

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	<u>Documento</u>	<u>Código</u>	<u>Fecha</u>	<u>Revisión</u>
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
<u>Dependencia</u>	<u>Aprobado</u>		<u>Pág.</u>	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(71)</b>	

### RESUMEN - TESIS DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>YORGUI ANTONIO GUERRERO</b>
<b>FACULTAD</b>	<b>CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERIA AMBIENTAL</b>
<b>DIRECTOR</b>	<b>JOHAN MANUEL AVENDAÑO CHINCHILLA</b>
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL MUNICIPIO DE RIO DE ORO (CESAR - COLOMBIA)</b>

#### RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EL TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PASANTÍAS QUE SE PRESENTA A CONTINUACIÓN TITULADO DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL MUNICIPIO DE RIO DE ORO (CESAR - COLOMBIA), ES UNA EVALUACIÓN ACTUAL DE SU FUNCIONAMIENTO Y FORMULACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO OPERATIVO PARA EL DEBIDO PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA, LABORES QUE TOMARON UN PERIODO DE CUATRO MESES, CONCERNIENTES A LAS ACTIVIDADES PLANTEADAS EN EL PLAN DE TRABAJO.

#### CARACTERÍSTICAS

<b>PÁGINAS: 71</b>	<b>PLANOS:</b>	<b>ILUSTRACIONES: 8</b>	<b>CD-ROM: 1</b>
--------------------	----------------	-------------------------	------------------



097-5690088

VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL, OCAÑA N. DE S.

Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX:

[www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co)



**DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO EN  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL  
MUNICIPIO DE RIO DE ORO (CESAR - COLOMBIA)**

**YORGUI ANTONIO GUERRERO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
INGENIERIA AMBIENTAL  
OCAÑA  
2015**

**DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO EN  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL  
MUNICIPIO DE RIO DE ORO (CESAR- COLOMBIA)**

**YORGUI ANTONIO GUERRERO**

**Informe final de pasantías presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Ambiental**

**Director  
JOHAN MANUEL AVENDAÑO CHINCHILLA  
Químico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
INGENIERIA AMBIENTAL  
OCAÑA  
2015**

## **DEDICATORIA**

(Shemá Yisrael, Adonai Eloeinu, Adonai Ejad)

A mi madre Blanca Nery Guerrero Sanguino, mi Hermana Yaneida Guerrero y su esposo Edgar Sánchez, mis sobrinos Johan y Daniel Eduardo Sánchez Guerrero, mi padre Ciro Ortega y mis hermanos, este gran logro es para ellos quienes siempre tuvieron fe en el cumplimiento de esta meta.

**Yorgui Antonio Guerrero**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director de este trabajo modalidad pasantías, el químico Johan Manuel Avendaño Chinchilla.

A mi coordinador, el microbiólogo Daison Clemente Serna Pinto.

A mi amigo Edgar Arturo Navarro Duran.

A la familia Velásquez Picón: Delfina Velásquez de picón y su esposo Fermín Picón Martínez (Q.P.E.D) a su nieto Álvaro José Hernández Picón y su madre Herenia del Rosario Picón Velásquez.

A la familia Guerra Picón: Dr. Ciro Guerra y su esposa Yamile Picón Velásquez, sus hijos y nietos.

A la Empresa Comunitaria de Acueducto de Río de Oro cesar APC EMCAR ESP.

A mis amigos: Marin Duarte, Lisandro Ulloa, Carlos Santana, Fernando Gómez, Camilo Alfredo Quintero, Melisa Díaz, Wilson Libardo Manzano, Dani Camilo Rojas, Manuel Yesid Herrera

A mi alma mater Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

A todos ellos por brindarme lo mejor para lograr sacar adelante todo este proyecto de vida.

**Yorgui Antonio Guerrero**

## CONTENIDO

	pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	16
<u>1. DIAGNÓSTICO Y FORMULACIÓN DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL MUNICIPIO DE RIO DE ORO (CESAR COLOMBIA)</u>	17
<u>1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</u>	17
1.1.1 Misión	17
1.1.2 Visión	17
1.1.3 Objetivos de la empresa	17
1.1.4 Estructura Organizacional	17
1.1.5 Dependencia Asignada	18
<u>1.2 DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA</u>	19
1.2.1 Planteamiento del problema	20
<u>1.3 OBJETIVOS DE LA PASANTÍA</u>	20
1.3.1 General	20
1.3.2 Específicos	20
<u>1.4 DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA MISMA</u>	21
<u>2. ENFOQUES REFERENCIALES</u>	21
<u>2.1 ENFOQUE CONCEPTUAL</u>	21
<u>2.2 ENFOQUE LEGAL</u>	24
<u>3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO</u>	27
<u>3.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</u>	27
3.1.1 Concesión de aguas	27
3.1.2 Descripción física de la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém	28
3.1.3 Descripción de los procesos	38
<u>3.2 FORMULACIÓN DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO DE LA PTAP JERUSALÉM</u>	40
<u>4. DIAGNOSTICO FINAL</u>	56
<u>5. CONCLUSIONES</u>	57
<u>6. RECOMENDACIONES</u>	58
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	59
<u>REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS</u>	60
<u>ANEXOS</u>	61

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
<b>Imagen 1.</b> Bocatoma sin rejilla	28
<b>Imagen 2.</b> Desarenador con malla de alambre	29
<b>Imagen 3.</b> Mantenimiento desarenador, material vegetal y de arrastre en las unidades de sedimentación.	29
<b>Imagen 4.</b> Bocatoma sin rejilla transversalmente al flujo superficial de la quebrada la Toma.	30
<b>Imagen 5.</b> Desarenador quebrada la Toma, infraestructura de hierro no aísla y protege totalmente la estructura.	31
<b>Imagen 6</b> Planta compacta tipo pulsator a sifón (Degremont) de decantación vertical. Macro medidores de entrada del río de Oro y quebrada la Toma.	32
<b>Imagen 7.</b> Macro medidor de salida barrio los Rosales.	32
<b>Imagen 8.</b>	33
<b>Imagen 9.</b> Macro medidor de salida barrió cerro de la Cruz	33
<b>Imagen 10.</b> Unidades de filtración.	34
<b>Imagen 11.</b> Dosificador actual de sulfato de Aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ).	34
<b>Imagen 12.</b> Dosificador anterior sin funcionamiento.	35
<b>Imagen 13.</b> Almacenamiento del coagulante ( $Al_2(SO_4)_3$ )	35
<b>Imagen 14.</b> Clorador E 10 K y cilindro de cloro gaseoso.	38
<b>Imagen 15.</b> Tanque de dosificación de cloro granulado al sistema de rebosadero del tanque N° 2 al N° 1.	36
<b>Imagen 16.</b> Instalaciones del laboratorio.	37
<b>Imagen 17.</b> Instrumentos de análisis de pH y Cloro, vaso de precipitado.	37
<b>Imagen 18.</b> Conexión de la manguera desde el dosificador de sulfato ( $Al_2(SO_4)_3$ ) a la tubería de río de Oro.	38
<b>Imagen 19.</b> Paneles o membranas deterioradas para lograr un óptimo proceso.	39
<b>Imagen 20.</b> Esquema de un sistema de decantación al interior del clarificador con su respectivo sistema de evacuación.	39
<b>Imagen 21.</b> Forma triangular en fibra de vidrio para proteger la tubería y disipar la energía hidráulica	48

## LISTA DE CUADROS

	pág.
<b>Cuadro 1.</b> Matriz DOFA.	19
<b>Cuadro 2.</b> Descripción de las actividades	21
<b>Cuadro 3.</b> Nivel de complejidad PTAP Jerusalém	40
<b>Cuadro 4.</b>	

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Organigrama APC EMCAR E. S. P.	18
<b>Figura 2.</b> Clarificador operación interna (vista frontal)	46
<b>Figura 3.</b> Clarificador operación interna (vista lateral)	47
<b>Figura 4.</b> Clarificador operación inferior	47

## LISTA DE GRAFICAS

	pág.
<b>Grafica 1.</b> Caudal máximo de entrada mes de Marzo 2014	50
<b>Grafica 2.</b> Caudal máximo de salida mes de Marzo 2014	51
<b>Grafica 3.</b> Caudal máximo de entrada mes de Abril 2014	52
<b>Grafica 4.</b> Caudal máximo de salida mes de Abril 2014	53
<b>Grafica 5.</b> Caudal máximo de entrada mes de Mayo 2014	53
<b>Grafica 6.</b> Caudal máximo de salida mes de Mayo 2014	54
<b>Grafica 7.</b> Caudal máximo de entrada mes de Junio 2014	54
<b>Grafica 8.</b> Caudal máximo de salida mes de Junio 2014	55

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo 1.</b> Fotografía de una pequeña represa construida por los productores para la época de sequía intensa; río arriba de la captación	62
<b>Anexo 2.</b> Fotografía de una estructura anterior de captación en el trayecto hacia la bocatoma quebrada la Toma, deforestación y represamiento que impide el flujo superficial natural de la quebrada	63
<b>Anexo 3.</b> Fotografía de las instalaciones de oficina y el almacén	64
<b>Anexo 4.</b> Esquema del sistema de almacenamiento y distribución del agua en la PTAP	65
<b>Anexo 5.</b> Molduras de hierro o escala pies al interior de los tanques	66
<b>Anexo 6.</b> Material de arrastre de diferente granulometría y material vegetal que se acumula antes de la bocatoma haciendo la obstrucción del flujo de energía superficial	67
<b>Anexo 7.</b> Rejilla en la bocatoma quebrada la Toma cumpliendo con su función específica	68
<b>Anexo 8.</b> El desarenador no cuenta con el aislamiento y protección adecuada	69
<b>Anexo 9.</b> Mezclador mecánico de una sola aspa que permite batir en un tanque el agua y el sulfato que homogeniza la dosis de coagulante	70
<b>Anexo 10.</b> Proceso de coagulación floculación inadecuada parte superior del clarificador	71

## RESUMEN

El trabajo de grado modalidad pasantías que se presenta a continuación titulado diagnóstico y formulación del procedimiento operativo de la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém en el municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia), es una evaluación actual de su funcionamiento y formulación de un procedimiento operativo para el debido proceso de potabilización del agua, labores que tomaron un periodo de cuatro meses, concernientes a las actividades planteadas en el plan de trabajo y de acuerdo a los objetivos trazados para el cumplimiento de este trabajo.

Se efectuaron visitas y trabajo de campo a los lugares como infraestructura de captación, operación actual, situaciones ambientales inmersas dentro de la descripción física de la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém y de sus procesos; esto permitió la formulación de procedimientos y de actividades para llevar un óptimo desarrollo en la planta de tratamiento, de acuerdo a los procesos que se realizan y efectúan en los sistemas, unidades de tratamiento y equipo o instrumentos que determinan los lineamientos para un debido manejo, conservación, protección y mantenimiento de la misma, así como también algunas labores que debe ejecutar el operario designado para dicha función.

El estudio y análisis de la información que se recopiló para la elaboración de este documento, así como el trabajo de campo mediante la observación directa, los esquemas o figuras y graficas que se elaboraron para lograr un mejor entendimiento de los procesos, del registro fotográfico como antecedente y evidencia actual, así como la clasificación del sistema y unidad de tratamiento de la planta Jerusalém, evidencia y dan soporte a este trabajo para realizar las actividades necesarias que se deben hacer para dar buen manejo y optimizar el funcionamiento en la planta de tratamiento.

Este trabajo determina que la actual infraestructura física y operativa en la planta de tratamiento es aceptable según la información consultada en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000), valoración cualitativa que se tiene en cuenta debido a los conflictos de características socioculturales, naturales y económicos evidentes en los trayectos a las fuentes hídricas en las líneas de aducción que conducen los dos caudales que suministran el líquido hasta la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém.

## ABSTRACT

The degree work modality internships presented below entitled diagnosis and formulation of the operational process of the treatment plant water Jerusalem in the municipality of Rio de Oro (Cesar - Colombia), is a current performance evaluation and formulation of an operating procedure for due process of water purification, tasks that took a four-month period, concerning the activities outlined in the work plan and in accordance with the objectives for the performance of this work.

And field visits to places like uptake infrastructure, current operation, environmental situations embedded within the physical description of the treatment plant water Jerusalem and its processes were performed; this allowed the development of procedures and activities to bring optimal development in the treatment plant, according to the processes performed and performed on systems, processing units and equipment or instruments that determine the guidelines for proper handling, conservation, protection and maintenance of the same, as well as some work to be carried out the operator designated for that function.

The study and analysis of the information compiled for the preparation of this document, as well as fieldwork and integrated by direct observation, and graphic diagrams and figures which were developed to achieve a better understanding of the processes, registry photographic history and current evidence as well as the classification system and the processing unit Jerusalem plant, and evidence supporting this work to perform the necessary activities that must be made to give good handling and optimize plant operation treatment.

This paper determines that the current physical and operational infrastructure in the treatment plant is acceptable according to the information consulted in the technical regulation of the drinking water and basic sanitation (RAS - 2000), qualitative assessment is taken into account due to conflicts of cultural, natural and economic characteristics evident in the city to the water sources in the feeder mains leading both supplying fluid flow to the treatment plant water Jerusalem.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del territorio nacional uno de los recursos naturales de mayor demanda es el agua, cada territorio específico de la cartografía colombiana enmarca el cumplimiento legal de la normatividad establecida para el debido cumplimiento de las empresas de servicio públicos domiciliarios ya sean públicas o privadas que se constituyen, funcionan y se transforman en un sentido dinámico con el sistema social, cultural y natural del espacio territorial que ocupa; además del mejoramiento continuo para la prestación de un servicio de calidad del recurso.

