



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LOS RESIDUOS  
RECOLECTADOS POR EL HIDROSUCCIONADOR DE LA  
EP- EMAPAG DEL CANTÓN GUARANDA, AÑO 2015”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA: ERIKA CAROLINA CORTÉS ROJAS**

**TUTOR: PHD. ROBERT CAZAR**

**Riobamba-Ecuador**

**2015**

©2015, Erika Carolina Cortés Rojas

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

El Tribunal de Titulación, certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LOS RESIDUOS RECOLECTADOS POR EL HIDROSUCCIONADOR DE LA EP- EMAPAG DEL CANTÓN GUARANDA AÑO 2015.”**, de responsabilidad de la señorita egresada Erika Carolina Cortés Rojas, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Robert Cazar <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	_____
Dr. Gerardo León <b>MIEMBRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	_____

Yo, Erika Carolina Cortés Rojas soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Erika Carolina Cortés Rojas

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, ERIKA CAROLINA CORTES ROJAS, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 17 de diciembre del 2015

ERIKA CAROLINA CORTES ROJAS  
020233252-4

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la vida, salud y las fuerzas necesarias para salir adelante cada día.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que mediante sus prestigiosos maestros forjaron parte de mi vida académica, aportando sus conocimientos y experiencias hasta cumplir una etapa más de vida como profesional.

A mis padres Efraín y Violeta, que fueron el medio por el cual Dios me dio la vida, quienes siempre tuvieron una palabra de aliento siendo grandes luchadores que se esfuerzan por darme lo mejor cada día, permitiendo ser un gran ejemplo a seguir por su amor, paciencia y fortaleza.

A mis hermanas Mirian, Patricia, Viviana y Gabriela por darme palabras de aliento para no rendirme y seguir adelante.

Erika C. Cortés R.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que mediante sus maestros, me impartieron conocimientos.

Al Doc. Robert Cazar y Doc. Gerardo León; siendo los guías en la elaboración del Trabajo de Titulación, por tener gran paciencia y dedicación de tiempo.

A la E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, por proporcionarme el aval para realizar la investigación. Y de manera muy especial al Ing. Raúl Allán, Técnico de Laboratorio de Control de Calidad, por brindarme su amistad e impartirme sus conocimientos y ser un guía durante la elaboración, desde el inicio hasta la finalización.

Y a todas las personas que de una u otra manera han aportado con sus conocimientos, acciones y frases de aliento, que han hecho mella en mi mente y corazón. Para alcanzar la meta que me he propuesto.

Muchas gracias de corazón a todos.

Erika C. Cortés R.

## CONTENIDO GENERAL

PORTADA	
CERTIFICACIÓN	
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL	
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
CONTENIDO GENERAL	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE ECUACIONES	
INDICE DE ABREVIATURAS	
RESUMEN	
SUMMARY	
INTRODUCCIÓN .....	22
ANTECEDENTES.....	24
JUSTIFICACION .....	27
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1. MARCO TEORICO.....</b>	<b>29</b>
1.1. Agua residual.....	29
1.1.1. Características de las aguas residuales.....	30
1.1.1.1. Características físicas .....	30
1.1.1.2. Características Químicas .....	32
1.1.1.3. Características Biológicas.....	35
1.1.2. Medición del caudal de las aguas residuales.....	35
1.1.3. Clasificación de las Aguas Residuales.....	37
1.1.4. Muestreo de las Aguas Residuales.....	37
1.1.4.1. Tipos de muestreo para Aguas Residuales.....	37
1.2. Tratamiento de las Aguas Residuales .....	38
1.2.1. Procesos básicos u operaciones unitarias.....	40
1.3. Sistema de Alcantarillado .....	41
1.3.1. Clasificación del sistema de alcantarillado .....	41
1.4. Dimensionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	42

1.4.1. Caudal de diseño .....	42
1.4.2. Rejillas .....	42
1.4.2.1. Componentes .....	42
1.4.2.2. Criterios de diseño.....	43
1.4.2.3. Dimensionamiento de las Rejillas.....	43
1.4.3. Sedimentador Convencional.....	45
1.4.3.1. Componentes .....	46
1.4.3.2. Criterios de diseño.....	47
1.4.3.3. Dimensionamiento del sedimentador convencional.....	47
1.4.4. Tanque de Almacenamiento y Coagulación .....	50
1.4.4.1. Criterios de diseño.....	51
1.4.4.2. Dimensionamiento del Tanque de Coagulación y Floculación .....	52
1.4.5. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) .....	55
1.4.5.1. Criterios de diseño.....	55
1.4.5.2. Dimensionamiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).....	56
1.4.6. Filtro Lento de Arena y Carbón Activado .....	57
1.4.6.1. Componentes .....	58
1.4.6.2. Criterios de diseño.....	58
1.4.6.3. Dimensionamiento del Filtro Lento de Arena y Carbón Activado.....	59
1.4.7. Tanque de Cloración.....	64
1.4.7.1. Criterios de diseño.....	64
1.4.7.2. Dimensionamiento del Tanque de Cloración .....	64
1.4.8. Dosificación del desinfectante .....	65
1.4.9. Rendimiento de las pruebas de tratabilidad .....	67
1.5. Estudio de impacto ambiental.....	68
1.5.1. Valoración e Identificación de Impactos Ambientales - Matriz de Leopold .....	68
1.6. Marco legal.....	68
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>69</b>
2.1. Localización .....	69
2.2. Metodología .....	69
2.2.1. Materiales, equipos y reactivos.....	69
2.2.2. Características técnicas del equipo .....	71
2.2.3. Método de Muestreo.....	71
2.2.3.1. Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual.....	71
2.2.3.2. Parámetros analizados .....	72
2.1.1. Determinación del volumen de agua residual recolectada por el hidrosuccionador .....	74

2.1.2.	Medición de caudal .....	74
2.1.3.	Pruebas de tratabilidad para el agua residual .....	74
2.1.4.	Procesos adecuados para el tratamiento del agua residual .....	75
2.1.5.	Elaboración de planos.....	76
2.1.6.	Valoración e identificación de impactos ambientales .....	76
2.2.	Dimensionamiento.....	78
2.2.1.	Caudal de diseño .....	78
2.2.2.	Rejillas .....	79
2.2.3.	<i>Sedimentador Convencional</i> .....	81
2.2.4.	Tanque de almacenamiento y coagulación .....	86
2.2.4.1.	Dosificación de químicos para la coagulación y floculación .....	93
2.2.5.	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) .....	94
2.2.6.	Filtro Lento de Arena y Carbón Activado .....	96
2.2.7.	Tanque de Cloración.....	103
2.2.8.	Dosificación del desinfectante .....	104
2.2.9.	Rendimiento de depuración en los procesos después de las pruebas de tratabilidad ....	107
 <b>CAPÍTULO III</b>		
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>110</b>
3.1.	Localización .....	110
3.2.	Características técnicas del equipo .....	112
3.3.	Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual .....	112
3.4.	Medición del volumen de agua residual recolectada por el hidrosuccionador .....	121
3.5.	Medición del caudal .....	124
3.6.	Pruebas de tratabilidad para el agua residual .....	127
3.6.1.	Dosis óptima de PAC-25A y CHEMFLOC N-100.....	129
3.6.2.	pH óptimo.....	130
3.6.3.	Concentración óptima.....	130
3.6.4.	Tiempo de floculación.....	131
3.6.5.	Rendimiento de las pruebas de tratabilidad .....	131
3.7.	Procesos para el tratamiento del agua residual .....	136
3.8.	Elaboración de planos.....	143
3.9.	Valoración e identificación de impactos ambientales .....	143
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>146</b>
Conclusiones .....		146
Recomendaciones.....		148
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>149</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>164</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Contaminantes importantes de las aguas residuales .....	29
Tabla 2-1	Propiedades del agua .....	30
Tabla 3	Concentración permisible para contaminantes físico – químicos de un agua residual. ....	34
Tabla 4-1	Procesos básicos u operaciones unitarias .....	40
Tabla 5-1	Criterios de diseño para las rejillas de limpieza manual.....	43
Tabla 6-1	Coeficiente de perdida para rejillas.....	43
Tabla 7-1	Criterios para el diseño de sedimentador convencional.....	47
Tabla 8-1	Criterios de diseño de tanque de mezcla rápida .....	51
Tabla 9-1	Número de potencia K para diferentes tipos de impulsores .....	52
Tabla 10-1	Criterios de Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) .....	55
Tabla 11-1	Filtro Lento de Arena y Carbón Activado.....	58
Tabla 12-2	Materiales, Equipos y Reactivos para Caracterización del Agua Residual.....	69
Tabla 13-2	Materiales, Equipos y Reactivos para Pruebas de Coagulación, Floculación y Sedimentación .....	71
Tabla 14-2	Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua .....	72
Tabla 15-2	Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua .....	72
Tabla 16-2	Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua ...	74
Tabla 17-2	Valoración Magnitud e Importancia de la Matriz Causa - Efecto de Leopold..	77
Tabla 18-2	Evaluación de Impactos según la Metodología de Leopold .....	77
Tabla 19-2	Rangos para la Calificación Ambiental.....	78
Tabla 20-2	Remoción del proceso de coagulación y floculación .....	107
Tabla 21-2	Remoción del proceso de cloración .....	108
Tabla 22-2	Presupuesto para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales .....	108
Tabla 23-2	Presupuesto de los productos químicos usados para el tratamiento.....	109
Tabla 24-3	Ficha técnica de localización .....	110
Tabla 25-3	Caracterización física de los efluentes recolectados por el Hidrosuccionador	112
Tabla 26-3	Caracterización química de los efluentes recolectados por el Hidrosuccionador .....	115
Tabla 27-3	Resultados del muestreo y caracterización microbiológica del agua residual .	120
Tabla 28-3	Volumen Semanal.....	121
Tabla 29-3	Volumen Mensual.....	123
Tabla 30-3	Caudal Semanal .....	124

Tabla 31-3	Caudal Mensual .....	126
Tabla 32-3	Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC-25A y CHEMFLOC N-100 .....	127
Tabla 33-3	Resultados de la prueba de tratabilidad con Sulfato de Aluminio y Cal T-30.	128
Tabla 34-3	Resultados del rendimiento de la prueba de coagulación, floculación y sedimentación .....	131
Tabla 35-3	Caudal de diseño .....	138
Tabla 36-3	Diseño de rejillas .....	139
Tabla 37-3	Diseño del Sedimentador Convencional .....	139
Tabla 38-3	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento inicial .....	140
Tabla 39-3	Dimensionamiento del agitador de 6 paletas .....	140
Tabla 40-3	Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) .....	141
Tabla 41-3	Filtro Lento de Arena y Carbón Activado .....	141
Tabla 42-3	Sistema de drenaje .....	142
Tabla 43-3	Sistema de lavado del filtro.....	142
Tabla 44-3	Tanque de cloración.....	143
Tabla 45-3	Matriz de evaluación de impactos ambientales .....	145

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Forma de Rejillas .....	43
Figura 2-1.	Corte de la estructura de sedimentación .....	46
Figura 3-1.	Dimensiones para el diseño de tanque de mezcla rápida.....	51
Figura 4-3.	Mapa Ubicación PTAR.....	111
Figura 5-3.	Color.....	113
Figura 6-3.	Turbiedad.....	113
Figura 7-3.	pH.....	114
Figura 8-3.	Conductividad.....	114
Figura 9-3.	Sólidos Totales Disueltos.....	115
Figura 10-3.	Aluminio - Bario – Bromo – Cianuro – Cloruros – Cobalto – Cobre – Cromo – Cromo Total.....	116
Figura 11-3.	Fluoruros – Fosfatos – Hierro – Manganeso – Molibdeno – Níquel – Oxígeno Disuelto – Sulfatos - Zinc .....	117
Figura 12-3.	Hierro Total – Nitrógeno Amoniacal – Nitrógeno Total .....	118
Figura 13-3.	Oxígeno Disuelto .....	119
Figura 14-3.	Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	119
Figura 15-3.	Demanda Química de Oxígeno .....	120
Figura 16-3.	Coliformes Fecales - Coliformes Totales .....	121
Figura 17-3.	Volumen Semanal.....	123
Figura 18-3.	Volumen Mensual.....	124
Figura 19-3.	Caudal Semanal .....	126
Figura 20-3.	Caudal Mensual .....	127
Figura 21-3.	Dosis óptima.....	129
Figura 22-3.	pH óptima .....	130
Figura 23-3.	Concentración óptima .....	130
Figura 24-3.	Tiempo de Floculación .....	131
Figura 25-3.	Rendimiento del Color.....	133
Figura 26-3.	Rendimiento de Turbiedad.....	133
Figura 27-3.	Rendimiento del Nitrógeno Total.....	134
Figura 28-3.	Rendimiento del Amoniacal .....	134
Figura 29-3.	Rendimiento de la Demanda Química de Oxígeno .....	135
Figura 30-3.	Rendimiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	135
Figura 31-3.	Procesos adecuados para el tratamiento del agua residual .....	137

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 .....	36
Ecuación 2 .....	36
Ecuación 3 .....	36
Ecuación 4 .....	36
Ecuación 5 .....	38
Ecuación 6 .....	42
Ecuación 7 .....	43
Ecuación 8 .....	44
Ecuación 9 .....	44
Ecuación 10.....	44
Ecuación 11.....	45
Ecuación 12.....	45
Ecuación 13.....	47
Ecuación 14.....	47
Ecuación 15.....	48
Ecuación 16.....	48
Ecuación 17.....	48
Ecuación 18.....	48
Ecuación 19.....	49
Ecuación 20.....	49
Ecuación 21.....	49
Ecuación 22.....	50
Ecuación 23.....	52
Ecuación 24.....	52
Ecuación 25.....	53
Ecuación 26.....	53
Ecuación 27.....	53
Ecuación 28.....	53
Ecuación 29.....	54
Ecuación 30.....	54
Ecuación 31.....	54
Ecuación 32.....	55
Ecuación 33.....	56
Ecuación 34.....	56

Ecuación 35.....	56
Ecuación 36.....	57
Ecuación 37.....	57
Ecuación 38.....	57
Ecuación 39.....	59
Ecuación 40.....	59
Ecuación 41.....	59
Ecuación 42.....	60
Ecuación 43.....	60
Ecuación 44.....	60
Ecuación 45.....	60
Ecuación 46.....	61
Ecuación 47.....	61
Ecuación 48.....	61
Ecuación 49.....	62
Ecuación 50.....	62
Ecuación 51.....	62
Ecuación 52.....	63
Ecuación 53.....	63
Ecuación 54.....	63
Ecuación 55.....	64
Ecuación 56.....	65
Ecuación 57.....	65
Ecuación 58.....	65
Ecuación 59.....	66
Ecuación 60.....	66
Ecuación 61.....	66
Ecuación 62.....	67
Ecuación 63.....	67
Ecuación 64.....	67
Ecuación 65.....	67
Ecuación 66.....	68
Ecuación 67.....	78

## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>V</b>	Volumen
<b>T</b>	Tiempo
<b>D<sub>e</sub></b>	Diámetro externo de la tubería
<b>D<sub>i</sub></b>	Diámetro interno de la tubería
<b>V<sub>i</sub></b>	Volumen de cada muestra individual
<b>V</b>	Volumen total de la muestra compuesta
<b>Q<sub>i</sub></b>	Caudal instantáneo
<b>Q<sub>p</sub></b>	Caudal promedio
<b>n<sub>o</sub></b>	Número de muestras tomadas
<b>Q<sub>Diseño</sub></b>	Caudal de diseño
<b>EP- EMAPAG</b>	E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto
<b>F<sub>a</sub></b>	Fuerza activa
<b>g</b>	Aceleración de la gravedad
<b>V</b>	Volumen
<b>ρ<sub>s</sub></b>	Peso específico de la partícula
<b>ρ</b>	Densidad del líquido
<b>Q</b>	Caudal
<b>h<sub>a</sub></b>	Altura del tirante de construcción
<b>h<sub>T</sub></b>	Altura total
<b>B</b>	Ancho del canal
<b>α</b>	Ángulo de inclinación
<b>A<sub>L</sub></b>	Área libre al paso del agua
<b>S</b>	Espesor de las barras
<b>L<sub>b</sub></b>	Longitud de barras
<b>L</b>	Longitud del canal
<b>N<sub>b</sub></b>	Número de barras
<b>h</b>	Pérdida de carga
<b>e</b>	Separación entre barras
<b>v</b>	Velocidad

<b>B</b>	Ancho
<b><math>\theta</math></b>	Ángulo de inclinación
<b>As</b>	Área de sedimentación
<b>Cs</b>	Carga superficial
<b>G</b>	Gradiente de velocidad
<b>L'</b>	Longitud de transición
<b>L</b>	Longitud del sedimentador
<b>Lr</b>	Longitud relativa del sedimentador
<b>Lcr</b>	Longitud relativa del sedimentador corregida en la longitud de transición
<b>Re</b>	Número de Reynolds
<b>tr</b>	Tiempo de retención
<b>v<sub>sc</sub></b>	Velocidad de sedimentación crítica
<b>v<sub>o</sub></b>	Velocidad promedio de flujo
<b>Vd</b>	Volumen del sedimentador
<b>H</b>	Altura del tanque
<b>D</b>	Diámetro del tanque
<b>R</b>	Radio del tanque
<b>V</b>	Volumen del tanque
<b>Ht</b>	Altura total del tanque
<b>H</b>	Altura del líquido
<b>C</b>	Altura del rodete sobre el fondo del tanque
<b>W</b>	Ancho de las paletas
<b>J</b>	Ancho de las placas deflectoras
<b>Da</b>	Diámetro del agitador
<b>Dd</b>	Diámetro del sujetador de las paletas
<b>L</b>	Longitud de las palas del rodete
<b>P</b>	Potencia del motor para el agitador
<b>t<sub>o</sub></b>	Tiempo óptimo de mezcla
<b>N</b>	Velocidad de rotación para el agitador
<b>Q</b>	Caudal
<b>H<sub>Tr</sub></b>	Altura total de la cámara
<b>b</b>	Ancho del filtro
<b>A<sub>f</sub></b>	Área horizontal del filtro
<b>L</b>	Longitud del filtro
<b>Hu</b>	Profundidad útil del filtro
<b>Tr</b>	Tiempo de retención hidráulica

<b>V<sub>f</sub></b>	Volumen del filtro
<b>B</b>	Ancho del filtro
<b>A</b>	Área
<b>A<sub>s</sub></b>	Área superficial real
<b>K</b>	Coefficiente mínimo de costo
<b>L</b>	Longitud del filtro
<b>ha</b>	Vertedero de entrada
<b>N</b>	Número de unidades
<b>V<sub>F</sub></b>	Velocidad de filtración
<b>v<sub>FR</sub></b>	Velocidad de filtración real
<b>H</b>	Profundidad
<b>Z<sub>F</sub></b>	Altura del filtro
<b>F<sub>S</sub></b>	Factor de seguridad
<b>C<sub>A</sub></b>	Altura de la capa de agua
<b>L<sub>A</sub></b>	Altura del lecho filtrante
<b>C<sub>S</sub></b>	Altura de la capa de soporte
<b>F<sub>C</sub></b>	Altura de drenaje
<b>A<sub>o</sub></b>	Área de orificios laterales
<b>D<sub>o</sub></b>	Diámetro de orificios
<b>v<sub>o</sub></b>	Velocidad de orificio
<b>Q<sub>o</sub></b>	Caudal que ingresa a cada orificio
<b>N<sub>L</sub></b>	Numero de laterales
<b>n<sub>L</sub></b>	Espaciamiento de los laterales
<b>L<sub>L</sub></b>	Longitud para laterales
<b>e<sub>L</sub></b>	Separación entre laterales
<b>D<sub>TE</sub></b>	Diámetro de la tubería de entrada del filtro
<b>v<sub>e</sub></b>	Velocidad de entrada
<b>D<sub>TS</sub></b>	Diámetro de la tubería de salida del filtro
<b>v<sub>s</sub></b>	Velocidad de salida
<b>v<sub>L</sub></b>	Velocidad optima de lavado del filtro
<b>C<sub>U</sub></b>	Coefficiente de uniformidad
<b>T<sub>E</sub></b>	Tamaño efectivo de arena
<b>t<sub>L</sub></b>	Tiempo óptimo de lavado
<b>V<sub>L</sub></b>	Cantidad de agua para lavado del filtro
<b>V</b>	Volumen del tanque
<b>t</b>	Tiempo de reacción

<b>A<sub>T</sub></b>	Altura del tanque
<b>B</b>	Ancho del tanque
<b>L</b>	Longitud del tanque

## RESUMEN

El diseño del sistema de tratamiento para los residuos recolectados por el hidrosuccionador de la EP-EMAPAG del Cantón Guaranda. Se recopiló la información técnica del equipo, posteriormente se tomaron 7 muestras en un periodo de 6 meses, considerando los puntos donde el hidrosuccionador operaba. Se utilizó la última muestra, para realizar análisis específicos de floculación, coagulación y sedimentación, debido a que presentaba mayor alteración en las propiedades organolépticas, estéticas, físicas, químicas y microbiológicas. Para determinar el volumen de agua residual recolectada se registraron los valores de volumen obtenidos durante el periodo de aforo y los valores históricos comprendidos entre octubre del 2014 a marzo del 2015. En la medición del caudal para el agua residual se calculó a partir del volumen semanal máximo registrado y por recomendación de la Dirección Técnica se consideró medir el caudal semanalmente. Los resultados de la caracterización realizada al agua residual dieron las siguientes concentraciones fuera de los límites permisibles según la Tabla 12 Anexo 1, Libro VI de la norma TULSMA: color 480NTU, coliformes fecales 258Nmp/100ml, demanda bioquímica de oxígeno 11580mg/L, demanda química de oxígeno 5089mg/L, nitrógeno total 18,54mg/L, solidos suspendidos 228,38mg/L considerando además algunos parámetros que no se encuentran establecidos en esta normativa pero que son importantes por estética e indicadores en la calidad del agua como: turbiedad 156,43NTU, coliformes totales 760Nmp/100ml, oxígeno disuelto 0,84mg/L. A partir de la caracterización primaria y simulación de procesos de tratamiento se concluyó establecer las siguientes unidades: rejillas, sedimentador convencional, tanque de almacenamiento y coagulación, filtro anaerobio de flujo ascendente, filtro lento de arena y carbón activado, tanque de cloración. El diseño se realizó usando el Software AutoCAD 2013. Se recomienda a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda implementar la planta de tratamiento para reducir el impacto ambiental y la proliferación de patógenos.

## PALABRAS CLAVES

<PLANTA DE TRATAMIENTO> <HIDROSUCCIONADOR> <AGUA RESIDUAL>  
<DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO> <DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO>  
<SEDIMENTADOR CONVENCIONAL> <TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y  
COAGULACIÓN> <FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE> <FILTRO LENTO  
DE ARENA Y CARBÓN ACTIVADO> <EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y  
ALCANTARILLADO DE GUARANDA>

## SUMMARY

“Design of the treatment system for waste collected by the EP-EMAPAG hydro-suctioner, Guaranda canton”. Technical information or equipment was collected, then 7 samples were taken over a period of six months, considering the points where the hydro-suctioner operated. The last sample was used for specific analysis of flocculation, coagulation and sedimentation, because it showed more alterations in the organoleptic, aesthetic, physical, chemical and microbiological properties. In order to determine the volume of wastewater collected volume values obtained during the gauging period and the historical values between October 2014 and March 2015. Flow measurement of the Technical Management was considered weekly measure the flow. The results of the characterization made to the wastewater had the following concentration outside the permissible limits according to Table 12, Annex 1, Book VI of the TULSMA standard: Color 480NTU, 258 fecal coliforms Nmp/100ml, DOB 11580mg/L, chemical oxygen demand 5089mg/L, total nitrogen 18,54mg/L, suspended solids 228,38mg/L also considering some parameters that are not established in these regulations but are important for aesthetics and indicators in water quality as: 156,43NTU turbidity, total coliforms 760Nmp/100ml, dissolved oxygen 0,84mg/L. From the simulation of treatment processes and primary characterization it was determined to establish the following units: girds, conventional settler, storage and coagulation tank, upflow anaerobic filter, slow filter of sand and activated coal, chlorination tank. The design was performed using the software AutoCAD 2013. It is recommended that the company implement treatment plant to reduce environmental impact and spread of pathogens.

### CUE WORDS.

<TREATMENT PLANT> <HYDRO-SUCTIONER> <WASTEWATER> <BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND> <CHEMICAL OXYGEN DEMAND> < CONVENTIONAL SETTLER> <STORAGE AND COAGULATION TANK> <UPFLOW ANAEROBIC FILTER> <SLOW FILTER OF SAND AND ACTIVATED COAL> <EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUARANDA>

## INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales provienen de las actividades diarias de los seres humanos, generalmente desechadas a las alcantarillas o cloacas. En la mayoría de los casos las aguas residuales no son tratadas correctamente.

El tratamiento de las aguas residuales consiste en la eliminación de materia orgánica, sólidos, virus, bacterias, etc., es decir, contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua del efluente de uso humano, para proteger la salud pública y preservar el ambiente.

La preocupación para tratar este problema es intensa, pero es ahí cuando se producen grandes incógnitas: ¿Qué hacemos las personas para mitigarlo? ¿Qué medidas está tomando el Gobierno Nacional a través de los Gobiernos Autónomos Descentralizados para mejorar la calidad de las aguas descargadas? ¿Qué procesos se podrían implementar?

Se conoce que a nivel nacional pocos Gobiernos Autónomos Descentralizados se preocupan por el tratamiento de las aguas residuales y la ampliación en los sistemas de alcantarillado público. Estos sistemas resultan ser obsoletos en ciertos tramos, dado que la población se ha incrementado por lo tanto el sistema de alcantarillado construido hace 15 a 20 años atrás se ha vuelto ineficiente.

Por esta causa es necesario un estudio para solucionar este problema a corto, mediano y largo plazo. Parte de la solución es dotarse de hidrosuccionadores, espacios adecuados para depositar los residuos recolectados por los equipos y estudios técnicos para dar un tratamiento adecuado a estos residuos.

A pesar de que existen numerosas alternativas para el tratamiento, la deficiente operación y mantenimiento y su baja adaptación al medio han ocasionado que fracasen y sean abandonadas a lo largo del tiempo, terminando en pérdidas para los Gobiernos Autónomos Descentralizados, Juntas Parroquiales, empresas, etc.

Actualmente la E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda cuenta con un equipo de succión y limpieza a presión de redes de alcantarillado, realizando el mantenimiento, limpieza y reparación del sistema de alcantarillado, con el fin de evitar taponamientos y accidentes de contaminación.

Cabe mencionar que la E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda no ha realizado estudios anteriores respecto al tema, el mismo resulta ser de gran interés e innovador ante una sociedad futurista.

Motivados por esta problemática social y ambiental la E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda se ha interesado en realizar el diseño del sistema de tratamiento para los residuos recolectados por el hidrosuccionador, con la finalidad de mitigar el impacto ambiental que es generado por estas aguas al no recibir tratamiento y ser descargadas en lugares inciertos, contribuyendo a la reducción de la degradación ambiental y la proliferación de afecciones a la salud de los habitantes.

## **ANTECEDENTES**

El Cantón Guaranda, capital de la Provincia de Bolívar, se encuentra ubicada a 2668 msnm, conocida como la “Ciudad de las Siete Colinas” y actualmente su elemento de identidad cultural es la celebración del Carnaval, el mismo que el 31 de Octubre del 2001 fue declarado como "Patrimonio Cultural Inmaterial del Ecuador", por el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. (Universidad Estatal de Bolívar, 2013 pág. 14)

Geográficamente se encuentra limitada al NORTE: Provincia de Cotopaxi; al SUR: Cantón San José de Chimbo; al ESTE: Provincias de Chimborazo y Tungurahua; al OESTE: Cantones Las Naves, Echeandía y Caluma.

Fue creado el 23 de Junio de 1824, tiene una superficie de 1897 Km<sup>2</sup>. Según el INEC del 2.010, con sus 91.877 personas constituye el 50% del total provincial, la Ciudad de Guaranda, con sus 23.874 habitantes, representa el 26% de la población del cantón. Sus características físicas se encuentran influenciadas por las Cordillera Occidental de los Andes y su ramal la Cordillera de Chimbo, la misma que atraviesa longitudinalmente de norte a sur el territorio cantonal, constituyéndose como línea divisora de aguas. (Universidad Estatal de Bolívar, 2013 págs. 10,11)

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda en 1993 a partir del “Estudio de Ampliaciones del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Guaranda” preparada por el CIDES Cía. Ltda. Actualiza sus estudios. En este periodo todo el sistema estuvo administrado hasta el 30 de abril de 1992 por el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, a partir de esta fecha mencionada la administración del sistema fue transferida al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda propietario del sistema.

La Municipalidad de Guaranda contrata en el año 2002 para el “Estudio de la Operación de la Red de Distribución de Agua Potable y Programa de Control de Agua No Contabilizada”, a la consultora Hans Wolf & Partner Cia. Ltda.

En el año 2003 el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda, mediante Ordenanza, consideró necesaria la creación de una Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, con autonomía administrativa, económica y una estructura orgánica funcional que le permita una eficiente y ágil administración de sus operaciones.

E.P- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda tiene como objetivo la prestación de servicios de alcantarillado y agua potable, así como de la conducción, regulación y disposición final de las aguas residuales de la ciudad, con el fin de preservar la salud de los habitantes y el entorno ecológico y contribuir el mantenimiento de las fuentes hídricas del Cantón Guaranda y obtener una rentabilidad social y económica en sus inversiones. (EP-EMAPAG, 2015 pág. 1)

Actualmente el crecimiento poblacional y las mejoras que se dan cada día en la actividad comercial de los ciudadanos del Cantón Guaranda y sus alrededores, han generado un incremento en la cantidad de residuos sólidos arrojados a las vías, además los cambios climatológicos provocan el arrastre de los mismos y el taponamiento de alcantarillas. Por lo cual la E.P Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda vio la necesidad de dar soluciones a estos problemas, realizando la compra de un hidrosuccionador.

La E.P Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda adquirió, mediante un préstamo del Banco del Estado (BEDE), un vehículo hidrosuccionador marca Vaccon, modelo V-310. El automotor cuenta con un equipo de video portátil que permitirá monitorear el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la urbe en su interior. En tanto, el equipo hidrosuccionador se utiliza en el mantenimiento, limpieza y reparación del sistema de alcantarillado, con el fin de evitar taponamientos, accidentes y contaminación ambiental. Además de atender a la ciudadanía de la capital bolivarenses, el vehículo sirve de apoyo a otros cantones de la provincia cuando estos lo necesitan. (El Telegrafo, 2013 pág. 1)

La problemática que se presenta es la falta en el tratamiento de los residuos recolectados por el hidrosuccionador y su adecuada disposición final, considerando que no existe tratamiento alguno, los mismos que son desechados sin un previo tratamiento.

Karl Falkenberg Director General de Medio Ambiente Comisión Europea dice: “En la Unión Europea viven más de 500 millones de personas, considerando que las aguas residuales generadas por esta numerosa población y por la industria representan una fuente importante de contaminación que puede afectar a la calidad del agua potable y de las aguas de baño, dificultando la meta de tener un buen estado ecológico”. (Falkenberg, 2010 pág. 1)

En el Ecuador también se aplican técnicas de depuración. Un ejemplo es la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ucubamba, ubicada en la Ciudad de Cuenca, Panamericanaq Norte Km 7 ½ sector Ucubamba, la misma que trata el 95% de aguas residuales, donde se remueven 4,30 m<sup>3</sup>/día para un caudal medio de 1.300 L/s. (ETAPA EP, 2015 pág. 1)

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) se han realizado trabajos de investigación similares sobre el Tratamiento de Aguas Residuales. En la Escuela de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental se realizó el Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera Parroquial de San Luis Provincia Chimborazo el mismo que fue realizado por la Srta. Adriana Elizabeth Valencia López la cual determinó una eficiencia de depuración de alrededor de: 70% de turbiedad, 87,8% de solidos sedimentables, 88,4% de solidos suspendidos, 91% de aceites y grasas, 80,5% de DBO y 80,5% de DQO, cumpliendo de esta manera con los límites establecidos por la normativa ambiental TULAS y conservando la calidad del agua del Rio Chibunga. (Valencia, 2013 pág. 136)

## JUSTIFICACION

En la actualidad la E.P Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda carece de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales recolectadas por el Hidrosuccionador, debido que estas aguas y sus residuos una vez recogidos son desfogados en el rio, lagunas, pozos, junto a asentamientos humanos, ocasionando la proliferación de malos olores, presencia de roedores e insectos, los mismos que provocan un malestar. Por la incidencia de varias enfermedades, al no existir un tratamiento adecuado de estas aguas, y privándoles a las personas el derecho de vivir en un ambiente sano y libre de contaminación.

Por este motivo el diseño de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales es de gran importancia. Esto beneficia a la E.P Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda. En época invernal, existe reboses de todo su sistema de alcantarillado debido que cumplió su tiempo de vida útil, con estos antecedentes es necesario implementar un Sistema de Tratamiento de aguas residuales para los residuos recolectados por el hidrosuccionador.

Para ello se considerará establecer el manejo adecuado de los contaminantes recolectados por el hidrosuccionador con la finalidad de reducir la contaminación que actualmente existe, con un adecuado sistema de tratamiento que venga a coadyuvar la remediación ambiental.

Además la elaboración de la investigación aportara a que la población del Cantón Guaranda y sus alrededores se beneficien con una mejor calidad y salud ambiental. Como así se lo estipula en la Constitución Ecuatoriana, Derechos del Buen Vivir, en su segunda sección, Art. 14 “*Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados*”. (Ministerio del Ambiente, 2013 pág. 1)

Este proyecto es viable porque cuenta con el aval de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, la misma que apoya la investigación con recursos económicos, técnicos y humanos. Colaborando con las actividades que formaran parte del proyecto desde la caracterización inicial hasta el diseño final de la planta.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- ✚ Diseñar el sistema de tratamiento para los residuos recolectados por el hidrosuccionador de la EP-EMAPA-G del Cantón Guaranda, año 2015.

### **Objetivos específicos**

- ✚ Caracterizar física – química y bacteriológica el agua residual recolectada por el hidrosuccionador de la EP-EMAPA-G.
- ✚ Determinar el volumen del agua residual recolectada por el hidrosuccionador, provenientes de las descargas de los sistemas de alcantarillado.
- ✚ Efectuar pruebas de tratabilidad mediante ensayos de laboratorio con la utilización de productos químicos para encontrar la dosis óptima de los coagulantes.
- ✚ Proponer los procesos más eficientes para el tratamiento del agua residual recolectada por el hidrosuccionador.
- ✚ Dimensionar una planta de tratamiento para el agua residual del hidrosuccionador, utilizando la herramienta informática AutoCAD.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEORICO

#### 1.1. Agua residual

Son aguas de composición variada provenientes del uso municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole; las cuales han sufrido una degradación en su calidad original. (Sánchez, 2011 pág. 29)

Las aguas residuales son consideradas esparcimientos por la gran cantidad de impurezas que contienen en su seno. Las impurezas varían de tamaño en un amplio rango, que oscila entre unos  $10^{-8}$  cm para sustancias que son solubles y  $10^{-2}$  cm para la materia en suspensión. (Aguilar, etal, 2002 págs. 19,20)

La separación de gran parte de las impurezas se las realiza por sedimentación. Sin embargo, algunas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente mediante esta operación, por lo cual es necesario llevar a cabo la unión de estas partículas en agregados de mayor tamaño, y, más fácilmente decantables con el fin de tener una mejor separación por sedimentación. Este proceso se formación de agregados se la conoce como coagulación. (Aguilar, etal, 2002)

Las aguas residuales frecuentemente provienen del uso en abastecimientos poblacionales, luego de ser modificados por sus diferentes usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, lo cual altera su estructura.

**Tabla 1-1** Contaminantes importantes de las aguas residuales

Contaminante	Fuente	Importancia ambiental
Solidos suspendidos	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradable	Desechos domésticos	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Pueden causar eutrofización.
Compuestos orgánicos refractarios	Desechos industriales	Pueden causar problemas de sabor y olor; pueden ser tóxicos o carcinogénicos.
Metales pesados	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente.
Solidos inorgánicos disueltos	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua.	Pueden interferir con el reúso del efluente.

Fuente: (Metcalf & Eddy, 2009)

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

### 1.1.1. Características de las aguas residuales

Las aguas residuales están compuestas originalmente en un 99% de agua potable y 0,1% por pesos de sólidos, ya sean disueltos o suspendidos. Este 0,1% referido a aquel que debe ser removido para que el agua pueda ser reutilizada, con la aplicación de tratamientos. (EcuRed, 2015)

**Tabla 2-1** Propiedades del agua

Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica (Ns/m <sup>2</sup> )	Viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s)
0	9.805	999.8	1.781 x 10 <sup>-3</sup>	1.785 x 10 <sup>-6</sup>
5	9.807	1000.0	1.518 x 10 <sup>-3</sup>	1.519 x 10 <sup>-6</sup>
10	9.804	999.7	1.307 x 10 <sup>-3</sup>	1.306 x 10 <sup>-6</sup>
15	9.798	999.1	1.139 x 10 <sup>-3</sup>	1.139 x 10 <sup>-6</sup>
20	9.789	998.2	1.102 x 10 <sup>-3</sup>	1.003 x 10 <sup>-6</sup>
25	9.777	997.0	0.890 x 10 <sup>-3</sup>	0.893 x 10 <sup>-6</sup>
30	9.764	995.7	0.708 x 10 <sup>-3</sup>	0.800 x 10 <sup>-6</sup>
40	9.730	992.2	0.653 x 10 <sup>-3</sup>	0.658 x 10 <sup>-6</sup>
50	9.689	988.0	0.547 x 10 <sup>-3</sup>	0.553 x 10 <sup>-6</sup>
60	9.642	983.2	0.466 x 10 <sup>-3</sup>	0.474 x 10 <sup>-6</sup>
70	9.586	977.8	0.404 x 10 <sup>-3</sup>	0.431 x 10 <sup>-6</sup>
80	9.530	971.8	0.354 x 10 <sup>-3</sup>	0.326 x 10 <sup>-6</sup>
90	9.466	965.3	0.315 x 10 <sup>-3</sup>	0.326 x 10 <sup>-6</sup>
100	9.399	958.4	0.282 x 10 <sup>-3</sup>	0.294 x 10 <sup>-6</sup>

**Fuente:** (Daugherty, 1989)

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

#### 1.1.1.1. Características físicas

El agua residual presenta características físicas tales como: color, conductividad, olor y sabor, sólidos totales, temperatura y turbiedad. Realizar la caracterización correcta de la turbiedad y la cantidad de sólidos totales en una muestra es de vital importancia para realizar una caracterización preliminar.

#### **a) Color**

El agua polucionada puede tener varias tonalidades. Las causas más comunes del color en el agua es la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución, también pueda darse por el contacto de agua con desechos orgánicos tales como hojas, madera, raíces, etc.; en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. (Romero , 2000)

#### **b) Conductividad**

Es la capacidad que tiene el agua para conducir electricidad, por medio de iones en solución, es decir, un incremento en la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad. Los valores reportados en la conductividad eléctrica son usados como un parámetro para conocer la cantidad de Sólidos Disueltos Totales. (Andrade, 2010 pág. 56)

#### **c) Olor y Sabor**

El olor y sabor en agua ocurren frecuentemente juntos, muchas pueden ser las causas, siendo las más comunes la presencia de materia orgánica en solución, ácido sulfúrico, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, etc.

Determinar el olor y sabor en el agua es importante, permitiendo evaluar la calidad de aceptabilidad por parte del consumidor y para determinar en muchos casos la fuente de una posible contaminación.

