

## **CAPITULO I**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **1.1. MARCO CONCEPTUAL**

##### **1.1.1. FILTRO PERCOLADOR**

Un filtro percolador es una cama de grava, roca o un medio plástico sobre el cual se rocían las aguas negras pretratadas. En este sistema de filtro percolador, los microorganismos se apegan al medio del lecho y forman una capa biológica sobre éste. A medida que las aguas negras se percolan por el medio, los microorganismos digieren y eliminan los contaminantes del agua. Los microorganismos presentes en aguas residuales, y que son los que degradan y convierten los residuos orgánicos en células y gases volátiles son las bacterias, los hongos, los protozoarios y los metazoos (17).

El filtro percolador era una tecnología comúnmente usada para tratar las aguas negras municipales antes de que las ciudades empezaran a usar el sistema de aireación de lodo activado.

Actualmente, las casas y los negocios usan los filtros percoladores en los sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras (4).

##### **1.1.2. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA**

Son las provenientes de las actividades domésticas de la vida diaria como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera (6).

### **1.1.3. CAUDAL**

Cantidad de un fluido que pasa por un punto determinado en una unidad de tiempo; puede considerarse también como la cantidad de agua que sale de una fuente o vertedero (8).

### **1.1.4. EVALUAR**

Evaluar quiere decir valorar, estimar el valor de las cosas. Cuando juzgamos evaluamos, porque analizamos los datos con que contamos y al mismo tiempo damos nuestro juicio de valor. La evaluación general como su nombre lo indica, se refiere a todas las acciones en general. No hay acto humano en el que no esté presente el juicio de valor o la evaluación (5).

### **1.1.5. AGUAS RESIDUALES CRUDAS**

Aguas procedentes de usos domésticos, comerciales, agropecuarios y de procesos industriales, o una combinación de ellas, sin tratamiento posterior a su uso (7).

### **1.1.6. AGUAS RESIDUALES TRATADAS:**

Aguas procesadas en plantas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad en relación a la clase de cuerpo receptor a que serán descargadas (7).

### **1.1.7. DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO5)**

Demanda Bioquímica de Oxígeno (en mg/l). Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica carbonácea. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20° C y en 5 días (7).

### **1.1.8. FANGOS O LODOS**

Parte sólida que se produce, decanta o sedimenta durante el tratamiento de aguas (7).

### **1.1.9. MONITOREO**

Evaluación sistemática cualitativa y cuantitativa de la calidad del agua (7).

### **1.1.10. TRATAMIENTO PRIMARIO**

Los sistemas primarios son los más sencillos en la limpieza del agua y tienen la función de preparar el agua, limpiándola de todas aquellas partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes. Estos tratamientos son, el cribado o las mallas de barreras, la flotación o eliminación de grasas y la sedimentación.

Algunos sistemas como es el caso de la flotación y la sedimentación, pueden ser utilizados dentro del proceso de tratamientos secundarios y no forzosamente como un método primario aislado (9).

### **1.1.11. TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Dentro de las etapas que forman el proceso de limpieza de las aguas residuales, el tratamiento secundario tiene el objetivo de limpiar el agua de aquellas impurezas cuyo tamaño es mucho menor a las que se pueden captar por la decantación y las rejillas, para ello, los sistemas se basan en métodos mecánicos y biológicos combinados. Estos sistemas al manejar aspectos biológicos son afectados por factores externos, como son los climáticos, por lo que se tienen que estudiar sus características y adaptación al sitio del proyecto, para poder hacer una elección adecuada.

Los sistemas secundarios son diversos y cada uno tiene sus variantes, pero en este capítulo solo se muestran aquellos que tienen las características necesarias para que

puedan ser aplicados al proyecto final, comprendiendo sistemas de precolacion y tratamiento anaeróbico (10).

### **1.1.12. TRATAMIENTO TERCIARIO**

Va más a fondo. Consiste en un proceso físico-químico que utiliza la precipitación, la filtración o la cloración para reducir drásticamente los niveles de nutrientes orgánicos. Usa numerosas técnicas para reducir aun mas las concentraciones de nutrientes en la aguas contaminadas, sobre todo las de fosforo y nitrógeno. Lo hace fundamentalmente mediante sustancias químicas. También actúan algas en el proceso.

Para estas ultimas, el fosforo y el nitrógeno son fertilizantes que aumentan la población de plantas acuáticas en el agua, especialmente algas, y disminuyen la presencia de contaminantes. Gracias a esta etapa es posible obtener del agua hasta un 90 % de los nutrientes (11).

### **1.1.13. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

Peso de las partículas solidas suspendidas en un volumen de agua, retenidas en papel filtro (7).

## **1.2. MARCO LEGAL**

### **1.3.1. NUEVA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO PLURINACIONAL**

#### **1.3.1.1. DERECHO AL MEDIO AMBIENTE**

**Artículo 33.** Las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado. El ejercicio de este derecho debe permitir a los individuos y colectividades de las presentes y futuras generaciones, además de otros seres vivos, desarrollarse de manera normal y permanente.

**Artículo 34.** Cualquier persona, a título individual o en representación de una colectividad, esta facultada para ejercitar las acciones legales en defensa del derecho al medio ambiente, sin perjuicio de la obligación de las instituciones públicas de actuar de oficio frente a los atentados contra el medio ambiente.

**Artículo 343.** La población tiene derecho a la participación en la gestión ambiental, a ser consultado e informado previamente sobre decisiones que pudieran afectar a la calidad del medio ambiente.

**Artículo 347. I.** el estado y la sociedad promoverán la mitigación de los efectos nocivos al medio ambiente, y de los pasivos ambientales que afectan al país. Se declarará la responsabilidad por los daños ambientales históricos y la imprescriptibilidad de los delitos ambientales.

**II.** quienes realicen actividades de impacto sobre el medio ambiente deberán, en todas las etapas de la producción, evitar, minimizar, mitigar, remediar, reparar y resarcir los daños que se ocasionen al medio ambiente y a la salud de las personas, y establecerán las medidas de seguridad necesarias para neutralizar los efectos posibles de los pasivos ambientales.

### **1.3.2. LEY DEL MEDIO AMBIENTE N° 1333**

**Artículo 1º.** La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población (7).

### **1.3.3. REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA (RMCH).**

**Artículo 11.** Los Gobiernos Municipales, para el ejercicio de las atribuciones y competencias que les reconoce la ley en la presente materia, deberán, dentro del ámbito de su jurisdicción territorial:

- a) realizar acciones de prevención y control de la contaminación hídrica, en el marco de los lineamientos, políticas y normas nacionales.
- b) identificar las fuentes de contaminación, tales como las descargas residuales, los rellenos sanitarios activos e inactivos, escorias metalúrgicas, colas y desmontes mineros, escurrimientos de áreas agrícolas, áreas geográficas de intensa erosión de suelos y/o de inundación masiva, informando al respecto al Prefecto.
- c) proponer al Prefecto la clasificación de los cuerpos de agua en función a su aptitud de uso.
- d) controlar las descargas de aguas residuales crudas o tratadas a los cuerpos receptores.
- e) dar aviso al Prefecto y coordinar con Defensa Civil en casos que ameriten una emergencia hídrica, a nivel local por deterioro de la calidad hídrica.

**Artículo 28.** Quedan prohibidas las descargas de materiales radioactivos procedentes de uso médico o industrial a los colectores de alcantarillados o a los cuerpos de agua, por encima de los límites permisibles dispuestos en este Reglamento.

Las contravenciones serán sancionadas conforme al Art. 71 del presente Reglamento, sin perjuicio de las responsabilidades civiles y penales que correspondan.

**Artículo 30.** El MDSMA y el Prefecto, con el personal de los laboratorios autorizados, efectuarán semestralmente el monitoreo de los cuerpos receptores y de las descargas de aguas residuales crudas o tratadas, tomando muestras compuestas de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental, en relación al caudal y durante las horas de máxima producción. Los resultados de los análisis serán presentados al REPRESENTANTE LEGAL.

En caso de que uno o más parámetros excedan los límites establecidos en el presente reglamento, se procederá a la toma de una segunda muestra en similares condiciones y con la intervención del REPRESENTANTE LEGAL o delegado de éste, según los resultados del análisis se tomará una de las siguientes decisiones:

a) si los resultados dan valores que no exceden los límites establecidos, se dará por terminada la investigación;

b) en caso de que los resultados reiteren lo encontrado en el primer análisis, el Prefecto con jurisdicción sobre la cuenca correspondiente fijará día y hora para inspeccionar la planta de tratamiento a fin de definir la posible causa de tales resultados; la inspección se realizará de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Reglamento de Prevención y Control.

**Artículo 32.** Los muestreos y análisis concernientes a las aguas residuales crudas o tratadas y a los subproductos que se generen durante el tratamiento de las mismas, deberán ser realizados por laboratorios autorizados.

**Artículo 46°.** Todas las descargas a lagos de aguas residuales crudas o tratadas procedentes de usos domésticos, industriales, agrícolas, ganaderos o cualquier otra actividad que contamine el agua, deberán ser tratadas previamente a su descarga hasta satisfacer la calidad establecida del cuerpo receptor (7).



## **CAPITULO II**



### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

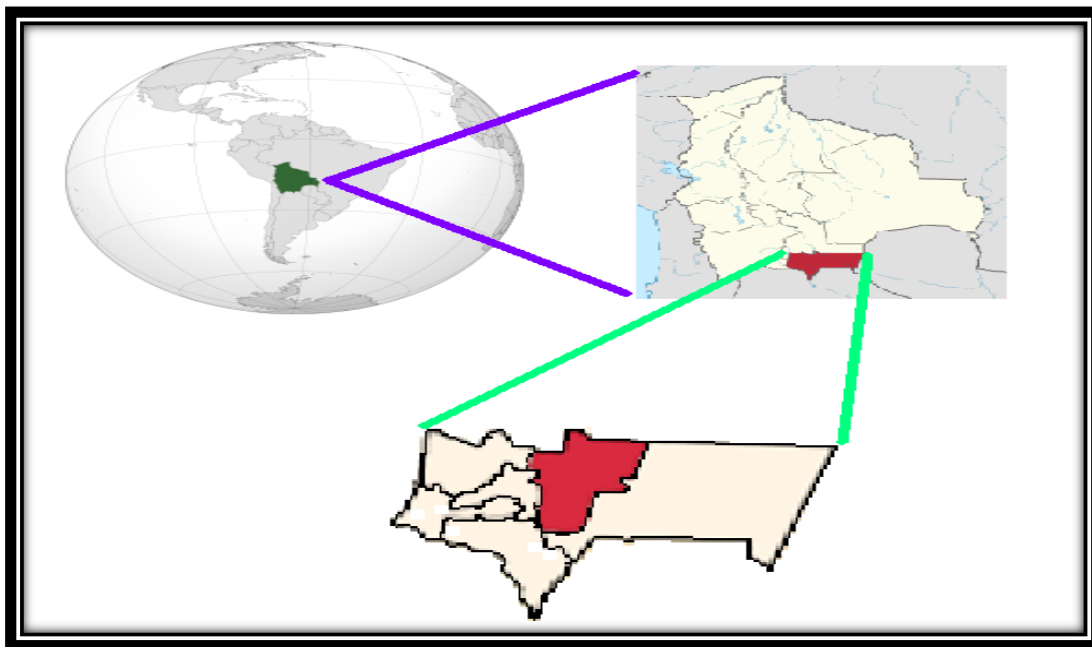
El Municipio de Entre Ríos, pertenece a la Provincia O'Connor, del Departamento de Tarija, siendo de esta su Primera y única Sección Municipal. Ubicado en la parte central del Departamento de Tarija, limitando al norte con el Departamento de Chuquisaca, al Sud y al Este con la Provincia Gran Chaco, al Oeste con la Provincia Cercado, hacia el Noroeste con la Provincia Méndez y hacia el Sudoeste con las Provincias Avilés y Arce. Una extensión territorial de 6.406 km<sup>2</sup> aproximadamente, que representa el 17,2% de la superficie departamental y el 0,58% del territorio nacional (3).

### CUADRO 1

#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PROVINCIA O'CONNOR

• <u>País</u>	 <u>Bolivia</u>
• <u>Departamento</u>	 <u>Tarija</u>
• <u>Provincia</u>	<u>O'Connor</u>
Ubicación	21°31'35"S, 64°10'24"O
• <u>Altitud</u>	1230 <u>msnm</u>
• <u>Distancia</u>	110 <u>km</u> a <u>Tarija</u>
<u>Población</u>	5000 hab. Aprox.

Fuente: PDM Gobierno municipal de Entre Ríos



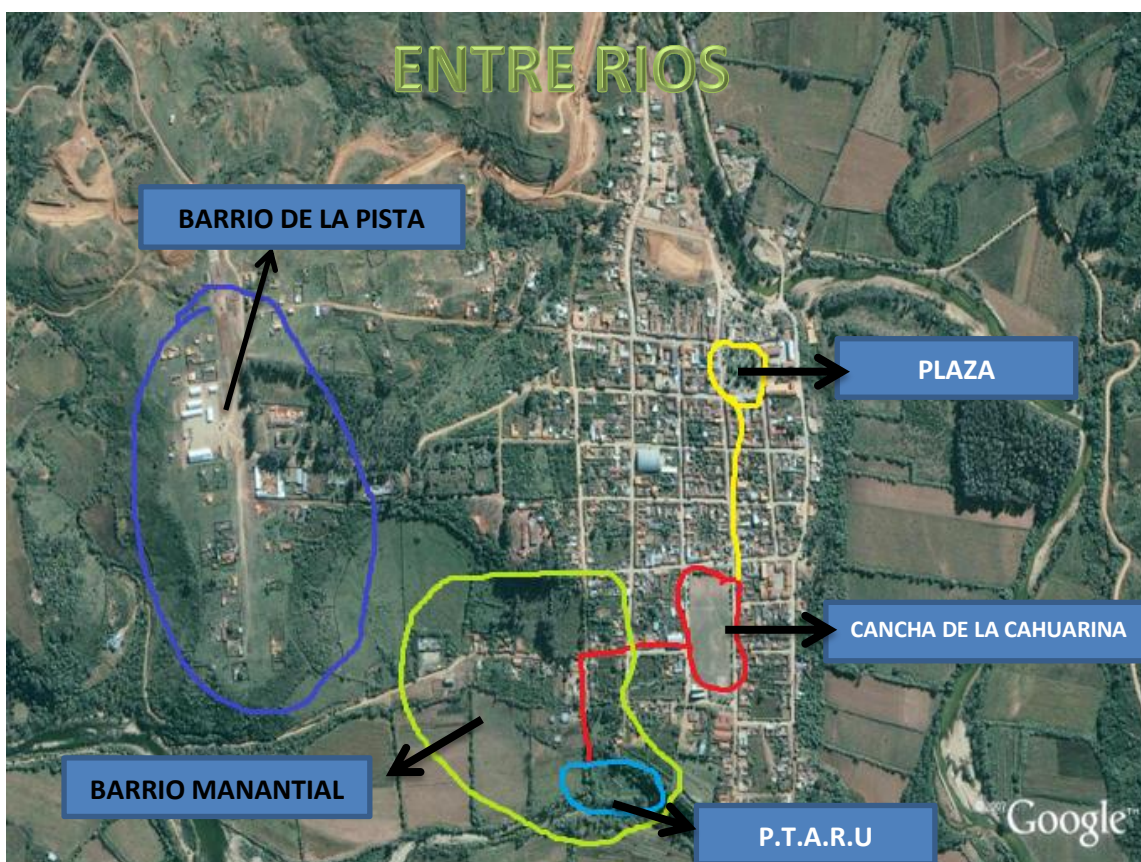
## 2.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.2.1. LOCALIZACIÓN

La planta de tratamiento de las aguas residuales urbanas y el tratamiento práctico de las aguas residuales realizado en el presente trabajo de tesis, se encuentra ubicada en el Barrio Manantial del Municipio de Entre Ríos de la Provincia O'Connor, del Departamento de Tarija. Entre las coordenadas UTM: 378381 E y 7618574 N, en la zona 20 K, a una altura de 1218 m.s.n.m. (3)

#### IMAGEN 1

#### UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS (P.T.A.R.U.)



Fuente: imagen de Google Heart 2006.

### 2.2.2. CLIMA.

El tipo de clima presente en el Municipio de Entre Ríos es **Templado semihúmedo (Tsh)**. Esta unidad climática se caracteriza por presentar una superficie de 88.269,417 hectáreas que representa el 81,68 %, este clima se encuentra distribuido en una parte de la región alta, en la parte media y baja de la cuenca Salinas, abarcando comunidades como Narváez, San Diego Sud, Gareca, El Pajonal, Nogalito, El Badén, Las Lomas, Entre Ríos, Moreta, Buena Vista, Alambrado, Naranjos, Valle del Medio, Río la Sal, El puesto, Fuerte Santiago, San Antonio, La Cueva, Huayco El Tigre, Los Campos, Santa Clara, Salinas y La Misión (12).

