es almacenada y transportada al tanque elevado mediante bombas de impulsión (dos bombas que funcionan alternadamente). Las paredes internas del tanque son totalmente amarillentas hasta el límite del agua almacenada, como se muestra en la siguiente fotografía.

#### FOTOGRAFÍA 5. Tanque de Reserva



FUENTE: Mayuri Freire.

El tanque elevado está construido de concreto y tiene una capacidad de  $14,4 \text{ m}^3$ , posee un sistema automatizado que le permite cesar las funciones a las bombas de impulsión cuando se ha llenado. Las paredes del tanque están manchadas y se distingue presencia de sedimentos producto de la decantación de flóculos aún existentes en el agua (ver siguiente fotografía).

#### FOTOGRAFÍA 6. Tanque elevado



FUENTE: Mayuri Freire.

La cisterna funciona como reservorio, proviniendo el agua del tanque elevado (por gravedad) y nuevamente retorna a él mediante bomba a presión cuándo se haya agotado el agua con las actividades de faenamiento. Posee en sus paredes manchas amarillentas.

**FOTOGRAFÍA 7. Cisterna.**



FUENTE: Mayuri Freire.

### **3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA**

De acuerdo a lo mencionado en el capítulo II la caracterización del agua potable tratada y cruda fueron analizados en el Laboratorio LABSU, en cumplimiento con protocolos de muestreo (cadena de custodia). Los parámetros analizados son: pH, color real,  $Cl_{res.}$ ,  $NO_2$ ,  $NO_3$ ,  $F^-$ , Ba,  $CN^-$  libre, Cu,  $Fe_T$ , Mn, turbiedad, Aerobios Mesófilos, Hongos, Levaduras, CT, CF y E. coli.

#### **3.2.1 ANÁLISIS DE AGUA CAPTADA**

**TABLA 20. Resultados de las muestras de agua captada.**

Parámetro	Unidad	Captación		Promedio	LMP TULSMA	
		MC 1	MC2	MCp	Tabla 1	Tabla 2
Potencial de hidrogeno	-	7,19			6-9	6-9

Sólidos totales disueltos	mg/L	278			1000	500
Sólidos sedimentables	mL/L		1,5	1,5	1	1
Oxígeno disuelto	mg/L	7,3	5,20	6,25	>6	>6
Demanda química de oxígeno	mg/L		<10,00			
Cloruros	mg/L	26,96			250	250
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	1,07	0,23	0,65	1	1
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	7,2	0,90	4,05	10	10
Fluoruros	mg/L	0,41			1,5	<1,4
Bario	mg/L	0,43			1,0	1,0
Cianuro libre	mg/L	<0,010			0,1	0,01
Arsénico	mg/L	<0,005			0,05	0,05
Hierro total	mg/L	<0,20	0,26		1,0	0,3
Hierro disuelto	mg/L		<0,20			
Manganeso	mg/L	0,21	0,40	0,305	0,1	0,1
Zinc	mg/L	0,06			5,0	5,0
Turbiedad	UFT	2,97			100	10
Detergentes	mg/L	<0,01			0,5	0,5
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	75,12			500	500
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/L	<0,10			0,05	-
Coliformes totales	Col/100mL	<0,2			3000	50
Coliformes fecales	Col/100mL	<0,2			600	-

FUENTE: laboratorio LAPSU.  
Realizado por: Mayuri Freire

Los resultados de la caracterización del agua cruda según lo establecido en el TULSMA, Libro VI., Anexo 1., Tabla 1., (requiere tratamiento convencional) y tabla 2., (requiere únicamente desinfección), como se muestra en la Tabla, los nitritos (con un mínimo) y manganeso exceden los límites permitidos haciéndose necesario el tratamiento; y en la caracterización del Agua Tratada comparada con la norma vigente NTE INEN 1108:2011 para Agua Potable.

### 3.2.2 ANÁLISIS DEL AGUA TRATADA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

**TABLA 21. Resultados de la caracterización del agua tratada en la red de distribución (zona de embarque de cárnicos)**

Parámetro	unidad	M 1	M 2	M 3	Mp	LMP 1108	INEN
Potencial de hidrogeno	-	7,31	7,26	7,27	7,28	6-9	
Color real	PtCo	20	18	20	19,33	15	
Cloro libre residual *	mg/L	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,3-1,5	
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	3.0	
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	3,7	2,7	3,1	2,17	50	
Fluoruros	mg/L	0,32	0,33	0,40	0,34	1,5	
Bario	mg/L	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,7	
Cianuro libre	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010	<0,10	0,07	
Cobre	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	2,0	
Hierro total	mg/L	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	-	
Manganeso	mg/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,4	
Turbiedad	UFT	3,13	2,97	1,69	2,6	5	
Aerobios mesófilos	Col/mL	3000	2300	2400	2566,7	-	
Hongos	Col/100mL	0	0	0	0	-	
Levaduras	Col/100mL	0	0	0	0	-	
CT	Col/100mL	30	100	140	90	Ausencia	
CF	Col/100mL	30	<2	10	13,33	Ausencia	
E. coli	Col/100mL	10	<2	20	10	-	

FUENTE: laboratorio LAPSU.

Realizado por: Mayuri Freire

\* Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 min; - no establecidos en la norma; Valores reportados como <2 significa q no existe presencia de colonias.

En los resultados expuestos indica que no existe presencia de cloro residual lo que conlleva a la presencia de *CF*, *CT*, *E. coli* y aerobios mesófilos, deduciéndose que hay contaminación por la cercanía del Tanque de cisterna a los corrales de los porcinos, y el color real excede su límite de acuerdo a la norma para Agua Potable.



### 3.2.3 ANÁLISIS DEL AGUA TRATADA EN EL TANQUE DE RESERVA

**TABLA 22. Resultados de la muestra de agua en la salida del Tanque de Reserva.**

Parámetro	Unidad	TR	LMP INEN 1108
Oxígeno disuelto	mg/L	5,90	>6
Demanda química de oxígeno	mg/L	<10,00	-
Hierro total	mg/L	0,47	-
Hierro disuelto	mg/L	<0,20	-
Manganeso	mg/L	0,43	0,4
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	0,18	3,0
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,90	50

FUENTE: laboratorio LAPSU.

Realizado por: Mayuri Freire

TR, tomada la muestra de agua a la salida del Tanque de Reserva, - no establecido en la norma.

En el caso del agua a la salida del tanque de reserva existe presencia de hierro y manganeso (fuera de límite), mientras que en la red de distribución no existe presencia de estos elementos lo que indica que han sedimentado en el tanque elevado y en la cisterna, la concentración de oxígeno disuelto en mínimas cantidades es menor a lo establecido.

### 3.2.4 PRUEBA FÍSICA DEL AGUA POTABILIZADA DEL CAMAL MUNICIPAL

Para una mejor apreciación del estado del agua tratada, se procedió a hervir una cantidad suficiente de agua en la que se observó la precipitación de flóculos de una tonalidad amarillenta y consecuentemente el agua quedó totalmente trasparente, sin presencia de color. Además se dejó el agua en reposo aproximadamente 4 L de igual forma a las 24 horas se apreció la sedimentación de flóculos amarillentos, al transcurrir mayor tiempo los residuos sedimentados tomaron una tonalidad más oscura y luego de desechar el agua, el recipiente quedo con manchas amarillentas impregnadas en su base, ver Anexo 1.

### **3.3 REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

El rediseño de la planta potabilizadora de agua está basado en el diagnóstico de la calidad del agua cruda y tratada descritos en los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos y de los resultados de las pruebas de tratabilidad, por lo que su rediseño consiste en: la implementación de un desarenador que permitirá retener el arena y prevenir daños de abrasión, atascos y sobrecargas en equipos de siguientes proceso del tratamiento; dosificación de coagulante (PAC en polvo) y ayudante de coagulación (Cal) que permitirá una mejor floculación y con tiempos de sedimentación cortos; implementación de una bomba dosificadora que servirá para la dosificación de Cal hidratada; y cambio de lecho filtrante para aumentar la eficiencia del filtro.

Considerando estos cambios en el sistema de tratamiento de agua se conseguirá que el agua producida cumpla con los parámetros de calidad establecida en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2011.

#### **3.3.1 DIMENSIONAMIENTO DE UN DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL.**

Según lo establecido en la norma RAS 2000 recomienda el diseño de dos desarenadores para un adecuado mantenimiento, pero considerando que el caudal que trata la planta es mínimo y el área disponible pequeña únicamente se diseñara para un desarenador como proceso de pre-tratamiento. Las ecuaciones utilizadas para su dimensionamiento se indican en el **literal 1.5.1.2**; y los datos requeridos se indican en la siguiente tabla.

**TABLA 23. Datos requeridos para el dimensionamiento del desarenador (tomando como referencia la “OPS/CEPIS/05.163” y “RAS 200 Título E”)**

Parámetro	Simbología	Unidad	Datos
Caudal de diseño	$Q_D$	$m^3/s$	$1,725 \times 10^{-3}$
Diámetro de la partícula	$D$	Cm	0,02
Densidad de la arena	$\rho_s$	$g/cm^3$	2,65
Densidad del agua	$\rho$	$g/cm^3$	0,99654
Viscosidad cinemática del agua	$\eta$	$cm^2/s$	$8,581 \times 10^{-3}$
Aceleración de la gravedad	$G$	$cm/s^2$	981
Ancho del tanque desarenador	$B$	M	0,4
Relación largo : ancho	$L_D/b$		2,5:1 - 5:1
Relación ancho : profundidad	$b/H_D$		1:1 - 5:1
Tiempo de retención hidráulico	TRH	S	20-180
Ángulo de divergencia en la transición	$\Theta$		$12^\circ 30'$

FUENTE: Mayuri Freire

### Verificación del cumplimiento de la ecuación 10:

$$U_a > U_h$$

Con ello se verifica que no exista arrastre de las partículas depositadas en la zona de desarenación; de modo que se realiza los siguientes cálculos para confirmar la hipótesis.

#### a) Cálculo de la velocidad de sedimentación de la arena gruesa.

De la ecuación 2., se obtiene:

$$U_s = 0,22 \left( \frac{2,65 - 0,99654}{0,99654} * 981 \right)^{\frac{2}{3}} * \left( \frac{0,02}{(8,581 \times 10^{-3})^{1/3}} \right)$$

$$U_s = 2,97 \frac{cm}{s} = 0,0297 m/s$$

Interpretación: la arena gruesa se sedimenta a una velocidad de 2,97 cm/s.

#### b) Cálculo del Número de Reynolds (Re)

De la ecuación 3., se obtiene:

$$Re = \frac{2,97 * 0,02}{8,581 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 6,92$$

Interpretación: el flujo de agua corresponde al régimen de transición, lo que significa que la sedimentación de arena es eficiente.

**c) Cálculo del coeficiente de arrastre,  $C_D$**

De la ecuación 4 se obtiene.

$$C_D = \frac{24}{6,92} + \frac{3}{\sqrt{6,92}} + 0,34$$

$$C_D = 4,95$$

**d) Cálculo de la velocidad de sedimentación de la partícula en la zona de transición**

De la ecuación 5 se obtiene:

$$U_{st} = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981}{4,95} + (2,65 - 1) * 0,02}$$

$$U_{st} = 16,26 \text{ cm/s} = 0,1626 \text{ m/s}$$

Interpretación: la partícula de arena precipita 16,26 cm en un segundo.

**e) Cálculo de la velocidad de arrastre**

De la ecuación 6 se obtiene:

$$U_a = 125 * [(2,65 - 0,99654)0,02]^{1/2}$$

$$U_a = 22,73 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0,2273 \text{ m/s}$$

Interpretación: las partículas de arena son arrastradas 22,73 cm por cada segundo que recorre el agua en el desarenador.

#### f) Cálculo del área superficial

De la ecuación 7 se obtiene:

$$A_s = \frac{1,725 \times 10^{-3}}{0,2273}$$

$$A_s = 7,59 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 75,89 \text{ cm}^2$$

#### g) Cálculo de las dimensiones del desarenador:

##### Longitud del desarenador, $L_D$

Utilizando la relación largo ancho (2,5:1) de los criterios establecidos en la Tabla 28 se obtiene:

$$\frac{L_D}{b}$$

Ec. 16

$$\frac{L_D}{b} = \frac{2,5}{1}$$

$$\frac{L_D}{0,4m} = \frac{2,5}{1}$$

$$L_D = 2,5 * 0,4m$$

$$L_D = 1m$$

Interpretación: la zona de desarenado tendrá 1m de longitud.

##### Profundidad del desarenador, $H_D$

Para determinar la profundidad del desarenador se aplica la relación ancho profundidad 1:1, según los criterios establecidos en la tabla 28:

$$\frac{b}{H_D}$$

Ec. 17

$$\frac{b}{H_D} = \frac{1}{1}$$

$$\frac{0,4m}{H_D} = \frac{1}{1}$$

$$H_D = \frac{0,4m * 1}{1}$$

$$H_D = 0,4 m$$

Interpretación: el desarenador tendrá 0,4 m de profundidad.

### **Cálculo del área total**

Para obtener el área total se aplica la ecuación 8, que es el resultado de la multiplicación entre la Ec. 15 y la Ec. 16:

$$A_T = 1m * 0,4m$$

$$A_T = 0,4m^2$$

Interpretación: el área total requerida por las partículas de arena para una eficiente sedimentación es de  $0,4m^2$ .

### **h) Cálculo de la velocidad horizontal**

De la ecuación 9 se obtiene:

$$U_h = \frac{1,725 \times 10^{-3} m^3/s}{0,4m^2}$$

$$U_h = 4,31 \times 10^{-3} m/s = 0,431 cm/s$$

Comparamos la relación  $U_a > U_h$  (Ec. 10):

$$22,73 cm/s > 0,431 cm/s$$

Interpretación: la velocidad de arrastre es mayor a la velocidad horizontal lo que significa que no existirá resuspensión de las partículas de arena, es decir, las medidas con las cuales se diseñará el desarenador son las idóneas.

### i) Cálculo del tiempo de retención hidráulica, TRH

De la ecuación 11 se obtiene:

$$V = L_D * b * H_D$$

$$V = 1m * 0,4m * 0,4m$$

$$V = 0,16m^3$$

$$TRH = \frac{V}{Q_D}$$

$$TRH = \frac{0,3125m^3}{1,725 \times 10^{-3} m^3/s}$$

$$TRH = 92,75 s$$

Interpretación: el tiempo que tardara el agua en transitar por la zona de desarenación es de 92,75 segundos.

### j) Cálculo de la longitud de transición al ingreso del desarenador

De la ecuación 12 se obtiene:

$$L_t = \frac{B - b_1}{2 \operatorname{tg} \theta}$$

$$L_t = \frac{0,4 - 0,20}{2 \operatorname{tg} 12,5}$$

$$L_t = 0,45m$$

Interpretación: la longitud de la zona de ingreso o zona de transición es de 0,45m.

### k) Cálculo del tiempo de remoción de arenas, TRa

Datos:

$$QP/día = 86,875 m^3/día = 86875L/día$$

$$SS = 1,5 ml/L = 0,0015L_{arena}/L_{AC}$$

$$V = 0,16m^3$$

$$TRa = ?$$

$$\begin{aligned} 1L_{AC} &\rightarrow 0,0015L_{arena} \\ 86875 L/día_{AC} &\rightarrow x \end{aligned}$$

$$x = 130,31 L/día = 0,13m^3/día$$

$$\begin{aligned} 0,13m^3_{arena} &\rightarrow 1día \\ 0,16m^3_{Desarenador} &\rightarrow TR_a \end{aligned}$$

$$TR_a = 1,23día$$

### 3.3.1.1 Resultados del diseño del desarenador horizontal

De acuerdo a los criterios de diseño de la norma RAS 2000 Título E, se debe considerar el diseño de dos filtros como mínimo para sus respectivos mantenimientos, pero considerando que el caudal es mínimo, sus operaciones son intermitentes, poca disponibilidad de espacio y costos se propone la implementación de un desarenador, cuyas propiedades y medidas de dimensionamiento quedan expresadas en las siguientes tablas.

**TABLA 24. Propiedades de dimensionamiento para desarenador de flujo horizontal**

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Resultado	Valor recomendado
Velocidad de arrastre	Ua	m/s	0,02273	>Uh
Velocidad horizontal	Uh	m/s	4,31x10 <sup>-3</sup>	<Ua
Tiempo de retención hidráulica	TRH	S	92,75	20-180

FUENTE: Mayuri Freire

Con los resultados obtenidos en la tabla anterior se puede evidenciar que la velocidad de arrastre (Ua) es mayor a la velocidad horizontal (Uh) lo que permite corroborar con lo establecido en la Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores., OPS/CEPIS/05.163, concluyendo que las partículas sedimentadas no serán resuspendidas y permanecerán en la zona de desarenación, con respecto al Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) se encuentra dentro del rango establecido en el RAS 2000 Título E.

