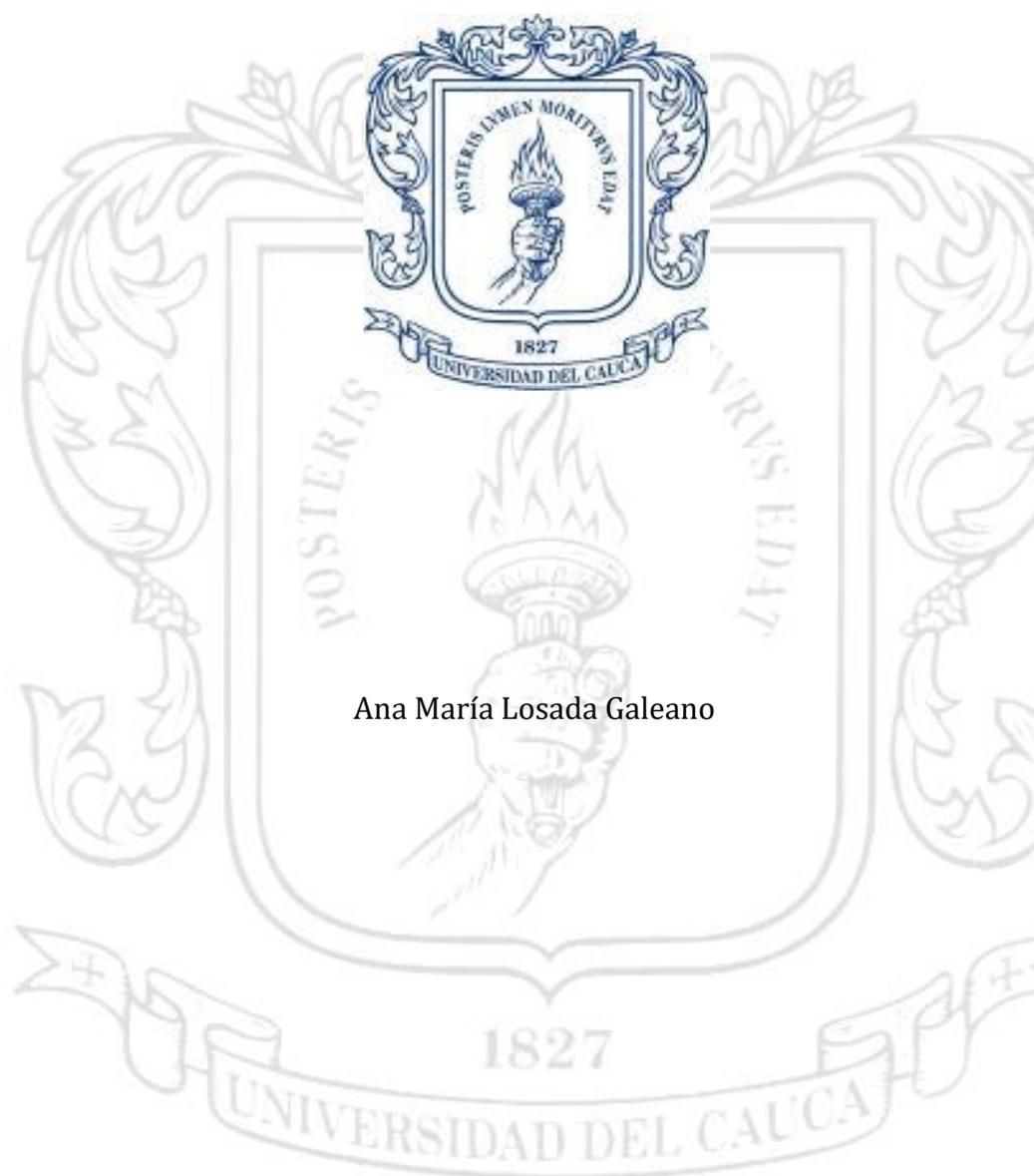


**APOYO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES  
EMITIDAS POR LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA PARA  
MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL BATALLÓN DE APOYO Y SERVICIO PARA EL  
COMBATE “General Enrique Arboleda Cortés”**



Ana María Losada Galeano

Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Civil  
Programa de Ingeniería Ambiental  
Popayán  
2011

**APOYO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES  
EMITIDAS POR LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA PARA  
MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL BATALLÓN DE APOYO Y SERVICIO PARA EL  
COMBATE “General Enrique Arboleda Cortés”**



Trabajo de grado en la modalidad de pasantía presentado como requisito parcial  
para optar por el título de Ingeniera Ambiental

Por:

Ana María Losada Galeano

Director:

Guillermo Chaux Figueroa

Ingeniero Civil

Magíster en Ingeniería

Énfasis Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Codirector:

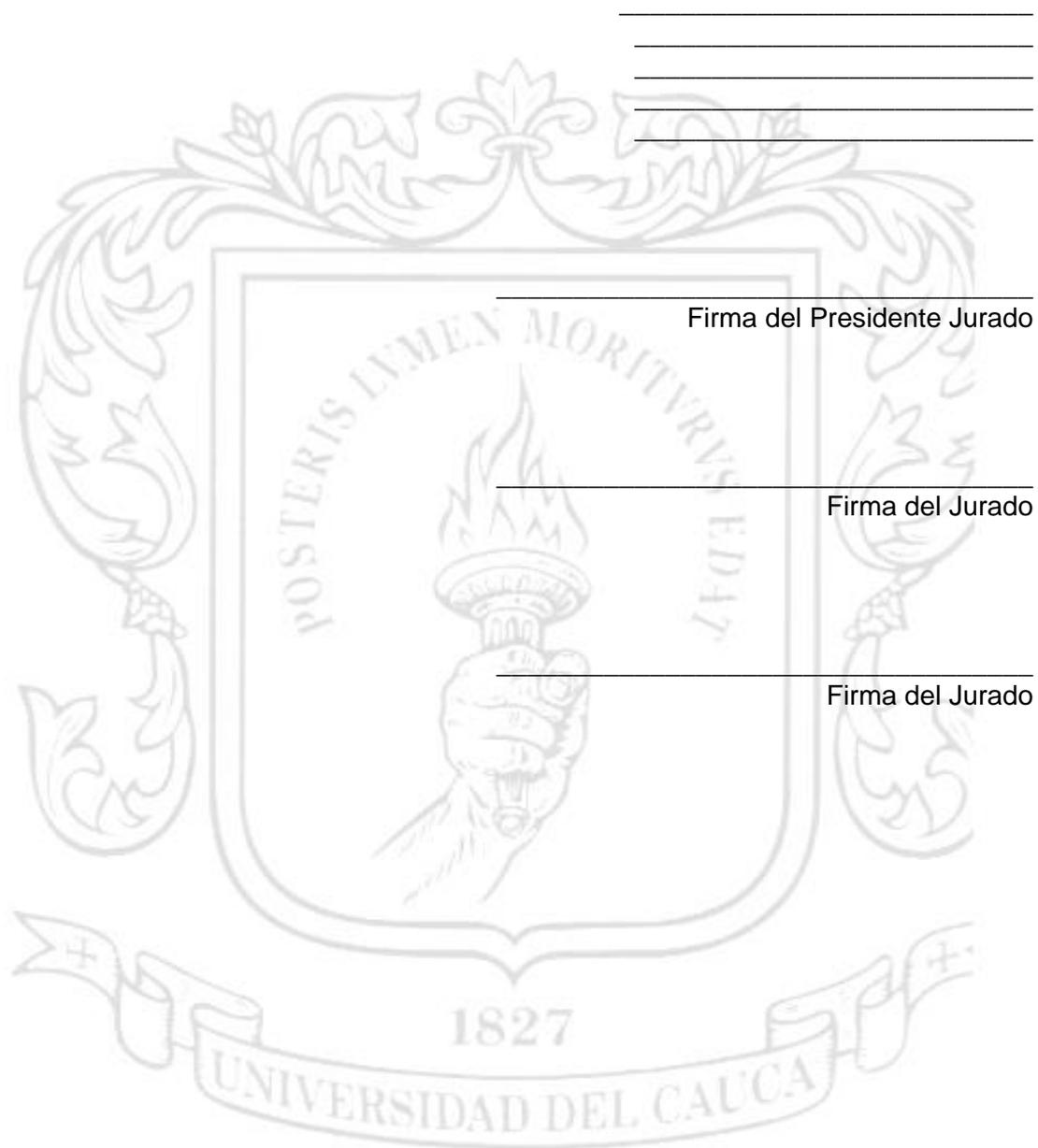
John Calderón Ramírez

Ingeniero Civil

Magíster en Ingeniería Sanitaria

Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Civil  
Programa de Ingeniería Ambiental  
Popayán  
2011

## NOTA DE ACEPTACIÓN



Popayán, 2012

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por su fuerza y protección

A mi madre por la inspiración

A mi abuela por su ternura y comprensión

Y a mi abuelo por el legado de su vida en la mía



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente a Dios Todopoderoso por las bendiciones que me da cada día, por iluminar y guiar mi vida, y por permitirme sentir su inmenso amor.

A mi mamá Euderis Galeano por su fiel compañía, su entrega y apoyo incondicional. Su dedicación hizo de mí la mujer que soy hoy día. Es la bendición más grande que Dios me concedió desde el mismo día que empecé a existir.

A mi abuela Zoraida Gallego por su vida llena de amor, por su valentía, docilidad, sensibilidad, prudencia, alegría, bondad, optimismo y comprensión que hacen que nuestra familia sea unida, leal e incondicional; gracias a ti hacen parte de mi ser los valores éticos que me enfocan en un proyecto de vida pleno.