Tanto el olor como el sabor se pueden describir cualitativamente, en el caso del olor es más fuerte cuando el agua se encuentra expuesta a elevadas temperaturas. Para ensayos de sabor solo debe hacerse con muestras seguras para el consumo humano. (Romero , 2000)

#### **d) Sólidos Totales**

Los sólidos totales son la cantidad de materia que resulta después de someter al agua a elevadas temperaturas. Los mismos que se pueden clasificar en sólidos suspendidos y sólidos filtrables. (Andrade, 2010 pág. 56)

### **e) Temperatura**

La temperatura es un parámetro que controla la existencia de biota en el agua. La biota tolera ciertos rangos de temperatura. Asimismo la temperatura acelera las reacciones que envuelven la disolución de sólidos y disminuye la solubilidad de los gases, debido a que los elementos orgánicos no se oxidan. (Campos Gómez, 2003 pág. 51)

### **f) Turbiedad**

La turbiedad mide la cantidad de luz que puede ser absorbida o reflejada por el material en suspensión. Al existir abundante material suspendido, interfiere con la penetración de la luz y afecta al proceso de fotosíntesis. (Campos Gómez, 2003 pág. 51)

#### *1.1.1.2. Características Químicas*

Entender las características químicas que presentan las aguas residuales, es de gran importancia; debido a que nos permitirá guiarnos e identificar e tratamiento más idóneo y eficiente para mejorar la calidad del agua. Las principales características químicas del agua son: Alcalinidad, Aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fosforo, Formas de azufre, Metales pesados, Nitrógeno. Oxígeno Disuelto (OD), pH, Surfactantes.

#### **a) Alcalinidad**

La alcalinidad es la capacidad de neutralizar los ácidos y mantener el pH estable. Los iones más frecuentes en las aguas son el Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), Carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y Oxido de Hidrogeno ( $\text{OH}^-$ ). La alcalinidad en el agua produce un sabor amargo del agua, se generan costras blancas en el sistema de alcantarillado las mismas que producen obstrucciones e interferencias. La presencia de alcalinidad en el agua produce la estabilidad de la misma en presencia de ácidos produciendo un efecto en el agua, conocido como buffer o efecto tampón. (Campos Gómez, 2003 pág. 51)

#### **b) Aceites y grasas**

Son consideradas grasas y aceites a los compuestos de carbono, hidrogeno y oxígeno que flotan en el agua residual, formando una capa inmisible con el agua, recubren la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Casando problemas con la actividad biológica y

mantenimiento de las aguas. Los aceites y grasas de origen animal y vegetal comúnmente son biodegradables y tratables en plantas de tratamiento biológico, mientras que los aceites y grasas de origen mineral pueden ser no biodegradables requiriendo un pretratamiento para ser removidos antes del tratamiento biológico. (Romero , 1996 pág. 59)

#### **c) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La Demanda bioquímica de oxígeno es una de las pruebas principales para la evolución de y control en la contaminación de las aguas residuales. Es un indicador de la concentración de materia orgánica biodegradable, representada por la cantidad de oxígeno requerida para la eliminación de la materia orgánica presente en el agua. Se calcula a partir de la medida de la disminución de la concentración de oxígeno disuelto, después de incubarse una muestra en periodo habitualmente de 5 días. La medida debe hacerse en la oscuridad, para evitar la producción de fotosíntesis de oxígeno. (Doménech, 2006 pág. 190)

#### **d) Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

La Demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno disuelto que se consume en una reacción durante la oxidación. Se determina por medio de una valoración redox de la muestra con un oxidante químico fuerte, como es el dicromato potásico o permanganato potásico en medio ácido. (Doménech, 2006 pág. 190)

#### **e) Fósforo**

El fósforo es importante para el crecimiento de algas y otros microorganismos biológicos. En las aguas superficiales existe una proliferación incontrolable de algas, en la actualidad es muy importante controlar la cantidad de compuestos de fósforos presentes en las aguas superficiales con la ayuda de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales, y a través de las escorrentías. (Levine, y otros, 1985 págs. 205-216)

#### **f) Metales pesados**

Los metales pesados son un conjunto de elementos que poseen una densidad relativa del metal no mayor de 4 o 5. La toxicidad de los mismos varía de acuerdo a la forma en la que se presenten, generalmente en elevadas concentraciones son muy tóxicos. Su presencia en las aguas residuales se debe a las actividades industriales específicas; como la minería, entre otras. (Ramalho, 2003 págs. 53-63).

### g) Nitrógeno

El nitrógeno es un nutriente necesario para el crecimiento de microorganismos y algas, que en abundancia pueden causar contaminación. El mismo que puede encontrarse en forma amoniacal, nitratos, nitritos o nitrógeno orgánico. La contaminación en aguas residuales por estos elementos se debe a la presencia de orina animal y de personas. Su identificación permite valorar el tratamiento de efluentes por medios biológicos. (Metcalf & Eddy, 2009 págs. 554-582)

### h) Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es uno de los principales indicadores de contaminación en aguas residuales. El oxígeno disuelto puede disminuir por la respiración de los microorganismos, plantas acuáticas y organismo macroscópicos; o a su vez por el incremento en la temperatura, y las reacciones químicas que consumen oxígeno. (Romero, 2004 págs. 18-20)

### i) pH

El pH mide la concentración de iones Hidrogeno presentes en una muestra. Al conocer el valor del pH se puede controlar reacciones químicas y la actividad biológica. En el tratamiento biológico, al tener un pH menor a 6 se produce una proliferación de hongos sobre las bacterias generando peligro biológico o de contaminación. Las aguas muy acidas y muy básicas son indeseables debido a que son corrosivas y presentan problemas en su tratamiento al formas costras. (Romero, 2004 págs. 18-20)

**Tabla 3** Concentración permisible para contaminantes físico – químicos de un agua residual.

Contaminantes	Concentración		
	Unidad	Intervalo	Valor usual
Solidos totales	mg/L	350 - 1200	700
Sólidos disueltos totales	mg/L	280 - 850	500
Fijos	mg/L	145 - 525	300
Volátiles	mg/L	105 - 325	200
Solidos suspendidos totales	mg/L	100 - 350	210
Fijos	mg/L	20 - 75	55
Volátiles	mg/L	80 - 275	160
Solidos sedimentables	mg/L	5-20	10

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	110 - 400	210
Carbono orgánico total (COT)	mg/L	80 - 290	160
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	250 - 1000	500
Nitrógeno total	mg/L	20 - 85	35
Orgánico	mg/L	8 - 35	13
Amoniaco libre	mg/L	12-50	22
Nitritos	mg/L	0 - 0	0
Nitratos	mg/L	0 - 0	0
Fosforo total	mg/L	4-15	7
Orgánico	mg/L	1- 5	2
Inorgánico	mg/L	3-10	5
Cloruros	mg/L	30 - 100	50
Sulfatos	mg/L	20 - 50	30
Grasas y aceites	mg/L	50 - 150	90
Compuestos orgánicos volátiles	mg/L	< 100 a > 400	100 - 400
Coliformes totales	No./100mL	$10^6 - 10^9$	$10^7 - 10^8$
Coliformes fecales	No./100mL	$10^3 - 10^7$	$10^4 - 10^5$

Fuente: (Romero , 2000)

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

### 1.1.1.3. Características Biológicas

Las aguas residuales dependiendo su origen, y las condiciones en las que se encuentran son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano, y por el papel activos de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomponían y estabilización de la materia en el medio natural o en las pantas de tratamiento de aguas. (Crites, y otros, 2000 pág. 74)

### 1.1.2. Medición del caudal de las aguas residuales

El caudal está definido como el volumen del líquido que pasa por una sección en una corriente de agua en una unidad de tiempo determinado. (Rios, 2010 págs. 100-154)

La medición de caudal se la puede realizar con la aplicación de algunos métodos entre los que tenemos:

- a) **Método volumétrico:** con la ayuda de un envase correctamente graduado se procede a realizar el llenado de cierto volumen en una unidad de tiempo.

$$Q = \frac{V}{T}$$

**Ecuación 1**

**Dónde:**

$Q$ : Caudal ( $L/s$ )

$V$ : Volumen ( $L$ )

$T$ : Tiempo ( $s$ )

- b) **Método velocidad/superficie:** se deberá conocer la velocidad y superficie de recorrido que realiza el fluido.

$$Q = A * v$$

**Ecuación 2**

**Dónde:**

$Q$ : Caudal de diseño

$A$ : Área transversal ( $m^2$ ).

$v$ : Velocidad ( $m/s$ ).

Para la correcta medición del caudal es necesario que el recorrido de agua sea a través de una tubería con dimensiones conocidas, donde se usaran el diámetro interno y el espesor de la tubería.

$$D_i = (D_e - s)$$

**Ecuación 3**

**Dónde:**

$D_e$ : Diámetro externo de la tubería ( $m$ )

$s$ : Espesor de la tubería ( $m$ )

$$A = \frac{D_i^2 \pi}{4}$$

**Ecuación 4**

**Dónde:**

$D$ : Diámetro de la tubería ( $m$ )

$\pi$ : 3.1416

### ***1.1.3. Clasificación de las Aguas Residuales***

La clasificación de las aguas residuales se encuentra ligada a su procedencia.

Se denominan aguas residuales domésticas, a las que provienen de poblaciones, viviendas, instituciones, edificios comerciales. Las aguas residuales municipales, son los residuos que viajan a través de un sistema de alcantarillado, los mismos que son tratados en plantas municipales. Las aguas negras, son las que provienen de inodoros. Las aguas grises, a las conformadas por aguas provenientes de duchas, lavadoras, lavamanos. (Crites, y otros, 2000 págs. 200-204)

### ***1.1.4. Muestreo de las Aguas Residuales***

El muestreo en las aguas residuales es extraer una parte representativa del efluente de interés, con la intención de analizar sus características y determinar sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos. El muestreo en las aguas residuales también sirve para adquirir datos sobre el desempeño de los diferentes procesos en la planta de tratamiento, también permite implementar nuevas propuestas y reportar resultados del cumplimiento y seguimiento de la normativa vigente. El protocolo para la realización de un correcto muestreo se encuentra en el **Anexo 1**. (Metcalf & Eddy, 2009 págs. 554-582)

#### ***1.1.4.1. Tipos de muestreo para Aguas Residuales***

- a) **Muestra Simple:** Cuando las muestras son razonables en tiempo y espacio, al existir cambio alguno se observaran fácilmente las variaciones. Generalmente representan las cualidades del efluente, siendo una muestra puntual. Son aptas para determinar la temperatura, pH, cloro residual, alcalinidad, OD, coliformes y grasas.
- b) **Muestra Compuesta:** Es la unión de varias muestras simples, donde el volumen de cada muestra es proporcional al flujo instantáneo y el intervalo de tiempo es constante. Es recomendable que los volúmenes individuales sean de 120 mL y el final de 2 a 4 L.

Para el cálculo del volumen de las muestras individuales, que conformaran a muestra total, se emplea la siguiente ecuación:

$$V_i = \frac{(Q_i * V)}{(Q_p * n_o)}$$

## Ecuación 5

### Dónde:

- V<sub>i</sub>**: Volumen de cada muestra individual (*L*)  
**V**: Volumen total de la muestra compuesta (*L*)  
**Q<sub>i</sub>**: Caudal instantáneo (*L/min*)  
**Q<sub>p</sub>**: Caudal promedio (*L/min*)  
**n<sub>o</sub>**: Número de muestras tomadas (a dimensional)

- c) **Muestra Integrada**: Está conformada por varias muestras tomadas al mismo tiempo, pero en diferentes puntos de ubicación. (Metcalf & Eddy, 2009 págs. 554-582)

## 1.2. Tratamiento de las Aguas Residuales

El objetivo de realizar un tratamiento al agua es eliminar organismos patógenos y sustancias tóxicas para mejorar la calidad del agua en el medio.

Considerando el término tratamiento como el conjunto de operaciones unitarias físicas, químicas o biológicas cuya finalidad es eliminar o reducir la contaminación o características no deseables de las aguas.

Los sistemas de tratamiento para aguas residuales se dividen frecuentemente en subsistemas que se pueden clasificar en:

- a. Tratamientos previos o pretratamientos
- b. Tratamientos primarios o físicos – químicos
- c. Tratamientos secundarios o biológicos
- d. Tratamientos terciarios
- e. Etapa de pulimento y/o desinfección
- f. Tratamiento de fangos

Mediante el tratamiento previo y primario, se eliminan principalmente los sólidos suspendidos y algo de materia orgánica por impregnación; mediante el tratamiento secundario, la materia orgánica biodegradable disuelta y restos de sólidos en suspensión que no han sido removidos en el tratamiento primario.

Con el terciario se pretende eliminar contaminantes específicos y todos aquellos contaminantes no retenidos en los tratamientos anteriores, básicamente los contaminantes en forma de sólidos disueltos. Dentro de este último tratamiento se puede considerar incluida la desinfección, que elimina los gérmenes patógenos del agua o bien, considerar una etapa posterior en la que se considera las operaciones finales de pulido y/o desinfección. (Rios, 2010 págs. 100-154)

#### **a. Pretratamiento**

Proceso que usa rejillas y cribas para separar restos voluminosos como palos, telas, plásticos, etc. (Guarguati, y otros, 2008 pág. 17)

#### **b. Tratamiento Primario**

Sedimenta materiales suspendidos usando tratamientos físicos o físico – químicos. En algunos se dejara el agua residual un tiempo en grandes tanques para su sedimentación o, en el caso del tratamiento primario mejorado, añadiendo al agua sustancia químicas que hacen más rápida y eficaz la sedimentación. También se incluyen tratamientos para neutralizar el pH y eliminar contaminantes volátiles. (Guarguati, y otros, 2008 pág. 17)

#### **c. Tratamiento secundario**

Elimina partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. El proceso secundario más habitual es un proceso biológico en el que se facilita que bacterias aerobias digieran la materia orgánica presente en el agua. (Guarguati, y otros, 2008 pág. 17)

#### **d. Tratamientos terciarios**

Consiste en procesos biológicos, físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos. Más de un proceso terciario se puede utilizar en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es llamada pulir el efluente. (Rios, 2010 págs. 100-154)

#### **e. Tratamiento de fangos**

Los sedimentos que se generan en las etapas primaria y secundaria son denominados fangos. Estos fangos contienen gran cantidad de agua (99%), microorganismos, patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos que requieren un tratamiento específico, estando

compuesto, generalmente, por los siguientes procesos: Espesamiento previo, Estabilización o digestión, Secado, Desinfección, Eliminación. (Rios, 2010 págs. 100-154)

### **1.2.1. Procesos básicos u operaciones unitarias**

Actualmente estas operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para constituir los así llamados tratamiento primario, secundario y terciario.

Las operaciones unitarias físicas, así como los procesos unitarios químicos y biológicos más empleados en el tratamiento de aguas son:

**Tabla 4-1 Procesos básicos u operaciones unitarias**

<b>Operaciones Físicas</b>
Medición de caudales
Desbaste
Homogeneización de caudales
Mezclado
Sedimentación
Flotación
Filtración en medio granular
Transferencia de gases
Volatilización y arrastre de gases
Separación por membranas
<b>Procesos Químicos</b>
Precipitación química
Coagulación - Flocculación
Adsorción
Declaración
Oxidación química
Neutralización
<b>Procesos Biológicos</b>
Aerobio
Anaerobio
Anóxico
Combinados
Estanques

**Fuente:** (Rios, 2010)

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

Los procesos anteriores de tratamientos de las aguas deben complementarse con un proceso de tratamiento de lodos, donde aparecerán los elementos retirados de las aguas.

### **1.3. Sistema de Alcantarillado**

Sistema de estructuras y tuberías usadas para la recogida, evacuación y transporte de las aguas residuales y aguas pluviales, desde el lugar en el que se originan, hasta el lugar donde son dispuestas o tratadas. (EcuRed, 2015 pág. 1)

#### ***1.3.1. Clasificación del sistema de alcantarillado***

Existen dos tipos de sistemas de alcantarillado: convencionales y no convencionales.

Los sistemas de alcantarillado convencionales frecuentemente usan tuberías con grandes diámetros para operar. Los sistemas de alcantarillado no convencionales aparecen como respuesta de saneamiento básico a poblaciones con escasos recursos económicos, donde la comunidad debe realizar un mantenimiento.

#### **A. Sistemas de alcantarillado convencionales**

**Alcantarillado separado:** la evacuación de las aguas residuales y lluvia son independientes.

- a) **Alcantarillado sanitario:** sistema diseñado únicamente para recolectar las aguas residuales domésticas e industriales.
- b) **Alcantarillado pluvial:** sistema diseñado para la evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación.

**Alcantarillado combinado:** transporta juntamente las aguas residuales domésticas e industriales y las aguas de lluvia. (Comisión Nacional del Agua, 2009 pág. 14)

#### **B. Sistemas de alcantarillado no convencionales**

Se clasifican acorde al tipo de tecnología aplicada y se limitan a evacuar aguas residuales. (Comisión Nacional del Agua, 2009 pág. 14)

- a) **Alcantarillado simplificado:** sistema diseñado con los mismo lineamientos de un sistema de alcantarillado convencional, pero tomando en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.

- b) **Alcantarillado condominiales:** sistemas que recogen aguas de un pequeño grupo de viviendas.
- c) **Alcantarillado sin arrastre de sólidos:** conocidos también como alcantarillados a presión, son sistemas que eliminan los sólidos con la ayuda de un tanque interceptor.

## 1.4. Dimensionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

### 1.4.1. Caudal de diseño

$$Q_{Diseño} = Q * 35\%$$

**Ecuación 6**

#### **Dónde:**

$Q_{Diseño}$ : Caudal de diseño (L/min)

$Q$ : Caudal ( $m^3/s$ )

35%: Incremento futuro (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G)

### 1.4.2. Rejillas

Las rejillas son un elemento importante dentro del diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Cumplen la función de retener los sólidos y material que puedan afectar el funcionamiento de los siguientes procesos, como bombas, tuberías entre otros. (Metcalf & Eddy, 2009)

#### 1.4.2.1. Componentes

Las rejillas pueden ser de dos tipos; las finas con una separación de 5mm o menos hechas en malla metálica, y las gruesas con una separación de 4 a 8cm hechas con barras de acero. (Crites, y otros, 2000 pág. 246)

De acuerdo a la limpieza pueden ser: manual y automática.

- a. **Rejillas de limpieza manual:** usadas en de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales pequeñas, donde su limpieza se la puede realizar manualmente.
- b. **Rejillas de limpieza automática:** son recomendadas para de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales grandes con caudales continuos mayores a 50 L/s. (RAS, 2000 pág. 51)

### 1.4.2.2. Criterios de diseño

**Tabla 5-1** Criterios de diseño para las rejillas de limpieza manual

Parámetro	Rango	Unidad
Ángulo de inclinación	60 – 45	° (Grados)
Espaciamiento entre las barras	15 – 50	mm
Separación entre las barras	25 – 50	mm
Velocidad a través de las barras	0.3 – 0.6	m/s
Velocidad de aproximación	0.3 – 0.6	m/s

Fuente: (Metcalf & Eddy, 2009) - (RAS, 2000)

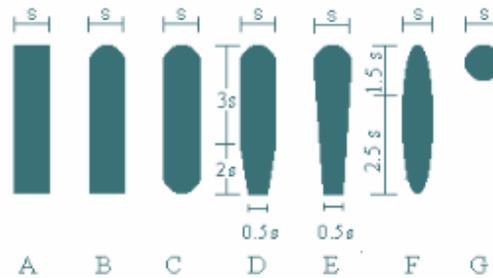
Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 6-1** Coeficiente de pérdida para rejillas

Sección Transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
$\beta$	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: (RAS, 2000)

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



**Figura 1-1.** Forma de Rejillas

Fuente: (RAS, 2000)

### 1.4.2.3. Dimensionamiento de las Rejillas

- Área libre del paso de agua

$$A_L = \frac{Q_{Diseño}}{v}$$

**Ecuación 7**

**Dónde:**

$A_L$ : Área libre del paso de agua ( $m^2$ )

$Q_{\text{Diseño}}$ : Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

$v$ : Velocidad ( $m/s$ ) (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

- **Altura del tirante en el canal**

$$h_{a'} = \frac{A_L}{B}$$

**Ecuación 8**

**Dónde:**

$h_a$ : Altura del tirante en el canal ( $m$ )

$A_L$ : Área libre del paso de agua ( $m^2$ )

$B$ : Ancho del canal ( $m$ )

- **Altura del tirante de construcción**

$$h_a = h_{a'} + h_{T1} + h_s$$

**Ecuación 9**

**Dónde:**

$h_a$ : Altura del tirante de construcción ( $m$ )

$h_{a'}$ : Altura del tirante en el canal ( $m$ )

$h_{T1}$ : Altura de la caja de revisión ( $m$ )

$h_s$ : Altura de seguridad ( $m$ )

- **Longitud de las barras**

$$L_b = \frac{h_a}{\text{Sen } \alpha}$$

**Ecuación 10**

**Dónde:**

$L_b$ : Longitud de las barras ( $m$ )

$h_a$ : Altura del tirante de construcción ( $m$ )

$\alpha$ : Angulo de inclinación de las barras (*grados*)

- **Número de barras**

$$N_b = \frac{B}{e + S}$$

**Ecuación 11**

**Dónde:**

$N_b$ : Número de barras (*unidades*)

$B$ : Ancho del canal (*m*)

$e$ : Separación entre las barras (*m*)

$S$ : Espesor de las barras (*m*)

- **Perdida de carga**

$$h = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g}\right) \text{Sen } \alpha$$

**Ecuación 12**

**Dónde:**

$h$ : Perdida de carga

$\beta$ : Factor dependiente de la forma de barras

$S$ : Espesor de las barras (*m*)

$e$ : Separación entre las barras (*m*)

$v$ : Velocidad (*m/s*)

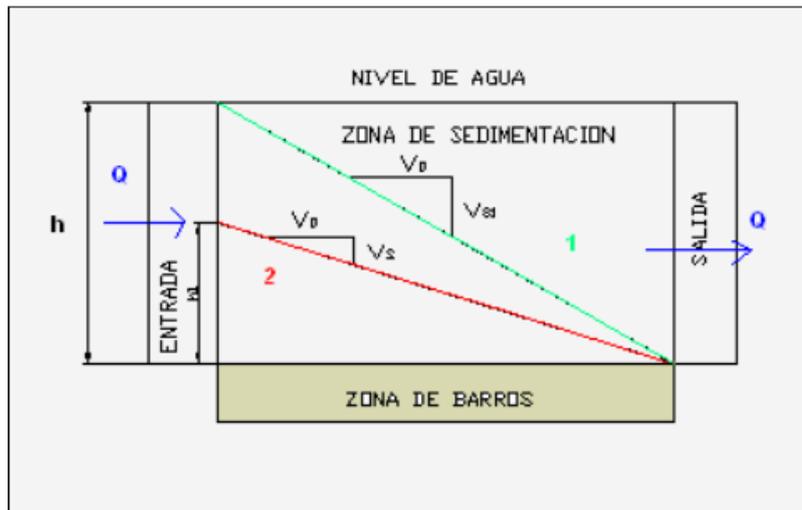
$g$ : Gravedad (*m/s<sup>2</sup>*)

$\alpha$ : Angulo de inclinación de las barras (*grados*)

### **1.4.3. Sedimentador Convencional**

Unidad diseñada para retención de partículas con mayor gravedad específica a la del agua , por lo cual tienden a precipitar. De esta manera se logra remover los sólidos suspendidos permitiendo clarificar el agua residual. En el tratamiento de aguas frecuentemente son usados para remover los sólidos sedimentables y reducir el contenido de solidos suspendidos del agua. (Grupp, 2010 pág. 43)

### 1.4.3.1. Componentes



**Figura 2-1.** Corte de la estructura de sedimentación

Fuente: [http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos\\_teoria\\_sedimentacion.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teoria_sedimentacion.pdf)

a. **Zona de entrada**

Permite que el agua se distribuya de forma pareja para homogeneizar a su vez a velocidad.

b. **Zona de sedimentación**

Constituida por un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que se dé la sedimentación de la partículas suspendidas.

c. **Zona de salida**

Compuesta por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones, con la finalidad de mantener al efluente recolectado sin ser perturbado.

d. **Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada**

Formada por una tolva donde se depositan los lodos sedimentados, una tubería y válvula para la evacuación periódica de lodos. (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 2005 págs. 17-20)

#### 1.4.3.2. Criterios de diseño

**Tabla 7-1 Criterios para el diseño de sedimentador convencional**

Parámetro	Rango	Unidad
Parámetro para sedimentador de placas paralelas (característica crítica de funcionamiento) ( $S_c$ )	1,5	Adimensional
Tiempo de retención	< 15	min
Ángulo de inclinación	60	grados
Carga superficial ( $C_s$ )	02-oct	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d
Número de Reynolds	< 500	Adimensional
Profundidad del sedimentador	1,5 - 2,5	m
Relación Largo - Ancho (L/B)	03-jun	m

Fuente: (Romero, 2004) - (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 2005)

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

#### 1.4.3.3. Dimensionamiento del sedimentador convencional

El dimensionamiento será realizado con la utilización de las siguientes ecuaciones:

- **Área de sedimentación**

$$A_s = \frac{Q}{C_s}$$

**Ecuación 13**

**Dónde:**

$C_s$ : Carga superficial ( $m^3/m^2d$ )

$A_s$ : Área de sedimentación ( $m^2$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/d$ )

- **Velocidad promedio de flujo**

$$v_o = \frac{Q}{A_s * \text{Sen}\theta}$$

**Ecuación 14**

**Dónde:**

$v_o$ : Velocidad promedio del flujo ( $m/s$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/d$ )

$A_s$ : Área de sedimentación ( $m^2$ )

$\theta$ : Ángulo de inclinación

- **Longitud del sedimentador**

$$\frac{L}{B} = (3 - 6)$$

**Ecuación 15**

**Dónde:**

*L*: Longitud del sedimentador (*m*)

*B*: Ancho (*m*)

(3 – 6): Relación L/B (Tabla 7-1 )

- **Longitud relativa del sedimentador**

$$Lr = \frac{L}{B}$$

**Ecuación 16**

**Dónde:**

*Lr*: Longitud relativa del sedimentador (*m*)

*L*: Longitud del sedimentador (*m*)

*B*: Ancho (*m*)

- **Numero de Reynolds**

$$Re = \frac{V_o * B}{\vartheta}$$

**Ecuación 17**

**Dónde:**

*Re*: Numero de Reynolds (adimensional)

*vo*: Velocidad promedio del flujo (*m/s*)

*B*: Ancho (*m*)

*ϑ*: Viscosidad cinemática (*m<sup>2</sup>/s*)

- **Longitud de transición**

$$L' = 0,013 * Re$$

**Ecuación 18**

**Dónde:**

$L'$ : Longitud de transición ( $m$ )

$Re$ : Numero de Reynolds (adimensional)

- **Longitud relativa del sedimentador corregida en la longitud de transición**

$$Lcr = Lr - L'$$

**Ecuación 19**

**Dónde:**

$Lcr$ : Longitud relativa del sedimentador corregida en la longitud de transición ( $m$ )

$L'$ : Longitud de transición ( $m$ )

$Lr$ : Longitud relativa del sedimentador ( $m$ )

- **Velocidad de sedimentación crítica**

$$vsc = \frac{Sc * vo}{Sen \theta + (Lcr * Cos \theta)}$$

**Ecuación 20**

**Dónde:**

$vsc$ : Velocidad de sedimentación crítica ( $m/s$ )

$Sc$ : Parámetro característico

$vo$ : Velocidad promedio del flujo ( $m/s$ )

$Lcr$ : Longitud relativa del sedimentador corregida en la longitud de transición ( $m$ )

$\theta$ : Angulo de inclinación

- **Tiempo de retención**

$$tr = \frac{l'}{Vo}$$

**Ecuación 21**

**Dónde:**

$tr$ : Tiempo de retención ( $s$ )

$l'$ : Longitud ( $m$ ) (0,02 valor asumido en base a ensayos realizados en el laboratorio EP. EMAPA-G)

$v_0$ : Velocidad promedio del flujo ( $m/s$ )

- **Volumen del sedimentador**

$$Vd = L * B * H$$

**Ecuación 22**

**Dónde:**

$Vd$ : Volumen del sedimentador ( $m^3$ )

$L$ : Longitud del sedimentador ( $m$ )

$B$ : Ancho ( $m$ )

$H$ : Profundidad ( $m$ )

#### **1.4.4. Tanque de Almacenamiento y Coagulación**

##### **Coagulación**

La coagulación es la desestabilización de los coloides por neutralización de sus cargas, lo que da lugar a la formación de los flocs o precipitados. La adición de reactivos químicos originan productos insolubles en el agua. (Timbalombo, 2014 pág. 49)

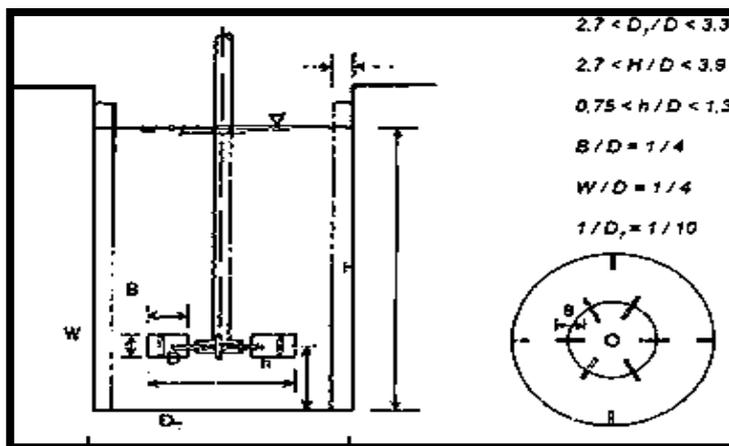
Algunos coagulantes usados en el laboratorio son:

- **Policloruro de aluminio (PAC):** polímero usado para la clarificación de agua potable y aguas residuales, cumple la función de coagulante y floculante. Químicamente compuesto por policloruro de aluminio, tiene altas concentraciones de  $Al_2O_3$  con un mínimo de 31%. Su elevado poder como desestabilizador de cargas admite que se de una completa coagulación de los sólidos presentes en las aguas residuales, disminuyendo la turbidez presente observándose en el cambio del color. (Aguilar , 2002 pág. 35)
- **Sulfato de aluminio  $[Al_2 (SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ :** puede presentarse en forma sólida o líquida. Usada generalmente para el tratamiento de aguas residuales, también como coagulante en el tratamiento de agua potable y en la industria del papel para el blanqueamiento. El sulfato de aluminio en las aguas residuales precipita arrastrando las partículas en

suspensión, sedimentándolas y aclarando más el agua. Po su bajo costo económico es muy usado. (Aguilar , 2002 pág. 47)

- **Cal (CaO):** usado desde la antigüedad para un sin número de aplicaciones, actualmente se usa para remediaciones ambientales, usándose para el tratamiento de aguas contaminadas. Debido a que estabiliza el pH causado por la presencia de bicarbonatos, purifica el agua eliminando la bacteria E.Coli, buen removedor de metales pesados, controla los olores manteniendo el pH estable favoreciendo a que los sulfuros permanezcan en solución y no se escapen como gas. (Aguilar , 2002 pág. 56)

#### 1.4.4.1. Criterios de diseño



**Figura 3-1.** Dimensiones para el diseño de tanque de mezcla rápida

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

**Tabla 8-1** Criterios de diseño de tanque de mezcla rápida

Criterios de Diseño	
Da/4	0.3 – 0.5
C/Dt	1/3
W/Da	1/5
Dd/Da	2/3
J/Dt	0,08
H/Dt	1
L/Da	1/4

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Dónde:**

C: Altura del rodete sobre el fondo del tanque

Da: Diámetro del agitador

Dt: Diámetro del tanque

Dd: Diámetro del sujetador de las paletas

H: Altura del líquido

J: Ancho de las placas deflectoras

L: Longitud de las palas del rodete

W: Ancho de las paletas

**Tabla 9-1** Número de potencia K para diferentes tipos de impulsores

<b>Impulsor</b>	<b>N° de potencia K</b>
Hélice pinch cuadrada, 3 aletas	0.32
Hélice pinch 2, 3 aletas	1.0
Turbina, 6 aletas planas	6.3
Turbina, 6 aletas curvas	4.8
Turbina, 6 aletas punta de flecha	4.0
Turbina ventilador, 6 aletas	1.65

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

*1.4.4.2. Dimensionamiento del Tanque de Coagulación y Floculación*

- **Calculo de volumen de entrada al tanque**

$$V_1 = V_{inicial} * 35\%$$

**Ecuación 23**

$$V_2 = V_{inicial} - V_1$$

**Ecuación 24**

**Dónde:**

$V_1$ : Volumen total menos el porcentaje de lodos ( $m^3$ )

$V_{inicial}$ : Volumen inicial ( $m^3$ )

$V_2$ : Volumen de entrada al tanque ( $m^3$ )

- **Radio del tanque del cilindro vertical**

$$r = \frac{Dt}{2}$$

**Ecuación 25**

**Dónde:**

$r$ : Radio del tanque

$Dt$ : Diámetro de la cámara de mezcla ( $m$ )

- **Altura del tanque del cilindro vertical**

$$V = \pi * r^2 * h$$

**Ecuación 26**

Despejando  $h$ :

$$h = \frac{V}{\pi * r^2}$$

**Ecuación 27**

**Dónde:**

$h$ : Altura del tanque del cilindro vertical ( $m$ )

$V$ : Volumen ( $m^3$ )

$\pi$ : Pi (*Constante adimensional*)

$r$ : Radio del tanque

- **Altura total del tanque**

$$h_T = h + h_s$$

**Ecuación 28**

**Dónde:**

$h_T$ : Altura total del tanque ( $m$ )

$h$ : Altura del tanque del cilindro vertical ( $m$ )

$h_s$ : Altura de seguridad ( $m$ )

- **Potencia del motor para el agitador**

$$P = G^2 V \mu$$

**Ecuación 29**

**Dónde:**

$P$ : Potencia del motor ( $W$ )

$G$ : Gradiente de velocidad ( $s^{-1}$ )

$V$ : Volumen ( $m^3$ )

$\mu$ : Viscosidad dinámica del fluido ( $kg/ms$ )

- **Velocidad de rotación para el agitador**

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * Da^5}}$$

**Ecuación 30**

**Dónde:**

$N$ : Velocidad de rotación ( $rev/s$ )

$P$ : Potencia del motor ( $(kg\ m^2)/s^3$ )

$K$ : Constante de agitación (*Adimensional*)

$\rho$ : Densidad del líquido ( $kg/m^3$ )

$Da$ : Diámetro del agitador ( $m$ )

### **Dosificación de químicos para la coagulación y floculación**

En la etapa de coagulación y floculación son usadas las siguientes ecuaciones:

- **Dosis de PAC diluido**

$$Dosis_{PAC} = \frac{V_{tanque} * D_{PAC\ Jarras}}{V_{P\ Jarras}}$$

**Ecuación 31**

**Dónde:**

$Dosis_{PAC}$ : Dosis de PAC diluido ( $mL$ )

$V_{tanque}$ : Volumen del tanque de almacenamiento y coagulación ( $L$ )

$D_{PAC\ Jarras}$  : Dosis de PAC óptimo en la prueba de jarras (L)

$V_{P.\ Jarras}$ : Volumen en la prueba de jarras del laboratorio (L)

- **Dosis de Auxiliar de coagulación**

$$Dosis_{Auxiliar} = \frac{V_{tanque} * D_{Auxiliar\ Jarras}}{V_{P.\ Jarras}}$$

**Ecuación 32**

**Dónde:**

$Dosis_{Auxiliar}$ : Dosis de Auxiliar de coagulación (mL)

$V_{tanque}$ : Volumen del tanque de almacenamiento y coagulación (L)

$D_{Auxiliar\ Jarras}$  : Dosis óptima de Auxiliar en la prueba de jarras (L)

$V_{P.\ Jarras}$ : Volumen en la prueba de jarras del laboratorio (L)

#### 1.4.5. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Conformado por un tanque relleno con un medio sólido, que soporta el crecimiento biológico anaerobio, donde las bacterias quedan suspendidas. Forma una biopelícula microbiana incrustada, disminuyendo el riesgo de taponamiento debido al flujo ascendente del líquido. (Crites, y otros, 2000 pág. 246)

##### 1.4.5.1. Criterios de diseño

**Tabla 10-1** Criterios de Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Parámetro	Rango	Unidad
Ancho	0.85 – 5.40	m
Carga orgánica	1 – 30	Kg DQO/m <sup>3</sup> d
Distancia entre orificios de entrada	1 – 2	m
Edad de lodos	0.5 – 5	días
Profundidad media soporte	No menor a 1.2	m
Profundidad útil	No menor a 1.80	m
Salida del efluente	No menor a 30 sobre el lecho	cm
Tiempo de retención	24 – 48	h
Velocidad del flujo	< 10	m/días
Volumen útil mínimo	No menor a 1.25	m <sup>3</sup>

Fuente: (RAS, 2000)

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

#### 1.4.5.2. Dimensionamiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

- **Calculo de volumen de entrada al Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)**

$$V_3 = V_2 * 10\%$$

**Ecuación 33**

**Dónde:**

$V_2$ : Volumen de entrada al tanque de Coagulación y Floculación ( $m^3$ )

$V_3$ : Volumen de entrada al tanque FAFA ( $m^3$ )

- **Calculo del caudal de entrada al Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)**

$$Q = \frac{V_3}{t}$$

**Ecuación 34**

**Dónde:**

$Q$ : Calculo del caudal de entrada al Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) ( $m^3/día$ )

$V_3$ : Volumen de entrada al tanque FAFA ( $m^3$ )

$t$ : tiempo (*Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G*)

$Tr$ : Tiempo de retención hidráulico (*día*)

- **Volumen del filtro**

$$V_f = Q * Tr$$

**Ecuación 35**

**Dónde:**

$V_f$ : Volumen del filtro ( $m^3$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/día$ )

$Tr$ : Tiempo de retención hidráulico (*día*)

- **Área horizontal del filtro**

$$A_f = \frac{V_f}{H_u}$$

**Ecuación 36**

**Dónde:**

$A_f$ : Área horizontal del filtro ( $m^2$ )

$V_f$ : Volumen del filtro ( $m^3$ )

$H_u$ : Profundidad útil del filtro ( $m$ )

- **Longitud del filtro**

$$L = \frac{A_f}{b}$$

**Ecuación 37**

**Dónde:**

$L$ : Longitud del filtro ( $m$ )

$A_f$ : Área horizontal del filtro ( $m^2$ )

$b$ : Ancho del filtro ( $m$ )

- **Altura total de la cámara**

$$H_{Tf} = H_u + 0,30$$

**Ecuación 38**

**Dónde:**

$H_{Tf}$ : Altura total de la cámara ( $m$ )

$H_u$ : Profundidad útil del filtro ( $m$ )

#### **1.4.6. Filtro Lento de Arena y Carbón Activado**

Los filtros de arena son usados para eliminar pequeñas concentraciones de sólidos presentes en el agua. (Islas, 2005 págs. 159-168)

El carbón activado es capaz de fijar por adsorción en su superficie externa e interna moléculas orgánicas. Además es importante en relación con la capacidad de adsorción la distribución de tamaño de los poros y el tipo de activación o regeneración con vapor a temperaturas de 700 - 1100°C. (Islas, 2005 págs. 159-168)

#### 1.4.6.1. Componentes

Consiste en depósitos cilíndricos verticales contenidos, generalmente contienen arena, tubuladuras de entrada y salida, instrumentación, válvulas, etc. Al fondo presenta un espacio vacío para la evacuación del filtrado y alimentación de los fluidos del lavado del lecho. Sobre el lecho existe un espacio libre, mayor que el 30% de la altura del lecho, por donde se alimenta el agua a ser filtrada. (Islas, 2005 págs. 159-168)

#### 1.4.6.2. Criterios de diseño

**Tabla 11-1** Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

Parámetro	Rango	Unidad
<b>Filtro Lento</b>		
Altura de arena	0,5 - 1,0	m
Altura de grava	0,3	m
Altura del drenaje	0,4 - 0,7	m
Coefficiente de uniformidad	1,8 - 2,0	Adimensional
Diámetro efectivo	0,15 - 0,35	mm
Tamaño efectivo del medio	0,15 - 0,35	mm
Tiempo de lavado	5 - 15	min
<b>Diseño de Laterales</b>		
Espaciamiento de los laterales ( $n_L$ )	1,5 - 2,0	Adimensional
Diámetro de los orificios de los laterales	2 - 4	mm
Velocidad en orificio	0,3	m/s
<b>Diseño para Tuberías del Filtro</b>		
Velocidad del Afluente	0,15 - 3	m/s
Velocidad del Efluente	0,4 - 0,9	m/s

**Fuente:** (Romero, 2004) – (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 2005)

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

#### 1.4.6.3. Dimensionamiento del Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

- **Velocidad de filtración**

$$v_F = \frac{Q}{A}$$

**Ecuación 39**

**Dónde:**

$v_F$ : Velocidad de filtración ( $m/s$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/min$ )

$A$ : Área ( $m^2$ )

- **Área superficial real**

$$A_s = \frac{Q}{N * v_F}$$

**Ecuación 40**

**Dónde:**

$A_s$ : Área superficial real ( $m^2$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/min$ )

$v_F$ : Velocidad de filtración ( $m/min$ )

$N$ : Número de Unidades (*Adimensional*)

- **Coefficiente de mínimo costo**

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

**Ecuación 41**

**Dónde:**

$K$ : Coeficiente de mínimo costo (*Adimensional*)

$N$ : Número de Unidades (*Adimensional*)

- **Longitud del filtro**

$$L = (A_s * K)^{1/2}$$

**Ecuación 42**

**Dónde:**

*L*: Longitud del filtro (*m*)

*A<sub>s</sub>*: Área superficial real (*m*<sup>2</sup>)

*K*: Coeficiente de mínimo costo (*Adimensional*)

- **Ancho del filtro**

$$B = \left(\frac{A_s}{K}\right)^{1/2}$$

**Ecuación 43**

**Dónde:**

*B*: Ancho del filtro (*m*)

*A<sub>s</sub>*: Área superficial real (*m*<sup>2</sup>)

*K*: Coeficiente de mínimo costo (*Adimensional*)

- **Velocidad de filtración real**

$$v_{FR} = \frac{Q}{2 * A_s * B}$$

**Ecuación 44**

**Dónde:**

*v<sub>FR</sub>*: Velocidad de filtración real (*m/s*)

*Q*: Caudal (*m*<sup>3</sup>/*min*)

*A<sub>s</sub>*: Área superficial real (*m*<sup>2</sup>)

*B*: Ancho del filtro (*m*)

- **Vertedero de entrada ( Francis 1852)**

$$Q = B(ha)^{2/3}$$

**Ecuación 45**

Despejando  $ha$ , obtenemos:

$$ha = \left( \frac{Q}{1,84 * B} \right)^{2/3}$$

**Ecuación 46**

**Dónde:**

$ha$ : Vertedero de entrada ( Francis 1852) ( $m$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/min$ )

$B$ : Ancho del filtro ( $m$ )

- **Altura del filtro**

$$Z_F = F_S (C_A + L_A + C_S + F_C)$$

**Ecuación 47**

**Dónde:**

$Z_F$ : Altura del filtro ( $m$ )

$F_S$ : Factor de seguridad ( $m$ )

$C_A$ : Altura de la capa de agua ( $m$ )

$L_A$ : Altura del lecho filtrante ( $m$ )

$C_S$ : Altura de la capa de soporte ( $m$ )

$F_C$ : Altura de drenaje ( $m$ )

**Sistema de drenaje**

Provee una correcta distribución del agua para el lavado del equipo, igualmente recolecta el agua tratada y filtrada.