Habiendo cumplido con los criterios establecidos el desarenador tendrá las siguientes medidas:



**TABLA 25. Dimensiones del desarenador de flujo horizontal**

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Dimensión
Ancho	B, b	M	0,4
Profundidad	H <sub>D</sub>	M	0,4
Longitud	L <sub>D</sub>	M	1
Longitud de transición	L <sub>t</sub>	M	0,45
Ancho de ingreso	b <sub>1</sub>	M	0,20

FUENTE: Mayuri Freire.

### **3.3.2 SISTEMA DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.**

Con el objetivo de determinar las dosis idóneas de coagulante y floculante para tratar el agua se realizó las pruebas de jarras en función del tamaño del flóculo y tiempo de sedimentación y de este modo conseguir la reducción de las concentraciones de color, hierro y manganeso.

#### **3.3.2.1 Porcentajes para dosificación del PAC en polvo.**

Se utilizó PAC en polvo cuyas especificaciones del producto se describe en la Tabla 3 y siguiendo los procedimientos para prueba de jarras establecidos en el literal 1.4.1., se realizó los cálculos a diferentes concentraciones para determinar la dosis idónea para el tratamiento del agua, de acuerdo a los procedimientos descritos a continuación.

Preparar una solución madre de PAC al 4%, mediante la Ec. 18 de concentración en porcentaje de peso/volumen:

$$\%P/V = \frac{gr\ soluto}{ml\ solución} * 100$$

**Ec. 18**

$$4\% = \frac{gr\ PAC}{500ml\ H_2O} * 100\%$$

$$gr\ soluto = \frac{4gr/ml * 500mlH_2O}{100\%}$$

$$gr\ soluto = 20gr\ PAC$$

Determinamos los volúmenes de solución patrón (PAC al 4%) a extraer para pruebas de tratabilidad, según la siguiente ecuación de concentraciones:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

**Ec. 19**

a) Encontrar el volumen de la solución patrón para alcanzar el 0,1% de PAC en 1 litro de agua.

$$4\% * V_1 = 0,1\% * 1000ml$$

$$V_1 = 25ml\ PAC$$

b) Encontrar el volumen de la solución patrón para alcanzar el 0,08% de PAC en 1 litro de agua.

$$4\% * V_1 = 0,08\% * 1000ml$$

$$V_1 = 20ml\ PAC$$

c) Encontrar el volumen de la solución patrón para alcanzar el 0,06% de PAC en 1 litro de agua.

$$4\% * V_1 = 0,06\% * 1000ml$$

$$V_1 = 15ml\ PAC$$

d) Encontrar el volumen de la solución patrón para alcanzar el 0,04% de PAC en 1 litro de agua.

$$4\% * V_1 = 0,04\% * 1000ml$$

$$V_1 = 10ml PAC$$

e) Encontrar el volumen de la solución patrón para alcanzar el 0,03% de PAC en 1 litro de agua.

$$4\% * V_1 = 0,03\% * 1000ml$$

$$V_1 = 7,5ml PAC$$

f) Encontrar el volumen de la solución patrón para alcanzar el 0,02% de PAC en 1 litro de agua.

$$4\% * V_1 = 0,02\% * 1000ml$$

$$V_1 = 5ml PAC$$

g) Encontrar el volumen de la solución patrón para alcanzar el 0,01% de PAC en 1 litro de agua.

$$4\% * V_1 = 0,01\% * 1000ml$$

$$V_1 = 2,5ml PAC$$

### 3.3.2.2 Preparar una solución madre de Cal al 5%.

Para su cálculo se debe aplicar la Ec. 18.

$$\%P/V = \frac{gr\ soluto}{ml\ solución} * 100$$

$$5\% = \frac{gr\ Cal}{500ml\ H_2O} * 100\%$$

$$gr\ soluto = \frac{5\% * 500ml\ H_2O}{100\%}$$

$$gr\ soluto = 25gr\ Cal$$

**Interpretación:** para obtener una concentración de 5% (p/v), se requiere de 25gr de Cal por cada 500ml de agua.

Determinamos las nuevas concentraciones de Cal obtenidas para flocular en las pruebas de tratabilidad, según los siguientes volúmenes adicionados (usar Ec. 19):

a) Encontrar la concentración de Cal en 1 litro de agua añadiendo 1,5 ml de solución patrón de Cal

$$5\% * 1,5ml = C_2 * 1000ml$$

$$C_1 = 7,5 \times 10^{-3} \% Cal$$

b) Encontrar la concentración de Cal en 1 litro de agua añadiendo 1,5 ml de solución patrón de Cal

$$5\% * 3ml = C_2 * 1000ml$$

$$C_1 = 0,015 \% Cal$$

c) Encontrar la concentración de Cal en 1 litro de agua añadiendo 2 ml de solución patrón de Cal

$$5\% * 2ml = C_2 * 1000ml$$

$$C_1 = 0,01 \% Cal$$

d) Encontrar la concentración de Cal en 1 litro de agua añadiendo 1 ml de solución patrón de Cal al 5%

$$5\% * 1ml = C_2 * 1000ml$$

$$C_1 = 5 \times 10^{-3} \% Cal$$

e) Encontrar la concentración de Cal en 1 litro de agua añadiendo 1,5 ml de solución patrón de Cal al 5%

$$5\% * 1,7ml = C_2 * 1000ml$$

$$C_1 = 8,5 \times 10^{-3} \% \text{ Cal}$$

f) Encontrar la concentración de Cal en 1 litro de agua añadiendo 1,2 ml de solución patrón de Cal al 5%

$$5\% * 1,2ml = C_2 * 1000ml$$

$$C_1 = 6 \times 10^{-3} \% \text{ Cal}$$

g) Encontrar la concentración de Cal en 1 litro de agua añadiendo 3,8 ml de solución patrón de Cal al 5%

$$5\% * 3,8ml = C_2 * 1000ml$$

$$C_1 = 0,019 \% \text{ Cal}$$

h) Encontrar la concentración de Cal en 1 litro de agua añadiendo 5 ml de solución patrón de Cal al 5%

$$5\% * 5ml = C_2 * 1000ml$$

$$C_1 = 0,025 \% \text{ Cal}$$

i) Encontrar la concentración de Cal en 1 litro de agua añadiendo 1,5 ml de solución patrón de Cal al 5%

$$5\% * 0,5ml = C_2 * 1000ml$$

$$C_1 = 2,5 \times 10^{-3} \% \text{ Cal}$$

### 3.3.2.3 Resultados de coagulación y floculación.

En una primera aproximación el agua captada fue tratada únicamente con PAC y Cal a diferentes concentraciones, de las cuales se escogió las dosis con las que hubo una mayor aglomeración de flóculos y que sedimentó en el menor tiempo la mayor cantidad de flóculos, en la siguiente tabla se muestra las dosis de PAC y Cal utilizadas y los tiempos de sedimentación de los flóculos.

**TABLA 26. Concentraciones de PAC y Cal utilizadas en la Prueba de Jarras**

N° muestras	Solución madre de PAC al 4%		Solución madre de Cal al 5%		Tiempo de sedimentación	pH	Observaciones
	[ ] %	MI	[ ] %	ml	Min		
M1	0,1	25	$7,5 \times 10^{-3}$	1,5	>20	6,9	Flóculos pequeños abundantes y débiles
M2	0,08	20	0,015	3	>20	7,22	
M3	0,06	15	0,01	2	>20	7,25	
M4	0,04	10	$5 \times 10^{-3}$	1	15	7,09	Flóculos moderados
M5		10	$8,5 \times 10^{-3}$	1,7	13	7,24	
M6	0,02	5	0,01	2	06 y 32s	7,38	Mayor aglomeración de Flóculos y mejor sedimentación
M7		5	$8,5 \times 10^{-3}$	1,7	07 y 43s	7,34	
M8		5	$6 \times 10^{-3}$	1,2	05 y 52s	7,25	
M9	0,01	2,5	$2,5 \times 10^{-3}$	0,5	>20	7,23	Poca formación de flóculos y ligera presencia de color
M10	0,02	5	0,019	3,8	5-6	8,55	Buena floculación y sedimentación
M11		5	0,025	5	5-6	8,95	

FUENTE: Mayuri Freire.

De los resultados expuestos en la tabla anterior las mejores características de las muestras sometidas a pruebas de tratabilidad es la muestra número ocho (M8) cuyas concentraciones es 0,02% de PAC y 0,006% Cal, misma que fue sujeta de análisis y sus resultados se exponen en la Tabla 27. Para una mejor apreciación de los ensayos (Pruebas de jarras) se muestra en el Gráfico 15.

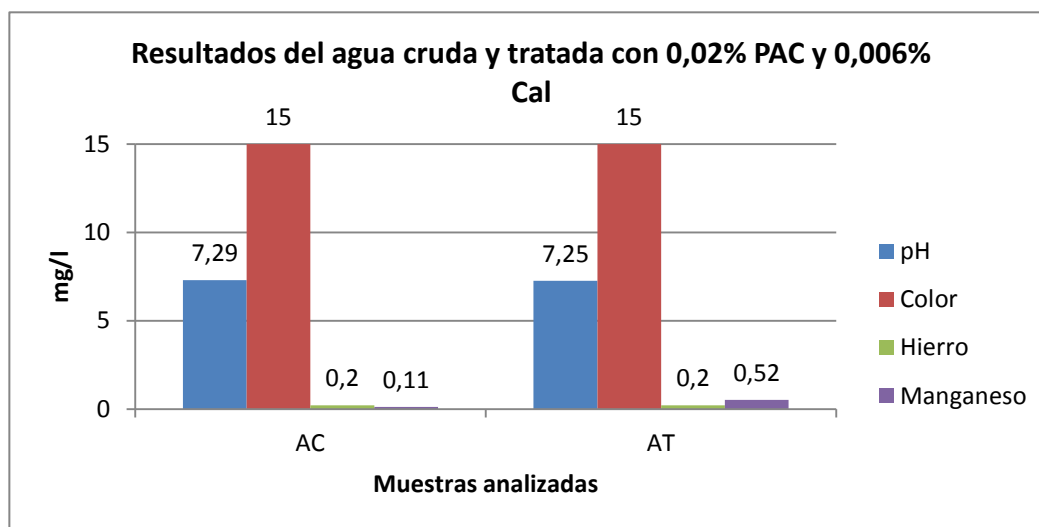
**TABLA 27. Resultados del ensayo realizado con 0,02% PAC y 0,006% Cal.**

Parámetro	Unidad	Agua cruda (AC)	Agua tratada (AC)	LMP INEN 1108
Potencial de hidrogeno	-	7,29	7,25	6-9
Color aparente	Pt-Co	<15	<15	<15

Hierro total	mg/L	<0,20	<0,20	
Manganeso	mg/L	0,11	0,52	0,40

Fuente: Laboratorio LABSU.  
Realizado por: Mayuri Freire.

**GRFICO 10. Eficiencia del tratamiento aplicado al agua captada, en base a la Tabla 27.**



FUENTE: Mayuri Freire.

En este gráfico se evidencia el aumento drástico del manganeso luego de haber realizado las pruebas de tratabilidad, de modo que se debe recurrir a establecer una nueva dosificación.

En una segunda aproximación el agua captada, tanto las muestras M10 (0,02%PAC – 0,019% Cal) y M11 (0,02%PAC – 0,025% Cal), ver tabla 26., fueron tratadas con Cloro al  $3,38 \times 10^{-3}$ % (ml/L) como etapa de pre-cloración, con el objetivo de oxidar el Manganeso, y posteriormente se filtró con grava y arena. El tiempo de sedimentación en ambos casos son de 5 a 6 minutos, por lo que son consideradas como idóneas para el tratamiento en la planta (ver gráfico 15), con el fin de conocer la eficiencia del tratamiento fueron analizadas obteniéndose los siguientes resultados.

**TABLA 28. Resultados del agua tratada con cloro (HTH).**

<b>Parámetro</b>	<b>unidad</b>	4,6x10 <sup>-3</sup> % <b>HTH</b>	<b>LMP</b>
Potencial de hidrogeno	-	6,96	6-9
Color aparente	PtCo	178	15
Hierro total	mg/L	<0,20	-
Manganeso total	mg/L	0,69	0,4

FUENTE: Laboratorio LABSU.  
Realizado por: Mayuri Freire.

En la Tabla 28., el pH ha descendido ligeramente de lo habitual por la presencia del HTH, mientras que el color aparente es sumamente elevado, no existe presencia de hierro total y en el caso del manganeso no cumple con lo establecido por la norma.

**TABLA 29. Agua pre-clorada, tratada con PAC y CAL y filtrada.**

<b>Parámetro</b>	<b>unidad</b>	<b>MT1<sup>(1)</sup></b>	<b>MT2<sup>(2)</sup></b>	<b>LMP INEN 1108:2011</b>
Potencial de hidrogeno	-	7,34	7,35	6-9
Color aparente	Pt-Co	<15	<15	15
Hierro total	mg/L	<0,20	<0,20	-
Manganeso total	mg/L	<0,10	<0,10	0,4

FUENTE: Mayuri Freire.

Realizado por: Mayuri Freire.

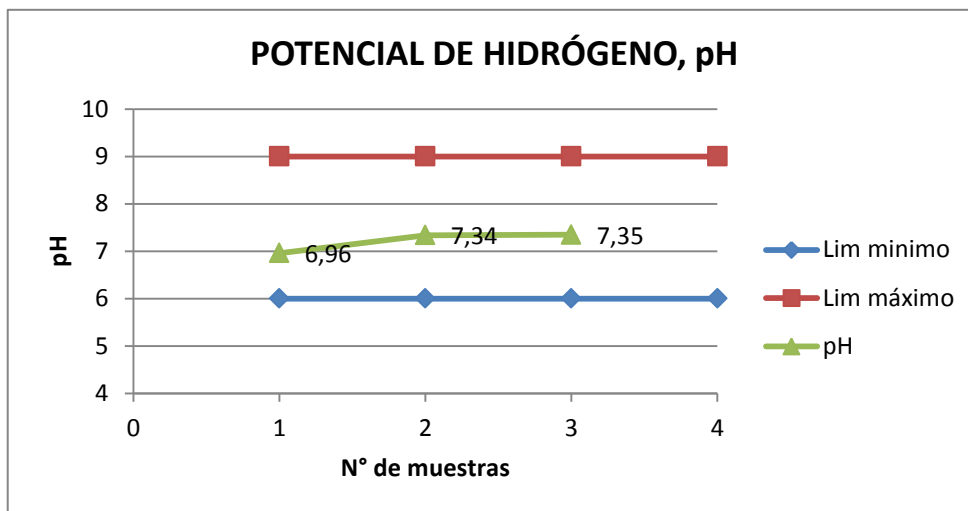
<sup>(1)</sup> MT1 (0,02%PAC y 0,19% Cal); <sup>(2)</sup> MT2 (0,02%PAC y 0,25% Cal)

Nota: El agua analizada tanto en la Tabla 29 y Tabla 30 corresponde a una misma agua pero en diferentes etapas de tratamiento.

Los resultados de la Tabla 30., indican que el tratamiento aplicado es el óptimo puesto que todos los parámetros analizados cumplen con la normativa NTE INEN 1108:2011.



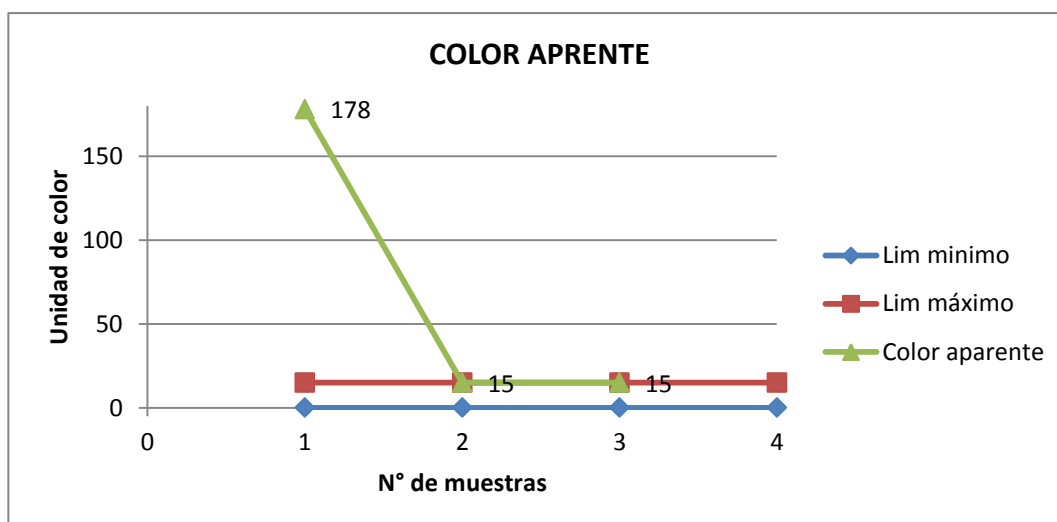
**GRÁFICO 11. Variación del pH en el agua pre-clorada con  $4,6 \times 10^{-3}\%$  HTH y tratada con PAC y Cal a diferentes concentraciones y filtrada**



FUENTE: Mayuri Freire.