A mi tío Jorge Eliecer, que ha hecho las veces de hermano mayor, mejor amigo y papá. Ese apoyo incondicional, el oportuno consejo y la confianza que siempre ha mostrado en lo que puedo hacer y lograr, ha impulsado mi crecimiento personal de una manera integral.

A mi abuelo Jorge Galeano por su vida entera llena de responsabilidad y de autodominio, por mostrarme que existe el verdadero amor amando su familia como lo hizo, y aunque no estés en cuerpo presente, sabes que tu vida es huella que marca la vida de quienes tuvimos la fortuna de tenerte cerca y de crecer junto a ti.

Agradezco la asesoría, dedicación y oportuna orientación de los ingenieros Guillermo Chaux Figueroa y John Calderón Ramírez, su dirección y acompañamiento me permitieron alcanzar los objetivos trazados durante el desarrollo de este trabajo.

A los ingenieros Luis Jorge González y Rodrigo Carvajal Chacón por la información facilitada.

Agradezco también la colaboración y acompañamiento de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, en nombre de: Ing. Astrid Elena Reyes, Ing. Diego Zuluaga Vera y Ecóloga Claudia Daza.

Al Ejército Nacional en nombre del Teniente Coronel Carlos Alberto Henao Fonseca quien comanda el Batallón de Apoyo y Servicio para el Combate No. 29, a quienes lideran las acciones ambientales del Cantón Militar de Popayán: Teniente Carlos Mario Piedrahita quien ejerce como jefe de presupuesto, Cabo Primero Diego García Torres, Cabo Segundo Carlos Andrés Sanabria, Cabo Segundo Andrés Mancera, Cabo Tercero Yesid David Tirano y al Soldado Profesional Juan Carlos Peñalosa, quien se desempeña como operario encargado del mantenimiento del sistema de conducción y tratamiento de aguas residuales dentro de la unidad militar.

Gracias a todos.

# CONTENIDO

	Pág.
NOTA DE ACEPTACIÓN .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
CONTENIDO .....	vi
LISTA DE TABLAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE ANEXOS .....	x
INTRODUCCIÓN .....	11
OBJETIVOS .....	13
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
<b>1. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.....</b>	<b>14</b>
1.1 CONSIDERACIONES GENERALES .....	14
1.1.1 Descripción general del sistema.....	14
1.1.2 Puntos de muestreo .....	15
1.1.3 Procedimiento para la toma de muestras.....	17
1.1.4 Métodos de análisis de laboratorio.....	17
1.2 RESULTADOS .....	18
1.2.1 Información de campo obtenida.....	18
1.2.1.1 Caudales .....	18
1.2.1.2 <i>Parametros in situ</i> .....	19
1.2.2 Análisis de laboratorio.....	20
1.2.3 Perfil de lodos.....	20
1.3 DIAGNÓSTICO.....	22
1.3.1 Proceso biológico de depuración.....	22
1.3.2 Rangos normativos.....	27
1.3.3 Análisis de resultados y recomendaciones.....	29
<b>2. CHEQUEO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....</b>	<b>30</b>
2.1 RED DE ALCANTARILLADO.....	30
2.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	30
2.2.1 Parámetros básicos de diseño.....	30

2.2.2	Estimación de caudales .....	31
2.2.2.1	<i>Dotación</i> .....	31
2.2.2.2	<i>Caudal de aguas residuales</i> .....	32
2.2.3	Análisis y recomendaciones .....	32
<b>3.</b>	<b>ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN DE CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS</b> .....	<b>34</b>
<b>4.</b>	<b>PLAN DE CUMPLIMIENTO</b> .....	<b>40</b>
4.1	PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO .....	40
4.2	PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL .....	41
4.3	PROYECTO DE BUENAS PRÁCTICAS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	41
<b>5.</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b> .....	<b>42</b>
5.1	PRÓLOGO .....	42
5.2	OBJETIVOS DEL MANUAL .....	42
5.3	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	43
5.3.1	Descripción del sistema.....	43
5.3.2	Descripción del proceso .....	45
5.4	RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN.....	47
5.4.1	Mantenimiento .....	47
5.4.2	Manejo de lodos.....	48
5.5	NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE .....	51
5.6	RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD PARA EL OPERARIO .....	52
5.7	GLOSARIO .....	54
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>60</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>62</b>
	<b>ANEXO A. FORMATO DE REGISTRO EN CAMPO DE CAUDALES</b> .....	<b>66</b>
	<b>ANEXO B. FORMATO DE REGISTRO EN CAMPO DE PARÁMETROS IN SITU</b> .....	<b>67</b>
	<b>ANEXO C. INFORMACIÓN REGISTRADA DURANTE MONITOREOS PARA CÁLCULO DE CAUDALES</b> .....	<b>68</b>
	<b>ANEXO D. PRUEBA DE T PAREADAS PARA CAUDALES MEDIDOS</b> .....	<b>83</b>
	<b>ANEXO E. RESULTADOS DEL LABORATORIO AMBIENTAL DE LA CRC</b> .....	<b>84</b>
	<b>ANEXO F. FOTOGRAFÍAS DE LABORES DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE ALCANTARILLADO</b> .....	<b>86</b>
	<b>ANEXO G. FICHAS DE REVISIÓN TÉCNICA E INVENTARIO DE ACCESORIOS POR POZO</b> .....	<b>89</b>
	<b>ANEXO H. ESQUEMA GENERAL ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN DE CAUDAL</b> .....	<b>115</b>
	<b>ANEXO I. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRAULICA Y VELOCIDAD REAL EN LA CONDUCCIÓN</b> ....	<b>116</b>
	<b>ANEXO J. OFICIO DE ENTREGA DEL PLAN DE CUMPLIMIENTO A LA CRC</b> .....	<b>117</b>
	<b>ANEXO K. PLAN DE CUMPLIMIENTO ENTREGADO A LA CRC</b> .....	<b>118</b>
	<b>ANEXO L. OFICIO DE RESPUESTA DE LA CRC SOBRE EL PLAN DE CUMPLIMIENTO PRESENTADO</b> .....	<b>137</b>
	<b>ANEXO M. CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y TIEMPO DE PASANTÍA</b> .....	<b>138</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Métodos de ensayo de muestras en el Laboratorio Ambiental – CRC. ....	17
Tabla 2. Caudales medidos durante el primer monitoreo.....	18
Tabla 3. Caudales medidos durante el segundo monitoreo.....	18
Tabla 4. Parámetros medidos en el sitio durante el primer monitoreo.19¡Error! Marcador no defini	
Tabla 5 Parámetros medidos en el sitio durante el segundo monitoreo. ....	19
Tabla 6. Resultados monitoreo – Laboratorio Ambiental CRC. ....	20
Tabla 7 Porcentaje que ocupa el lodo respecto a la altura total. ....	22
Tabla 8. Temperaturas medias mensuales 2010 – 2011. ....	23
Tabla 9. Remoción de DBO <sub>5</sub> en lagunas anaerobias en función de la temperatura.....	23
Tabla 10. Remoción obtenida en la laguna anaerobia.....	23
Tabla 11. Remoción obtenida en la laguna facultativa.....	24
Tabla 12. Valores permisibles de DBO <sub>5</sub> en lagunas facultativas según la temperatura. ....	24
Tabla 13. Remoción total obtenida en el sistema.....	25
Tabla 14. Carga aportada sobre el río Cauca. ....	26
Tabla 15. De las normas de vertimiento (Decreto 1594, art 72). ....	27
Tabla 16. De las normas de vertimientos internacionales.....	29
Tabla 17. Población Cantón Militar de Popayán.....	31
Tabla 18. Nivel de complejidad.....	31
Tabla 19. Dotación neta máxima según el nivel de complejidad. ....	31
Tabla 20. Intensidad máxima de precipitación .....	36
Tabla 21. Relaciones hidráulicas para el caudal total ( <i>en invierno</i> ).....	37
Tabla 22. Relaciones hidráulicas para el caudal de aguas residual ( <i>en verano</i> ) .....	38
Tabla 23. Actividades asociadas al mejoramiento del sistema de alcantarillado.....	40
Tabla 24. Actividades asociadas al mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales. ....	41
Tabla 25. Actividades asociadas a las buenas prácticas, operación y mantenimiento de los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales. ....	41
Tabla 26. De la normatividad ambiental de los vertimientos.....	52