### 2.2.3. FISIOGRAFÍA

El área de estudio se encuentra en la Provincia fisiográfica del subandino formado por Valles Coluvio – aluviales disección ligera.

Esta unidad pertenece a los valles de los ríos Santa Ana, Pajonal, Salinas, Río La Sal y San Antonio, entre las comunidades de Pajonal, Entre Ríos, Alambrada, Buena Vista, Los Naranjos, Valle del Medio, Fuerte Santiago, La Cueva, San Antonio, Huayco El Tigre, y Salinas, formados por terrazas aluviales, relieve ligeramente ondulado a moderadamente escarpado, alcanzando alturas en un rango de 500 a 1.500 msnm (3).

### 2.2.4. SUELOS

En el Municipio de Entre Ríos, presenta suelos superficiales (limitados por contacto lítico) a profundos, bien a algo excesivamente drenados, con erosión hídrica laminar generalmente ligera a moderada. Los colores varían de pardo rojizos oscuros a pardo oscuros, la textura varía de franco arenosa a arena francosa, con muy pocos a muchos fragmentos de grava fina a gruesa. La estructura generalmente es en bloques subangulares o masiva, no son calcáreos, con pH de 5,5 a 8 y la disponibilidad de nutrientes varía de moderada a baja. El tipo de suelos presente en el área de estudio pertenece a la unidad, **Asociación fluvisol – cambisol**. Tomando como referencia a las siguientes comunidades: en la parte media se encuentra el Pajonal, El Badén, Las

Lomas, Entre Ríos, Moreta, Buena Vista y Alambrados. En dirección Sur se encuentran las comunidades de Fuerte Santiago, La Cueva, Huayco el Tigre, Los Campos, Santa Clara, Salinas y La Misión (3).

### 2.2.5. RECURSOS HÍDRICOS

El Municipio de Entre Ríos presenta dos ríos importantes como son: el Pajonal y el río Santa Ana, que al unirse estos dos forman el río Salinas (3).

### 2.2.6. CAUDALES

El río pajonal presenta un caudal de 0.441 m<sup>3</sup>/s, y el río Santa Ana con un caudal de 0,419 m<sup>3</sup>/s. por lo tanto el río Salinas presenta un caudal medio de 0.86m<sup>3</sup>/s (3).

### 2.2.7. FAUNA

El Municipio de Entre Ríos presenta una gran diversidad de especies de animales silvestres entre mamíferos, aves, reptiles y peces, entre los que menciona en el cuadro siguiente:

## CUADRO 2

### RESUMEN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES EN EL MUNICIPIO DE ENTRE RÍOS

AVES		MAMÍFEROS	
Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Águila	Buteo peocilochrous	Anta	Tapirus terrestres
Cardenal	Paroaria coronata	Ciervo andino	Hipocamelus antisíensis
Cuervillo	Plegadis chihi	Coati tejón	Naua nasua
uruvu	Coragyps atratus	Comadreja	Didelphys marsupiales
Chulupia	mimus gilvus	Hormiguero	Tamandua tetradactyla

		tomandua	
Gallinazo	Coragyps atratus	León	Felis concolor sp.
Garza	Trigisoma fasciatum	Mirikina	Aotus trivírgatus
Gavilán	Parabuteo uncinctus	Oso andino	Tremarctos ornatus
Hornero	Furnarius rufus	Oso hormiguero	Myrmecophaga tridactyla
Jilguero	Familia (fringílido)	Quirquincho bola	Tolypeutes matacus
Lechuza	Tyto alba	Quirquincho mulita	Chaetophractus chinga
Loro quiriví	MyopsIta monechus	Tigre	Felis onca
Loro maracana	Pyrrhura molinae	Tigre onza	Felis yagoarundi
Loro choclero	Nandayus nenday	Urina corzuela	Manzama gounazoubira
<b>REPTILES</b>		<b>PECES</b>	
<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Cascabel	Crotalus durissus	Misquincho	(*)
Coral	Brotops neuwiedi	Sardina	(*)
Ciega	(*)	Sábalo	Prochilodus lineatus

Fuente: PDM Gobierno municipal de Entre Ríos

### 2.1.7. FLORA

Aproximadamente el 80% del territorio del Municipio de Entre Ríos está cubierto por bosques de diferente tipología y potencialidad. El 20% restante tiene cobertura de matorrales, pastizales y cultivos (3).

### CUADRO 3

#### RESUMEN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES EN EL MUNICIPIO DE ENTRE RÍOS

<b>Especie (nombre común)</b>	<b>Nombre científico</b>
Algarrobo	Prosopis alba
Chalchal	Allophyllus edulis
Jarquilla o garrancho.	Acacia sp.
Lanza verdadera	Pataguhnula americana
Lanza amarilla	Terminalia triflora
Tusca	Acaccia aroma
Tipa	Tipuana tipu
Tala	Celtis spinosa
Pasto	Helyonuruscf tripsacoides

Fuente: PDM Gobierno municipal de Entre Ríos

### 2.3. MATERIALES

#### 2.3.1. MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO PERCOLADOR

- ◆ Material de escritorio
- ◆ Cámara fotográfica
- ◆ Tablero
- ◆ Flexómetro
- ◆ Caño de ½ pulgada de 3 m con 40 cm.

- ◆ Caño de 3 pulgadas de 6 metros
- ◆ Cemento
- ◆ Ripio
- ◆ Variedad de rocas
- ◆ Cuchara metálica
- ◆ Pala
- ◆ Carretilla
- ◆ Cierra
- ◆ Martillo
- ◆ Punta metálica
- ◆ Grifo
- ◆ Cinta teflón
- ◆ Cupla
- ◆ Taladro
- ◆ Barreta
- ◆ Base de tanque de producto petrolífero (metálico)
- ◆ Poxilina
- ◆ Azada
- ◆ Alambre
- ◆ Tenaza
- ◆ Guantes de examinación no estériles
- ◆ Guantes de construcción
- ◆ Protección respiratoria (barbijo y máscara)
- ◆ Machete
- ◆ Tanque de producto petrolífero de 90 cm de altura (metálico)
- ◆ Tanque de producto petrolífero de 60 cm de altura (metálico)



### **2.3.2. MATERIAL PARA LA MEDICIÓN DE CAUDAL DEL CANAL ACTUAL DEL FLUJO DE AGUAS RESIDUALES**

- Cronometro
- Cámara fotográfica
- Guantes de examinación no estériles
- protección respiratoria (barbijo y mascar)
- Flotador (CD)
- Varilla
- Calculadora científica
- Material de escritorio
- Tablero
- Flexómetro
- Linterna

### **2.3.3. MATERIAL PARA LA MEDICIÓN DE CAUDAL EN EL FILTRO PERCOLADOR**

- ❖ Recipiente plástico de 1 litro (l)
- ❖ Tablero
- ❖ Material de escritorio
- ❖ Calculadora científica
- ❖ Protección respiratoria (barbijo y mascara)
- ❖ Guantes de examinación no estériles
- ❖ Cámara fotográfica
- ❖ Cronometro

### **2.3.4. MATERIAL PARA LA TOMA DE MUESTRA DE AGUA**

- ✓ Recipiente de Politereftalato de etileno (PET) de 2 litros
- ✓ Hielo
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Conservador para el mantenimiento de muestras
- ✓ Recipiente plástico de ½ litro (l)
- ✓ Protección respiratoria (barbijo y mascara)
- ✓ Guantes de examinación no estériles
- ✓ Material de escritorio

## **2.4. METODOLOGÍA**

En el presente trabajo de investigación, el tipo de metodología a emplear, es el método de **investigación descriptiva, cuantitativa y analítica.**

### **2.4.1. DESCRIPTIVA**

La metodología que se utilizó en el presente trabajo de tesis, es el método descriptivo, que se utiliza para recoger, organizar, resumir, presentar, analizar, generalizar, los resultados de las observaciones. Este método implica la recopilación y presentación sistemática de datos para dar una idea clara de una determinada situación. Las ventajas que tiene este estudio es que la metodología es fácil, de corto tiempo y económica. En el estudio descriptivo el propósito del investigador es describir situaciones y eventos. (Zorrilla, 1986).

Este tipo de metodología nos permite realizar una descripción del comportamiento de las aguas residuales y el comportamiento de estas mismas aguas en el tratamiento realizado.

### **2.4.2. CUANTITATIVA**

La investigación cuantitativa trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer Inferencia a una población de la cual toda muestra procede. Tras el estudio de la asociación o correlación pretende, a su vez, hacer inferencia causal que explique por qué las cosas suceden o no de una forma determinada (13).

Con la metodología cuantitativa se logra alcanzar un dato específico en cuanto al caudal máximo del flujo del canal de agua residual, del caudal necesario que conduce al filtro percolador, al número de muestras tomadas, a los resultados obtenidos de los parámetros mediante el muestreo y los costos durante el tratamiento de las aguas.

### **2.4.3. ANALÍTICA**

El Método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías (14).

La aplicación de la metodología analítica, es para estar al tanto sobre los análisis de las muestras realizadas en laboratorio con relación al grado de contaminación de aguas residuales que se descargan en el río, y ver si es eficiente el tratamiento aerobio que se esta ejecutando en el trabajo de investigación.

## 2.5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 2.5.1. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS

El tipo de metodología será mencionada de acuerdo a las actividades realizadas en las diferentes etapas presentes en el trabajo de investigación.

#### ETAPA I

#### PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO PERCOLADOR.

Al inicio para la construcción del filtro percolador, se opto de manera directa para la captación del agua residual rumbo al filtro percolador, con un caño de 6 metros (m) de longitud de ½ pulgada (in), sin percatar los inconvenientes o trabas que iban a suscitarse posteriormente, como por ejemplo, el taponamiento del caño con las arenas transportadas por el agua residual, el rápido taponamiento por la materia orgánica y otro desechos solidos en la malla milimétrica en la boca del caño que conduce el agua, y la falta de presión del agua para llegar al filtro ya que no se cuenta con una altura suficiente para transportar cómodamente el agua residual.

Notando estos inconvenientes en el primer intento de la construcción del filtro percolador, se designo otro tipo de operación mas eficiente que a continuación se describe:

- **CONDUCCIÓN DEL AGUA RESIDUAL AL DESARENADOR:** El cual esta conformado por un caño de 3 pulgadas partido a la mitad, con el fin de ver el flujo de agua y las partículas de la misma, que conducen al filtro percolador, este caño tiene una longitud de 6 metros, lo cual desemboca el agua directamente al tanque que funciona como **desarenador** (ver anexo 3). También se implemento una malla metálica en la boca del caño, donde se tomó el caudal del canal de flujo de las aguas residuales; esta malla tiene perforaciones de 0.5 cm que equivale a 0.2 pulgadas y 1 diámetro. La malla metálica, cumple la función de **cribado** para separar las partículas de gran tamaño que pueden intervenir en el funcionamiento

del filtro percolador; esta malla fue en reemplazo de la malla milimétrica considerada a principio de la construcción (ver anexo 3).

- **DESARENADOR:** Como función de desarenador se utilizo 2 tanques petrolíferos de material metálico, el uno con 90 centímetros (cm) de altura, 10 centímetros mas abajo de la altura real se perforo para colocar un caño de ½ pulgada (in) con 75 centímetros (cm) de longitud, para conducir el agua al segundo tanque; este tanque presenta una altura de 60 centímetros (cm), 15 centímetros mas abajo de la altura real del tanque también se realizo la perforación, para colocar el caño de ½ pulgada (in) con una longitud de 2 metros (m) y 65 centímetros (cm) que conducía el agua directamente al distribuidor del agua residual.

El segundo tanque, más que como desarenador cumple la función de almacenar el agua para generar mayor presión, ya que en la parte final del caño se introdujo un **grifo** para realizar un control del caudal.

- **BASE DEL FILTRO:** Para la realización de la base del filtro, se considero un cuadrado de 70 \* 70 cm construido con cemento y ripio para la salida del flujo de agua (ver anexo 3, fotografía 3).

- **ROCAS:** Se procedió a la selección de rocas, en la cual se opto por 3 clases de rocas; roca de color marrón (colorada) sedimentaria, roca de color gris oscuro sedimentaria y una roca de tipo costra calcaría, donde se realizo un acopio formando un cono truncado encima de la base hecho con cemento, colocando de forma identificable y separando la clase de rocas; en el primer acopio se coloco las rocas de color marrón, posteriormente, encima se coloco las rocas de tipo costra calcaría y finalmente las rocas de color gris oscuro (ver anexo 4, fotografía 1).

## ■ **DISTRIBUIDOR DEL AGUA RESIDUAL EN EL FILTRO**

**PERCOLADOR:** Este material fue hecho con la base de un tanque petrolífero de material metálico, donde se realizó perforaciones cada 5 centímetros; las perforaciones tuvieron una dimensión de 0.3 cm que equivale a 0.12 pulgadas y 0.6 de diámetro. A este distribuidor se lo incorporo una base de botella PET con 5 perforaciones en cada esquina; estas perforaciones tuvieron una dimensión de 1 centímetro (cm) que equivale a 0.4 pulgadas (in). También se considero 5 trozos de caño de ½ pulgada (in) con 10 centímetros (cm) de longitud, para la separación y distribución del agua en la base del tanque petrolífero, que tuvo una distancia de 15 centímetros (cm) de un caño al otro a la redonda (ver anexo 3, fotografía 6).

La metodología utilizada para la construcción del filtro percolador, para el posterior tratamiento secundario aerobio fue la metodología descriptiva y cuantitativa.

## **ETAPA II**

### **PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DE CAUDAL DEL AFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Para determinar el caudal del canal de aguas residuales; el método más aplicable y confiable que se utilizo, es el método del flotador en un área específica y puntos claves para la obtención de los resultados confiables del trabajo a realizar.

Este método consiste en la implementación de un flotador (CD) tomando en cuenta el peso y la superficie del mismo, luego se utilizó como apoyo un flexómetro para medir la distancia que recorrerá el objeto flotante entre dos puntos específicos, la distancia a tomar en cuenta fue de 5 metros (m) de longitud. Posteriormente se utilizo un cronometro para controlar el tiempo que tarda en llegar el flotador al punto específico de medición. Por otro lado se procedió a medir el área húmeda del canal, utilizando una varilla y flexómetro.

Estas pruebas se realizaron durante una semana, considerando todos los días las horas pico (8:00 a 8:30, 11:00 a 11:30 y 19:00 a 19:30), tomando en cuenta 10 intentos por cada prueba realizada en cada hora en la semana, en un lapso de 30 minutos (min) por cada prueba.

En estas pruebas realizadas para la medición de caudal se utilizó la metodología cuantitativa.

Se considero la siguiente formula para la medición de caudal:

$$v = \frac{d}{t}$$

$$Q = V * A$$

$$A = h * w$$

Dónde:

v= velocidad (m/s)

d= distancia (m)

t= tiempo (s)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

A= área (m<sup>2</sup>)

h = altura (m)

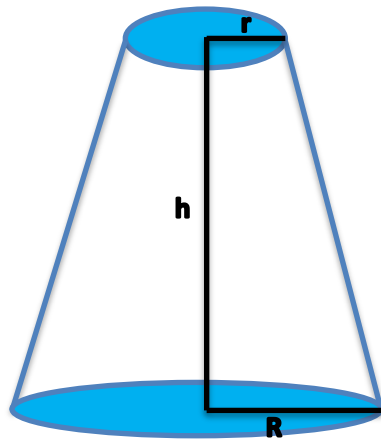
w = ancho (m)

Autor: Ortega, Manuel R. (1989-2006). Lecciones de Física (4 volúmenes)

### ETAPA III

#### PROCEDIMIENTO PARA ENCONTRAR EL VOLUMEN DEL FILTRO PERCOLADOR

La representación que tiene el filtro percolador, es la forma de un cono truncado o llamado también tronco de cono, para lo cual se utilizara la siguiente formula y figura para la representación, y posteriormente encontrar el volumen del filtro conformado por las rocas. En esta acción se utilizo el método cuantitativo.



$$v = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

Donde:

h = La altura es el segmento que une perpendicularmente las dos bases

**Los radios son los radios de sus bases.**

r = Radio menor

R = radio mayor



## **ETAPA IV**

### **PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICION DE CAUDAL PARA EL FILTRO PERCOLADOR EN EL GRIFO**

Para la medición de caudal en el grifo que dispersa el agua en el filtro percolador, se efectuó el método volumétrico, que consiste en controlar el tiempo que tarda en llenarse un recipiente plano de 1 litro (l). Esta prueba se la realizo 10 veces consecutivas para mayor efectividad del margen de confianza.

Para esta operación se considero la siguiente formula:

$$Q= V/t$$

Dónde:

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

V = volumen (m<sup>3</sup>)

t = tiempo (s)

## **ETAPA IIV**

### **PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA EN EL AFLUENTE DEL CANAL PRINCIPAL Y EN EL PROCEDIMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR.**

Para la obtención de las muestras, se efectuó de acuerdo a lo establecido en la Norma Boliviana (NB) 496-2005 agua potable-toma de muestra.