La gráfica indica que los valores de pH están dentro de los límites permitidos por la Norma.

**GRÁFICO 12. Variación del Color Aparente en el agua pre-clorada con  $4,6 \times 10^{-3}\%$  de cloro y tratada con PAC y Cal a diferentes concentraciones y filtrada**



FUENTE: Mayuri Freire.

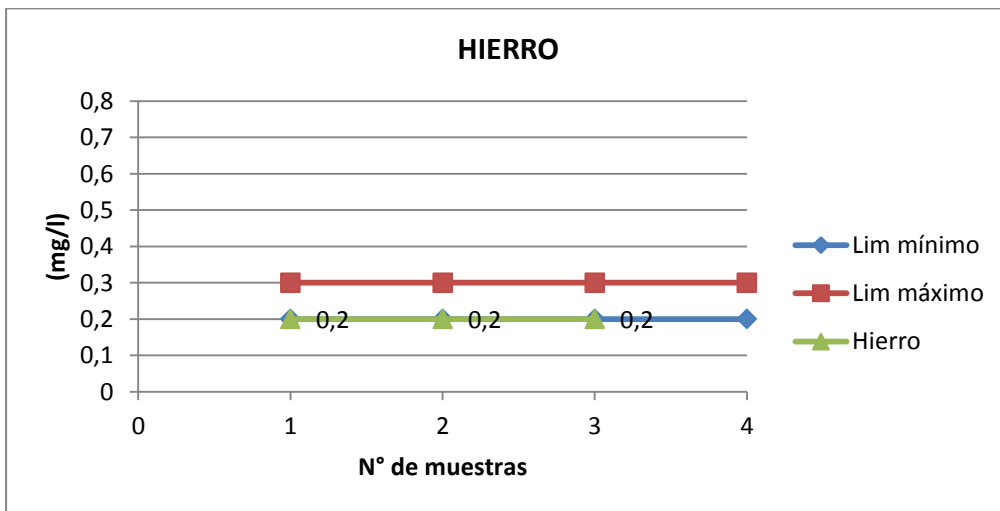
Los resultados mostrados en la gráfica indican que en la pre-cloración, como es de esperar, el color aparente es alto y se logra la reducción del color de menor a 15 unidades de color en los dos tratamientos utilizados en la prueba de jarras y posterior filtración.

Porcentaje de eficiencia con respecto al color aparente

$$E_P = \frac{178 - 14}{178} \times 100\%$$

$$E_P = 92,13\%$$

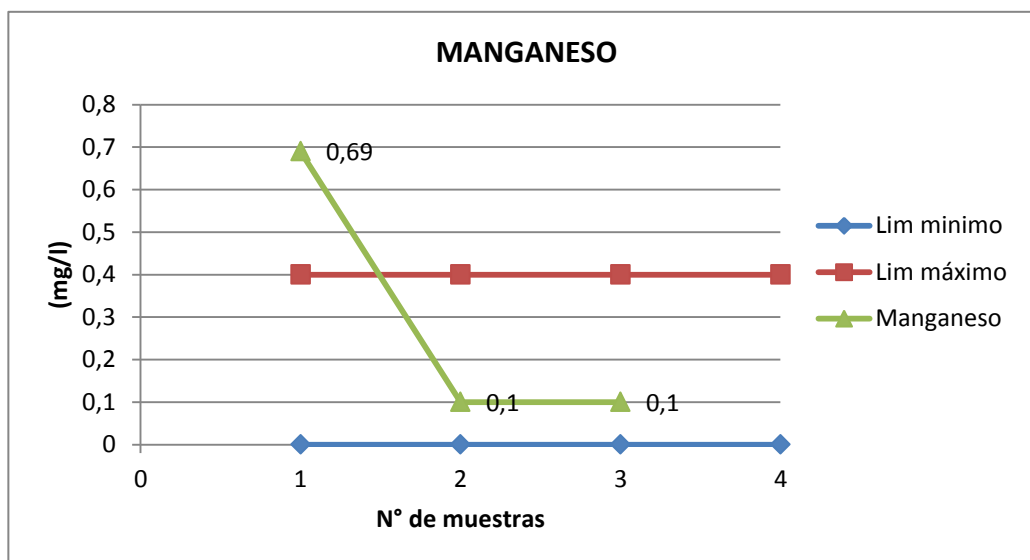
**GRÁFICO 13. Variación del Hierro en el agua pre-clorada con  $4,6 \times 10^{-3}\%$  de cloro y tratada con PAC y Cal a diferentes concentraciones y filtrada**



FUENTE: Mayuri Freire.

Los resultados muestran que no existe presencia de hierro en ninguna de las tres muestras analizadas.

**GRÁFICO 14. Variación del Manganeseo en el agua pre-clorada con  $4,6 \times 10^{-3}\%$  de cloro y tratada con PAC y Cal a diferentes concentraciones y filtrada**



FUENTE: Mayuri Freire.

En los resultados muestra la presencia de Manganeseo en la pre-cloración y en los siguientes procesos de coagulación, floculación y filtración se logra su eliminación (<0,1) en las dos muestras tratadas con diferentes dosis de Cal.

#### Porcentaje de eficiencia con respecto al manganeseo total

$$E_p = \frac{0,69 - 0,09}{0,69} \times 100\%$$

$$E_p = 86,96\%$$

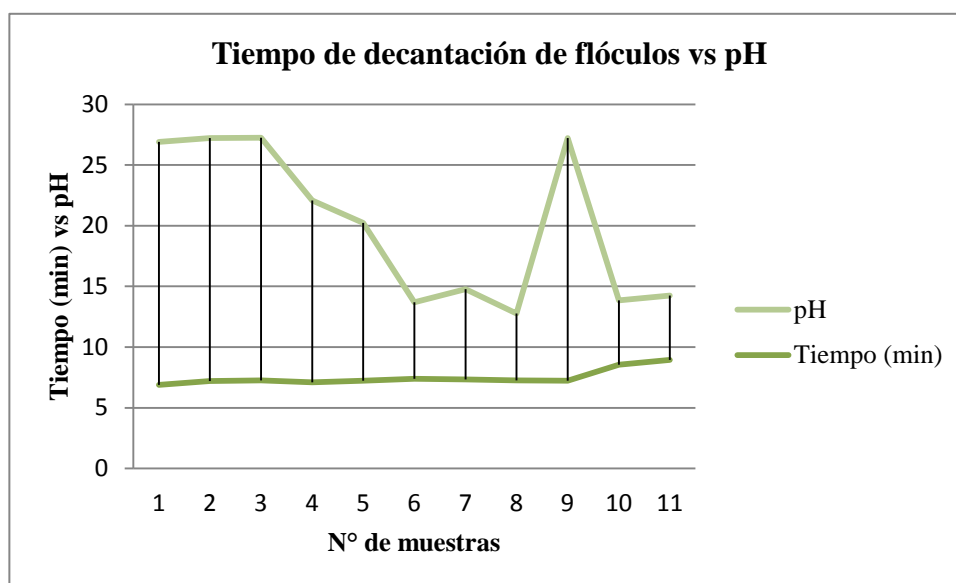
#### 3.3.2.4 Porcentaje de mejoramiento en la calidad del agua

**TABLA 30. Porcentaje de mejoramiento de la calidad del agua**

Parámetro	Eficiencia de la calidad (%)
Color aparente	92,13
Manganeseo	86,96
<b>Promedio</b>	<b>89,54</b>

FUENTE: Mayuri Freire

**GRÁFICO 15. Resultados de Pruebas de Jarras (tiempo de sedimentación vs pH)**



FUENTE: Mayuri Freire

Considerando que las fluctuaciones de agua a tratar hay mínimas variaciones en las pruebas de jarras de la M10 y M11, y en base a los resultados de análisis de laboratorio obtenido, la dosis de floculante y coagulante que mostro mejor eficiencia es de 0,02% de PAC en polvo y 0,019% de Cal apagada con la pre-cloración dosificada actualmente en la Planta Potabilizadora, que corresponde a la M10.

### 3.3.2.5 Cantidad de solución de PAC a dosificar diariamente con respecto a la capacidad de la planta

La capacidad para la cual está diseñada la planta de Agua Potable es de un caudal de 1,5 L/s y considerando que la Planta opera de forma intermitente el caudal promedio diario es de 86,875 m<sup>3</sup>/día.

$$86,875 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} = 86875 \text{ L/día}$$

De los resultados expuestos en la **Tabla 29.**, la dosis óptima es de 0,02% de PAC que equivale a 5ml obtenidos de la solución de PAC al 4%.

$$5ml \text{ sln PAC} \times \frac{1L}{1000ml} = 5 \times 10^{-3} L \text{ de solución de PAC}$$

$$5 \times 10^{-3} L \text{ sln PAC} \rightarrow 1 L \text{ agua de captación}$$

$$X \rightarrow 86875 L/día$$

$$X = 434,375 L \text{ sln PAC}$$

Interpretación: requiero 434,375 L de solución de PAC al 4%

**Cantidad de PAC en polvo requerido para tratar diariamente el agua de captación.**

$$20 \text{ gr PAC} \rightarrow 500ml H_2O_{\text{destilada}}$$

$$X \rightarrow 5ml H_2O_{\text{destilada}}$$

$$X \rightarrow 0,2gr \text{ PAC}$$

$$0,2gr \text{ PAC} \rightarrow 1L H_2O_{\text{captada}}$$

$$X \rightarrow 86875 L H_2O_{\text{captada}}/día$$

$$X = 17375 \text{ gr PAC} = 17,375 \text{ KgPAC}/día$$

Interpretación: Se requiere 17,375 Kg PAC para tratar el agua diariamente.

### **3.3.2.6 Cantidad de solución Cal a dosificar diariamente con respecto a la capacidad de la planta**

De los resultados obtenidos en la **Tabla 29.**, la dosis óptima de Cal es 0,019% que equivale a 3,8ml obtenidos de la solución madre de Cal al 5%.

$$3,8ml \times \frac{1L}{1000ml} = 3,8 \times 10^{-3} L \text{ de solución de Cal}$$

$$3,8 \times 10^{-3} L \text{ sln Cal} \rightarrow 1 L \text{ agua de captación}$$

$$X \rightarrow 86875L/día$$

$$X = 330,125 L \text{ sln } Cal/día$$

**Interpretación:** requiero 330,125 L de solución de Cal al 5%, para el tratamiento de potabilización diariamente.

### 3.3.2.6.1 Cantidad de Cal en polvo requerido para tratar diariamente el agua de captación.

$$25 \text{ gr } Cal \rightarrow 500ml \text{ H}_2\text{O}_{\text{destilada}}$$

$$X \rightarrow 3,8ml \text{ H}_2\text{O}_{\text{destilada}}$$

$$X \rightarrow 0,19gr \text{ Cal}$$

$$0,19gr \text{ Cal} \rightarrow 1L \text{ H}_2\text{O}_{\text{captada}}$$

$$X \rightarrow 86875 L \text{ H}_2\text{O}_{\text{captada}/día}$$

$$X = 16506,25 \text{ gr } Cal/día = 16,51 \text{ Kg}Cal/día$$

**Interpretación:** significa que requiero 16,51 kg de Cal diariamente.

## 3.3.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO A INSTALAR PARA DOSIFICACIÓN

Considerando que se dosificara un ayudante de coagulación en el proceso de tratamiento de agua, se hace necesaria la instalación de una bomba dosificadora de químicos. El fluido a dosificar es Cal hidratada al 5% (en concentración de peso/volumen), siendo requerida una cantidad de 342 ml/min de solución de Cal, tomando en cuenta estos requerimientos se propone la siguiente bomba.

### 3.3.3.1 Bomba dosificadora electrónica serie EZ

Esta bomba electrónica cuenta con un avanzado microprocesador que permite una regulación de la dosificación de 360:1. Es simple de operar a través de un teclado de tacto de tres botones. El ratio de 360:1 provee una incomparable precisión digital,

resultando en una alta resolución en la alimentación de químicos<sup>24</sup>, en el Anexo 4., se detallan las especificaciones técnicas del tipo de bomba requerida.

**TABLA 31. Características de la bomba dosificadora electrónica Serie EZ**

<b>Características</b>	<b>Especificación</b>
Marca	IWAKI
Código del modelo	EZC36D1-VC
Capacidad	6,3 GPH = 400ml/min
Presión máxima	30 PSI (lb/pulg)
Velocidad de recorrido	1-360 carreras por minuto
Salida máxima por carrera	1.17 ml/carrera
Voltaje	115 V; 50/60 Hz
Tamaño de conexión de tubería	½ pulg

FUENTE: WALCHEM., In IWAKI America Company "EZ Series Metering pumps"

### 3.3.3.2 Tanque de dosificación.

El tanque para dosificación de cal será de capacidad de 500 L en material de PVC, este tanque facilitara su ubicación en el lugar más idóneo para el proceso de dosificación.

### 3.3.4 CAMBIO DEL MEDIO FILTRANTE DEL FILTRO RÁPIDO DE ARENA

El rediseño del filtro consiste en el sobredimensionamiento y cambio del lecho filtrante, tomando en cuenta los resultados obtenidos de color real en **Tabla 21** y los límites permisibles establecidos en la NTE INEN 1108:2011 para agua potable.

Basado en los criterios establecidos para lechos filtrantes en la norma INEN 2655:2012 para la IMPLEMENTACIÓN DE PLANTAS POTABILIZADORAS

---

<sup>24</sup><http://www.yarumal.gov.co/aguas/documentos/MANUAL%20OP%20Y%20MANT%20ACUEDUCTO%20DE%20YARUMAL.pdf>

PREFABRICADAS EN SISTEMAS PÚBLICOS DE AGUA POTABLE, en lo establecido por Jairo Romero en “Tratamientos de Aguas” y considerando las características del tanque de filtración de la Planta de Agua Potable, se establece los siguientes espesores para arena y grava:

**TABLA 32. Especificaciones para espesores de nuevo lecho filtrante.**

Material	Criterios para rediseño	Tamaño efectivo ( $\phi$ )	Espesores que se aplicará
Arena	20-30 cm*	0,45-0,6 mm	30 cm
Grava fina	25-35 cm®	2-5 mm	15 cm
Grava media		6-13 mm	20 cm

FUENTE: Mayuri Freire

\* INEN 2655:2012; ® Romero, J. “calidad del agua”

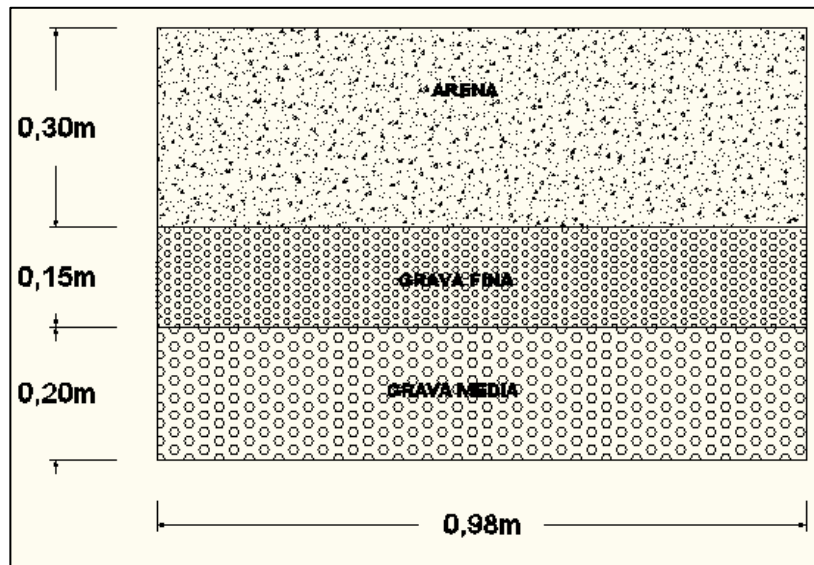
El espesor total del lecho filtrante es de 65 cm y se ha dividido en tres capas como es grava media, grava fina y arena que se ubicara en forma ascendente respectivamente.

#### **3.3.4.1 . Resultados del cambio del medio filtrante del filtro rápido de arena.**

Para su rediseño se tomó en cuenta dos medios filtrantes como es grava y arena, el espesor considerado para arena es de 30 cm ( $\phi=0,45-0,6$  mm), grava fina 15 cm ( $\phi=2-5$  mm) y grava media 20 cm ( $\phi=6-13$  mm) ubicadas en forma descendente respectivamente, tal como se muestra en gráfico 16.



**GRÁFICO 16. Ubicación del medio filtrante.**



FUENTE: Mayuri Freire.