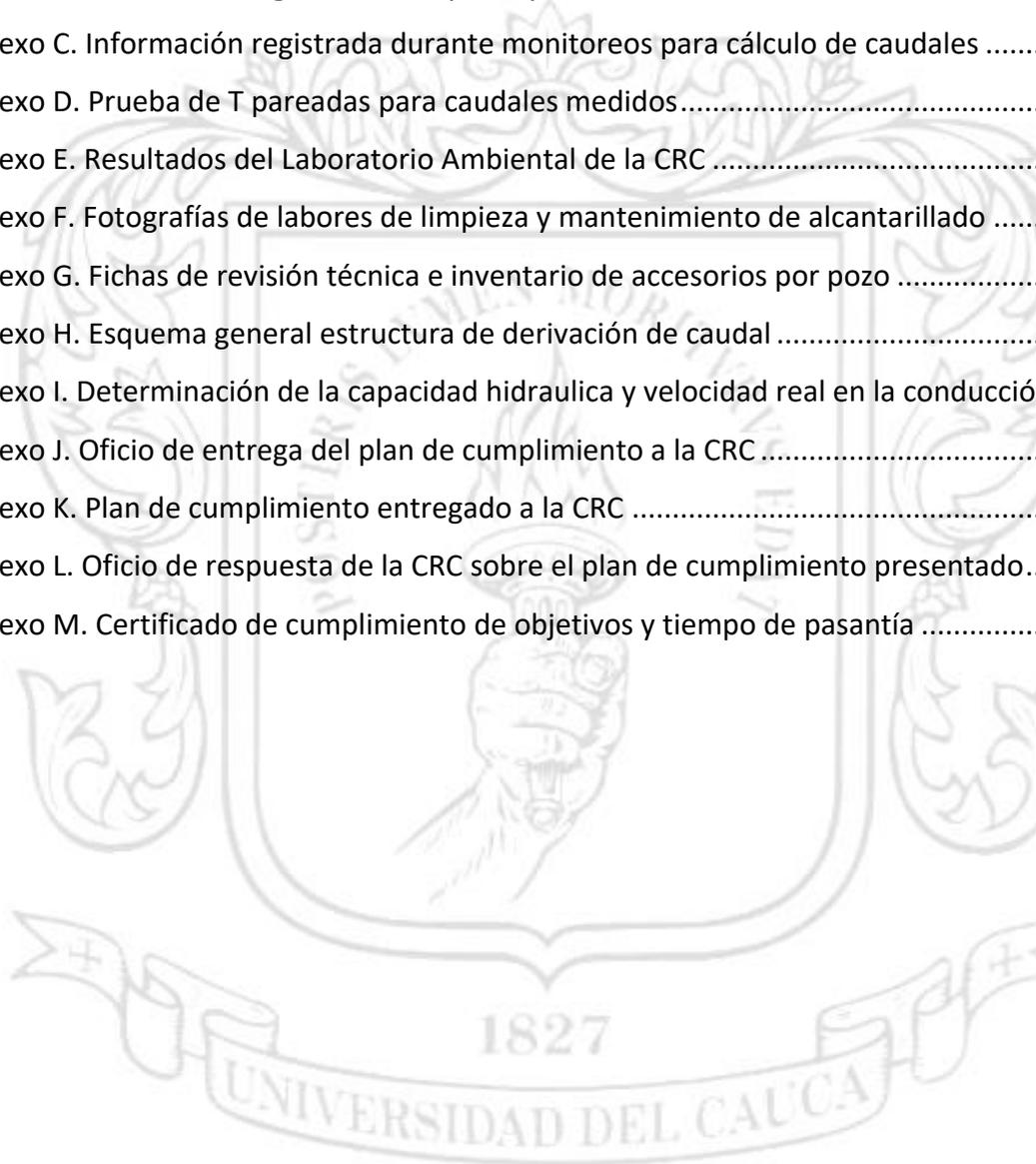
## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema general del sistema de tratamiento. ....	16
Figura 2. Esquema puntos de medida de lodo. ....	20
Figura 3. Ubicación pozos de alcantarillado. ....	30
Figura 4. Esquema del aliviadero de salto. ....	39
Figura 5. Esquema en planta, longitudinal y transversal de la laguna anaerobia.44	<b>Error! Marcador</b>
Figura 6. Esquema en planta, longitudinal y transversal de la laguna facultativa.....	44
Figura 7. Sistema de aplicación de lodo desaguado sobre el suelo.51	<b>Error! Marcador no definido.</b>



## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato de registro en campo de caudales .....	66
Anexo B. Formato de registro en campo de parámetros in situ.....	67
Anexo C. Información registrada durante monitoreos para cálculo de caudales .....	68
Anexo D. Prueba de T pareadas para caudales medidos.....	83
Anexo E. Resultados del Laboratorio Ambiental de la CRC .....	84
Anexo F. Fotografías de labores de limpieza y mantenimiento de alcantarillado .....	86
Anexo G. Fichas de revisión técnica e inventario de accesorios por pozo .....	89
Anexo H. Esquema general estructura de derivación de caudal .....	115
Anexo I. Determinación de la capacidad hidraulica y velocidad real en la conducción ....	116
Anexo J. Oficio de entrega del plan de cumplimiento a la CRC.....	117
Anexo K. Plan de cumplimiento entregado a la CRC .....	118
Anexo L. Oficio de respuesta de la CRC sobre el plan de cumplimiento presentado.....	137
Anexo M. Certificado de cumplimiento de objetivos y tiempo de pasantía .....	138



## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Banco Mundial, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento. Con la ausencia de tratamiento, las aguas residuales son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo para la salud humana, la ecología y los animales. En Latinoamérica, muchas corrientes son receptoras de descargas directas de residuos domésticos e industriales (Reynolds, 2002). Las aguas residuales albergan microorganismos y contienen sustancias tóxicas, que relacionan directamente dichos vertimientos con problemas de salud pública, cuya severidad dependerá de la carga contaminante contenida en el mismo.

En Colombia, las aguas residuales municipales domésticas incluyen excretas, aguas jabonosas, desechos sólidos, aguas lluvias que ordinariamente se transportan por vía de las redes de alcantarillado convencionales, entre otros. Se estima que los efectos negativos sobre los ríos y mares derivados de los vertimientos de aguas residuales, son producidos fundamentalmente por tres factores: la materia orgánica, los detergentes presentes en los efluentes y los fenómenos de eutrofización derivados del aumento de nutrientes (Opazo, 2009).

Paradójicamente, en Colombia se pueden encontrar cinco tipos de aguas, incluyendo aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas termo minerales, aguas marinas y oceánicas y aguas de alimentación glacial (Martínez, 2010). Los principales centros hidrográficos colombianos son: el Macizo Colombiano, el Nudo de los Pastos, el Cerro de Caramanta, el Nudo de Paramillo, el Páramo de Sumapaz, el Páramo de Guacheneque, el Nudo de Santurbán y la Sierra Nevada de Santa Marta. De todas estas estrellas fluviales nacionales, el Macizo Colombiano es el más importante de todos, ya que en él tienen sus fuentes cuatro de los más notables ríos colombianos: el Magdalena, el Cauca, el Patía y el Caquetá.

En sus 1350 km de recorrido, el río Cauca atraviesa los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar, convirtiéndose en vertedero de aguas residuales de más de 10 millones de personas. La primera gran carga contaminante la recibe en la ciudad de Popayán, donde varios ríos y quebradas traen aguas residuales no tratadas de cerca de 400.000 personas. Tan solo Popayán con 257.512 habitantes (DANE, 2005), no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales municipales.

El Cantón militar de Popayán, que alberga una población aproximada de 1500 personas, cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales que funciona desde el año 2004. En este sistema la descarga a la salida se vierte directamente en el río Cauca, y desde el inicio de su funcionamiento no se ha realizado la purga de lodos; además, la vigencia del permiso de funcionamiento otorgado bajo el Decreto 1594/84 por la Corporación Autónoma Regional del Cauca ya caducó. Con la ejecución de este trabajo se brindó la asesoría técnica necesaria para la implementación de las recomendaciones emitidas por la Corporación, y cuyo alcance es requerido para obtener el debido permiso de vertimientos bajo el mecanismo de Plan de Cumplimiento según el Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010.



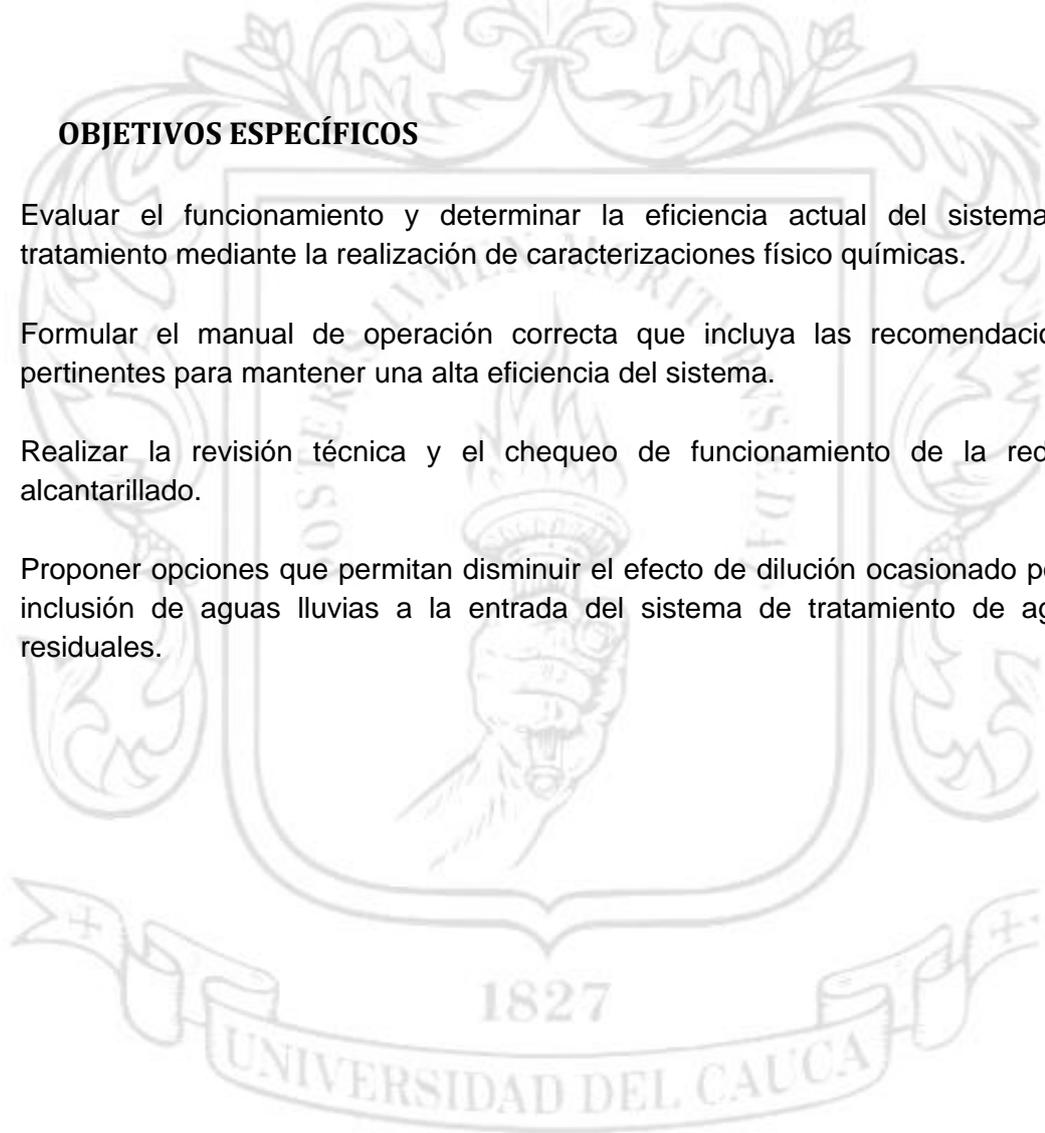
## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Brindar el apoyo técnico en la implementación de las recomendaciones emitidas por la Corporación Autónoma Regional del Cauca para el mejoramiento ambiental del Batallón de A.S.P.C. No. 29 “General Enrique Arboleda Cortés”