- **Área de orificios laterales**

$$A_O = \frac{\pi * D_O^2}{4}$$

**Ecuación 48**

**Dónde:**

$A_O$ : Área de orificios laterales ( $m^2$ )

$D_O$ : Diámetro del orificio ( $m$ )

$\pi$ : Pi (*Constante adimensional*)

- Caudal que ingresa a cada orificio

$$Q_o = A_o * v_o$$

**Ecuación 49**

**Dónde:**

$Q_o$ : Caudal que ingresa a cada orificio ( $m^3/s$ )

$A_o$ : Área de orificios laterales ( $m^2$ )

$v_o$ : Velocidad en orificio ( $m/s$ )

- Numero de laterales

$$N_L = n_L * \frac{L_L}{e_L}$$

**Ecuación 50**

**Dónde:**

$N_L$ : Numero de laterales (*Adimensional*)

$n_L$ : Espaciamiento de los laterales (*Adimensional*)

$L_L$ : Longitud para laterales ( $m$ )

$e_L$ : Separación entre laterales ( $m$ )

- Diámetro de la tubería de entrada del filtro

$$D_{TE} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_e}}$$

**Ecuación 51**

**Dónde:**

$D_{TE}$ : Diámetro de la tubería de entrada del filtro ( $m$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/s$ )

$\pi$ : Pi (*Constante adimensional*)

$v_e$ : Velocidad de entrada ( $m/s$ )

- **Diámetro de la tubería de salida del filtro**

$$D_{TS} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_s}}$$

**Ecuación 52**

**Dónde:**

$D_{TS}$ : Diámetro de la tubería de salida del filtro ( $m$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/s$ )

$\pi$ : Pi (*Constante adimensional*)

$v_s$ : Velocidad de salida ( $m/s$ )

### **Sistema de lavado del filtro**

El lavado de los filtro permitirá devolver las propiedades depuradoras, generalmente el lavado de los filtro se realiza en contracorriente propagando el carbón activado y los granos de arena para establecer una suspensión.

- **Velocidad optima de lavado del filtro**

$$v_L = C_U * T_E$$

**Ecuación 53**

**Dónde:**

$v_L$ : Velocidad optima de lavado del filtro ( $m/s$ )

$C_U$ : Coeficiente de uniformidad (*Adimensional*)

$T_E$ : Tamaño efectivo de la arena ( $mm$ )

- **Cantidad de agua para lavado del filtro**

$$V_L = v_L * A_s * t_L$$

**Ecuación 54**

**Dónde:**

$V_L$ : Cantidad de agua para lavado del filtro ( $m^3$ )

$v_L$ : Velocidad optima de lavado del filtro ( $m/s$ )

$A_s$ : Área superficial real ( $m^2$ )

$t_L$ : Tiempo óptimo de lavado (s)

#### **1.4.7. Tanque de Cloración**

Las aguas residuales no tratadas causan un impacto en el ambiente, salud y seguridad. Por lo cual la desinfección es un mecanismo usado para desactivar o destruir a los organismos patógenos presentes en las aguas. (EPA, 1999 pág. 1)

El uso del cloro es frecuentemente por su poder para desactivar a los microorganismos mediante la oxidación del material celular. (EPA, 1999 pág. 1)

*Algunos factores que influyen en la cloración son:*

- Naturales, concentración y distribución de los microorganismos patógenos y los productos resultantes de la reacción con el agua.
- Tipo y concentración del desinfectante a emplearse.
- Naturaleza y temperatura del agua a ser tratada.
- Tiempo de contacto entre el cloro y el agua para su reacción.
- El pH que presenta el agua a ser tratada.

##### *1.4.7.1. Criterios de diseño*

Al añadirse el cloro gas o hipoclorito al agua, se da la hidrólisis e ionización para dar lugar al ácido hipocloroso (HOCL) e iones de hipoclorito (OCI), conocidos como cloro libre disponible. El OCI reacciona velozmente con el amoníaco en efluentes no nitrificados para formar compuestos combinados de cloro, originalmente la monoclorimina. (EPA, 1999 págs. 2,3)

##### *1.4.7.2. Dimensionamiento del Tanque de Cloración*

- **Volumen del tanque**

$$V = Q * t$$

**Ecuación 55**

**Dónde:**

V: Volumen del tanque ( $m^3$ )

**Q:** Caudal ( $m^3/s$ )

**t:** Tiempo de reacción ( $s$ )

- **Altura del tanque**

$$A_T = \frac{V}{L * B}$$

**Ecuación 56**

**Dónde:**

**A<sub>T</sub>:** Altura del tanque ( $m$ )

**V:** Volumen del tanque ( $m^3$ )

**L:** Longitud del tanque ( $m$ )

**B:** Ancho del Tanque ( $m$ )

#### **1.4.8. Dosificación del desinfectante**

El desinfectante a usarse es el hipoclorito de calcio, también denominado HTH.

- **Dosis de hipoclorito de calcio**

$$Dosis_{HTH} = 0,012 * Q * C$$

**Ecuación 57**

**Dónde:**

**Dosis<sub>HTH</sub>:** Dosis de hipoclorito de calcio ( $lb/día$ )

**0,012:** Constante (*Adimensional*)

**Q:** Caudal ( $gal/min$ )( $gpm$ )

**C:** Concentración de hipoclorito de calcio ( $mg/L$ )

- **Volumen de agua necesario para diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre**

$$V_{SolnMadre} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

**Ecuación 58**

**Dónde:**

$V_{StnMadre}$ : Volumen de agua necesario diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre ( $L$ )

$m_{HTH}$ : Masa del hipoclorito de calcio ( $g$ )

$\rho_{HTH}$ : Densidad del hipoclorito de calcio ( $g/L$ )

- **Volumen de la solución madre**

$$V_1 = \frac{V_{StnMadre} * 65\%}{8.5\%}$$

**Ecuación 59**

**Dónde:**

$V_1$ : Volumen de la solución madre ( $L$ )

$V_{StnMadre}$ : Volumen de agua necesario diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre ( $L$ )

- **Volumen de agua requerido para diluir la solución madre**

$$V_2 = \frac{C_1 * V_1}{C_2}$$

**Ecuación 60**

**Dónde:**

$V_2$ : Volumen de agua requerido para diluir la solución madre ( $L$ )

$V_1$ : Volumen de la solución madre ( $L$ )

$C_1$ : Concentración de dosificación de hipoclorito de calcio ( $mg/L$ )

$C_2$ : Concentración del hipoclorito de calcio ( $mg/L$ )

- **Volumen total de la solución**

$$V_T = V_1 + V_2$$

**Ecuación 61**

**Dónde:**

$V_T$ : Volumen total de la solución ( $L$ )

$V_1$ : Volumen de la solución madre ( $L$ )

$V_2$ : Volumen de agua requerido para diluir la solución madre ( $L$ )

- Goteo de la solución para la desinfección en el tanque

$$Goteo = \frac{V_T}{t}$$

Ecuación 62

**Dónde:**

**Goteo:** Goteo de la solución para la desinfección en el tanque (*mL/min*)

**$V_T$ :** Volumen total de la solución (*L*)

**$T$ :** Tiempo (*día*)

#### 1.4.9. Rendimiento de las pruebas de tratabilidad

El rendimiento en las pruebas de tratabilidad, permite establecer la eficiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales. Aplicando las siguientes ecuaciones:

$$S_o \rightarrow 100\% \\ x = R_e \rightarrow \text{Remoción teórica } \%$$

Ecuación 63

$$Re = \frac{S_o * \text{Remoción teórica}}{100\%}$$

Ecuación 64

**Dónde:**

**$R_e$ :** Remoción en cada etapa de tratamiento (*mg/L*)

**$S_o$ :** Concentración del agua residual (inicial de cada etapa de tratamiento) (*mg/L*)

$$S_e = S_o - R_e$$

Ecuación 65

**Dónde:**

**$S_e$ :** Concentración en el efluente para cada etapa de tratamiento (*mg/L*)

**$S_o$ :** Concentración del agua residual (inicial de cada etapa de tratamiento) (*mg/L*)

**$R_e$ :** Remoción en cada etapa de tratamiento (*mg/L*)

$$ET = \frac{S_o - S_e}{S_o} * 100$$

Ecuación 66

**Dónde:**

**ET:** Rendimiento en la planta %

**S<sub>e</sub>:** Concentración en el efluente para cada etapa de tratamiento (mg/L)

**S<sub>o</sub>:** Concentración del agua residual (inicial de cada etapa de tratamiento) (mg/L)

## 1.5. Estudio de impacto ambiental

### 1.5.1. Valoración e Identificación de Impactos Ambientales - Matriz de Leopold

El modelo de Leopold, consiste en una matriz interactiva causa- efecto, permite identificar y valorara el impacto ambiental a través de resultados cuali-cuantitativos. La matriz está conformada por columnas que indican las acciones humanas que pueden alterar el sistema, y por filas en donde están los parámetros ambientales que pueden ser afectados por la ejecución del proyecto. (Conesa, 2010 págs. 300-305)

La importancia de esta matriz reside en que: Fuerza a considerar los posibles impactos de acciones proyectadas sobre diferentes factores ambientales. Sirve como resumen de la información contenida en el informe de impacto ambiental. (Borderías, y otros, 2014 pág. 231)

## 1.6. Marco legal

El desarrollo del presente trabajo de titulación, está basado en el siguiente marco legal.

- Constitución de la República Del Ecuador, Título II, Derechos, Artículos. 14, 15, Capitulo Séptimo, Derecho de la Naturaleza. 71, 72. Título VII, Régimen Del Buen Vivir, Artículos. 396 y 411
- Ley de Gestión Ambiental, Artículo 33
- Ley de Aguas, Titulo II .Capítulo I, De La Conservación, Artículo. 21. Título II, Capitulo II, De La Contaminación, Artículo. 22.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente (TULSMA). Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI, Anexo I. Establece los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones.

El detalle y contenido del marco legal se encuentra en el **Anexo 2**.

## CAPÍTULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.1. Localización

El presente proyecto de investigación se realizó en la Dirección Técnica y Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda (EP.EMAPA-G), ubicada en la Provincia Bolívar, Cantón Guaranda, Parroquia Guanujo, Sector Chaquishca.

#### 2.2. Metodología

##### 2.2.1. Materiales, equipos y reactivos

**Tabla 12-2** Materiales, Equipos y Reactivos para Caracterización del Agua Residual

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Botellones plásticos	Balanza analítica	Alkaline cyanide
Buchner y Kitasato	Baño María	Aluver
Cámara fotográfica	Bomba de succión	Ampollas endo
Capsula de petri	Conductímetro	Ampollas m-colibblue
Cronometro	Destilador	Ascorbic acid
Embudo de vidrio	Espectrofotómetro	BariVer 4 Barium
Escobilla de cerdas	Estufa	Bleaching 3
Esferográfico	Fotómetro	Buffer pH 4.0
Estacas	GPS	Buffer pH 7.0
Fiola	Incubadora	Chromater 3
Frascos cuenta gotas con tetina	pH - metro	Cromo 1
Gradilla	Reverbero	Cromo 2
Guantes	Turbidometro	Cuver 1
Lente de aumento		Cyanurate ammonium

Libreta		DPD cloro total
Luna de reloj		EDTA (Sobres)
Mandil		EDTA 0.020 N
Mascarillas		Ferover
Matraz Erlenmeyer		Filtros de membrana
Papel filtro		Formazin <0.1 FNU
Parafilm		Formazin 100 FNU
Pat absorbente		Formazin 1000 FNU
Pera de succión		Formazin 200 FNU
Pinza		Formazin 800 FNU
Pipeta		Formazin20 FNU
Pipeta volumétrica		Formazin4000 FNU
Pizeta		MolyVer 1
Probeta milimetrada		MolyVer 2
Soporte universal		MolyVer 3
Tubos de ensayo		Nitraver 5
Varilla		Nitriver
Vasos de precipitación		Pads absorbente
		Pan indicador sln 0.1 %
		Pan indicador sln 0.3 %
		Phosver
		Phthalate-fosfato
		Reactivo acido cromo
		Reagent acid cromo
		Reagent Spands
		Salicylate ammonium
		Solución férrica
		Sulfater 4
		THM Plus reagent 1
		THM Plus reagent 2

		THM Plus reagent 3
		THM Plus reagent 4
		Tiocianato mercurico

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 13-2** Materiales, Equipos y Reactivos para Pruebas de Coagulación, Floculación y Sedimentación

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Balones de aforación	Balanza analítica	Agua destilada
Escobilla de cerdas	Cronometro	Alcohol antiséptico 70°
Espátulas	Test de jarras	Auxiliar de la coagulación (Chemfloc N-100)
Guantes	Destilador de agua	Poli cloruro de aluminio (PAC-08)
Jeringuillas		Sulfato de Aluminio
Mandil		
Mascarillas		
Paños para limpieza		
Pizeta		
Vasos de precipitación		

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

### 2.2.2. Características técnicas del equipo

Para la recopilación de la información técnica del equipo se efectuó lo siguiente:

- Se realizó la recopilación de la información técnica del equipo.
- Se procesó la información recopilada.

### 2.2.3. Método de Muestreo

#### 2.2.3.1. Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual

Para realizar la caracterización se tomaron 7 muestras en un periodo de 6 meses, para lo cual se consideró los puntos donde el hidrosuccionador operaba, de tal manera que en ocasiones las

muestras recolectadas correspondían a varios lugares geográficos del cantón Guaranda. Se consideró la última muestra, para realizar análisis específicos de floculación, coagulación y sedimentación, debido a que presentaba mayor alteración en las propiedades organolépticas, estéticas, físicas, químicas y microbiológicas

### 2.2.3.2. Parámetros analizados

Para la medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, se realizó tomando en consideración los siguientes métodos.

**Tabla 14-2** Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Física del agua

Parámetro	Unidad	Método
Color	UTC	Colorimétrico. REF1001/S502.
Conductividad	$\mu\text{S/cm}$	Conductimétrico. REF1001/S501.
pH	-----	Potenciométrico. REF1001/S503.
Sólidos totales disueltos	mg/L	Conductimétrico. REF1001/S504.
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	Conductimétrico/ Potenciométrico. REF1001/S501.
Turbiedad	NTU	Nefelométrico. REF1001/S505.

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 15-2** Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Química del agua

Parámetro	Unidad	Método
Nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ )	mg/L	Espectrofotométrico (Reducción cadmio). REF1001/S514.
Nitritos ( $\text{N-NO}_2^-$ )	mg/L	Espectrofotométrico (Diazotación). REF1001/S515.
Fosfatos ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ )	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido ascórbico). REF1001/S511.
Nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )	mg/L	Espectrofotométrico (Nesslerización). REF1001/S516.
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	mg/L	Espectrofotométrico (Sulfaver 4). REF1001/S517.

Fluoruros (F)	mg/L	Espectrofotométrico (Spands). REF1001/S510.
Hierro total (Fe)	mg/L	Espectrofotométrico (Ferrover). REF1001/S512.
Manganeso (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (PAN). REF1001/S513.
Cromo Hexavalente (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (1,5 Dinitilcarbohidacida). REF1001/S508.
Cobre (Cu)	mg/L	Espectrofotométrico (Bicinchoninato) REF1001/S507.
Aluminio (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Aluminón). REF1001/S518.
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Tiocianato mercurico). REF1001/S522.
Níquel (Ni)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo – 2 naftol (PAN)). REF1001/S526.
Cobalto (Co)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo – 2 naftol (PAN)). REF1001/S523.
Plomo (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	Fotométrico (4- piridil-2-azo-resorcina). REF1001/S529.
Zinc (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	Fotométrico (Zinc). REF1001/S531.
Plata (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	Fotométrico. REF1001/S528.
Cianuro (CN <sup>-</sup> )	mg/L	Fotométrico. REF1001/S521
Bario (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S519.
Bromo (Br)	mg/L	Espectrofotométrico (DPD). REF1001/S520.
Molibdeno (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido mercaptoacético). REF1001/S525.
Cromo total (Cr)	mg/L	Espectrofotométrico (Oxidación alcalina). REF1001/S524.
Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> )	mg/L	Fotométrico (O <sub>2</sub> REF931288)
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	Fotométrico (DOO REF985830)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	Fotométrico (DBO <sub>5</sub> REF985822)

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 16-2** Parámetro, Unidad y Método para Caracterización Microbiológica del agua

Parámetro	Unidad	Método
Coliformes fecales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S602. Standard Methods No.36013
Coliformes totales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S601. Standard Methods No.36002

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

### ***2.1.1. Determinación del volumen de agua residual recolectada por el hidrosuccionador***

Para determinar el volumen de agua residual recolectada por el hidrosuccionador, se realizó el aforo del volumen en el periodo comprendido entre marzo – agosto del 2015, para lo cual:

- Se determinó el volumen de agua residual contenida en el tanque de hidrosucción.
- Se registraron los valores de volumen, obtenidos durante el periodo de aforo.
- Se registraron los valores históricos comprendidos entre octubre del 2014 a marzo del 2015.

### ***2.1.2. Medición de caudal***

En la medición del caudal para el agua residual se realizó, lo siguiente:

- Se registraron los valores de caudal para cada mes de aforo del volumen, en el periodo marzo – agosto del 2015, más los datos históricos.
- A partir del volumen semanal máximo registrado, por recomendación de la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G se consideró calcular el caudal semanalmente, considerando 5 días como tiempo para el cálculo de diseño del sistema de tratamiento.

### ***2.1.3. Pruebas de tratabilidad para el agua residual***

Para la realización de las pruebas de tratabilidad del agua residual se consideró los siguientes puntos:

- Realizar pruebas de coagulación, floculación y sedimentación. Llegando a conocer la dosis óptima, pH óptimo, concentración óptima, tiempo de floculación óptimo y tiempo de sedimentación óptimo.

#### **2.1.4. Procesos adecuados para el tratamiento del agua residual**

Para realizar el dimensionamiento de una planta de tratamiento de los residuos recolectados por el hidrosuccionador se utilizaron los siguientes criterios de diseño:

##### **a) Caudal**

Se consideró el volumen semanal más alto por recomendación de la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G, se incrementó el 35% como valor para la proyección a futuro.

##### **b) Diseño de Rejillas**

Se consideró los criterios de diseño propuestos por las Normas RAS, Metcalf & Eddy, y los requerimientos propuestos por parte de la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G.

##### **c) Diseño del Sedimentador Convencional**

Se consideró los criterios de diseño propuestos por la OPS/CEPI/05.158 UNATSABAR, Romero Jairo, y los requerimientos propuestos por parte de la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G.

##### **d) Diseño del Tanque de Almacenamiento y Coagulación**

Se consideró los criterios de diseño propuestos por el Programa regional HPE/OPS/CEPIS, y los requerimientos propuestos por parte de la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G.

##### **e) Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)**

Se consideró los criterios de diseño propuestos por las Normas RAS, Norma Brasileña ABNT, y los requerimientos propuestos por parte de la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G.

##### **f) Diseño del Filtro Lento de Arena y Carbón Activado**

Se consideró los criterios de diseño propuestos por la OPS/CEPI/06.174 UNATSABAR, Romero Jairo, y los requerimientos propuestos por parte de la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G.

### **g) Diseño del Tanque de Cloración**

Se consideró criterios de diseño propuestos por la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G, tanto para el diseño del tanque así como también; para la dosificación adecuada de cloro.

Las eras de secado no fueron consideradas para este diseño, con sus respectivos cálculos por recomendación de la EP-EMAPA-G; debido a futuros estudios externos a realizarse, en los que se consideraran su diseño, cálculos y disposición final.

#### **2.1.5. Elaboración de planos**

Para la elaboración de los planos del sistema de tratamiento de los residuos recolectados por el hidrosuccionador se consideraron los resultados técnicos obtenidos, y mediante el uso del Software AutoCAD 2013, se procedió a elaborar los planos correspondientes.

#### **2.1.6. Valoración e identificación de impactos ambientales**

La valoración e identificación de impactos ambientales fueron evaluadas mediante el uso de la Matriz de Leopold, considerando todos los factores que afectaran la implementación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

- a) Identificar y seleccionar los factores ambientales que se puedan afectar por la implementación de la PTAR. Se consideran 100 acciones y 88 factores ambientales; las acciones se ubican en el eje de las “X” y los factores en el eje de las “Y”.
- b) Identificar el efecto que producen las acciones en los factores ambientales, indicando con un signo (-) que la afectación es negativa y con un signo (+) que es positiva.
- c) Valorar la magnitud e importancia, de la relación causa – efecto, de acciones sobre factores ambientales, tomando los valores de la **Tabla 17-2.** en la matriz cada celda de interacción está dividida con una diagonal, en la parte superior; se ubica la magnitud y en la inferior la importancia.

**Tabla 17-2** Valoración Magnitud e Importancia de la Matriz Causa - Efecto de Leopold

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Calificación	Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia
1	Baja	Baja	1	Temporal	Puntual
2	Baja	Media	2	Media	Puntual
3	Baja	Alta	3	Permanente	Puntual
4	Media	Baja	4	Temporal	Local
5	Media	Media	5	Media	Local
6	Media	Alta	6	Permanente	Local
7	Alta	Baja	7	Temporal	Regional
8	Alta	Media	8	Media	Regional
9	Alta	Alta	9	Permanente	Regional
10	Muy Alta	Alta	10	Permanente	Nacional

Fuente: (Conesa, 2010)

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

- d) Indicar el número afectaciones positivas y negativas, existentes en la matriz.
- e) Calcular las agregaciones de impactos.
- f) Al establecerse la matriz, multiplicar el valor de la magnitud por el de la importancia, en cada interacción, realizar la sumatoria final para obtener el valor de la agregación de impactos, y evaluar considerando la **Tabla 18-2**.

**Tabla 18-2** Evaluación de Impactos según la Metodología de Leopold

RANGO	IMPACTO	
-70.1 a -100	Negativo	Muy Alto
-50.1 a -70	Negativo	Alto
-25.1 a -50	Negativo	Medio
-1 a -25	Negativo	Bajo
1 a 25	Positivo	Bajo
25.1 a 50	Positivo	Medio
50.1 a 80	Positivo	Alto
80.1 a 100 o >	Positivo	Muy Alto

Fuente: (Conesa, 2010)

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

g) Calcular el nivel de significancia, usando la siguiente ecuación:

$$Ca = \frac{\sqrt{\text{Agregacion}_{\text{Impactos}}}}{\sqrt{\text{Numero}_{\text{Interacciones}}}}$$

**Ecuación 67**

**Dónde:**

**Ca:** Calificación Ambiental; determinándose su grado de significancia considerando la **Tabla 19-2**.

**Tabla 19-2** Rangos para la Calificación Ambiental

RANGO	SIGNIFICADO
0 a 2.5	Bajo
2.6 a 5.5	Moderado
5.6 a 7.5	Severo
7.6 a 10	Crítico

**Fuente:** (Conesa, 2010)

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

h) Se concluyó el grado de significancia e impactos, que se ocasionaran con la implementación de la PTAR.

## 2.2. Dimensionamiento

### 2.2.1. Caudal de diseño

**Datos:**

**Q:** Caudal = 10 L/min

**35%:** Incremento futuro (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 6.

$$Q_{\text{Diseño}} = Q * 35\%$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 10 \text{ L/s} * 35\%$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 3,5 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{Diseño}} = 2,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

### 2.2.2. Rejillas

- **Área libre del paso de agua**

#### Datos:

$Q_{Diseño}$ : Caudal de diseño =  $2,3 \times 10^{-4} m^3/s$

$v$ : Velocidad =  $1,15 m/s$  (Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G en base a ensayos de laboratorio)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 7.

$$A_L = \frac{Q_{Diseño}}{v}$$

$$A_L = \frac{2,3 \times 10^{-4} m^3/s}{1,15 m/s}$$

$$A_L = 2 \times 10^{-4} m^2$$

- **Altura del tirante en el canal**

#### Datos:

$A_L$ : Área libre del paso de agua =  $2 \times 10^{-4} m^2$

$B$ : Ancho del canal =  $0,5 m$  (Valor asumido por la dirección técnica de la EP.EMAPA-G considerando el diámetro de la tubería de  $110 mm$  de la salida del desfogue del hidrosuccionador)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 8.

$$h_{a'} = \frac{A_L}{B}$$

$$h_{a'} = \frac{2 \times 10^{-4} m^2}{0,5 m}$$

$$h_{a'} = 4 \times 10^{-4} m$$

- **Altura del tirante de construcción**

**Datos:**

$h_a$ : Altura del tirante en el canal =  $4 \times 10^{-4} m$

$h_{T1}$ : Altura de la caja de revisión = 0,70m (Valor considerado referente a la altura de la cada revisión)

$h_s$ : Altura de seguridad = 0,15m

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 9.

$$h_a = h_{a'} + h_{T1} + h_s$$

$$h_a = 4 \times 10^{-4} m + 0,70m + 0,15m$$

$$h_a = 0,85 m$$

- **Longitud de las barras**

**Datos:**

$h_a$ : Altura del tirante de construcción = 0,85 m

$\alpha$ : Angulo de inclinación de las barras =  $45^\circ$  (Valor considerado de la Tabla 5-1.)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 10.

$$L_b = \frac{h_a}{\text{Sen } \alpha}$$

$$L_b = \frac{0,85 m}{\text{Sen } 45}$$

$$L_b = 1,308 m \cong 1,31m$$

- **Número de barras**

**Datos:**

$B$ : Ancho del canal = 0,5m (Valor asumido por la dirección técnica de la EP.EMAPA-G considerando el diámetro de la tubería de 110mm de la salida del desfogue del hidrosuccionador)

$e$ : Separación entre las barras = 0,02 m (Valor considerado de la Tabla 5-1)

$S$ : Espesor de las barras =  $1,27 \times 10^{-2} m$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 11.

$$N_b = \frac{B}{e + S}$$

$$N_b = \frac{0,5m}{0,02 m + 1,27 \times 10^{-2} m}$$

$$N_b = 15,29 \cong \mathbf{15 \text{ barras}}$$

- **Perdida de carga**

**Datos:**

$\beta$ : Factor dependiente de la forma de barras = 1,79 (Valor considerado de la Tabla 6-1)

S: Espesor de las barras =  $1,27 \times 10^{-2} m$

e: Separación entre las barras = 0,02 m (Valor considerado de la Tabla 5-1)

v: Velocidad = 1,15 m/s

g: Gravedad =  $9,8 m/s^2$

$\alpha$ : Angulo de inclinación de las barras =  $45^\circ$  (Valor considerado de la Tabla 5-1.)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 12.

$$h = \beta \left( \frac{S}{e} \right)^{4/3} \left( \frac{v^2}{2g} \right) \text{Sen } \alpha$$

$$h = 1,79 \left( \frac{1,27 \times 10^{-2} m}{0,02 m} \right)^{4/3} \left( \frac{1,15^2}{2 * 9,8 m/s^2} \right) \text{Sen } 45$$

$$h = 0,0428 \cong \mathbf{0,043}$$

### 2.2.3. Sedimentador Convencional

- **Área de sedimentación**

**Datos:**

Cs: Carga superficial =  $2 m^3/m^2 d$  (valor asumido Tabla 7-1)

Q: Caudal =  $19,87 m^3/d$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 13.

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

$$As = \frac{19,87m^3/d}{2m^3/m^2d}$$

$$As = 9,936 m^2 \cong 10m^2$$

- **Velocidad promedio de flujo**

**Datos:**

**Q:** Caudal =  $2,3 \times 10^{-4} m^3/s$

**As:** Área de sedimentación =  $10m^2$

**θ:**  $60^\circ$  (valor Tabla 7-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 14.

$$vo = \frac{Q}{As * Sen\theta}$$

$$vo = \frac{2,3 \times 10^{-4} m^3/s}{10m^2 * Sen 60}$$

$$vo = 2,656 \times 10^{-5} \cong 2,66 \times 10^{-5} m/s$$

- **Longitud del sedimentador**

**Datos:**

**B:** Ancho =  $4m$  (valor asumido)

Relación L/B = 4 (valor asumido Tabla 7-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 15.

$$\frac{L}{B} = (3 - 6)$$

$$\frac{L}{3m} = 4$$

$$L = 4 * 3m$$

$$L = 12m$$

- **Longitud relativa del sedimentador**

**Datos:**

**L:** Longitud del sedimentador = 12m

**B:** Ancho = 4m (*valor asumido*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 16.

$$Lr = \frac{L}{B}$$

$$Lr = \frac{12m}{3m}$$

$$Lr = 4m$$

- **Numero de Reynolds**

**Datos:**

**vo:** Velocidad promedio del flujo = 2,66x10<sup>-5</sup>m/s

**B:** Ancho = 3m

**ϑ:** Viscosidad cinemática = 9,21x10<sup>-7</sup>m<sup>2</sup>/s (*Valor requerido por la EP.EMAPA-G*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 17.

$$Re = \frac{vo * B}{\vartheta}$$

$$Re = \frac{2,66 \times 10^{-5} m/s * 3m}{9,21 \times 10^{-7} m^2/s}$$

$$Re = 86,645 \cong 86,65$$

- **Longitud de transición**

**Datos:**

**Re:** Numero de Reynolds = 86,45 (adimensional)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 18.

$$L' = 0,013 * Re$$

$$L' = 0,013 * 86,65$$

$$L' = 1,126 \cong 1,13$$

- **Longitud relativa del sedimentador corregida en la longitud de transición**

**Datos:**

**L'**: Longitud de transición = 1,13m

**Lr**: Longitud relativa del sedimentador = 4m

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 19.

$$Lcr = Lr - L'$$

$$Lcr = 4m - 1,13m$$

$$Lcr = 2,87m$$

- **Velocidad de sedimentación critica**

**Datos:**

**Sc**: Parámetro característico = 1,5(valor asumido Tabla 7-1)

**vo**: Velocidad promedio del flujo = 2,66x10<sup>-5</sup>m/s

**Lcr**: Longitud relativa del sedimentador corregida en la longitud de transición = 2,87m

**θ**: 60°

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 20.

$$vsc = \frac{Sc * vo}{Sen \theta + (Lcr * Cos \theta)}$$

$$vsc = \frac{1,5 * 2,66x10^{-5} m/s}{Sen 60 + (2,87m * Cos 60)}$$

$$vsc = 1,73x10^{-5} m/s$$

- **Tiempo de retención**

**Datos:**

*v*<sub>o</sub>: Velocidad promedio del flujo = 2,66x10<sup>-5</sup>m/s

*l*': Longitud = 0,02m (valor asumido en base a ensayos realizados en el laboratorio EP. EMAPA-G)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 21.

$$tr = \frac{l'}{v_o}$$

$$tr = \frac{0,02m}{2,66 \times 10^{-5} m/s}$$

$$tr = 751,879s \cong 751,88s$$

$$tr = 12,53 \text{ min}$$

- **Volumen del sedimentador**

**Datos:**

*L*: Longitud recorrida = 12m

*B*: Ancho = 3m

*H*: Profundidad = 2m (valor asumido Tabla 7-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 22.

$$Vd = L * B * H$$

$$Vd = 12m * 3m * 2m$$

$$Vd = 72m^3$$

#### 2.2.4. Tanque de almacenamiento y coagulación

- **Calculo de volumen de entrada al tanque**

Se consideró una pérdida de volumen del 35% del volumen inicial de  $72\text{ m}^3$ , por la decantación de lodos hidratados.

**Datos:**

$V_{inicial}$ : Volumen inicial =  $72\text{m}^3$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 23.

$$V_1 = V_{inicial} * 35\%$$

$$V_1 = 72\text{m}^3 * 35\%$$

$$V_1 = 25,2\text{m}^3$$

**Datos:**

$V_1$ : Volumen total menos el porcentaje de lodos =  $25,2\text{m}^3$

$V_{inicial}$ : Volumen inicial =  $72\text{m}^3$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 24.

$$V_2 = V_{inicial} - V_1$$

$$V_2 = 72\text{m}^3 - 25,2\text{m}^3$$

$$V_2 = 46,8\text{m}^3$$

Se consideró la instalación de una tubería de 75mm desde la salida del sedimentador hasta el tanque de coagulación y floculación, lo que provoca que exista una variación del caudal mediante la manipulación de la válvula de control.

- **Radio del tanque del cilindro vertical**

**Datos:**

**Dt:** Diámetro de la cámara de mezcla =  $6m$  (*Valor sugerido por la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-g*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 25.

$$r = \frac{Dt}{2}$$

$$r = \frac{6m}{2}$$

$$r = 3m$$

- **Altura del tanque del cilindro vertical**

**Datos:**

**V:** Volumen =  $46,8m^3$

**$\pi$ :**  $\pi = 3,1416$  (*Constante adimensional*)

**r:** Radio del tanque =  $3m$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 27.

$$h = \frac{V}{\pi * r^2}$$

$$h = \frac{46,8m^3}{\pi * (3m)^2}$$

$$h = 1.65m$$

- **Calculo para el agitador de 6 paletas a partir de los criterios de diseño de tanque de mezcla rápida**

Para realizar los siguientes cálculos se ha tomado en cuenta la Tabla 8-1

### **Diámetro del agitador**

#### **Datos:**

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{Da}{4} = 0,5$$

Despejando *Da*:

$$Da = 0,5 * 4$$

$$Da = 2m$$

### **Altura del rodete sobre el fondo del tanque**

#### **Datos:**

*Dt*: Diámetro de la cámara de mezcla = 6m

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$$

Despejando *C*:

$$C = \frac{1}{3}Dt$$

$$C = \frac{1}{3} * 6m$$

$$C = 2m$$

### **Ancho de las paletas**

#### **Datos:**

**Da:** Diámetro del agitador =  $2m$

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

Despejando **W**:

$$W = \frac{1}{5} Da$$

$$W = \frac{1}{5} * 2m$$

$$W = 0,4 m$$

### **Diámetro del sujetador de las paletas**

#### **Datos:**

**Da:** Diámetro del agitador =  $2m$

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{Dd}{Da} = \frac{2}{3}$$

Despejando **Dd**:

$$Dd = \frac{2}{3} Da$$

$$Dd = \frac{2}{3} * 2m$$

$$Dd = 1,3 m$$

### **Ancho de las placas deflectoras**

#### **Datos:**

***Dt***: Diámetro de la cámara de mezcla =  $6m$

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

Despejando ***J***:

$$J = \frac{1}{12}Dt$$

$$J = \frac{1}{12} * 6m$$

$$J = 0,5m$$

### **Longitud de las palas del rodete**

#### **Datos:**

***Da***: Diámetro del agitador =  $2m$

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

Despejando ***L***:

$$L = \frac{1}{4}Da$$

$$L = \frac{1}{4} * 2m$$

$$L = 0,5 m$$

## Altura del liquido

### Datos:

$Dt$ : Diámetro de la cámara de mezcla =  $6m$

Para el cálculo se tiene la siguiente relación:

$$\frac{H}{Dt} = 1$$

Despejando  $H$ :

$$H = 1 * Dt$$

$$H = 1 * 6m$$

$$H = 6 m$$

- **Altura total del tanque**

### Datos:

$h$ : Altura del tanque del cilindro vertical =  $1,65m$

$h_s$ : Altura de seguridad =  $1,15m$  (Valor asumido)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 28.

$$h_T = h + h_s$$

$$h_T = 1,65m + 1,15m$$

$$h_T = 2,8 m$$

- **Potencia del motor para el agitador**

### Datos:

$G$ : Gradiente de velocidad =  $80s^{-1}$  (Valor asumido)

$V$ : Volumen =  $46,8m^3$

$\mu$ : Viscosidad dinámica del fluido =  $1,102 \times 10^{-3} \text{ kg/ms}$  (Tabla 2-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 29.

$$P = G^2 V \mu$$

$$P = (80s - 1)^2 * 46,8m^3 * 1,102 \times 10^{-3} \text{ kg/ms}$$

$$P = 330,07 \text{ W}$$

Se considera una eficiencia del 90%, obteniéndose:

$$P = \frac{330,07W}{0,90}$$

$$P = 366,74 \text{ W}$$

- **Velocidad de rotación para el agitador**

**Datos:**

**P:** Potencia del motor =  $366,74 \text{ kg m}^2 / \text{s}^3$

**K:** Constante de agitación = 6,3 (Tabla 9-1, para una turbina de 6 aletas planas)

**$\rho$ :** Densidad del líquido =  $998,2 \text{ kg/m}^3$  (Tabla 2-1)

**Da:** Diámetro del agitador =  $2m$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 30.

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K * \rho * Da^5}}$$

$$N = \sqrt[3]{\frac{366,74 \text{ kg m}^2 / \text{s}^3}{6,3 * 998,2 \text{ kg} / \text{m}^3 * (2m)^5}}$$

$$N = 0,12 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$N = 7,3 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

#### 2.2.4.1. Dosificación de químicos para la coagulación y floculación

Para la dosificación de los productos químicos se considera una disminución del 15% de volumen total de tanque de coagulación y floculación, lo que permitirá que este proceso trabaje eficientemente.

- **Dosis de PAC diluido**

**Datos:**

$V_{tanque}$ : Volumen del tanque de almacenamiento y coagulación = 39780L

$D_{PAC\ Jarras}$ : Dosis de PAC óptimo en la prueba de jarras = 0,028L

$V_{P.\ Jarras}$ : Volumen en la prueba de jarras del laboratorio = 1L

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 31.

$$Dosis_{PAC} = \frac{V_{tanque} * D_{PAC\ Jarras}}{V_{P.\ Jarras}}$$

$$Dosis_{PAC} = \frac{39780L * 0,028L}{1L}$$

$$Dosis_{PAC} = 1113,84L \text{ de PAC al } 4\%$$

Por especificaciones técnicas del policloruro de aluminio establecidas por el fabricante del polímero, se considera una reducción del 4% del volumen total calculado, para que exista una adecuada porcentaje de concentración en su pureza, siendo de 44,5 L de PAC puro.