Uno de los propósitos conseguidos con la filtración es eliminar los remanentes de flóculos ya que no son lo suficientemente pesados para ser removidos por simple sedimentación y consecuentemente la reducción del color (<15) corroborado en el Gráfico 11

### 3.4 PROPUESTA ECONÓMICA

**TABLA 33. Costos para implementación en el rediseño**

Ítems	Descripción	Referencia	Costo
Desarenador	Construcción		300
	Accesorios en PVC varios	Almacén NOBOA	136,91
	Instalación		100
	Soporte para desarenador		200
Recolector de arenas	Construcción de estructura (materiales y mano de obra)		500
Sistema de coagulación	Bomba dosificadora serie EZ (EZC36D1-VC)	IWAKI	550
	Conexión eléctrica para bomba dosificadora	30 m cable sólido	33

	Instalación eléctrica	Personal técnico del GADMFO	100
	Soporte para la ubicación de bomba dosificadora	Lamina de acero inoxidable	100
	Tanque de PVC para solución dosificadora	400 L	129,80
Cambio del lecho filtrante	Grava y arena		80
	Mano de obra	Personal de la EMUFAGO	40
Diseño			500
Costo total			2769,71

Fuente: Mayuri Freire

# **CAPÍTULO VI**

## **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS**

## **CAPITULO IV**

### **4 MANUAL DE PROCEDIMIENTOS**

#### **4.1 IMPORTANCIA**

Es importante que en toda PTAP exista un Manual de Operaciones que servirá como guía para el funcionamiento, operación, mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de las variables físicas, hidráulicas y ambientales que gobiernan su funcionamiento.

El conocimiento y utilización de este manual por parte del personal que desempeñe labores de dirección y/o supervisión de las actividades de operación y mantenimiento, facilitará y hará más efectiva su tarea, puesto que indica los aspectos sobre los cuales debe centrar las actividades de supervisión del personal bajo su mando; aspectos que a la vez son los mismos que debe observar para verificar y controlar la diligencia y eficacia con las que dicho personal ésta desempeñando las funciones que le han sido encomendadas<sup>25</sup>.

---

25

<http://www.yarumal.gov.co/aguas/documentos/MANUAL%20OP%20Y%20MANT%20ACUEDUCTO%20DE%20YARUMAL.pdf>

#### **4.1.1 NECESIDAD DE CONTROL**

La necesidad de control es esencial para el buen funcionamiento y lograr obtener un producto de buena calidad, considerando que el agua constituye el líquido vital y que es utilizada en un sinnúmero de actividades, se debe lograr el máximo control y supervisión en las diferentes etapas de tratamiento del agua para su potabilización, que estará bajo la responsabilidad del personal técnico competente.

#### **4.1.2 NECESIDAD DE MANTENIMIENTO.**

El mantenimiento se hace necesario para la conservación o protección de componentes o equipos de la planta potabilizadora para una condición determinada, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia y bajo costo de operación.

##### **4.1.2.1 ¿Por qué se debe realizar el mantenimiento?**

Hay varias razones por las cuales un sistema de tratamiento y distribución de agua debe tener un servicio organizado de mantenimiento de sus instalaciones y equipos.

Una de ellas es el hecho de que el abastecimiento de agua constituye, sin lugar a dudas, el servicio público más importante y no puede tener interrupciones imprevistas. Otra razón consiste en que, una vez implantado el mantenimiento, los costos se reducen<sup>24</sup>.

##### **4.1.2.2 ¿Qué ventajas tiene el mantenimiento?**

Podemos mencionarlas siguientes:

- Mejor conservación de los equipos;
- Aumento de la calidad y de la productividad;
- Disminución de paralizaciones imprevistas;
- Disminución de reparaciones;
- Reducción de horas extra de trabajo, y
- Reducción de costos

## **4.2 INTRODUCCIÓN**

El volumen del agua subterránea es mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar millones de km<sup>2</sup>. El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece a una tercera parte de la población mundial, pero de difícil gestión, por su sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación.

Los acuíferos tienen una cierta capacidad de autodepuración, mayor o menor según el tipo de roca y otras características. Las sustancias contaminantes, al ir el agua avanzando entre las partículas del subsuelo se filtran y dispersan y también son neutralizadas, oxidadas, reducidas o sufren otros procesos químicos o biológicos que las degradan, e esta manera el agua va limpiándose. Pero adicionalmente las actividades humanas han influido en su contaminación por medio de procesos de infiltración.

Debido a estos aspectos se crea la necesidad de su saneamiento, para garantizar el uso confiable. Para ello se requiere de una eficiente operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable. Constituyendo un requisito indispensable el Manual de Operación y Mantenimiento en los que se deben apoyar los operadores, ya que en él se identifican todas las actividades y estrategias destinadas a prevenir los daños que se produjeran.

## **4.3 OBJETIVOS**

### **4.3.1 GENERAL**

Proporcionar un plan de operación y mantenimiento de acuerdo a los procesos unitarios para el correcto funcionamiento del sistema de potabilización de la EMUFAGO.

### **4.3.2 ESPECÍFICOS.**

Establecer los procedimientos de instalación que se efectuaran en el rediseño de la planta de agua potable.

Describir los procedimientos para la operación y mantenimiento adecuado para el proceso de potabilización.

## **4.4 FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **4.4.1 PROCESOS EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

El sistema de tratamiento de agua potable consta de varios procesos.

#### **Captación.**

El agua captada es subterránea, extraída por una bomba electro-sumergible. El caudal de captación es de 1,5 L/s.

#### **Aducción.**

Se mantendrá la tubería existente de 2 pulgadas de diámetro, en ella está instalado el macromedidor con el cual se puede regular el caudal de diseño.

#### **Desarenador.**

Se propone la implementación de un desarenador por la presencia de arenas (generalmente mayores a 0,2mm de diámetro), de modo que se evite obstrucciones y atascos en los siguientes procesos.

### **Conducción de agua cruda.**

Las conducciones desde el desarenador hasta la planta de potabilización se hacen a través de una tubería que combina materiales entre PVC y hierro fundido, con diámetros entre 2, 3 y 4 pulgadas.

### **Planta de tratamiento de agua potable**

Actualmente la planta de tratamiento de agua potable, es de tipo compacta modular, diseñada por la empresa INTAL para una capacidad máxima de 1,5 L/s y construida en acero inoxidable y fibra de vidrio, con una vida útil de 20 años; dicha planta es suficiente para abastecer la población de diseño

### **Tanques de almacenamiento de agua potable**

El sistema de acueducto cuenta con 3 tanques de almacenamiento de agua, estos tienen diferentes capacidades con un total de agua almacenada 70 m<sup>3</sup>.

### **Red de distribución**

El sistema de la red de distribución, cuentan con una malla definida a través de tubería que varía los diámetros entre 2 y ½ pulgadas y permiten la distribución de caudales y de presiones hacia toda el área de la cobertura central y periférica de la red.

## **4.5 INSTALACIÓN DE LOS PROCESOS A IMPLEMENTAR EN LA PTAP**

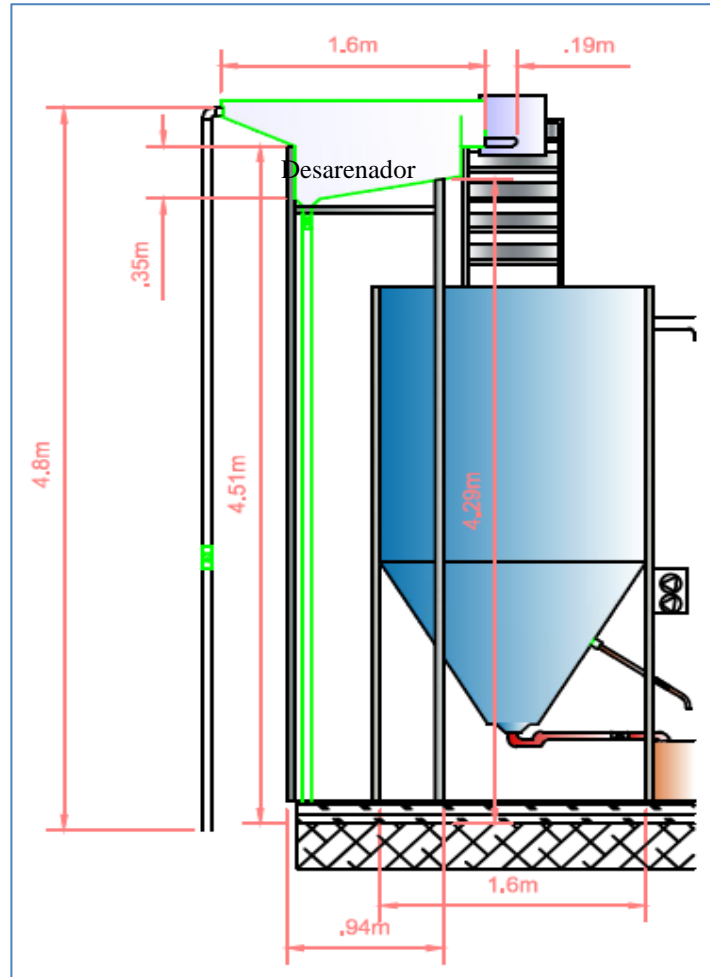
### **4.5.1 INSTALACIÓN DEL DESARENADOR**

El desarenador, construido en acero inoxidable de 1mm de espesor, deberá instalarse antes de la canaleta parshall en forma horizontal a la canaleta (ver gráfico 16) apoyada



sobre una estructura metálica, la tubería de desagüe tendrá un diámetro de 2 pulgadas que conducirá hasta el colector de arenas.

**GRÁFICO 17. Instalación del desarenador en la estructura de la planta potabilizadora**



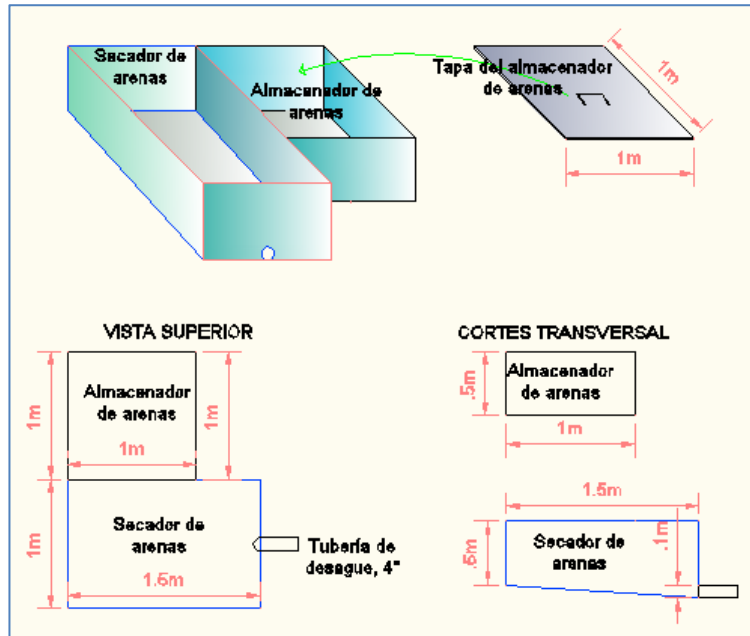
FUENTE: Mayuri Freire

#### 4.5.1.1 Colector de Arenas

Las arenas sedimentadas en el desarenador serán conducidas hacia el secador de arenas, una vez escurrida el agua se las recogerá manualmente en el almacenador de arenas y para evitar inconvenientes que pueda ocasionar el almacenador a cielo abierto deberá utilizarse una tapa, la arena almacenada podrá utilizarse para construcción u otros usos.

La estructuras del secador y almacenador de arenas deberá construirse con material de concreto y el espesor de las paredes de 10 cm.

**GRÁFICO 18. Secador y almacenador de arenas**



FUENTE: Mayuri Freire

#### 4.5.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CAL.

Para la dosificación de la solución de Cal se requiere de un Tanque PVC con capacidad de 400L y una bomba dosificadora, mismos que serán adecuados a las especificaciones del manual de instalación proporcionado por los proveedores.

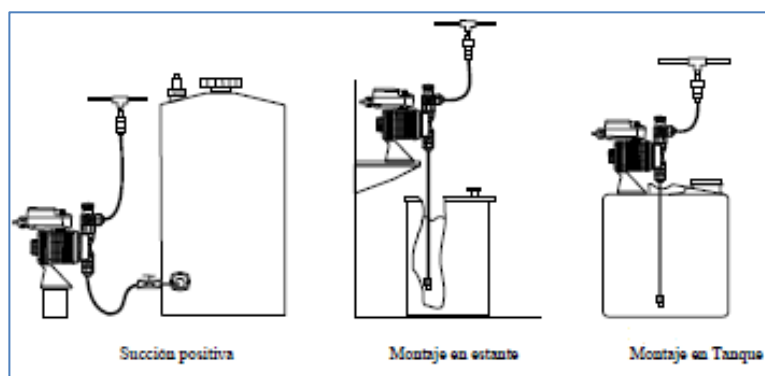
##### 4.5.2.1 Instalación de la bomba electrónica serie EZ

Escoja una ubicación para la bomba que esté limpio, seco, libre de vibraciones, cerca de una conexión eléctrica, y deje un acceso conveniente para el control de longitud de carrera, control de frecuencia, y conexiones de tubería. Evite áreas donde la temperatura

ambiente exceda los 122°F (50°C) o caiga por debajo de 32°F (0°C), o donde la bomba o tubería esté expuesta a luz del sol directa.

El montaje de la bomba se puede realizar de tres formas: montaje de succión positiva (montaje de la bomba por debajo del nivel de líquido del tanque de suministro), montaje en estante (adyacente al tanque de suministro pero no directamente encima) y montaje en tanque (sobre el tanque de suministro del químico), ver gráfico. En cualquier caso, la elevación de succión total no debe exceder los 5 pies (1.5m).

**GRÁFICO 19. Formas de instalar la bomba**



FUENTE: WALCHEM. In IWAKI America Company "EZ Series Metering pumps"

La tubería de descarga para la dosificación deberá colocarse en la mitad de la cuarta bandeja para que se homogenice el floculante con el agua.

#### **4.5.2.2 Eléctricos**

Eléctrico, asegúrese que este está conectada a tierra únicamente a una tierra adecuada, receptáculo tipo conexión a tierra.

Conecte el cordón de suministro de energía de la bomba a una toma **CON CONEXIÓN A TIERRA** y suministro de voltaje adecuado. Evite ramas de circuitos que también suministren energía a maquinarias pesadas u otros equipos que puedan generar interferencia eléctrica.

### **4.5.3 SUSTITUCIÓN DEL LECHO FILTRANTE**

Considerando que el agua filtrada no cumple con el parámetro de “color”, se consideró cambiar de lecho filtrante

#### **4.5.3.1 Herramientas**

- Manual de operación y mantenimiento
- Pala
- Baldes
- Caretila
- Guantes impermeables

#### **4.5.3.2 Materiales**

- Arena ( $\phi=0,45-0,6$  mm)
- Grava fina ( $\phi=2-5$  mm)
- Grava media ( $\phi=6-13$  mm)

#### **4.5.3.3 Procedimiento**

1. Cesar las operaciones de la PTAP
2. Cerrar válvulas de ingreso y salida del agua
3. Abrir la válvula para vaciado del filtro y drenar completamente el agua del filtro
4. Con una pala retirar toda la capa de sílice
5. Limpiar las paredes y fondos del filtro de modo que se elimine parcial o totalmente la coloración amarillenta.
6. Colocar las capas de grava media, grava fina y arena, siguiendo el orden y espesores establecido en Gráfico 15.

## **4.6 PROCEDIMIENTOS**

### **4.6.1 RESPONSABILIDADES PERSONALES**

#### **Administrador.**

Es el responsable de asignar y supervisar al personal que realizara las actividades de operación y mantenimiento de la planta para garantizar confiabilidad en el proceso de tratamiento.

#### **Personal encargado.**

Son los responsables directos de revisar el buen funcionamiento de la planta en actividades como: revisión de caudales normales, revisión de tuberías y accesorios que estén en buen estado, control de la dosificación de químicos, verificar los tanques de almacenamiento y mantenimiento del desarenador, floculador/ sedimentador y filtro.

#### **Personal de apoyo.**

Sera responsable del mantenimiento integral de todas las estructuras del sistema de tratamiento y reparar daños en estructuras en el caso de presentarse.

### **4.6.2 OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

#### **4.6.2.1 Actividades**

Los operadores básicamente deberán controlar la existencia de los químicos y de acuerdo a las condiciones de entrada del agua cruda evacuar los lodos del floculador, sedimentador y filtro en un sencillo diseño de operación que se realiza desde las llaves de control ubicadas estratégicamente.

El tiempo de evacuación de los lodos es fácilmente controlado de manera visual.

Para lograr un correcto funcionamiento en el tratamiento de agua el personal a cargo de la planta deberá tomar en cuenta las siguientes actividades de operación y control.