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el funcionamiento y determinar la eficiencia actual del sistema de tratamiento mediante la realización de caracterizaciones físico químicas.
- Formular el manual de operación correcta que incluya las recomendaciones pertinentes para mantener una alta eficiencia del sistema.
- Realizar la revisión técnica y el chequeo de funcionamiento de la red de alcantarillado.
- Proponer opciones que permitan disminuir el efecto de dilución ocasionado por la inclusión de aguas lluvias a la entrada del sistema de tratamiento de aguas residuales.



## 1. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

### 1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Con el fin de mejorar las condiciones ambientales de la planta de tratamiento de aguas residuales del Batallón de Apoyo y Servicio para el Combate No. 29 General Enrique Arboleda Cortés, es necesario evaluar el estado de funcionamiento actual del sistema, orientando este diagnóstico a la formulación de un manual que incluya las recomendaciones técnicas de funcionamiento óptimo del mismo. Entre los parámetros útiles para dicha evaluación, se determinó: pH, alcalinidad, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites.

El vertimiento descargado al río Cauca, además del efluente del sistema de tratamiento incluye el caudal derivado de un nacimiento de agua que ha sido canalizado mediante una zanja y el efluente proveniente de La Remonta, lugar donde se mantienen los animales de granja que permanecen dentro del cantón militar.

Las muestras se tomaron siguiendo el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales de la Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC, y en el Laboratorio Ambiental de la institución en mención se realizaron los análisis posteriores. El laboratorio se encuentra en proceso de acreditación por el IDEAM, cumpliendo con lo especificado en el Decreto 3930 de 2010 en cuanto a usos de agua y residuos líquidos.

#### 1.1.1 Descripción General del Sistema

El sistema de tratamiento consta de:

- Canales desarenadores, en los cuales se encuentran instaladas rejas que facilitan el cribado de sólidos grandes, ya que la separación entre barras es de 5 cm.
- Una laguna anaerobia, con área superficial media de 309.96 m<sup>2</sup>, profundidad de 4.45 m, retención hidráulica de 3 días, carga orgánica total de 117 gDBO/m<sup>3</sup>d y diseñada para una remoción del 60% (CRC, 2005).
- Una laguna facultativa, con área superficial media de 3805.612 m<sup>2</sup>, profundidad de 1.8 m, carga orgánica total de 43.82 gDBO/m<sup>2</sup>d y eficiencia de remoción esperada de 75% (CRC, 2005).

El funcionamiento de este sistema data su inicio desde el año 2004, y desde entonces no se han removido los lodos generados por la sedimentación de los residuos biológicos resultantes del metabolismo bacteriano asociado al proceso de depuración.

### 1.1.2 Puntos de muestreo

Los 4 puntos de muestreo se ubicaron tal y como se muestra en la Figura 1, así:

- Punto 1: en la entrada del sistema, que permitió cuantificar la carga contaminante real que estaba llegando al sistema y calificar la eficiencia al final del proceso.



Fotografía 1: Canal de entrada

- Punto 2: en la entrada a la laguna facultativa, que coincide con el efluente de la laguna anaeróbica. Conocer las características bioquímicas en este punto permitió establecer la eficiencia real de remoción por unidad de tratamiento.

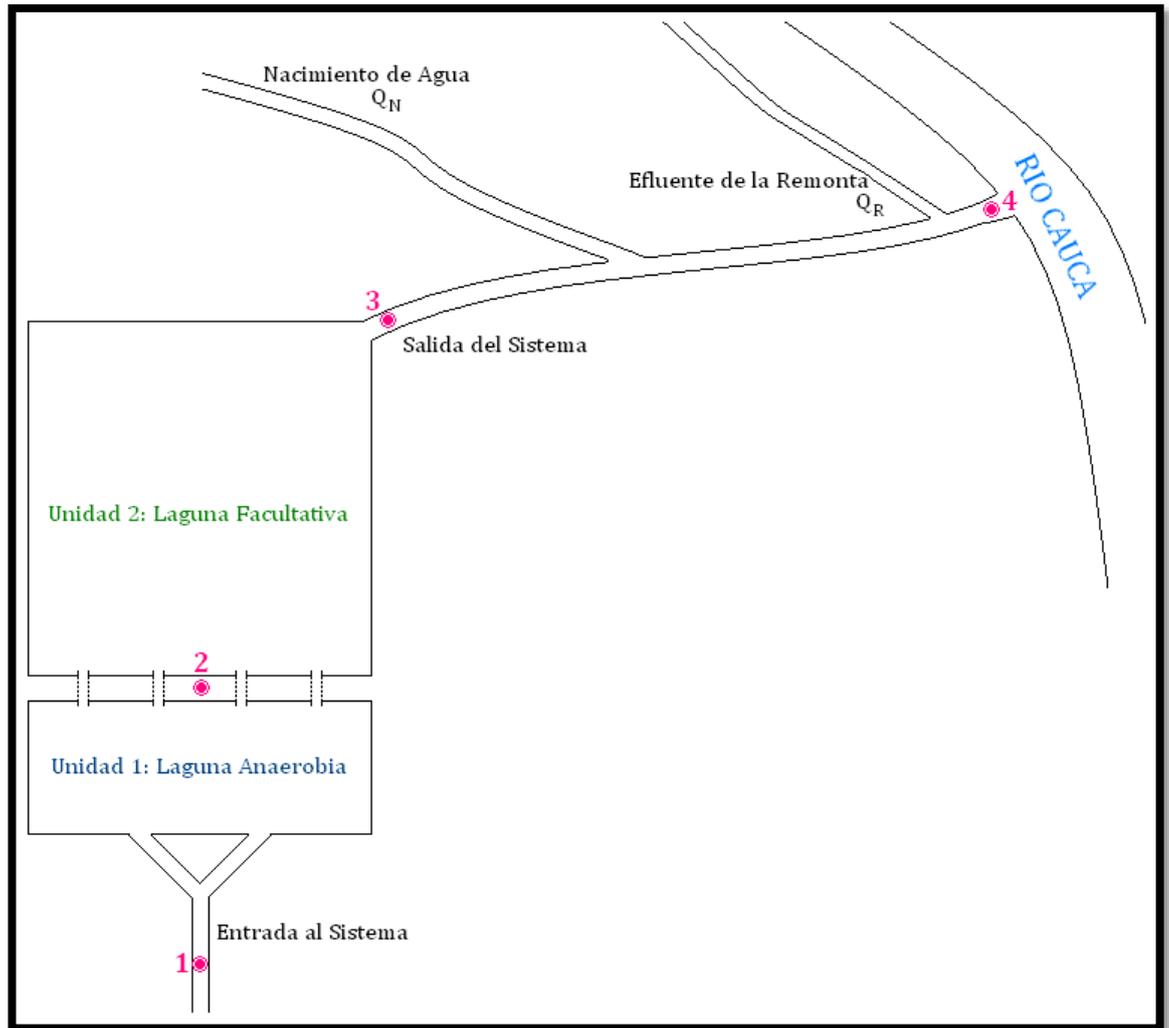


Fotografía 2: Entrada laguna facultativa

- Punto 3: a la salida del sistema de tratamiento. Aquí el efluente obtenido ha alcanzado la remoción total del sistema.



Fotografía 3: Salida del sistema de tratamiento



**Figura 1:** Esquema general del sistema de tratamiento. **Fuente:** Elaboración propia

- Punto 4: se ubica en la descarga sobre el río Cauca. Aquí llega el efluente del sistema de tratamiento, el caudal derivado de un nacimiento de agua y el agua residual proveniente de La Remonta.



**Fotografía 4:** Vertimiento final

### 1.1.3 Procedimiento para la toma de muestras

En cada punto se tomaron las muestras, se aforaron caudales y se midieron pH, temperatura y conductividad.