Las empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios están en el deber, el derecho y la obligación de trascender en el tiempo, de manera que exista una dinámica sistémica que estará determinada por el mejoramiento continuo que lleve a las partes interesadas al logro de unos intereses colectivos y personales, bajo un marco jurídico que permita el control y vigilancia en la prestación del servicio.

En el debido uso, manejo y control de un recurso específico como el agua, APC EMCAR ESP cuenta actualmente con la organización debida dentro del organigrama de la empresa, donde la división técnico operativa de acueducto está determinada por el recurso humano que debe estar capacitado ética, física e intelectualmente, una infraestructura física en condiciones mínimas aceptables, unos análisis y procesos físico químicos y microbiológicos que demuestran la calidad del producto, de cómo se desarrolla y efectúa el procedimiento operativo de la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém.

Cada procedimiento está determinado por la clasificación del sistema y la unidad de tratamiento de la PTAP Jerusalém de la zona urbana del municipio, de acuerdo a esta clasificación la empresa APC EMCAR ESP tiene la información técnica, básica y necesaria que determina como está funcionando actualmente, que infraestructura y procesos se desarrollan en óptimas condiciones y cuáles no, que actividades preventivas y correctivas serán las adecuadas para mejorar la eficiencia, efectividad y eficacia de cada uno de los componentes del sistema de tratamiento de agua potable Jerusalém; Es así que en el transcurso y elaboración de este diagnóstico y formulación se pone de manifiesto de qué manera y como está funcionando actualmente la PTAP Jerusalém y de las actividades descritas en la formulación para que desde la asamblea general y el consejo de administración de la empresa, se tomen las mejores alternativas y estrategias, para lograr que el desempeño de la división técnica operativa acueducto, opere dinámicamente de acuerdo a las situaciones ambientales que se presentan y que determinan conflictos y problemáticas de carácter social, cultural y económico a lo largo de la trayectoria institucional de la empresa y de la prestación del servicio domiciliario de agua para consumo humano.

# **1. DIAGNOSTICO Y FORMULACION DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE JERUSALÉM EN EL MUNICIPIO DE RIO DEORO (CESAR - COLOMBIA)**

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Rio de Oro (Cesar) A P C EMCAR ESP, es la empresa prestadora de servicios públicos en la zona urbana del municipio de Rio de Oro (Cesar), corresponde a dicha empresa establecer las funciones en cuanto a la prestación del servicio de agua potable, recolección y disposición final de los residuos sólidos municipales y alcantarillado.<sup>1</sup>

**1.1.1 Misión.** Como el agua es fuente de vida, nuestro objetivo es cuidar el medio ambiente, y la salud de la comunidad, prestando excelentes servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, con la mejor calidad y talento humano.

**1.1.2 Visión.** Deseamos para el 2017, alcanzar el 100% de usuarios, para que el agua y la limpieza rijan en los hogares de la comunidad Riodoreense.

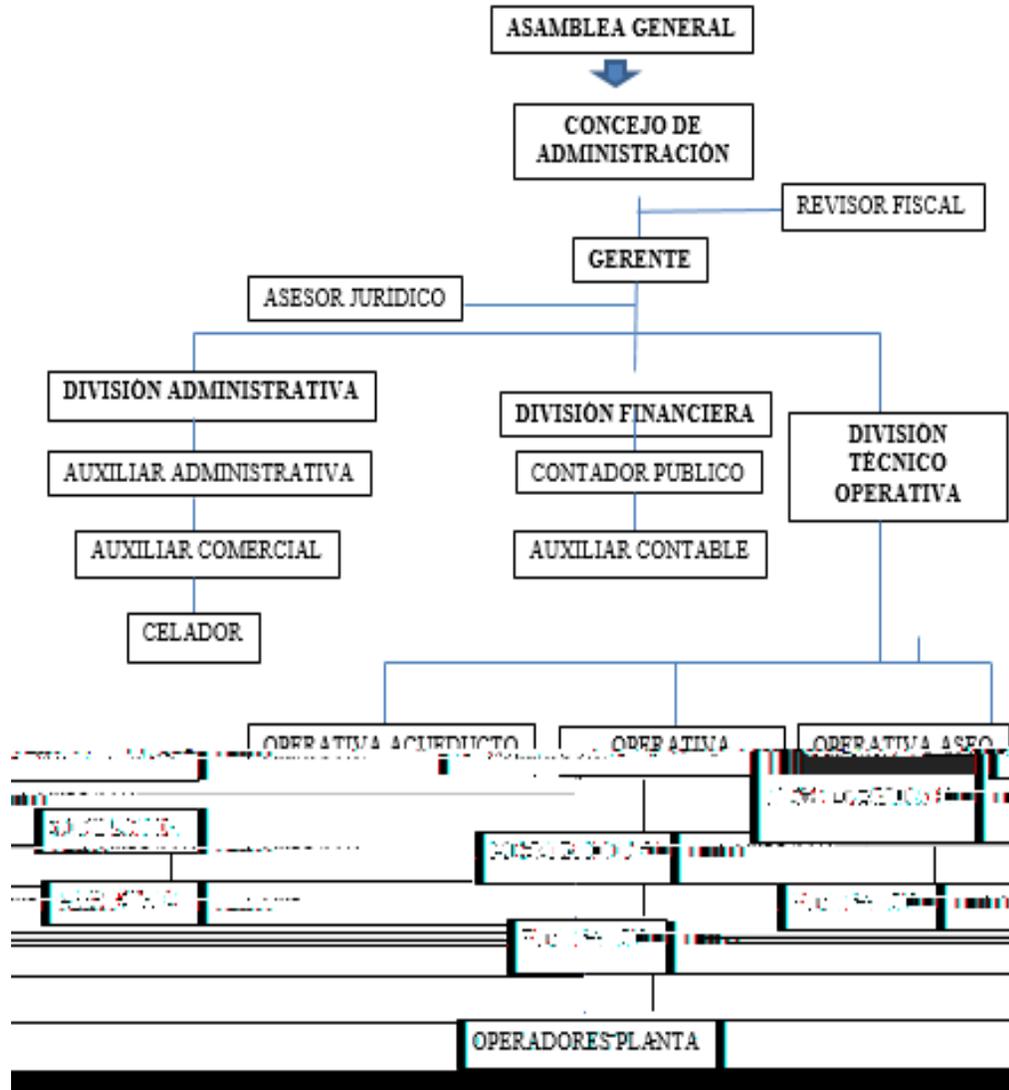
**1.1.3 Objetivos de la empresa.** Se encuentran enmarcados dentro de unos valores y políticas que determinan la prestación del mejor servicio a los clientes con mucha cordialidad, siendo responsables, contando con el mejor talento humano, respondiendo a las obligaciones de la empresa, de forma que se dirija hacia la comunidad, sobresaliendo en cortesía y amabilidad, así mismo evitar la corrupción y el mal manejo de los recursos, creando una buena imagen y confianza en los consumidores.

**1.1.4 Estructura organizacional.** La organización de la empresa se origina en función de una asamblea general, donde el concejo de administración tomara las decisiones correspondientes y así la gerencia se articule de manera funcional y coherente con la división administrativa, división financiera y la división técnico operativa para que se desarrolle un trabajo holístico.

---

<sup>1</sup> APC EMCAR E. S. P. Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Rio de Oro (CESAR). Manual de funciones, misión y visión

**Figura 1.** Organigrama APC EMCAR E. S. P.



**Fuente.** APC EMCAR E. S. P. Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Rio de Oro (CESAR). Manual de funciones, misión y visión

**1.1.5 Dependencia Asignada.** Operativa acueducto: es la función y operación que realiza la empresa para la prestación del servicio de agua potable, desde la captación del recurso hídrico, desarenador, línea de aducción, Planta de Tratamiento de Agua potable Jerusalém y usuario final (puntos de muestreo).

## 1.2 DIAGNÓSTICO INICIAL DIVISIÓN TÉCNICO OPERATIVA ACUEDUCTO

**Cuadro 1.**Matriz DOFA.

<p>AMBIENTE INTERNO</p> <p>AMBIENTE EXTERNO</p>	<p><b><u>FORTALEZAS</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Se cuenta con la infraestructura necesaria para el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, llamada Jerusalém.</li> <li>- La Aplicación de la normatividad (RES 2115 22 jun 2007)</li> <li>- Nuevo tanque de almacenamiento.</li> <li>- Un Manual de funciones, organigrama misión y visión.</li> </ul>	<p><b><u>DEBILIDADES</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No se tiene información actual del proceso de operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.</li> <li>- No está contemplado un registro actual del caudal de las fuentes hídricas.</li> <li>- No se tiene un manual de operación en la Planta de Tratamiento.</li> <li>-No se ha formulado e implementado un proceso de tratamiento de potabilización.</li> </ul>
<p><b><u>OPORTUNIDADES</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Se cuenta con dos fuentes hídricas que suministran el agua a la población.</li> <li>-Un Laboratorio para medir parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda y agua potable.</li> <li>-Extensión de la cobertura en la prestación del servicio de agua potable.</li> <li>-Cambio de la tubería que conduce el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento.</li> </ul>	<p><b><u>ESTRATEGIAS FO</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Implementar y obtener la certificación del laboratorio para el análisis físico químicos y microbiológicos del agua cruda y agua potable.</li> <li>-Brindar servicios de análisis físico químicos y microbiológicos del agua.</li> <li>-Formular el manual de procedimiento y función de los operarios de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.</li> <li>-Formular e implementar el área de Gestión Ambiental en el organigrama de la empresa</li> </ul>	<p><b><u>ESTRATEGIAS DO</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagnosticar los problemas de la calidad en la división técnico operativa acueducto.</li> <li>-Formular e implementar el diseño de tratamiento y proceso de potabilización del agua.</li> <li>-Diseñar formularios para el debido registro de los caudales de las fuentes hídricas.</li> <li>- Gestionar la adquisición de instrumentos y equipos para la medición de caudales hídricos.</li> </ul>

<b><u>AMENAZAS</u></b>	<b>ESTRATEGIAS FA</b>	<b>ESTRATEGIAS DA</b>
<p>-La información del diagnóstico, no esté de acuerdo con la realidad actual de la división técnica operativa de acueducto.</p> <p>- El talento humano, ético, físico e intelectual, no esté en condiciones óptimas y de capacitación, de acuerdo con el manual de funciones en el área operativa de acueducto.</p> <p>-La no certificación del nuevo laboratorio para el análisis de las muestras de agua cruda y potable.</p>	<p>-Analizar geográficamente los caudales de las fuentes hídricas, las cuales podría hacer uso el municipio.</p> <p>-Elaborar el diseño de los planos de la estructura física de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, gestión del riesgo y planes de contingencia.</p> <p>-Capacitar los empleados, de la planta de tratamiento, de acuerdo al manual de operación y funciones propuesto.</p>	<p>- Determinar el estado actual de los sistemas de captación de las fuentes hídricas.</p> <p>-Seguir y monitorear los caudales hídricos.</p> <p>-Socializar con los empleados la elaboración y formulación de las actividades y/o proyectos que se realicen.</p>

**Fuente.** Pasante del proyecto

**1.2.1 Planteamiento del problema.** La inconformidad manifestada por algunos usuarios en la prestación del servicio de agua potable en el municipio, la escasa información en los procesos de potabilización del agua y la falta de capacitación a los operarios, hacen prever un inapropiado manejo y operación en los protocolos de la Planta de Tratamiento de agua Jerusalém del municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia), por lo tanto se llevará a cabo un diagnóstico y formulación de los procedimientos y operación en la Planta.

### **1.3 OBJETIVOS DE LA PASANTÍA**

**1.3.1 General.** Diagnosticar el procedimiento operativo y describir los procesos de las unidades en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém en el municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia).

**1.3.2 Específicos.** Evaluar el procedimiento operativo actual en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém en el municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia).

Formular los procedimientos y describir los procesos funcionales de las unidades en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém en el municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia).

## 1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA MISMA

**Cuadro 2.** Descripción de las actividades

<b>Objetivo General</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades a desarrollar en la Empresa</b>
<p>Diagnosticar el procedimiento operativo y describir los procesos de las unidades en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém en el municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia).</p>	<p>Evaluar el procedimiento operativo actual en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém en el municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia).</p>	<p>Trabajo de campo: visitar los sitios de captación del recurso hídrico, medir caudales.</p> <p>Ubicar las posibles fugas de agua por parte de la población riverense.</p> <p>Verificar los procesos de almacenado, desinfección y distribución del agua en la Planta de Tratamiento de Agua Jerusalém.</p> <p>Analizar el desempeño eficiente de las unidades de acueducto y equipos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém.</p>
	<p>Formular los procedimientos y describir los procesos funcionales de las unidades en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém en el municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia).</p>	<p>Formular los procedimientos y describir los procesos funcionales de las unidades en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém en el municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia).</p>

**Fuente.** Pasante del proyecto

## 2. ENFOQUES REFERENCIALES

### 2.1 ENFOQUE CONCEPTUAL

**Aducción.** Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.<sup>2</sup>

**Agua cruda.** Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

**Agua potable.** Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es apta y aceptable para el consumo humano y cumple con las normas de calidad de agua.

**Almacenamiento.** Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

**Bocatoma.** Estructura que se construye para captar el agua superficial proveniente de un embalse o directamente de un río, quebrada o lago natural.