- **Dosis de Auxiliar de coagulación**

**Datos:**

$V_{tanque}$ : Volumen del tanque de almacenamiento y coagulación = 39780L

$D_{Auxiliar\ Jarras}$ : Dosis óptima de Auxiliar en la prueba de jarras = 0,028L

$V_{P.\ Jarras}$ : Volumen en la prueba de jarras del laboratorio = 1L

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 32.

$$Dosis_{Auxiliar} = \frac{V_{tanque} * D_{PAC\ Jarras}}{V_{P.\ Jarras}}$$

$$Dosis_{Auxiliar} = \frac{39780L * 0,028L}{1L}$$

$$Dosis_{Auxiliar} = 1113,84L \text{ de PAC al } 4\%$$

Por especificaciones técnicas del Chemfloc N-100, establecidas por el fabricante del auxiliar, se considera una reducción del 9% del volumen total calculado, para que exista una adecuada porcentaje de concentración en su pureza, siendo de 100,24 gr de Chemfloc N-100 puro.

### 2.2.5. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

- **Calculo de volumen de entrada al Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)**

#### Datos:

$V_2$ : Volumen de entrada al tanque de Coagulación y Floculación =  $46,8m^3$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 33.

$$V_3 = V_2 * 10\%$$

$$V_3 = 46,8 m^3 * 10\%$$

$$V_3 = 42,12 m^3$$

- **Calculo del caudal de entrada al Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)**

#### Datos:

$V_3$ : Volumen de entrada al tanque FAFA =  $42,12m^3$

$t$ : tiempo = 1día (*Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 34.

$$Q = \frac{V_3}{t}$$

$$Q = \frac{42,12 m^3}{1 \text{ día}}$$

$$Q = 42,12 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Volumen del filtro**

**Datos:**

**Q:** Caudal =  $42,12 \text{ m}^3/\text{día}$

**Tr:** Tiempo de retención hidráulico =  $1 \text{ día}$  (Valor considerado de la Tabla 10-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 35.

$$V_f = Q * Tr$$

$$V_f = 42,12 \text{ m}^3/\text{día} * 1 \text{ día}$$

$$V_f = 42,12 \text{ m}^3$$

- **Área horizontal del filtro**

**Datos:**

**V<sub>f</sub>:** Volumen del filtro =  $42,12 \text{ m}^3$

**H<sub>u</sub>:** Profundidad útil del filtro =  $1,8 \text{ m}$  (Valor considerado de la Tabla 10-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 36.

$$A_f = \frac{V_f}{H_u}$$

$$A_f = \frac{42,12 \text{ m}^3}{1,8 \text{ m}}$$

$$A_f = 23,4 \text{ m}^2$$

- **Longitud del filtro**

**Datos:**

**A<sub>f</sub>:** Área horizontal del filtro =  $23,4 \text{ m}^2$

$b$ : Ancho del filtro = 3m (Valor considerado de la Tabla 10-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 37.

$$L = \frac{A_f}{b}$$

$$L = \frac{23,4m^2}{3m}$$

$$L = 7,8m$$

- **Altura total de la cámara**

**Datos:**

$H_u$ : Profundidad útil del filtro = 1,8m (Valor considerado de la Tabla 10-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 38.

$$H_{Tf} = H_u + 0,30$$

$$H_{Tf} = 1,8m + 0,30$$

$$H_{Tf} = 2,1m$$

#### 2.2.6. Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

- **Velocidad de filtración**

**Datos:**

$Q$ : Caudal = 0,029 m<sup>3</sup>/min

$A$ : Área = 30m<sup>2</sup>(Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 39.

$$v_F = \frac{Q}{A}$$

$$v_F = \frac{0,029 \text{ m}^3/\text{min}}{30\text{m}^2}$$

$$v_F = 9,66 \times 10^{-4} \text{ m/min}$$

$$v_F = 0,058 \text{ m/h}$$

- **Área superficial real**

**Datos:**

$Q$ : Caudal =  $0,029 \text{ m}^3/\text{min}$

$v_F$ : Velocidad de filtración =  $9,66 \times 10^{-4} \text{ m/min}$

$N$ : Número de Unidades = 2 (*Adimensional*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 40.

$$A_s = \frac{Q}{N * v_F}$$

$$A_s = \frac{0,029 \text{ m}^3/\text{min}}{2 * 9,66 \times 10^{-4} \text{ m/min}}$$

$$A_s = 15 \text{ m}^2$$

- **Coefficiente de mínimo costo**

**Datos:**

$N$ : Número de Unidades = 2 (*Adimensional*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 41.

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

$$K = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$K = 1,33$$

- **Longitud del filtro**

**Datos:**

$A_s$ : Área superficial real =  $15m^2$

$K$ : Coeficiente de mínimo costo = 1,33 (*Adimensional*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 42.

$$L = (A_s * K)^{1/2}$$

$$L = (15m^2 * 1,33)^{1/2}$$

$$L = 4,41 m$$

- **Ancho del filtro**

**Datos:**

$A_s$ : Área superficial real =  $15m^2$

$K$ : Coeficiente de mínimo costo = 1,33 (*Adimensional*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 43.

$$B = \left(\frac{A_s}{K}\right)^{1/2}$$

$$B = \left(\frac{15m^2}{1,33}\right)^{1/2}$$

$$B = 3,39 m$$

- **Velocidad de filtración real**

**Datos:**

$Q$ : Caudal =  $0,029 m^3/min$

$A_s$ : Área superficial real =  $15m^2$

$B$ : Ancho del filtro =  $3,39m$

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 44.

$$v_{FR} = \frac{Q}{2 * A_s * B}$$

$$v_{FR} = \frac{0,029 \text{ m}^3/\text{min}}{2 * 15\text{m}^2 * 3,39\text{m}}$$

$$v_{FR} = 2,85 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$v_{FR} = 0,017 \text{ m/h}$$

- **Vertedero de entrada ( Francis 1852)**

**Datos:**

**Q:** Caudal = 0,029 m<sup>3</sup>/min

**B:** Ancho del filtro = 3,39m

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 46.

$$ha = \left( \frac{Q}{1,84 * B} \right)^{2/3}$$

$$ha = \left( \frac{0,029 \text{ m}^3/\text{min}}{1,84 * 3,39\text{m}} \right)^{2/3}$$

$$ha = 0,028 \text{ m}$$

$$ha = 2,8 \text{ cm}$$

El Vertedero de entrada se incrementara en un 50% por requerimiento de la EP. EMAPA-G

$$ha = 3,92 \text{ cm}$$

Se considera la composición del filtro con las siguientes especificaciones: altura de arena 0,5m; altura de carbón 0,8m; diámetro efectivo 0,30mm; altura de grava 0,3m; altura de agua 0,4m; coeficiente de uniformidad deseable 2,0; altura del lecho de soporte 0,3m; altura de drenaje 0,5m.

- **Altura del filtro**

**Datos:**

$F_S$ : Factor de seguridad = 1,20m (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

$C_A$ : Altura de la capa de agua = 0,4m (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

$L_A$ : Altura del lecho filtrante = 1,3m (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

$C_S$ : Altura de la capa de soporte = 0,3m (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

$F_C$ : Altura de drenaje = 0,5m (Valor considerado de la Tabla 11-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 47.

$$Z_F = F_S (C_A + L_A + C_S + F_C)$$

$$Z_F = 1,20 \text{ m} (0,4\text{m} + 1,3\text{m} + 0,3\text{m} + 0,5\text{m})$$

$$Z_F = 3 \text{ m}$$

**Sistema de drenaje**

- **Área de orificios laterales**

**Datos:**

$D_o$ : Diámetro del orificio = 0,002m (Valor considerado de la Tabla 11-1)

$\pi$ : Pi = 3,1416 (Constante adimensional)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 48.

$$A_o = \frac{\pi * D_o^2}{4}$$

$$A_o = \frac{3.1416 * (0,002\text{m})^2}{4}$$

$$A_o = 3,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_o = 0,0314 \text{ cm}^2$$

- **Caudal que ingresa a cada orificio**

**Datos:**

$A_o$ : Área de orificios laterales =  $3,14 \times 10^{-6} m^2$

$v_o$ : Velocidad en orificio =  $0,3 m/s$  (Valor considerado de la Tabla 11-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 49.

$$Q_o = A_o * v_o$$

$$Q_o = 3,14 \times 10^{-6} m^2 * 0,3 m/s$$

$$Q_o = 1,88 \times 10^{-6} m^3/s$$

- **Numero de laterales**

**Datos:**

$n_L$ : Espaciamiento de los laterales =  $1,5$  (Adimensional) (Valor considerado de la Tabla 11-1)

$L_L$ : Longitud para laterales =  $4m$

$e_L$ : Separación entre laterales =  $1m$  (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 50.

$$N_L = n_L * \frac{L_L}{e_L}$$

$$N_L = 1,5 * \frac{4m}{1m}$$

$$N_L = 6 \text{ Laterales}$$

- **Diámetro de la tubería de entrada del filtro**

**Datos:**

$Q$ : Caudal =  $4,87 \times 10^{-4} m^3/s$

$\pi$ :  $\pi = 3,1416$  (Constante adimensional)

$v_e$ : Velocidad de entrada =  $1,3 m/s$  (Valor considerado de la Tabla 11-1, afluente)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 51.

$$D_{TE} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_e}}$$

$$D_{TE} = \sqrt{\frac{4 * 4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{3.1416 * 1.3 \text{ m/s}}}$$

$$D_{TE} = 0,021 \text{ m}$$

$$D_{TE} = 2,1 \text{ cm}$$

- **Diámetro de la tubería de salida del filtro**

**Datos:**

$Q$ : Caudal =  $4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

$\pi$ : Pi = 3,1416 (*Constante adimensional*)

$v_s$ : Velocidad de salida =  $0,6 \text{ m/s}$  (*Valor considerado de la Tabla 11-1, efluente*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 52.

$$D_{TS} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_s}}$$

$$D_{TS} = \sqrt{\frac{4 * 4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{3.1416 * 0,6 \text{ m/s}}}$$

$$D_{TS} = 0,032 \text{ m}$$

$$D_{TE} = 3,2 \text{ cm}$$

**Sistema de lavado del filtro**

- **Velocidad optima de lavado del filtro**

**Datos:**

$C_V$ : Coeficiente de uniformidad = 2 (*Adimensional*) (*Valor considerado de la Tabla 11-1*)

$T_E$ : Tamaño efectivo de la arena = 0,0002mm (Valor considerado de la Tabla 11-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 53.

$$v_L = C_U * T_E$$

$$v_L = 2 * 0,0002$$

$$v_L = 4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

- **Cantidad de agua para lavado del filtro**

**Datos:**

$v_L$ : Velocidad optima de lavado del filtro =  $4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

$A_s$ : Área superficial real =  $15 \text{ m}^2$

$t_L$ : Tiempo óptimo de lavado = 600s (Valor considerado de la Tabla 11-1)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 54.

$$V_L = v_L * A_s * t_L$$

$$V_L = 4 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} * 15 \text{ m}^2 * 600 \text{ s}$$

$$V_L = 3,6 \text{ m}^3$$

### 2.2.7. *Tanque de Cloración*

- **Volumen del tanque**

**Datos:**

$Q$ : Caudal =  $4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

$t$ : Tiempo de reacción = 1800s (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 55.

$$V = Q * t$$

$$V = 4,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} * 1800 \text{ s}$$

$$V = 0,87 \text{ m}^3$$

- **Altura del tanque**

**Datos:**

V: Volumen del tanque =  $0,87 \text{ m}^3$

L: Longitud del tanque =  $1 \text{ m}$  (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

B: Ancho del Tanque =  $1 \text{ m}$  (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 56.

$$A_T = \frac{V}{L * B}$$

$$A_T = \frac{0,87 \text{ m}^3}{1 \text{ m} * 1 \text{ m}}$$

$$A_T = 0,87 \text{ m}$$

Por consideraciones de la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G se incrementa el 15% en la altura del tanque de cloración por fines de diseño, ante futuros incrementos de volumen a tratar.

$$A_T = 1 \text{ m}$$

### 2.2.8. *Dosificación del desinfectante*

El caudal será de  $4,32 \text{ L/s}$  de una tubería de  $75 \text{ mm}$  que corresponde a una velocidad de  $0,98 \text{ m/s}$ . Además por fines de diseño se considera una altura de  $5 \text{ cm}$ , desde los filtros hacia el tanque de desinfección para que trabaje a gravedad. Considerando que la válvula trabajara con 2 vueltas abiertas que corresponden al paso de  $0,72 \text{ L/s}$ ; siendo este caudal usado para el cálculo en la dosificación de hipoclorito de calcio.

- **Dosis de hipoclorito de calcio**

**Datos:**

**0,012:** Constante (Adimensional)

**Q:** Caudal = 11,41 gpm

**C:** Concentración de hipoclorito de calcio = 6mg/L (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 57.

$$Dosis_{HTH} = 0,012 * Q * C$$

$$Dosis_{HTH} = 0,012 * 11,41gpm * 6mg/L$$

$$Dosis_{HTH} = 0,82 \text{ lb/día}$$

- **Volumen de agua necesario para diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre**

**Datos:**

**$m_{HTH}$ :** Masa del hipoclorito de calcio = 371,88g (Valor requerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

**$\rho_{HTH}$ :** Densidad del hipoclorito de calcio = 800g/L (Valor requerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 58.

$$V_{SolnMadre} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

$$V_{SolnMadre} = \frac{371,88g}{800g/L}$$

$$V_{SolnMadre} = 0,46 \text{ L}$$

- **Volumen de la solución madre**

**Datos:**

**$V_{SolnMadre}$ :** Volumen de agua necesario diluir el hipoclorito de calcio, para preparación de la solución madre = 0,46L

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 59.

$$V_1 = \frac{V_{SolnMadre} * 65\%}{8.5\%}$$

$$V_1 = \frac{0,46L * 65\%}{8.5\%}$$

$$V_1 = 3,52L$$

- **Volumen de agua requerido para diluir la solución madre**

**Datos:**

$V_1$ : Volumen de la solución madre = 3,52L

$C_1$ : Concentración de dosificación de hipoclorito de calcio = 6mg/L (*Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G*)

$C_2$ : Concentración del hipoclorito de calcio = 0,65mg/L (*Valor requerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G*)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 60.

$$V_2 = \frac{C_1 * V_1}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{6mg/L * 3,52L}{0,65mg/L}$$

$$V_2 = 32,49L \cong 33L$$

- **Volumen total de la solución**

**Datos:**

$V_1$ : Volumen de la solución madre = 3,17L (*Se considera la pérdida del 10% del  $V_1=3,52L$* )

$V_2$ : Volumen de agua requerido para diluir la solución madre = 33L

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 61.

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 3,17L + 33L$$

$$V_T = 36,17L$$

- **Goteo de la solución para la desinfección en el tanque**

**Datos:**

$V_T$ : Volumen total de la solución = 36,17L

$T$ : Tiempo = 1 día (Valor sugerido por la Dirección técnica de la EP.EMAPA-G)

Realizamos el cálculo a partir de la Ecuación 62.

$$Goteo = \frac{V_T}{t}$$

$$Goteo = \frac{36,17L}{1 \text{ día}} * \frac{1000mL}{1L} * \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min}}$$

$$Goteo = 25,11 \text{ mL/min}$$

**2.2.9. Rendimiento de depuración en los procesos después de las pruebas de tratabilidad**

La remoción del DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos considerados fueron para los procesos de coagulación y desinfección, debido que se tiene un mayor porcentaje de remoción.

**Tabla 20-2** Remoción del proceso de coagulación y floculación

Parámetro	Concentración inicial del agua residual (mg/L)	Concentración final del agua residual (mg/L)	% de Remoción	Concentración remanente del agua (mg/L)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	11580,00	7527,00	65	4053,00
Demanda bioquímica de oxígeno (DQO)	5089,00	3562,30	70	1526,70
Sólidos suspendidos (SS)	228,38	141,60	62	86,78

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 21-2** Remoción del proceso de cloración

Parámetro	Concentración inicial del agua residual (mg/L)	Concentración final del agua residual (mg/L)	% de Remoción	Concentración remanente del agua (mg/L)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	4053,00	4024,00	99,28	29,00
Demanda bioquímica de oxígeno (DQO)	1526,70	1521,70	99,67	5,00
Sólidos suspendidos (SS)	86,78	44,17	50,90	42,61

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**PRESUPUESTO****Tabla 22-2** Presupuesto para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Acero de refuerzo (e=12mm)	qq	40	\$ 50,00	\$ 2.000,00
Arena	m <sup>3</sup>	8	\$ 11,00	\$ 88,00
Carbón activado	m <sup>3</sup>	8	\$ 900,00	\$ 7.200,00
Codo PVC-D 75mm	U	4	\$ 4,00	\$ 16,00
Codo PVC-D 90mm	U	4	\$ 4,50	\$ 18,00
Compuerta de volante de acero inoxidable	U	4	\$ 140,00	\$ 560,00
Empedrado (e=10 cm)	m <sup>2</sup>	180	\$ 8,00	\$ 1.440,00
Encofrado recto	m <sup>2</sup>	40	\$ 15,00	\$ 600,00
Enlucido Horizontal a lisado	m <sup>2</sup>	90	\$ 14,00	\$ 1.260,00
Enlucido Vertical paleteado	m <sup>2</sup>	80	\$ 11,00	\$ 880,00
Estructura de soporte de acero	U	3	\$ 80,00	\$ 240,00
Excavación y recolección del material	m <sup>3</sup>	270	\$ 5,50	\$ 1.485,00
Grava	m <sup>3</sup>	8	\$ 12,00	\$ 96,00
Hormigón f'c 210 kg/cm <sup>2</sup> y encofrado	m <sup>3</sup>	50	\$ 130,00	\$ 10.400,00
Hormigón replantillo f'c 180 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	20	\$ 70,00	\$ 1.400,00
Limpieza y desbroce	m <sup>2</sup>	140	\$ 1,00	\$ 140,00
Malla electrosoldada 6mm 15x15 cm	m <sup>2</sup>	150	\$ 10,00	\$ 1.500,00
Motor de agitación industrial	U	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Pintura de caucho interior/externo		180	\$ 4,50	\$ 810,00
Punto de iluminación	pto.	6	\$ 29,50	\$ 177,00
Rejilla canal de cribado	U	2	\$ 8,00	\$ 16,00

Replanteo y nivelación	m2	140	\$ 2,00	\$ 280,00
Tablero de control, dos breakers	U	1	\$ 58,00	\$ 58,00
Tanque PVC 2000 L	U	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
Tomacorrientes dobles	U	4	\$ 8,00	\$ 32,00
Tubería PVC-D 75mm	m	12	\$ 13,50	\$ 162,00
Tubería PVC-D 90mm	m	6	\$ 17,00	\$ 102,00
Turbina de 6 aspas	U	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Válvula de compuerta (75mm)	U	2	\$ 80,00	\$ 160,00
Válvula de compuerta (90mm)	U	2	\$ 85,00	\$ 170,00
<b>Mano de obra</b>				
Albañil jefe	-	1	\$ 900,00	\$ 900,00
Albañil (ayudante)	-	5	\$ 400,00	\$ 2.000,00
Chofer	-	1	\$ 400,00	\$ 400,00
Operador de maquinaria	-	1	\$ 500,00	\$ 500,00
Soldador	-	2	\$ 400,00	\$ 800,00
<b>Subtotal</b>				\$ 38.590,00
<b>Imprevistos (15%)</b>				\$ 5.788,50
<b>Total</b>				\$ 44.378,50

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 23-2** Presupuesto de los productos químicos usados para el tratamiento

Producto	Consumo trat. Semanal	Consumo trat. Mensual	Consumo trat. Anual	Costo Kg.	Costo Anual
PAC	44,55	178,2	2138,4	\$ 0,95	\$ 2.031,48
Chemfloc	0,10024	0,40096	4,81152	\$ 9,00	\$ 43,30
Hipoclorito de calcio	0,37188	1,48752	17,85024	\$ 4,00	\$ 71,40
<b>Subtotal</b>					\$ 2.146,18
<b>Imprevistos (10%)</b>					\$ 214,62
<b>Total</b>					\$ 2.360,80

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

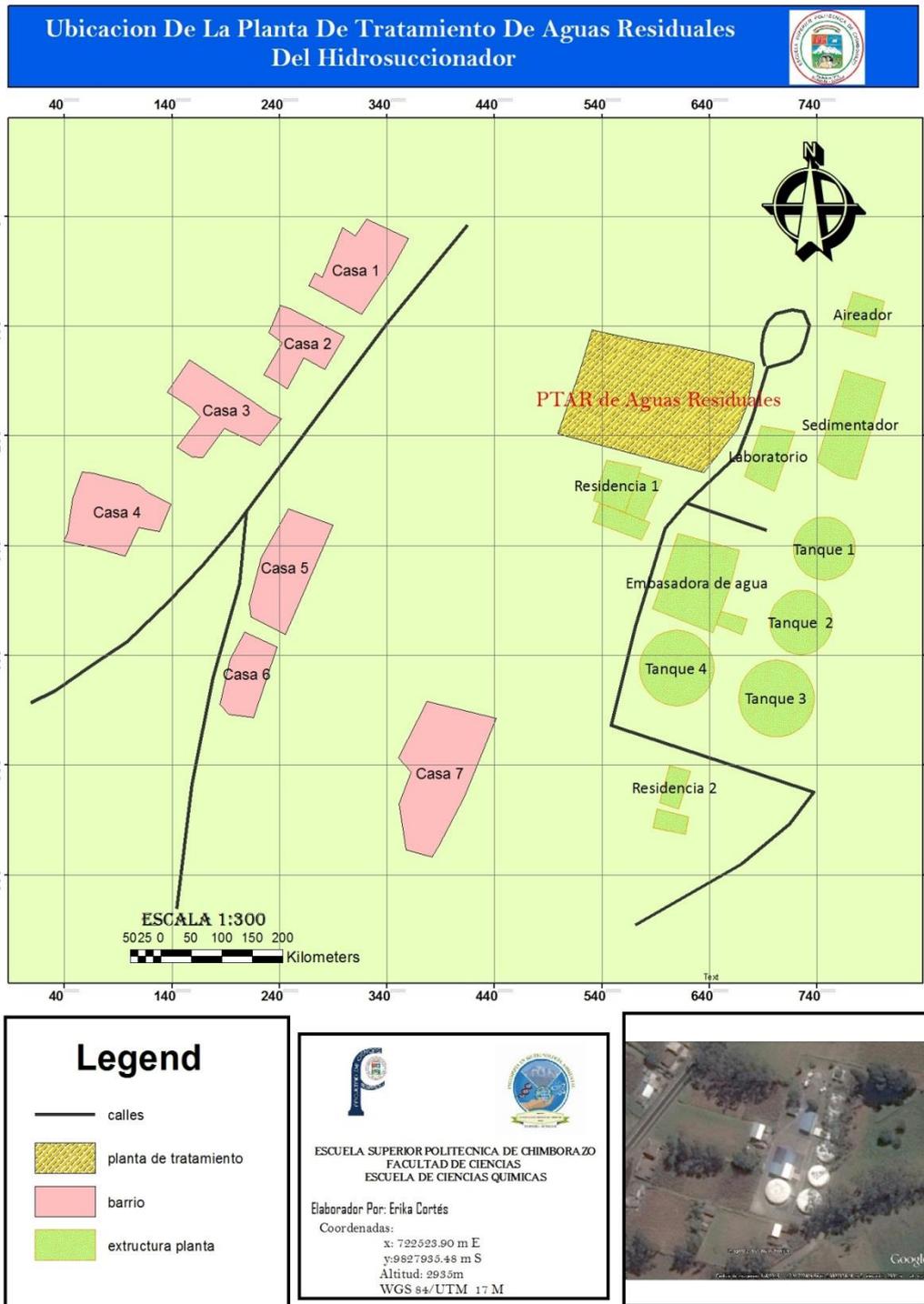
#### 3.1. Localización

Las identificaciones de la georreferenciación para el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para los residuos recolectados por el Hidrosuccionador de la EP.EMAPA-G, se encuentra en la **Tabla 24-3**. Sus coordenadas se encuentran el Sistema Geodésico Mundial WGS 84, usando la proyección UTM, por sus siglas en ingles Universal Transversal Mercator. Para la zona 17M. Todo en conjunto denominado WGS84/UTM zona 17M.

**Tabla 24-3** Ficha técnica de localización

<b>PROVINCIA</b>		<b>Bolívar</b>	
<b>CANTON</b>		Guaranda	
<b>PARROQUIA</b>		Guanujo	
<b>SECTOR</b>		Chaquishca	
<b>COORDENA REFERENCIAL DE UBICACIÓN</b>			
<b>VERTICE</b>	<b>ALTURA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>PP</b>	2935 msnm	722511	9827971
<b>1</b>	2935 msnm	722515	9827988
<b>2</b>	2932 msnm	722527	9827980
<b>3</b>	2935 msnm	722524	9827970

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



**Figura 4-3.** Mapa Ubicación PTAR

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

En la **Figura 4-3.** Se muestra el mapa de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales, representada por un polígono de color amarillo ubicado dentro de las instalaciones del Sistema Chaquishca.

### 3.2. Características técnicas del equipo

El hidrosuccionador, fue adquirido por la EP.EMAPA-G en el año 2013; de marca VACCON modelo V-310 de 10YDS CUB montado sobre chasis Internacional Modelo 7400 (6X4) año 2012 fabricado en USA, y un equipo de video portátil para el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, con una potencia de 300 HP, una presión hidráulica hasta 2000 PSI, su capacidad de bombeo de 60 gpm mínimo. El equipo está diseñado para limpiar y remover arena, piedras botellas, latas, lodos y otros desechos en líneas de alcantarillado pluvial sanitario, opera con un solo motor, donde los sistemas de succión y de la bomba de agua operan simultáneamente o independientemente y, a las presiones y capacidades máximas indicadas en las especificaciones técnicas.

El tanque de almacenamiento de desechos, de forma cilíndrica con una capacidad de 10 yardas cubicas como mínimo, y sus sistema de auto limpieza se encuentra conectado a la bomba de agua de alta presión. Su sistema de succión es capaz de succionar desperdicios a 12 metros de profundidad desde el nivel de la calzada y 20 metros en distancia horizontal como mínimo.

La jornada laboral del personal del equipo, es desde las 8:00 a 12:00 am y de 14:00 a 16:00 pm. Encargado una persona de la manipulación del Hidrosuccionador, y dos operadores para la manipulación de los accesorios.

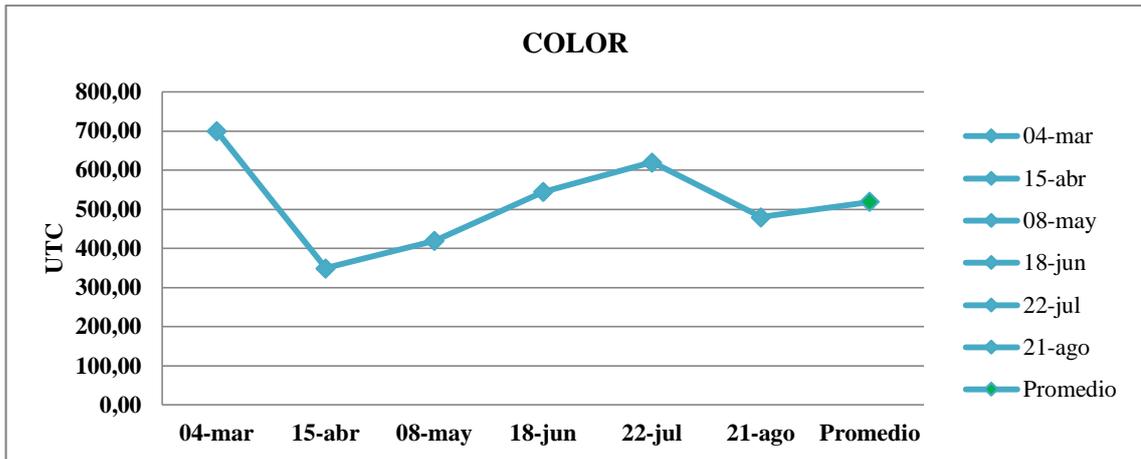
### 3.3. Caracterización Física, Química y Microbiológica del Agua Residual

Se presentan los resultados de los análisis realizados, durante el periodo marzo – agosto 2015.

**Tabla 25-3** Caracterización física de los efluentes recolectados por el Hidrosuccionador

PARAMETROS	UNID AD	MES MONITOREADO						Promedio	Norma TULAS
		04-mar	15-abr	08-may	18-jun	22-jul	21-ago		Lim.Ma x.Per
COLOR	UTC	700	350	420	545	620	480	519,17	Ina. en dis
TURBIEDAD	NTU	358,05	243,14	304,87	205,64	268,97	156,43	256,18	-
pH	.....	7,46	7,52	7,23	7,56	7,42	7,68	7,48	5-9
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	110,65	143,06	130,49	145,87	130,52	149,46	135,01	-
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	562,89	456,84	536,47	354,06	257,09	456,76	437,35	100
TEMPERATURA	° C	19,7	19,64	19,82	19,84	19,75	19,54	19,72	< 35°
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	482	500	460	500	460	520	487	-

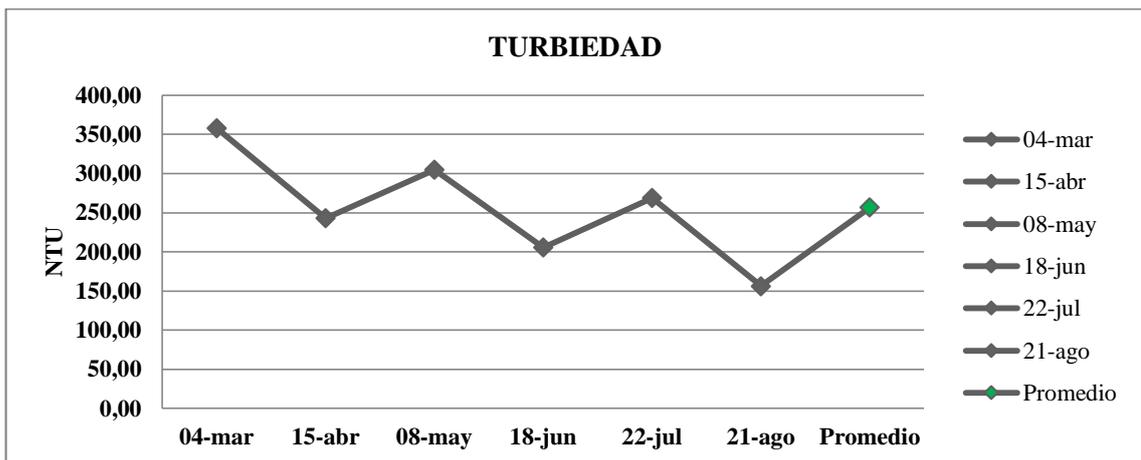
Elaborado por: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G - CORTÉS, Erika. 2015 (Tesis)



**Figura 5-3.** Color

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

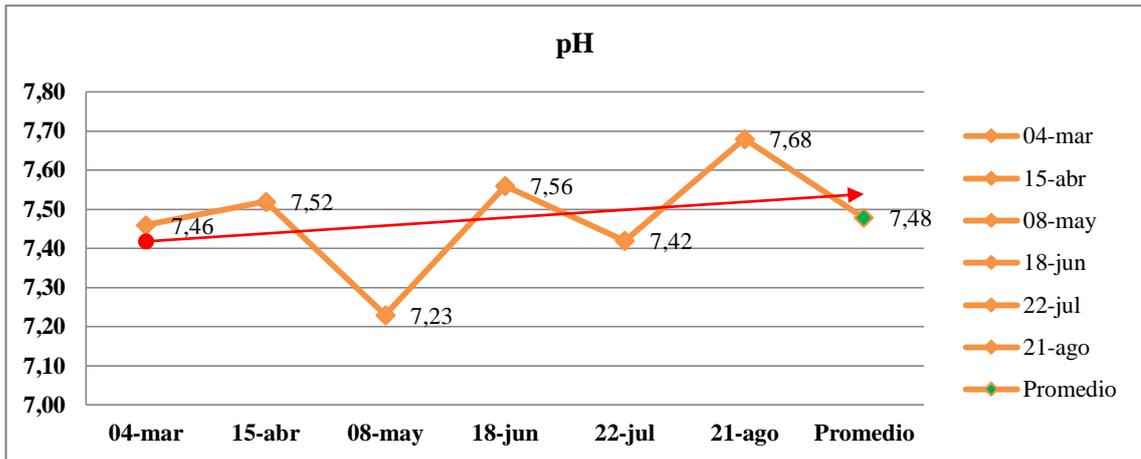
Los resultados del análisis de los parámetros físicos muestran variaciones durante los meses que se realizaron. De acuerdo a los valores obtenidos, el color presenta una variación de 50% entre el valor máximo y valor mínimo medido; las variaciones se explican debido a que las muestras fueron tomadas en pozos con diferente composición, situación que alteraba el color, resultando variaciones entre las muestras y mostrándose fuera del límite permisible del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA).



**Figura 6-3.** Turbiedad

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

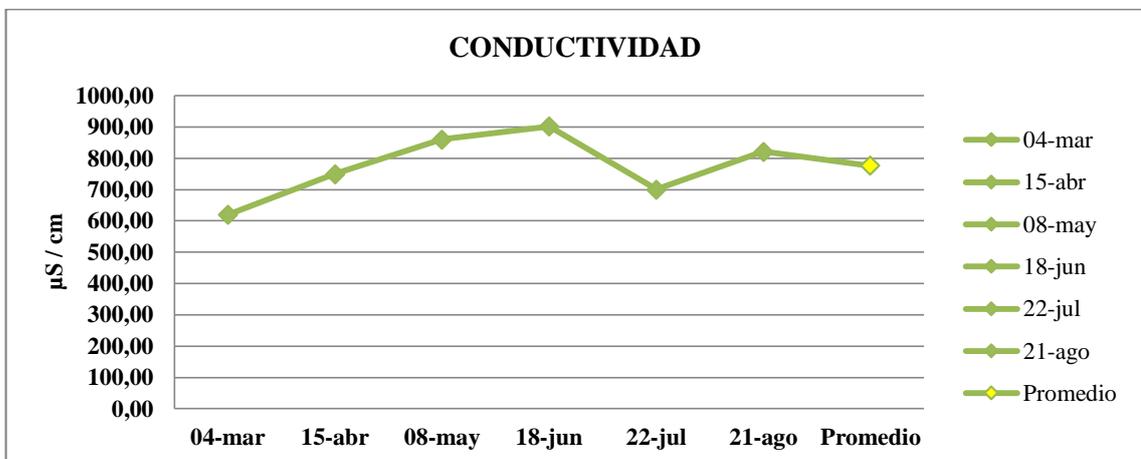
La turbiedad presenta una variación del 56% entre el valor máximo y valor mínimo medido; las variaciones se explican debido a que las muestras fueron tomadas en pozos con diferente composición, situación que tenía influencia en la turbiedad; el resultado promedio de 256 NTU se considera elevado, debido a que valores mayores a 5NTU pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección.



**Figura 7-3.** pH

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

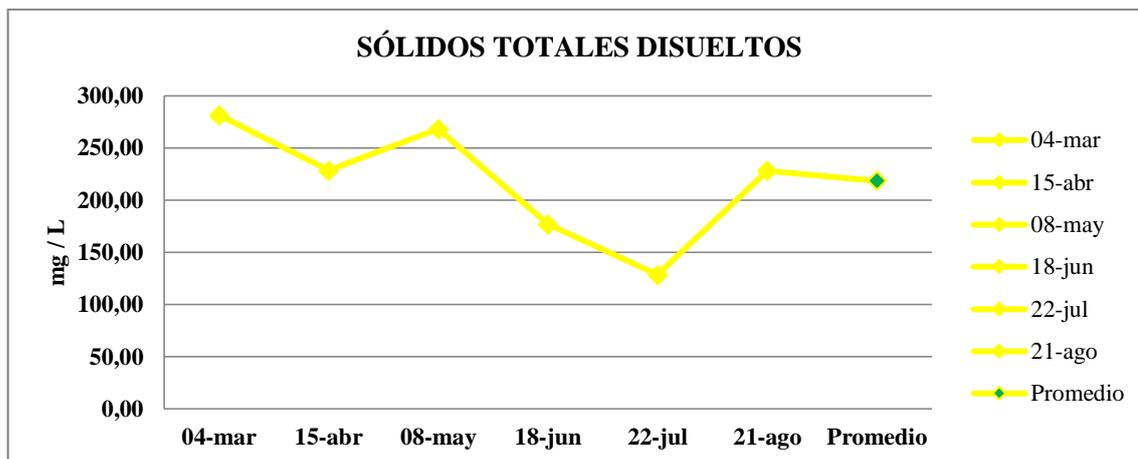
El pH se mantiene entre 7,2 mínimo y 7,7 máximo; lo que demuestra que no existe, variaciones significativas entre las muestras analizadas, durante el periodo de muestreo; es decir se presentó dentro de los límites permisibles del TULSMA.



**Figura 8-3.** Conductividad

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

La conductividad presenta una variación del 45% entre el valor máximo y valor mínimo medido; las variaciones se explican debido que las muestras presentaban altas concentraciones de sólidos, relacionado con la turbiedad existente, teniendo un promedio 775,76µS/cm.



**Figura 9-3.** Sólidos Totales Disueltos

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

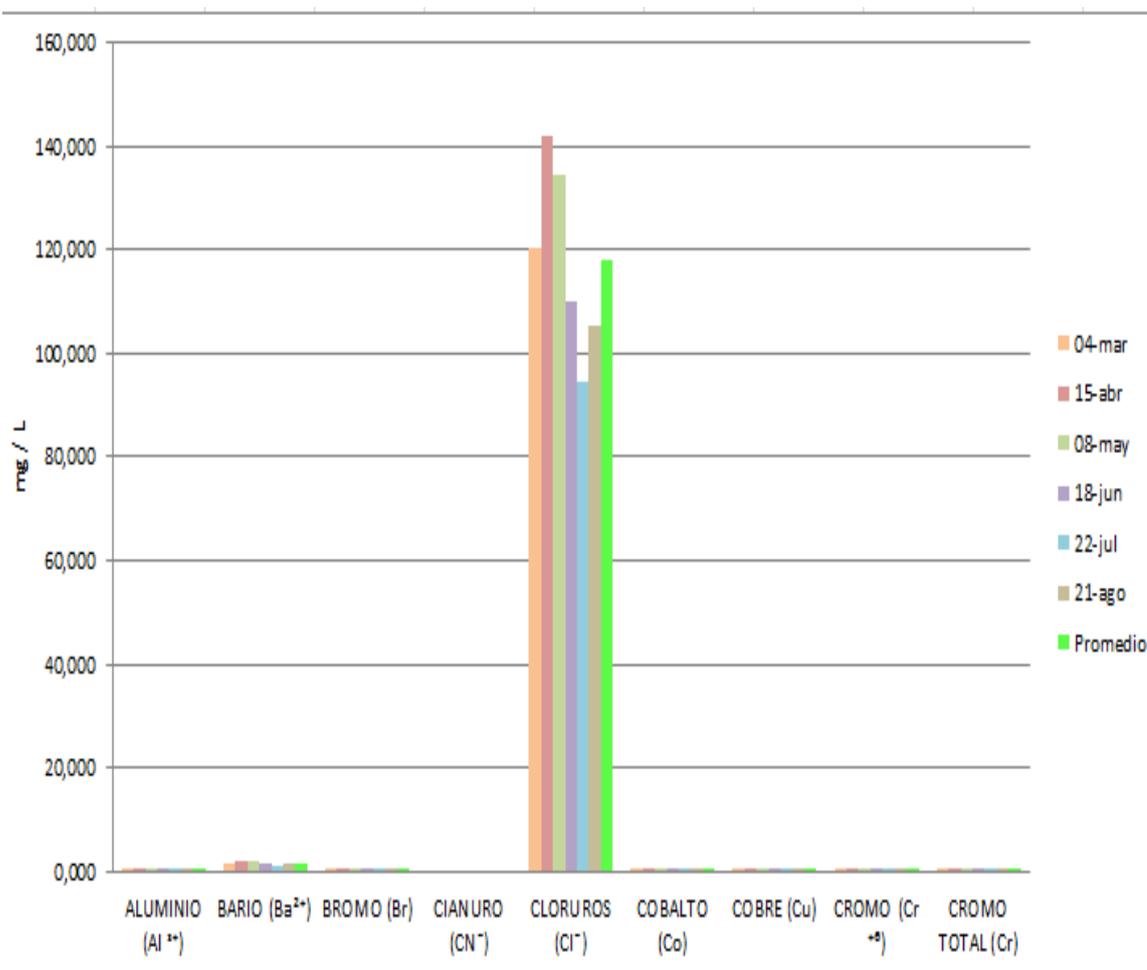
La Figura 9-3 indica una concentración de 281,45 mg/L en el mes de marzo, como el resultado de mayor concentración, y 128,56 mg/L en el mes de julio, como el resultado de menor concentración; existiendo una variación del 58% debido a la presencia de altas cantidad de lodos que contienen compuestos iónicos, característicos de aguas estancadas.