- **Toma de muestras:** el muestreo se realizó desde las 10:00 am hasta las 2:00 pm, considerando este como el intervalo que representa las condiciones de mayor operación. Por punto se tomó una muestra en frasco plástico para los ensayos de DQO, DBO<sub>5</sub> y SST, y otra en frasco vítreo para la determinación de grasas y aceites. En los puntos 1 y 3, se compuso el muestreo con alícuota de 111 mL cada 30 minutos; y en los puntos 2 y 4, se tomó la muestra puntual.
- **Medición de caudales:** en el punto 1, al igual que en las zanjas que conducen el agua de nacimiento y el agua residual proveniente de la Remonta, los caudales se cuantificaron mediante el uso de un molinete No. 6 (*Ver anexo A*). En los puntos 2, 3 y 4 se aforaron los caudales mediante método volumétrico.
- **Parámetros in situ:** en cada punto de muestreo se midió pH, temperatura y conductividad mediante método electrométrico (Multiparámetro Hach Sension 156) (*Ver anexo B*).

### 1.1.4 Métodos de análisis en laboratorio

En el laboratorio, las muestras tomadas se sometieron a los ensayos de determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales, Grasas y aceites, así:

**Tabla 1:** Métodos de ensayo de muestras en el Laboratorio Ambiental - CRC

Ensayo	Método
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Incubación 5 días – Electrométrico
Demanda Química de Oxígeno	Oxidación Ácido Cromo sulfúrico
Sólidos Suspendidos Totales	Gravimétrico
Grasas y aceites	Soxhlet – Gravimétrico

Las muestras no fueron filtradas durante las pruebas de laboratorio realizadas, lo que condiciona la interpretación de los resultados debido a que en tratamientos realizados mediante lagunas de estabilización el contenido de sólidos puede incrementar debido a algas.

## 1.2 RESULTADOS

### 1.2.1 Información de campo obtenida

#### 1.2.1.1 Caudales (Ver anexo C)

##### ➤ Primer Monitoreo (24 de marzo de 2011)

Tabla 2: Caudales medidos durante el primer monitoreo

Hora	CAUDAL (LPS)					
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Nacimiento	Remonta	Punto 4
11:00	7,99		10,34			
12:00	8,76	8,82	11,16	10,5	14,49	36,354
13:00	8,6		10			
14:00	8,47		10,32			
Promedio	8,455	8,82	10,455	10,5	14,49	35,445

##### ➤ Segundo Monitoreo (1 de junio de 2011)

Tabla 3: Caudales medidos durante el segundo monitoreo

Hora	CAUDAL (LPS)					
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Nacimiento	Remonta	Punto 4
10:00	5,50		5,00			
11:00	4,66		2,50			
12:00	4,33	4,14	3,32	11,0	16,62	31,22
13:00	4,03		4,00			
14:00	5,90		3,20			
Promedio	4,88	4,14	3,60	11,0	16,62	31,22

Con el objeto de comparar los caudales medidos durante los muestreos realizados, se realizó la prueba estadística de T pareadas detallada en el anexo D.

### 1.2.1.2 Parámetros in situ

#### ➤ Primer Monitoreo (24 de marzo de 2011)

Tabla 4: Parámetros medidos en el sitio durante el primer monitoreo

	pH		Temperatura (°C)		Conductividad (µS/cm)	
	Hora	Registro	Hora	Registro	Hora	Registro
Punto 1	10:00	Mín.: 6,44	10:00	Mín.: 20,6	10:20	Min: 256
	13:40	Máx.: 9,37	12:40	Máx.: 21,9	11:20	Máx.: 430
Punto 2	12:00	6,57	12:00	23,30	12:00	170
Punto 3	10:00	Mín.: 7,57	10:20	Mín.: 26,3	14:00	Mín.: 162
	13:40	Máx.: 9,9	13:20	Máx.: 28,7	10:00	Máx.: 198
Punto 4	12:00	9,08	12:00	21,40	12:00	90,45

#### ➤ Segundo Monitoreo (1 de junio de 2011)

Tabla 5: Parámetros medidos en el sitio durante el segundo monitoreo

	pH		Temperatura (°C)		Conductividad (µS/cm)	
	Hora	Registro	Hora	Registro	Hora	Registro
Punto 1	11:00	Min: 7,10	13:30	Min: 20,3	13:00	Min: 118,8
	13:00	Máx.: 7,85	11:00	Máx.: 21,3	10:30	Máx.: 384
Punto 2	12:00	7,20	12:00	22,70	12:00	295
Punto 3	10:00	Mín.: 7,33	10:00	Mín.: 22,4	13:00	Mín.: 87
	12:30	Máx.: 9,7	12:30	Máx.: 25,5	10:00	Máx.: 230
Punto 4	12:00	8,20	12:00	20	12:00	86,80

Los registros de pH tomados en la entrada y salida del sistema, presentan sus valores máximos en intervalos de tiempo cercanos; y en la salida, los valores máximos son superiores a 9.5, la cual es una condición conveniente para la eliminación de bacterias fecales (Mara, 1992). En las lagunas facultativas, cuando el consumo de CO<sub>2</sub> realizado por las algas mediante la fotosíntesis ocurre a una tasa mayor de lo que puede ser reemplazado por la respiración bacteriana, el carbonato y bicarbonato reaccionan generando más CO<sub>2</sub> para las algas el cual es fijado, y los iones hidroxilo que quedan en exceso se acumulan elevando el pH por encima de 9. Además, los registros mínimos de pH son superiores a 6.2, condición que garantiza que las bacterias sobreviven y se mantienen en el medio (Mara, 2004). En caso de que se capte aguas abajo con la intención de potabilizar, es conveniente que la mayoría de los registros obtenidos sean inferiores a 8, ya que representa una condición favorable para que la desinfección con cloro sea eficaz (Metcalf y Eddy, 1997).

Las temperaturas máximas alcanzadas, se presentan durante las horas del día donde la radiación solar es directa sobre el sistema de lagunas; dicha radiación aumenta la temperatura del agua y proporciona energía para la fotosíntesis que bajo estas condiciones ocurre más rápidamente, ocasionando que aumente el pH, se presenten altas concentraciones de oxígeno disuelto y se favorezca la foto-oxidación de la materia orgánica (Mara, 2004).

Los registros de conductividad obtenidos, muestran que el agua residual en cuestión presenta alto contenido salino; esta condición es inconveniente ( $>75 \mu\text{S/m}$ ) si se fuese a utilizar el efluente del tratamiento en riego agrícola, ya que los altos contenidos salinos hacen interferencia con la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes limitando el crecimiento de las mismas (Rhoades *et al.*, 1992; citado por Mara, 2004).

### 1.2.2 Análisis de laboratorio

Los resultados relacionados a continuación, corresponden a los monitoreos realizados el pasado 24 de marzo y 1 de junio (Ver anexo E).

Tabla 6: Resultados monitoreo – Laboratorio Ambiental CRC

	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
DBO <sub>5</sub>	mg / L	84,25	29,4	16,95	4,4
DQO	mg / L	159,5	78,0	84	36,5
SST	mg / L	76,4	54,05	74,8	17
Grasas y Aceites	mg / L	34,5	8,6	< 5	< 5

### 1.2.3 Perfil de lodos

El último perfil de lodos se realizó el pasado 12 de diciembre de 2010, para ellos se tomaron los puntos como siguen a continuación:

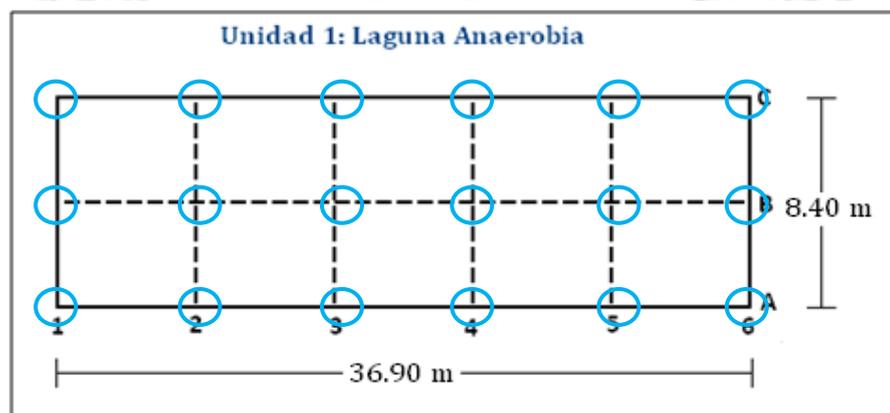


Figura 2: Esquema puntos de medida de lodo. Fuente: Elaboración propia.