El sitio de la zona puntualizada donde se tomaron las muestras esta entre las coordenadas UTM: 378381 E y 7618574 N, en la zona 20 K, a una altura de 1218 m.s.n.m.

Seguidamente se opto por la utilización de Recipientes de Politereftalato de etileno (PET) de 2 litros (l). Para una mejor garantía de resultados de las muestras, se procedió a la elección de la compra de agua mineral, con el fin de utilizar los envases,

ya que estos vienen esterilizados desde el origen del producto de comercialización según lo estipulado en el laboratorio de COSAALT.

Las muestras trasladadas al laboratorio de COSAALT a la ciudad de Tarija, fueron etiquetadas con los datos necesarios para el posterior análisis, mismas que fueron Sumergidas en un ambiente frío en una hielera, en este caso en una conservadora de manera rápida. Para mayor representación de las muestras se traslado de manera inmediata al laboratorio de COSAALT, para que la recepción y el momento del análisis sean de manera ligera.

La toma de muestra se realizo en 4 puntos específicos; en el afluente del canal principal de aguas residuales, en el grifo donde distribuye el agua en el filtro, a 70 centímetros (cm) más abajo de la salida del filtro percolador y en el último bloque de la planta de tratamiento de aguas residuales del barrio manantial denominado TANQUE IMHOFF.

Parámetros a tomar en cuenta:

- Sólidos Suspendidos Totales (Análisis Físico).
- Demanda Biológica De Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (Análisis Químico).
- Colifecales (NMP/100ml) (Análisis Microbiológico).

La metodología utilizada para este procedimiento de toma de muestra, fue la metodología cuantitativa, analítica y descriptiva.

## **PUNTO 1**

### **AFLUENTE DEL CANAL PRINCIPAL DE AGUAS RESIDUALES**

Para la toma de muestra en el afluente del canal principal, se procedió al enjuague correspondiente del envase (PET) con el agua, sujeta a la realización del muestreo, dando tres enjuagues consecutivos para ambientar el recipiente, promoviendo la protección e indumentaria necesaria para ejecutar la toma de muestra.

Se puntualizo una profundidad necesaria para la toma de muestra, para mayor garantía de la misma según la NB. Para esta toma de muestra se considero dos parámetros. DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (DBO<sub>5</sub>) y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.

Las muestras fueron tomadas en tres diferentes horarios; el lunes 24 de noviembre de 2014 a horas 05:30 am, recepcionada a horas 08:15 am de la misma fecha; el jueves 27 de noviembre de 2014 a horas 11:00 am, recepcionada a horas 19:20 pm de la misma fecha y el jueves 18 de diciembre de 2014 a horas 15:00 pm, recepcionada a horas 18:41 pm de la misma fecha.

## **PUNTO 2**

### **GRIFO DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA RESIDUAL EN EL FILTRO PERCOLADOR**

El mismo procedimiento se efectuó para la toma de muestra en el grifo, en cuanto a la protección personal, al estar expuesto a las aguas residuales y a los procedimientos posteriores para la toma de muestra, con la diferencia que en esta manipulación se procedió con la ayuda de una jarra plástica de ½ litro (l) prácticamente ambientada a la muestra de agua, dando lugar a una mejor comodidad para la toma de muestra y garantizar la efectividad de la misma, ya que el grifo se encuentra a una distancia de 10 centímetros (cm) de la base del tanque petrolífero que distribuye el agua residual en el filtro, dando lugar a un pequeño espacio donde no abarca el recipiente de 2 litros (l) que posteriormente se van a almacenar las muestras de agua.

Para esta toma de muestra se considero dos parámetros. DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>) y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.

Estas muestras fueron tomadas en 2 diferentes horarios específicos; lunes 24 de noviembre del 2014 a horas 05:30 am, recepcionadas a horas 08:15 am de la misma fecha y el jueves 27 de noviembre a horas 11:00 am, recepcionada a horas 19:20 pm de la misma fecha.

## **PUNTO 3**

### **EFLUENTE O SALIDA DEL AGUA RESIDUAL TRATADA DEL FILTRO PERCOLADOR**

Realizando el mismo procedimiento en este punto de muestro, en esta manipulación también se realizo con la ayuda de una jarra plástica de ½ litro (l) para mayor comodidad para la toma de muestra, ya que a 70 centímetros (cm) de la salida del agua residual tratada, se instalo un recipiente de 10 litros (l) para obtener las

muestras, misma que no tenía un profundidad considerable para tomar la muestra directamente en el envase (PET) de 2 litros (l).

En esta toma de muestra se considero tres parámetros correspondientes. DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO ( $DBO_5$ ), SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y COLIFECALES (NMP/100ml).

Las muestras tomadas en el efluente o salida del agua residual tratada del filtro percolador, fueron tomadas en 5 diferentes horarios; lunes 24 de noviembre del 2014 a horas 05:30 am, recepcionada a horas 08:15 am de la misma fecha; jueves 27 de noviembre del 2014 a horas 11:00 am, recepcionada a horas 19:20 pm de la misma fecha; miércoles 10 de diciembre del 2014 a horas 10:00 am, recepcionada a horas 12:30 pm de la misma fecha; jueves 18 de diciembre del 2014 a horas 15:00 pm, recepcionada a horas 18:41 pm de la misma fecha; miércoles 14 de enero de 2015 a horas 13:00 pm, recepcionada a horas 16:40 pm de la misma fecha; y el jueves 22 de enero del 2015 a horas 13:00 pm, recepcionada a horas 16:30 pm de la misma fecha.

#### **PUNTO 4**

#### **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DEL BARRIO MANANTIAL**

Promoviendo los requisitos implantados para la toma de las muestras, este punto de muestreo se le realizo en el último bloque de la PTARU del barrio manantial de Entre Ríos, considerando los siguientes parámetros; DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO ( $DBO_5$ ) y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.

Esta muestra se lo realizo una sola vez con la finalidad de comprobar la eficiencia de la PTAR del barrio manantial de Entre Ríos, mismo que se efectuó el día miércoles 10 de diciembre del 2014 a horas 10:00 am, y recepcionada a horas 12:30 pm de la misma fecha.

**CAPITULO III**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**3.1. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL CALCULO DE CAUDALES  
EN EL AFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES URBANAS DEL BARRIO MANANTIAL DE ENTRE RÍOS**

Para la interpretación de todos los números de intentos, de los ensayos realizados en el canal del afluente de la planta de aguas residuales, y las pruebas realizadas en diferentes horarios, se considero la formula estadística de la MEDIA y los correspondientes cálculos a considerar.

**CUADRO 4**  
**ENSAYOS REALIZADOS EL DÍA LUNES 24/11/2014**

<b>N° DE INTENTOS</b>	<b>TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO (s)</b>	<b>HORA</b>
1	25 segundos (s)	8:00 am
2	25 segundos (s)	8:00 am
3	25 segundos (s)	8:00 am
4	25 segundos (s)	8:00 am
5	26 segundos (s)	8:00 am
6	24 segundos (s)	8:00 am
7	25 segundos (s)	8:00 am
8	25 segundos (s)	8:00 am
9	25 segundos (s)	8:00 am
10	26 segundos (s)	8:00 am
<b>promedio</b>	<b>= 25.1 segundos (s)</b>	

Fuente: elaboración propia

A continuación se aplicara la formula oportuna para la obtención de los resultados viables (LA MEDIA).

**MEDIA ARITMÉTICA:**

$$\bar{X} = \frac{x1 + x2 + x3 \dots \dots \dots xn}{N}$$

Donde:

$\bar{X}$  = Media

X= Suma de los datos

N = Numero y cantidad de los datos

$$\bar{X} = \frac{251}{10} = 25.1$$

Esta misma técnica se utilizara directamente, para sacar el promedio de las tres pruebas por cada día de la semana de los datos obtenidos para la medición de caudal.

**3.1.1. FORMULAS Y PROCEDIMIENTOS PARA ENCONTRAR EL CAUDAL MEDIO**

Utilizando la misma formula de la media, se procederá a la implementación de otras formulas para finalmente encontrar el caudal medio.

En caso de la profundidad o altura del canal para encontrar el área, también se aplicara la formula estadística de la MEDIA, y el ancho del canal es especifico, teniendo una medición exacta de 29 centímetros (cm).

A continuación se aplicaran las formulas correspondientes para encontrar el caudal, respecto al CUADRO 4, para posteriormente aplicar la misma técnica en cuanto a los caudales medios durante la semana de ensayos realizados.

Las formulas correspondientes para encontrar el caudal, son las siguientes:

Datos:

Ancho del canal = 29 centímetros (cm)

Profundidad = 21 centímetros (cm)

Distancia = 500 centímetros (cm)

$$v = \frac{d}{t}$$

Dónde:

v= velocidad (m/s)

d= distancia (m)

t= tiempo (s)

$$v = \frac{5m}{25.1 s} = 0.2 m/s$$

$$A = h * w$$

Donde:

h = altura (m)

w = ancho (m)

A = área (m<sup>2</sup>)

$$A = 21 cm * 29 cm$$

Conversión a metros (m)

$$A = 0.21 \text{ m} * 0.29 \text{ m}$$

$$A = 0.06 \text{ m}^2$$

$$Q = V * A$$

Dónde:

Q= caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

A= área ( $\text{m}^2$ )

V= velocidad ( $\text{m}/\text{s}$ )

$$Q = 0.2 \text{ m}/\text{s} * 0.06 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.012 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conversión a l/s

$$0.012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \frac{1 \text{ l}/\text{s}}{0.001 \text{ m}^3/\text{s}} = 12 \text{ l}/\text{s}$$

$$Q = 12 \text{ l}/\text{s}$$

Las formulas a considerar fueron tomadas en cuenta en todos los datos obtenidos durante el trabajo de campo que se realizo en un lapso de una semana, para la medición de caudal. Los ensayos tomados en cuenta en el CUADRO 4, ya no serán tomados en cuenta para la posterior obtención de los caudales medios a conseguir,



razón por el cual, los cálculos se lo efectuara directamente al igual que las formulas correspondientes para encontrar el caudal medio.

### **CUADRO 5**

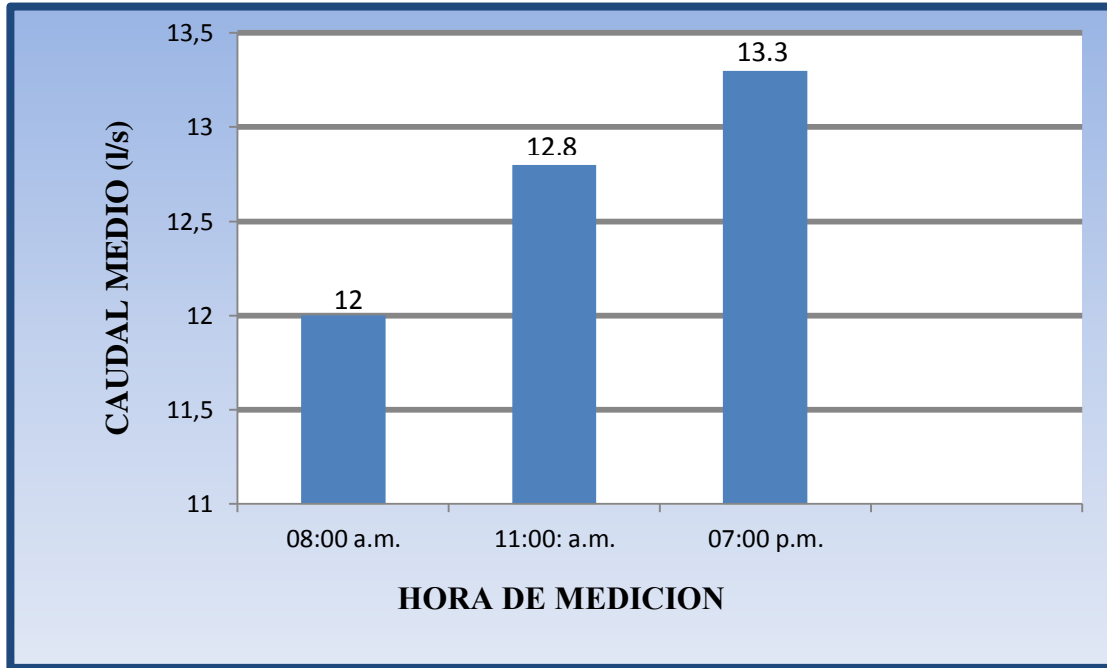
#### **CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA LUNES 24/11/2014**

<b>N° DE PRUEBAS</b>	<b>CAUDAL MEDIO (l/s)</b>	<b>HORA DE MEDICIÓN</b>
1	12 l/s	08:00 am
2	12.8 l/s	11:00 am
3	13.3 l/s	19:00 pm
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.7 l/s</b>	

Fuente: elaboración propia

## GRAFICA 1

### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA LUNES 24/11/2014



Fuente: elaboración propia

En este cuadro y grafica podemos observar las variaciones correspondientes, identificando un caudal mayor a las 7:00 pm de la noche, con un caudal de 13.3 l/s, razón por el cual, el uso habitual del agua es mucho mas constante, por que todos salen de sus trabajos y hacen uso mayor del agua. A diferente de las 8:00 am, el uso habitual es menor, teniendo un caudal de 12 l/s, en este caso no todas las personas realizan las mismas costumbres con relación al uso del agua en la mañana que en la noche. Y a las 11:00 am se observa un asenso del caudal de 12.8 l/s, esto debido al uso habitual en cocina y otras actividades de la casa, relacionada con el uso del agua.

### CUADRO 6

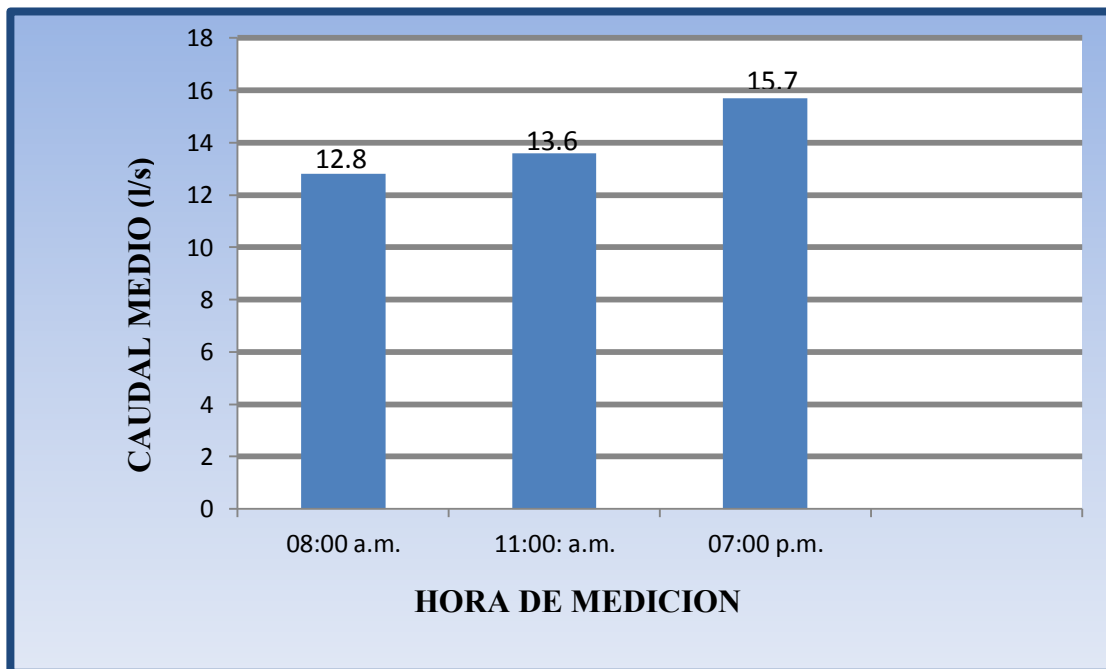
#### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA MARTES 25/11/2014

N° DE PRUEBAS	CAUDAL MEDIO (l/s)	HORA DE MEDICIÓN
1	12.8 l/s	08:00 am
2	13.6 l/s	11:00 am
3	15.7 l/s	19:00 pm
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.03 l/s</b>	

Fuente: elaboracion propia

### GRAFICA 2

#### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA MARTES 25/11/2014



Fuente: elaboración propia

En este siguiente cuadro y grafica se puede observar el asenso de caudal, tanto en la mañana como el caudal de la noche, pronunciándose un caudal medio mayor que el día lunes, dando como promedio 14.03 l/s y una diferencia del caudal mayor al menor de 2.9 l/s. En estos ensayos realizados el día martes, podemos observar que el caudal medio es mayor que del día lunes.