**Captación.** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.

**Coagulación.** La coagulación tiene como finalidad anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en suspensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas en partículas que puedan ser removidas por la decantación (sedimentación) y la filtración.<sup>3</sup>

**Cota.** Número que en los mapas indica la altura de un punto sobre el nivel del mar o sobre otro plano de nivel.<sup>4</sup>

**Clarificación.** Proceso de separación de los sólidos del agua por acción de la gravedad.<sup>5</sup>

---

<sup>2</sup> REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Desarrollo Económico, dirección de agua potable y saneamiento básico, RAS 2000. Sección II título B sistema de acueducto. Bogotá D. C. noviembre de 2000. P. B 22, B 23, B 24, B 25, B 26

<sup>3</sup> OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA. Manual de capacitación para operadores. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Mundial de la Salud, Lima 2002, p. 421,437,438 y 448

<sup>4</sup> WORDREFERENCE Cota. (s.l.) [on line] (s.f.) [citado el 23 de enero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.wordreference.com/definicion/cota> (08/05/2014).

<sup>5</sup> DECANTACIÓN-FLOTACIÓN Degremont p. 2 (s.l.) [on line] (s.f.) [citado el 23 de enero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.elaguapotable.com/Decantacion%20flotacion%20Degremont.pdf> (15/05/2014)

**Cloro Residual.** Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.

**Cuenca Hidrográfica.** Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.<sup>6</sup>

**Decantación.** La decantación es el proceso mediante el cual se promueve el depósito del material en suspensión por acción de la gravedad.

**Desarenador.** Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica.

**Desinfección.** Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

**Filtración.** La filtración del agua consiste en hacerla pasar por sustancias porosas que puedan retener o remover algunas de sus impurezas. Por lo general, se utiliza como medio poroso la arena soportada por capas de piedras, debajo de las cuales existe un sistema de drenaje.

**Floculación.** Es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores.

**Fuentes de abastecimiento de agua.** Depósito o curso de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua.

**Macromedición.** Sistema de medición de grandes caudales, destinados a totalizar la cantidad de agua que ha sido tratada en una planta de tratamiento y la que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores.

**Mezcla rápida.** La mezcla rápida tiene el propósito de dispersar en forma uniforme e instantánea los productos químicos en el agua que se va a tratar.

**Planta de potabilización.** Instalaciones necesarias de tratamientos unitarios para purificar el agua de abastecimiento para una población.

---

<sup>6</sup> SISTEMA NACIONAL AMBIENTAL Y LEY GENERAL FORESTAL, Ley 99 de diciembre 22 de 1993, decreto 1729 de 2002 capítulo I, artículo 1°. P 333

**Población flotante.** Población de alguna localidad que no reside permanentemente en ella y que la habita por un espacio de tiempo corto, por razones de trabajo, turismo o alguna otra actividad temporal.

**Presa.** Lugar donde las aguas están detenidas o almacenadas.

**Rebosadero.** Estructura hidráulica destinada a evitar que el nivel del agua sobrepase una cota determinada; permite la evacuación del agua de exceso en un embalse, tanque o cualquier estructura que almacene agua hacia un lugar conveniente.

**Red de distribución.** Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

**REJILLA.** Dispositivo instalado en una captación para impedir el paso de elementos flotantes o sólidos grandes.

**Sedimentación.** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

**Suspensión coloidal.** En química un coloide, suspensión coloidal o dispersión coloidal es un sistema físico-químico formado por dos fases: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas; por lo general sólidas. La fase dispersa es la que se halla en menor proporción. El nombre de coloide proviene de la raíz griega kolas que significa que puede pegarse. Este nombre hace referencia a una de las principales propiedades de los coloides: su tendencia espontánea a agregar o formar coágulos.<sup>7</sup>

**Turbina.** Máquina destinada a transformar en movimiento giratorio, mediante una rueda de paletas, la energía cinética de un fluido.<sup>8</sup>

**Usuario.** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le conoce también como consumidor. (Ley 142 de 1994).

## 2.2 ENFOQUE LEGAL

Este trabajo toma como base la normatividad legal:

Decreto 2811 de Diciembre 18 1974:

---

<sup>7</sup>

- (11/05/2014)

<sup>8</sup> WORDREFERENCE. Turbina (s.l.) [on line] (s.f.) [citado el 23 de enero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.wordreference.com/definicion/turbina> (11/05/2014)

Del dominio de los recursos naturales renovables, art 42, art 43.<sup>9</sup>

De los modos de adquirir derecho a usar los recursos naturales renovables de dominio público. Art 50, art 51, art 52.

Usos por ministerio de ley, art 53.

De la adquisición de bienes o para defensa de recursos naturales, art 69 inciso g.

Del dominio de las aguas y sus cauces, art 80, art 81, art 83(protección de la ronda hídrica, inciso d y f).

De los modos de adquirir derecho al uso de las aguas, art 86, art 87

De las concesiones, art 88, art 89.

Ocupación de cauces, art 102.

De la servidumbre de uso de riberas, art 118.

De las obras hidráulicas art 119, art 120, art 121.

Del uso, conservación y preservación de las aguas, art 132, art 133.

Ley 142 de Julio 11 1994

Régimen de los servicios públicos domiciliarios, principios generales, art 4, art 5, art 9, art 11, art 12, art 13, art 14.<sup>10</sup>

Régimen jurídico de las empresas de servicios públicos, art 18, art 19, art 26.

Los bienes de las empresas de servicios públicos, art28, art 29.

Contratos especiales para la gestión de los servicios públicos, art 39 inciso 39.1-39.5.

Del control de gestión y resultados, art 45, art 46, art 47, art 48, art 49, art 50, art 51, art 52

Información de las empresas de servicios públicos, art 53.

De la superintendencia de servicios públicos domiciliarios, art75, art 76.

---

<sup>9</sup> COLOMBIA CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 2811. Del dominio de los recursos naturales renovables. Diciembre 18 de 1974

<sup>10</sup> COLOMBIA CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 142. Régimen de los servicios públicos domiciliarios, principios generales Julio 11 de 1994

De la prestación del servicio, art 134, art 135.

El cumplimiento y la prestación del servicio, art 136, art 138, art 139.

Defensa de los usuarios en sede de la empresa, art 152, art 153, art 154, art 158.

### **LEY 373 Junio 6 1997**

Programa para el uso eficiente y ahorro del agua.<sup>11</sup>

Reducción de pérdidas.

Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2000

Aspectos generales de los sistemas de acueducto.<sup>12</sup>

Población dotación y demanda.

Fuentes de abastecimiento de agua.

Captaciones de agua superficial.

Aspectos de la operación.

Aspectos del mantenimiento.

Aducción y conducción.

Análisis hidráulico. p B 92

Protección contra la contaminación.

Vulnerabilidad y confiabilidad.

Red de distribución.

Tanques de almacenamiento y compensación.

RESOLUCIÓN 2115, 22 Junio de 2007.

---

<sup>11</sup> COLOMBIA CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 373. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua Junio 6 de 1997

<sup>12</sup> REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS 2000

### **3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO**

#### **3.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

En las actividades desarrolladas dentro de la empresa APC EMCAR ESP y para dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados para diagnosticar el procedimiento operativo y formular los protocolos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém en el municipio de Rio de Oro (Cesar - Colombia), se procedió de la siguiente manera:

Primero: se efectuó la revisión bibliográfica de los procedimientos de clarificación y potabilización en una Planta de Tratamiento de agua potable, además de la información actual que existe en la empresa. También se realizó, la revisión de la normatividad vigente en la orientación de un servicio público, que prestan las empresas de servicio público de agua, de acuerdo a sus funciones en la captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua para consumo humano.

Se ha determinado en el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio (aún no se ha actualizado), que existe un alto deterioro sobre las subcuencas y micro-cuencas abastecedoras de agua para consumo humano, cambios bruscos de las condiciones micro-climáticas, pérdidas de la cobertura vegetal que desencadena procesos erosivos severos. Además de los sedimentos aluviales que yacen en los cauces de las quebradas, que son de forma alargada y conformados principalmente por arena de grano medio a fino, cantos y guijarros, en las orillas de los causes y cantos gruesos en los fondos.<sup>13</sup>

Segundo: se procedió a verificar la información recolectada de manera descriptiva, por medio de una observación directa a las unidades y a los procesos unitarios que conforman la PTAP<sup>1</sup> Jerusalém, obteniéndose el siguiente análisis:

**3.1.1 Concesión de aguas.** La Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR mediante resolución N° 864 de fecha 18 de Octubre de 2005, adopto la decisión entorno a las concesiones hídricas de algunos municipios y/o empresas prestadoras de servicios de acueducto; en su artículo 14 enuncia aguas de la corriente denominada rio de Oro en beneficio del Acueducto Municipal de Rio de Oro - Cesar. El presente derecho se otorga a título de concesión a nombre del municipio de Rio de Oro con un caudal de 13.5 l/s destinados a satisfacer las necesidades hídricas de un máximo poblacional de 5.280 habitantes. No se ha podido establecer si existe una concesión de aguas para el uso y control de la fuente de abastecimiento de la quebrada la Toma.<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> RUEDAS ZAPARDIEL Carlos Arturo. Municipio De Rio De Oro (Cesar) Esquema De Ordenamiento Territorial. Alcalde p. 6

<sup>14</sup> Optimización Del Sistema De Acueducto De La Zona Urbana Del Municipio Mediante La Construcción De La Línea De Conducción Entre La Fuente De Captación Del Salobre Y La Ptap, Municipio De Rio De Oro-Cesar. P. 8, 9 y 10

### 3.1.2 Descripción física de la planta de tratamiento de agua potable Jerusalém

**Captación.** Existen dos sistemas de captación que abastecen de agua la zona urbana del municipio. Se realizó la visita de los sistemas de captación a las dos fuentes de abastecimiento, la primera se encuentra ubicada en la vereda del Gitano por donde hace su recorrido el río de Oro; la segunda se debe a la quebrada llamada la Toma ubicada en la vereda Tunja. El agua captada es transportada por medio de una línea de aducción hasta la PTAP<sup>15</sup> Jerusalém.

**Bocatoma río de Oro (Gitano).** El sistema se encuentra situado topográficamente sobre una cota promedio de 1350.83 msnm<sup>16</sup>, la presa está construida en concreto con una distancia de 13.5 metros de longitud que atraviesa el flujo superficial del río, el agua es captada mediante una bocatoma, ubicada en la parte superior izquierda de la presa. Además de las características de arrastre de la fuente, la estructura de la presa no presenta taponamientos graves que impidan su funcionamiento normal.

La rejilla que impide que el material vegetal (hojas, ramas y tallos secos) y de arrastre no existe actualmente y esto permite que ingrese al desarenador. (Imagen 1).

**Imagen 1.** Bocatoma sin rejilla



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Desarenador el Gitano.** La estructura se encuentra ubicada a la margen izquierda del río de Oro, a 25 metros río abajo de la bocatoma de captación. Construido en concreto reforzado de forma rectangular con dos unidades de sedimentación que remueven la arena y

<sup>15</sup>Siglas para Planta de Tratamiento de Agua Potable

<sup>16</sup> REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS 2000 SECCION II TÍTULO C SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN p. C.8, C.35

sólidos en suspensión en el agua, está encerrado con malla de alambre con el fin de aislar de mejor forma el área y ubicación de la estructura, pero no con las dimensiones adecuadas y de gestión del riesgo para hacer una mejor inspección y mantenimiento. (Imagen 2)

**Imagen 2.** Desarenador con malla de alambre.



**Fuente.** Pasante del proyecto

El mantenimiento efectuado al desarenador el día 20 de Marzo del 2014 se pudo evidenciar que este tenía muchos meses de no hacerse la respectiva actividad. (Imagen 3)

**Imagen 3.** Mantenimiento desarenador, material vegetal y de arrastre en las unidades de sedimentación.

A



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Línea de aducción desarenador el Gitano - PTAP Jerusalém.** El agua es transportada desde el desarenador a la planta de tratamiento por medio de una tubería de

21 cuyo flujo es transportado por gravedad a una distancia de 6.5 Km de la PTAP Jerusalém.

En el trayecto de la línea de aducción río abajo del sistema de captación, se identificaron conexiones ilegales en las válvulas y ventosas, estas se efectúan clandestinamente y se ocultan para no encontrarlas fácilmente y no tener especificación alguna de los individuos que realizan cierta conexión. La gerencia ha tomado medidas correctivas para la desconexión de las mismas; con la colaboración de los fontaneros de la empresa y la Policía Nacional. Tiempo después de la desconexión se mantiene la problemática puesto que las conexiones clandestinas vuelven y se efectúan.