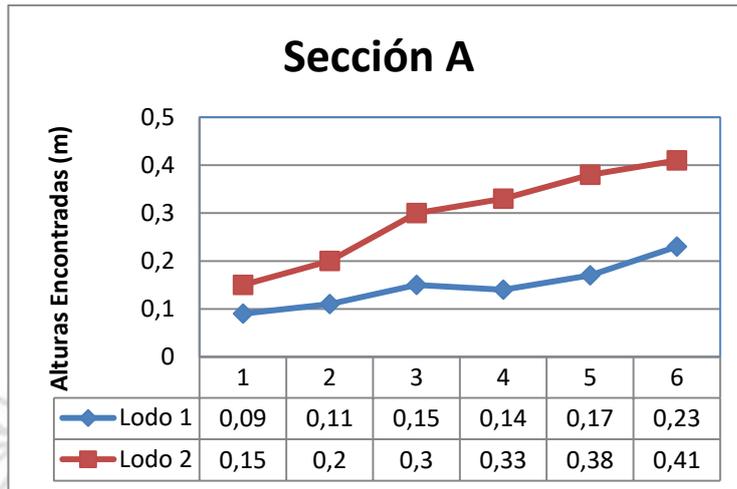


Gráfico 1: Perfil de lodos sección A laguna anaerobia

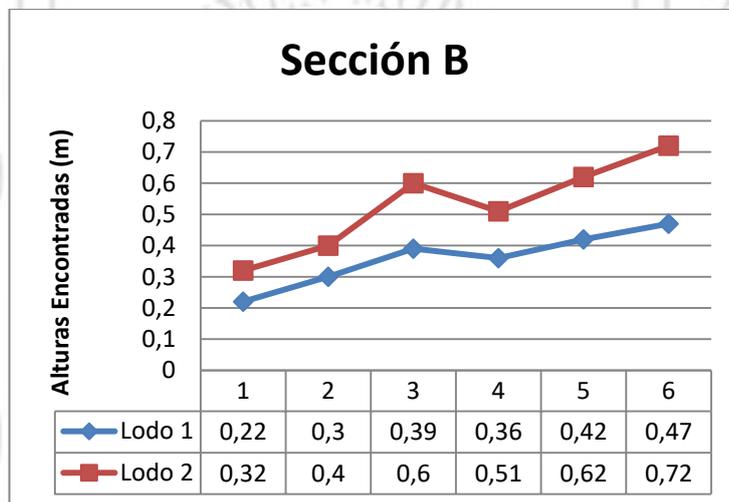


Gráfico 2: Perfil de lodos sección B laguna anaerobia

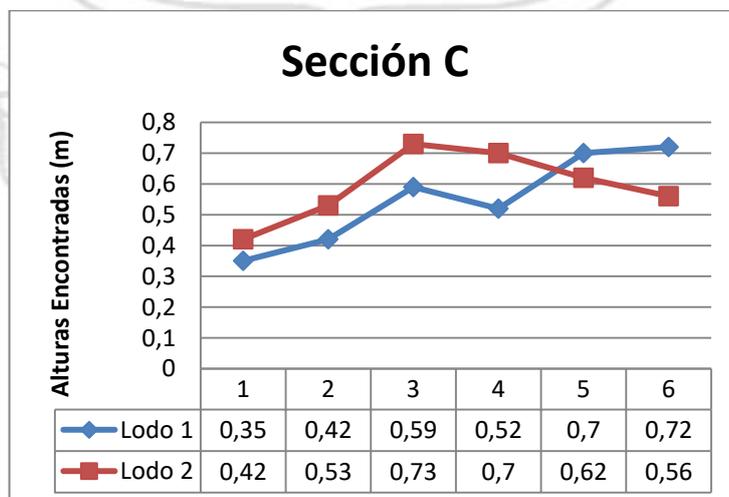


Gráfico 3: Perfil de lodos sección C laguna anaerobia

El lodo 1 se refiere al lodo digerido (*color más oscuro*) y el lodo 2 al lodo menos digerido (*color más claro y consistencia más fluida*). Conociendo las alturas y la profundidad total de la laguna, se puede predecir la distribución de lodos en la misma, calculando el porcentaje que ocupan los lodos depositados respecto a la profundidad útil, como sigue:

**Tabla 7:** Porcentaje que ocupa el lodo respecto la altura total

		1	2	3	4	5	6
A	Altura de Lodo (m)	0,24	0,31	0,45	0,47	0,55	0,64
	Profundidad total (m)	3,50	3,87	4,25	4,63	5,12	5,50
	Porcentaje (%)	6,86	8,01	10,59	10,15	10,74	11,64
B	Profundidad total (m)	0,54	0,70	0,99	0,87	1,04	1,19
	Profundidad total	4,00	4,30	4,61	5,10	5,53	6,00
	Porcentaje (%)	13,50	16,28	21,48	17,06	18,81	19,83
C	Altura de Lodo (m)	0,77	0,95	1,32	1,22	1,32	1,28
	Profundidad total (m)	3,50	3,84	4,25	4,61	5,14	5,60
	Porcentaje (%)	22,00	24,74	31,06	26,46	25,68	22,86

Se recomienda realizar el perfil de lodos de la laguna facultativa, o al menos en la zona próxima a la entrada.

### 1.3 DIAGNÓSTICO

#### 1.3.1 Proceso biológico de depuración

En lagunas anaerobias la remoción de  $DBO_5$  se logra por la sedimentación de los sólidos y la digestión anaerobia posterior de la capa de lodo resultante, la cual es particularmente intensa a temperaturas superiores a  $15^{\circ}C$ . En cambio, en las lagunas facultativas que reciben aguas residuales previamente estabilizadas, los resultantes no sedimentables son oxidados por las bacterias heterótrofas que desarrollan el proceso bajo una relación de mutualismo con las algas del estanque (Mara *et al.*, 2004).

Considerando que la eficiencia del sistema depende directamente de la temperatura, se obtuvieron las temperaturas medias mensuales del último año

a partir de la estación meteorológica de la Universidad del Cauca ubicada en la Facultad de Ingeniería Civil, con los siguientes registros:

**Tabla 8:** Temperaturas medias mensuales 2010-2011. **Fuente:** Estación meteorológica Universidad del Cauca

Año	Mes	Temperatura Media (°C)
2010	Julio	17,99
	Agosto	18,67
	Septiembre	18,01
	Octubre	18,06
	Noviembre	17,30
	Diciembre	17,30
2011	Enero	17,60
	Febrero	19,39
	Marzo	17,46
	Abril	17,52
	Mayo	18,37
	Junio	18,19

▪ **Unidad I: Laguna anaerobia**

La temperatura media del mes más frío según los registros durante el último año es de 17,3°C, con:

**Tabla 9:** Remoción de DBO en lagunas anaerobias en función de la temperatura. **Fuente:** (Pearson, 1986; citado por Mara, 2004).

Temperatura (°C)	Remoción DBO (%)
< 10	40
10 – 20	2T + 20
> 20	60

Así:

$$17,3^{\circ}\text{C} \in (10 - 20)^{\circ}\text{C}$$

El porcentaje de DBO esperado es:

$$\%DBO_{\text{Remoción}} = 2(17,3) + 20 = 54,6\%$$

**Tabla 10:** Remoción obtenida en la laguna anaerobia

Parámetro	Unidad	Entrada	Salida	Remoción (%)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	84,25	29,4	65,10
DQO	mg/L	159,5	78,0	51,10
SST	mg/L	76,4	54,05	29,25
Grasas y aceites	mg/L	34,5	8,6	75,07

La eficiencia obtenida en la laguna anaeróbica supera la eficiencia esperada en función de la temperatura, lo que indica que la laguna no está sobrecargada y que el proceso de digestión en ella es satisfactorio.

▪ **Unidad II: Laguna facultativa**

**Tabla 11:** Remoción obtenida en la laguna facultativa

Parámetro	Unidad	Entrada	Salida	Remoción (%)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	29,4	16,95	42,35
DQO	mg/L	78,0	84	-7,69
SST	mg/L	54,05	74,8	-38,39
Grasas y aceites	mg/L	8,6	< 5	> 41,86

Los valores de la carga de DBO<sub>5</sub> permisible en lagunas facultativas a diferentes temperaturas:

**Tabla 12:** Valores permisibles de DBO en lagunas facultativas según la temperatura. **Fuente:** Mara, 1993.

T(°C)	λ <sub>s</sub> (kg/ha d)	T(°C)	λ <sub>s</sub> (kg/ha d)
11	112	21	272
12	124	22	291
13	137	23	311
14	152	24	331
15	167	25	350
16	183	26	369
17	199	27	389
18	217	28	406
19	235	29	424
20	253	30	440

La carga orgánica se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$\lambda_s = \frac{10 L_i Q}{A_f}$$

Donde:

$L_i$ : DBO<sub>5</sub> del afluente (g/m<sup>3</sup>)

$Q$ : Caudal (m<sup>3</sup>/d)

$A_f$ : Área superficial (m<sup>2</sup>)

Así:

$$\lambda_s = \frac{10 (29,4)(762,05)}{(8336)} = 26,88 \text{ kg/Ha d}$$

La carga aportada a la laguna facultativa de 26,88 kg/Ha d es bastante baja, y al ser inferior a 100 kg/Ha d hace que esta se comporte más

como una laguna terciaria o de maduración que como una facultativa (Mara, 2004). Esto indica a su vez que la laguna se puede someter a cargas muy superiores a la aportada actualmente al sistema.

Además se debe tener en cuenta:

- ✓ Que las muestras de laboratorio no fueron filtradas, de manera que la DBO<sub>5</sub> resultante incluye el aporte de DBO por algas (Oakley, 2005).
- ✓ En lagunas de estabilización el contenido de sólidos se puede incrementar por algas, lo que se refleja en la remoción negativa obtenida, y tal situación no implica que se genere daño en la fuente receptora (Romero, 1998).

▪ **Sistema**

Tabla 13: Remoción total obtenida en el sistema

Parámetro	Unidad	Entrada	Salida	Remoción (%)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	84,25	16,95	79,88
DQO	mg/L	159,5	84	47,34
SST	mg/L	76,4	74,8	2,09
Grasas y aceites	mg/L	34,5	< 5	> 85,51

Se observa que la remoción de DBO<sub>5</sub> es próxima al 80%, y es recomendable que durante los monitoreos futuros las determinaciones se realicen en muestras filtradas. Además, el valor de salida es muy bajo, lo que quiere decir que el sistema está removiendo este parámetro de manera adecuada, ya que normas como la norteamericana permiten DBO<sub>5</sub> máximas de 25 mg/L para vertimiento de aguas residuales a cuerpos receptores (Romero, 2000).