### **CUADRO 7**

#### **CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA MIÉRCOLES**

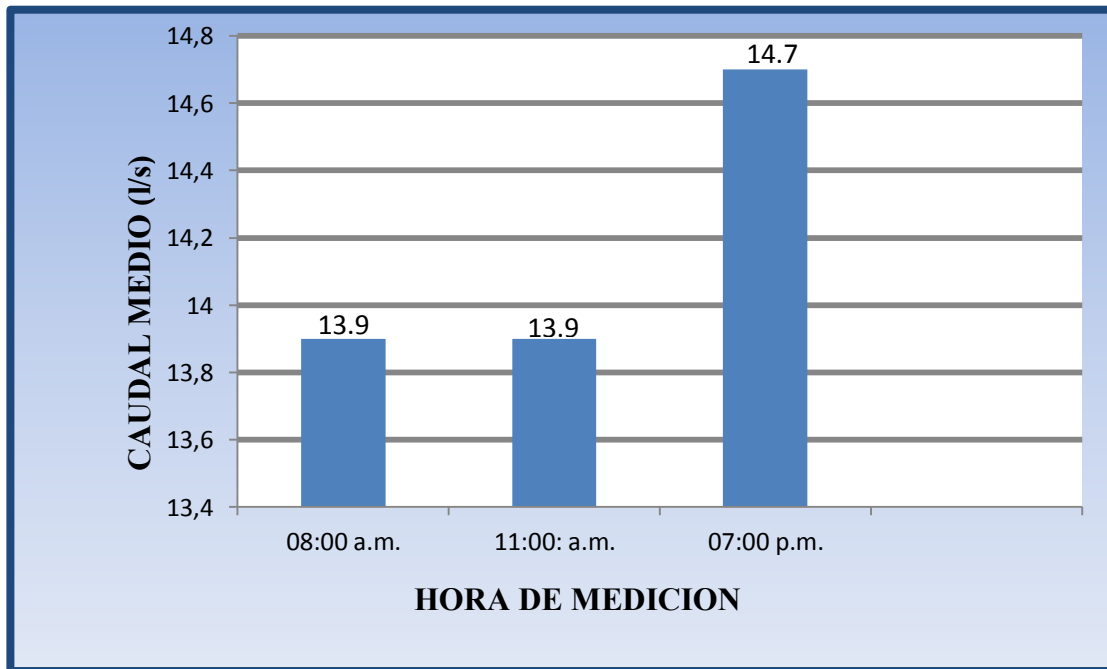
**26/11/2014**

<b>N° DE PRUEBAS</b>	<b>CAUDAL MEDIO (l/s)</b>	<b>HORA DE MEDICIÓN</b>
1	13.9 l/s	08:00 am
2	13.9 l/s	11:00 am
3	14.7 l/s	19:00 pm
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.2 l/s</b>	

Fuente: elaboración propia

### GRAFICA 3

#### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA MIÉRCOLES 26/11/2014



Fuente: elaboración propia

En el cuadro 8 y grafica 3 presenta una coincidencia significativa en cuanto al caudal medio de las 8:00 am y las 11:00 am, dando un caudal medio para ambos de 13.9 l/s, y se nota un brusco ascenso de caudal a las 7:00 pm de 14.7 l/s, notando la diferencia entre el mayor y menor caudal de 0.8 l/s. a diferencia del día lunes, este caudal encontrado es mayor, y en cuanto al caudal encontrado del día martes es menor.

### CUADRO 8

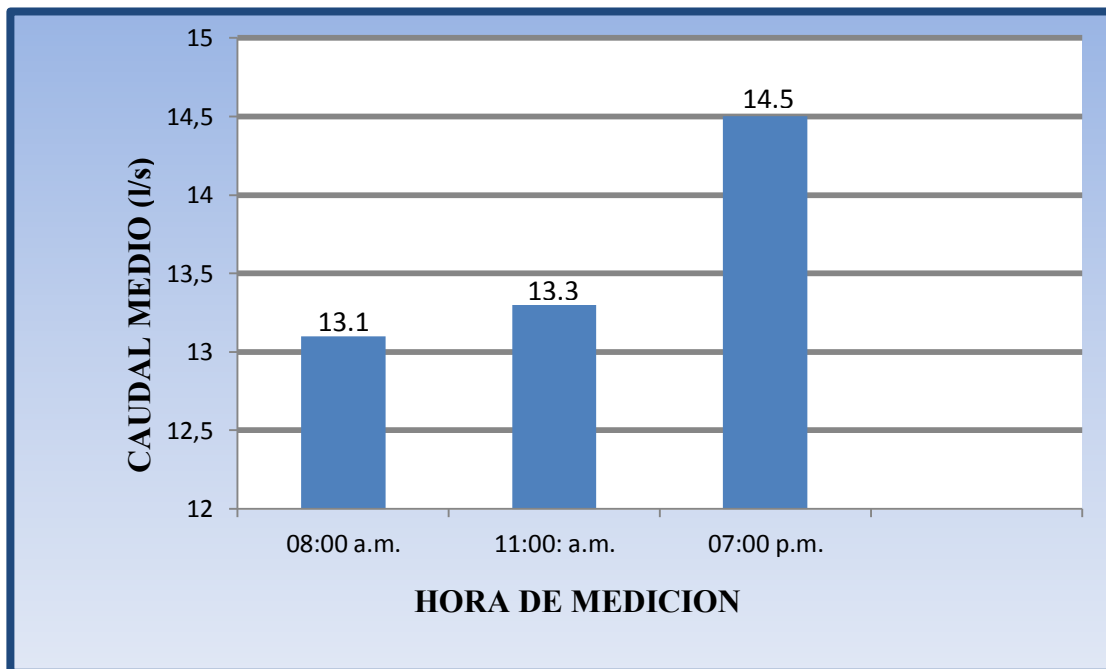
#### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA JUEVES 27/11/2014

N° DE PRUEBAS	CAUDAL MEDIO (l/s)	HORA DE MEDICIÓN
1	13.1 l/s	08:00 am
2	13.3 l/s	11:00 am
3	14.5 l/s	19:00 pm
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.6 l/s</b>	

Fuente: elaboración propia

### GRAFICA 4

#### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA JUEVES 27/11/2014



Fuente: elaboración propia

En este cuadro y grafica podemos observar el descenso del caudal con relación a los días martes y miércoles, pero siendo mayor que el caudal medido del día lunes, ya que este ensayo presenta un caudal medio de 13.6 l/s, siendo mayor el caudal medido en la noche, pero no con muchas variaciones en cuanto al aumento del caudal.

### **CUADRO 9**

#### **CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA VIERNES 28/11/2014**

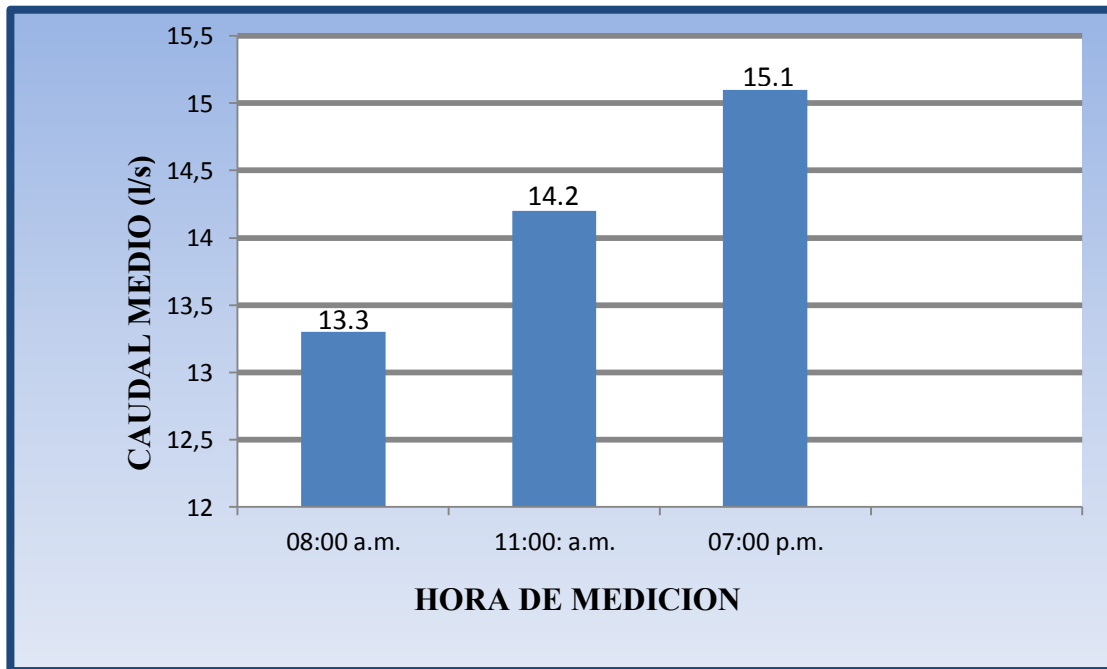
<b>N° DE PRUEBAS</b>	<b>CAUDAL MEDIO (l/s)</b>	<b>HORA DE MEDICIÓN</b>
1	13.3 l/s	08:00 am
2	14.2 l/s	11:00 am
3	15.1 l/s	19:00 pm
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.2 l/s</b>	

Fuente: elaboración propia

## GRAFICA 5

### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DIA VIERNES

28/11/2014



Fuente: elaboración propia

En esta grafica se puede observar un ascenso leve del caudal desde la mañana hasta en la noche, dando un aumento regular. A si también observando una similitud del caudal medio del día viernes y el caudal medio del día miércoles, dando como resultado un caudal medio de 14.2 l/s para los dos días de medición.



### CUADRO 10

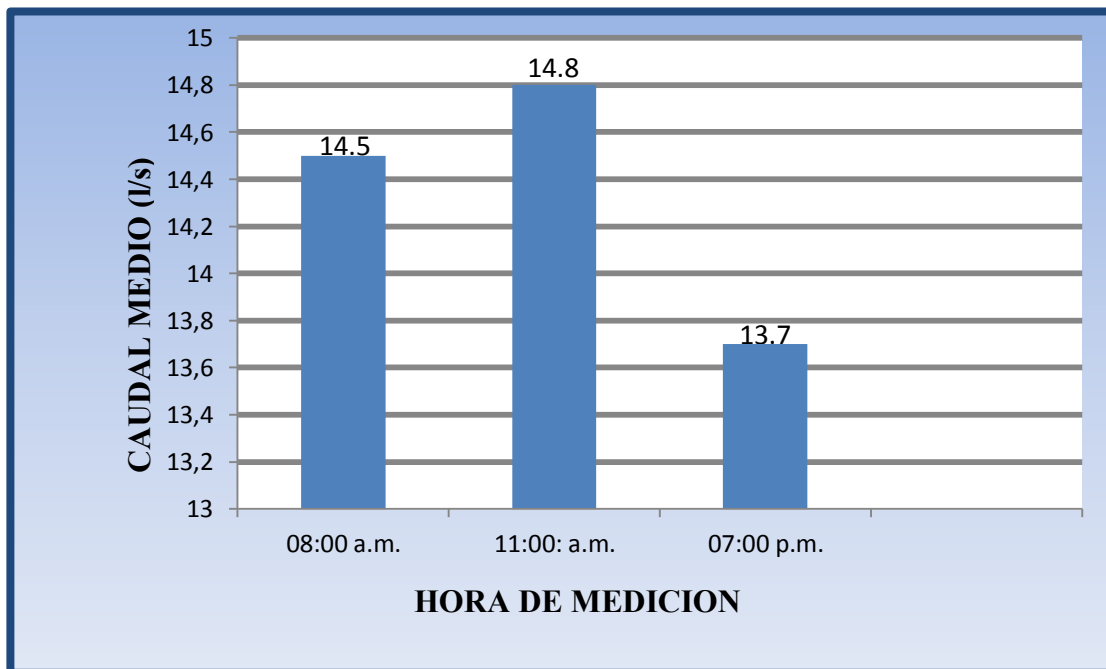
#### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA SÁBADO 29/11/2014

N° DE PRUEBAS	CAUDAL MEDIO (l/s)	HORA DE MEDICIÓN
1	14.5 l/s	08:00 am
2	14.8 l/s	11:00 am
3	13.7 l/s	19:00 pm
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.3 l/s</b>	

Fuente: elaboración propia

### GRAFICA 6

#### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA SÁBADO 29/11/2014



Fuente: elaboración propia

En el cuadro 11 y la grafica 6 se puede notar un cambio esperado a diferencia de todos los días de la semana, motivo por el cual, este día es un día de fin de semana, dando como resultado un ascenso de caudal de 8:00 am con 14.5 l/s a 11:00 am con 14.8 l/s, pero descendiendo de manera predecible a las 7:00 pm con un caudal medio de 13.7 l/s, una diferencia entre el caudal mayor y menor de 1.1 l/s. este cambio previsto se da por que la mayoría de los habitantes de entre ríos no realizan sus labores normales como habitualmente lo hacen de lunes a viernes, esto implica el realizar otras actividades durante el día con relación al uso del agua y por la noche ya no exceder la utilidad de la misma.

### **CUADRO 11**

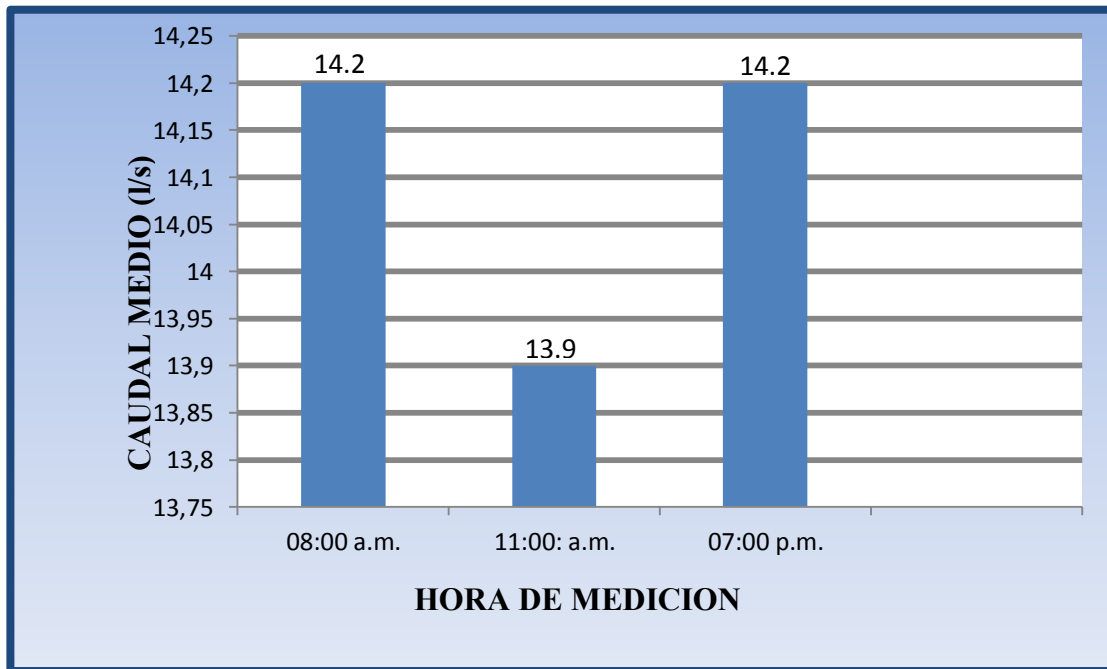
#### **CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA DOMINGO 30/11/2014**

<b>N° DE PRUEBAS</b>	<b>CAUDAL MEDIO (l/s)</b>	<b>HORA DE MEDICIÓN</b>
1	14.2 l/s	08:00 am
2	13.9 l/s	11:00 am
3	14.2 l/s	19:00 pm
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.1 l/s</b>	

Fuente: elaboración propia

## GRAFICA 7

### CAUDAL MEDIO EN TRES PRUEBAS MEDIDO EL DÍA DOMINGO 30/11/2014



Fuente: elaboración propia

En este día domingo también se puede notar un cambio esperado en cuanto a variaciones, en este caso, teniendo un descenso de caudal a las 11:00 pero no siendo tan significativo, ya que la diferencia del caudal mayor y menor es de solo 0.3 l/s. en este ensayo realizado se puede observar que el caudal es casi similar en las horas pico, motivo por el cual, es que como es un día de fin de semana, la actividad es constante durante todo el día y parte de la noche, dando como resultado un uso regular del agua en todas las actividades cotidianas.