**Represamiento río arriba de la bocatoma el Gitano.** Los asentamientos de productores agrícolas y de ganadería río arriba del sistema de captación, hacen represamientos para captar el agua y obtener el recurso hídrico para el riego de sus cultivos y otras actividades agropecuarias en épocas de sequía, esta actividad se efectúa por medio de motobombas y estructuras pequeñas en concreto para el represamiento. Esto acarrea la disminución del caudal que será captado para el sistema de acueducto de la zona urbana del municipio. (Anexo 1)

**Bocatoma quebrada la Toma.** El sistema está construido en concreto de forma transversal al flujo superficial de la quebrada, la bocatoma se sitúa en la parte central de la presa sin la rejilla que evita la entrada de material vegetal y de arrastre. La estructura se encuentra en condiciones normales para el desempeño de su función en la captación. (Imagen 4)

**Imagen 4.** Bocatoma sin rejilla transversalmente al flujo superficial de la quebrada la Toma.



**Fuente.** Pasante del proyecto

Se pudo evidenciar que en el trayecto hacia la bocatoma de la quebrada existen estructuras en concreto anteriores a la actual para la captación del recurso hídrico, estos causan represamientos y acumulación de material vegetal y de arrastre, interrumpiendo el flujo

superficial natural de la quebrada; además de la deforestación en la parte alta y media de la quebrada. (Anexo 2)

**Desarenador quebrada la Toma.** El desarenador está construido en concreto de forma rectangular a unos 300 m de longitud aproximadamente de la bocatoma, desempeña normalmente con la función de remover la arena y sólidos en suspensión; la infraestructura de hierro que aísla el desarenador no cumple con la función de proteger totalmente la estructura, y no se ha efectuado el mantenimiento respectivo. (Imagen 5)

**Imagen 5.** Desarenador quebrada la Toma, infraestructura de hierro no aísla y protege totalmente la estructura.



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Línea de aducción desarenador la Toma – PTAP Jerusalém.** El agua es conducida por está protegida con un recubrimiento en concreto hasta el desarenador; después es conducida a la PTAP por una distancia de 8 Km aproximadamente. En la línea de aducción desde el desarenador de la quebrada la Toma hasta la PTAP se presenta la misma problemática que en el río de Oro, las conexiones ilegales determina la disminución del caudal de entrada, este se reduce al máximo y la macro medición se detiene, marcando cero para el caudal de entrada de la quebrada la Toma, puesto que no ingresa agua de la quebrada a la Planta de tratamiento. No se ha podido determinar específicamente los actores que ejecutan dichas conexiones.

**Planta de Tratamiento de Agua Potable Jerusalém.** Es una planta compacta tipo Pulsator a Sifón (Degremont) de decantación vertical construida en el año 1980, conformada por los procesos de tratamiento: mezcla rápida, coagulación, floculación, decantación, filtración, desinfección, almacenamiento y distribución. Esta precedida por dos macro medidores que determinan los  $m^3/h$  de agua que entran a la PTAP;(Imagen 6)

**Imagen 6** Planta compacta tipo pulsator a sifón (Degremont) de decantación vertical. Macro medidores de entrada del rio de Oro y quebrada la Toma.



**Fuente.** Pasante del proyecto

La planta presenta otros macro medidores de salida, dos desde el tanque principal, uno para abastecer el barrio de los Rosales (zona urbana) y el segundo para el resto de la población; un tercero para medir el caudal de abastecimiento del barrio cerro de la Cruz. De estos macro medidores de salida se encontró una problemática, el que determina la medición de caudal de salida para el barrio los Rosales se detiene con frecuencia y no marca la realidad de los  $m^3/h$  de agua que salen, el operario ha optado por realizar un golpeteo suave a la tubería antes del macro medidor, para que este haga girar el mecanismo que marca el serial que establece el caudal de salida.

(Imagen 7-9)

**Imagen 7.** Macro medidor de salida barrio los Rosales.



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Imagen 8.**



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Imagen 9.** Macro medidor de salida barrió cerro de la Cruz



**Fuente.** Pasante del proyecto

La planta posee actualmente tres unidades de filtración con lechos de arena, grava y antracita, cabe mencionar que no se ha verificado el interior de estas unidades de filtración; construidos en el año 1981 por Depurar LTD, con una presión de diseño de 75 psi; una

presión de trabajo de 6 psi; un presión de prueba de 9 psi; un peso total en vacío de 400 Kg; un caudal de 24 m<sup>3</sup>/h y un peso total en funcionamiento de 6.600 Kg. (Imagen 10)

**Imagen 10.** Unidades de filtración.



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Equipo de dosificación de sulfato de Aluminio.** Para el proceso de coagulación floculación se cuenta con un tanque y equipo de dosificación de sulfato de Aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) este equipo ha sido reemplazado, debido que el anterior, aun cuando cumplía con la dosificación ideal, presento desgaste y un inadecuado manejo por personal no capacitado, no se encontró referencia alguna del equipo anterior. En cuanto al actual equipo no dosifica la cantidad ideal y necesaria para que el proceso de coagulación - floculación sea el óptimo y eficiente, para que se tenga un agua cruda optima Clarificada. No se tiene especificación actual del equipo de dosificación. (Imagen 11 y 12)

**Imagen 11.** Dosificador actual de sulfato de Aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ).



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Imagen 12.** Dosificador anterior sin funcionamiento.



**Fuente.** Pasante del proyecto

Cabe resaltar que el almacenamiento del coagulante ( $Al_2(SO_4)_3$ ) se efectúa de manera correcta y está aislado y protegido en el almacén de las instalaciones físicas de la PTAP. (Imagen 13)

**Imagen 13.** Almacenamiento del coagulante ( $Al_2(SO_4)_3$ )



**Fuente.** Pasante del proyecto

En la planta actualmente, no presenta un equipo de prueba de jarras, por consiguiente se deduce que no se está aplicando la dosis óptima de coagulante.

**Equipo de desinfección.** Actualmente la planta cuenta con un clorador E 10 K en condiciones óptimas para la dosificación y un cilindro de cloro gaseoso. Cabe mencionar que se adquirieron dos unidades de este equipo, una que está dañada por mal manejo, falta de capacitación para la operación de los equipos y el que actualmente funciona (Imagen 14)

**Imagen 14.** Clorador E 10 K y cilindro de cloro gaseoso.



**Fuente.** Pasante del proyecto

Se puede verificar que cuando el cilindro de cloro se termina y no hay forma de reemplazarlo inmediatamente, se recurre a la dosificación de cloro en forma granulada, para ello se cuenta con canecas de hipoclorito granulado, y el operario debe diluir el cloro en un tanque con agua, situado en el sistema de rebosadero del tanque N° 2 a donde ingresa la dilución del hipoclorito por un sistema de grifo al tanteo, a este se le aplica una cantidad de hipoclorito determinada por el microbiólogo de la empresa para una óptima desinfección.(Imagen 15)

**Imagen 15.** Tanque de dosificación de cloro granulado al sistema de rebosadero del tanque N° 2 al N° 1.



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Instalaciones.** Actualmente la PTAP cuenta con la planta física adecuada para el almacenamiento de material de coagulación, de oficina y de laboratorio. (Anexo 3)

**Laboratorio.** Las instalaciones del laboratorio se encuentran en buen estado y cumplen con el desarrollo óptimo para los análisis básicos de pH y Cloro, que deben efectuar los operarios a cada hora y de su registro en el formato. Se cuenta con varias unidades de vasos de precipitado, donde se toman muestras de agua cruda y agua potable, un kit analizador de pH y Cloro por el método colorimétrico y un turbidímetro. Los análisis de los otros parámetros se realizan en un laboratorio certificado en la ciudad de Bucaramanga. (Imagen 16 y 17)

**Imagen 16.** Instalaciones del laboratorio.



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Imagen 17.** Instrumentos de análisis de pH y Cloro, vaso de precipitado.



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Sistema de almacenamiento y distribución.** El agua captada, tratada y desinfectada es almacenada en 4 tanques de almacenamiento enumerados y con su capacidad respectiva. Tanque N° 1 o principal con capacidad de 295 m<sup>3</sup>; tanque N° 2 o casa con capacidad de 227 m<sup>3</sup>; tanque N° 3 con capacidad de 217m<sup>3</sup>; este último suministra el agua al tanque N° 4 con capacidad de 100 m<sup>3</sup> por medio de unas turbinas que impulsan el agua; puesto que se construyó en una cota más alta y un sitio más alejado de la PTAP; el sistema de

distribución esta Interconectado por una línea de tuberías con válvulas y llaves para el control del suministro y distribución del agua potable dentro de las unidades de la Planta de tratamiento. Estos poseen sistemas de rebosadero y de evacuación del líquido para su respectivo lavado y mantenimiento, al igual que un sistema de circulación de aire al interior de los tanques. (Anexo 4)

Actualmente los tanques no cuentan con un sistema de medición volumétrico para chequear el llenado y vaciado, los operarios recurren a la verificación por medio de las molduras de hierro o escala pies al interior de los tanques. (Anexo 5).

### 3.1.3 Descripción de los procesos.

**Mezcla rápida.** Se efectúa mediante la unión de una manguera de 1cm de diámetro proveniente del dosificador del coagulante. La mezcla se realiza desde la conexión en la tubería del río de Oro antes del Clarificador, hasta la cámara circular superior de la planta donde llega el líquido de las fuentes de abastecimiento. (Imagen 18)

**Imagen 18.** Conexión de la manguera desde el dosificador de sulfato ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) a la tubería de río de Oro.



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Coagulación – Floculación.** El coagulante utilizado actualmente para el proceso de coagulación es el sulfato de aluminio tipo A y tipo B. Para que el floculo sea el ideal y decante correctamente la Planta cuenta con unos paneles o membranas con orificios hexagonales (forma de colmena) en la parte superior del tanque Clarificador. Estos tienen un periodo muy prolongado de uso y están deteriorados. Cuando los operarios efectúan el lavado de los paneles, se fracturan y parten, puesto que están contruidos en pasta que se ha cristalizado por el contacto permanente con el agua y el sulfato de aluminio, si a esto se le adiciona el aumento de la temperatura en los días soleados, causando que pedazos de pasta de varios tamaños se depositen al interior de la Planta ocasionando obstrucción en el mecanismo de evacuación de los lodos que se depositan en los decantadores o tolvas. El

proceso final en el tanque clarificador lo realizan unos tubos con orificios en forma de flauta, situados en la parte superior a unos centímetros arriba de los paneles o membrana por donde entra y circula el agua cruda clarificada.(Imagen 19)

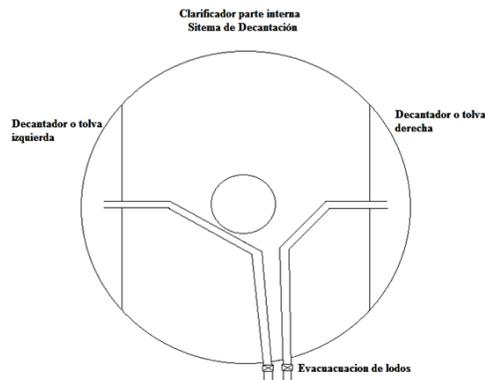
**Imagen 19.** Paneles o membranas deterioradas para lograr un óptimo proceso.



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Decantación.** El tanque Clarificador cuenta con dos decantadores o tolvas con una inclinación de  $45^\circ$  para una mejor y rápida decantación; estos decantadores o tolvas se sitúan en la parte media e inferior al interior del tanque clarificador, uno a la izquierda y el otro a la derecha, al inicio de este diagnóstico la tolva izquierda estaba obstruida y no se realizaba la medición de los lodos. Cabe mencionar que esta medición no se efectuaba; ahora se efectúa de forma incorrecta, ya que no se cuenta con las probetas para medir y que determinan el nivel de lodos en las tolvas, ni con el protocolo técnico, y capacitación para realizar esta operación. (Imagen 20)

**Imagen 20 .**Esquema de un sistema de decantación al interior del clarificador con su respectivo sistema de evacuación.



**Fuente.** Pasante del proyecto

**Filtración.** Actualmente cumplen su función normal. El mantenimiento respectivo no se ha efectuado desde hace mucho tiempo, debido a que no se ha conseguido el material para el cambio del lecho filtrante; a estos se les efectúa un retro lavado tres veces dentro de las 12 horas de operación.

**Desinfección - análisis de pH y Cloro.** El proceso de desinfección se efectúa de forma aceptable, con la anomalía que los operarios no efectúan los análisis consecutivamente cada hora; se pudo corroborar que en muchas de las ocasiones los operarios presumen que el valor ideal de pH y cloro sería el mismo en sus turnos respectivos, por consiguiente el valor numérico que se aprecia en los formatos de operación de la PTAP es casi siempre el mismo.

**Red de distribución.** Se localiza a través del recorrido desde la PTAP Jerusalém hasta los usuarios de la empresa, por medio de un suministro e instalación de 6.604 metros lineales

inst ;  
 suministro e instalación de 106 unidades de válvulas ventosas y 24 unidades de válvulas de purga. [15].

### 3.2 FORMULACIÓN DEL PROCEDIMIENTO OPERATIVO DE LA PTAP JERUSALÉM

**Nivel de complejidad.** Para determinar el nivel de complejidad del sistema se define de acuerdo con lo expuesto en el numeral A.3.1 del reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 [18]; para todo el territorio nacional se establecen cuatro niveles de complejidad: bajo, medio, medio alto y alto. La formulación y operación del procedimiento operativo de este sistema, se tiene en cuenta la demografía actual y la capacidad económica de los usuarios. Se define el nivel de complejidad de acuerdo a lo señalado en la siguiente tabla:

**Cuadro 3.** Nivel de complejidad PTAP Jerusalém

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Medio	6.808	Baja - Media

**Fuente.** Pasante del proyecto

La determinación de la capacidad económica de los usuarios de acuerdo a la estratificación en la zona urbana del municipio de Rio de Oro (Cesar) a saber estratos 1, 2, 3 y de acuerdo a la capacidad asociada a los estratos según el RAS 2000 [18].

Estrato único, 1 y 2: Capacidad baja  
 Estratos 3 y 4 : Capacidad media  
 Estrato 5 : Capacidad media alta  
 Estrato 6 : Capacidad alta  
 Industria y comercio: Capacidad alta

Se formula el procedimiento operativo basado en la evaluación de los procesos actuales de operación en el sistema de captación y la PTAP Jerusalém, para que este diagnóstico sea una herramienta en la toma de decisiones para el mejoramiento eficiente y continuo del sistema de acueducto desde la captación hasta la PTAP del municipio, así, la empresa APC EMCAR ESP y los usuarios interactúen de forma dinámica en el fortalecimiento de procesos característicos de situaciones ambientales, para lograr la satisfacción personal o colectiva.