**Tabla 26-3** Caracterización química de los efluentes recolectados por el Hidrosuccionador

PARAMETROS	UNIDAD	MES MONITOREADO						Promedio	Norma
		04-mar	15-abr	08-may	18-jun	22-jul	21-ago		TULAS
									Lim. Max. Per
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,026	0,03	0,028	0,035	0,042	0,024	0,03	5
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	1,54	2,13	1,98	1,64	1,23	1,46	1,66	2
BROMO (Br)	mg/L	0,006	0,007	0,007	0,008	0,008	0,006	0,007	-
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	120,34	142,06	134,62	110,23	94,62	105,37	117,87	1000
COBALTO (Co)	mg/L	0,25	0,34	0,29	0,3	0,28	0,24	0,28	0,5
COBRE (Cu)	mg/L	0,21	0,26	0,19	0,2	0,22	0,19	0,21	1
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,1	0,15	0,12	0,12	0,18	0,11	0,13	0,5
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,12	0,09	0,14	0,14	0,19	0,21	0,15	-
FLUORUROS (F)	mg/L	1,68	1,94	2,08	1,24	1,64	1,48	1,68	5
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	1,4	2,67	1,86	1,12	0,98	1,35	1,56	10
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	9,39	10,15	15,8	6,4	10,05	5,87	9,61	10
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,107	0,124	0,11	0,107	0,256	0,325	0,17	2

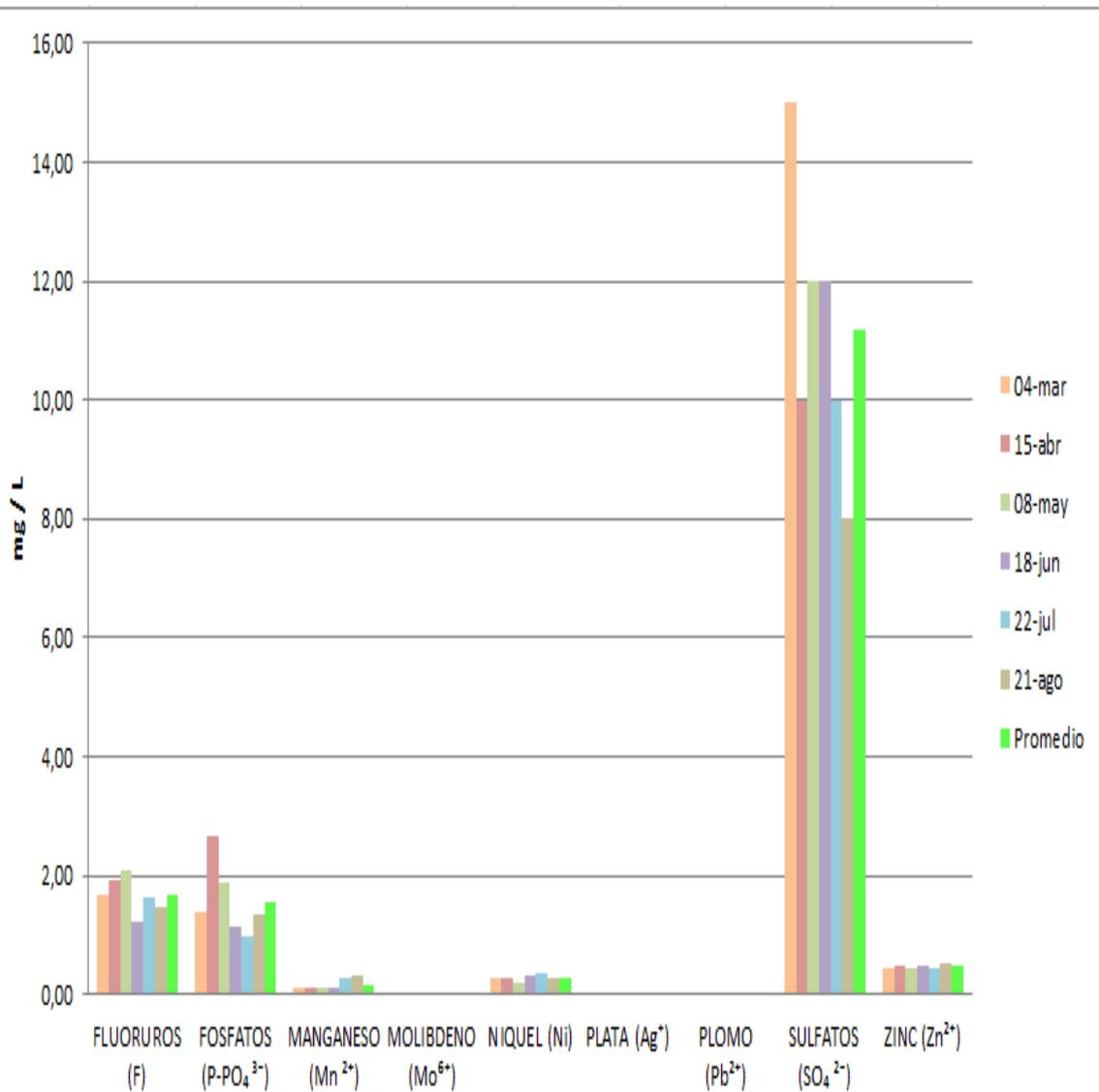
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,005	0,008	0,008	0,04	0,007	0,01	0,01	-
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,26	0,28	0,21	0,32	0,35	0,28	0,28	2
NITRÓGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	14,37	16,48	17,05	12,08	14,67	13,46	14,69	10
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	20,96	18,34	19,81	19,62	20,85	18,54	19,69	10
OXÍGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	0,7	0,95	0,84	0,9	0,75	0,84	0,83	-
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0,008	0,007	0,007	0,009	0,007	0,007	0,01	0,2
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	15	10	12	12	10	8	11,17	1000
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,45	0,49	0,42	0,48	0,42	0,51	0,46	5
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	12060	10251	9225	10609	7426	11580	10191,83	100
DEMANDA QUIMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	6021	5117	4656	5053	4515	5089	5075,17	250

Elaborado por: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G - CORTÉS, Erika. 2015 (Tesista)



**Figura 10-3.** Aluminio - Bario – Bromo – Cianuro – Cloruros – Cobalto – Cobre – Cromo – Cromo Total

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

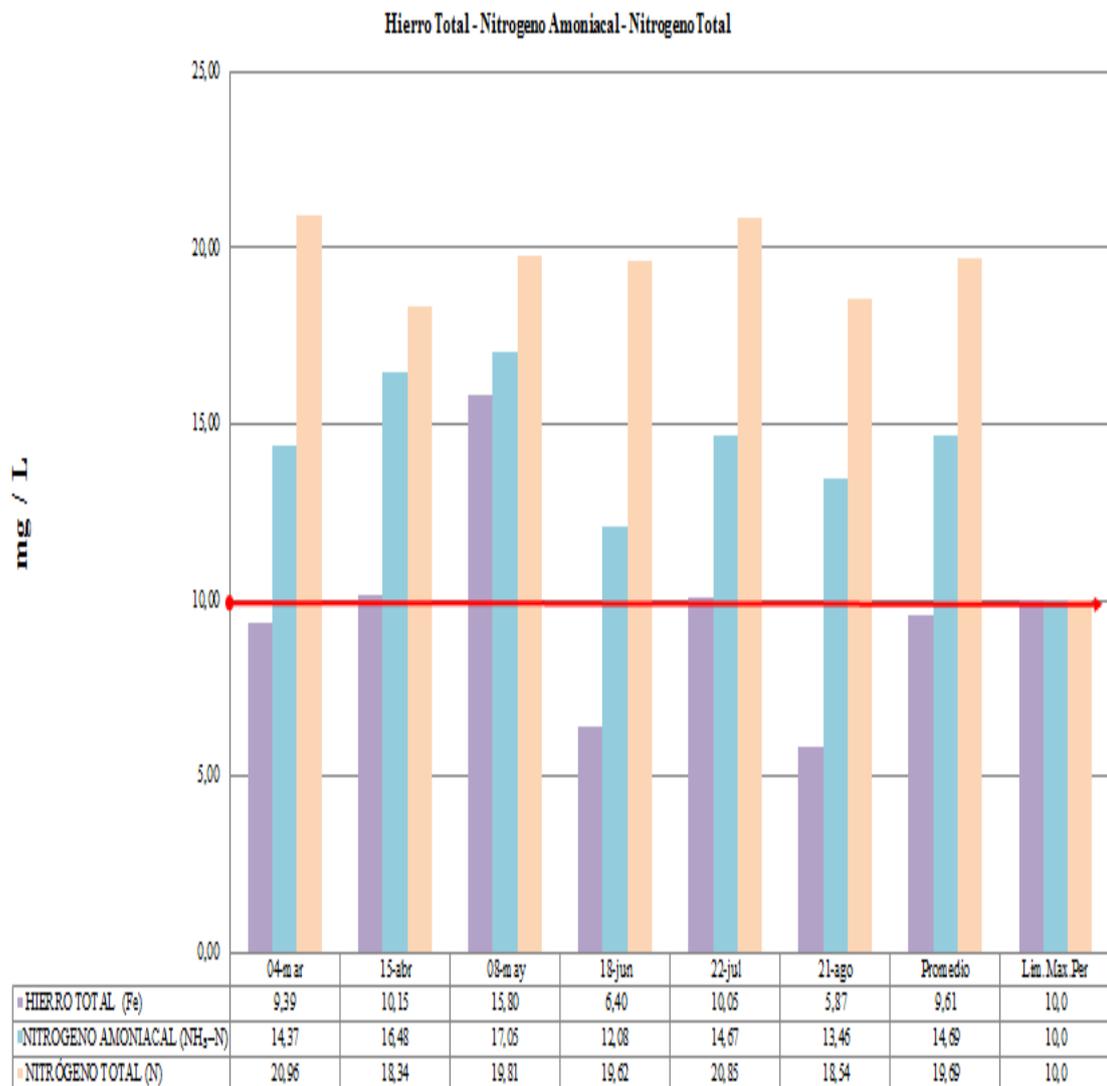


**Figura 11-3.** Fluoruros – Fosfatos – Hierro – Manganeseo – Molibdeno – Níquel – Oxígeno Disuelto – Sulfatos - Zinc

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

Los resultados del análisis de los parámetros químicos muestran variaciones durante los meses que se realizaron. De acuerdo a los valores obtenidos en la **Figura 10-3** y **Figura 11-3** tenemos al Aluminio, Bario, Bromo, Cianuro, Cloruros, Cobalto, Cobre, Cromo, Cromo Total, Fluoruros, Fosfatos, Hierro, Manganeseo, Molibdeno, Níquel, Oxígeno Disuelto, Sulfatos y Zinc, presentan valores dentro del límite permisible según el Texto Unificado de Legislación Secundaria, (TULSMA).

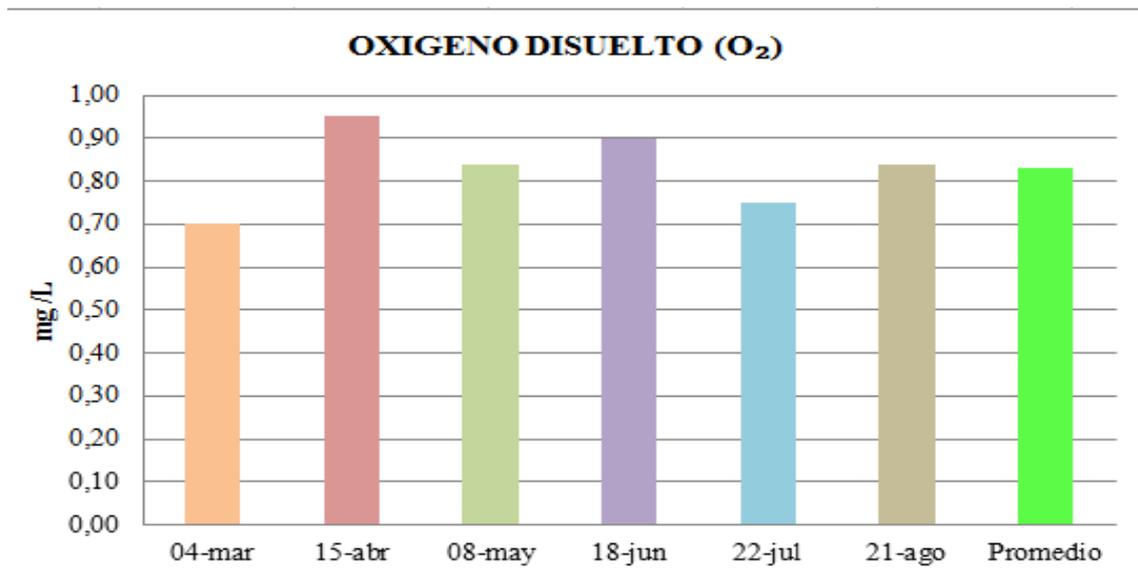
A diferencia del Hierro Total, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno; se encuentran fuera de los límites permisibles del TULSMA.



**Figura 12-3.** Hierro Total – Nitrógeno Amoniacal – Nitrógeno Total

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

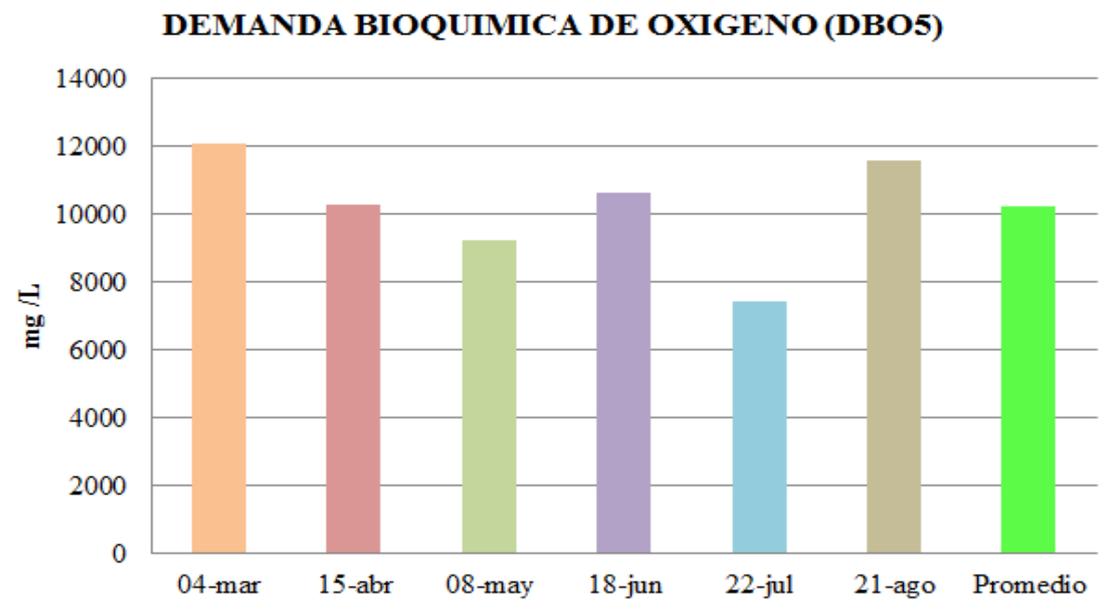
La Figura 12-3, muestra las concentraciones del hierro total, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total; donde el hierro total presenta una concentración de 15,80 mg/L en el mes de mayo, considerando una variación del 57% entre sus valores de concentración, durante su periodo de muestreo. El nitrógeno amoniacal presenta una concentración de 16,8 mg/L en el mes de abril, como el resultado de mayor concentración, y 9,39 mg/L en el mes de Marzo, como el resultado de menor concentración; teniendo una variación del 78%. El nitrógeno total presenta una concentración de 20,95 mg/L en el mes de marzo, como su mayor concentración y 18,34 mg/L en el mes de abril, como su menor concentración; habiendo una variación del 20%. Estas variaciones de hierro total, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total; se deben a la escasa presencia de oxígeno disuelto en el agua, considerando que son aguas residuales estancadas y con un tiempo elevado de putrefacción.



**Figura 13-3.** Oxígeno Disuelto

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

El oxígeno se presenta en niveles muy bajos siendo el mínimo de 0,7 mg/L, lo cual demuestra una baja calidad en el agua.

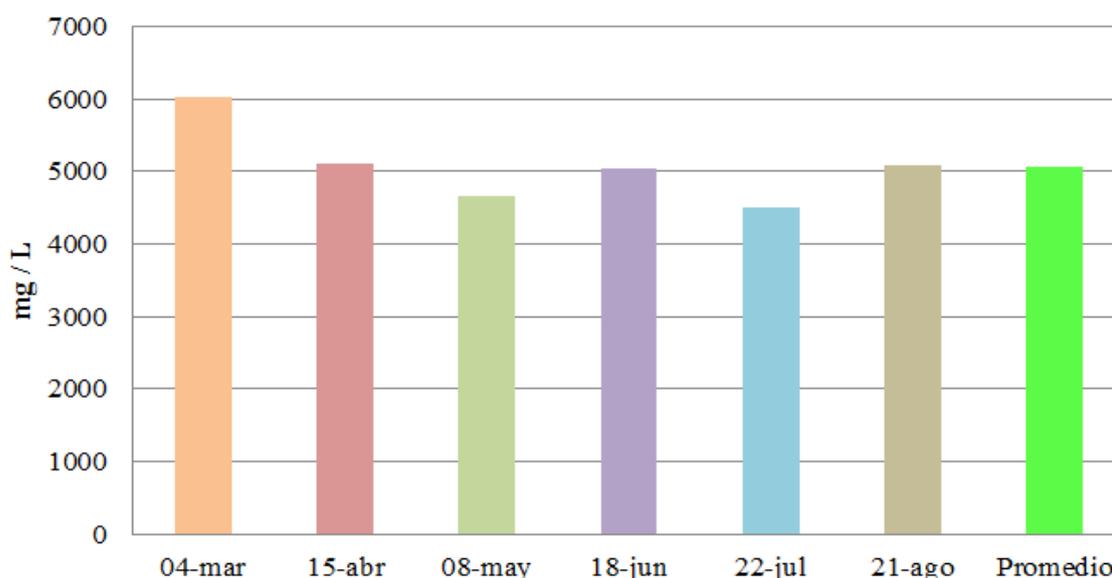


**Figura 14-3.** Demanda Bioquímica de Oxígeno

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

La demanda bioquímica de oxígeno presenta una variación del 60%, entre el mes de marzo – agosto de; 12060 mg/L, como el valor de mayor concentración, y 7426 mg/, como el valor de menor concentración; debido a la oxidación de sustancias poco estables frente al oxígeno, ya que el exceso de este parámetro actúa como un agente reductor, denominado valoración por retroceso.

### DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)



**Figura 15-3.** Demanda Química de Oxígeno

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

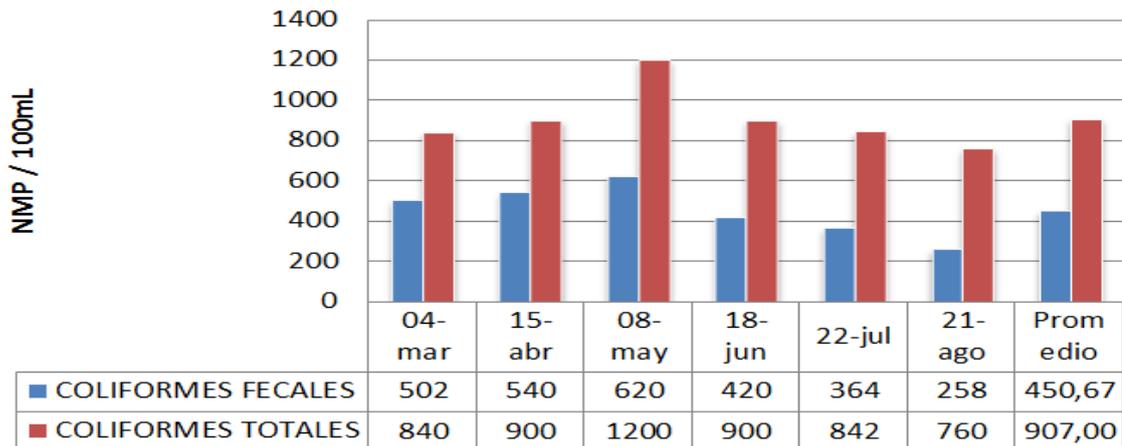
La demanda química de oxígeno presenta una variación del 30%, entre el mes de marzo – agosto de; 6021 mg/L, como el valor de mayor concentración, y 4515 mg/, como el valor de menor concentración; debiéndose principalmente a la presencia de grandes cantidades y la capacidad de oxidar la materia orgánica en medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua.

**Tabla 27-3** Resultados del muestreo y caracterización microbiológica del agua residual

PARAMETROS	UNIDAD	MES MONITOREADO						Promedio	Norma TULAS
		04-mar	15-abr	08-may	18-jun	22-jul	21-ago		Lim.Max. Per
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	502	540	620	420	364	258	450,67	Rem. al 99%
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	840	900	1200	900	842	760	907	-

Realizado por: Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G - CORTÉS, Erika. 2015 (Tesis)

## Microbiológico



**Figura 16-3.** Coliformes Fecales - Coliformes Totales

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

Los resultados del análisis de los parámetros microbiológicos muestran variaciones durante los meses que se realizaron. De acuerdo a los valores obtenidos, los coliformes fecales y coliformes totales; se encuentran fuera del límite permisible según el TULSMA, resultando tener valores elevados en la presencia de microorganismos patógenos, y su elevado riesgo de contaminación a nivel humano como ambiental.

### 3.4. Medición del volumen de agua residual recolectada por el hidrosuccionador

Los resultados de medición del volumen con su respectivo grafico para cada mes de aforo, se encuentran en el **Anexo 4**.

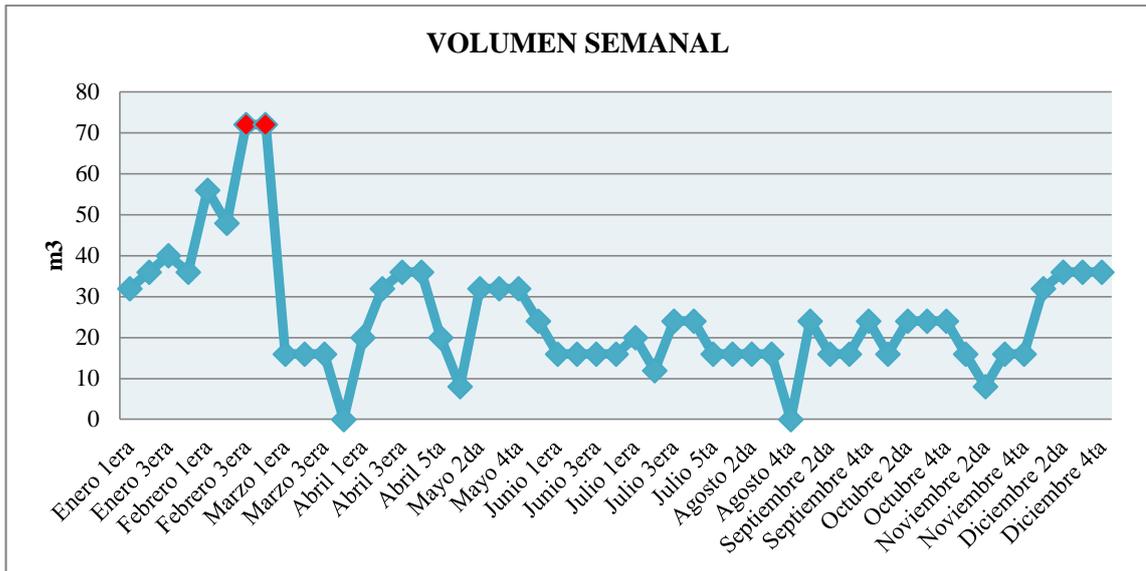
En la **Tabla 28-3** y **Tabla 29-3**, se presentan los resultados obtenidos en la medición del volumen semanal y mensual del agua residual recolectada por el hidrosuccionador, más sus datos históricos.

**Tabla 28-3** Volumen Semanal

ESTACION	MESES	VOLUMEN SEMANAL (m <sup>3</sup> )
<b>INVIERNO</b>	Enero 1era	32
	Enero 2da	36
	Enero 3era	40
	Enero 4ta	36
	Febrero 1era	56
	Febrero 2da	48
	Febrero 3era	72
	Febrero 4ta	72
	Marzo 1era	16

	Marzo 2da	16	
	Marzo 3era	16	
	Marzo 4ta	-	
	Abril 1era	20	
	Abril 2da	32	
	Abril 3era	36	
	Abril 4ta	36	
	Abril 5ta	20	
	Mayo 1era	8	
	Mayo 2da	32	
	Mayo 3era	32	
	Mayo 4ta	32	
	Mayo 5ta	24	
	<b>VERANO</b>	Junio 1era	16
		Junio 2da	16
Junio 3era		16	
Junio 4ta		16	
Julio 1era		20	
Julio 2da		12	
Julio 3era		24	
Julio 4ta		24	
Julio 5ta		16	
Agosto 1era		16	
Agosto 2da		16	
Agosto 3era		16	
Agosto 4ta		-	
Septiembre 1era		24	
Septiembre 2da		16	
Septiembre 3era		16	
Septiembre 4ta		24	
Octubre 1era		16	
Octubre 2da		24	
Octubre 3era		24	
Octubre 4ta		24	
Noviembre 1era		16	
Noviembre 2da		8	
Noviembre 3era		16	
Noviembre 4ta	16		
Diciembre 1era	32		
Diciembre 2da	36		
Diciembre 3era	36		
Diciembre 4ta	36		

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



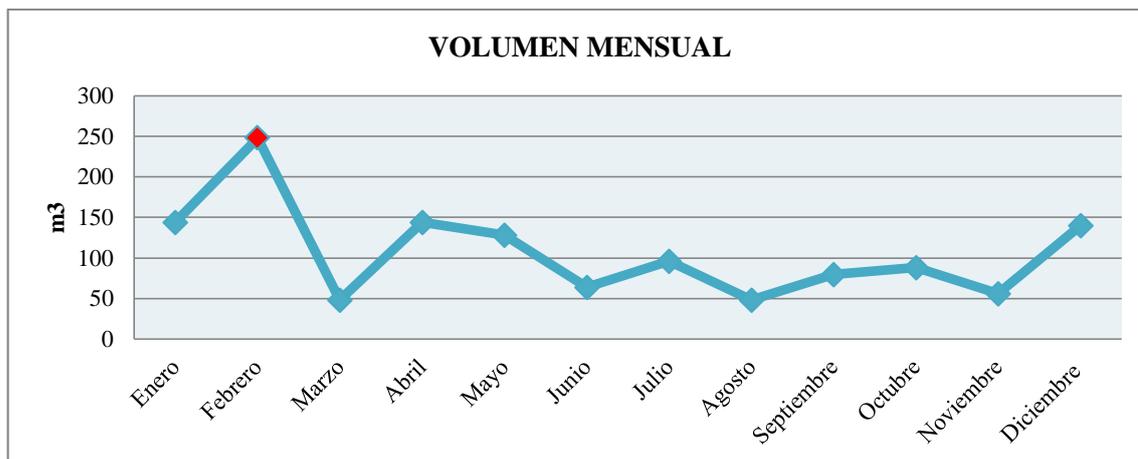
**Figura 17-3.** Volumen Semanal

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 29-3** Volumen Mensual

ESTACION	MESES	VOLUMEN MENSUAL
		(m³)
INVIERNO	Enero	144
	Febrero	248
	Marzo	48
	Abril	144
	Mayo	128
VERANO	Junio	64
	Julio	96
	Agosto	48
	Septiembre	80
	Octubre	88
	Noviembre	56
	Diciembre	140

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



**Figura 18-3.** Volumen Mensual

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

El volumen semanal acorde a los meses de aforo y los datos históricos de la EP.EMAPA-G, indican que el mes que presentan mayor volumen de agua residual, es en época invernal, Febrero; debido que el sistema de alcantarillado cumplió su tiempo de vida útil, incidiendo en la acumulación de agua estancada en los pozos de revisión, alcantarillas y embaulado, tomando en cuenta el incremento en las actividades dadas dentro de la ciudad al encontrarse en festividades populares como el carnaval de Guaranda.

### 3.5. Medición del caudal

Los resultados de medición del caudal con su respectivo grafico para cada mes de aforo, se encuentran en el **Anexo 5**.

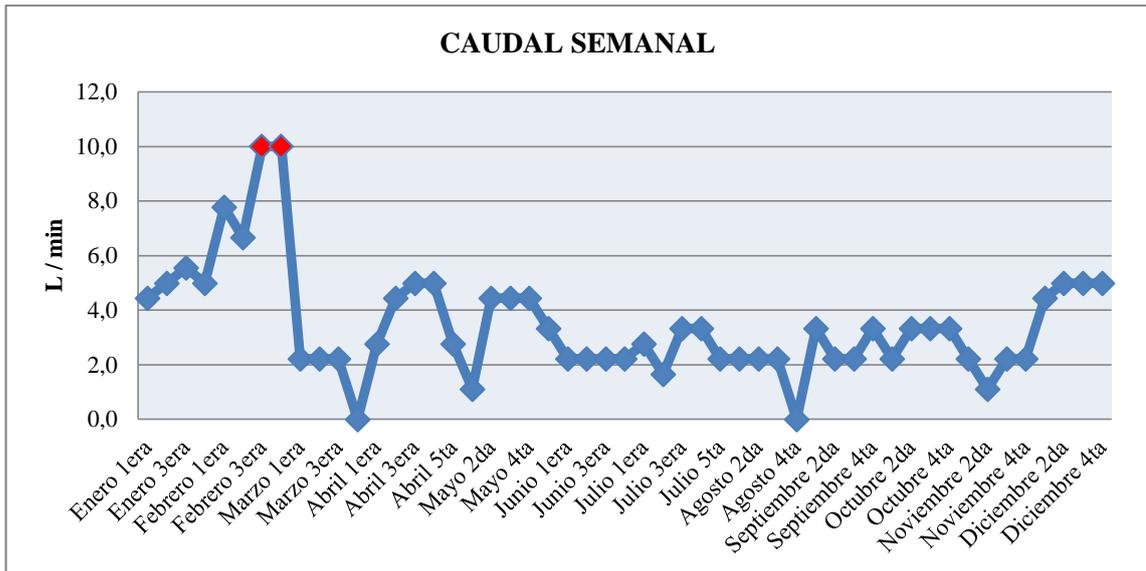
En la **Tabla 30-3** y **Tabla 31-3**, se presentan los resultados obtenidos en la medición del caudal semanal y mensual del agua residual recolectada por el hidrosuccionador, más sus datos históricos.

**Tabla 30-3** Caudal Semanal

ESTACION	MESES	CAUDAL SEMANAL (L/min)
<b>INVIERNO</b>	Enero 1era	4,4
	Enero 2da	5,0
	Enero 3era	5,6
	Enero 4ta	5,0
	Febrero 1era	7,8
	Febrero 2da	6,7
	Febrero 3era	10,0
	Febrero 4ta	10,0
	Marzo 1era	2,2

	Marzo 2da	2,2
	Marzo 3era	2,2
	Marzo 4ta	0,0
	Abril 1era	2,8
	Abril 2da	4,4
	Abril 3era	5,0
	Abril 4ta	5,0
	Abril 5ta	2,8
	Mayo 1era	1,1
	Mayo 2da	4,4
	Mayo 3era	4,4
	Mayo 4ta	4,4
	Mayo 5ta	3,3
<b>VERANO</b>	Junio 1era	2,2
	Junio 2da	2,2
	Junio 3era	2,2
	Junio 4ta	2,2
	Julio 1era	2,8
	Julio 2da	1,7
	Julio 3era	3,3
	Julio 4ta	3,3
	Julio 5ta	2,2
	Agosto 1era	2,2
	Agosto 2da	2,2
	Agosto 3era	2,2
	Agosto 4ta	0,0
	Septiembre 1era	3,3
	Septiembre 2da	2,2
	Septiembre 3era	2,2
	Septiembre 4ta	3,3
	Octubre 1era	2,2
	Octubre 2da	3,3
	Octubre 3era	3,3
	Octubre 4ta	3,3
	Noviembre 1era	2,2
	Noviembre 2da	1,1
	Noviembre 3era	2,2
	Noviembre 4ta	2,2
	Diciembre 1era	4,4
	Diciembre 2da	5,0
	Diciembre 3era	5,0
Diciembre 4ta	5,0	

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



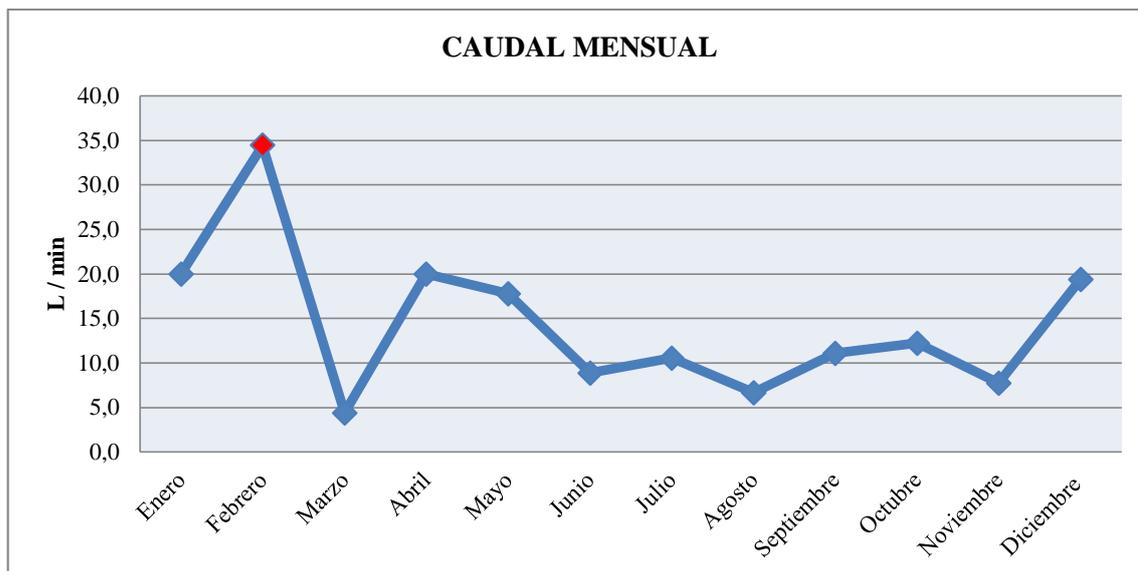
**Figura 19-3.** Caudal Semanal

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 31-3** Caudal Mensual

ESTACION	MESES	CAUDAL MENSUAL (L/min)
<b>Invierno</b>	<i>Enero</i>	20,0
	<i>Febrero</i>	34,4
	<i>Marzo</i>	4,4
	<i>Abril</i>	20,0
	<i>Mayo</i>	17,8
<b>Verano</b>	<i>Junio</i>	8,9
	<i>Julio</i>	10,6
	<i>Agosto</i>	6,7
	<i>Septiembre</i>	11,1
	<i>Octubre</i>	12,2
	<i>Noviembre</i>	7,8
	<i>Diciembre</i>	19,4

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



**Figura 20-3.** Caudal Mensual

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

Al registrarse los valores de caudal semanal durante el periodo de aforo más los datos históricos, se observó la tendencia de incremento de caudal en época invernal, a partir de lo cual por consideración de la Dirección Técnica de la EP.EMAPA-G, se utilizó el caudal máximo para el diseño del sistema de tratamiento. El cual posteriormente para la realización de los cálculos se incrementó en un 35%, permitiendo que el diseño tenga una proyección a futuro.

### 3.6. Pruebas de tratabilidad para el agua residual

Las pruebas de tratabilidad que se realizaron a las muestras de agua residual, usando diferentes concentraciones de los polímeros y auxiliares de coagulación; muestran los siguientes resultados, representados en la **Tabla 32-3** y **Tabla 33-3**. Las especificaciones de los polímeros y auxiliares se encuentran en el **Anexo 6**.

**Tabla 32-3** Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC-25A y CHEMFLOC N-100

TURBIEDAD 156.43 NTU, (pHo=7.68, pHf=7.12), rpm=200, tiempo de agitación= 9 min								
Conc Auxiliar (ppm)	Conc PAC (ppm)	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Tiempo filt (h)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	5,00	2,50	10,68	2,35	23,97	4,52	97,11
0,80	0,02	14,00	7,00	12,68	2,92	29,81	3,83	97,55
0,80	0,02	20,00	10,00	15,80	3,79	38,83	3,26	97,92
0,80	0,02	27,00	13,50	18,90	4,73	48,48	3,31	97,88
0,80	0,03	7,00	3,50	13,59	3,80	39,06	3,86	97,53

0,80	0,03	12,00	6,00	14,90	4,02	41,44	3,41	97,82
0,80	0,03	16,00	8,00	17,50	4,90	50,57	2,98	98,09
0,80	0,03	25,00	12,50	15,80	4,58	47,38	1,95	98,75
0,80	0,04	6,00	3,00	11,70	3,51	36,36	1,02	99,35
0,80	0,04	10,00	5,00	10,20	3,16	32,82	0,92	99,41
0,80	0,04	20,00	10,00	9,40	3,01	31,28	0,89	99,43
<b>0,80</b>	<b>0,04</b>	<b>28,00</b>	<b>14,00</b>	<b>9,00</b>	<b>1,80</b>	<b>18,45</b>	<b>0,74</b>	<b>99,53</b>
0,80	0,05	5,00	2,50	13,90	2,64	24,43	2,01	98,72
0,80	0,05	10,00	5,00	13,60	2,86	26,48	1,95	98,75
0,80	0,05	15,00	7,50	12,70	2,92	27,14	1,47	99,06
0,80	0,05	20,00	10,00	11,20	2,80	26,07	1,23	99,21

**Realizado por:** Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G - CORTÉS, Erika. 2015 (Tesista)

La muestra inicia con una turbiedad de 156,43 NTU, la cual al adicionarse PAC-25A y CHEMFLOC N-100; en diferentes concentraciones disminuyen, obteniendo porcentajes de remoción desde 97,11% - 99,53%, es decir, al considerarse una remoción del 99,53% de turbiedad se mejora la calidad del agua, debido a que se reduce al 0,74 NTU de turbiedad.