## CUADRO 12

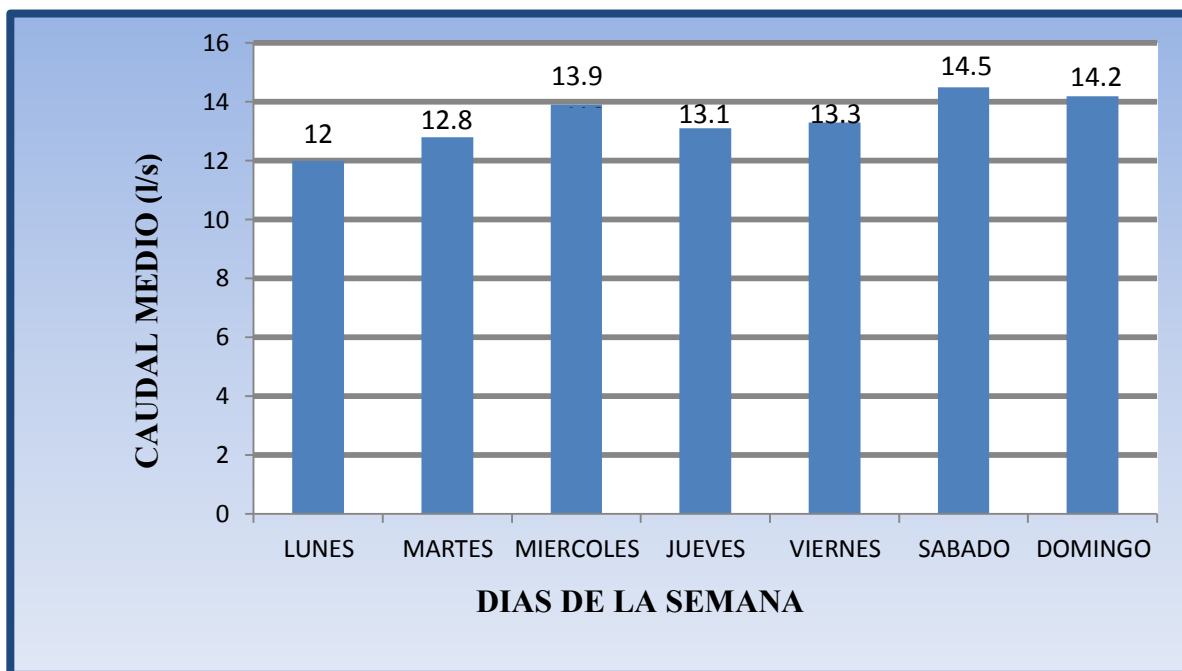
### CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA MEDIDO A HORAS 08:00 AM

N°	CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA (l/s)	HORA	DÍA DE MEDICIÓN
1	12 l/s	08:00 AM	LUNES
2	12.8 l/s	08:00 AM	MARTES
3	13.9 l/s	08:00 AM	MIERCOLES
4	13.1 l/s	08:00 AM	JUEVES
5	13.3 l/s	08:00 AM	VIERNES
6	14.5 l/s	08:00 AM	SABADO
7	14.2 l/s	08:00 AM	DOMINGO
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.4 l/s</b>		

Fuente: elaboración propia

## GRAFICA 8

### CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA MEDIDO A HORAS 08:00 AM



Fuente: elaboración propia

En el cuadro 13 y grafica 8 podemos identificar que a horas 8:00 am del día sábado y domingo, se da el mayor caudal, esto debido a las posibles actividades o eventos sociales que se realizan los fin de semana, o también por los previstos negocios y ventas que se da, por que los negocios en cuanto a venta de comestible o comida, se lo realiza mayormente en la mañana, dando lugar al mayor uso del agua en horas de la mañana, mientras que el caudal de los otros días hábiles son constantes. El caudal medio presentado en la semana es de 13.4 l/s, siendo una diferencia entre el máximo y mínimo caudal de 2.5 l/s.

### CUADRO 13

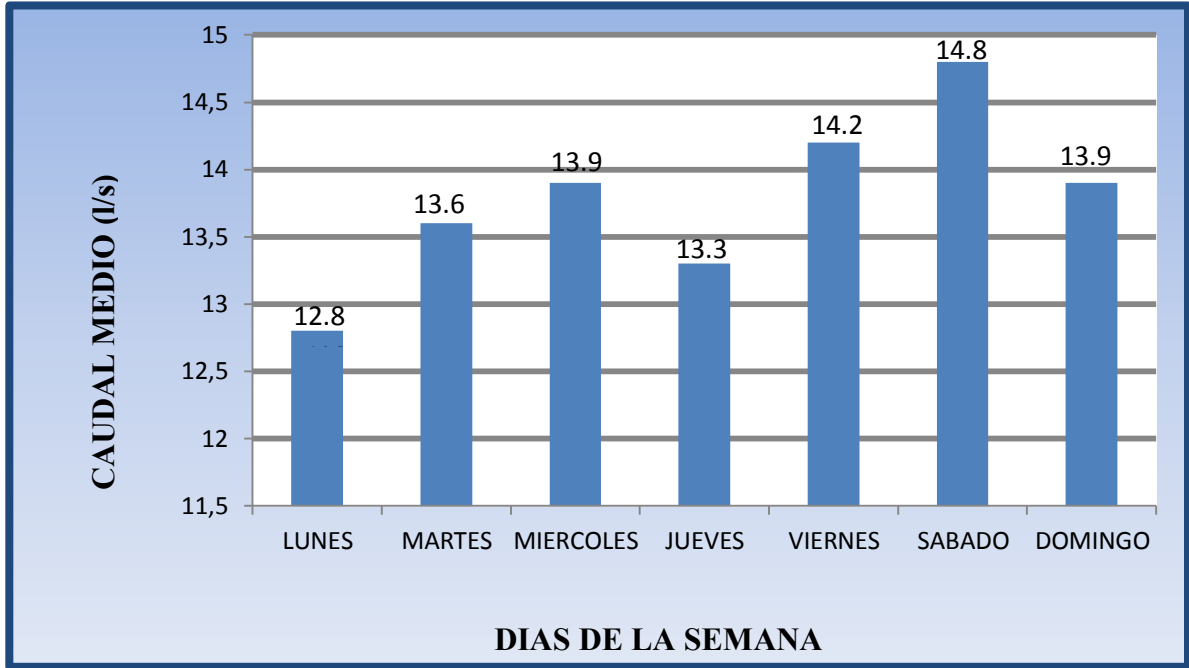
#### CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA MEDIDO A HORAS 11:00 AM

N°	CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA (l/s)	HORA	DÍA DE MEDICIÓN
1	12.8 l/s	11:00 AM	LUNES
2	13.6 l/s	11:00 AM	MARTES
3	13.9 l/s	11:00 AM	MIERCOLES
4	13.3 l/s	11:00 AM	JUEVES
5	14.2 l/s	11:00 AM	VIERNES
6	14.8 l/s	11:00 AM	SABADO
7	13.9 l/s	11:00 AM	DOMINGO
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.8 l/s</b>		

Fuente: elaboración propia

### GRAFICA 9

#### CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA MEDIDO A HORAS 11:00 AM



Fuente: elaboración propia

Como se puede identificar en el siguiente grafico, el caudal máximo que se tiene, es el día sábado con 14.8 l/s, siendo regularmente constantes los caudales con relación a los otros días, existe una similitud en comparación con la grafica 8 al representar un mayor caudal el día sábado, pero con la diferencia, que el caudal del día domingo es menor de lo previsto.

### CUADRO 14

#### CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA MEDIDO A HORAS 07:00 PM

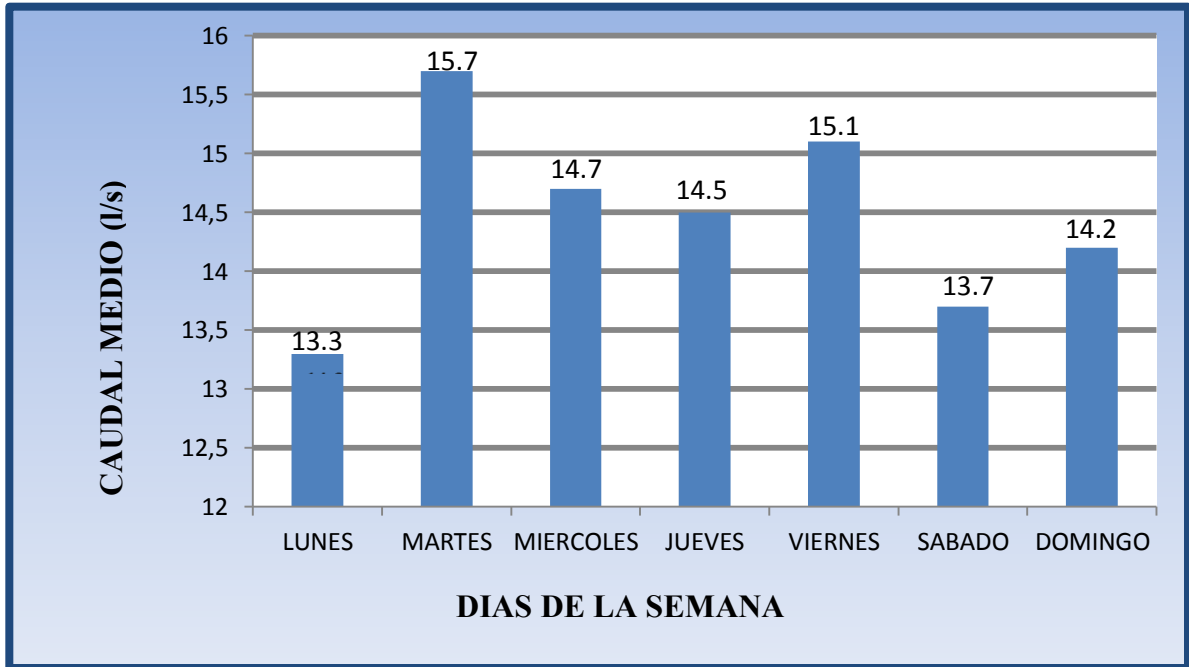
N°	CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA (l/s)	HORA	DÍA DE MEDICIÓN
1	13.3 l/s	07:00 PM	LUNES
2	15.7 l/s	07:00 PM	MARTES
3	14.7 l/s	07:00 PM	MIERCOLES
4	14.5 l/s	07:00 PM	JUEVES
5	15.1 l/s	07:00 PM	VIERNES
6	13.7 l/s	07:00 PM	SABADO
7	14.2 l/s	07:00 PM	DOMINGO
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.5 l/s</b>		

Fuente: elaboración propia



## GRAFICA 10

### CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA MEDIDO A HORAS 07:00 PM



Fuente: elaboración propia

En esta grafica se puede observar una variación predicha en cuanto al aumento y disminución del caudal, se puede observar que a horas 07:00 pm existe un mayor consumo de agua durante los días hábiles de la semana, pero contrariamente se verifica que en los días sábados y domingos, no existe un uso considerable del agua, esto debido al mayor uso durante el día para diferentes actividades, ya que estos días son días de descanso de actividades laborales para la mayoría de la población.

### CUADRO 15

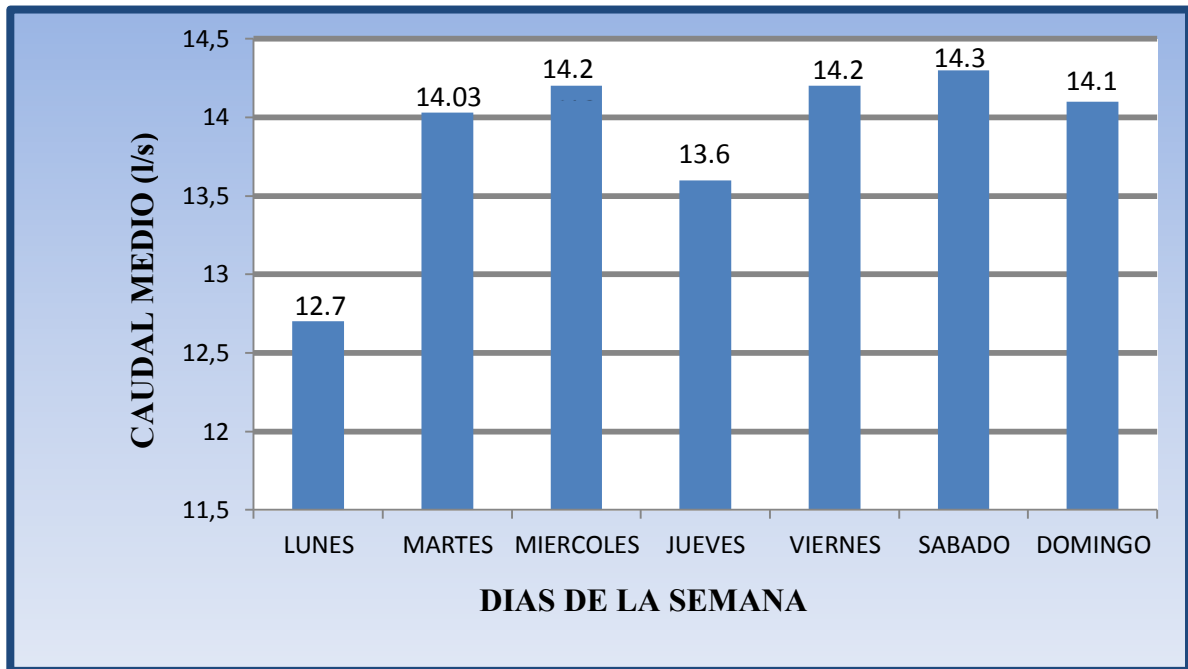
#### CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA CONSIDERANDO LAS MEDIAS DIARIAS

<b>N°</b>	<b>CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA CONSIDERANDO LAS MEDIAS DIARIAS (l/s)</b>	<b>DÍA DE MEDICIÓN</b>
1	12.7 l/s	LUNES
2	14.03 l/s	MARTES
3	14.2 l/s	MIERCOLES
4	13.6 l/s	JUEVES
5	14.2 l/s	VIERNES
6	14.3 l/s	SABADO
7	14.1 l/s	DOMINGO
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.9 l/s</b>	

Fuente: elaboración propia

## GRAFICA 11

### CAUDAL MEDIO DE LA SEMANA CONSIDERANDO LAS MEDIAS DIARIAS



Fuente: elaboración propia

En el cuadro 16 y grafica 11 podemos definir el caudal medio que presenta cada día de la semana, en este caso podemos ver que el caudal máximo es el del día sábado, con un caudal medio de 14.3 l/s respectivamente, dando una diferencia entre el máximo y mínimo caudal de 1.6 l/s. En este caso el caudal mínimo medido es el del día lunes, y el máximo el del día sábado. Promoviendo los respectivos ensayos durante los días de la semana, podemos obtener un caudal medio confiable de 13.9 l/s.

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO CONSIDERANDO LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR  
PARA CAUDALES MEDIOS DE LA SEMANA**

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{7-1} \sum_{i=1}^7 (12.7 - 13.9)^2 + (14.03 - 13.9)^2 + (14.2 - 13.9)^2 + (13.6 - 13.9)^2 + (14.2 - 13.9)^2 + (14.3 - 13.9)^2 + (14.1 - 13.9)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{6} (1.44) + (0.02) + (0.09) + (0.09) + (0.09) + (0.16) + (0.04)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1.93}{6}} = \sqrt{0.32}$$

$$\sigma = 0.57$$

Tomando en cuenta las medias diarias en el análisis estadístico, podemos obtener una desviación estándar de 0.57, que nos demuestra que el caudal medido, presenta un grado de dispersión menor, lo cual indica que no varía mucho las mediciones realizadas respecto a la medición de caudal.

### 3.1.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA RESIDUAL

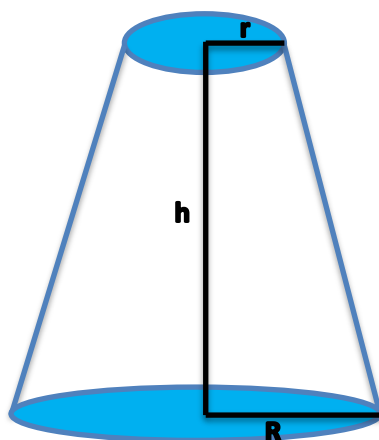
**OLOR:** el olor que se percibe del agua residual es leve en la planta de tratamiento y a sus alrededores, motivos por el cual, las aguas pasan lentamente por las cámaras, y no están expuestas a la aireación y al viento. Por otro lado en la salida del tanque imhoff, en el punto de desemboque al río y en las fugas existentes en el canal de transporte de aguas residuales, existe bastante aireación y el olor es fuerte.

El olor es debido a la presencia de materia orgánica, nutrientes, nitrógeno (N), fósforo (P) y por ende sulfuro de hidrógeno y amoníaco por la presencia de orina y otras sustancias.

**COLOR:** el color del agua residual urbana es de color mayormente gris, esto debido al considerable recorrido que dan las aguas residuales hasta llegar al tanque IMHOFF. Por otro lado en horas de la mañana, el agua presenta un color amarillento, este color que presenta, es a horas 06:00 am a 07:00 am, razones por el cual se desconoce.

En caso de las aguas tratadas con relación al tratamiento secundario que brinda el filtro percolador, tanto el color como el olor es variable, ya que se percibe un olor leve por la aireación constante en el filtro. El color es de gris claro por el posible tratamiento que se da en condiciones aerobias.