Para la formulación del procedimiento operativo de la planta se tuvo en cuenta cada una de las visitas a los sistemas de captación, tanto de la quebrada la Toma, como del río de Oro y a la planta de tratamiento, en donde se pudo verificar mediante observación directa cada uno de los componentes físicos y procesos que hacen parte de las acciones a ejecutar en la PTAP Jerusalém, así como también de la utilización y del análisis de la información concerniente a todos los procesos de potabilización en una planta de tratamiento que determinan la siguiente formulación:

Teniendo en cuenta la clasificación que se ve resumida en la tabla 2, para sugerir acciones a efectuar en cada uno de los elementos o unidades que hacen parte de la PTAP Jerusalém.

#### **Cuadro 4. Clasificación del sistema y unidad de tratamiento PTAP Jerusalém**

<b>SISTEMA</b>	<b>UNIDAD DE TRATAMIENTO</b>	<b>EQUIPO O INSTRUMENTO</b>
Captación	Presa - bocatoma desarenador - línea de aducción	Turbidímetro
Clarificación	Decantador vertical: Mezcla rápida Coagulación Floculación Decantación	Dosificador de sulfato de aluminio. Ensayo de jarras
Filtración	Filtros	Vaso de precipitado
Cloración	Desinfección	Clorador E 10 K - cilindro de cloro gaseoso - kit analizador
Almacenamiento y distribución	Cuatro Tanques	Macro medidores

**Fuente.** Pasante del proyecto

**Sistema de captación río de Oro.** El sistema de captación de la PTAP Jerusalém está conformado por las siguientes unidades:

**Presa.** Esta unidad de tratamiento que cumple la función óptima del represamiento del río. Se pudo verificar que además contiene materiales de arrastre de diferente granulometría y vegetal que se acumula antes de la bocatoma haciendo la obstrucción del flujo de energía superficial (ver Anexo 6).

Una Actividad planteada para dar una solución y lograr una óptima operación en la presa, es verificar mediante observación directa el funcionamiento adecuado de esta unidad, para lo cual se sugiere hacer una inspección cada 10 días al sitio llevando un protocolo para estas visitas. Además de la verificación del estado actual en que se encuentra la presa y su entorno ambiental.

**Bocatoma.** Esta unidad de tratamiento es la que se encarga de captar el agua, se pudo establecer que no opera de manera eficiente debido a la falta de la rejilla que es un componente imprescindible para su funcionamiento.

La Actividad sugerida para solucionar este inconveniente y lograr una óptima operación consiste en colocar la rejilla y remover el material de arrastre.

**Desarenador.** Aunque la estructura de esta unidad cumple correctamente con el proceso de desarenación, la falta de mantenimiento determina un inadecuado funcionamiento.

La actividad sugerida es establecer un punto de observación del nivel de lodos desde el fondo de la estructura para establecer un máximo del nivel y así efectuar su limpieza y mantenimiento. También se debe llevar una bitácora de las actividades del mantenimiento de esta unidad. Una de las labores de mantenimiento es la remoción de lodo y otros materiales.

**Línea de aducción.** El suministro e instalación de válvulas de purga y ventosas en esta unidad permiten que el aire que circule al interior de la tubería pueda evacuarse, además es esencial para mantener un flujo de energía para que la gravedad impulse el líquido a través de esta y pueda llegar hasta la PTAP.

Las actividades sugeridas para el óptimo funcionamiento y desempeño consiste en revisar el trayecto desde la PTAP hasta el sistema de captación en un periodo de tiempo sugerido no mayor de 30 días, para determinar las condiciones en que se encuentra la línea de aducción, de los riesgos a que está expuesta, ya sea por conexiones ilegales, así como por el deterioro de la misma o por situaciones de deslizamientos de tierra y material de arrastre que pueda poner en peligro la infraestructura.

Para cada una de estas actividades descritas anteriormente se recomienda la elaboración de formatos específicos, que determinen su ejecución; estos formatos deben elaborarse de

manera técnica clara y concisa, para que el personal capacitado, pueda desempeñar un trabajo eficiente y con buenos resultados.

### **Sistema de captación quebrada La Toma**

**Presa.** Se debe tener en cuenta que el caudal hídrico de la quebrada la Toma es menor que el del río de Oro; por consiguiente el material de arrastre es de menor volumen y el funcionamiento de la unidad no presenta problemas de operación importantes.

Las labores sugeridas para el óptimo funcionamiento consisten en la inspección detallada de visitas en un tiempo no mayor de 30 días. Mediante observación directa, registrando en un formato lo observado para determinar en qué condiciones se encuentra esta unidad y de los posibles riesgos a que está expuesta.

**Bocatoma.** En esta unidad para la captación de agua, se pudo verificar que en el transcurso de este trabajo se logró colocar la rejilla que al inicio del diagnóstico no estaba, por lo tanto presentaba un mal funcionamiento (Ver Anexo 7).

La labor que se sugiere en esta unidad es hacer un mantenimiento, para lo cual se deben hacer visitas continuas y así verificar su funcionamiento.

**Desarenador.** Esta unidad cumple correctamente con la función de remover las arenas y sólidos suspendidos en el agua.

La actividad sugerida para el procedimiento adecuado está determinada por visitas periódicas no mayores a 20 días donde se deberá observar las condiciones en las que se encuentra. Se debe establecer un punto de observación del nivel de lodos, desde el fondo de la estructura para establecer un máximo del nivel y así efectuar su limpieza y mantenimiento. Se debe hacer una estructura metálica que aisle y proteja esta unidad (ver Anexo 8).

**Línea de aducción.** El transporte de agua cruda en esta unidad está determinado por una tubería de 7 km aproximadamente hasta la PTAP. La deforestación puede poner en riesgo esta infraestructura ya que los árboles de gran tamaño que se cortan ocasionan ruptura o rompimiento de la tubería, además de deslizamientos de tierra.

Se sugieren labores de campo para inspeccionar el trayecto de la línea de aducción desde la captación hasta la PTAP en periodos de tiempo no mayores de 20 días con el fin de registrar en un formato las condiciones en las que se encuentra, además de verificar e identificar las conexiones ilegales que se puedan presentar por los productores agrícolas de la zona.

**Turbidímetro.** Este equipo se encarga de medir la capacidad de disipación de la luz por medio de las partículas suspendidas en el agua y se mide en Unidades Nefelométricas de

Turbiedad (UNT), Para la manipulación y función de este instrumento se debe tener en cuenta su calibración dependiendo de las especificaciones del equipo; las capacitaciones se deberán exigir para la manipulación adecuada del mismo.

Las actividades que se sugieren antes de realizar un trabajo de campo es verificar que el turbidímetro este calibrado y en óptimas condiciones de funcionamiento para realizar las mediciones de turbiedad ya sea en el sistema de captación o en la PTAP Jerusalém; el operario deberá anotar los valores en los formatos adecuados para esta actividad.

Se sugiere para la mejor operación en las unidades de tratamiento, tener un formato donde se registren todas las actividades a realizar en los sistemas de captación. Un operario se encargara de realizar estas tareas, con un periodo de tiempo estimado por el coordinador de área operativa. Estos formatos deben ser archivados en carpetas con su respectiva identificación. También se sugiere la sistematización de la información para el control respectivo en la operación.

**Sistema de clarificación – PTAP Jerusalém.** Para el proceso de separación de los sólidos suspendidos en el agua por la acción de la gravedad [17] después del pre tratamiento; este sistema compacto de estructura cilíndrica conformada por procesos físico químicos e hidráulicos independientes pero en interacción dinámica, permiten la clarificación del agua cruda y se presenta en este diagnóstico actual de los procesos específicos para esta tecnología.

A continuación se tomara por separado las unidades de tratamiento para sus procesos y se lleve a cabo la clarificación:

**Decantador vertical.** El proceso de decantación flotación, es de tecnología Dégremont Pulsator, que produce un manto de fango en cuyo seno la concentración de materia en suspensión es elevada, por medio de los cuales se consiguen reacciones completas con precipitados densos; con estos decantadores puede obtenerse un agua decantada siempre de calidad buena y constante, cualesquiera que sean la turbiedad del agua bruta y la naturaleza del tratamiento [17].

**Mezcla rápida.** Este proceso que hace parte de la unidad de decantación vertical, una vez adicionados los coagulantes de sulfato de aluminio tipo A y tipo B. La coagulación debe dispersarse rápida y homogéneamente en el cuerpo de agua, para lo cual deben emplearse las unidades de mezcla rápida [16], por medio de la energía hidráulica que pasa por la tubería y es interceptada por la conexión de la manguera dosificadora de sulfato hasta la cámara circular del sistema Pulsator del clarificador. La mezcla rápida viene precedida de la dilución del coagulante, el cual utiliza un mezclador mecánico de una sola aspa que permite batir en un tanque el agua y el sulfato que homogeniza la dosis, cuya mezcla está dada por 25 kg de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ).

Las actividades que permitirán el óptimo desarrollo de esta operación son la verificación y control del tiempo de uso y funcionamiento de la manguera de dosificación, para evitar la obstrucción y taponamiento debido a la adhesión del sulfato a la manguera.

**Dosificador de sulfato.** Este equipo determina la cantidad adecuada de coagulante para el debido proceso. El dosificador de la planta no cumple con su función ideal debido a que presenta fallas en su rendimiento. La cantidad de coagulante que dosifica es la aceptable para la clarificación del agua cruda. Para el caso en época de lluvia la dosis aumentara dependiendo del grado de turbiedad. Cabe aclarar que sin el ensayo de jarras esta dosis es especulativa y no la ideal.

La actividad sugerida para la adecuada dosificación del coagulante es el arreglo del equipo o su reemplazo y la puesta en funcionamiento del ensayo de jarras. También se propone la limpieza y mantenimiento del tanque de dilución del coagulante en un periodo de tiempo no mayor a 6 meses. Se sugiere verificar mediante aforo que la cantidad de sulfato sea la adecuada para un óptimo proceso de operación. También se propone la revisión y verificación del funcionamiento adecuado del sistema mecánico que mezcla el agua cruda con el coagulante en el tanque de dilución y dosificación (Ver Anexo 9).

**Coagulación – floculación.** La desestabilización de las partículas mediante el coagulante determina el tamaño y proceso de formación de los flóculos. Un factor importante que condiciona el proceso es el aumento en un grado centígrado por hora (1°C/h) de la temperatura en el clarificador que puede alterar el proceso. Además, lo que determina el proceso es la velocidad ascensional del agua, que deberá ser inferior a la velocidad de la caída de las partículas. De igual modo las membranas o paneles de sedimentación vertical permiten y ayudan a una mejor efectividad en el proceso y disipan la energía hidráulica; al final las partículas adheridas convertidas en flocs por su peso se precipitan y terminan en el fondo de las dos unidades de decantación.

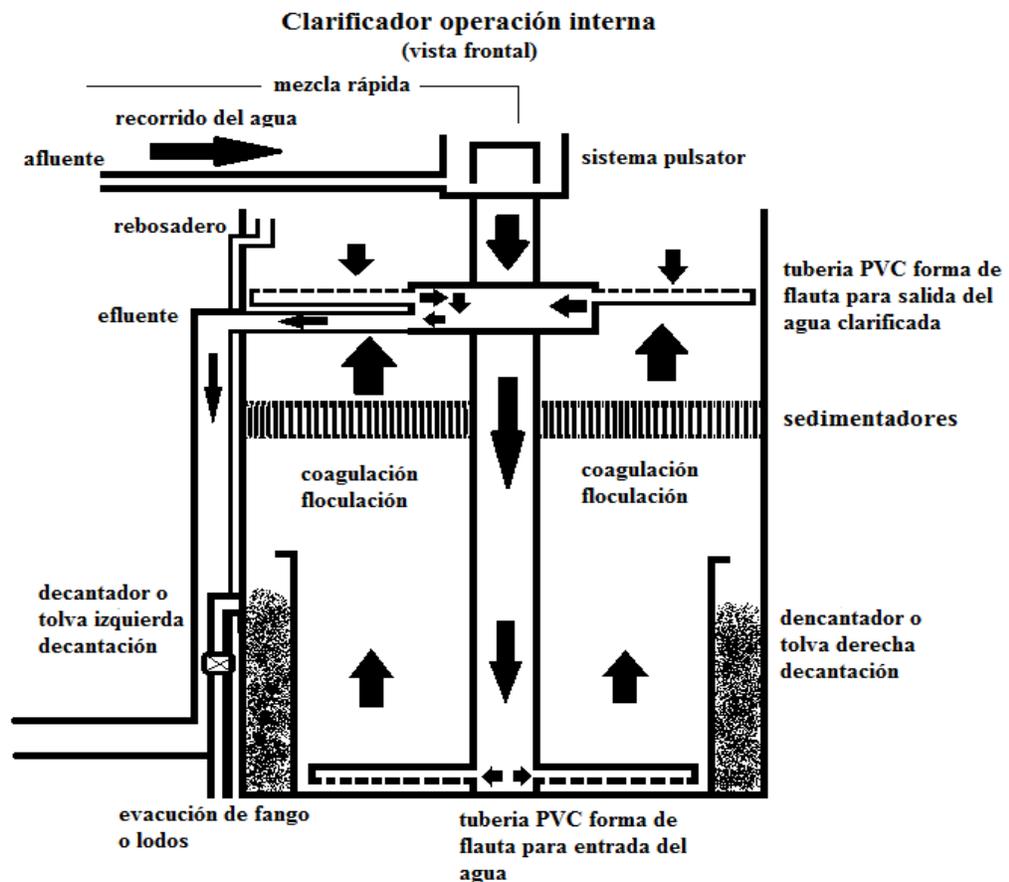
Las actividades sugeridas para el desarrollo del procesos de clarificación, es la supervisión y control del operario, mediante una observación directa y seguimiento constante. También se sugiere la elaboración de un formato específico donde se registre los cambios de temperatura por hora en el proceso. Se sugiere hacer una labor de limpieza de acuerdo a los parámetros de cuidado y conservación de los paneles o membranas de la unidad, los operarios deben estar capacitados para realizar esta limpieza y llevar el registro y control en un formato (Ver Anexo 10).