La prueba de DQO es un indicador de la presencia de sustancias orgánicas biológicamente resistentes (Sawyer C., 2000), por lo que se debe tener en cuenta que los lodos del sistema de lagunas no han sido retirados desde el inicio de su funcionamiento en el 2004. Según el último perfil realizado, se reportan alturas de lodos que superan los 30 cm y que alertan sobre la posible re-suspensión de los mismos, situación que altera el resultado en remoción de DQO en el sistema (Estrada *et al.*, 2001).

Cuando se descargan efluentes de lagunas de estabilización a aguas interiores como el río Cauca, puede ser necesario eliminar los sólidos suspendidos de algas para que el efluente pueda

cumplir con las normas de calidad requerida para vertimientos. Si la remoción de sólidos de algas es necesaria, es mejor hacerlo en filtros de roca (Neder *et al.*, 2002; citado por Mara, 2004). Estos filtros consisten en un lecho de roca por el que circula el efluente del tratamiento de aguas residuales, en el que ocurrirá la descomposición de algas en la superficie de las rocas liberando nutrientes para la capa bacteriana que se desarrolla sobre su superficie. El tamaño de la roca puede oscilar entre 50 y 100 mm, dejando el lecho con una profundidad de 0,5 a 1 m. Las rocas deben extenderse al menos 10 cm por encima del nivel del agua en el filtro para evitar la reproducción de mosquitos y la producción olores debido a las cianobacterias que crecen en las rocas húmedas expuestas al sol.

La concentración de grasas y aceites en menor a 5 mg/L, lo que sugiere que se está efectuando una remoción superior al 85%.

▪ **Descarga final**

**Tabla 14:** Carga aportada sobre el río Cauca. Porcentajes calculados respecto a la carga del efluente del alcantarillado.

Parámetro	Unidad	Entrada al Sistema	Descarga	Carga Aportada (%)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	84,25	4,4	5,22
DQO	mg/L	159,5	36,5	22,88
SST	mg/L	76,4	17	22,25
Grasas y aceites	mg/L	34,5	< 5	< 14,49

Según lo detallado en la descripción general del sistema, en la descarga sobre el río Cauca no se vierte únicamente el efluente del sistema de lagunas; además, del caudal saliente del tratamiento se vierte:

- El caudal aportado por un nacimiento de agua que ha sido colectado y direccionado mediante una zanja, y
- El caudal efluente de La Remonta.

En el punto de descarga sobre el río se tomaron muestras para determinar la carga orgánica y los sólidos aportados, incluyendo los caudales adicionales descritos anteriormente y obteniendo los resultados asociados al punto 4 y detallados en la Tabla 6.

Con lo anterior se puede obtener la carga real aportada al río, como sigue:

✓ DBO<sub>5</sub>:

$$Carga\ Aportada = \frac{4,4 * 100}{84,25} = 5,22\%$$

✓ DQO:

$$Carga\ Aportada = \frac{36,5 * 100}{159,5} = 22,88\%$$

✓ SST:

$$Carga\ Aportada = \frac{5 * 100}{34,5} = 14,49\%$$

✓ Grasas y aceites:

$$Carga\ Aportada = \frac{4,4 * 100}{84,25} = 5,22\%$$

Como se observa, la carga orgánica aportada es menor al 25% de la carga entrante al sistema de lagunas, por lo que los caudales adicionales causan un efecto de dilución sobre el efluente del tratamiento, mejorando las características del vertimiento y disminuyendo el impacto sobre la fuente receptora.

### 1.3.2 Rangos Normativos

El decreto 3930 de 2010 que refiere a los usos de agua y vertimientos líquidos, fue modificado parcialmente por el decreto 4728, y entre las modificaciones hechas, aún no fija hasta la fecha los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales.

Así, tomando como base los rangos permisibles descritos en el decreto 1594 de 1984 y comparándolos con las características del vertimiento en la descarga sobre el río Cauca:

**Tabla 15:** De las normas de vertimiento (Decreto 1594, art. 72).

Parámetro	Valor Normativo	Cumple	
		Si	No
pH	(5 - 9)	X	
Temperatura	< 40°C	X	
Material Flotante	Ausente	X	
Grasas y aceites	Remoción >80%	X	
Sólidos Suspendidos	Remoción >80%	X	
DBO <sub>5</sub>	Remoción >80%	X	

Según la información obtenida durante los monitoreos y detallada anteriormente, se observa que las características del vertimiento cumplen con los parámetros normativos establecidos en el Decreto 1594.

Los valores permisibles aún no están establecido en el decreto 3930 de 25 de octubre de 2010, por lo que es útil comparar los resultados obtenidos con las guías internacionales, así:

- **Material flotante.** Se considera ausente en:
  - Brasil: Norma de Calidad Ambiental de descarga de efluentes y CONAMA 2005
  - Ecuador: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes
  - Chile: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental
  - Cuba: Norma Cubana Obligatoria
  - México: Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996
- **pH.** Los valores recomendados son:
  - EPA (US Environmental Protection Agency): entre 6.5 a 8.5 unidades de pH
  - OMS (Organización Mundial de la Salud): entre 6.5 y 9.5
  - Brasil: el pH debe estar entre 6 y 9 para contacto directo con aguas dulces, para aguas salinas 6.5 y 8.5
  - Honduras: entre 6 y 9
  - CEE (Comunidad Económica Europea): entre 5.5 y 9
  - Chile: entre 6.5 y 8.3
  - Cuba: entre 6.5 y 8.5
  - Venezuela: entre 6 y 9
- **Temperatura.** Considerando la normativa brasileña, canadiense, ecuatoriana, cubana y mexicana, la temperatura debe ser menor a 40°C.

En otros países los límites máximos permisibles según las normas ambientales de vertimientos líquidos sobre cuerpos de agua para DQO, DBO<sub>5</sub>, SST y conductividad son:

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO).**
  - Cuba: 70 mg/L
  - Venezuela: 350 mg/L
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).**
  - Cuba: 30 mg/L
  - México: 30 mg/L
  - Venezuela: 60 mg/L
- **Sólidos Suspendidos Totales (SST).**
  - México: 40 mg/L
  - Venezuela: 80 mg/L
- **Conductividad.**
  - Cuba: 1400 µS/cm

Al comparar los márgenes restrictivos expuestos en la normatividad ambiental de otros países con los resultados obtenidos durante la caracterización de la descarga sobre el río Cauca del efluente del Cantón Militar de Popayán, se observa:

**Tabla 16:** De las normas de vertimiento internacionales

Parámetro	Valor Normativo	Cumple	
		Si	No
pH	(6 - 9)	X	
Temperatura	< 40°C	X	
Material flotante	Ausente	X	
DQO	70 mg/L	X	
Sólidos Suspendidos	< 40 mg/L	X	
DBO <sub>5</sub>	< 30 mg/L	X	

### 1.3.3 Análisis de resultados y recomendaciones

El vertimiento que descarga directamente sobre el río Cauca, además de contener el efluente del sistema de tratamiento de agua residual, incluye también el caudal derivado de un nacimiento de agua y el efluente de La Remonta. Luego de aforar caudales, y de comparar los resultados obtenidos durante los monitoreos, se evidencia que los caudales incluidos antes de la descarga, diluyen el efluente de la PTAR haciéndolo aún menos contaminante. Se debe tener en cuenta que la DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO<sub>5</sub>, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica.

Al estudiar la eficiencia alcanzada por el sistema y las remociones obtenidas por unidad de tratamiento, se observa que el proceso de depuración biológico está siendo más eficiente que el proceso de depuración química, ocasionado por la presencia de compuestos orgánicos resistentes a la misma; condición que se observa particularmente en la demanda química de oxígeno.

En tratamientos realizados mediante lagunas de estabilización, el contenido de sólidos puede incrementar debido a algas y esto no implica necesariamente daño en la fuente receptora. Se deben realizar ensayos para determinación del contenido de clorofila en el efluente del sistema de lagunas para así determinar si el contenido de sólidos está siendo alterado significativamente por el contenido de algas.

Según los resultados obtenidos, es necesario cuantificar el lodo presente en la laguna anaerobia y en la facultativa, además de conocer su distribución. Si bien en la descarga sobre el río Cauca no se está aportando una carga contaminante que exceda los límites permisibles establecidos en las normas nacionales e internacionales, el sistema puede alcanzar una eficiencia mayor minimizando aún más el impacto ambiental generado por el vertimiento.

## 2. CHEQUEO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONDUCCION Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

### 2.1 RED DE ALCANTARILLADO

Con el fin de chequear el funcionamiento de la red de alcantarillado, se ubicaron los pozos de inspección dentro del cantón militar y en cada uno de ellos se realizó el conteo de la cantidad de accesorios por pozo y su estado.



**Figura 3:** Ubicación pozos de alcantarillado. **Fuente:** Oficina de Gestión Ambiental y Avalúos Vigésima Novena Brigada.

Posteriormente se realizó una nivelación compuesta con nivel locke sobre las tapas de los pozos; además, se midieron las cotas bateas de los tubos para verificar la pendiente en cada tramo y se realizó el mantenimiento de los pozos extrayendo el material sedimentario acumulado y objetos que obstruían el paso del agua (Ver anexo F).