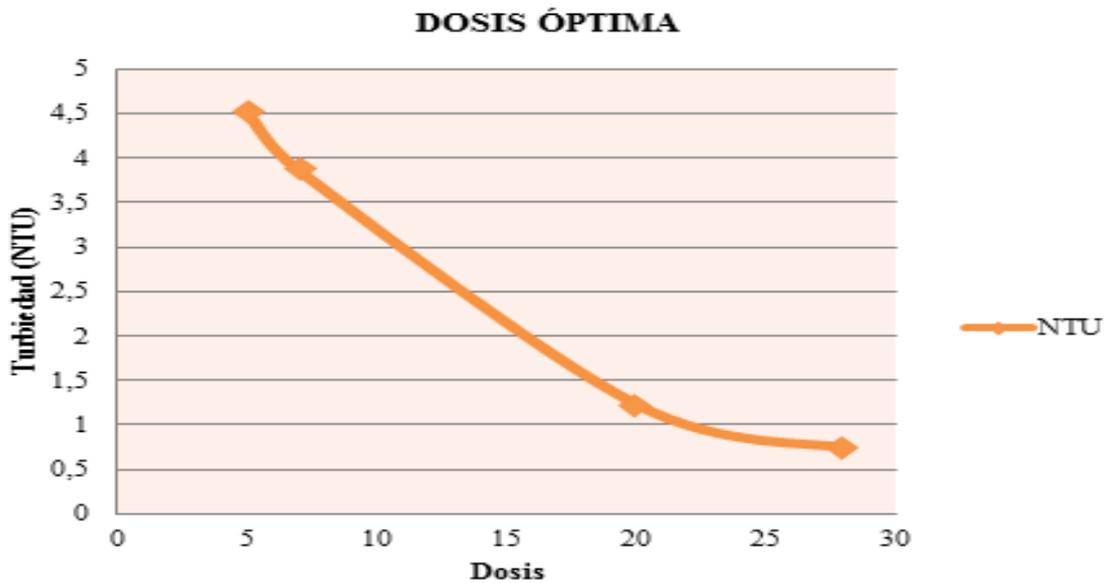
**Tabla 33-3** Resultados de la prueba de tratabilidad con Sulfato de Aluminio y Cal T-30

<b>TURBIEDAD 156.43 NTU, (pHo=7.68, pHf=7.00), rpm=200, tiempo de agitación= 20 min</b>								
<b>Conc Cal (ppm)</b>	<b>Conc Sulfato (ppm)</b>	<b>Dosis Cal (mL)</b>	<b>Dosis Sulfa (mL)</b>	<b>Tiempo for. Floc (min)</b>	<b>Tiempo dec. Floc (min)</b>	<b>Tiempo filt (h)</b>	<b>Turbiedad Final (NTU)</b>	<b>% Remoción</b>
0,02	0,02	20,00	20,00	20,27	7,10	24,00	56,31	64,00
0,02	0,02	30,00	30,00	19,16	6,52	24,00	54,75	65,00
0,02	0,02	40,00	40,00	18,08	5,97	24,00	53,19	66,00
0,02	0,02	50,00	50,00	17,04	5,45	24,00	51,62	67,00
0,03	0,03	20,00	20,00	16,02	4,97	24,00	50,06	68,00
0,03	0,03	30,00	30,00	15,03	4,51	24,00	48,49	69,00
0,03	0,03	40,00	40,00	14,08	4,08	24,00	46,93	70,00
0,03	0,03	50,00	50,00	13,16	3,68	24,00	45,36	71,00
0,04	0,04	20,00	20,00	12,26	3,31	24,00	43,80	72,00
0,04	0,04	30,00	30,00	11,40	2,96	24,00	42,24	73,00
0,04	0,04	40,00	40,00	10,57	2,64	24,00	40,67	74,00
0,04	0,04	50,00	50,00	9,78	2,35	24,00	39,11	75,00
0,05	0,05	20,00	20,00	9,01	2,07	24,00	37,54	76,00
0,05	0,05	30,00	30,00	8,28	1,82	24,00	35,98	77,00
0,05	0,05	40,00	40,00	7,57	1,59	24,00	34,41	78,00
<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>50,00</b>	<b>50,00</b>	<b>6,90</b>	<b>1,38</b>	<b>24,00</b>	<b>32,85</b>	<b>79,00</b>

**Realizado por:** Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G - CORTÉS, Erika. 2015 (Tesista)

La muestra inicia con una turbiedad de 156,43 NTU al utilizarse Sulfato de Aluminio y Cal T-30, en varias concentraciones; se obtiene un porcentaje de remoción desde el 64% - 79%, teniendo un porcentaje bajo de remoción y la presencia de color en las muestras tratadas.

### 3.6.1. Dosis óptima de PAC-25A y CHEMFLOC N-100



**Figura 21-3.** Dosis óptima

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

Al adicionar PAC-25A y CHEMFLOC N-100, con una turbiedad inicial de 156,43 NTU en el primer ensayo al dosificarse 5 mL se obtuvo una turbiedad de 4,52 NTU con un porcentaje de remoción del 97,11%; al adicionar 7 mL la turbiedad es de 3,86 NTU con un porcentaje de remoción del 97,53%; al añadir 20 mL la turbiedad es de 1,23 NTU con un porcentaje de remoción del 99,21% y finalmente al dosificar 28 mL la turbiedad es de 0,74 NTU con un porcentaje de remoción del 99,53%.

### 3.6.2. *pH óptimo*

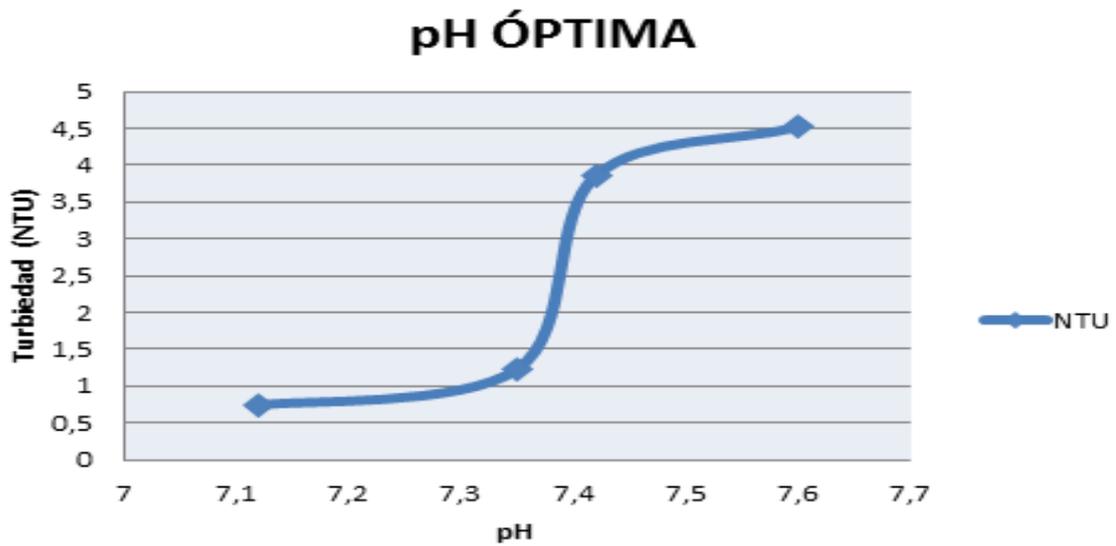


Figura 22-3. **pH óptima**

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

El agua residual presenta un pH de 7,6 al tener una turbiedad de 4,52 NTU; al presentar una turbiedad de 3,86 NTU el pH es de 7,42; cuando la turbiedad es de 1,23 NTU el pH es de 7,35; al tener una turbiedad de 0,74 NTU el pH es de 7,12.

### 3.6.3. *Concentración óptima*

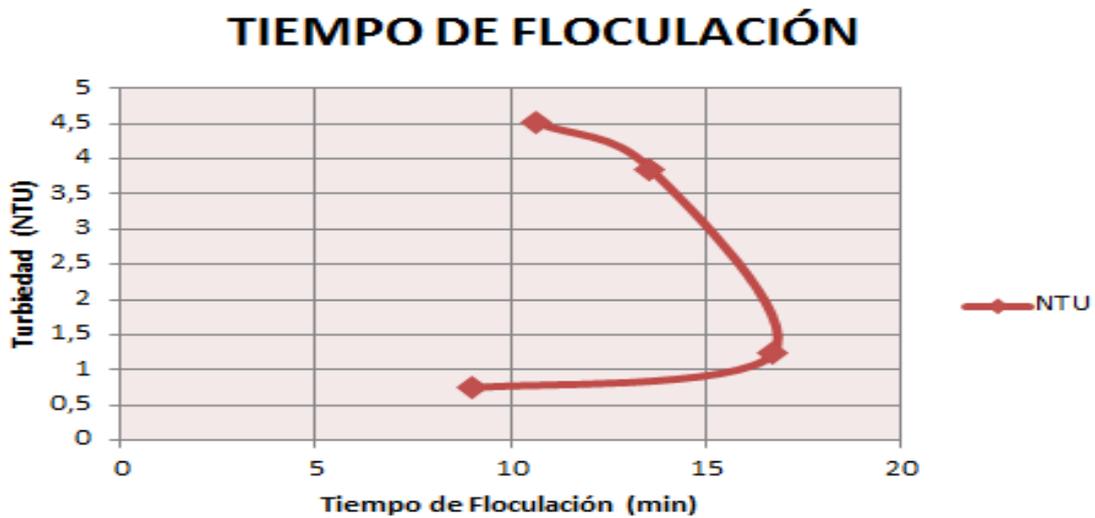


Figura 23-3. **Concentración óptima**

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

Con distintas concentraciones de PAC-25A y CHEMFLOC N-100 en el agua residual se obtiene: a 0,02 un pH de 7,6; a 0,03 el pH es de 7,42; a 0,04 el pH es de 7,12; a 0,05 el pH es de 7,35.

### 3.6.4. Tiempo de floculación



**Figura 24-3.** Tiempo de Floculación

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

Al realizar los ensayos con un gradiente de velocidad de 200 rpm obtenemos los siguientes resultados: para una turbiedad de 4,52 el tiempo de floculación es de 10,68 min; para una turbiedad de 3,86 el tiempo de floculación es de 13,59 min; para una turbiedad de 1,23 el tiempo de floculación es de 16,73 min; para una turbiedad de 0,74 el tiempo de floculación es de 9 min.

### 3.6.5. Rendimiento de las pruebas de tratabilidad

Después de realizarse las pruebas de tratabilidad y encontrar la dosis óptima y concentración óptima del polímero más el auxiliar, se realizó el análisis de agua residual; obteniéndose los siguientes resultados con su respectivo rendimiento:

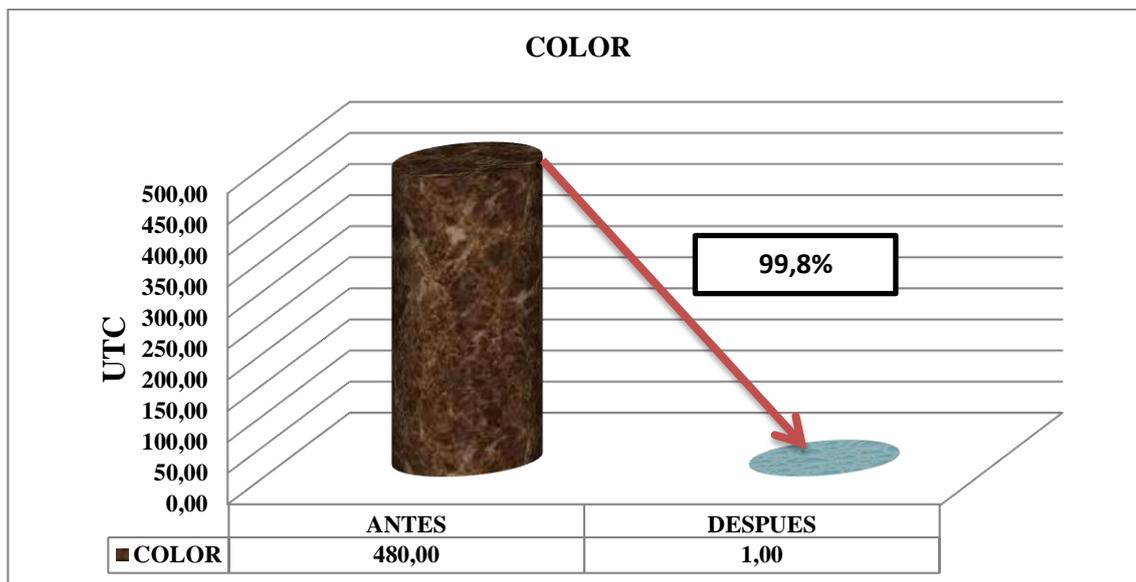
**Tabla 34-3** Resultados del rendimiento de la prueba de coagulación, floculación y sedimentación

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULAS	ANTES	DESPUES	REMOCION	RENDIMEIN TO TOTAL
		Lim.Máx. Per				
COLOR	UTC	Ina. en dis	480,00	1,00	479,00	99,8
TURBIEDAD	NTU	.....	156,43	0,74	155,69	99,5
pH	.....	.....	7,68	7,12	0,56	7,3
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	820,89	98,76	722,13	88,0

SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	100	228,38	42,61	185,77	81,3
TEMPERATURA	° C	< 35	19,54	15,83	3,71	19,0
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	10,0	18,54	1,27	17,27	93,1
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	10,0	1,350	0,12	1,23	91,1
NITRÓGENO AMONÍACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	10,0	13,46	0,02	13,44	99,9
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1000	8,00	10,00	-	-
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	1,48	0,64	0,84	56,8
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	5,87	0,26	5,61	95,6
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2,0	0,325	0,150	0,18	53,8
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,5	0,11	0,007	0,10	93,6
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,190	0,04	0,15	78,9
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	.....	520,00	120,00	400,00	76,9
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5,0	0,024	0,008	0,02	66,7
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	105,370	24,630	80,74	76,6
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,28	0,13	0,15	53,6
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,24	0,19	0,05	20,8
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0,2	0,007	0,007	-	-
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5,0	0,51	0,34	0,17	33,3
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0,1	< 0,1	0,01	-	-
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,1	< 0,001	0,002	-	-
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2,0	1,46	1,08	0,38	26,0
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,006	0,006	-	-
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	.....	0,01	0,01	-	-
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,21	0,19	0,02	9,5
OXÍGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	0,84	6,61	-	-
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	760	< 1**	-	99,9
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	258	< 1**	-	99,9
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100	11580	29	11550	99,7
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	250	5089	5	5084,00	99,9

**Realizado por:** Laboratorio de Control de Calidad EP.EMAPA-G - CORTÉS, Erika. 2015 (Tesis)

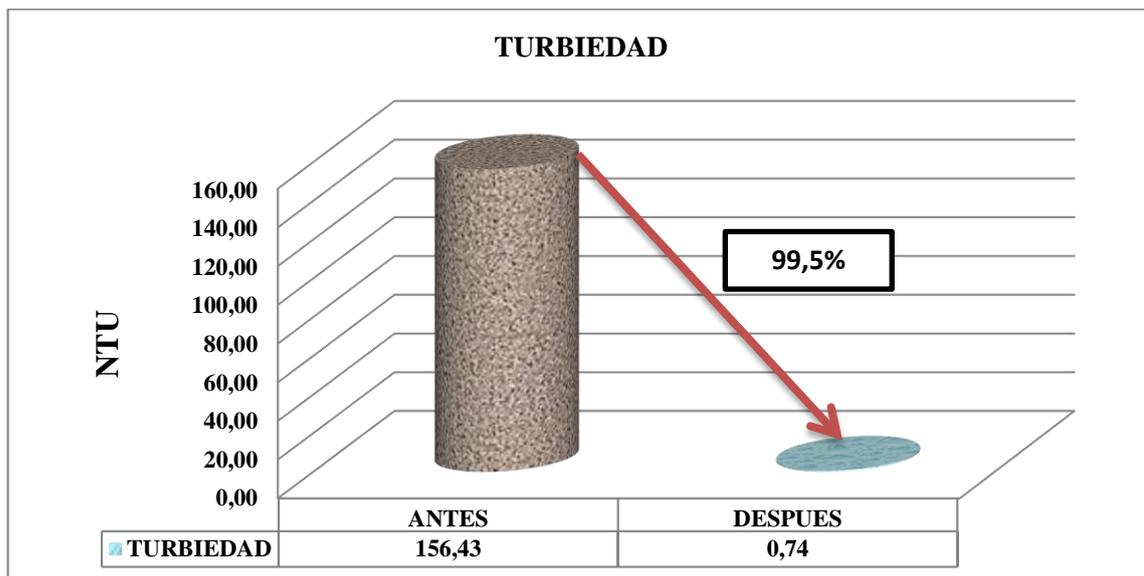
A continuación se consideran los porcentajes de mayor remoción para ser representados gráficamente, considerando a su vez el cumplimiento del TULSMA, y encontrándose dentro de los límites permisibles:



**Figura 25-3.** Rendimiento del Color

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

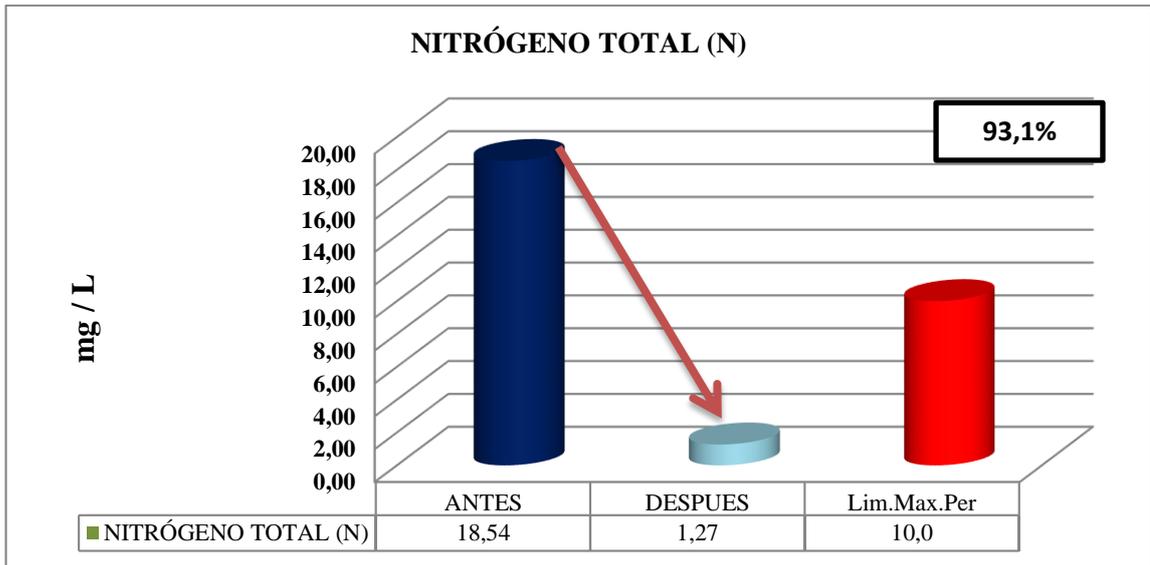
El rendimiento del color muestra el 99,8% de porcentaje de remoción; después del tratamiento con PAC-25A y CHEMFLOC N-100, reduciéndose de 480 UTC a 1 UTC.



**Figura 26-3.** Rendimiento de Turbiedad

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

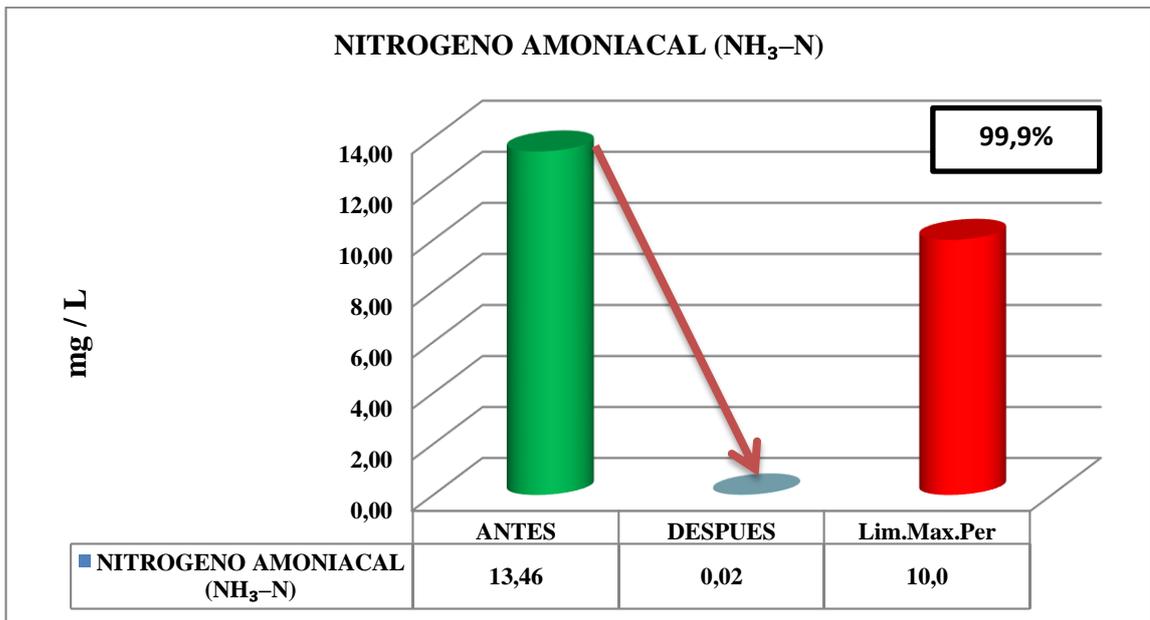
La turbiedad antes de ser tratada con PAC-25A y CHEMFLOC N-100 tiene un valor de 156,43 NTU, después de se reduce a 0,74 NTU. El porcentaje de rendimiento para la remoción es del 99,5%.



**Figura 27-3.** Rendimiento del Nitrógeno Total

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

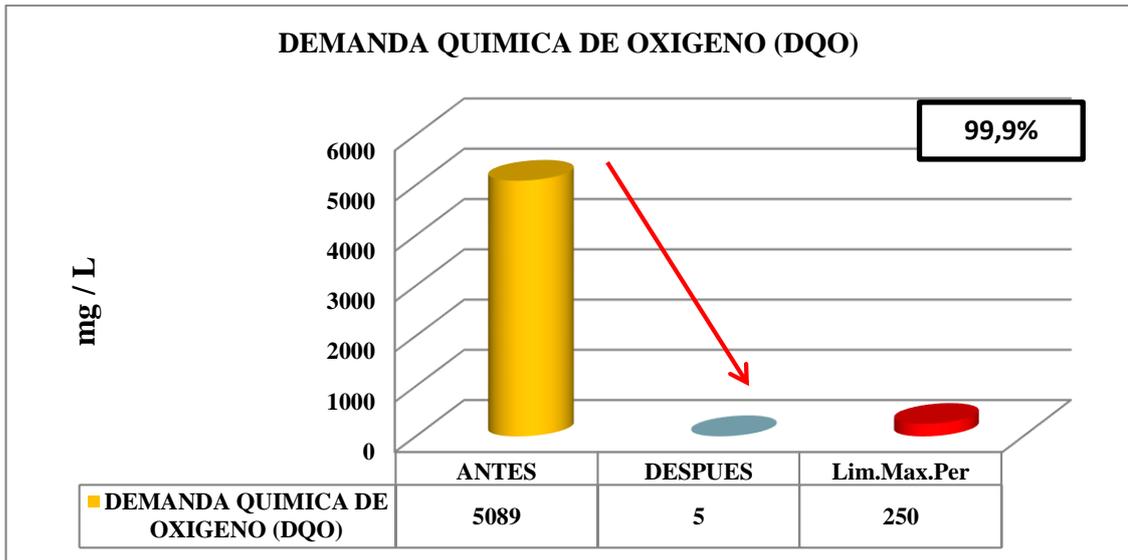
El nitrógeno total se muestra con antes del tratamiento con 18,54 mg/L, al aplicarse el tratamiento se reduce al 1,27 mg/L; reduciéndose 17,27 mg/L, es decir, el 93,1% de remoción.



**Figura 28-3.** Rendimiento del Amoniacal

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

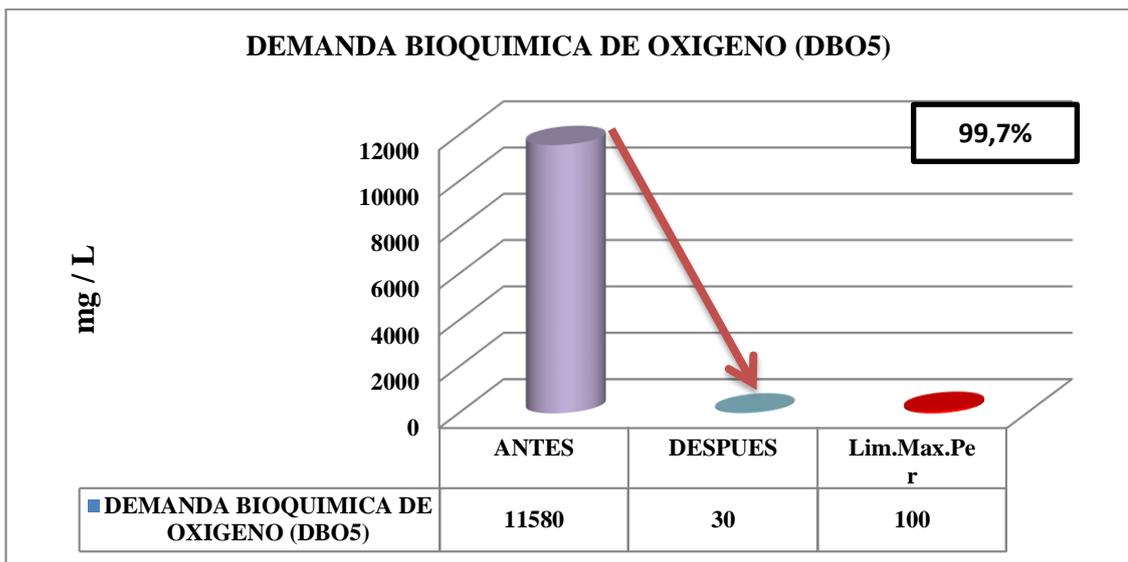
El nitrógeno amoniacal presenta una reducción de 13,44 mg/L, considerado como el 99,9% de remoción. Cumpliendo con la normativa vigente.



**Figura 29-3.** Rendimiento de la Demanda Química de Oxígeno

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

La demanda química de oxígeno antes del tratamiento tiene 5089 mg/L, al aplicarse el tratamiento se reduce a 5 mg/L; teniendo el 99.9% de rendimiento para la remoción, cumpliendo la normativa.



**Figura 30-3.** Rendimiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

La demanda bioquímica de oxígeno presenta un porcentaje de rendimiento para la remoción del 99,7%; mostrando antes de la aplicación del tratamiento 11580 mg/L y después se reduce a 29 mg/L.

Es decir, después de realizarse las pruebas de tratabilidad en el agua residual, los parámetros analizados tienden a reducirse, encontrándose dentro de los límites permisibles por el TULSMA. El agua resultante de este tratamiento no presenta alteraciones en sus propiedades organolépticas, cristalina, reducción color y olores, y finalmente sin la presencia de patógenos.

### **3.7. Procesos para el tratamiento del agua residual**

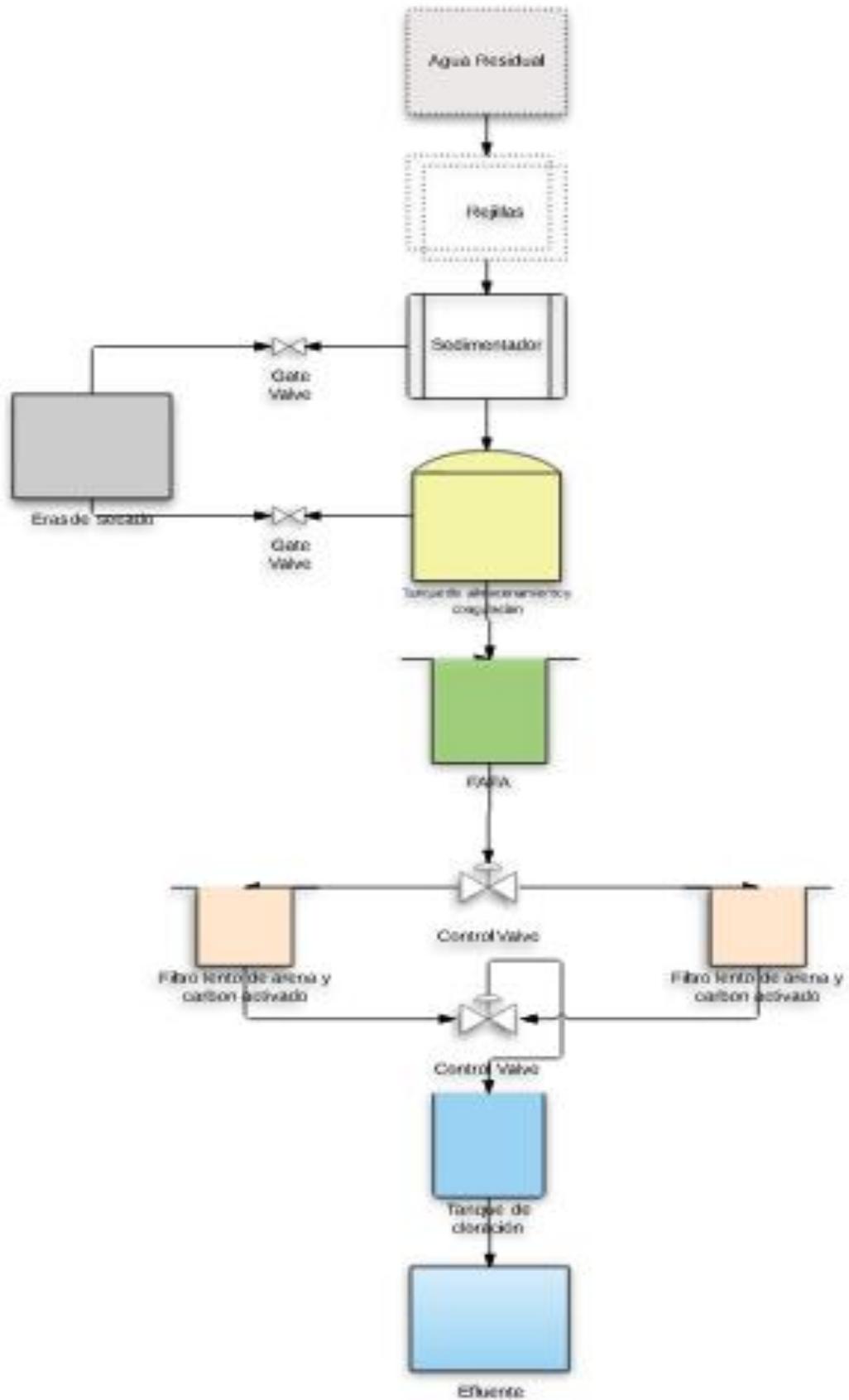
Para establecer los procesos adecuados para el tratamiento del agua residual, inicialmente se tuvo que realizar mediciones de volumen, durante varios meses, y por consideración de la Dirección Técnica de la EP-EMAPA-G se utilizó el volumen máximo semanal de 72 m<sup>3</sup>, proyectado como un caudal de diseño de 13,5 L/s, considerando el incremento del 35% con visión a futuro. El trabajo se lo hace semanalmente debido a que es un proceso discontinuo.

A continuación se realizó la caracterización física, química, microbiológica y pruebas de tratabilidad; debido a que estos permitirán considerar el tipo de tratamiento y el tipo de unidades con la capacidad adecuada a usar. De igual manera se consideró la ubicación y los factores económicos más convenientes para la empresa.

Los parámetros encontrados fuera de norma son: color, sólidos totales, turbiedad, conductividad, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, hierro total, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes fecales y totales, y bajo nivel de oxígeno disuelto.

Para la reducción en la concentración de estos parámetros es recomendable el tratamiento de sedimentación, complementado con coagulación y floculación. Para la eliminación de olores se recomienda el uso de carbón activado y arena, y para la eliminación de coliformes totales y fecales, la desinfección del agua, después del tratamiento físico y químico.

Después de haber realizado la caracterización física, química, microbiológica y las respectivas pruebas de laboratorio se llegó a que los procesos más adecuados para construir la planta de tratamiento de aguas residuales para el hidrosuccionador son las mencionadas en la **FIGURA 31-3**.



Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Figura 31-3.** Procesos adecuados para el tratamiento del agua residual

En la **FIGURA 31-3**, se presenta la propuesta del diseño de la planta de tratamiento; donde inicialmente el agua llega a un tamizado compuesto de rejillas, para la retención de los sólidos de tamaño mediano y grande. Posteriormente pasa a un sedimentador convencional, para la decantación de las partículas con mayor densidad, mismas que serán retenidas al fondo para su posterior desfogue.

Luego el agua pasa a un tanque de almacenamiento y coagulación, donde después de alcanzar el volumen requerido comenzará el funcionamiento dándose el proceso de coagulación por la dosificación del coagulante y el auxiliar, mediante la agitación de sus paletas, para la formación de los flocs y su posterior precipitación.

Mediante un sistema de válvulas y su respectiva operación los lodos de los procesos de sedimentación y coagulación, serán conducidos a gravedad a un lecho de secado para la deshidratación y su posterior disposición final.

Con la utilización de una válvula de control el agua pasará a los filtros anaerobios de flujo ascendente, disminuyendo la cantidad de partículas coloidales, materia orgánica, sólidos en suspensión, logrando la clarificación parcial del agua.

Seguido el agua pasa al filtro lento de arena y carbón activado, para lograr la clarificación total del agua y eliminación de olores, se diseñó un filtro adicional dado que el medio filtrante tiende a saturarse, incidiendo en un mantenimiento preventivo constante.

Finalmente el agua pasa a un tanque de cloración para eliminar la presencia de patógenos, donde se adicionara hipoclorito de calcio por goteo, luego de todos los procesos antes descritos el agua es conducida a una quebrada que tiene un cuerpo receptor de agua dulce.

Para realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento, se consideró los siguientes criterios técnicos con los respectivos cálculos.

#### a. Caudal de diseño

**Tabla 35-3** Caudal de diseño

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m <sup>3</sup> /s	2,3x10 <sup>-4</sup>

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

## b. Diseño de rejillas

**Tabla 36-3** Diseño de rejillas

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Altura del tirante de construcción	$h_a$	m	0,85
Altura total	$h_T$	m	0.30
Ancho del canal	B	m	0.40
Ángulo de inclinación	$\alpha$	°	40
Área libre al paso del agua	$A_L$	m <sup>2</sup>	$2 \times 10^{-4}$
Espesor de las barras	S	m	$1.27 \times 10^{-2}$
Longitud de barras	$L_b$	m	1,31
Longitud del canal	L	m	0.40
Número de barras	$N_b$	unidades	15
Pérdida de carga	h	----	0,043
Separación entre barras	e	m	0.02
Velocidad	v	m/s	1,15

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

## c. Diseño del Sedimentador Convencional

**Tabla 37-3** Diseño del Sedimentador Convencional

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho	B	m	4
Ángulo de inclinación	$\theta$	Grados °	60
Área de sedimentación	$A_s$	m <sup>2</sup>	10
Carga superficial	$C_s$	m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> día	2
Gradiente de velocidad	G	s <sup>-1</sup>	30
Longitud de transición	$L'$	m	1,13
Longitud del sedimentador	L	m	12
Longitud relativa del sedimentador	$L_r$	m	4
Longitud relativa del sedimentador corregida en la longitud de transición	$L_{cr}$	m	2,87

Número de Reynolds	Re	-	86,65
Tiempo de retención	tr	min	12,53
Velocidad de sedimentación crítica	v <sub>sc</sub>	m/s	1,73x10 <sup>-5</sup>
Velocidad promedio de flujo	v <sub>o</sub>	m/s	2,66x10 <sup>-5</sup>
Volumen del sedimentador	Vd	m <sup>3</sup>	72

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

#### d. Diseño Tanque de Almacenamiento y Coagulación

**Tabla 38-3** Dimensionamiento del tanque de almacenamiento inicial

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Altura del tanque	H	m	1,65
Diámetro del tanque	D	m	6
Radio del tanque	R	m	3
Volumen del tanque	V	m <sup>3</sup>	46,8

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 39-3** Dimensionamiento del agitador de 6 paletas

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Altura total del tanque	Ht	m	2,8
Altura del líquido	H	m	6
Altura del rodete sobre el fondo del tanque	C	m	2
Ancho de las paletas	W	m	0,4
Ancho de las placas deflectoras	J	m	0,5
Diámetro del agitador	Da	m	2
Diámetro del sujetador de las paletas	Dd	m	1,3
Longitud de las palas del rodete	L	m	0,5
Potencia del motor para el agitador	P	W	366,74
Tiempo óptimo de mezcla	t <sub>o</sub>	min	9
Velocidad de rotación para el agitador	N	rev/s	0,12

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**e. Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)**

**Tabla 40-3** Diseño del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m <sup>3</sup> /día	42,12
Altura total de la cámara	H <sub>Tr</sub>	m	2,10
Ancho del filtro	b	m	3,00
Área horizontal del filtro	A <sub>f</sub>	m <sup>2</sup>	23,40
Longitud del filtro	L	m	7,80
Profundidad útil del filtro	H <sub>u</sub>	m	1,80
Tiempo de retención hidráulica	Tr	día	1,00
Volumen del filtro	V <sub>f</sub>	m <sup>3</sup>	42,12

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

**f. Filtro Lento de Arena y Carbón Activado**

**Tabla 41-3** Filtro Lento de Arena y Carbón Activado

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho del filtro	B	m	3,39
Área	A	m <sup>2</sup>	30
Área superficial real	A <sub>s</sub>	m <sup>2</sup>	15
Coefficiente mínimo de costo	K	-	1,33
Longitud del filtro	L	m	4,41
Vertedero de entrada	ha	cm	3,92
Número de unidades	N	-	2
Velocidad de filtración	V <sub>F</sub>	m/h	0,058
Velocidad de filtración real	v <sub>FR</sub>	m/h	0,017
Profundidad	H	m	2
Altura del filtro	Z <sub>F</sub>	m	3
Factor de seguridad	F <sub>S</sub>	m	1,2
Altura de la capa de agua	C <sub>A</sub>	m	0,4

Altura del lecho filtrante	$L_A$	m	1,3
Altura de la capa de soporte	$C_S$	m	0,3
Altura de drenaje	$F_C$	m	0,5

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 42-3** Sistema de drenaje

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área de orificios laterales	$A_o$	cm <sup>2</sup>	0,0314
Diámetro de orificios	$D_o$	m	0,0002
Velocidad de orificio	$v_o$	m/s	0,3
Caudal que ingresa a cada orificio	$Q_o$	m <sup>3</sup> /s	1,88x10 <sup>-6</sup>
Numero de laterales	$N_L$	Adimensional	6
Espaciamiento de los laterales	$n_L$	Adimensional	1,5
Longitud para laterales	$L_L$	m	4
Separación entre laterales	$e_L$	m	1
Diámetro de la tubería de entrada del filtro	$D_{TE}$	m	0,021
Velocidad de entrada	$v_e$	m/s	1,3
Diámetro de la tubería de salida del filtro	$D_{TS}$	m	0,032
Velocidad de salida	$v_s$	m/s	0,6

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

**Tabla 43-3** Sistema de lavado del filtro

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Velocidad optima de lavado del filtro	$v_L$	m/s	4x10 <sup>-4</sup>
Coefficiente de uniformidad	$C_U$	Adimensional	2
Tamaño efectivo de arena	$T_E$	mm	0,0002
Tiempo óptimo de lavado	$t_L$	s	600
Cantidad de agua para lavado del filtro	$V_L$	m <sup>3</sup>	3,6

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

### g. Tanque de cloración

**Tabla 44-3** Tanque de cloración

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m <sup>3</sup> /s	4,87x10 <sup>-4</sup>
Volumen del tanque	V	m <sup>3</sup>	0,87
Tiempo de reacción	t	s	1800
Altura del tanque	A <sub>T</sub>	m	1
Ancho del tanque	B	m	1
Longitud del tanque	L	m	1

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

### 3.8. Elaboración de planos

Los planos para cada unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales, se encuentran en el **Anexo 7**.

### 3.9. Valoración e identificación de impactos ambientales

Mediante la matriz de Leopold, de la **Tabla 45-3** se pudo identificar 56 afectaciones positivas, 129 afectaciones negativas, con un total de 185 interacciones, es decir, 319 agregaciones de impactos. Lo cual según la **Tabla 18-2** representa un impacto positivo muy alto.

Al calcular el nivel de significancia, usando la **Ecuación 67** se obtiene un valor de 1,32. De acuerdo con la **Tabla 19-2**, resulta ser bajo al encontrarse de 0 a 2,5.

Los impactos positivos altos más notorios se dan por la generación de empleo y el bienestar de la población, a medida que se ejecute la construcción del sistema de tratamiento contribuirá con el crecimiento y mejoramiento poblacional, al incrementar la posibilidad de brindar nuevas y mejores plazas laborales e incentivar el mejoramiento continuo de la comunidad y la empresa. Debido al aumento de plazas de empleo durante la etapa de construcción, operación y mantenimiento.