**Decantación.** La decantación estática debe funcionar de manera regular, ya que la alteración de los caudales pueden formar remolinos que permiten que los lodos o fangos suban a la superficie (se revuelca la planta término usado por el operario para describir el proceso), estas unidades de decantación o tolvas están provistos de fondos que tienen una inclinación de 45° para permitir que la decantación sea rápida y así mismo puedan evacuarse, se determina que para este efecto el caudal ideal de entrada deberá estar entre 40 y 50 m<sup>3</sup>/ h.

Las actividades que se sugieren consiste en la evacuación de los lodos o fangos de acuerdo a las especificaciones determinadas por el coordinador del área operativa; dichas especificaciones la definen el muestreo de lodos o fangos. Además de acuerdo la información y las visitas de inspección a la PTAP Jerusalém, se propone mantener un caudal regular de entrada para evitar la formación de remolinos que impidan el óptimo proceso de coagulación flocculación.

**Ensayo de jarras.** La dosificación ideal de coagulante la determina el ensayo de jarras, se sugiere la puesta en marcha del equipo y la respectiva capacitación para el adecuado manejo y operación.

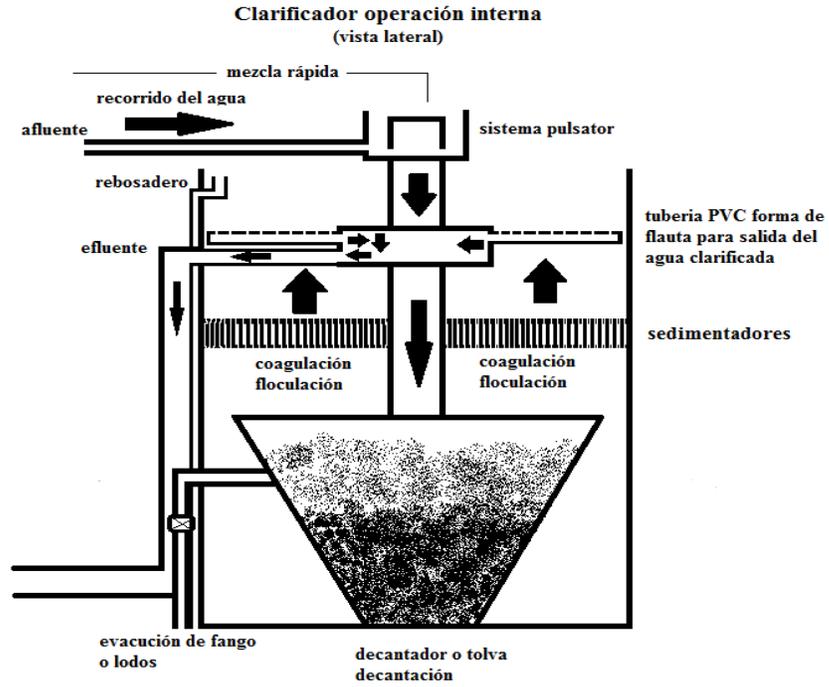
**Figura 2.** Clarificador operación interna (vista frontal)



**Fuente.** Pasante del proyecto

La figura muestra cómo opera y efectúa los procesos cada unidad de tratamiento en dinámica y conjunto.

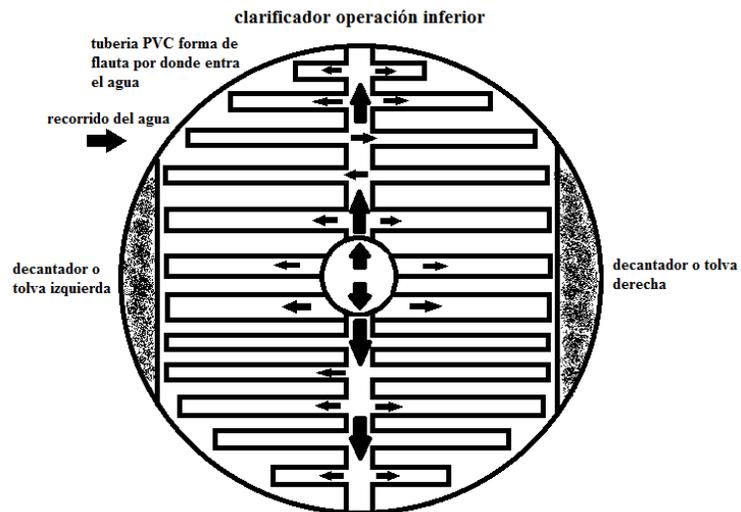
**Figura 3.** Clarificador operación interna (vista lateral)



**Fuente.** Pasante del proyecto

La figura 2 muestra la vista lateral de los decantadores o tolvas para el correcto y óptimo proceso de decantación.

**Figura 3.** Clarificador operación inferior



**Fuente.** Pasante del proyecto

La figura 3 muestra cómo opera la parte inferior del clarificador a través de una tubería en forma de flauta. Cabe mencionar que este sistema de flauta posee una estructura de forma triangular en fibra de vidrio que protege la tubería cuando se efectúa el mantenimiento, pero que también se encarga de disipar el flujo de energía hidráulica ascendente para que se desarrolle un proceso de clarificación adecuado (ver **Imagen 21**).

**Imagen 21** forma triangular en fibra de vidrio para proteger la tubería y disipar la energía hidráulica



**Fuente.** Pasante del proyecto

### **Sistema de filtración**

**Filtros.** Estas unidades están conformadas por tres filtros, cuyo proceso es de filtración rápida descendente en cada uno de los filtros, por medio de la gravedad. Aunque no se ha verificado el interior de las unidades de filtración, el proceso se efectúa de manera aceptable porque no se ha efectuado el mantenimiento adecuado en los últimos cuatro meses. Las acciones que se proponen para el óptimo procedimiento en estas unidades es el mantenimiento respectivo. Se debe cumplir el retro lavado tal como se especifica por el coordinador del área operativa que es tres veces durante las doce horas de operación (5:00 am; 2:00 pm; 10:00 pm).

**Vaso de precipitado.** Este material de laboratorio se usa para tomar muestras de agua de las diferentes unidades de la PTAP, clarificador (decantador vertical), Filtros y tanques de almacenamiento, esto con el fin de observar el proceso de tratamiento de manera macroscópica, y poder determinar su efectividad.

### **Sistema de cloración**

**Desinfección.** La operación de esta unidad se encarga de la desinfección del agua, el control de olor y sabor, así como la prevención del crecimiento de algas y microorganismos. En esta operación se utiliza cloro gaseoso ( $Cl_2$ ) como elemento de desinfección (Ver Anexo 4).

Para el adecuado tratamiento de desinfección se sugiere que los operarios tengan una capacitación adecuada para efectuar este proceso, como también de registrar en un formato el protocolo a seguir. Los operarios deben realizar los análisis básicos respectivos de pH y cloro para cada unidad de almacenamiento y llevar el control en los formatos de operación. Además se propone capacitar al personal en un tiempo no mayor a 6 meses para el adecuado manejo, instalación y mantenimiento del equipo de cloración, así como la conexión y desconexión del cilindro de cloro gaseoso con la utilización de los Elementos de Protección Personal EPP. Una labor muy importante que se propone es vigilar y chequear la posición del rotámetro cuando se utilice cloro proveniente de cilindros a presión.

**Clorador E10K.** Equipo de tipo directo que aprovecha la presión del cilindro de cloro para aplicar el gas directamente a la masa líquida a ser desinfectada.

Especificación del equipo:

Operación sónica.

Varias capacidades.

Rotámetro desmontable.

Interconstruido, No-aislado.

Cambio automático de suministro.

**Cilindro de cloro gaseoso.** Se debe tener en cuenta que para la operación de cambio de este equipo, el operario deberá tener en cuenta las normas de seguridad para efectuar la operación, deberá determinar si está produciendo fugas, para esto se recomienda utilizar amoniaco para detectar una fuga y efectuar el cambio del cilindro.

**Kit analizador.** Este equipo está formado por dos indicadores uno de medio básico y otro de medio ácido que por el cambio de color se puede determinar el valor del pH y cloro.

### **Sistema de almacenamiento y distribución**

**Tanque de almacenamiento.** El sistema lineal de tubería que conecta cada unidad de almacenamiento está formado por válvulas y llaves que cumplen las funciones de permitir la circulación del agua de manera colectiva a todos los tanques así se puede obtener el control en el suministro de agua para cada uno de los tanques. (Ver Anexo 4)

Las actividades sugeridas que permiten el adecuado procedimiento es la verificación del volumen de agua en cada unidad de almacenamiento con el propósito de determinar mediante observación directa los horarios máximos de gasto de agua por parte de los usuarios y si existe alguna fuga. Además de esto se propone un tiempo para el lavado y mantenimiento no mayor de 6 meses, labores que deberán ser anotadas y registradas en formatos específicos.

**Macro medidores.** Se especifican los instrumentos de macro medición de entrada y salida de la PTAP para determinar los caudales tanto de entrada como la cantidad de agua que sale

del sistema de almacenamiento, se deberá informar oportunamente de las anomalías que puedan presentar estos instrumentos para su debida operación.

Macro medidor entrada de la Cordillera  
 Iso 4064 Class B m<sup>3</sup>  
 qp: 60 m<sup>3</sup>/h  
 PN: 1.0 Mpa  
 pa

Macro medidor entrada del Gitano  
 Iso 4064 Class B m<sup>3</sup>  
 qp: 150 m<sup>3</sup>/h  
 .PN: 1.0 Mpa  
 . pa

Macro medidor salida barrio Los Rosales  
 Referencia: 1103707 m<sup>3</sup>  
 30°C

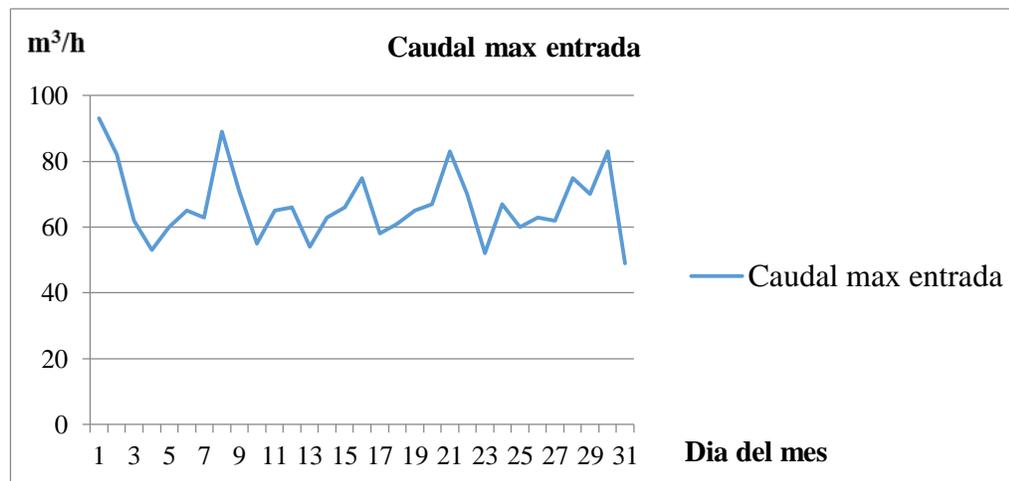
Macro medidor salida resto de los usuarios  
 TURB BAR m<sup>3</sup>  
 DN 150; Q<sub>3</sub> 250; R 80 CE M 10

Type WPH.

Macro medidor de salida el cerro de la cruz  
 m<sup>3</sup>  
 30 °C  
 PN 16

Caudales máximos de entrada y salida durante los meses de la pasantía correspondientes a Marzo, Abril, Mayo y junio respectivamente.