### **PARTES Y COMPONENTES DEL TABLERO DE CONTROL**

El tablero, para la planta potabilizadora pequeña de una etapa, tiene un aspecto frontal, como la siguiente fotografía:

**FOTOGRAFÍA 8. Tablero de control**

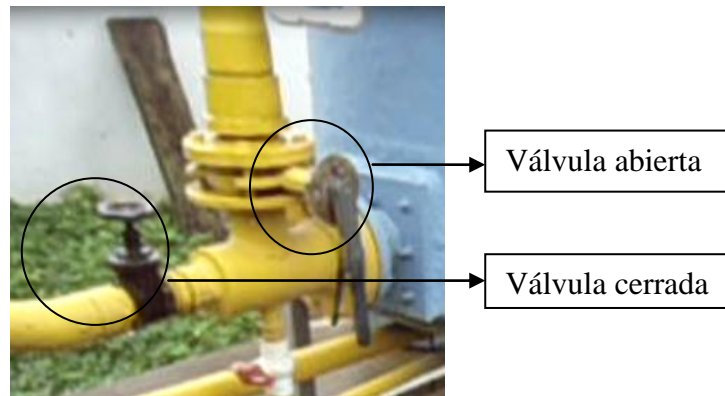


FUENTE: Mayuri Freire

En el interior se encuentran los elementos actuadores que comandan la planta como relés térmicos, breaker de protección y bornes de conexión.

Verificar que la válvula de tratamiento se encuentre abierta y la válvula de retrolavado cerrada.

**FOTOGRAFÍA 9. Válvulas de tratamiento y retrolavado**



FUENTE: Mayuri Freire

Verificar que la válvula de salida de lodos de retrolavado del filtro (tubería roja) esté cerrada.

**FOTOGRAFÍA 10. Válvula de lodos de retrolavado del filtro**

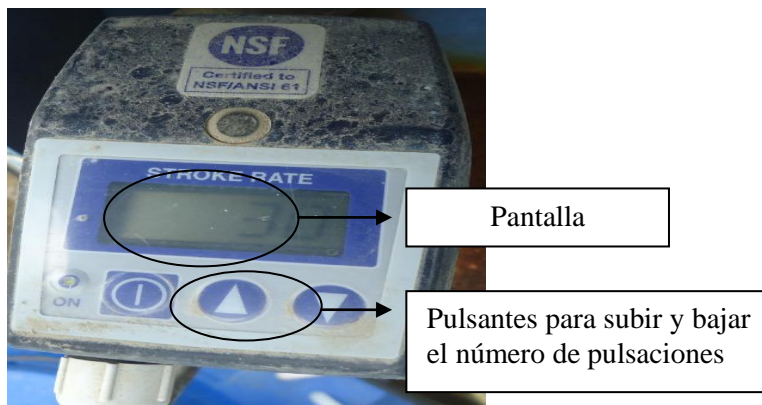


FUENTE: Mayuri Freire

Poner el switch de encendido general del Tablero de Control en posición “ON” proceda inmediatamente a poner el switch de la bomba de químicos en posición “ON”, la bomba empezará a inyectar químico.

Esta bomba posee una pantalla digital en la que el operador podrá visualizar y controlar la dosificación, de requerir subir o bajar el número de pulsaciones únicamente deberá presionar las teclas que indicamos en la siguiente figura.

**FOTOGRAFÍA 11. Bomba dosificadora**



FUENTE: Mayuri Freire

El sistema de entrada de agua es controlado mediante un medidor de caudal (macromedidor) y una válvula reguladora, lo cual ayuda de sobremanera a una correcta dosificación de químicos.

### **Control del caudal de ingreso.**

La planta de tratamiento y cada una de sus unidades tienen una capacidad determinada en su diseño que es de 1,5 L/s. Si el caudal que ingresa a la planta sobrepasa su capacidad, el agua no sale bien tratada.

El caudal se regula operando la válvula que se encuentra al ingreso de la planta y comprobando en el medidor de caudales.

**FOTOGRAFÍA 12. Medidor y válvula para regular caudal**



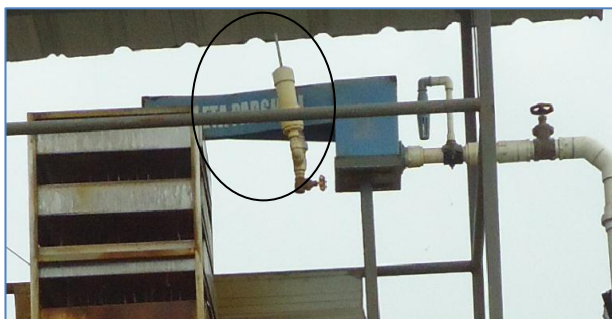
FUENTE: Mayuri Freire



Para la planta de 1,5 L/s se debe calibrar mediante la válvula de ingreso que en el medidor X 0,001 la manecilla de una vuelta completa en 6,67 segundos y en el dial X 0.01 en 66,67 segundos, ver gráfico 9.

En el medidor de vasos comunicantes de la canaleta parshall verificar los litros por segundo que está ingresando a la planta de tratamiento, la varilla de escala posee una señal calibrada de fábrica que determina el caudal y la regulación se realiza abriendo o cerrando la válvula principal hasta que sea visible la señal.

**FOTOGRAFÍA 13. Medidor de vasos comunicantes**



FUENTE: Mayuri Freire

Poner el switch de encendido general del tablero de control en posición “ON” proceda inmediatamente a poner el switch de la bomba de químicos en posición “ON”, la bomba empezara a inyectar químico en el agua cruda.

### **Control de dosis de químicos**

Para el tipo de agua que llega a la planta se debe realizar un ensayo de jarras para una dosis óptima de polímero y de ser necesario un regulador de pH (cal).

Para el proceso de pre-cloración se debe añadir 0,092 ml de HTH líquido por cada litro de agua que ingresa al tratamiento, considerar que la bomba en cada carrera o pulsación dosifica 0,22 ml de cloro.

Para la nueva dosificación de PAC en polvo la solución se debe preparar añadiendo 4 kg por cada 100 L de agua, de modo que se alcance una concentración de 0,02% por cada

litro de agua que ingrese al tratamiento, considerar que la bomba en cada carrera o pulsación dosifica 0,56 ml de la solución de coagulante.

Para la nueva dosificación de Cal en polvo se debe preparar añadiendo 5 Kg de cal por cada 100 L de agua, de modo que se alcance una concentración de 0,019% por cada litro de agua que ingresa al tratamiento, considerar que la bomba en cada carrera o pulsación dosifica 1,17 ml de la solución de coagulante.

### **Purga de lodos de la planta**

En la parte inferior de la planta se encuentra la tubería de descarga de lodos del sedimentador y floculador.

**FOTOGRAFÍA 14. Válvulas de descarga floculador/sedimentador**



FUENTE: Mayuri Freire.

Para ello se debe abrir la válvula del sedimentador manteniendo abierta hasta que el agua salga clara, esta operación se realiza todos los días o cuando sea necesario dependiendo de la turbiedad del agua de entrada.

## **Lavado del filtro rápido de arena**

El filtro debe lavarse periódicamente para asegurar la calidad del agua filtrada. Esta labor exige un especial cuidado con el fin de no producir daños en el filtro.

El lavado del filtro se determina bajo los siguientes críticos:

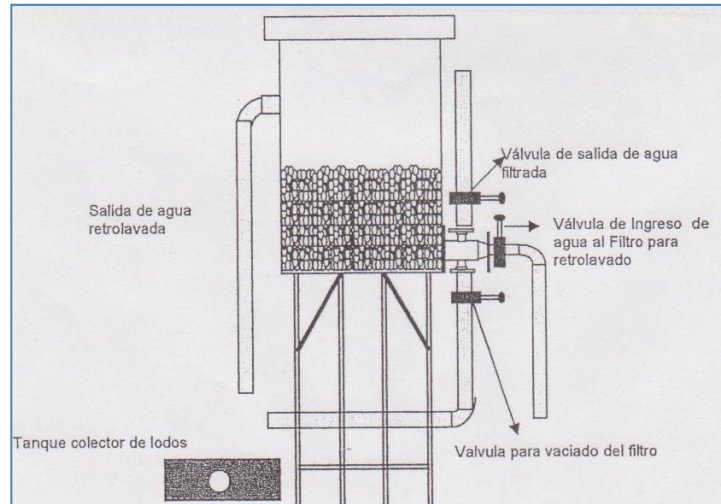
- Nivel de turbiedad del agua cruda
- El tiempo de trabajo del filtro
- La calidad del agua filtrada
- El nivel del agua en el tanque elevado

Se deberá lavar el filtro cada 24 horas, por un lapso de tiempo entre 30 segundos y 4 minutos. Se deberá comprobar visualmente que en el traspaso del agua por el lecho filtrante no levante suciedad, entonces, se considerara que se ha quedado libre de lodos sedimentados.

## **Pasos a seguir para lavar el filtro**

- Verificar que haya agua en el tanque elevado (de donde se toma el agua para retrolavado)
- Desde el tablero de control apagar la bomba principal de ingreso de agua, químicos e impulsión.
- Cerrar la válvula de salida del agua filtrada
- Cerrar la válvula de vaciado del filtro
- Abrir válvula de ingreso de agua al filtro para retrolavado
- Desde el tablero prender la bomba de retrolavado
- El tiempo se determina en forma visual, hasta que el agua salga clara

**GRÁFICO 20. Partes del filtro**



FUENTE: Camal, EMUFAGO

Una vez terminado el retrolavado siga los siguientes pasos para reiniciar el proceso de potabilización:

- Cierre la válvula de ingreso de agua al filtro para retrolavado
- Abra la válvula de salida de agua filtrada
- Prenda la bomba principal de ingreso de agua desde el tablero.

### **Desinfección**

La desinfección del agua no es un proceso instantáneo, ya que se realiza a una cierta velocidad, la misma que está determinada por tres factores:

- Tiempo de contacto
- Concentración del desinfectante
- Temperatura del agua

La planta potabilizadora de agua tiene incorporado un sistema de desinfección mediante cloro en pastillas, además la planta está diseñada para aprovechar la energía hidráulica del agua y así inyectar el cloro requerido a la red de distribución de agua tratada hacia la población sin necesitar bombas adicionales, el operador debe controlar la válvula de

dosificación que se encuentra ubicada antes del flujómetro, los técnicos dejaran calibrando la dosificación de cloro y la persona a cargo de la planta de tratamiento únicamente deberá vigilar constantemente que el indicador del rotámetro marque siempre la señal indicada por el personal técnico y reemplazar las pastillas de cloro cuando se requiera.

**FOTOGRAFÍA 15. Cloración en tabletas**



FUENTE: Mayuri Freire

### **Limpieza.**

Debe realizarse una limpieza mensual de pisos y paredes de las instalaciones y equipos de la planta por la presencia de polvos, para prevenir la contaminación adicional.

### **Verificar la calidad del agua tratada**

Se debe llevar un control de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que determinen la calidad del agua tratada para constatar el buen manejo y funcionamiento de la planta.

#### 4.6.2.2 Disposición de lodos

Los lodos producidos en la planta son los provenientes del floculador/sedimentador y del filtro, mismos que se drenan hasta el colector de lodos que tiene una tubería que envía a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del camal.

#### 4.6.2.3 Disposición de arenas.

Las arenas decantadas en el desarenador serán enviadas al secador de arenas y se almacenara en el almacenador de arenas, el arena recogida podrá servir para obras civiles.

#### 4.6.2.4 Solución de problemas operacionales

**TABLA 34. Problemas frecuentes y soluciones.**

PROBLEMA	POSIBLE(S) CAUSA(S)	POSIBLE(S) SOLUCIONE(S)
COLOR Y/O TURBIDEZ	a. Caudal de agua cruda alto  b. Las válvulas están en posición incorrecta  c. Las bombas dosificadoras no están activadas  d. Se agotó el químico de las bombas dosificadoras  e. La dosificación de químicos es incorrecta  f. Se encuentra taponado el sistema de alimentación de químicos  g. Existe aire en las mangueras de las dosificadoras	a. Chequear bombas de captación, tuberías de impulsión y válvulas de aire. Revisar y regular válvula de regulación de caudal  b. Verificar las válvulas, especialmente de los filtros que están en posición de servicio  c. Activar las bombas  d. Añadir químico a los tanques  e. Confirmar que la cantidad añadida fue la correcta, cambiar de dosificación  f. chequear válvulas check, mangueras y realizar limpieza general de dosificadores  g. Eliminar el aire de las mangueras (cebar)  h. Purga de tanques  i. Cambiar o completar sustratos

	<ul style="list-style-type: none"> <li>h. tanque saturado de lodos</li> <li>i. Sustratos saturados o con bajos niveles</li> </ul>	
<b>BOMBAS DE IMPULSIÓN O RETROLAVADO</b>		
La bomba no suministra agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tubería floja o mal sellada</li> <li>b. Empaque de acoplamiento dañado y /o tornillos flojos</li> <li>c. Sello mecánico defectuoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Identifique el lugar de la fuga, corrija</li> <li>b. Reponga las partes dañadas y apriete los tornillos</li> <li>c. Remplace el sello</li> </ul>
El motor no arranca	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Falso contacto en la instalación o conexión</li> <li>b. Cables flojos, rotos o incorrectos</li> <li>c. Electrodo mal posicionados</li> <li>d. Interruptor termo-magnético defectuosos.</li> <li>e. Dispositivo de arranque defectuoso</li> <li>f. Impulsor o elementos que rotan atorados</li> <li>g. Embobinado del motor quemado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Verifique que las conexiones estén bien hechas</li> <li>b. Verifique el cableado, si es incorrecto, vuelva a conectar, apriete las conexiones o reemplace los cables defectuosos</li> <li>c. Posicionar los electrodos correctamente</li> <li>d. Reemplace el interruptor termo-magnético inapropiado</li> <li>e. Reemplace si está dañado</li> <li>f. Verifique que no haya objetos que impida el movimiento del rotor, impulsor</li> <li>g. Rebobinar el motor</li> </ul>
El motor prende y apaga continuamente	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. bajo voltaje en línea</li> <li>b. Rango muy pequeño en el control de nivel</li> <li>c. Fuga de agua en tubería</li> <li>d. Bomba no cebada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Verifique que el voltaje sea el adecuado</li> <li>b. Ajuste los controles de nivel para tener un rango de juego aceptable</li> <li>c. Revise y selle cualquier fuga</li> <li>d. Ceban la bomba</li> </ul>
La bomba no suministra agua (o suministra muy poca)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. La bomba no está cebada, impulsor dañado</li> <li>b. Válvula cerrada o tubería obstruida en la línea de succión o descarga</li> <li>c. Entrada de aire en la tubería de succión</li> <li>d. La bomba trabaja a menos revoluciones que las indicadas</li> <li>e. Impulsor tapado por impurezas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Ceban la bomba, reemplazar impulsor</li> <li>b. Abra las válvulas que impidan el flujo del agua y limpie o reemplace las tuberías obstruidas</li> <li>c. Verifique que las tuberías y conexiones estén en buen estado</li> <li>d. Verifique que las conexiones estén bien hechas, que el impulsor gire en el sentido correcto, voltaje de operación y amperaje de la bomba en funcionamiento</li> <li>e. Destape el impulsor</li> </ul>
Bomba ruidosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Válvula de succión cerrada</li> <li>b. Presión de descarga muy baja</li> <li>c. Impulsor rosando en la tubería o cuerpo de la bomba</li> <li>d. Baleros desgastados o mal ajustados en el motor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Abra la válvula y quite cualquier cosa que impida que el agua fluya fácilmente por la succión</li> <li>b. Para reducir el ruido, cierre un poco la válvula de descarga</li> <li>c. Afloje un poco la tubería enroscada en la succión</li> <li>d. Reemplace los valeros dañados y asegúrese que estén bien ajustados</li> </ul>
<b>BOMBAS DOSIFICADORAS</b>		
Problemas de	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Se agotó la solución</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Cargar de nuevo el tanque de químico</li> </ul>

inyección de químicos	b. La válvula de pie esta tapada c. la bomba esta incrustada  d. La bomba no está cebada	b. Limpiar la válvula de pie c. Realizar el lavado con ácido muriático d. Cebiar la bomba
La bomba no funciona	a. La conexión eléctrica fallo b. el motor se quemó	a. Verificar la conexión eléctrica b. reemplazar la bomba
Caudal de salida bajo	a. Filtro lleno b. sustratos saturados c. Colectores tapados o rotos	a. Realizar el retrolavado respectivo b. Cambiar sustratos c. Destapar colectores, reemplazarlos

FUENTE: Camal, EMUFAGO

### Programa de pruebas de laboratorio.

Las pruebas o análisis de laboratorio deben realizarse al menos una vez por semana para garantizar la calidad del agua producida.