El impacto negativo más relevante se da por la contaminación del aire, generada en su mayoría en la etapa de construcción, causada por el traslado de material de construcción y material

resultante de la limpieza del área a ser trabajada. Considerando la etapa de construcción corta e indicando que los cambios y molestias ocasionadas en la misma, serán controlados y reducidos posteriormente, tomando las medidas necesarias para las mismas.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- El volumen máximo de agua residual semanal es de 72 m<sup>3</sup>, considerado a base de las aforaciones, monitoreos y datos históricos registrados, en mayor porcentaje durante la época invernal, lo que permitió obtener un caudal de diseño proyectado de 13,5 L/s; estimado un incremento del 35% debido a trabajos no establecidos en las actividades programadas durante los recorridos del hidrosuccionador.
- Las caracterización físico, química y microbiológica realizada al agua residual dieron las siguientes concentraciones fuera de los límites permisibles de la Tabla 12 Anexo 1, Libro VI de la norma TULSMA: color 480 NTU, coliformes fecales 258 Nmp/100ml, demanda bioquímica de oxígeno 11580 mg/L, demanda química de oxígeno 5089 mg/L, nitrógeno total 18,54 mg/L, solidos suspendidos 228,38 mg/L, considerando además algunos parámetros que no se encuentran establecidos en esta normativa pero que son importantes por estética e indicadores en la calidad del agua tales como: turbiedad 156,43 NTU, coliformes totales 760 Nmp/100ml, oxígeno disuelto 0,84 mg/L.
- Las pruebas de tratabilidad mediante el test de jarras permitieron obtener los puntos óptimos para la dosificación de los coagulantes químicos: 28 mL/L de policloruro de aluminio a una concentración del 4% y 14 mL/L chemfloc N-100 a una concentración del 8%, para un pH de 7,68 a 200 rpm, con un tiempo de floculación de 9 min, se obtiene una remoción del 95,53%. Estos parámetros específicos permitieron establecer el diseño de los procesos de coagulación con sus respectivos accesorios y filtración determinando el medio filtrante más eficiente. También se realizó ensayos con sulfato de aluminio y cal al 5%, utilizando un volumen de 50 mL/L de cada producto químico, obteniéndose un 79% de remoción.
- Los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales recolectadas por el hidrosuccionador, se basó a partir de caracterizaciones primarias del agua residual, simulación de procesos de tratamiento en el laboratorio, estableciendo las siguientes unidades: rejillas con un ancho de 0,40 m, sedimentador convencional con un ancho de 4 m y largo de 12 m, tanque de almacenamiento y coagulación con un diámetro de 6 m y altura del tanque de 1,65 m, filtro anaerobio de flujo ascendente con un ancho de 3 m y longitud de 7,8 m, filtro

lento de arena y carbón activado con un ancho de 3,39 y longitud de 4,41 m; para cada filtro considerando el diseño de dos en paralelo, tanque de cloración con un ancho de 1 m y una longitud de 1 m. Los lodos desfogados por el sedimentador y el tanque de almacenamiento y coagulación serán conducidos a unas eras de secado, para su posterior deshidratación. El diseño se realizó usando el Software AutoCAD 2013.

## **Recomendaciones**

- Realizar el estudio de eras de secado, con el fin de evitar contaminación ambiental futura, dándole la aplicación adecuada a los lodos y su correcta disposición final.
- Se recomienda que los procesos trabajen a gravedad para evitar el gasto en bombas eléctricas, disminuyendo el costo operacional.
- Se recomienda implementar la planta de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de reducir el impacto ambiental, y proliferación de patógenos.
- Se deberá, a medida de lo posible; incluir el manual de operaciones y mantenimiento de la planta de aguas residuales, dentro de los procesos anuales de la empresa.

## BIBLIOGRAFIA

**Aguilar , M. 2002.** *Tratamiento físico químico de aguas residuales: coagulación - floculación.* Murcia : Universidad de Murcia Servicio de Publicaciones, 2002. 84-8371-308-X.

**Aguilar, M.I., y otros. 2002.** *Tratamiento físico-químico de aguas residuales.* Murcia : F.G Graf S.L., 2002. 84-8371-308-X.

**Andrade, M. 2010.** *Gestión y uso del agua.* Bolivia : s.n., 2010. 978-99954-766-2-5.

**Borderías, Ma. Pilar y Muguruza, Carmen. 2014.** *Evaluación del impacto ambiental .* Madrid : Universidad Nacional de Educación a Distancia Madrid, 2014. 978-84-362-6928-4.

**Campos Gómez, Irene. 2003.** *Saneamiento Ambiental.* San José : EUNED, 2003. 9968-31-069-7.

**Comisión Nacional del Agua. 2009.** Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario. *Sitio web de CONAGUA .* [En línea] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales , Diciembre de 2009. [Citado el: 10 de Agosto de 2015.] <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf>.

**Conesa, Vicente. 2010.** *Guia metodologica para la evaluación del impacto ambiental.* s.l. : S.A. Mundi-Prensa, 2010. 9788484763840.

**Crites, Ron y Tchobanogious, George. 2000.** *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados.* Santa Fé de Bogotá : McGraw-Hill, 2000.

**Daugherty, Franzini. 1989.** *Mecánica de fluidos con aplicaciones de ingeniería .* Singapore : Mc Graw Hill Book Company, 1989.

**Doménech, Xavier. 2006.** *Química Ambiental de Sistemas Terrestres.* Barcelona : Reverté, S.A., 2006. 84-291-7906-2.

**EcuRed. 2015.** Conocimiento con todos y para todos. *sitio web de EcuRed.* [En línea] 2015. [Citado el: 28 de Agosto de 2015.] <http://www.ecured.cu/index.php/Alcantarillado>.

**El Telegrafo. 2013.** Adquirido equipo succionador. [En línea] 18 de Julio de 2013. [Citado el: 12 de Julio de 2015.] <http://www.telegrafo.com.ec/regionales/regional-centro/item/adquirido-equipo-succionador.html>.

**EPA. 1999.** Folleto informativo de tecnología de aguas residuales - Desinfección con cloro . *Sitio web del EPA*. [En línea] Office of water Washington, D.C., Septiembre de 1999. [Citado el: 16 de Agosto de 2015.] [http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004\\_07\\_07\\_septics\\_cs-99-062.pdf](http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/2004_07_07_septics_cs-99-062.pdf). EPA 832-F-99-062.

**EP-EMAPAG. 2015.** Reseña Histórica: EP-EMAPAG. *sitio web de EP-EMAPAG*. [En línea] DISOFT, 2015. [Citado el: 25 de Junio de 2015.] <http://www.emapag.gob.ec/1/EPEMAPAG/Rese%C3%B1aHist%C3%B3rica.aspx>.

**ETAPA EP. 2015.** Planta de tratamiento de aguas residuales Ucubamba. *sitio web de ETAPA EP*. [En línea] 2015. [Citado el: 1 de Agosto de 2015.] <http://www.etapa.net.ec/Productos-y-servicios/Saneamiento/Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-Ucubamba>.

**Falkenberg, Karl. 2010.** Ecolabel. *sitio web de Ecolabel*. [En línea] Febrero de 2010. [Citado el: 10 de Julio de 2015.] [http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waste\\_water\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/info/pdf/waste_water_es.pdf). KH-32-10-470-ES-C.

**Grupp, Adriane. 2010.** Diseño de un modelo de planta de tratamiento de aguas residuales domesticas con tanques fibratank. *Sitio web de Universidad Simón Bolívar*. [En línea] Octubre de 2010. [Citado el: 12 de Agosto de 2015.] <http://159.90.80.55/tesis/000149222.pdf>.

**Guarguati, Juan y Ramirez, Frank. 2008.** *Evaluación toxicologica de la influencia de los detergentes provenientes del efluente del Rap de la UPB, sobre el crecimiento y desarrollo de la Spirodella sp.* Bucaramanga : Escuela de Ingenierias y Administración Ingeniería Ambiental, 2008.

**Islas, Ricardo. 2005.** *Proyectos de plantas de tratamiento de aguas: Aguas de proceso, residuales y de refrigeración.* España : BELLISCO, 2005. 84-96486-05-2.

**Levine, A.G, Tchobanglous y Asano, T. 1985.** *Caracterización y distribución según el tamaño de contaminantes en aguas residuales: Tratamiento y Reutilización.* México : s.n., 1985.

**Metcalf & Eddy. 2009.** *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización.* Madrid - España : McGraw-Hill, 2009.

**Ministerio del Ambiente. 2013.** *sitio web del Ministerio del Ambiente*. [En línea] 07 de Noviembre de 2013. [Citado el: 12 de Agosto de 2015.] <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/images/articulos/archivos/am114.pdf>.

**Organización Panamericana de la Salud - OPS. 2005.** Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en multiples etapas. *Sitio web de BVSDE*. [En línea] 2005. [Citado el:

13 de Agosto de 2015.]  
[http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtracion\\_ME/Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtraci%C3%B3n\\_ME.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf). OPS/CEPI/06.174  
UNATSABAR.

—. **2005**. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. *Sitio web de slideshare*. [En línea] 2005. [Citado el: 15 de Julio de 2015.] <http://es.slideshare.net/wilfredosotoleon/diseo-de-desarenador>. OPS/CEPI/05.158 UNATSABAR.

**Ramallo, R. 2003**. *Tratamiento de aguas residuales*. Sevilla - España : Reveté S.A., 2003.

**RAS, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. 2000**. Tratamiento de Aguas Residuales. *Sitio web de Ministerio de Desarrollo Económico*. [En línea] Noviembre de 2000. [Citado el: 20 de Agosto de 2015.] [http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7.\\_Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf).

**Rios, Antonio. 2010**. El Agua . *Sitio web de Issuu*. [En línea] Febrero de 2010. [Citado el: 25 de Julio de 2015.] [http://issuu.com/antonioros/docs/el\\_agua](http://issuu.com/antonioros/docs/el_agua).

**Romero , J.A. 1996**. *Acuiquímica*. Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería , 1996.

—. **2000**. *Calidad del agua*. Colombia : Marcombo, 2000.

**Romero, J. 2004**. *Tratamiento de aguas residuales, Teoría y Principios de diseño*. Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2004.

**Sánchez, Arturo. 2011**. *Conceptos Básicos de Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable*. México DF : S y G editores, 2011. 978-607-7552-07-9.

**Timbalombo, Nelly. 2014**. *Diseño de la planta de tratamiento de lixiviados del botadero de basura Curgua del Cantón Guaranda*. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2014.

**Universidad Estatal de Bolívar. 2013**. *Sitio web de Universidad Estatal de Bolívar*. [En línea] Febrero de 2013. [Citado el: 15 de Julio de 2015.] <http://repositorio.chedia.org.ec/bitstream/123456789/846/1/Perfil%20Territorial%20GUARANDA.pdf>.

**Valencia, Adriana. 2013**. *Diseño de un Sistema de Tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis - Provincia del Chimborazo*. Riobamba : s.n., 2013.



E.P. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda

**ep-emapag**

trabajando por su salud y bienestar...



**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE  
TRATAMIENTO PARA LOS RESIDUOS RECOLECTADOS POR EL  
HIDROSUCCIONADOR DE LA EP- EMAPAG**



**2015**

## **1. OBJETIVO**

El objetivo de este manual es conocer los procedimientos básicos de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales para los residuos recolectados por el hidrosuccionador de la EP. EMAPA-G. Asegurando el cumplimiento de la normativa ecuatoriana vigente, TULSMA, libro VI: Calidad Ambiental, Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua, Tabla 12.

## **2. ALCANCE**

Comprende el personal a cargo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

## **3. RESPONSABILIDADES**

El Gerente de la empresa, mantendrá un liderazgo para la toma de decisiones en el cumplimiento de los reglamentos, delegará responsabilidades y autoridad al personal capacitado, controlará y tomará las medidas correctivas necesarias para optimizar la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

El técnico a cargo, supervisará el correcto funcionamiento de los componentes físicos, dirigirá la aplicación de acciones preventivas y correctivas, capacitará al personal de operación, responderá inquietudes por parte de la gerencia, operados y población.

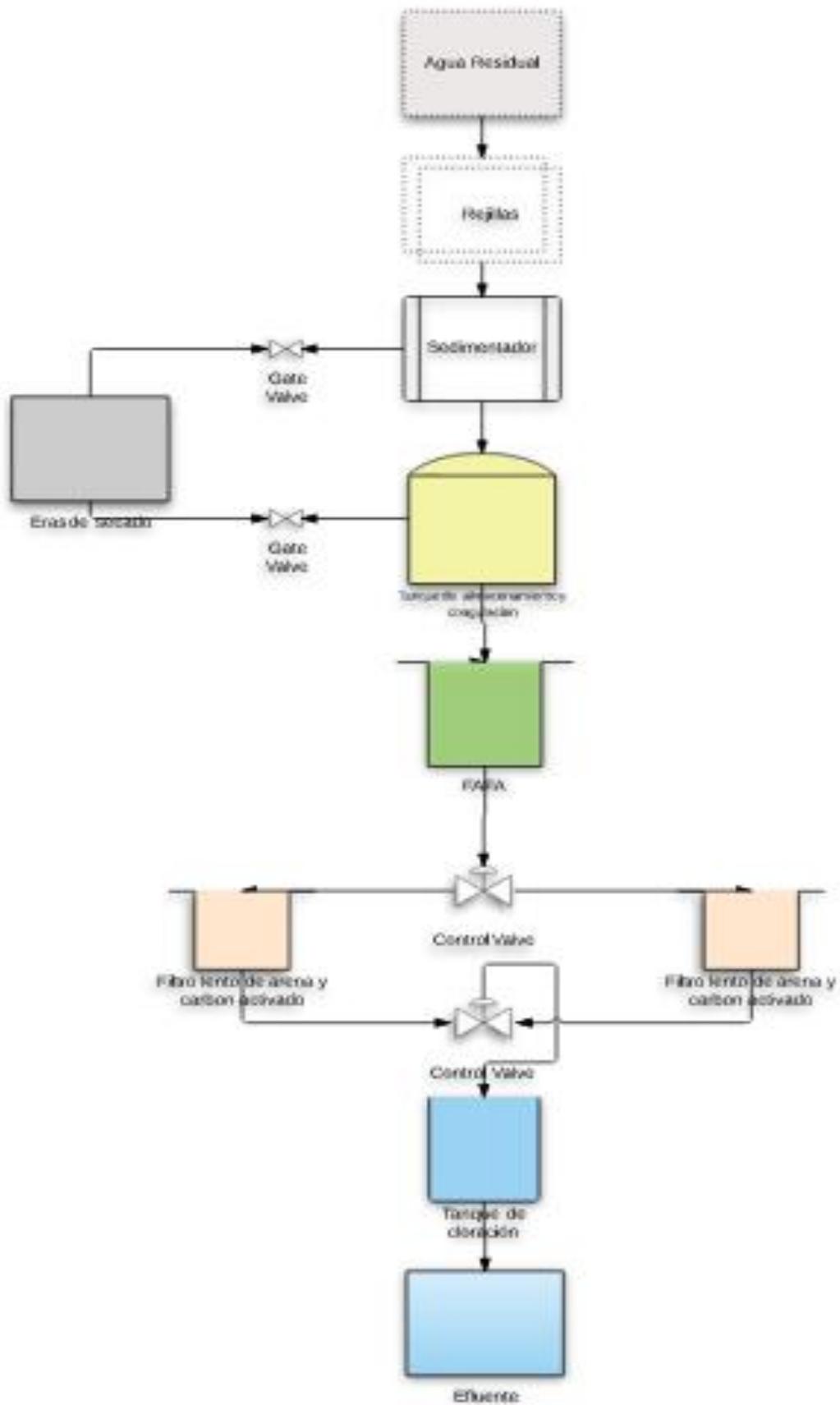
El personal operativo, controlará el funcionamiento adecuado de cada uno de los procesos, informará al técnico a cargo todas las novedades encontradas, realizará el mantenimiento constante a cada proceso, llevará un registro diario de los parámetros analizados y mantenimiento realizado.

## **4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS**

El sistema de tratamiento de aguas residuales para los residuos recolectados por el hidrosuccionador, presenta los siguientes procesos:

- Rejillas
- Sedimentador convencional
- Tanque de almacenamiento y coagulación
- Filtro anaerobio de flujo ascendente
- Filtro lento de carbón activado
- Tanque de cloración

### Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta



#### **4.1. Rejillas**

Presentan las siguientes dimensiones: ancho de 0.40m, barras de acero con un espesor de 0.0127m, separación entre barras de 0.02m, conectadas por una tubería de PVC de 90 mm.

#### **4.2. Sedimentador convencional**

Sus dimensiones son: longitud del sedimentador de 12m, ancho de 4m, ángulo de inclinación de 60°, área de sedimentación de 10m<sup>2</sup>.

#### **4.3. Tanque de almacenamiento y coagulación**

El tanque de almacenamiento y coagulación, tiene un diámetro de 6m, un volumen de 46,8m<sup>3</sup>, en su interior cuenta con un agitador removible de seis paletas con agitación de 0,12rev/s.

#### **4.4. Filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA)**

Con las siguientes medidas: 7,80m de longitud, 3m de ancho, 1,80m de profundidad útil, 2,10m de altura total de la cámara.

#### **4.5. Filtro lento de arena y carbón activado**

Cuenta con dos unidades cada una con las siguientes dimensiones: 3,39m de ancho, 4,41m de longitud, 2m profundidad, 15m<sup>2</sup> de área superficial.

#### **4.6. Tanque de cloración**

Es un tanque cuadrado de: 1m de longitud por 1m de ancho con un volumen de 0,87m<sup>3</sup>.

### **5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **5.1. Verificación periódica**

Revisiones periódicas ante problemas o inconvenientes, mediante inspecciones a las diferentes unidades. Caracterizaciones de agua residual y del agua tratada en cada tratamiento realizado. Verificación de la eficiencia o rendimiento de los procesos.

## **5.2. Mantenimiento periódico**

Remoción de dispositivos que taponen el proceso de tratamiento y residuos del proceso.

## **5.3. Herramientas de mantenimiento**

- ✓ Azadón
- ✓ Carretilla
- ✓ Escoba
- ✓ Manguera y baldes
- ✓ Palas
- ✓ Rastrillo
- ✓ Varilla de acero

## **5.4. Equipo de protección para los operadores**

- ✓ Mandil o ropa impermeable
- ✓ Guantes
- ✓ Botas de caucho
- ✓ Casco de protección
- ✓ Gafas protectoras
- ✓ Mascarilla

## **6. PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Sustitución de tuberías, perno por roturas u obstrucciones, pintado en puntos de desgaste. El mantenimiento se realizará en períodos más extensos siendo anuales o en momentos emergentes.

## **7. MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN**

### **7.1. Rejillas**

Consiste en una limpieza manual de material sólido retenido. Se empleará usar rastrillos, para el efluente del laboratorio no se espera gran cantidad de sólidos retenidas en las rejillas, pero si se recomienda una revisión semanal en la caja de revisión, donde se encuentran las rejillas.

## **7.2. Sedimentador convencional**

El sedimentador puede trabajar con el caudal hasta con nueve vueltas abierta la válvula de compuerta de la unidad anterior, se debe considerar el tiempo de retención del agua.

Se deberá limpiar la zona de lodos, considerando el desfogue de los mismo a las eras de secado, su limpieza se realizará desde la parte más alta a la baja con la ayuda de una escalera empotrada al tanque, escobas y agua presión para la remoción de impurezas.

Se debe revisar y engrasar mensualmente las válvulas de compuerta, que conecta con las eras de secado, para la deshidratación de los lodos productos de la sedimentación y par el paso del agua sedimentada.

## **7.3. Tanque de Almacenamiento y Coagulación.**

Para el tanque de almacenamiento y coagulación, se recomienda la limpieza mensual del agitador removible de seis paletas, la parte interior del tanque contará con un sistema de medida del nivel de agua, para cuando el volumen alcance  $46\text{m}^3$  el proceso de coagulación inicia. La unidad debe contar con dos válvulas de compuerta una para el paso el agua tratada y la otra de seguridad para el desfogue de lodos.

Se deberá engrasar mensualmente las piezas mecánicas de las válvulas. Se recomienda realizar un examen visual de las condiciones del tanque.

## **7.4. Filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA)**

Se recomienda trabajar con media vuelta abierta de la válvula de compuesta. Por el tiempo de retención se deberá tener cerrada la válvula de compuerta para retener o permitir el paso del agua a la siguiente unidad.

Se deberá monitorear la salida de gases, temperatura y pH cada día de operación. Se limpiará el filtro cada seis meses y cada dos años la limpieza implica la remoción de una capa superficial del filtro de 2 cm de espesor.

## **7.5. Filtro lento de arena y carbón activado**

Se realizará un lavado quincenal con agua cruda o potable aproximadamente  $4\text{m}^3$ . Se limpiará sus capas biológicas trimestralmente, o en el caso de saturación, su limpieza deberá ser inmediata.

## **7.6. Tanque de cloración**

Se recomienda que se trabaje con el caudal que pasa con dos vueltas abierta la válvula de compuerta de la unidad anterior. Se utiliza hipoclorito de calcio como desinfectante, su dosificación debe ser controlada en función a los parámetros de dosificación. Se limpiará cada seis meses empleando una escoba más el ingreso de agua a presión para la eliminación de costras

**APENDICE**

**A. Registro de capacitación a operadores**

REGISTRO DE CAPACITACION					
<b>Responsable</b>					<b>Fecha:</b>
<b>Número de Registro</b>			<b>N°</b>		
<b>Capacitación</b>					
<b>TEMAS A TRATAR</b>					
Personal Capacitado					
<b>Cantidad</b>	<b>Nombre</b>	<b>Apellidos</b>	<b>Área</b>	<b>C.I</b>	<b>Firma</b>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
Responsable de la Capacitación					
<b>Nombre</b>	<b>Apellidos</b>	<b>Área</b>	<b>C.I</b>	<b>Firma</b>	
Responsable de Registro de Capacitación					
<b>Nombre</b>	<b>Apellidos</b>	<b>Área</b>	<b>C.I</b>	<b>Firma</b>	

## B. Registro de operación de los procesos

REGISTRO DE OPERACIÓN				
<b>Razón:</b>		<b>Fecha:</b>		
<b>Responsable:</b>				
<b>Proceso:</b>				
Código	Hora	Caudal (L/s)	Turbiedad efluente (NTU)	Nº de Unidad
<b>Observaciones:</b>				
		<b>Aprobado por:</b> Técnico	<b>Aprobado por:</b> Gerente	
		<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>	

### C. Registro de mantenimiento

**Actividades de mantenimiento.**

**1.-Información del Suceso.**

Fecha. \_\_\_\_\_ (día)/\_\_\_\_\_ (mes)/\_\_\_\_\_ (año).

Hora de Inicio de la Tarea. \_\_\_\_\_ (AM/PM).

Hora de Término de la Tarea. \_\_\_\_\_ (AM/PM).

**2.-Objeto de Mantención.**

Instalación  Máquina  Equipo

Nombre: \_\_\_\_\_

**3.-Tipo de Mantención.**

Preventiva  Correctiva

**4.-Descripción de Actividad Efectuada.**

---



---



---



---

**5.-Recursos Involucrados.**

**RRHH.**

NOMBRE	CARGO	Nº HORAS TRABAJADAS

**Materiales Empleados.**

RECURSOS	UNIDADES

<p><b>Aprobado por:</b> Técnico</p> <p><b>Fecha:</b></p>	<p><b>Aprobado por:</b> Gerente</p> <p><b>Fecha</b></p>
--	---

### D. Registro de extracción de lodos

REGISTRO DE EXTRACCION DE LODOS			
<b>Razón:</b>		<b>Fecha:</b>	
<b>Responsable:</b>			
<b>Componente de la Planta:</b>			
<b>Código</b>	<b>Cantidad de lodos extraídos (m³)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Disposición final</b>
<b>Observaciones:</b>			
		<b>Aprobado por:</b> Técnico	<b>Aprobado por:</b> Gerente
		<b>Fecha:</b>	<b>Fecha</b>

## ANEXOS

### Anexo 1. Protocolo para el muestreo del agua residual

PASOS	DESCRIPCION
Selección de método de muestreo	Son técnicas y equipos apropiados para el muestreo
Seguir un plana de muestreo	Cantidad, clase y puntos de muestreo y sus tiempos
Tener una libreta de campo	Nos sirve para anotar la información del trabajo de campo
Indicar los componentes de la muestra	Mediante una lista de parámetros a medir, dependiendo el análisis a realizarse
Sellado de muestras	De forma hermética
Rotulación de las muestras	Con tinta permanente, claro y conciso, para su correcta identificación al momento de ser transportado y analizado
Preservación de muestras	Dependerá del tiempo de almacenamiento
Tipo de recipiente	Su almacenamiento puede ser en recipientes: plásticos, vidrio o ámbar
Análisis de la muestra	Ciertos parámetros deberán ser medidos in situ y otros en un laboratorio calificado.

**Fuente:** Romero, J. Colombia 2006.

**Realizado por:** CORTÉS, Erika. 2015

## Anexo 2. Marco Legal

<b>CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR</b>	
<b>Título II, Derechos. Capítulo Segundo, Sección Segunda, Ambiente Sano</b>	Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i> .
	Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.
	Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.
<b>Capítulo séptimo, Derecho de la Naturaleza</b>	Art. 71.- La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.
	Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.
<b>Título VII. Régimen del Buen Vivir. Capítulo Segundo, Sección Segunda, Ambiente Sano</b>	Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los Impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

<p><b>Título VII. Régimen del Buen Vivir.</b>  <b>Capítulo Segundo, Sección Sexta,</b>  <b>Agua</b></p>	<p>Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua</p>
<p><b>LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL</b></p>	
	<p>Artículo 33.- Establézcanse como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.</p>
<p><b>LEY DE AGUAS</b></p>	
<p><b>TITULO II .CAPITULO I, DE LA CONSERVACION</b></p>	<p>Art. 21.- El usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio.</p>
<p><b>TITULO II, CAPITULO II, DE LA CONTAMINACION</b></p>	<p>Art. 22.-Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.</p>
<p><b>TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE (TULSMA)</b></p>	
<p><b>NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA</b>  <b>Libro VI, Anexo I</b></p>	<p>Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones. (Ver Anexo 3.)</p>

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

### Anexo 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Alkil mercurio		mg/L	NO DETECTABLE
Aldehídos		mg/L	2,0
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	2,0
Boro total	B	mg/L	2,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/L	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/L	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/L	1 000
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cobalto	Co	mg/L	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/L	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/L	1,0
Estaño	Sn	mg/L	5,0

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Fluoruros	F	mg/L	5,0
Fósforo Total	P	mg/L	10
Hierro total	Fe	mg/L	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/L	20,0
Manganeso total	Mn	mg/L	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/L	0,005
Níquel	Ni	mg/L	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/L	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/L	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/L	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/L	0,1
Plata	Ag	mg/L	0,1
Plomo	Pb	mg/L	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/L	0,1
Sólidos Sedimentables		mg/L	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/L	100
Sólidos totales		mg/L	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> =	mg/L	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	mg/L	2,0
Sulfuros	S	mg/L	0,5

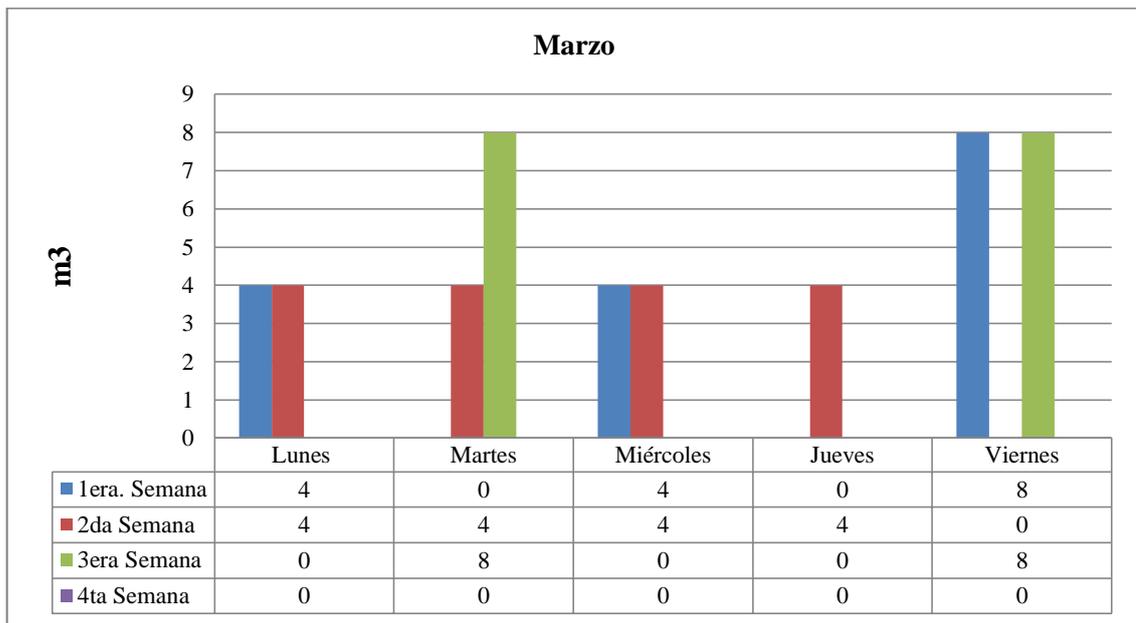
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Temperatura	oC	mg/L	< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/L	1,0
Vanadio		mg/L	5,0
Zinc	Zn	mg/L	5,0

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015

### Anexo 4. Medición de volumen mensual (m<sup>3</sup>)

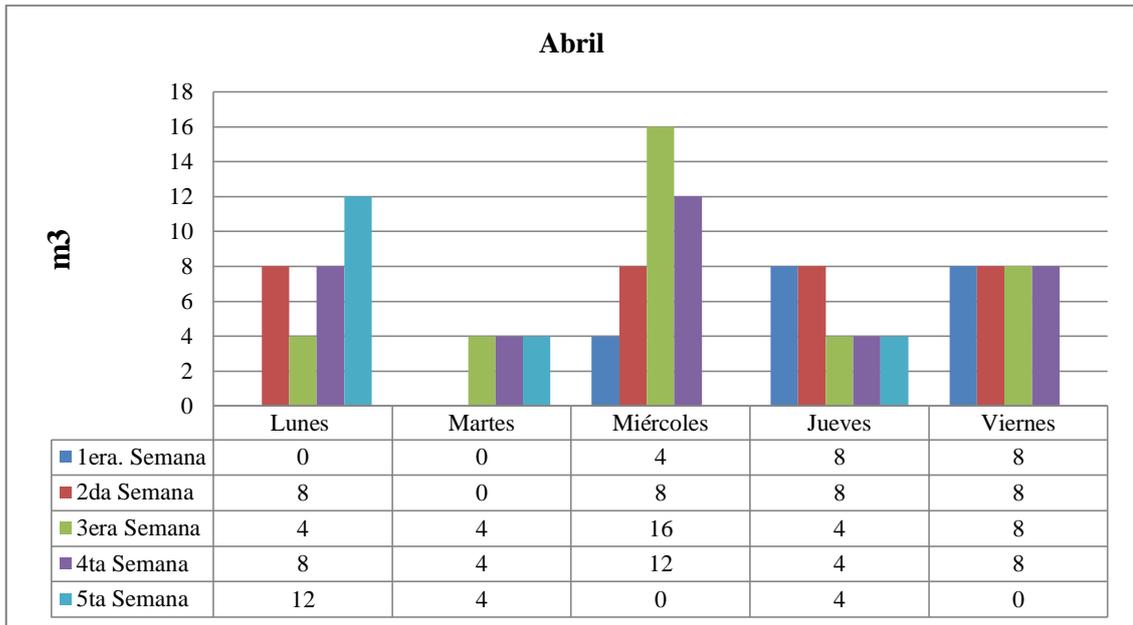
MARZO	Volumen (m <sup>3</sup> )				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	4	-	4	-	8
2da Semana	4	4	4	4	-
3era Semana	-	8	-	-	8
4ta Semana	-	-	-	-	-

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



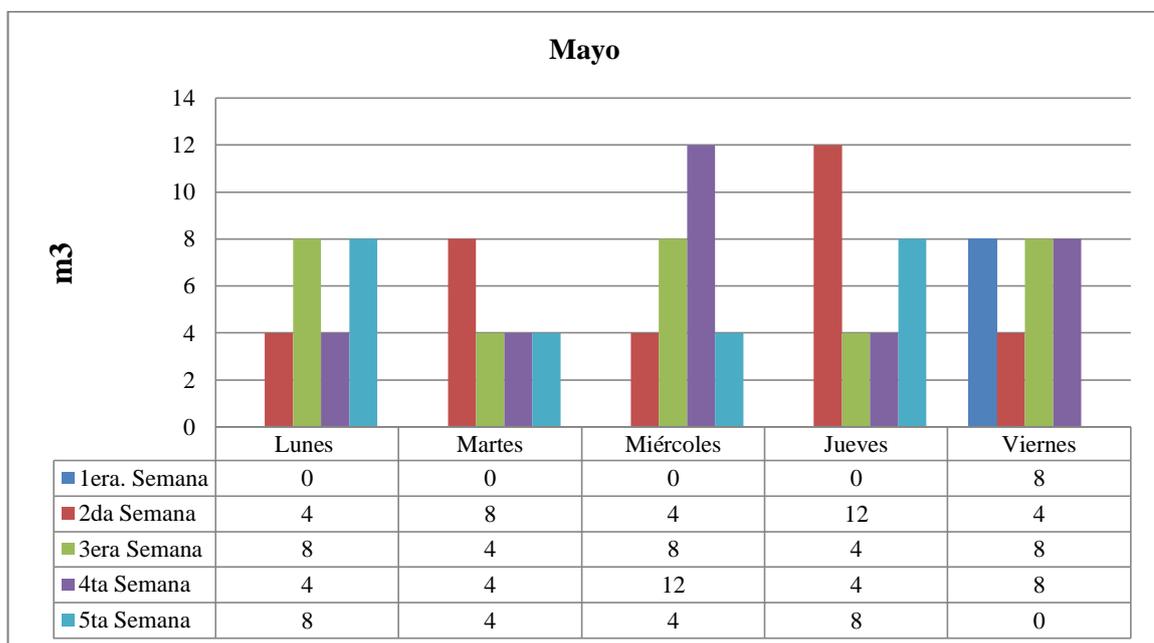
ABRIL	Volumen (m <sup>3</sup> )				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	-	-	4	8	8
2da Semana	8	-	8	8	8
3era Semana	4	4	16	4	8
4ta Semana	8	4	12	4	8
5ta Semana	12	4	-	4	-

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



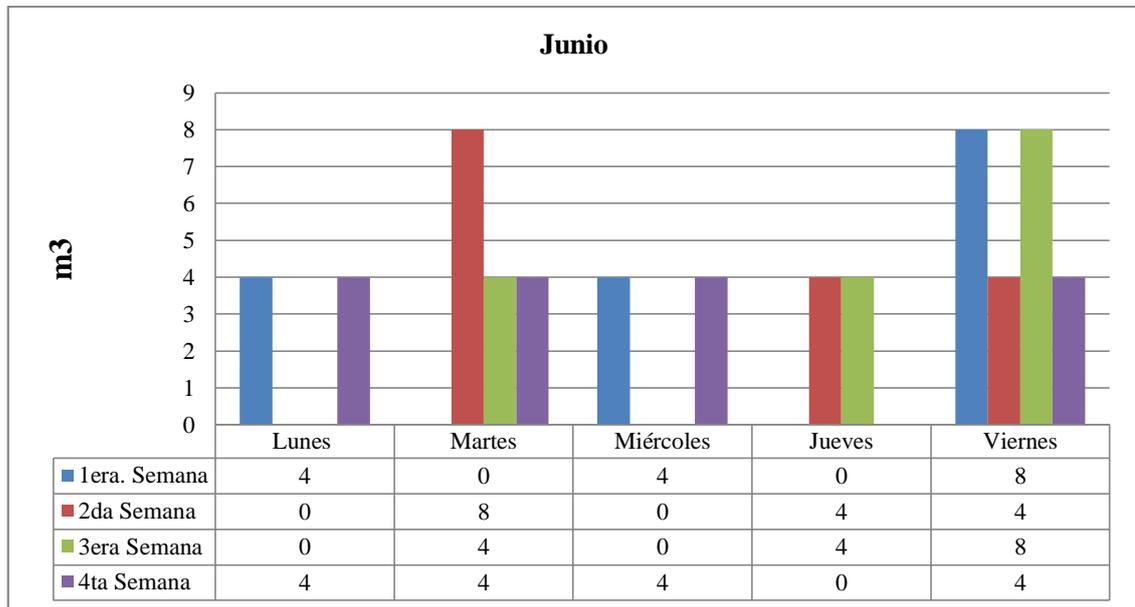
MAYO	Volumen (m <sup>3</sup> )				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	-	-	-	-	8
2da Semana	4	8	4	12	4
3era Semana	8	4	8	4	8
4ta Semana	4	4	12	4	8
5ta Semana	8	4	4	8	-

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



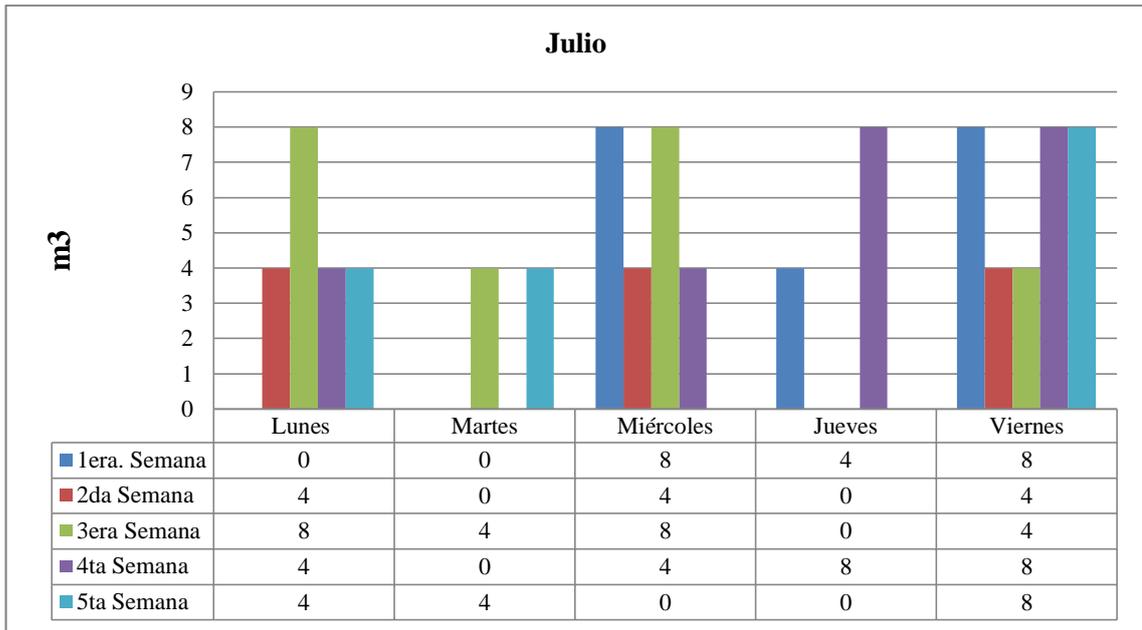
JUNIO	Volumen (m <sup>3</sup> )				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	4	-	4	-	8
2da Semana	-	8	-	4	4
3era Semana	-	4	-	4	8
4ta Semana	4	4	4	-	4

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



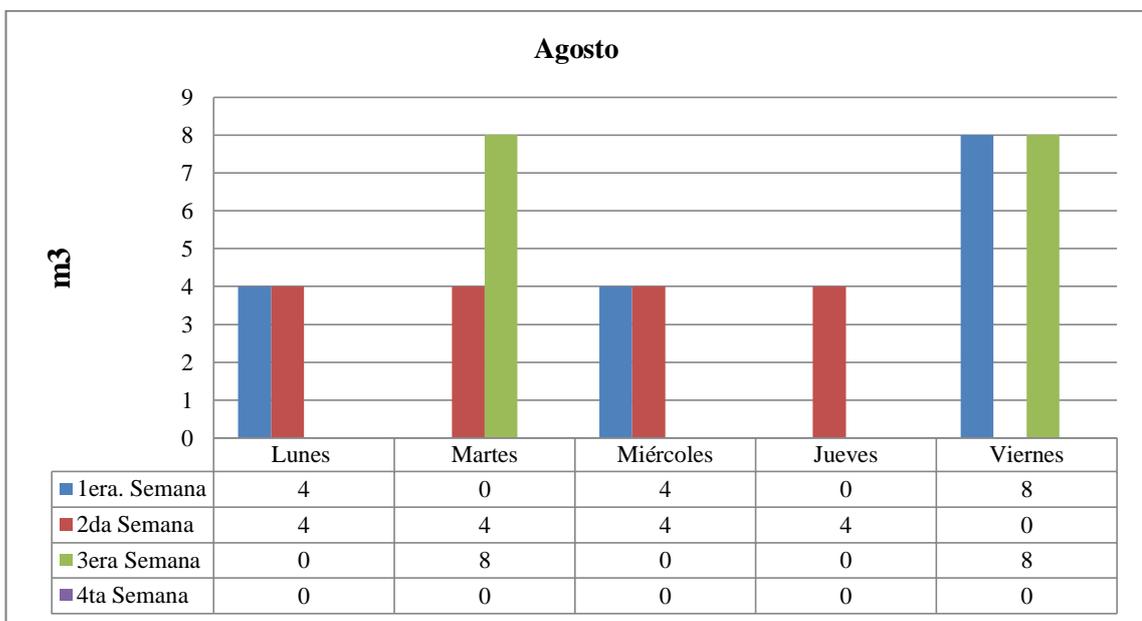
JULIO	Volumen (m <sup>3</sup> )				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	-	-	8	4	8
2da Semana	4	-	4	-	4
3era Semana	8	4	8	-	4
4ta Semana	4	-	4	8	8
5ta Semana	4	4	-	-	8