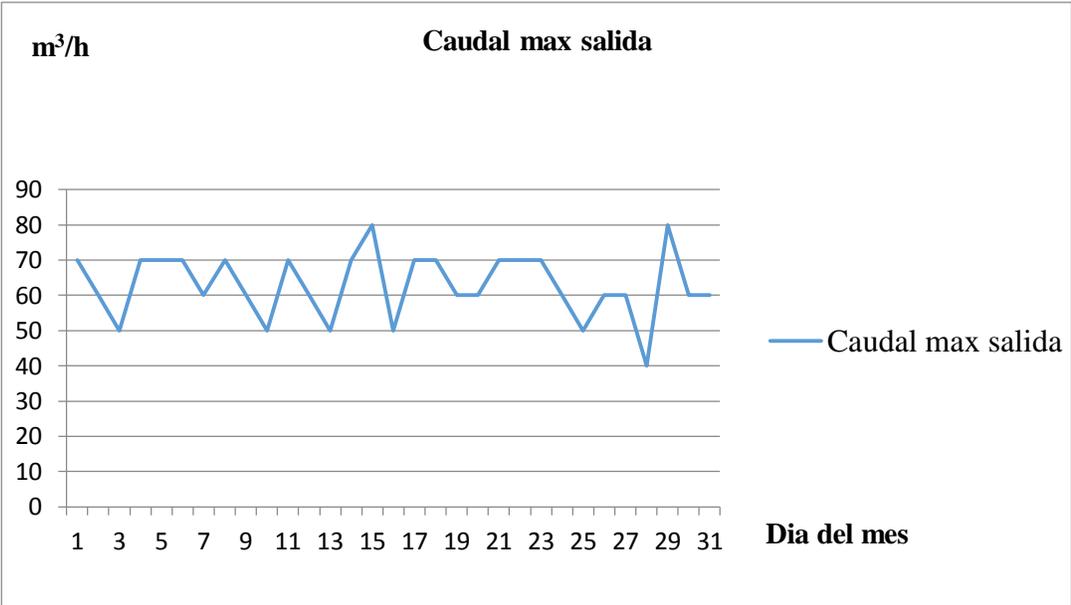
**Grafica 1.** Caudal máximo de entrada mes de Marzo 2014



**Fuente.** Pasante del proyecto

La grafica 1, muestra el caudal en m<sup>3</sup>/h máximos de agua que entran a la PTAP Jerusalém en el mes de Marzo, se suman los dos caudales tanto del rio de Oro como la quebrada la Toma. La grafica determina que en el mes de marzo el caudal máximo de entrada oscila entre 95 y 50 m<sup>3</sup>/h, con unos picos menores de 60 m<sup>3</sup>/h, y unos picos mayores de 90 m<sup>3</sup>/h, además de esto se evidencian caudales de 63, 65, 66 y 68 m<sup>3</sup>/h, esto nos indica que en el mes de marzo el caudal hídrico del rio de Oro y la quebrada la Toma son suficientes para abastecer los usuarios de la empresa.

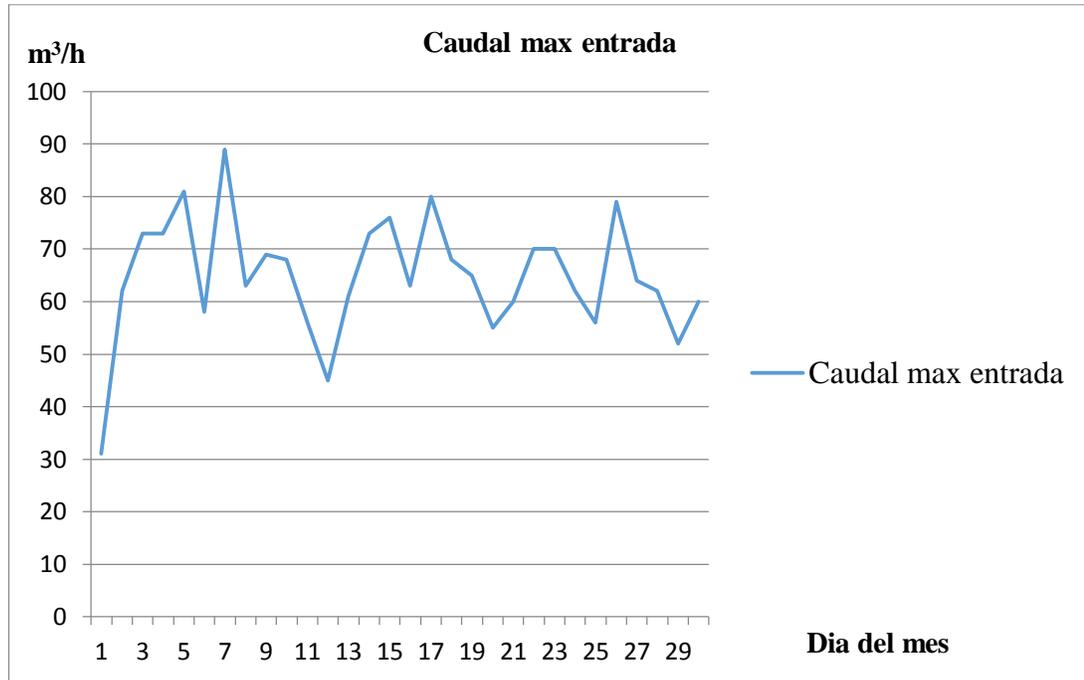
**Grafica 2.** Caudal máximo de salida mes de Marzo 2014



**Fuente.** Pasante del proyecto

La grafica 2, muestra los caudales en m<sup>3</sup>/h máximos de agua que sale de la PTAP Jerusalém en el mes de Marzo, se suman los caudales de salida tanto de la tubería de 6 pulgadas para el resto de la población como la que suministra el barrio los Rosales. La grafica nos determina que el mes de Marzo los macro medidores de salida determinan unos caudales máximos que oscilan entre 70 y 40 m<sup>3</sup>/h, esto en concordancia con la gráfica 1 pone de manifiesto, que en el mes de Marzo el gasto de agua estuvo en una similitud aproximada al caudal de entrada.

**Grafica 3.** Caudal máximo de entrada mes de Abril 2014

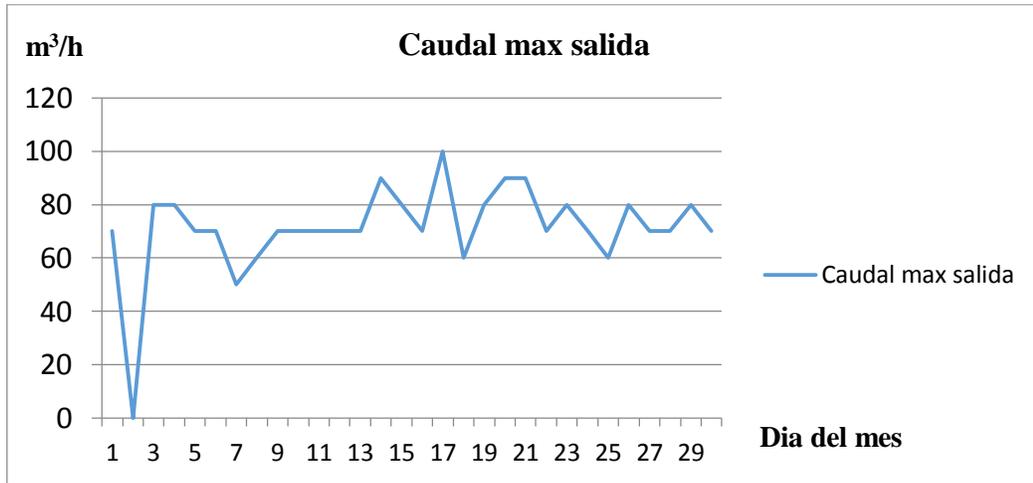


**Fuente.** Pasante del proyecto

Nuevamente en la gráfica 3 se puede ver los caudales en  $\text{m}^3/\text{h}$  máximos de agua que entran a la PTAP Jerusalém en el mes de Abril, se suman los dos caudales tanto del rio de Oro como la quebrada la Toma. La grafica muestra los caudales máximos de entrada que oscilan entre 30 y 80  $\text{m}^3/\text{h}$ , con aumento desde los tres primeros días del mes, un pico máximo de 90  $\text{m}^3/\text{h}$ , y una variación entre 45, 50, 60, 70 y 80  $\text{m}^3/\text{h}$ , esto nos indica que el recurso hídrico es el suficiente para realizar los procesos de operación en la planta.

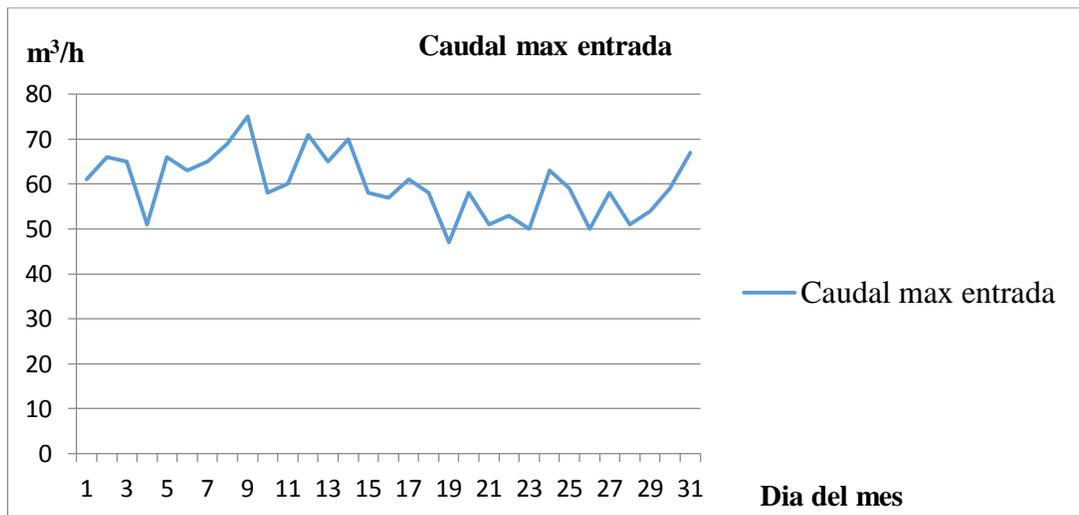
La grafica 4 muestra los caudales en  $\text{m}^3/\text{h}$  máximos de agua que sale de la PTAP Jerusalém en el mes de Abril, se suman los caudales de salida tanto de la tubería de 6 pulgadas para el resto de la población como la que suministra el barrio los Rosales. La grafica muestra que en el mes de abril el gasto oscila entre 50 y 80  $\text{m}^3/\text{h}$ , con unos picos máximos por encima de 80  $\text{m}^3/\text{h}$  en los días del 13 al 21, época donde se suma la población flotante por la semana santa. El pico mínimo entre los días 1 y 2 nos muestra que el macro medidor estuvo en cero indicando suspensión del servicio por mantenimiento de la planta, en el resto del trayecto de la curva el gasto de agua se mantuvo entre 60 y 80  $\text{m}^3/\text{h}$  evidenciando un gasto elevado de agua.

**Grafica 4.** Caudal máximo de salida mes de Abril 2014



**Fuente.** Pasante del proyecto

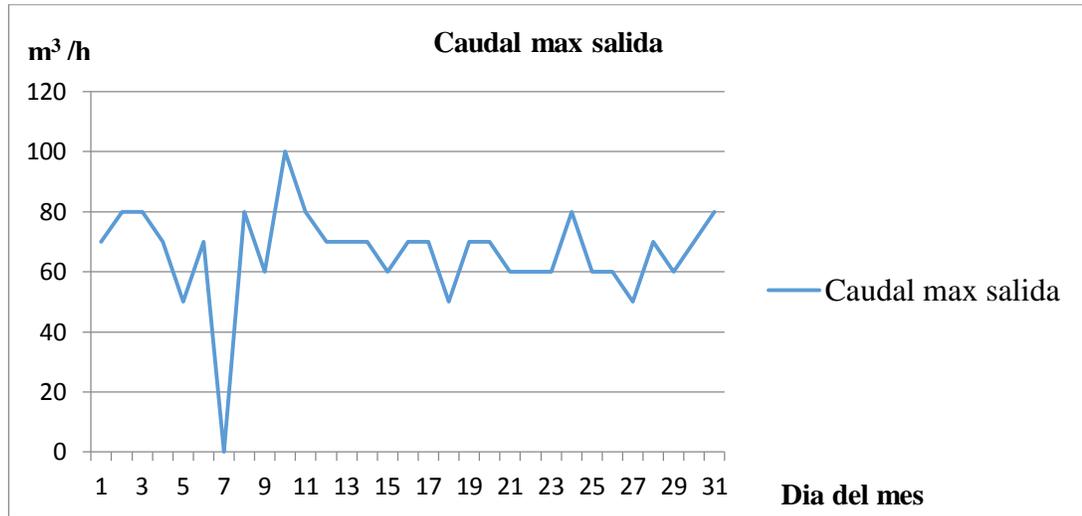
**Grafica 5.** Caudal máximo de entrada mes de Mayo 2014



**Fuente.** Pasante del proyecto

En esta grafica 5 muestra los caudales en m<sup>3</sup>/h máximos de agua que entran a la PTAP Jerusalém en el mes de Mayo, se suman los dos caudales tanto del río de Oro como la quebrada la Toma. La grafica muestra que para el mes de Mayo los caudales máximos de entrada oscilan entre 50 y 75 m<sup>3</sup>/h, además de esto los picos máximos se presentan entre 75 y 70 m<sup>3</sup>/h en los días del 7 al 15, después de estos días el caudal disminuye y se mantiene una oscilación entre 49, 50,55 y 63 m<sup>3</sup>/h para los días finales del mes el caudal tiende a la máxima.