**TABLA 35. Parámetros a medir.**

Parámetro	Unidad	Límite permitido
Olor	----	No objetable
Sabor	----	No objetable
Ph	----	6-9
Cloro residual	mg/l	0,3-1,5
Turbiedad	NTU	5
Color aparente	Pt-Co	15
Hierro	mg/l	0,3
Manganeso	mg/l	0,1
Coliformes fecales	UFC/100 ml	Ausente
Coliformes totales	UFC/100 ml	Ausente
Dureza total	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	300

FUENTE: NTE-INEN 1108, 2006



### **4.6.3 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

#### **4.6.3.1 Mantenimiento preventivo.**

Son actividades que se realiza a un equipo, estructura o instrumento, con el fin de que opere a su máxima eficiencia evitando así paradas forzadas o imprevistas. Consiste en realizar un plan de inspecciones para los distintos equipos de la planta, a través de una buena planificación, programación, control y ejecución de actividades, para descubrir y corregir deficiencias que pueden causar daños más graves posteriormente.

#### **Limpieza del desarenador**

De acuerdo a la cantidad de agua que ingresa a tratamiento se debe realizar la limpieza de arenas cada día lo que permitirá un buen funcionamiento de la unidad. Para realizar esta operación la planta debe cesar sus funciones, cerrar la válvula de ingreso de agua y abrir la válvula de desfogue de arenas, manualmente enrutar toda la arena retenida hacia la tubería de evacuación

#### **Limpieza de la canaleta parshall y bandejas de aireación**

La adherencia del hierro y manganeso oxidado forma una capa amarillenta en las paredes de estas unidades haciéndose necesaria su limpieza dos veces por semana, para ello se debe utilizar un cepillo y restregar hasta que queden libres de manchas en sus paredes y fondos. Las bandejas se las remueve de su lugar para facilitar su limpieza y nuevamente se las vuelve a colocar en la estructura aireadora.

#### **Purga de lodos del floculador y sedimentador**

La planta de tratamiento posee tuberías ubicadas estratégicamente para eliminación de lodos del floculador y del sedimentador instalados en la parte inferior de los mismos y controlados por una válvula individual (refiérase al gráfico 24), es recomendado vaciar

los lodos acumulados dos veces por día (las veces de eliminación pueden variar dependiendo de la turbiedad del agua que ingrese a la planta). Este proceso de eliminación se realiza abriendo las válvulas hasta que el agua que sale sea libre de lodos.

Luego de cumplir con el proceso de evacuación de lodos No olvidar cerrar nuevamente las válvulas.

### **Retrolavado del filtro**

Para realizar esta operación el operador deberá realizar lo siguiente:

Cerrar la válvula de salida del agua trata y abrir la válvula de retrolavado; en el tablero de control apagar la bomba de químicos, bomba principal y bombas de impulsión; la planta de tratamiento aprovecha la energía hidráulica del agua al precipitarse del tanque elevado por lo que no es necesario de bomba, realizar el retrolavado hasta que el agua que sale de la tubería esté libre de lodos (tiempo aproximado 5min), realizar el retrolavado una vez por día dependiendo de la turbiedad del agua de ingreso hacia la planta de tratamiento.

Realizando el retrolavado del filtro cerramos la válvula de retrolavado, encendemos la bomba de entrada, químicos e impulsión, abrimos la válvula de salida de agua tratada, cerramos la válvula de salida de lodos de retrolavado del filtro (tubería roja); la planta operara normalmente.

### **Las alarmas**

La bomba principal y la bomba de impulsión están protegidas por un relé térmico, en caso de activación del térmico tomar en cuenta los siguientes pasos:

- Se deberá pulsar el botón RESET (color azul) de respectivo relé térmico (interior del tablero)
- De persistir la falla, medir la corriente de consumo, que se encuentre en rango normal de operación
- Si la corriente es excesiva, revisar la carga mecánica aplicada al motor

- Revisar el estado del motor

### **Funcionamiento normal**

Verificar constantemente:

- Caudal de entrada normal
- Niveles de químicos normal
- Funcionamiento de bombas normal
- Dosificación de cloro en el rotámetro
- Floculación normal (verificación visual)
- Nivel del agua en el filtro
- Válvula abierta y regulada al caudal de ingreso

Diariamente se debe verificar lo siguiente:

a) Normal funcionamiento de las bombas

- Bomba de dosificación de químicos funcionando
- Bomba de entrada funcionando
- Bomba de impulsión funcionando
- Regulador de cloro en pastillas (rotámetro) operando

b) Preparación y chequeo de los químicos

- Para coagulación
- Para floculación
- Para desinfección

#### **4.6.3.2 Mantenimiento correctivo**

Son actividades que se llevan a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzada o imprevista. Este es el sistema más generalizado por ser el que menos conocimiento y organización se requiere.

#### **4.6.4 PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS**

##### **Antes de poner en marcha la planta**

- Verificar la conexión eléctrica y voltaje adecuado
- Todos los interruptores del tablero en “OFF”
- Verificar que se tenga el caudal suficiente de entrada de agua a la planta
- Verificar que el ducto de salida de los lodos este limpio

##### **Preparación para el funcionamiento**

###### **a). Válvulas cerradas:**

- Válvulas de salida de los lodos de la planta ubicada en la parte inferior de la planta
- Válvula de ingreso de agua de retrolavado al filtro de sílice
- Válvula de vaciado del filtro de sílice
- Ver operación del filtro ablandador

###### **b). Válvulas abiertas**

- Válvula de salida de agua limpia del filtro
- Válvula de entrada regulador de caudal

### **c). Bombas de químicos**

- Ver operación del filtro
- Ver operación de cloro en tabletas ATCC (manual de operación)

### **Puesta en marcha**

Colocar en posición “ON” los interruptores

#### **General**

- Bomba de entrada
- Bomba de químicos

#### **Verificar:**

- Caudal de entrada
- Dosificación de químicos para la floculación y desinfección

### **Funcionamiento normal**

Verificar constantemente

- Caudal de entrada normal
- Niveles de químicos normal
- Dosificación de cloro en el rotámetro
- Funcionamiento del medidor de caudal
- Floculación normal (verificación visual)
- Nivel de agua en el filtro
- Válvula abierta y regulada al caudal de ingreso

Diariamente debe verificar lo siguiente:

a) Normal funcionamiento de las bombas

- 1) bomba de entrada de agua funcionando
- 2) Bombas de dosificación de químicos funcionando
- 3) Inyección de cloro mediante visualización del flujómetro

b) preparación y chequeo de los químicos

- 1) Para coagulación y floculación
- 2) Para desinfección

c) Controlar las dosificaciones de los químicos hacia la planta, según instrucciones del técnico (puede variar según prueba de jarras).

#### **4.7 SEGURIDAD LABORAL**

Las tareas de mantenimiento se las realizara con el respectivo equipo de protección personal, mismos que se mencionan a continuación:

- Casco
- Mascarilla
- Guantes impermeables
- Botas de hule

#### 4.8 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar las pruebas de jarras si se observa variaciones de turbiedad en el agua captada, para una óptima coagulación y floculación.
- Según el caudal de ingreso se deberá regular las pulsaciones o carreras por minuto (cpm) que deberán dosificar de coagulante y floculante las bombas dosificadoras.
- Controlar que el caudal máximo de ingreso sea de 1,5 L/s, con el objetivo de prevenir sobre cargas e impida un correcto tratamiento del agua.
- Las tareas de mantenimiento deben realizarse continuamente y con el personal debidamente capacitado
- Reincorporar las piedras pómez en las bandejas de aireación para permitir una mejor aireación y mezcla del coagulante.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Los procesos de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa Municipal de Faenamiento de Ganado de Orellana no está cumpliendo con la eficiencia requerida, ya que sus características físicas, químicas y microbiológicas realizadas en la red son: el color real con un promedio de 19,33 Pt-Co, ausencia de cloro libre residual y presencia de *Aerobios mesófilos* con 2566,7 col/100mL, *CT* con 90 col/100mL, *CF* con 13,33 col/100mL y *E. Coli* con 10 col/100mL; y en la salida del tanque de reserva el OD con 5,9 mg/L, Fe<sub>T</sub> con 0,47 mg/L y el Mn<sub>T</sub> con 0,43 mg/L, mismos que no cumple con la normativa vigente INEN 1108:2011.
- En la canaleta parshall existe presencia de arena que son arrastradas hacia las bandejas de aireación por lo que se hace necesario la implementación de un sistema de pre-tratamiento (desarenador); el proceso de coagulación y sedimentación no es eficiente por cuanto existe presencia de color debido a la oxidación del manganeso en el agua tratada, por lo que requiere de una nueva dosificación de coagulante y floculante; en el caso de la desinfección no hay un

control adecuado de la dosificación de cloro requerido para inhibir el crecimiento microbiano.

- Por medio del dimensionamiento de ingeniería basados en los criterios establecidos en la Norma RAS 2000 Titulo E., se propone la implementación de un desarenador con un área de desarenado de  $0,4 \text{ m}^2$ , TRH de 92,75 segundos, longitud de transición de 0,45 m,  $0,4 \times 0,4 \times 1$  metro de ancho, profundidad y longitud respectivamente, como se indica en los planos. En base a las pruebas de tratabilidad se propone dosificar 0,02% de PAC en polvo y 0,019% de Cal por cada litro de agua a tratar.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Implementar un laboratorio con los equipos básicos para el monitoreo de la calidad del agua.
- Seguir los procedimientos de control y mantenimiento según el manual establecido, para tener un mejor control de los procesos de tratamiento, garantizando tanto la durabilidad de la planta como la calidad de efluente para sus distintos usos.
- Reubicar el tanque de la cisterna fuera del área de Faenamiento para evitar la contaminación del agua con microorganismos patógenos como *CT*, *CF* y *E. Coli*.

# CAPÍTULO VI

## BIBLIOGRAFÍA

## CAPÍTULO VI

### 6 BIBLIOGRAFÍA

- (1) **CAMPOS, I.**, Saneamiento Ambiental., 2a ed., San José-Costa Rica., Universidad Estatal a Distancia., 2000., Pp. 66.
- (2) **ROMERO, J.**, Calidad del Agua., 3a ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp 187-198.
- (3) **ROMERO, J.**, Purificación del Agua., 2a. ed., Bogotá-Colombia., Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería., 2006., Pp 187-198.
- (4) **COLOMBIA., REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS – 2000.**, Tratamiento De Aguas Residuales., Bogotá - Colombia., Ministerio de Desarrollo Económico., 2000., Pp. 52-53.

- (5) **ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).**, Agua Potable., 1108., Quito-Ecuador., INEN., 2011., Pp. 1-6.
- (6) **ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN).**, Implementación de Plantas Potabilizadoras Prefabricadas en Sistemas Públicos de Agua Potable., 2655., Quito-Ecuador., INEN., 2012., Pp. 195-103
- (7) **ECUADOR., MINISTERIO DEL AMBIENTE.**, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, Libro VI, Anexo 1, tabla 1 y 2 “Límites Permisibles para Aguas de Consumo Humano”, Quito-Ecuador., MAE., 2003., Pp 295-301.
- (8) **ESPAÑA., APHA-AWWA-WPCF.** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales., 17a ed., Madrid-España., Díaz de Santos, S.A., 1992., Pp. 90-94, 14, 3-4, 6, 9-11, 37-39, 70-71, 118-121, 186-187, 17-19, 60-64, 66-68.
- (9) **PERÚ., ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD., CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE.**, Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores., Lima-Perú., CEPIS., 2005., pp. 8,14-16.
- (10) **PADILLA, M.**, Remoción de Metales pesados en Aguas Residuales Industriales por la técnica de precipitación Alcalina.,

Escuela de ingeniería., Departamento de ingeniería  
Química y Alimentos., Universidad de las Américas  
Puebla., Puebla-México., **TESIS.**, 2005., Pp. 40-41.

**(11) ROMERO, M.,** Tratamientos Utilizados en Potabilización de  
Agua., Facultad de Ingeniería., Universidad Rafael  
Landívar., Guatemala-Guatemala., **TESIS.**, 2008., Pp. 4,  
9.

**(12) DESARENADO**

<http://alojamientos.us.es/grupotar/master/formacion/edar/temario/pretratam/desarenado.htm>

2013/05/07

**(13) EZ SERIES METERING PUMPS**

[http://www.iwakiamerica.com/Literature/ESeriesSpanish/IA\\_EWEKManual-SP.pdf](http://www.iwakiamerica.com/Literature/ESeriesSpanish/IA_EWEKManual-SP.pdf)

2013/05/27

**(14) MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL**

<http://www.yarumal.gov.co/aguas/documentos/MANUAL%20OP%20Y%20MANT%20ACUEDUCTO%20DE%20YARUMAL.pdf>

2013/07/22

**(15) MÉTODO COMPARATIVO**

[http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~k95/es/doc/diccionario\\_metodo-comparativo.pdf](http://www.rzuser.uni-heidelberg.de/~k95/es/doc/diccionario_metodo-comparativo.pdf)

2013/05/28

**(16) MÉTODOS INDUCTIVO Y DEDUCTIVO.**

[http://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti\\_cuali/cuanti\\_cuali.asp](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali.asp)

2013/05/28

**(17) PLANTAS COMPACTAS.**

<http://www.yakupro.com/plantas-compactas/de-agua-potable>

2013/04/10

**(18) PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA MODULAR.**

<http://www.valrex.net/plantas-tratamiento-de-agua.html>

2013/04/11

**(19) POLICLORURO DE ALUMINIO.**

<http://syquem.com/poli.html>

2013/03/20

**(20) PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL ECUADOR.**

<http://laruta.nu/es/articulos/problematika-del-agua-en-ecuador>

2013/05/16

**(21) PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA.**

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1900/3/02%20Proceso%20de%20tratamiento%20del%20agua.pdf>

2013/02/25

**(22) RECURSOS NATURALES “EL AGUA”.**

<http://www.jmarcano.com/recursos/agua.html>

2012/05/16

**(23) TRATAMIENTO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA.**

[http://www.elaguapotable.com/Tratamiento%20de%20potabilizacion%20del%20agua%20\(Grupo%20TAR\).pdf](http://www.elaguapotable.com/Tratamiento%20de%20potabilizacion%20del%20agua%20(Grupo%20TAR).pdf)

2103/03/15

**(24) TRATAMIENTOS PRELIMINARES.**

<http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%206%20Tratamiento%20de%20agua/Tratamientos%20preliminares.pdf>

2013/04/24

**(25) USO DE LA CAL EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.**

[http://anfcal.org/media/Biblioteca\\_Digital/Usos\\_Ecologicos/Tratamiento\\_de\\_Aguas/USOS\\_DE\\_CAL\\_EN\\_AGUA\\_POTABLE.pdf](http://anfcal.org/media/Biblioteca_Digital/Usos_Ecologicos/Tratamiento_de_Aguas/USOS_DE_CAL_EN_AGUA_POTABLE.pdf)