### 3.2. RESULTADOS DEL VOLUMEN DEL FILTRO PERCOLADOR



$$v = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

Donde:

h = La altura es el segmento que une perpendicularmente las dos bases

**Los radios son los radios de sus bases.**

r = Radio menor

R = radio mayor

$$v = \frac{1}{3} \pi 80 (35^2 + 12.5^2 + 35 * 12.5)$$

$$v = \frac{1}{3} \pi 80 (1225 + 156.25 + 437.5)$$

$$v = \frac{1}{3} \pi 80 (1818.75)$$

$$v = \frac{1}{3} \pi * 145500$$

$$v = \frac{1}{3} 456870$$

$$v = 152290 \text{ cm}^3$$

Conversión a metros cúbicos (m<sup>3</sup>)

$$152290 \text{ cm}^3 * \frac{1 \text{ m}^3}{1000000 \text{ cm}^3} = 0.15 \text{ m}^3$$

### **3.3. MEDICIÓN DEL CAUDAL PARA EL FILTRO PERCOLADOR**

En este ensayo, se optó por dos caudales principales por la variabilidad del grifo, para posteriormente verificar su eficiencia o deficiencia del filtro en estos dos caudales, se tomó el **caudal máximo** y un **caudal mínimo** en el grifo de distribución para el filtro percolador.

A continuación se describen los números de pruebas para la medición del caudal mediante el método volumétrico.

### CUADRO 16

#### NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS EN EL GRIFO DE DISTRIBUCIÓN (CAUDAL MÁXIMO)

N°	TIEMPO QUE TARDA EN LLENAR EL RECIPIENTE (S)
1	32 Segundos (s)
2	31 Segundos (s)
3	31 Segundos (s)
4	32 Segundos (s)
5	32 Segundos (s)
6	32 Segundos (s)
7	31 Segundos (s)
8	33 Segundos (s)
9	31 Segundos (s)
10	32 Segundos (s)
<b>PROMEDIO</b>	<b>31.7 Segundos (s)</b>

Fuente: elaboración propia

Teniendo el recipiente de 1 litro (l), se procede a la interpretación de los datos y a la obtención del caudal de la siguiente manera.

$$1 \text{ l} \frac{1 \text{ m}^3}{100 \text{ l}} = 0.001 \text{ m}^3$$

$$Q = V/t$$

Dónde:

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

V = volumen (m<sup>3</sup>)

t = tiempo (s)

$$Q = \frac{0.001 \text{ m}^3}{31.7 \text{ s}} = 0.00003 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 0.03 \text{ l/s}$$

Realizando la conversión a mililitros (ml), el resultado sería:

$$0.03 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ l}} = 30 \text{ ml/s}$$

Estas pruebas realizadas en cuanto al caudal máximo del filtro percolador, se dio para ver si el filtro es eficiente o no a este caudal, este caudal máximo encontrado no es un caudal considerablemente grande debido al pequeño orificio del tubo y el grifo, y también debido a la poca altura que tiene el área donde está ubicado el filtro, no alcanzando una mayor presión del agua.

### CUADRO 17

#### NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS EN EL GRIFO DE DISTRIBUCIÓN (CAUDAL MÍNIMO)

N°	TIEMPO QUE TARDA EN LLENAR EL RECIPIENTE (S)
1	57 segundos (s)
2	53 segundos (s)
3	58 segundos (s)
4	55 segundos (s)
5	54 segundos (s)
6	53 segundos (s)
7	56 segundos (s)
8	58 segundos (s)
9	59 segundos (s)
10	56 segundos (s)
<b>PROMEDIO</b>	<b>55.9 segundos (s)</b>

Fuente: elaboración propia



$$1 \text{ l} \frac{1 \text{ m}^3}{100 \text{ l}} = 0.001 \text{ m}^3$$

$$Q = V/t$$

Dónde:

Q = caudal (m<sup>3</sup>/s)

V = volumen (m<sup>3</sup>)

t = tiempo (s)

$$Q = \frac{0.001 \text{ m}^3}{55.9 \text{ s}} = 0.00002 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 0.02 \text{ l/s}$$

Realizando la conversión a mililitros (ml), el resultado sería:

$$0.02 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ l}} = 20 \text{ ml/s}$$

Este caudal mínimo encontrado, se dio con la intención de reducir la mitad del caudal máximo, por el mismo hecho de comprobar la eficiencia o deficiencia del filtro percolador en cuanto a la reducción o no, tanto del DBO<sub>5</sub> como SOLIDOS SUSPENDIDOS.

### **3.4. CARACTERISTICAS DEL FILTRO PERCOLADOR COMO TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Después de la construcción del filtro percolador, el mismo entró en funcionamiento en fecha 12 de noviembre del 2014 con el máximo caudal que es de 0.03 l/s. promoviendo un buen funcionamiento del filtro, la acción que se tomo fue la de verificar todos los días (dos veces al día) la malla milimétrica que actúa como criba, motivos por el cual se da el taponamiento y no deja que circule el agua constantemente, y al no circular el agua por un tiempo determinado, existe una irregularidad, por que desde ese entonces las bacterias dejan de realizar el consumo de la materia orgánica que se adhiere a las rocas. También se pudo percibir la proliferación de larvas de zancudo en el efluente del filtro debido también al tiempo de reposo del agua.

#### **3.4.1. TIPOS DE ROCAS IMPLEMENTADAS EN FUNCIÓN AL FILTRO PERCOLADOR**

- ♣ **ROCA DE COLOR GRIS OSCURO:** En cuanto al tipo de roca, es sedimentaria, arenisca de grano fino a medio, la misma contiene silicio y algo de magnesio, estas por ser sedimentarias son susceptibles y posibles a la poca resistencia que puedan tener para un tratamiento permanente de aguas residuales.
- ♣ **ROCA DE COLOR MARRON (COLORADA):** Al igual que la roca de color gris oscuro, es de tipo sedimentaria y arenisca de grano fino a medio, estas tienen contenido de hierro, también pueden ser vulnerables para un tratamiento de aguas residuales por su poca resistencia que presenta.
- ♣ **ROCA DE COSTRA CALCAREA (BLANQUECINA):** esta roca contiene carbonato de calcio, es insoluble al agua y tiene una porosidad menor al 10%. Esta roca a diferencia de las demás tiene una resistencia considerable para un tratamiento de aguas residuales.

Si los tres tipos de rocas son diferentes en apariencia y resistencia, pues el funcionamiento como filtro percolador es el mismo, por que tanto en las rocas

sedimentarias como las rocas de costra calcárea, se adhiere lo que viene a ser la materia orgánica transportada y mezclada en el agua, por que se identifica el mismo grosor y apariencia de la materia orgánica donde se forma la película biológica en las rocas, la misma que es de color gris.

Por otro lado se puede observar distintos tipos de microorganismos que se encuentran en las rocas juntamente con la materia orgánica, estos microorganismos son los encargados de consumir la materia orgánica, mismos que cumplen la función de biodegradación.

### **3.4.2. EFLUENTE DEL FILTRO PERCOLADOR**

Al desembocar el agua del filtro percolador se puede observar que arrastra algo de sedimento o lodo, con el fin de comprobar el comportamiento de estos sedimentos, se procedió a la instalación de un recipiente de 10 litros (l) a 70 centímetros (cm) mas abajo del filtro percolador, donde se pudo notar que estos sedimentos que salen del filtro tienen un peso considerable que se precipitan fácilmente al fondo, llenando el recipiente de sedimentos en un lapso de 5 días.

## **3.5. RESULTADOS Y ANÁLISIS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE COSAALT**

### **3.5.1. RESULTADOS DEL AFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS**

#### **CUADRO 18**

#### **RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> EN EL AFLUENTE**

<b>N°</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>RESULTADOS (UNIDAD mg/l)</b>
1	DBO <sub>5</sub>	24/11/2014	05:30 AM	<b>18.8 mg/l</b>
2	DBO <sub>5</sub>	27/11/2014	11:00 AM	<b>72.7 mg/l</b>

Fuente: elaboración propia

## GRAFICA 12

### RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> EN EL AFLUENTE



Fuente: elaboración propia

Estas dos muestras realizadas, se efectuó con el fin de ver el comportamiento y en que grado de contaminación se encuentra las aguas residuales de Entre Ríos, en caso de las muestras tomadas a las 05:30 am, se puede ver que la DBO<sub>5</sub> es bastante bajo, motivos por el cual, a esas horas de la mañana hay poco uso domestico del agua, se puede ver también que el agua es mas cristalina en comparación de a horas 11:00 am donde se puede observar que la DBO<sub>5</sub> aumenta por el mayor uso de agua y mayor materia orgánica y nutrientes concentradas en ella, como así también las heces fecales desechadas por los seres humanos. En este análisis físico químico en el laboratorio de COSAALT se utilizo el método del oxidímetro.

## CUADRO 19

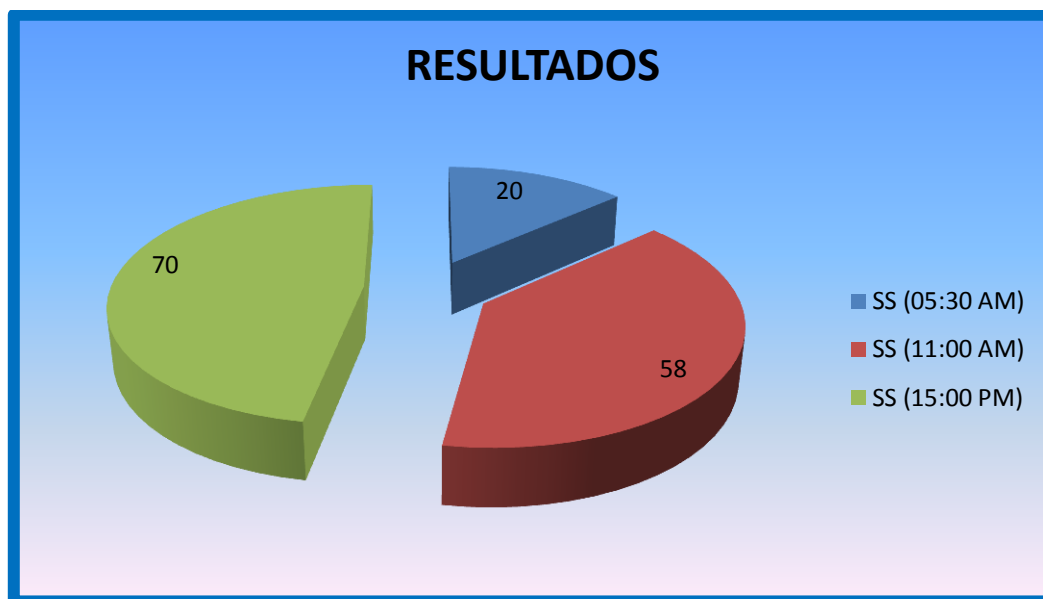
### RESULTADOS DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AFLUENTE

N°	PARAMETRO	FECHA	HORA	RESULTADOS (UNIDAD mg/l)
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS	24/11/2014	05:30 AM	<b>20.0</b>
2	SOLIDOS SUSPENDIDOS	27/11/2014	11:00 AM	<b>58.0</b>
3	SOLIDOS SUSPENDIDOS	18/12/2014	15:00 PM	<b>70.0</b>

Fuente: elaboración propia

### GRAFICA 13

#### RESULTADOS DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AFLUENTE



Fuente: elaboración propia

Estas muestras tomadas en el afluente, se lo realizo con el mismo fin que para la  $DBO_5$ , podemos observar que el comportamiento tanto de la  $DBO_5$  como los SOLIDOS SUSPENDIDOS es de manera casi igualatoria, en algunos casos la  $DBO_5$  es más alto y en otros casos los SOLIDOS SUSPENDIDOS también es más alto. El método para este análisis fisicoquímico fue el método gravimétrico.

De acuerdo al REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA, la  $DBO_5$  no sobrepasa los límites permisibles de descargas líquidas en el afluente según los dos horarios de muestras que se realizo, vale aclarar que no se realizo el análisis de la  $DBO_5$  en horarios de la tarde cuando el resultado de los SOLIDOS SUSPENDIDOS sobrepasan los límites permisibles, pero eso no significa que aguas abajo no aumente la carga de contaminación, razones que se va a aclarar mas adelante.

Pero en cuanto a los SOLIDOS SUSPENDIDOS, si sobrepasa los límites permisibles considerando las muestras tomadas a las 15:00 horas, en este caso la  $DBO_5$  también

sería posible aumentar y sobrepasar los límites permisibles ya que para los SÓLIDOS SUSPENDIDOS, el límite permisible es de 60 mg/l, y la DBO<sub>5</sub> es de 80 mg/l.

### 3.5.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS DEL GRIFO DE DISTRIBUCIÓN DEL FILTRO PERCOLADOR

**CUADRO 20**

#### RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> EN EL GRIFO DE DISTRIBUCIÓN

N°	PARAMETRO	FECHA	HORA	RESULTADOS (UNIDAD mg/l)
1	DBO <sub>5</sub>	24/11/2014	05:30 AM	12.3 mg/l
2	DBO <sub>5</sub>	27/11/2014	11:00 AM	72.7 mg/l

Fuente: elaboración propia

**GRAFICA 14**

#### RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> EN EL GRIFO DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: elaboración propia

El proceso que pasa el agua para llegar al grifo, es el siguiente. Pasa por la malla metálica que retiene casi todos los objetos grandes, luego llega al primer tanque petrolífero y a través del caño de ½ pulgada (in) llega al segundo tanque, de ahí el agua llega sin sedimentos ni objetos grandes al grifo de distribución.

La DBO<sub>5</sub> a las 05:00 am baja considerablemente con relación al afluente de la misma hora; por lo contrario, la DBO<sub>5</sub> tomada a las 11:00 am del grifo de distribución, es el mismo que el afluente, esto debido a que en horas de la mañana existe mayor permanencia del afluente hasta llegar al grifo de distribución, por eso hay una reducción de la DBO<sub>5</sub>, en caso de las muestras tomadas a las 11:00 am hay mayor movimiento del agua tanto en el afluente como en los tanques y hasta llegar al grifo, a pesar de que no pasan los sedimentos y objetos voluminosos, la DBO<sub>5</sub> tanto en el afluente como en el grifo de distribución es el mismo, motivos por el cual, es que la determinación para la obtención de los resultados de los análisis, es que se basa a las partículas bastante pequeñas que pasan fácilmente al filtro percolador, desde el afluente, no tomando en cuenta las partículas gruesas y grandes.

### **CUADRO 21**

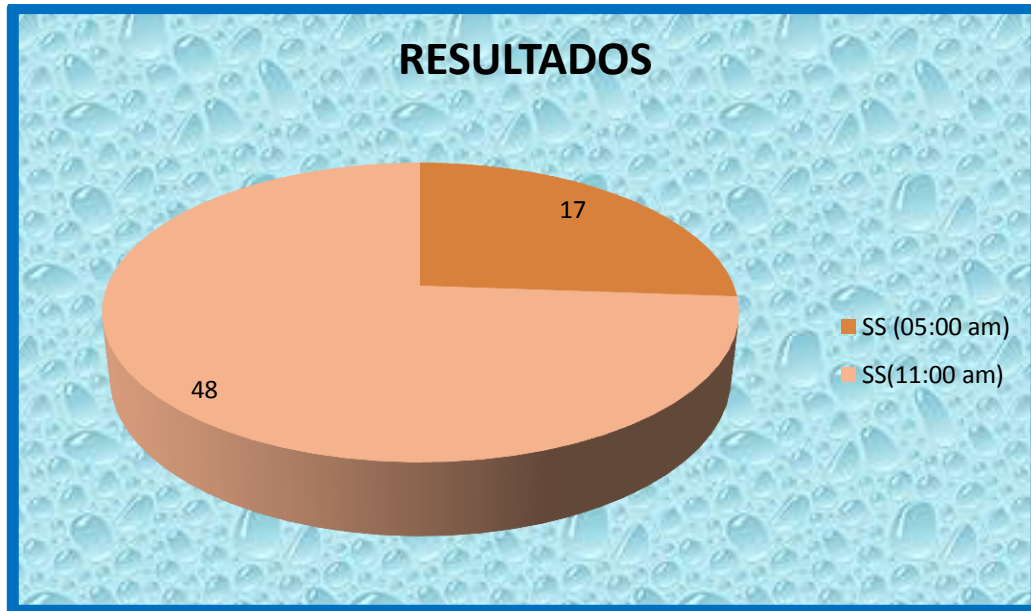
#### **RESULTADOS DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL GRIFO DE DISTRIBUCIÓN**

<b>N°</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>RESULTADOS (UNIDAD mg/l)</b>
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS	24/11/2014	05:30 AM	<b>17.0 mg/l</b>
2	SOLIDOS SUSPENDIDOS	27/11/2014	11:00 AM	<b>48.0 mg/l</b>

Fuente: elaboración propia

### GRAFICA 15

#### RESULTADOS DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL GRIFO DE DISTRIBUCIÓN



Fuente: elaboración propia

En el cuadro 22 y grafica 15 se puede comprobar que a diferencia de la  $DBO_5$ , los SOLIDOS SUSPENDIDOS aumenta su valor con relación al afluente, esto debido a que en un momento dado hay mayor concentramiento de contaminantes en los tanques que posteriormente van las aguas residuales al grifo de distribución. Pero las variaciones entre el afluente y el grifo de distribución son mínimas.