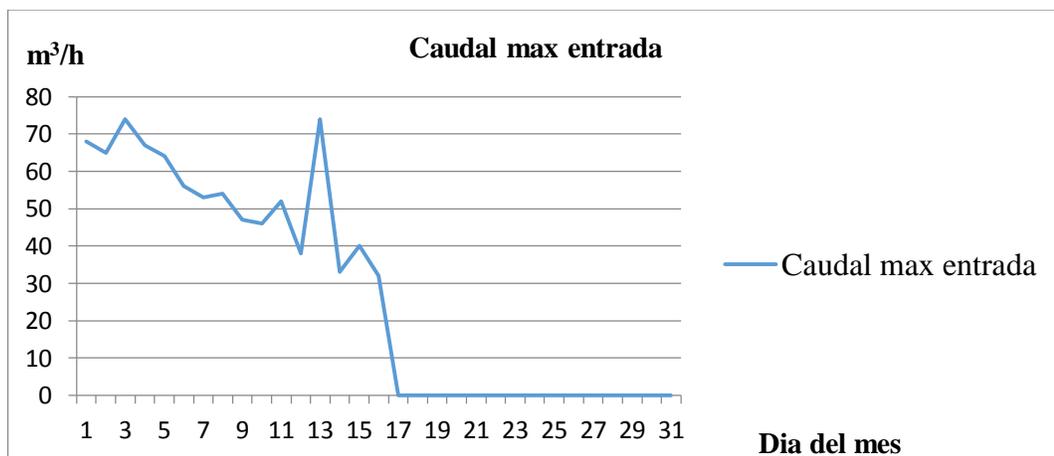
**Grafica 6.** Caudal máximo de salida mes de Mayo 2014



**Fuente.** Pasante del proyecto

La grafica 6 muestra los caudales en  $m^3/h$  máximos de agua que sale de la PTAP Jerusalém en los días del mes de Abril, se suman los caudales de salida tanto de la tubería de 6 pulgadas para el resto de la población como la que suministra el barrio los Rosales. La grafica muestra que el gasto de agra para este mes oscila entre 50 y 80  $m^3/h$ , teniendo el pico máximo en 100  $m^3/h$ , para el día 7 el macro medidor marca cero esto es debido a que hubo la suspensión del servicio debido al mantenimiento de la planta. Desde el día 11 hasta finalizar el mes se mantiene una oscilación entre 70, 60,50 y 80  $m^3/h$  esto nos indica que en relación a la gráfica 5 el gasto es máximo.

**Grafica 7.** Caudal máximo de entrada mes de Junio 2014

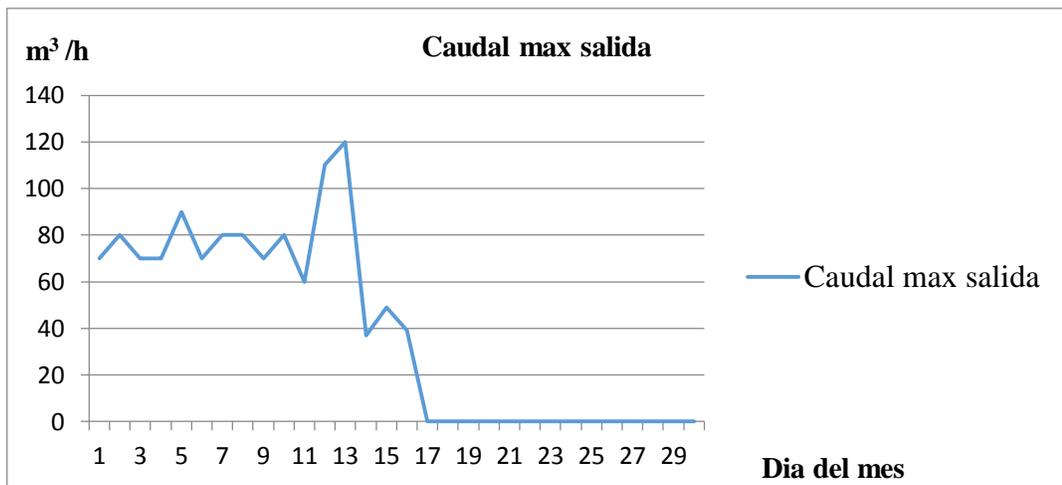


**Fuente.** Pasante del proyecto

La grafica 7, nuevamente muestra los caudales máximos de agua que entran a la PTAP Jerusalém en el mes de Junio, se suman los dos caudales tanto del rio de Oro como la

quebrada la Toma. Cabe mencionar que la gráfica se realiza hasta el día 15 puesto que las actividades de este trabajo llegan hasta el día 20 de junio, pero se deduce que el caudal de entrada tendera a la baja por la disminución de los caudales de las dos fuentes de abastecimiento debido al fenómeno del niño. La grafica muestra una tendencia en la disminución del caudal desde 75 m<sup>3</sup>/h, hasta un mínimo de 33 m<sup>3</sup>/h, el pico máximo se debe a que en horas de la madrugada por lo general el caudal aumenta, después de esto el caudal sigue su tendencia a disminuir.

**Gráfica 8.** Caudal máximo de salida mes de Junio 2014



**Fuente.** Pasante del proyecto

En la gráfica 8 muestra los caudales máximos de agua que sale de la PTAP Jerusalém en el mes de Junio, se suman los caudales de salida tanto de la tubería de 6 pulgadas para el resto de la población como la que suministra el barrio los Rosales. La grafica muestra que el gasto de agua en los días del 1 al 11 oscila entre 70, 80 y 60 m<sup>3</sup>/h, el día 12 se observa un pico alto de 120 m<sup>3</sup>/h lo que hace suponer que existe un alto grado de consumo de los usuarios debido posiblemente al almacenamiento de agua por temor de una falta de esta; después de esto tiende a disminuir el gasto situándose hasta 39 m<sup>3</sup>/h, esto en relación a la gráfica 7 nos indica que la demanda es mayor que la oferta hídrica en el caso específico para este mes.

#### 4. DIAGNOSTICO FINAL

**División técnica operativa acueducto.** Descripción de la infraestructura física y de los procesos en la PTAP Jerusalém de la zona urbana del municipio de Rio de Oro Cesar, mediante la elaboración de una tabla para la clasificación del sistema y su respectiva unidad de tratamiento, encontrándose los requerimientos básicos en la planta para lograr su objetivo principal.

También se evidenció que algunas unidades e instrumentos que conforma la planta, presenta deterioro y mal manejo de los operarios.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según la resolución que consulta la empresa (Res. 2115-2007), son realizados por un laboratorio acreditado de la ciudad de Bucaramanga.

Mediante la evaluación de los sistemas, unidades e instrumentos se formuló un procedimiento para la optimización de la planta.

Un aporte como ingeniero ambiental en la construcción e identificación y formulación en los procesos de la PTAP Jerusalém fue un trabajo de campo para identificar los posibles errores en la operación, como también la identificación y descripción detallada de todos los procesos relacionados con la planta y las situaciones ambientales que posiblemente se ven afectadas.

En este trabajo se puede ver de manera detallada las situaciones de como la planta opera dinámicamente con los actores involucrados en todo el sistema de acueducto y de la relación que existe con el entorno del espacio que ocupa en el sistema ambiental.

## 5. CONCLUSIONES

Se logra un diagnóstico técnico básico actual donde la PTAP cumple aceptablemente con su función, determinado por la descripción física de los sistemas y las unidades de tratamiento que conforman los componentes del sistema de la planta y de los procesos que efectúan dichas unidades, mostrando detalladamente su funcionamiento y sus debilidades.

Se evaluó el funcionamiento de: el clarificador (decantador vertical), el cual presentaba una deficiencia, de las unidades de tratamiento que lo conforman y de los diferentes procesos; evidenciándose las debilidades en cuanto a la estructura física de la planta, así como en los sistemas de captación que presenta deterioro y no presenta mantenimiento; los equipos e instrumentos que se requieren, como el ensayo de jaras, medidor de caudales, termómetro y los que ya existen que necesitan mantenimiento o reemplazo por su mal uso.

Se formularon procedimientos para el manejo satisfactorio y adecuado de las unidades de la planta de planta de tratamiento Jerusalém, para optimizar la potabilización y la distribución del agua a los usuarios.

Se determinó el nivel de complejidad del sistema de valor: medio, para la zona urbana del municipio de Rio de Oro (Cesar) de acuerdo a la normatividad vigente RAS 2000.

## 6. RECOMENDACIONES

Se debe realizar un mantenimiento adecuado y periódico de las unidades de filtración.

Se debe seleccionar y contratar personal idóneo para determinar la estructura interna de los filtros y de los materiales del lecho filtrante que lo componen, para así determinar los periodos de duración y determinar su mantenimiento adecuado.

Es indispensable la sustitución o arreglo del ensayo de jarras, ya que este instrumento es de vital importancia para la óptima dosificación de sulfato de aluminio, que permitirá una mejor eficiencia en el proceso de clarificación del agua cruda.

Contratar el personal idóneo para la elaboración de los manuales específicos en cada uno de los sistemas, unidades de tratamiento y de los equipos o instrumentos para el debido proceso de operación.

Se recomienda hacer una socialización de este diagnóstico con el concejo de administración de la empresa, dándoles a conocer las sugerencias de las actividades para solucionar los errores de operación y las debilidades estructurales, para buscar las mejores alternativas y lograr la optimización en la planta de tratamiento, por consiguiente después de este proceso dar a conocer a los usuarios las actividades correctivas que se efectuaran para mejorar la prestación del servicio público domiciliario de agua para consumo humano.

## BIBLIOGRAFIA

APC EMCAR E. S. P. Administración Pública Cooperada Empresa Comunitaria de Acueducto de Rio de Oro (CESAR). Manual de funciones, misión y visión

COLOMBIA CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 2811. Del dominio de los recursos naturales renovables. Diciembre 18 de 1974

COLOMBIA CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 142. Régimen de los servicios públicos domiciliarios, principios generales Julio 11 de 1994

COLOMBIA CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 373. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua Junio 6 de 1997

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA. Manual de capacitación para operadores. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Mundial de la Salud, Lima 2002, p. 421,437,438 y 448 Optimización Del Sistema De Acueducto De La Zona Urbana Del Municipio Mediante La Construcción De La Línea De Conducción Entre La Fuente De Captación Del Salobre Y La Ptap, Municipio De Rio De Oro- Cesar. P. 8, 9 y 10

OLGUÍN ARREDONDO Héctor Armando.

- (11/05/2014)

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS 2000 SECCION II TÍTULO C SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN p. C.8, C.35

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS 2000

REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Desarrollo Económico, dirección de agua potable y saneamiento básico, RAS 2000. Sección II título B sistema de acueducto. Bogotá D. C. noviembre de 2000. P. B 22, B 23, B 24, B 25, B 26

RUEDAS ZAPARDIEL Carlos Arturo. Municipio De Rio De Oro (Cesar) Esquema De Ordenamiento Territorial. Alcalde p. 6  
Siglas para Planta de Tratamiento de Agua Potable

SISTEMA NACIONAL AMBIENTAL Y LEY GENERAL FORESTAL, Ley 99 de diciembre 22 de 1993, decreto 1729 de 2002 capítulo I, artículo 1°. P 333

## REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS

DECANTACIÓN-FLOTACIÓN Degremont p. 2 (s.l.) [on line] (s.f.) [citado el 23 de enero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.elaguapotable.com/Decantacion%20flotacion%20Degremont.pdf> (15/05/2014)

WORDREFERENCE Cota. (s.l.) [on line] (s.f.) [citado el 23 de enero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.wordreference.com/definicion/cota> (08/05/2014).

----- . Turbina (s.l.) [on line] (s.f.) [citado el 23 de enero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.wordreference.com/definicion/turbina> (11/05/2014)

# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Fotografía de una pequeña represa construida por los productores para la época de sequía intensa; río arriba de la captación.



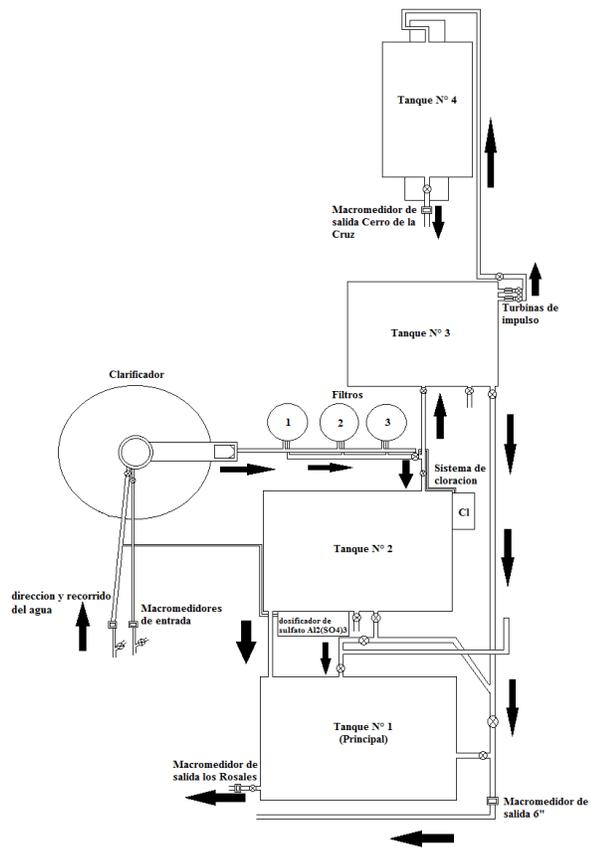
**Anexo 2.** Fotografía de una estructura anterior de captación en el trayecto hacia la bocatoma quebrada la toma, deforestación y represamiento que impide el flujo superficial natural de la quebrada.



**Anexo 3.** Fotografía de las instalaciones de oficina y el almacén.



**Anexo 4.** Esquema del sistema de almacenamiento y distribución del agua en la PTAP



**Anexo 5.** Molduras de hierro o escala pies al interior de los tanques.



**Anexo 6.** Material de arrastre de diferente granulometría y material vegetal que se acumula antes de la bocatoma haciendo la obstrucción del flujo de energía superficial.



**Anexo 7.** Rejilla en la bocatoma quebrada la Toma cumpliendo con su función específica.



**Anexo 8.** El desarenador no cuenta con el aislamiento y protección adecuado.



**Anexo 9.** Mezclador mecánico de una sola aspa que permite batir en un tanque el agua y el sulfato que homogeniza la dosis de coagulante.



**Anexo 10.** Proceso de coagulación floculación inadecuada parte superior del clarificador.