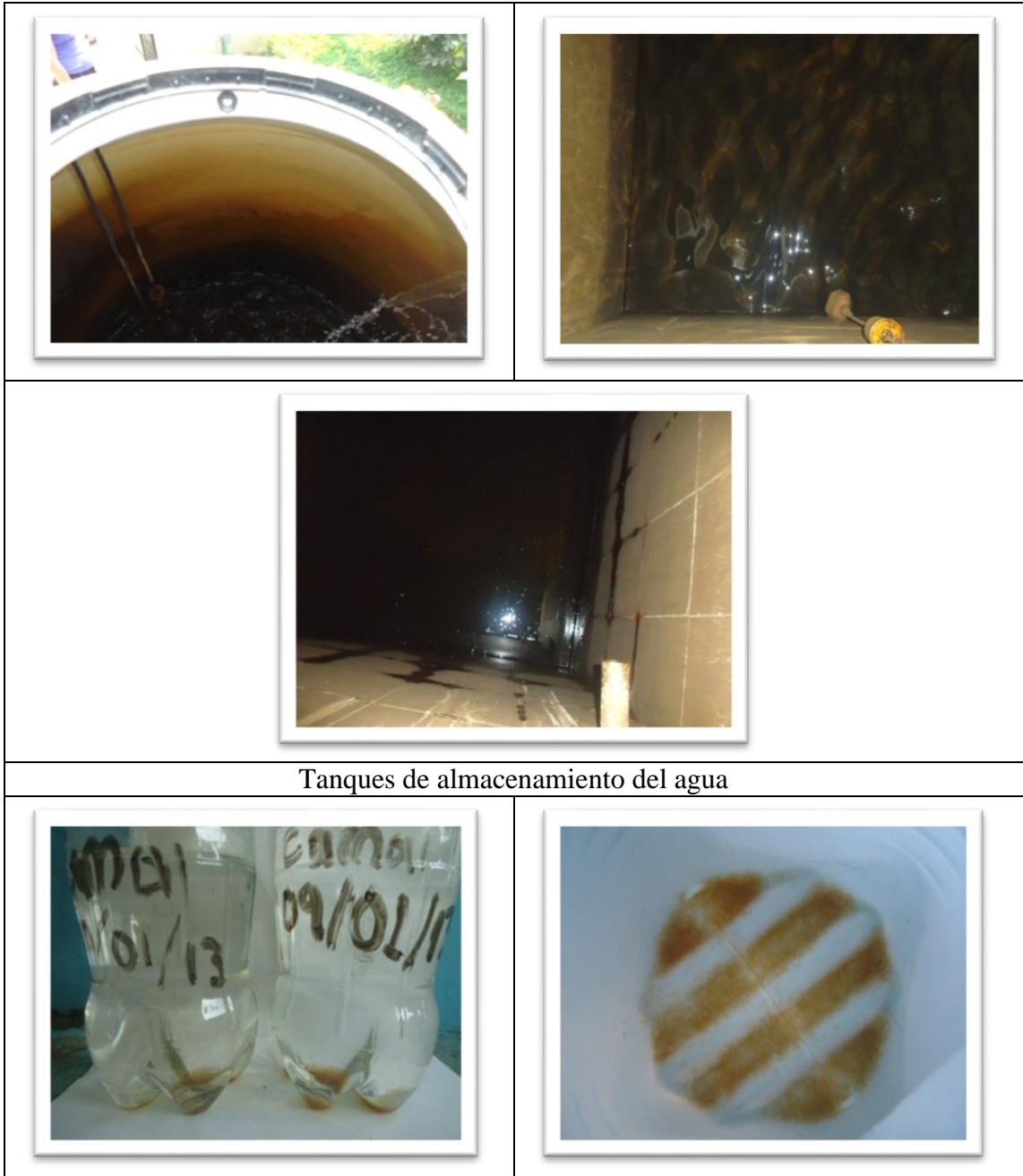
2013/03/20



# **ANEXOS**

**ANEXO1. FOTOGRAFÍAS.**

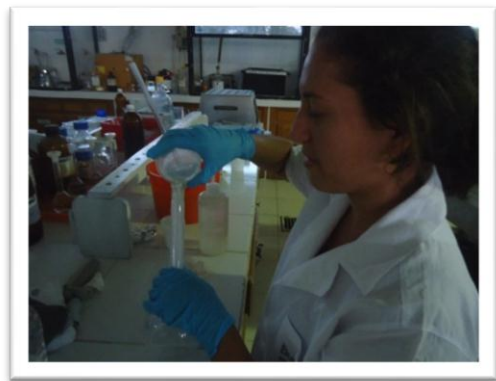
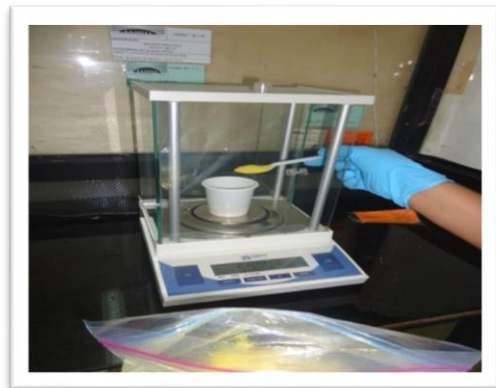
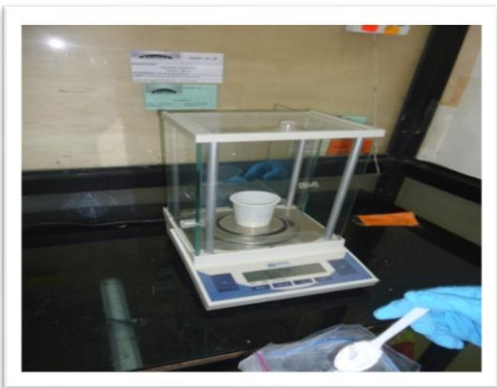


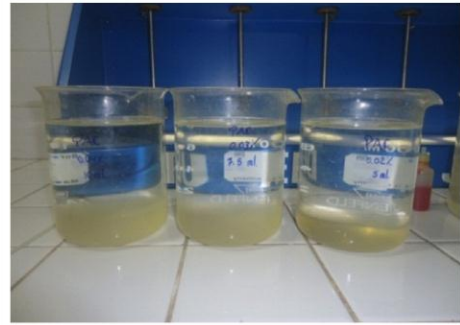


Tanques de almacenamiento del agua



Pruebas físicas del agua tratada

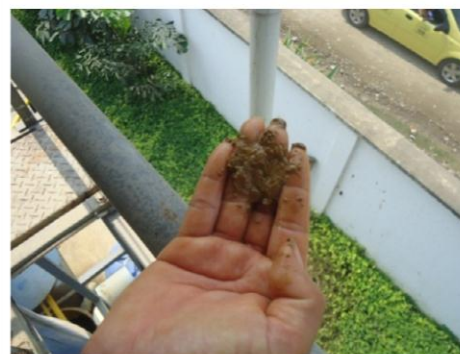


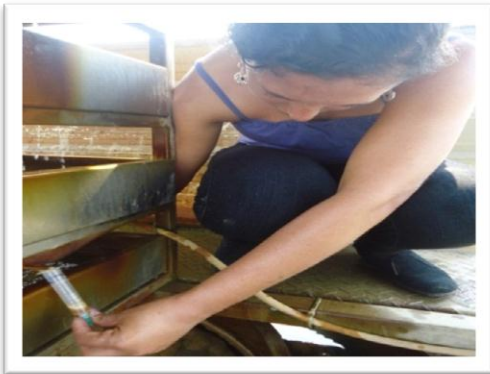


Pruebas de tratabilidad

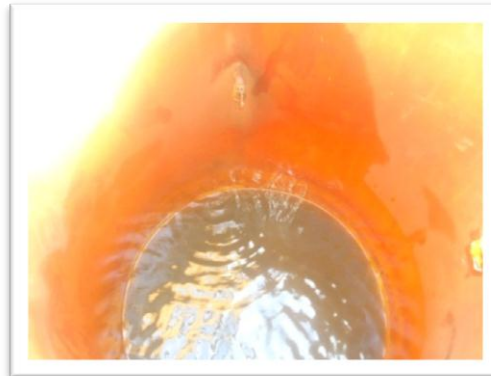


Mezcla rápida (canaleta parshall)





Bandejas de aireación



Estado del filtro rápido de Silice

**ANEXO 2. PLANOS.**

**PLANO 1. Perfil y Vista Superior de la Planta de Tratamiento de Agua Potable**

**PLANO 2. Desarenador y Recolector de Arenas**



**PLANO 3. Cambio de Lecho Filtrante**

**PLANO 4. Vista Superior y Perfil de la PTAP propuesta.**



### ANEXO 3. MEDICIÓN DE CAUDAL

Medición del gasto diario de agua

<b>Fecha</b>	<b>m<sup>3</sup>/día de agua tratada</b>
14/05/2013	89
15/05/2013	85
21/05/2013	113
22/05/2013	109
11/06/2013	65
12/06/2013	81
02/07/2013	86
03/07/2013	67
<b>Promedio caudal</b>	<b>86,875</b>

## ANEXO 4. RESULTADOS DE LABORATORIO.

### A). Resultados de la caracterización del agua captada y tratada.

 <p>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p>Organismo de Acreditación Ecuatoriana</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 68 531</b>		
SPS: 12 – 11 123	Análisis de agua		ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003

Coca, 31 de diciembre de 2012

### GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.

Atn: Ing. Marcos Baños.  
Dirección: Coca.

#### 1.- Datos generales:

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 012 12 20 02:02.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 012 12 20 14:48.  
 Fecha del análisis ..... 2 012 12 20 a 2 012 12 31.  
 Condiciones Ambientales de Análisis.. T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C  
 Código de LabSu ..... Identificación de la muestra.  
 a 64 979 ..... Muestra de Agua de Consumo, en la red de distribución (en el sitio en embarque de cárnicos).

#### 2.- Parámetros y métodos / Referencias:



Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrogeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Color real	PtCo	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~
3	Cloro libre residual <sup>⊗</sup>	mg/L	PEE-LABSU-07	SM 4500 Cl G	± 23%
4	Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO <sub>2</sub> B	± 22%
5	Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO <sub>3</sub> B	± 26%
6	Fluoruros	mg/L	PEE-LABSU-78	HACH 8029	~
7	Bario	mg/L	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
8	Cianuro libre	mg/L	PEE-LABSU-36	HACH 8027	~
9	Cobre	mg/L	PEE-LABSU-26	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
10	Hierro Total	mg/L	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
11	Manganeso	mg/L	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
12	Turbiedad	UFT	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	~
13	Aerobios mesófilos	Col/ mL	PEE-LABSU-47	MFLP-41A	~
14	Hongos y Levaduras	Col/100 ml	PEE-LABSU-45	MFLP-41A	~
15	Coliformes Totales	Col/100 mL	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
16	Coliformes Fecales	Col/100 mL	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%
17	Escherichia coli	Col/100 mL	PEE-LABSU-46	SM 9222 B	~



Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

MC2201-03

Página 1 de 2

 <p>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO          Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka          E-mail: labsu@andinanet.net          Coca, Provincia de Orellana - Ecuador          Telefax:(593)06- 2881105</p>	 <p>ENSAYOS          No OAE LE 2C 07-003</p>
	<p><b>INFORME DE          ENSAYO N°: 68 531</b></p>	
SPS: 12 – 11 123	Análisis de agua	

**3.- Resultados:**

Parámetros	Unidad	a 64 979	Límite máximo Permisible
Potencial hidrógeno	~	7,31	**
*Color real	PtCo	20	15
Cloro libre residual⊗	mg/L	< 0,30	0,3 - 1,5
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,10	3,0
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	3,7	50
*Fluoruros	mg/L	0,32	1,5
Bario	mg/L	< 0,30	0,7
*Cianuro libre	mg/L	< 0,010	0,07
Cobre	mg/L	< 0,20	2,0
Hierro Total	mg/L	< 0,20	**
Manganeso	mg/L	< 0,10	0,4
*Turbiedad	UFT	3,13	5
*Aerobios mesófilos	Col/mL	3 000	**
*Hongos	Col/100 mL	0	**
*Levaduras	Col/100 mL	0	**
Coliformes totales	Col/100 mL	30	Ausencia
Coliformes fecales	Col/100 mL	30	Ausencia
Escherichia coli	Col/100 mL	10	**

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, agua potable requisitos. NTE INEN 1108:2011.

⊗ Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.

Valores reportados como < 2 significa que no se observa colonias.

\*\* No establecido en la tabla.


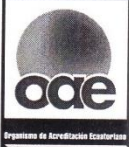
**4.- Responsables del Informe:**

Autorización:  Dr. Fabián Arias Arias  
 DIRECTOR TÉCNICO



 Ing. Lenin Ramírez C.  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

 Laboratorio de Suelo, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105	 Organismo de Acreditación Ecuatoriana ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 68 532</b>	
SPS: 12 - 11 123	Análisis de agua	

Coca, 31 de diciembre de 2012

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baños.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 012 12 20 08:10.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 012 12 20 14:48.  
 Fecha del análisis..... 2 012 12 20 a 2 012 12 31.  
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 26,0°C T. Min: 21,0°C

**Código de LabSu..... Identificación de la muestra.**

a 64 980 ..... Muestra de Agua de Consumo, en la red de distribución (en el sitio en embarque de cárnicos).

**2.- Parámetros y métodos / Referencias:**



Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrogeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Color real	PtCo	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~
3	Cloro libre residual	mg/L	PEE-LABSU-07	SM 4500 Cl G	± 23%
4	Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO <sub>2</sub> B	± 22%
5	Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
6	Fluoruros	mg/L	PEE-LABSU-78	HACH 8029	~
7	Bario	mg/L	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
8	Cianuro libre	mg/L	PEE-LABSU-36	HACH 8027	~
9	Cobre	mg/L	PEE-LABSU-26	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
10	Hierro Total	mg/L	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
11	Manganeso	mg/L	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
12	Turbiedad	UFT	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	~
13	Aerobios mesófilos	Col/ mL	PEE-LABSU-47	MFLP-41A	~
14	Hongos y Levaduras	Col/100 ml	PEE-LABSU-45	MFLP-41A	~
15	Coliformes Totales	Col/100 mL	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
16	Coliformes Fecales	Col/100 mL	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%
17	Escherichia coli	Col/100 mL	PEE-LABSU-46	SM 9222 B	~



Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

MC2201-03

Página 1 de 2

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p><b>OAE</b> Organismo de Acreditación Ecuatoriana</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 68 532</b>		
SPS: 12 – 11 123	Análisis de agua		<b>ENSAYOS</b> No OAE LE 2C 07-003

**3.- Resultados:**

Parámetros	Unidad	a 64 980	Límite máximo Permisible
Potencial hidrógeno	~	7,26	**
*Color real	PtCo	18	15
Cloro libre residual⊗	mg/L	< 0,30	0,3 - 1,5
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,10	3,0
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	2,7	50
*Fluoruros	mg/L	0,33	1,5
Bario	mg/L	< 0,30	0,7
*Cianuro libre	mg/L	< 0,010	0,07
Cobre	mg/L	< 0,20	2,0
Hierro Total	mg/L	< 0,20	**
Manganeso	mg/L	< 0,10	0,4
*Turbiedad	UFT	2,97	5
*Aerobios mesófilos	Col/mL	2 300	**
*Hongos	Col/100 mL	0	**
*Levaduras	Col/100 mL	0	**
Coliformes totales	Col/100 mL	100	Ausencia
Coliformes fecales	Col/100 mL	< 2	Ausencia
Escherichia coli	Col/100 mL	< 2	**

**Fuente:** Instituto Ecuatoriano de Normalización, agua potable requisitos. NTE INEN 1108:2011.

⊗ Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos. Valores reportados como < 2 significa que no se observa colonias.

\*\* No establecido en la tabla.

**4.- Responsables del Informe:**



Autorización:   
**Dr. Fabián Arias Arias**  
 DIRECTOR TECNICO



  
**Ing. Lenin Ramírez C.**  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 MC2201-03

 <p>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p>Organismo de Acreditación Ecuatoriana</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 68 533</b>		
	SPS: 12 – 11 123	Análisis de agua	

Coca, 31 de diciembre de 2012

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baños.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 012 12 20 14:05.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 012 12 20 14:48.  
 Fecha del análisis..... 2 012 12 20 a 2 012 12 31.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C  
**Código de LabSu..... Identificación de la muestra.**  
 a 64 981..... **Muestra de Agua de Consumo, en la red de distribución (en el sitio en embarque de cármicos).**

**2.- Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial de hidrogeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Color real	PtCo	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~
3	Cloro libre residual <sup>⊗</sup>	mg/L	PEE-LABSU-07	SM 4500 Cl G	± 23%
4	Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO <sub>2</sub> B	± 22%
5	Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
6	Fluoruros	mg/L	PEE-LABSU-78	HACH 8029	~
7	Bario	mg/L	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
8	Cianuro libre	mg/L	PEE-LABSU-36	HACH 8027	~
9	Cobre	mg/L	PEE-LABSU-26	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
10	Hierro Total	mg/L	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
11	Manganeso	mg/L	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
12	Turbiedad	UFT	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	~
13	Aerobios mesófilos	Col/ mL	PEE-LABSU-47	MFLP-41A	~
14	Hongos y Levaduras	Col/100 ml	PEE-LABSU-45	MFLP-41A	~
15	Coliformes Totales	Col/100 mL	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
16	Coliformes Fecales	Col/100 mL	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%
17	Escherichia coli	Col/100 mL	PEE-LABSU-46	SM 9222 B	~

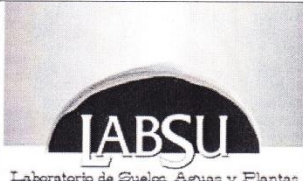



Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

MC2201-03

Página 1 de 2



 Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 Organismo de Acreditación Ecuatoriana ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 68 533</b>		
SPS: 12 – 11 123	Análisis de agua		

### 3.- Resultados:


Parámetros	Unidad	a 64 981	Límite máximo Permisible
Potencial hidrógeno	~	7,27	**
*Color real	PtCo	20	15
Cloro libre residual <sup>⊗</sup>	mg/L	< 0,30	0,3 - 1,5
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L	< 0,10	3,0
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L	3,1	50
*Fluoruros	mg/L	0,40	1,5
Baño	mg/L	< 0,30	0,7
*Cianuro libre	mg/L	< 0,010	0,07
Cobre	mg/L	< 0,20	2,0
Hierro Total	mg/L	< 0,20	**
Manganeso	mg/L	< 0,10	0,4
*Turbiedad	UFT	1,69	5
*Aerobios mesófilos	Col/mL	2 400	**
*Hongos	Col/100 mL	0	**
*Levaduras	Col/100 mL	0	**
Coliformes totales	Col/100 mL	140	Ausencia
Coliformes fecales	Col/100 mL	10	Ausencia
Escherichia coli	Col/100 mL	20	**

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, agua potable requisitos, NTE INEN 1108:2011.

⊗ Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos. Valores reportados como < 2 significa que no se observa colonias.