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



AGOSTO	Volumen (m <sup>3</sup> )				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	4	-	4	-	8
2da Semana	4	4	4	4	-
3era Semana	-	8	-	-	8
4ta Semana	-	-	-	-	-

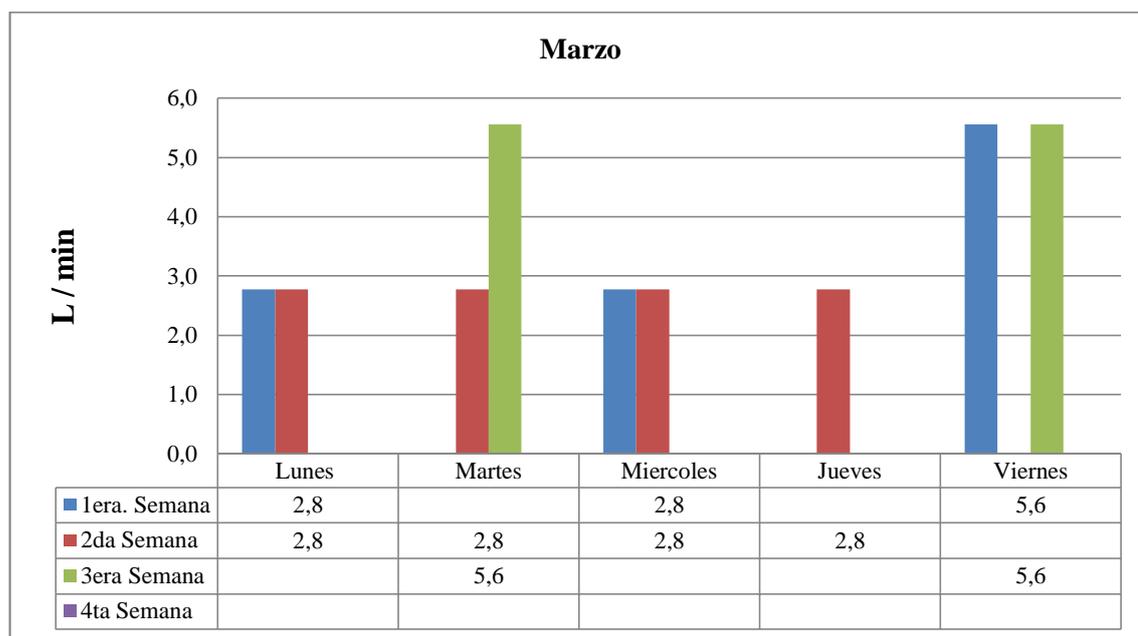
Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



### Anexo 5. Medición de caudal mensual

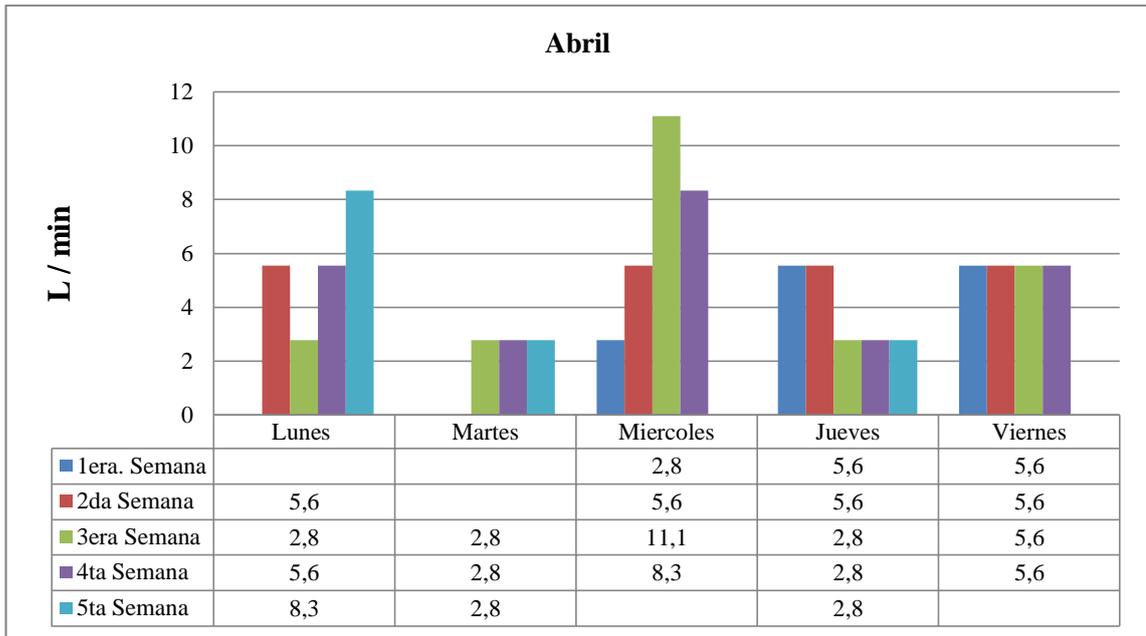
MARZO	Caudal (L/min)				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	2,8	-	2,8	-	5,6
2da Semana	2,8	2,8	2,8	2,8	-
3era Semana	-	5,6	-	-	5,6
4ta Semana	-	-	-	-	-

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



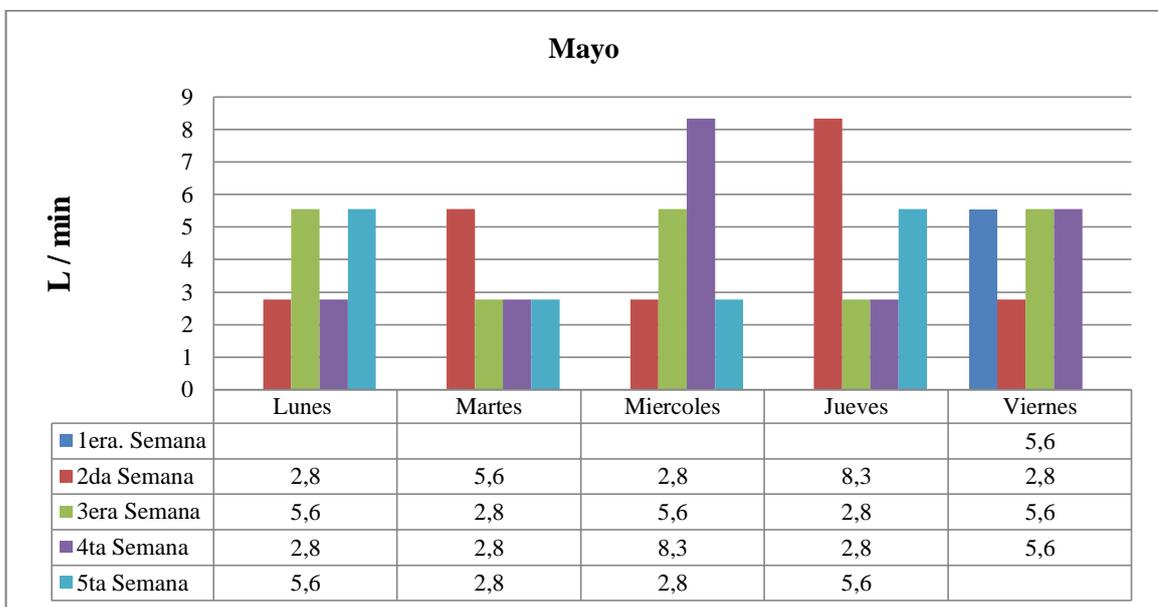
ABRIL	Caudal (L/min)				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	-	-	2,8	5,6	5,6
2da Semana	5,6	-	5,6	5,6	5,6
3era Semana	2,8	2,8	11,1	2,8	5,6
4ta Semana	5,6	2,8	8,3	2,8	5,6
5ta Semana	8,3	2,8	-	2,8	-

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



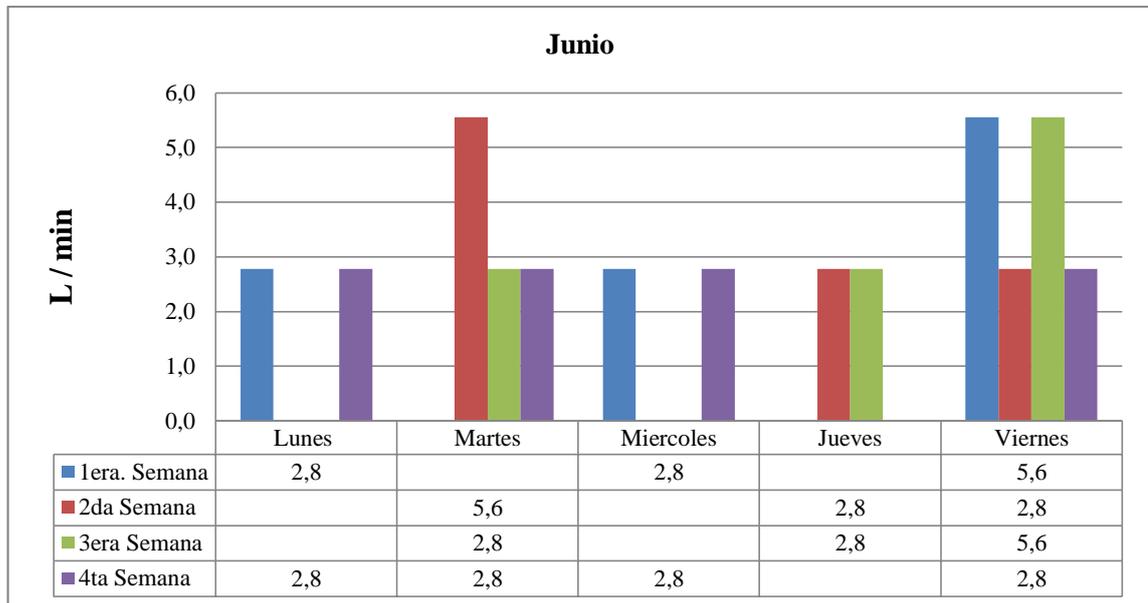
MAYO	Caudal (L/min)				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	-	-	-	-	5,6
2da Semana	2,8	5,6	2,8	8,3	2,8
3era Semana	5,6	2,8	5,6	2,8	5,6
4ta Semana	2,8	2,8	8,3	2,8	5,6
5ta Semana	5,6	2,8	2,8	5,6	-

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



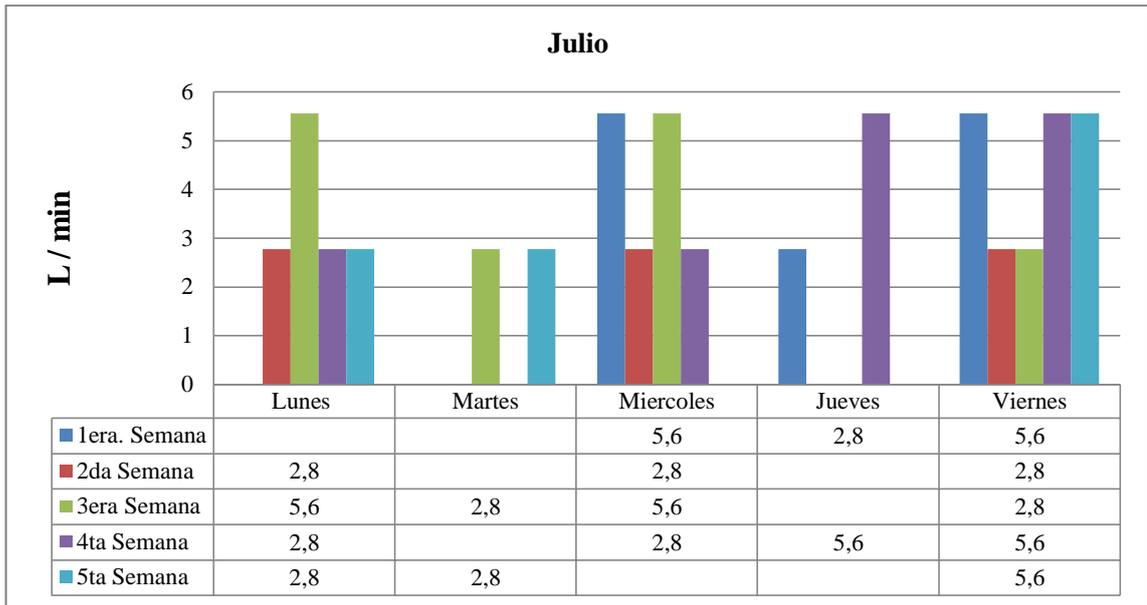
JUNIO	Caudal (L/min)				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	2,8	-	2,8	-	5,6
2da Semana	-	5,6	-	2,8	2,8
3era Semana	-	2,8	-	2,8	5,6
4ta Semana	2,8	2,8	2,8	-	2,8

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



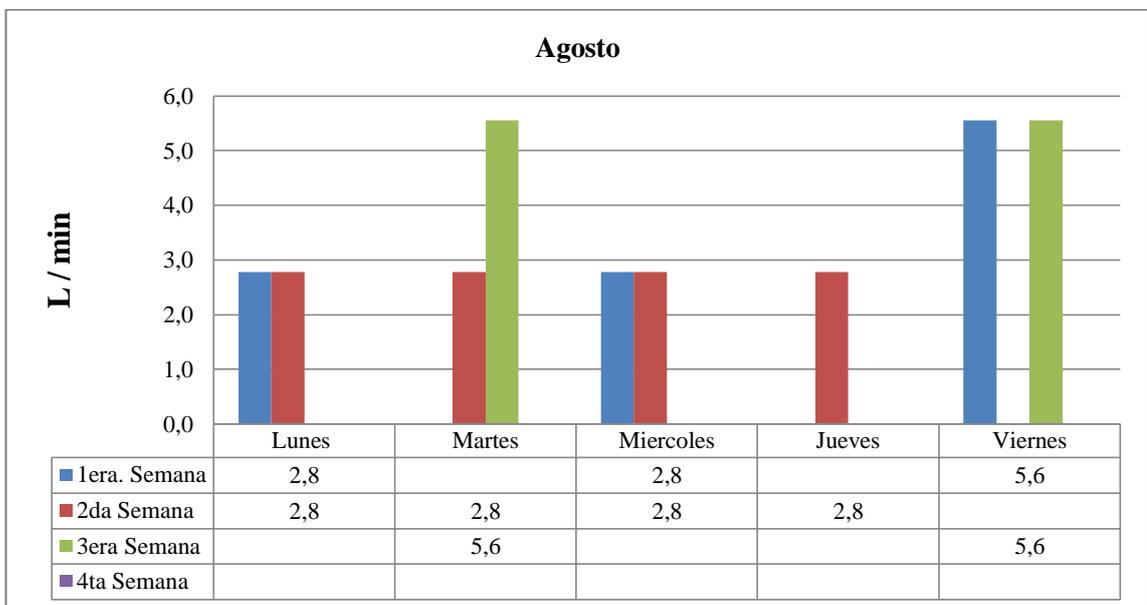
JULIO	Caudal (L/min)				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	-	-	5,6	2,8	5,6
2da Semana	2,8	-	2,8	-	2,8
3era Semana	5,6	2,8	5,6	-	2,8
4ta Semana	2,8	-	2,8	5,6	5,6
5ta Semana	2,8	2,8	-	-	5,6

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



AGOSTO	Caudal (L/min)				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1era. Semana	2,8	-	2,8	-	5,6
2da Semana	2,8	2,8	2,8	2,8	-
3era Semana	-	5,6	-	-	5,6
4ta Semana	-	-	-	-	-

Realizado por: CORTÉS, Erika. 2015



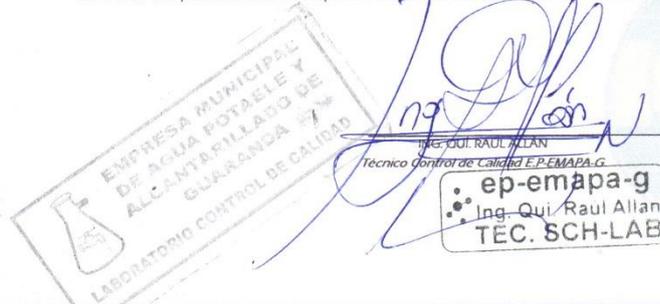
## Anexo 6. Resultados de Análisis



RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DEL HIDROSUCCIONADOR					
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	MES MONITOREADO		
		Lim.Max.Per	04-mar	15-abr	08-may
COLOR	UTC	lna. en dis	700.00	350.00	420.00
TURBIEDAD	NTU	.....	358.05	243.14	304.87
pH	.....	.....	7.46	7.52	7.23
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	620.08	750.12	860.50
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	100	281.45	228.42	268.64
TEMPERATURA	°C	< 35	19.70	19.64	19.82
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	10.0	20.96	18.34	19.81
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	10.0	1.40	2.67	1.86
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	10.0	14.37	16.48	17.05
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1000	15.00	10.00	12.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	1.68	1.94	2.08
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	9.39	10.15	15.80
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	0.107	0.124	0.110
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.5	0.10	0.15	0.12
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.21	0.26	0.19
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	.....	482.00	500.00	460.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5.0	0.026	0.030	0.028
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	120.34	142.06	134.62
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.26	0.28	0.21
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.25	0.34	0.29
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.2	0.008	0.007	0.007
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5.0	0.45	0.49	0.42
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.1	< 0.001	< 0.001	< 0.001
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	1.54	2.13	1.98
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.006	0.007	0.007
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	.....	0.005	0.008	0.008
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.12	0.09	0.14
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	0.70	0.95	0.84
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	840	900	1200
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	502	540	620
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100	12060	10251	9225
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	250	6021	5117	4656

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULSMA, LIBRO VI, TABLA 12, DESCARGA A UN CUERPO DULCE

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P.EMAPA-G



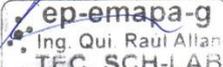
Dirección: García Moreno y 7 de Mayo • Teléfono: 03 2 981 939 • Fax: 03 2 985 660

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO AGUA RESIDUAL PROCEDENTE DEL HIDROSUCCIONADOR					
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	MES MONITOREADO		
		Lim.Max.Per	18-jun	22-jul	21-ago
COLOR	UTC	ina. en dis	545.00	620.00	480.00
TURBIEDAD	NTU	.....	205.64	268.97	156.43
pH	.....	.....	7.56	7.42	7.68
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	902.14	700.82	820.89
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	100	177.03	128.56	228.38
TEMPERATURA	°C	< 35	19.84	19.75	19.54
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	10.0	19.62	20.85	18.54
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	10.0	1.12	0.98	1.350
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	10.0	12.08	14.67	13.46
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1000	12.00	10	8.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	1.24	1.64	1.48
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	6.40	10.05	5.87
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	0.107	0.256	0.325
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.5	0.12	0.180	0.11
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.20	0.22	0.190
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	.....	500.00	460.00	520.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5.0	0.035	0.042	0.024
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	110.23	94.620	105.370
NIOQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.32	0.35	0.28
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.30	0.28	0.24
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.2	0.009	0.007	0.007
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5.0	0.48	0.42	0.51
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.1	< 0.001	< 0.001	< 0.001
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	1.64	1.23	1.46
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.008	0.008	0.006
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	.....	0.040	0.007	0.01
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.14	0.19	0.21
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	0.90	0.75	0.84
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	900	842	760
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	420	364	258
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100	10609	7426	11580
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DOO)	mg/L	250	5053	4515	5089

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULSMA, LIBRO VI, TABLA 12, DESCARGA A UN CUERPO DULCE

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P.EMAPA-G



*Raul Allan*  
 ING. QUI. RAUL ALLAN  
 Técnico Control de Calidad E.P.EMAPA-G  
  
 Ing. Qui. Raul Allan  
 T.E.C. SCH-LAB

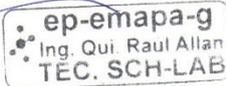
PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	MES MONITOREADO	
		Lim.Max.Per	21-ago	21-ago
COLOR	UTC	Ina. en dis	480.00	1.00
TURBIEDAD	NTU	.....	156.43	0.74
pH	.....	.....	7.68	7.12
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	820.89	98.76
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	100	228.38	42.61
TEMPERATURA	°C	< 35	19.54	15.83
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	10.0	18.54	1.27
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	10.0	1.350	0.12
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	10.0	13.46	0.02
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1000	8.00	10.00
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	1.48	0.64
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	5.87	0.26
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	0.325	0.150
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.5	0.11	0.007
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.190	0.04
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	.....	520.00	120.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5.0	0.024	0.008
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	105.370	24.630
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.28	0.13
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.24	0.19
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.2	0.007	0.007
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5.0	0.51	0.34
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0.1	< 0.1	0.01
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.1	< 0.001	0.002
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	1.46	1.08
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.006	0.006
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	.....	0.01	0.01
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.21	0.19
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	0.84	6.00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	760	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	Rem. al 99%	258	< 1**
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100	11580	< 30
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DOO)	mg/L	250	5089	5

LIMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULSMA, LIBRO VI, TABLA 12, DESCARGA A UN CUERPO DULCE

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P-EMAPA-G

  
 Ing. Qui. RAUL ALLAN  
 Técnico Control de Calidad E.P-EMAPA-G


  
 Ing. Qui. Raul Allan  
 TEC. SCH-LAB

SISTEMA CHAQUISHCA

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

REPORTE PRUEBAS DE TRATABILIDAD

TURBIEDAD 156.43 NTU, (pH=7.68, pHF=7.12), rpm=200, tiempo de agitación= 9 min								
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Tiempo fit (h)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	5,00	2,50	10,68	2,35	23,97	4,52	97,11
0,80	0,02	14,00	7,00	12,68	2,92	29,81	3,83	97,55
0,80	0,02	20,00	10,00	15,80	3,79	38,83	3,26	97,92
0,80	0,02	27,00	13,50	18,90	4,73	48,48	3,31	97,88
0,80	0,03	7,00	3,50	13,59	3,80	39,06	3,86	97,53
0,80	0,03	12,00	6,00	14,90	4,02	41,44	3,41	97,82
0,80	0,03	16,00	8,00	17,50	4,90	50,57	2,98	98,09
0,80	0,03	25,00	12,50	15,80	4,58	47,38	1,95	98,75
0,80	0,04	6,00	3,00	11,70	3,51	36,36	1,02	99,35
0,80	0,04	10,00	5,00	10,20	3,16	32,82	0,92	99,41
0,80	0,04	20,00	10,00	9,40	3,01	31,28	0,89	99,43
0,80	0,04	28,00	14,00	9,00	1,80	18,45	0,74	99,53
0,80	0,05	5,00	2,50	13,90	2,64	24,43	2,01	98,72
0,80	0,05	10,00	5,00	13,60	2,86	26,48	1,95	98,75
0,80	0,05	15,00	7,50	12,70	2,92	27,14	1,47	99,06
0,80	0,05	20,00	10,00	11,20	2,80	26,07	1,23	99,21

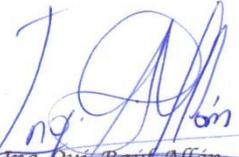
  
 Ing. Qui. Raul Allan  
 TÉCNICO LABORATORIO - PLANTA E.P. EMAPAG



ep-emapa-g  
 Ing Qui Raul Allan  
 TEC. SCH-LAB

**SISTEMA CHAQUISHCA**  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**  
**REPORTE PRUEBAS DE TRATABILIDAD**

TURBIEDAD 156.43 NTU, (pH=7.68, pHf=7.00), rpm=200, tiempo de agitación= 20 min								
Conc Cal	Conc Sulfato	Dosis Cal (mL)	Dosis Sulfa (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Tiempo fitt (h)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,02	0,02	20,00	20,00	20,27	7,10	24,00	56,31	64,00
0,02	0,02	30,00	30,00	19,16	6,52	24,00	54,75	65,00
0,02	0,02	40,00	40,00	18,08	5,97	24,00	53,19	66,00
0,02	0,02	50,00	50,00	17,04	5,45	24,00	51,62	67,00
0,03	0,03	20,00	20,00	16,02	4,97	24,00	50,06	68,00
0,03	0,03	30,00	30,00	15,03	4,51	24,00	48,49	69,00
0,03	0,03	40,00	40,00	14,08	4,08	24,00	46,93	70,00
0,03	0,03	50,00	50,00	13,16	3,68	24,00	45,36	71,00
0,04	0,04	20,00	20,00	12,26	3,31	24,00	43,80	72,00
0,04	0,04	30,00	30,00	11,40	2,96	24,00	42,24	73,00
0,04	0,04	40,00	40,00	10,57	2,64	24,00	40,67	74,00
0,04	0,04	50,00	50,00	9,78	2,35	24,00	39,11	75,00
0,05	0,05	20,00	20,00	9,01	2,07	24,00	37,54	76,00
0,05	0,05	30,00	30,00	8,28	1,82	24,00	35,98	77,00
0,05	0,05	40,00	40,00	7,57	1,59	24,00	34,41	78,00
0,05	0,05	50,00	50,00	6,90	1,38	24,00	32,85	79,00

  
**Ing. Qui. Raul Allan**  
 TÉCNICO LABORATORIO - PLANTA E.P. EMAPAG




## Anexo 7. Especificaciones químicas de los productos

JP QUIMICA S.C.C.

Via Amaguafu, Molinos de Viento- Calle Sancho Panza s/n -Sangolqui

PAC - P25A

### BOLETIN TECNICO PAC -P25A

#### BENEFICIOS:

- Policloruro de Aluminio utilizado para clarificar agua, para consumo.
- Es totalmente soluble en agua. No ocasiona taponamientos, ni incrustaciones.
- Reemplaza el uso de alumbre y otros coagulantes inorgánicos.
- Efectivo en aguas con alta y baja turbidez.
- Resistente al cloro, puede usarse en sistema con pre-cloración, sin reducción en su actividad.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 8,5 – 12.0

#### USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua de alta y baja turbidez con PH alcalino.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación.
- Trabaja con el uso adicional de un floculante orgánico para dar peso suficiente al floculo formado por la aglomeración de varios coloides para asentarse con la rapidez deseada.

#### CARACTERÍSTICAS:

Apariencia:	Líquido ligeramente marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.24 ± 0.01
PH puro:	Menor a 1
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	12.0 – 18.0

Hoja 1 de2

JP QUIMICA S.C.C.

Via Amaguafu, Molinos de Viento- Calle Sancho Panza s/n -Sangolqui

PAC - P25A

#### DOSIS:

La dosis del PAC – P25A en general está en función de la turbidez y pH del agua, pudiendo variar entre 20 a 350 ppm en la potabilización de agua; para determinar la dosis óptima se requiere aplicar el Producto diluido hasta que el agua se encuentre en un rango entre: 6,8 a 6,5 observando el punto de mejor clarificación por el tamaño y peso del floculo. **Se debe evitar la sobredosisificación** porque el exceso de químico en el agua genera lodo muy liviano y el pH baja rápidamente, lo que puede producir agua muy ácida si no existe adecuado control.

#### APLICACIÓN:

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución dependiendo de las dosis y el Caudal a tratar.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador y en agua pre-clorada.

#### MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

#### ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en recipientes plásticos cerrados.
- No es explosivo.
- Manténgase alejado del personal no autorizado.

#### SUMINISTRO:

- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

Hoja 2 de2

## PRODUCTO NEUTRO FLOCULANTE N-100

### BENEFICIOS DEL PRODUCTO:

- Este producto es diseñado para facilitar y acelerar la aglomeración de floculo
- Las reacciones son muy rápidas; el 85% del floculante se adsorbe dentro de 10 segundos, en combinación con productos catiónicos o aniónicos.
- No causa incrustaciones ni taponamientos de filtros.
- No son corrosivos en concentraciones de dosificación.
- No varía el pH del agua tratada.

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Producto presentación original

Color:	Blanco
Apariencia:	Granular
Forma:	Sólido
Olor:	Ninguno

EL Floculante Neutro es una formulación de polímeros orgánicos No iónicos (poliacrilamidas), usado en solución acuosa.

### DOSIS:

- La dosis del Floculante Neutro generalmente está en el rango de 0.5 a 5 ppm, para tratamiento de agua para consumo.

### ALIMENTACIÓN:

- Debe aplicarse a la línea de agua en solución acuosa al 0.1%.

### MANEJO:

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

### ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en su forma original, fundas plásticas en un lugar cubierto y seco. Una vez abierta la funda evitar el contacto con agua a no ser que se vaya a realizar la mezcla a inyectarse.
- El producto en solución pasados los 30 días va perdiendo efectividad,
- No es explosivo ni corrosivo.

### PRESENTACIÓN:

- Fundas plásticas de 25 Kg presentación en sólido.
- Tanques de 220 Kg, en solución 0.1%

## ARENA Y GRAVA SILISICA

### FICHA TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD

#### INFORMACIÓN GENERAL:

- Producto utilizado como material filtrante para sistemas de potabilización y en tratamiento de efluentes.
- La grava silisica debido a su alta resistencia, ha sido ampliamente utilizada en sistemas de filtración para retener sólidos suspendidos y disminuir la turbidez en el agua tratada.
- Existen variadas granulometrías dependiendo del uso final, para sistemas de presión y gravedad se recomienda el uso de Malla N°16 (aproximadamente 0.6 a 1.2cm).

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

COLOR:	Plomo a Marrón
MALLA N°:	16
FORMA:	Sólido
OLOR:	Ninguno
SOLUBILIDAD:	No aplicable
DENSIDAD APARENTE:	1.25 g/cc a 20°C

#### MANEJO Y APLICACIÓN:

- Debe colocarse en su forma original en el sistema de filtrados, como soporte para otros materiales como arena o carbón.
- Para eliminación de sólidos y turbidez en el agua, se recomienda las siguientes proporciones: En sistemas de gravedad el 15%  
En sistemas de presión el 20 - 25%  
En relación al volumen total del equipo o sistema a utilizar.
- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad, para evitar irritación en ojos y piel

#### ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en su forma original, los sacos deben estar cubiertos y en un lugar seco.
- El producto no es perecible.
- No es explosivo ni corrosivo.

#### PRESENTACIÓN:

- Sacos de 50 Kg presentación.

#### CONTROL DE CALIDAD:

PRODUCTO:	GRAVA SILISICA	STANDAR
Origen:	Río / Canto rodado	-----
Cantidad:		-----
Aspecto:		SÓLIDO
Color:		PLOMO / MARRÓN
Granulometría:		MALLA #16
Fecha de Elaboración:		-----
N° Lote:		-----
Fecha de Expiración:		-----

Fecha: \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

## CARBÓN ACTIVADO

### FICHA TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD

#### INFORMACIÓN GENERAL:

- Producto de origen vegetal, utilizado como material filtrante para sistemas de potabilización y en tratamiento de efluentes.
- Método de activación del carbón: vapor de agua a altas presiones.
- Debido a su alta porosidad, es un material altamente adsorbente.
- Tiempo de vida útil del carbón activado en sistemas de presión y gravedad es de 6 a 8 meses dependiendo de la calidad del agua a tratar.

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

COLOR:	Negro
APARIENCIA:	Cuescos de palma africana
MALLA N°:	4
DENSIDAD APARENTE:	0.56 g/cc. ± 1 a 25°c
SOLUBILIDAD:	No aplicable
Método de activación:	Vapor de agua.

#### MANEJO Y APLICACIÓN:

- Debe colocarse en su forma original en el sistema de filtrados, sobre una capa de soporte de grava silícea.
- Para eliminación de color y olor en el agua, se recomienda las siguientes proporciones: En sistemas de gravedad el 50%  
En sistemas de presión el 70%  
En relación al volumen total del equipo o sistema a utilizar.
- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad, para evitar irritación en ojos y piel

#### ALMACENAMIENTO:

- Almacene el producto en su forma original, los sacos deben estar cubiertos y en un lugar seco.
- Si se mantiene en los sacos sellados el producto no es perecible; si entra en contacto con agua tiene un tiempo de vida de 6 a 8 meses.
- NO es explosivo ni corrosivo.

#### PRESENTACIÓN:

- Sacos de 25 Kg presentación en sólido.

#### CONTROL DE CALIDAD:

PRODUCTO:	CARBÓN ACTIVADO	STANDAR
Origen:	Cuescos de palma	-----
Cantidad:		-----
Aspecto:		SÓLIDO
Color:		NEGRO
Granulometría:		MALLA #4
Fecha de Elaboración:		-----
Nº Lote:		-----
Fecha de Expiración:		-----

Fecha: \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

## Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- Fabricante: Arch Chemicals, Inc.
- Nombre Químico: Hipoclorito de calcio al 68%
- Fórmula Química:  $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Numero CAS: 7778-54-3
- Propiedades Físicas y Químicas

Parámetro	Especificaciones
Apariencia	Blanco, polvo o en tabletas
Olor	Parecido al cloro
Solubilidad en agua	18% a 25°C
Humedad	< 16%
pH	10.4 - 10.8 (solución al 1% en agua destilada neutral a 25°C)
Densidad	0.8 g/cc (Granular) 1.9 g/cc (Tabletas)

### Composición

Nombre	Especificaciones	Peso Típico
Cloro libre	65 – 80%	68%
Cloruro de Sodio, NaCl	10 – 20%	17%
Clorato de Calcio, $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	0 – 5%	1.4%
Cloruro de Calcio, $\text{CaCl}_2$	0 – 5%	0.5%
Carbonato de Calcio, $\text{CaCO}_3$	0 – 5%	2.3%
Hidróxido de Calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$	0 – 4%	1.64%
Agua	5.5 – 8.5	
Insolubles	<5% w/w	

## Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



Parámetro	Arch Product
Arsénico (As)	< 1 mg/kg
Cadmio (Cd)	< 1 mg/kg
Cromo (Cr)	< 8 mg/kg
Hierro (Fe)	< 300 mg/kg
Manganeso (Mn)	< 10 mg/kg
Mercurio (Hg)	< 1 mg/kg
Níquel (Ni)	< 8 mg/kg
Plomo (Pb)	< 1 mg/kg
Antimonio (Sb)	< 2 mg/kg
Selenio (Se)	< 2 mg/kg
Ion Bromato ( $\text{BrO}_3^-$ )	< 121 mg/kg
Ion Clorato ( $\text{ClO}_3^-$ )	< 21.1 g/kg

### Precauciones Para El Manejo, Transporte Y Almacenaje Seguro Del Producto

1. Manténgase herméticamente cerrado en los contenedores originales.
2. Almacénese en un área fresca, seca y bien ventilada.
3. Almacénese lejos de productos inflamables o combustibles.
4. Mantenga el empaque del producto limpio y libre de toda contaminación, incluyendo, por ejem., otros productos para el tratamiento de albercas, ácidos, materiales orgánicos, compuestos que contengan nitrógeno, extintores de fuego de arenilla carbónica (que contengan fosfato monomaniaco), oxidantes, todo líquido corrosivo, materiales inflamables o combustibles, etc.
5. NO SE ALMACENE A TEMPERATURAS SUPERIORES A: 52 Grados C. (125 Grados F.) Almacenarlo arriba de estas temperaturas pudiera resultar en una descomposición rápida, evolución de gas de cloro y suficiente calor para encender productos combustibles.

### Primeros Auxilios

- EN CASO DE INHALACIÓN: Traslade a la persona a un lugar donde haya aire fresco. Si la persona no respira, llame a una ambulancia, luego dele respiración artificial, preferiblemente, boca a boca, si es posible. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar más consejos sobre el tratamiento.
- EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL O LA ROPA: Quítese la ropa contaminada. Enjuague la piel inmediatamente con mucha agua de 15 a 20 minutos. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.

## Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Mantenga el ojo abierto y enjuágueselo lenta y suavemente con agua de 15 a 20 minutos. Si tiene lentes de contacto, quíteselos después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagando. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- Ingestión: EN CASO DE INGESTION: Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico inmediatamente para solicitar consejos sobre el tratamiento. Pida a la persona que beba a sorbos un vaso de agua si puede tragar. No induzca el vómito, a menos que un centro de control de intoxicaciones o un médico se lo indique. No dé nada por la boca a una persona que haya perdido el conocimiento.
- Notas para el médico: El probable daño a las mucosas puede ser una contraindicación para el uso de lavado gástrico

### Preparación de Soluciones de Cloro

Las soluciones de HTH® Cloro Seco deben prepararse en contenedores de polietileno limpios. Primero ponga el volumen requerido de agua. Después agregue la cantidad requerida de HTH® Cloro Seco al agua. Agite con un agitador de madera o metal limpio, asegurándose de mantenerlo lejos de la ropa, piel ojos. La solución resultante se puede colocar en otro contenedor o puede alimentarse de ese mismo contenedor, siempre y cuando la entrada de la línea a la bomba de alimentación química, este por arriba del nivel de los insolubles asentados.

Cloro Disponible	Volumen de Agua en Litros										
	100	180	300	400	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000
PPM	Gramos de HTH Cloro Seco Requeridos										
0.5	0.08	0.14	0.23	0.31	0.38	0.77	1.54	2.31	3.08	3.85	0.77
1	0.15	0.28	0.46	0.62	0.77	1.54	3.08	4.62	6.15	7.69	1.54
5	0.77	1.38	2.31	3.08	3.85	7.69	15.38	23.08	30.77	38.46	7.69
10	1.54	2.77	4.62	6.15	7.69	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	15.4
15	2.31	4.15	6.92	9.23	11.54	23.08	46.15	69.23	92.31	115.4	23.1
20	3.08	5.54	9.23	12.31	15.38	30.77	61.54	92.31	123.1	153.8	30.8
25	3.85	6.92	11.54	15.38	19.23	38.46	76.92	115.4	153.8	192.3	38.5
30	4.62	8.31	13.85	18.46	23.08	46.15	92.31	138.5	184.6	230.8	46.2
40	6.15	11.08	18.46	24.62	30.77	61.54	123.1	184.6	246.2	307.7	61.5
50	7.69	13.85	23.08	30.77	38.46	76.92	153.8	230.8	307.7	384.6	76.9
60	9.23	16.62	27.69	36.92	46.15	92.31	184.6	276.9	369.2	461.5	92.3
70	10.77	19.38	32.31	43.08	53.85	107.7	215.4	323.1	430.8	538.5	108
80	12.31	22.15	36.92	49.23	61.54	123.1	246.2	369.2	492.3	615.4	123
90	13.85	24.92	41.54	55.38	69.23	138.5	276.9	415.4	553.8	692.3	138
100	15.38	27.69	46.15	61.54	76.92	153.8	307.7	461.5	615.4	769.2	154

## Ficha Técnica – Hipoclorito de Calcio



- País de Origen: El hipoclorito de calcio es fabricado en nuestra planta ubicada en Charleston, Tn. en los Estados Unidos de América.
- Presentaciones
  - HTH Granular tambores de 45 Kgs.
  - HTH Briquettes tambores de 45 Kgs.
    - Dimensiones: Aproximadamente 35 x 24 x 12 mm.
    - Peso: 6.4 – 7.0 gramos
  - CCH Tableta de 3" cubetas de 50 lbs.
    - Inhibidor (% en peso): 0.5% mínimo
    - Peso: Aproximadamente 300 gramos
    - Diámetro: Aproximadamente 3.0 pulgadas
    - Altura: 1.35 – 1.45 pulgadas
- Regulatorio:
  - EPA No. 1258-1179
  - NSF Standard 60, Drinking Water Additives
  - Cumple con AWWA Standard B300
  - Cumple con NMX-AA-124-SCFI-2006
  - UN2880 para HTH Granular y CCH Tableta de 3"
  - UN1748 para HTH Briquettes

## **Anexo 8. Planos**