### 3.5.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN EL EFLUENTE DEL FILTRO PERCOLADOR

**CUADRO 22**

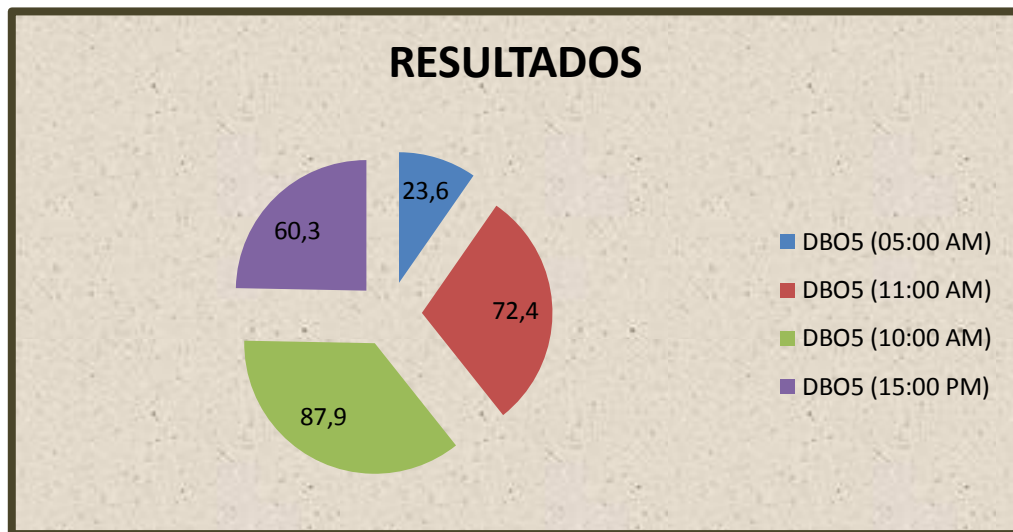
#### RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÁXIMO (0.03 l/s)

N°	PARAMETRO	FECHA	HORA	RESULTADOS (UNIDAD mg/l)
1	DBO <sub>5</sub>	24/11/2014	05:30 AM	23.6 mg/l
2	DBO <sub>5</sub>	27/11/2014	11:00 AM	72.4 mg/l
3	DBO <sub>5</sub>	10/12/2014	10:00 AM	87.9 mg/l
4	DBO <sub>5</sub>	18/12/2014	15:00 PM	60.3 mg/l

Fuente: elaboración propia

**GRAFICA 16**

#### RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÁXIMO (0.03 l/s)



Fuente: elaboración propia

El resultado de las muestras tomadas en el efluente del filtro percolador en condiciones de caudal máximo, son prácticamente en el mínimo rango mas elevados con relación al afluente y al grifo de distribución, en estos casos, si se realiza un desenlace, el filtro percolador seria deficiente para el tratamiento secundario en condiciones de caudal máximo tomado para este tratamiento. Pero las razones

importantes del aumento de la DBO<sub>5</sub> es por el arrastre de sedimentos o lodos del filtro percolador, estos lodos son arrastrados al recipiente ubicado a 70 centímetros (cm) mas abajo del filtro percolador, los lodos al ser concentrados en el recipiente y con el agua, hacen que al mezclarse, el agua contenga mayor grado de contaminación.

La muestra tomada el 10 de diciembre del 2014 indicado en el cuadro 23 y grafica 16 indica un alto grado de DBO<sub>5</sub> que sobrepasa los limites permisibles respecto al REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA, con un DBO<sub>5</sub> de 87 mg/l, en comparación de la norma que es 80 mg/l. esto fue debido al no percatar que los lodos ya estaba colmatando el recipiente donde se tomo las muestras, y esta agua fue llevada al laboratorio para su posterior análisis con intervención de lodos o fangos.

Para evitar esta mezcla de lodos, la acción que se tomo fue la de instalar otro recipiente donde desemboca el agua del filtro con el fin de que este retenga los lodos y posteriormente tomar las muestras del recipiente posterior. Esta acción fue tomada en cuanta para la muestra tomada el 18 de diciembre del 2014 del CUADRO 23 y GRAFICA 16, donde la DBO<sub>5</sub> fue de 60.3 mg, dando una reducción importante, con relación a las otras muestras.

### **CUADRO 23**

#### **RESULTADOS DE SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÁXIMO (0.03 l/s)**

<b>N°</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>RESULTADOS (UNIDAD mg/l)</b>
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS	24/11/2014	05:30 AM	<b>23.3 mg/l</b>
2	SOLIDOS SUSPENDIDOS	27/11/2014	11:00 AM	<b>56.0 mg/l</b>
3	SOLIDOS SUSPENDIDOS	10/12/2014	10:00 AM	<b>50.0 mg/l</b>
4	SOLIDOS SUSPENDIDOS	18/12/2014	15:00 PM	<b>44.0 mg/l</b>

Fuente: elaboración propia

### GRAFICA 17

#### RESULTADOS DE SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÁXIMO (0.03 l/s)



Fuente: elaboración propia

En esta grafica se puede observar que también existen variaciones, en cuanto al grado de elevación leve de SOLIDOS SUSPENDIDOS en el efluente, con la diferencia que este parámetro en ningún horario de la muestra no sobrepasa los límites permisibles sobre descarga de aguas que es de 60 mg/l, pero se dio el mismo comportamiento al igual que la DBO<sub>5</sub>.

### CUADRO 24

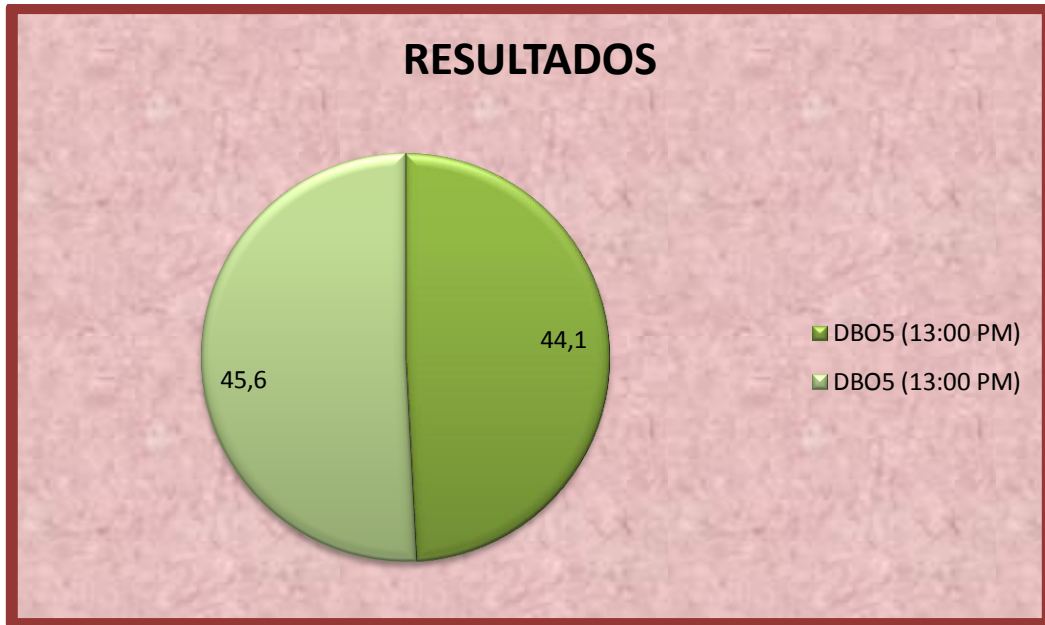
#### RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÍNIMO (0.02 l/s)

N°	PARAMETRO	FECHA	HORA	RESULTADOS (UNIDAD mg/l)
1	DBO <sub>5</sub>	14/01/2015	13:00 PM	44.1 mg/l
2	DBO <sub>5</sub>	22/01/2015	13:00 PM	45.6 mg/l

Fuente: elaboración propia

## GRAFICA 18

### RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÍNIMO (0.02 l/s)



Fuente: elaboración propia

Estas dos ultimas muestras tomadas en el efluente del filtro percolador, nos demuestra la eficiencia que tiene el mismo, y el caudal ideal necesario para cumplir un buen tratamiento secundario aerobio para las aguas residuales urbanas, ya que este resultado nos comprueba, que se logro reducir casi la mitad del DBO<sub>5</sub> en comparación a lo que se lecturo anteriormente el DBO<sub>5</sub> que sobrepasa los limites permisibles. Estas dos pruebas tienen una mínima variabilidad de diferencia, lo que significa que el filtro percolador es una técnica de tratamiento confiable a este caudal.

### CUADRO 25

#### RESULTADOS DE SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÍNIMO (0.02 l/s)

N°	PARAMETRO	FECHA	HORA	RESULTADOS (UNIDAD mg/l)
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS	14/01/2015	13:00 PM	34 mg/l
2	SOLIDOS SUSPENDIDOS	22/01/2015	13:00 PM	22 mg/l

Fuente: elaboración propia

### GRAFICA 19

#### RESULTADOS DE SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÍNIMO (0.02 l/s)



Fuente: elaboración propia

El resultado de SOLIDOS SUSPENDIDOS al igual que la DBO<sub>5</sub>, realizó una importante reducción, con la diferencia de que existe una mayor variación del comportamiento, pero pese a eso, no sobrepasan los límites permisibles del Reglamento En Materia De Contaminación Hídrica en cuanto a descargas líquidas.

**CUADRO 26**

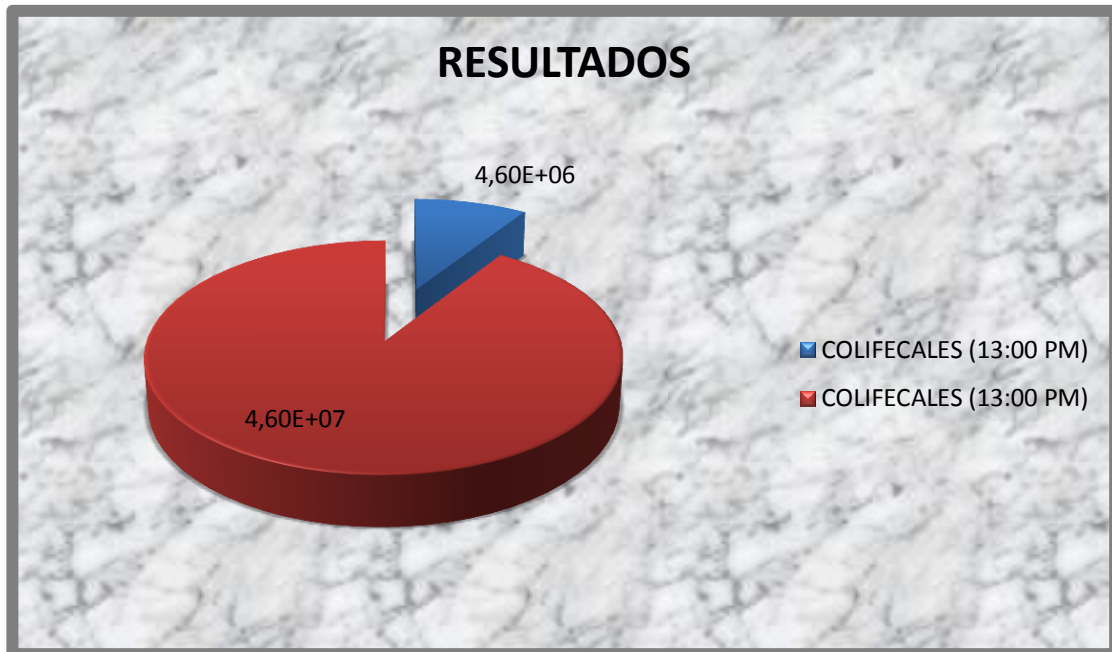
**RESULTADOS DE COLIFECALES EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÍNIMO (0.02 l/s)**

N°	PARAMETRO	FECHA	HORA	RESULTADOS (UNIDAD NMP/100 ml)
1	COLIFECALES	14/01/2015	13:00 PM	4.6E + 06 NMP/100 ml
2	COLIFECALES	22/01/2015	13:00 PM	4.6E + 07 NMP/100 ml

Fuente: elaboración propia

**GRAFICA 20**

**RESULTADOS DE COLIFECALES EN EL EFLUENTE EN CONDICIONES DE CAUDAL MÍNIMO (0.02 l/s)**



Fuente: elaboración propia

Para este parámetro, las muestras con relación a los otros parámetros son bastante variables, arrojando resultados mucho mas altos, este análisis microbiológico, no tiene ninguna relación con respecto a los otros parámetros, para este análisis se tomó el método de tubos múltiples, dando una diferencia bastante grande, esto debido a la presencia de bacterias bastante pequeñas en el agua residual.

**3.5.4. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (TANQUE IMHOFF)**

**CUADRO 27**

**RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> Y SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL TANQUE IMHOFF**

N°	PARAMETRO	FECHA	HORA	RESULTADOS (UNIDAD mg/l)
1	DBO <sub>5</sub>	10/12/2014	10:00 AM	49.8 mg/l
2	SOLIDOS SUSPENDIDOS	10/12/2014	10:00 AM	20 mg/l

Fuente: elaboración propia

**GRAFICA 21**

**RESULTADOS DE LA DBO<sub>5</sub> Y SOLIDOS SUSPENDIDOS EN EL TANQUE IMHOFF**



Fuente: elaboración propia

Estas muestras tomadas y posteriormente analizadas en laboratorio, se las realizo en el tanque IMOFF, con el fin de comprobar en que situación actual se encuentra la misma, si disminuye el grado de contaminación o no.

Y aparentemente se puede identificar en el cuadro 27 y en la grafica 21, lo útil que puede ser esta planta de tratamiento, siempre y cuando se lo realice un mantenimiento y una limpieza por lo menos 3 veces al año, ya que los resultados de los parámetros indicados son menores.

### 3.6. EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES CRUDAS Y TRATADAS

**GRAFICA 22**

#### **RELACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES CRUDAS Y TRATADAS CON RESPECTO A LA DBO<sub>5</sub>**



Fuente: elaboración propia

En cuanto a las aguas crudas, solo se realizo dos ensayos donde casualmente dieron los mismos resultados, y para las aguas tratadas, la primera muestra de 72.4 l/s fue sin intervención de lodos en el recipiente donde se tomo la muestra, mientras que la



segunda muestra de 87.9 se tomo con presencia de lodos dentro del recipiente, por eso se observa el aumento previsto de la DBO<sub>5</sub>. Por otro lado la muestra de 60.3 l/s se obtuvo mediante una técnica para retención de los lodos, estas tres primeras muestras se realizaron con el caudal máximo, mientras que las dos últimas pruebas que son de 44.1 y 45.6 l/s, se realizaron con el caudal mínimo, dando un resultado positivo de disminución de contaminación.

### CUADRO 28

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DBO<sub>5</sub> DE AGUAS CRUDAS Y TRATADAS APLICANDO LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Nº	PARAMETRO	MÉTODO	AGUAS CRUDAS	AGUAS TRATADAS
1	DBO <sub>5</sub>	Oxidimetro	72.7	72.4
2	DBO <sub>5</sub>	Oxidimetro	72.7	87.9
3	DBO <sub>5</sub>	Oxidimetro		60.3
4	DBO <sub>5</sub>	Oxidimetro		44.1
5	DBO <sub>5</sub>	Oxidimetro		45.6
6	PROMEDIO		<b>72.7</b>	<b>62.06</b>

Fuente: elaboración propia

#### AGUAS TRATADAS

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5-1} \sum_{i=1}^5 (72.4 - 62.06)^2 + (87.9 - 62.06)^2 + (60.3 - 62.06)^2 + (44.1 - 62.06)^2 + (45.6 - 62.06)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} (106.92) + (667.71) + (3.01) + (322.56) + (270.93)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1371.13}{4}} = \sqrt{342.78}$$

$$\sigma = 18.5$$

La desviación típica o desviación estándar, es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. Dicho de otra manera, la desviación estándar es simplemente el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética.

Si bien existe una casual igualdad de los resultados de la DBO<sub>5</sub> en aguas crudas, esta operación no se la realiza, debido a que el resultado siempre va a ser 1. En este caso la operación se lo realiza para aguas tratadas ya que existe una variabilidad de datos con que se puede efectuar la desviación estándar, dando un resultado de 18.5, este resultado es considerado una variación media en cuanto a la desviación estándar.