\*\* No establecido en la tabla.

### 4.- Responsables del Informe:

Autorización:   
Dr. Fabián Arias Arias  
DIRECTOR TÉCNICO





  
Ing. Lenin Ramírez C.  
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

MC2201-03

Página 2 de 2

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p><b>oae</b> Organismo de Acreditación Ecuatoriana</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 68 534</b>		
	SPS: 12 – 11 127	Análisis de agua	<b>ENSAYOS</b> No OAE LE 2C 07-003

Coca, 31 de diciembre de 2012

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baños.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por.....Srta. Mayuri Freire.  
 Fecha hora de toma de muestra.....2 012 12 20 16:40.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio .....2 012 12 20 16:34.  
 Fecha del análisis.....2 012 12 20 a 2 012 12 31.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 26,0°C T. Mín: 21,0°C  
 Código de LabSu.....Identificación de la muestra.  
 a 64 984.....Muestra de Agua de Consumo, en la captación del pozo subterránea de la planta de tratamiento.

**2.- Parámetros y métodos / Referencias:**



Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos totales disueltos	mg/L	PEE-LABSU-50	SM 2510 B	± 8%
3	Oxígeno disuelto	mg/L	PEE-LABSU-35	SM 4500 O B	~
4	Cloruros	mg/L	PEE-LABSU-37	SM 4500-Cl- B	± 10%
5	Sulfatos	mg/L	PEE-LABSU-42	SM 4500-SO4= B	± 17%
6	Fluoruros	mg/L	PEE-LABSU-78	HACH 8029	~
7	Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/L	PEE-LABSU-41	SM 4500 NH3 F	~
8	Bario	mg/L	PEE-LABSU-22	SM 3030 B, 3111 D	± 32%
9	Hierro total	mg/L	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
10	Manganeso total	mg/L	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
11	Zinc	mg/L	PEE-LABSU-29	SM 3030 B, 3111 B	~
12	Arsénico	mg/L	PEE-LABSU-34	EPA 3050B, SM 3114C	± 25%
13	Cianuro libre	mg/L	PEE-LABSU-36	HACH 8027	~
14	Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO2 B	± 22%
15	Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%
16	Detergentes	mg/L	PEE-LABSU-48	HACH 8028	± 29%
17	Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	PEE-LABSU-59	SM 2340 C	± 8%
18	Turbidez	UFT	PEE-LABSU-81	SM 2130 B	~
19	Coliformes totales	Col/100 mL	PEE-LABSU-44	SM 9222 B	± 12%
20	Coliformes fecales	Col/100 mL	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 20%



Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

MC2201-03

Página 1 de 2

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p><b>oae</b> Organismo de Acreditación Ecuatoriana</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 68 534</b>		
SPS: 12 – 11 127	Análisis de agua		ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003

### 3.- Resultados:

Parámetros	Unidad	a 64 984	Límite máximo permisible Tabla 1	Límite máximo permisible Tabla 2
Potencial hidrógeno	~	7,19	6 - 9	6 - 9
Sólidos totales disueltos	mg/L	278	1 000	500
*Oxígeno disuelto	mg/L	7,3	> 6	> 6
Cloruros	mg/L	26,96	250	250
Sulfatos	mg/L	< 10,00	400	400
*Fluoruros	mg/L	0,41	1,5	< 1,4
*Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/L	< 0,10	0,05	**
Bario	mg/L	0,43	1,0	1,0
Hierro total	mg/L	< 0,20	1,0	0,3
Manganeso total	mg/L	0,21	0,1	0,1
*Zinc	mg/L	0,06	5,0	5,0
Arsénico	mg/L	< 0,005	0,05	0,05
*Cianuro libre	mg/L	< 0,010	0,1	0,01
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	1,07	1	1
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	7,2	10	10
Detergentes	mg/L	< 0,01	0,5	0,5
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	75,12	500	500
*Turbidez	UFT	2,97	100	10
Coliformes totales	Col/100 mL	< 2	3 000	50
Coliformes fecales	Col/100 mL	< 2	600	**

Fuente: Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la Contaminación Ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Registro oficial, marzo del 2003:

Tabla 1 y 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y doméstico.

Tabla 1: Las aguas requieren tratamiento convencional.

Tabla 2: Las aguas requieren solo desinfección.

\*\* = No establecido en la Tabla.

### 4.- Responsables del Informe:

Autorización: Téc. Arturo Fernández.  
DIRECTOR TÉCNICO

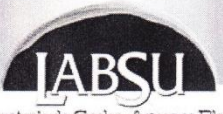



Ing. Ricardo Caicedo Parra.  
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

MC2201-03

Página 2 de 2

 <b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> N° OAE LE 2C 07-003
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 68 893</b>		
SPS: 13 - 0 209	Análisis de agua		

Coca, 19 de enero de 2013

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baño.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 01 09 04:45.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 01 09 10:32.  
 Fecha del análisis ..... 2 013 01 09 a 2 013 01 19.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,0°C  
**Código de LabSu ..... Identificación de la muestra.**  
 a 65 665 ..... **Muestra de Agua de Consumo. Salida del Tanque de Reserva del agua potabilizada.**

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 65 665	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Oxígeno disuelto	mg/L	5,90	PEE-LABSU-35	SM 4500 O B	~
2	Demanda química de oxígeno	mg/L	< 10,00	PEE-LABSU-89	HACH 8000	± 24%
3	Hierro total	mg/L	0,47	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
4	*Hierro disuelto	mg/L	< 0,20	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	~
5	Manganeso total	mg/L	0,43	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
6	Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	0,18	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO2 B	± 22%
7	Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,90	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:   
**Ing. Armando Meléndez**  
 DIRECTOR TÉCNICO





  
**Bqf. Eliana Monar Luna**  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

Página 1 de 1

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p><b>oae</b> LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 68 894</b>		
	SPS: 13 – 0 209	Análisis de agua	

Coca, 19 de enero de 2013

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baño.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 01 09 04:25.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 01 09 10:32.  
 Fecha del análisis ..... 2 013 01 09 a 2 013 01 19.  
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 27,0°C T. Mín: 22,0°C  
 Código de LabSu ..... **Identificación de la muestra.**  
 a 65 666 ..... **Muestra de Agua de Pozo. En la captación antes del tratamiento.**

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 65 666	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	*Oxígeno disuelto	mg/L	5,20	PEE-LABSU-35	SM 4500 O B	~
2	Demanda química de oxígeno	mg/L	< 10,00	PEE-LABSU-89	HACH 8000	± 24%
3	Hierro total	mg/L	0,26	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
4	*Hierro disuelto	mg/L	< 0,20	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	~
5	Manganeso total	mg/L	0,40	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
6	Nitritos (N-NO <sub>2</sub> )	mg/L	0,23	PEE-LABSU-17	SM 4500-NO2 B	± 22%
7	Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,90	PEE-LABSU-18	SM 4500 NO3 B	± 26%

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:   
Ing. Armando Meléndrez  
 DIRECTOR TÉCNICO





  
Bqf. Eliana Monar Luna  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

Página 1 de 1

B). Resultados del agua cruda y la aplicada nuevo tratamiento.

 <p>Laboratorio de Suelo, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 70 096</b>		
	SPS: 13 - 0 961	Análisis de agua	

Coca, 17 de febrero de 2013

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baño.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 02 07 11:00.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 02 07 17:24.  
 Fecha del análisis ..... 2 013 02 07 a 2 013 02 15.  
 Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 26,0°C T. Mín: 19,0°C  
**Código de LabSu.....Identificación de la muestra.**  
 a 66 760 ..... Muestra de Agua de Consumo, Tomada del pozo de captación de la planta de agua Potable.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 66 760	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,29	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Hierro total	mg/L	< 0,20	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
3	Manganeso total	mg/L	0,11	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
4	*Color real	PtCo	< 15	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~

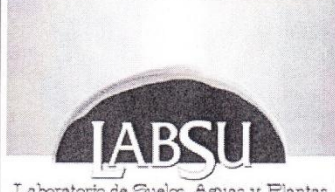

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:   
 Dr. Fabián Arias Arias.  
 DIRECTOR TÉCNICO



  
 Ing. Armando Meléndrez  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del O.AE.  
 MC2201-04

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p><b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 70 097</b>		
SPS: 13 - 0 961	Análisis de agua		

Coca, 17 de febrero de 2013

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baño.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 02 07 16:30.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 02 07 17:24.  
 Fecha del análisis ..... 2 013 02 07 a 2 013 02 15.  
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 26,0°C T. Mín: 19,0°C  
**Código de LabSu..... Identificación de la muestra.**  
 a 66 761..... Muestra de Agua de Consumo, Tratada con PAC al 0,02% y 0,006% de cal del gua del camal.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 66 761	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,25	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Hierro total	mg/L	< 0,20	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 26%
3	Manganeso total	mg/L	0,52	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%
4	*Color real	PtCo	< 15	PEE-LABSU-84	HACH 8025	~

**3.- Responsables del Informe:**

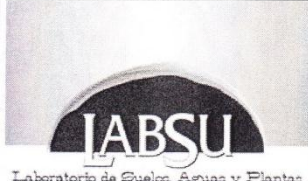

Autorización:    
 Dr. Fabián Arias Arias.  
 DIRECTOR TÉCNICO

  
 Ing. Armando Meléndrez  
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

Página 1 de 1

 <p>Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO          Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka          E-mail: laboratorio@labsu.com          Coca, Provincia de Orellana - Ecuador          Telefax: (593)06- 2881105</p>	 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS          N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<p><b>INFORME DE ENSAYO N°: 71 142</b></p>	
SPS: 13 - 1 631	Análisis de agua	

Coca, 14 de marzo de 2013

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baño.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 03 05 15:30.  
Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 03 06 11:22.  
Fecha del análisis..... 2 013 03 06 a 2 013 03 14.  
Condiciones Ambientales de Análisis...T. Máx: 28,0°C T. Mfn: 22,0°C  
Código de LabSu ..... Identificación de la muestra.  
a 67 718..... Muestra de Agua de Consumo tratada con Ca (ClO)<sub>2</sub>, 0,02% PAC, 0,019% Cal y filtrada.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Item	Parámetros	Unidad	a 67 718	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,34	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Color aparente	PtCo	< 15	PEE-LABSU-84	HACH 8025	± 25%
3	Hierro	mg/L	< 0,20	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
4	Manganeso	mg/L	< 0,10	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%

**2.1- Comentario:** El período de conservación entre la toma de muestra y el análisis fue superado.

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:   
Ing. Ricardo Caicedo Parra.  
DIRECTOR TECNICO





  
Ing. Tannia Vargas Tierras.  
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

Página 1 de 1



 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		 <p><b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<b>INFORME DE ENSAYO N°: 71 141</b>		
SPS: 13 - 1 631	Análisis de agua		

Coca, 14 de marzo de 2013

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baño.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
 Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 03 05 08:50.  
 Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 03 06 11:22.  
 Fecha del análisis ..... 2 013 03 06 a 2 013 03 14.  
 Condiciones Ambientales de Análisis.. T. Máx: 28,0°C T. Mín: 22,0°C  
 Código de LabSu ..... **Identificación de la muestra.**  
 a 67 717 ..... **Muestra de Agua de Consumo del canal oxidada acido**  
 con hipoclorito de calcio

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**

Ítem	Parámetros	Unidad	a 67 717	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	6,96	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Color aparente	PtCo	178	PEE-LABSU-84	HACH 8025	± 25%
3	Hierro	mg/L	< 0,20	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
4	Manganeso	mg/L	0,69	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%

**2.1- Comentario:** El periodo de conservación entre la toma de muestra y el análisis fue superado.

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización: Dr. Fabián Arias Arias.  
DIRECTOR TÉCNICO





Ing. Tannia Vargas Tierras.  
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
 Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

Página 1 de 1

 <p><b>LABSU</b> Laboratorio de Suelo, Aguas y Plantas</p>	<p><b>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO</b> Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105</p>	 <p><b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<p><b>INFORME DE ENSAYO N°: 71 143</b></p>	
	SPS: 13 - 1 631	Análisis de agua

Coca, 14 de marzo de 2013

**GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO  
MUNICIPAL FCO. DE ORELLANA.**

Atn: Ing. Marcos Baño.  
Dirección: Coca.

**1.- Datos generales:**

Recogidas por ..... Srta. Mayuri Freire.  
Fecha hora de toma de muestra ..... 2 013 03 05 16:00.  
Fecha hora ingreso al Laboratorio ..... 2 013 03 06 11:22.  
Fecha del análisis ..... 2 013 03 06 a 2 013 03 14.  
Condiciones Ambientales de Análisis... T. Máx: 28,0°C T. Mín: 22,0°C

**Código de LabSu..... Identificación de la muestra.**

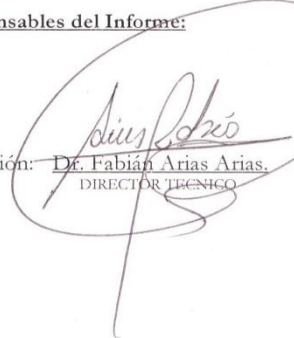
a 67 719..... Muestra de Agua de Consumo tratada con Ca (ClO)<sub>2</sub>, 0,02% PAC, 0,025% Cal y filtrada.

**2.- Resultados / Parámetros y métodos / Referencias:**


Ítem	Parámetros	Unidad	a 67 719	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	7,35	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,02
2	Color aparente	PtCo	< 15	PEE-LABSU-84	HACH 8025	± 25%
3	Hierro	mg/L	< 0,20	PEE-LABSU-27	SM 3030 B, 3111 B	± 24%
4	Manganeso	mg/L	< 0,10	PEE-LABSU-28	SM 3030 B, 3111 B	± 22%

**2.1- Comentario:** El periodo de conservación entre la toma de muestra y el análisis fue superado.

**3.- Responsables del Informe:**

Autorización:  Dr. Fabián Arias Arias.  
DIRECTOR TÉCNICO



 Ing. Tannia Vargas Tierras.  
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.  
Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.  
Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-04

Página 1 de 1

## ANEXO 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA BOMBA DOSIFICADORA SERIE EZ

### Especificaciones

<i>Eléctricas</i>	50/60 Hz, una sola fase		
<b>EZB</b>	115 VAC±10%	0.9 Amp max.	16 vatios promedio.
	230 VAC±10%	0.4 Amp max.	16 vatios promedio.
<b>EZC</b>	115 VAC±10%	1.4 Amp max.	24 vatios promedio.
	230 VAC±10%	0.6 Amp max.	24 vatios promedio.

### Condiciones de Operación

Temperatura Ambiente	32°F a 122°F (0°C a 50°C).
Humedad Relativa	30% a 90% sin condensación.
Temperatura de Líquido	32° a 104°F (0 a 40°C para lado líquido basado en PVC. 32° a 140°F (0 a 60°C para lado líquido basado en PP, PVDF).

### Capacidad/Rango de Presión

Tamaño	Capacidad de Salida Máxima		Salida Máxima por Carrera (mL)	Presión <sup>1</sup> Máxima		Tamaño de Conexión (pulg) D.E. Tubing
	(Gal/hr)	(mL/min)		Lb/pulg	MPa	
B11	0.6	38	0.11	150	1.0	3/8
B16	1.0	65	0.18	105	0.7	3/8
B21	1.5	95	0.26	60	0.4	3/8
B31	3.2	200	0.56	30	0.2	1/2
C16	1.3	80	0.22	150	1.0	3/8
C21	2.0	130	0.36	105	0.7	3/8
C31	4.3	270	0.75	50	0.35	1/2
C36	6.3	400	1.17	30	0.2	1/2

<sup>1</sup>La válvula de venteo de Aire Automática reduce la presión máxima approx. 35 Lb/pulg (0.2 MPa)

### Rango de Ajuste

Frecuencia del rango de ajuste 0 a 360 carreras por minuto.

## ANEXO 6. PROFORMAS.

ALMACEN NOBOA  
P R O F O R M A NUMERO: 271  
RUC.:0600724470001  
DIR.:NAPO Y ELOY ALFARO  
TEL.:062880118

FECHA: 18/09/2013  
RUC: 2100508957  
NOMBRE: MAYURI FREIRE

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO	SUBTOTAL
1	TEE PVC 3 BLANCO	1.9000	1.90
3	CODO PVC 3 BLANCO	1.8000	5.40
3	TUBO PVC 3 BLANCO PLASTIDOR	3.9500	11.85
3	TUBO PVC 2"	2.9500	8.85
3	UNION PVC 3 BLANCO	1.6000	4.80
3	CODO PVC 2 X 90	0.6500	1.95
3	ADAPTADOR P/TANQUE 2"	10.8500	32.55
3	LLAVE DE PASO 2" PLASTIGAMA	12.5000	37.50
1	TANQUE PLASTIGAMA DE 500 LTS	129.8000	129.80
30	CABLE FLEXIBLE # 10 METRO	1.1000	33.00

SUBTOTAL: 267.80  
IVA: 32.11  
TOTAL: 299.71

Atentamente