**GRAFICA 23**

**RELACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES CRUDAS Y TRATADAS CON RESPECTO A SOLIDOS SUSPENDIDOS**



Fuente: elaboración propia

El mismo comportamiento se da para este parámetro, en la grafica se puede notar que en las aguas crudas puede variar considerablemente los SOLIDOS SUSPENDIDOS y también el DBO<sub>5</sub>, por esta razón es que las muestras se las tomo en horarios donde hay mas uso de agua por los habitantes. Y en cuanto a las aguas tratadas, tanto el DBO<sub>5</sub> como los SOLIDOS SUSPENDIDOS, fueron disminuyendo de acuerdo al cambio de caudal y a las acciones de la toma de muestra que se realizo durante el proceso de tratamiento en el filtro percolador.

## CUADRO 29

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE SOLIDOS SUSPENDIDOS DE AGUAS CRUDAS Y TRATADAS APLICANDO LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

N°	PARAMETRO	MÉTODO	AGUAS CRUDAS	AGUAS TRATADAS
1	SOLIDOS SUSPENDIDOS	GRAVIMÉTRICO	48	56
2	SOLIDOS SUSPENDIDOS	GRAVIMÉTRICO	58	50
3	SOLIDOS SUSPENDIDOS	GRAVIMÉTRICO	70	44
4	SOLIDOS SUSPENDIDOS	GRAVIMÉTRICO		34
5	SOLIDOS SUSPENDIDOS	GRAVIMÉTRICO		22
6	PROMEDIO		<b>58.67</b>	<b>41.2</b>

Fuente: elaboración propia

#### AGUAS CRUDAS

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{3-1} \sum_{i=1}^3 (48 - 58.67)^2 + (58 - 58.67)^2 + (70 - 58.67)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2} (113.85) + (0.45) + (128.37)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{242.67}{2}} = \sqrt{121.34}$$

$$\sigma = 11.02$$

## AGUAS TRATADAS

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5-1} \sum_{i=1}^5 (56 - 41.2)^2 + (50 - 41.2)^2 + (44 - 41.2)^2 + (34 - 41.2)^2 + (22 - 41.2)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} (219.04) + (77.44) + (7.84) + (51.84) + (368.64)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{724.8}{4}} = \sqrt{181.2}$$

$$\sigma = 13.46$$

Realizando el análisis comparativo entre aguas crudas y tratadas, se puede observar que el grado de dispersión está más acorde con las aguas tratadas, con una desviación estándar de 13.46, mientras que las aguas crudas tienen menor grado de dispersión con una desviación estándar de 11.02.

## GRAFICA 24

### COMPARACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS CON RESPECTO AL REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA RELACIONADO A COLIFECALES



Fuente: elaboración propia

Según el Reglamento En Materia De Contaminación Hídrica, el límite permisible para descargas líquidas del parámetro de COLIFECALES, es de 1000 NMP/100 ml, comparando con el efluente del filtro percolador, obviamente no cumple con la norma para descargas líquidas, esto se da, por que el sistema no es apto para la retención de todas las bacterias existentes en el agua residual que pasan por el filtro percolador. Por ejemplo en el río Trancas que esta libre de contaminación tiene un resultado de 93 NMP/100 ml, a pesar del tratamiento que se le da a esas aguas para consumo humano, no esta libre de COLIFORMES FECALES.

En caso de las aguas residuales es casi imposible disminuir ese resultado bastante alto, se tendría que utilizar otros sistemas de tratamiento.

**CUADRO 30****LIMITES PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS EN mg/lt**

<b>NORMAS PARAMETROS</b>	<b>PROPUESTA</b>	
	<b>DIARIO</b>	<b>MES</b>
<b>Cobre</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>
<b>Zinc</b>	<b>3.0</b>	<b>1.5</b>
<b>Plomo</b>	<b>0.6</b>	<b>0.3</b>
<b>Cadmio</b>	<b>0.3</b>	<b>0.15</b>
<b>Arsénico</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>
<b>Cromo+3</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>
<b>Cromo+6</b>	<b>0.1</b>	<b>0.05</b>
<b>Mercurio</b>	<b>0.002</b>	<b>0.001</b>
<b>Hierro</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>
<b>Antimonio (&amp;)</b>	<b>1.0</b>	
<b>Estaño</b>	<b>2.0</b>	<b>1.0</b>
<b>Cianuro libre (a)</b>	<b>0.2</b>	<b>0.10</b>
<b>Cianuro libre (b)</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3 6.9</b>
<b>pH</b>	<b>6.9</b>	<b>+5°c</b>
<b>Temperatura (*)</b>	<b>+5°c</b>	<b>0.5</b>
<b>Compuestos fenólicos</b>	<b>1.0</b>	
<b>Solidos suspendidos totales</b>	<b>60.0</b>	
<b>Colifecales (NMP/100 ml)</b>	<b>1000</b>	
	<b>10.0</b>	
<b>Aceite y grasas (c)</b>	<b>20.0</b>	
<b>Aceite y grasas (d)</b>	<b>80.0</b>	
<b>DBO5</b>	<b>250.0</b>	
<b>DQO (e)</b>	<b>300.0</b>	

<b>DQO (f)</b>	<b>4.0</b>	<b>2.0</b>
<b>Amonio como N</b>	<b>2.0</b>	<b>1.0</b>
<b>sulfuros</b>		

Fuente: Reglamento En Materia De Contaminación Hídrica

C) rango de viabilidad en relación a la Temperatura Media de cuerpo receptor (a), (c), (e) aplicable a descargas de procesos mineros e industriales en general (b), (d) y (f) aplicable a descargas de procesos hidrocarburíferos (&). En caso de descargas o derrames de antimonio iguales o mayores a 2500 kg, se deberá reportar a la autoridad ambiental competente.

### **3.7. PROPUESTA PARA UN TRATAMIENTO EFICIENTE DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS DEL BARRIO MANANTIAL**

Para poder realizar una propuesta en cuanto al trabajo de tesis que se realizo, es importante tomar en cuenta los materiales con que contamos para un tratamiento eficiente, con el fin de reducir la contaminación existente por las aguas residuales urbanas de Entre Ríos.

Si se plantea un tratamiento mediante el mismo sistema construido en este trabajo, podemos garantizar que existe la posibilidad de reunir el material en cuanto a las rocas que se podría utilizar para el funcionamiento del tratamiento de aguas residuales, en condiciones biológicas y aerobias.

Por otro lado, se puede utilizar el mismo sistema del tanque imhoff que esta construido a orillas del río del barrio manantial, para optimizar la reducción de los solidos grandes y flotantes que se transportan mediante las aguas residuales, ya que la misma es garantizada para la disminución de los solidos (ver anexo 12).

Mas allá de utilizar este sistema, seria la implementación de las rocas de acuerdo al caudal que se tiene en el afluente que entra al tanque imhoff.



A continuación se define el volumen de rocas necesarias para el tratamiento secundario de las aguas residuales urbanas de la ciudad de Entre Ríos. Para encontrar este volumen se utilizó la siguiente fórmula.

$$\frac{V_p}{Q_p} = \frac{V_g}{Q_g}$$

Donde:

$V_p$  = volumen pequeño (volumen del filtro percolador construido)

$V_g$  = volumen grande (volumen de rocas necesarias para el caudal grande)

$Q_p$  = caudal pequeño (caudal del filtro percolador trabajado)

$Q_g$  = caudal grande (caudal del afluente del tanque Imhoff).

Despejamos la fórmula con respecto al volumen grande que queremos encontrar:

$$V_p * Q_g = V_g * Q_p$$

$$V_g = \frac{V_p * Q_g}{Q_p}$$

$$V_g = \frac{0.15 \text{ m}^3 * 0.01 \text{ m}^3/\text{s}}{3 * E - 05 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$V_g = \frac{0.0015 \text{ m}^6/\text{s}}{3 * E - 05 \text{ m}^3/\text{s}} = 50 \text{ m}^3$$

Realizado la operación de esta fórmula, entonces se podría decir que para un tratamiento eficiente de las aguas residuales de Entre Ríos del barrio manantial, considerando como parámetros solo la  $\text{DBO}_5$  y SÓLIDOS SUSPENDIDOS, se necesitaría 50 m<sup>3</sup> de rocas para garantizar la eficiencia del funcionamiento.

Posterior a este volumen encontrado se tendría que implementar un deposito para las aguas después de pasar por estas rocas, para lograr la precipitación de los lodos pesados, este deposito tiene que ser construido con cemento, al igual que la superficie donde se colocaran las rocas para el tratamiento posterior, y también el deposito debería ser el mismo volumen que el volumen grande encontrado para el tratamiento mediante filtro percolador, por que se tiene que estimar a gran escala. Y finalmente optimizar una ubicación adecuada y lejana del río, por que a mayor distancia que se encuentre del río, mayor descomposición de materia orgánica y nutriente hay.

Con este tratamiento adecuado que se les daría a las aguas residuales, se estaría cumpliendo con la normativa Boliviana de la ley 1333 de Medio Ambiente y el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

### **3.8. PRESUPUESTO GENERAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y SEGUIMIENTO DEL FILTRO PERCOLADOR**

**CUADRO 31**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO (BOLIVIANOS)</b>
<b>tubería</b>	<b>20</b>
<b>cemento</b>	<b>30</b>
<b>caño de 3 pulgadas</b>	<b>40</b>
<b>tanques petrolíferos</b>	<b>80</b>
<b>muestras de agua tomadas para el seguimiento</b>	<b>1816</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1986</b>

Fuente: elaboración propia

El costo general en la inversión para el trabajo de investigación fue de 1986 Bs, solo para la construcción y el seguimiento. En definitiva, el costo para la construcción fue considerablemente bajo, dando relevancia al costo de las muestras que se tomó para el seguimiento, ya que se esperaba encontrar un resultado positivo y eficiente con el tratamiento mediante el filtro, y este procedimiento nos condujo a tomar muchas muestras, para ver el comportamiento de las aguas residuales crudas y tratadas.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- ◆ La construcción del filtro percolador, tuvo un costo reducido de **1986 Bs**, lo que significa que a gran escala o para tratar el agua con mayores caudales, en lo único que se invertiría, sería en este caso, en la construcción de los depósitos o fosas hechas con cemento, ya que se cuenta con el material necesario y abundante en la municipalidad de Entre Ríos para implementar este tipo de tratamiento para las aguas residuales urbanas, en este caso contar con la implementación de rocas o grava, así ya no optar por otras tecnologías que pueden ser bastante caras e imposibles de incorporar para un tratamiento de aguas residuales por su alto costo.

La situación más sobresaliente en cuanto a la complicación del tratamiento mediante filtros percoladores, es el mantenimiento continuo dentro del área de tratamiento. Sería lo único poco dificultoso para llevar adelante un tratamiento de aguas residuales con una eficiencia necesaria favorable, por que este sistema de tratamiento es una operación sencilla de realizar.

- ◆ Se realizó la construcción del filtro percolador para lo cual fueron necesarias hacer pruebas para encontrar el caudal del afluente del tanque imhoff. Se pudo identificar que el caudal máximo encontrado en la semana fue el del día sábado con un caudal de 14.3 l/s, por otro lado el caudal mínimo fue de 12.7 l/s del día lunes, y el caudal medio semanal fue de 13.9 l/s.
- ◆ las aguas residuales urbanas en los horarios para la toma de muestra, no sobrepasan los límites permisibles en la entrada del filtro, el resultado obtenido para la  $DBO_5$  llegó a 72.7 mg/l como resultado máximo y los **SOLIDOS SUSPENDIDOS** a 48 mg/l en aguas crudas, pero en el tratamiento

realizado, se pudo notar que con la mezcla de lodos concentrados, tanto el DBO<sub>5</sub> como SÓLIDO SUSPENDIDOS, se logró descubrir que variaron los resultados en el primer recipiente, a causa de la acumulación de lodos residuales que se genera en este pequeño depósito, ascendiendo bruscamente los niveles de estos parámetros con un DBO<sub>5</sub> de 87,9 mg/l, sobrepasando los límites permisibles que es de 80 mg/l, y no así para sólidos suspendidos que dio como resultado 50 mg/l.

- ◆ Con un caudal mínimo de 0.02 l/s del tratamiento secundario del filtro percolador, se logró reducir un 28% de la DBO<sub>5</sub> en relación a 41.1 mg/l y un 52 % SÓLIDO SUSPENDIDOS en relación a 34 mg/l a la salida del filtro, a comparación del caudal máximo que es de 0.03 l/s, dio como resultado 72.4 mg/l para el DBO<sub>5</sub> y 70 mg/l de SÓLIDO SUSPENDIDOS.

Los resultados obtenidos para COLIFORMES FECALES (NMP/100 ML) fueron demasiado altos en el análisis realizado, dando como resultado final en el filtro percolador 46000000 mg/l en fecha 14 de enero del 2015 y 46000000 mg/l en fecha 22 de enero del 2015, excediendo los límites permisibles de acuerdo al Reglamento En Materia De Contaminación Hídrica que es de 1000 mg/l (ve cuadro 30).

- ◆ Podemos concluir que el tratamiento secundario mediante el filtro percolador es eficiente solo para el caudal mínimo de 0.02 l/s, obteniendo valores que no exceden los límites permisibles según lo establecido en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333 de Medio Ambiente en cuanto a DBO<sub>5</sub> y SÓLIDOS SUSPENDIDOS.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades encargadas de la instalación de las plantas de tratamiento de aguas residuales, trasladarlas a un lugar mas distante para evitar malos olores y una mala imagen a los vecinos que habitan cerca de la zona y a los turistas que visitan el lugar, ya que la generación de malos olores llega hasta el sector de la pampa en tiempos de estiaje. Seguidamente realizar una reparación a todo el sistema de las aguas residuales para evitar las fugas existentes actualmente en la zona. posterior al desalojo de estas aguas, gestionar un tratamiento adecuado con el fin de reducir la contaminación existente, relacionada al paisaje y al curso fluvial de los ríos, ya que los mismos se encuentran en calidad de depósito de todas las aguas residuales (ver anexo 10).
  
- También recomendar en este caso, a las autoridades del Gobierno Autónomo Municipal de Entre Ríos, que se implemente la técnica de tratamiento de aguas residuales, mediante la construcción e implementación de filtros percoladores, viendo lo eficiente que puede resultar, con previo respaldo elaborado en el presente trabajo de tesis. Consiguiente a esta recomendación, plantear que se realice este mismo tratamiento también para las plantas de aguas residuales ubicadas a orillas del río Pajonal, que provoca el mismo aspecto negativo que las aguas residuales del barrio manantial.
  
- Recomendar a las autoridades de la provincia, que en caso de la realización de un tratamiento de filtros percoladores como tratamiento secundario, proponer el uso de rocas resistentes a condiciones liquidas para una mejor garantía y resistencia de la misma, en este caso utilizar rocas de tipo costra calcárea que se implemento en el trabajo de tesis. A si mismo valorar y utilizar los recursos con que se cuenta en nuestra provincia, con el fin de efectuar un buen

tratamiento de las aguas Residuales Urbanas de Entre Ríos, ya que esta técnica de tratamiento es bastante efectiva para lograr reducir la contaminación, al mismo tiempo es mas preferible económicamente.

- Se recomienda a los estudiantes universitarios realizar un trabajo de investigación o como posible elaboración de una tesis, el monitoreo y comportamiento de las aguas residuales urbanas de Entre Ríos, por que durante este trabajo de tesis, surge una hipótesis de que en aguas abajo, a 300 metros existe una acumulación de lodos que podrían incrementar el nivel de contaminación que en el mismo afluente de la Planta de Tratamiento.
- Debido a los altos índices de COLIFORMES FECALES que se encontraron en los análisis realizados a la salida del filtro percolador, se recomienda no utilizar este tipo de tratamiento con la finalidad de reducir este tipo de microorganismos, o bien implementar otro método en el mismo sistema, con el fin de reducir este parámetro.
- En cuanto a los resultados obtenidos en el trabajo de tesis, se recomienda realizar el funcionamiento del filtro percolador, sujeto al caudal mínimo que es de 0.02 l/s, y que dio como resultado 41.1 mg/l de DBO<sub>5</sub> y 34 mg/l de SÓLIDO SUSPENDIDOS para garantizar y reducir el nivel de contaminación; y no a si el caudal máximo que es de 0.03 l/s, mismo que dio como resultado de 72.4 mg/l para el DBO<sub>5</sub> y 70 mg/l de SÓLIDO SUSPENDIDOS, ya que un tratamiento en condiciones para este caudal no es efectivo para reducir el grado de contaminación.
- Con el fin de cambiar, experimentar y mejorar el sistema del trabajo de tesis realizado, se recomienda a los estudiantes que cursan la materia de seminario de investigación I, realizar un diseño o construcción de filtro percolador con la

implementación de grava, ya que los filtros percoladores se caracterizan por el tratamiento mediante este material. Por otro lado si se decide realizar este trabajo, implementar un tratamiento anaerobio o facultativo para ver el comportamiento de las aguas residuales tratadas en los resultados.

- Por ultimo, se recomienda a los estudiantes, también como posible prueba para un trabajo de tesis, realizar el mismo experimento con diferentes tipos de rocas, para determinar que tipo de roca es la más conveniente para conseguir reducir la contaminación de aguas residuales en la municipalidad de Entre Ríos.