Como resultado de la inspección realizada se emitieron las recomendaciones necesarias para el mantenimiento y mejoramiento del sistema, numerando las acciones a realizar por tramo como se detalla en las fichas de inspección (Ver Anexo G).

### 2.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

#### 2.2.1 Parámetros básicos de diseño

En desarrollo del chequeo hidráulico del sistema de tratamiento de agua residual, teniendo en cuenta la población reportada por parte de la Vigésima Novena Brigada como sigue:

**Tabla 17:** Población Cantón Militar de Popayán.

**Fuente:** Vigésima Novena Brigada, Julio 2011

<b>Población</b>	<b>Cantidad (Habitantes)</b>
Permanente	1018
Flotante	1702

Y considerando:

- i. Población permanente es de 1018 habitantes
- ii. Tasa de crecimiento es del 0%, estimando que la población de 1018 habitantes corresponde a la población constante dentro del Cantón Militar y que la población flotante incluye la variación poblacional persistente dentro del recinto militar debido a la misión propia de la institución.
- iii. Población futura total de 2720 habitantes.
- iv. La población servida presenta una capacidad económica media según la distribución del personal presente en el lugar.
- v. El nivel de complejidad es medio alto, según RAS 2000 como sigue:

**Tabla 18:** Nivel de Complejidad. **Fuente:** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico

<b>Nivel de Complejidad</b>	<b>Población Futura</b>	<b>Capacidad Económica</b>
Bajo	≤ 2500	Baja
Medio	2501 - 12500	Baja
<b>Medio Alto</b>	12501 - 60000	<b>Media</b>
Alto	> 60000	Alta

## 2.2.2 Estimación de caudales

### 2.2.2.1 Dotación

**Tabla 19:** Dotación Neta Máxima según nivel de complejidad.

**Fuente:** Resolución 2320 de 2009

<b>Nivel de Complejidad</b>	<b>Dotación Neta Máxima para poblaciones con Clima Frio o Templado (L/hab*día)</b>	<b>Dotación Neta Máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/hab*día)</b>
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	<b>125</b>	135
Alto	140	150

La dotación de 125 L/hab\*día representa la cantidad de agua máxima requerida por un habitante de clima frío o templado, para satisfacer sus necesidades básicas sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto en un nivel de complejidad medio alto.

### 2.2.2.2 Caudal de aguas residuales

#### i. Aguas residuales de consumo doméstico

Sin contar con proyecciones de demanda de agua, el cálculo del caudal:

$$Q_D = \frac{C_R * P * D_{NETA}}{86400}$$

Con:

$Q_D$ : Caudal de aguas residuales domésticas (L/s)

$C_R$ : Coeficiente de retorno (0.8: NC Medio Alto)

$P$ : Número de habitantes proyectados (hab)

$D_{NETA} = 125 \text{ L/hab} * \text{dia}$

Así:

$$Q_D = \frac{0,8 * 2720 * 125}{86400} = 3,15 \text{ L/s}$$

#### ii. Caudal Medio de Aguas Residuales

Se obtiene de:

$$Q_M = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{OF}$$

Con:

$Q_D$ : Caudal de aguas residuales domésticas (L/s)

$Q_I$ : Caudal de aguas residuales industriales (L/s)

$Q_C$ : Caudal de aguas residuales comerciales (L/s)

$Q_{OF}$ : Caudal de aguas residuales oficiales (L/s)

Así:

$$Q_M = 3.15 + 0 + 0 + 0 = 3,15 \text{ L/s}$$

#### iii. Factor de Mayoración

Calculando el factor en función de la población:

· Flores:

$$F = \frac{3.5}{P^{0.1}} = \frac{3.5}{2,72^{0.1}} = 3,2$$

· Harmon:

$$F = \frac{18 + \sqrt[2]{P}}{4 + \sqrt[2]{P}} = \frac{18 + \sqrt[2]{2,72}}{4 + \sqrt[2]{2,72}} = 3,5$$

Luego:

$$F = 3,35$$

Así, el caudal máximo horario:

$$Q_{MÁXH} = Q_M * F = 3,15 * 3,35 = 10,55 \text{ L/s}$$

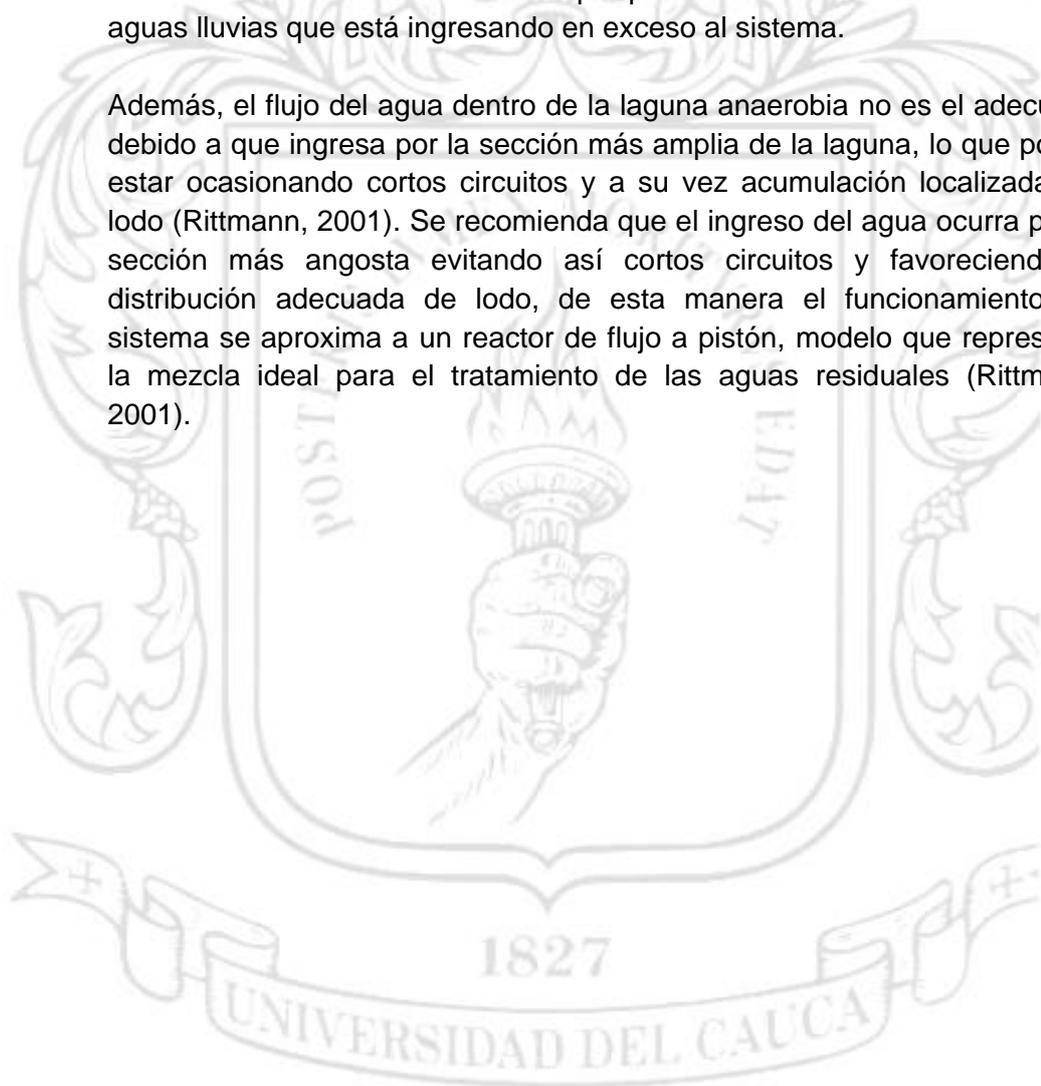
### 2.2.3 Análisis y Recomendaciones

Según los cálculos presentados anteriormente se observa que actualmente al tratamiento debe ingresar un caudal de 10,55 L/s, y si se compara este caudal esperado con los obtenidos durante los monitoreos realizados al sistema, se nota que dicho ingreso es inferior y muy variable según el estado del tiempo durante el día, así:

- Caudal entrante de 8,82 L/s en un día lluvioso del mes de marzo, y
- Caudal entrante de 4,14 L/s en un día soleado del mes de junio.

El ingreso de un caudal inferior al caudal de diseño del sistema, sugiere que se está presentando el tiempo de retención hidráulico necesario para lograr la estabilización adecuada de la materia orgánica (Rittmann, 2001); además, el tratamiento es solo para aguas residuales sin incluir aguas lluvias que ocasionan un efecto de dilución importante, por lo que mientras se realiza la construcción del alcantarillado separado se recomienda construir una estructura de alivio que permita la derivación de caudal de aguas lluvias que está ingresando en exceso al sistema.

Además, el flujo del agua dentro de la laguna anaerobia no es el adecuado debido a que ingresa por la sección más amplia de la laguna, lo que podría estar ocasionando cortos circuitos y a su vez acumulación localizada del lodo (Rittmann, 2001). Se recomienda que el ingreso del agua ocurra por la sección más angosta evitando así cortos circuitos y favoreciendo la distribución adecuada de lodo, de esta manera el funcionamiento del sistema se aproxima a un reactor de flujo a pistón, modelo que representa la mezcla ideal para el tratamiento de las aguas residuales (Rittmann, 2001).



### 3. ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN DE CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS

Los aliviaderos se construyen en los alcantarillados combinados con el fin de disminuir el volumen de agua que va hacia la planta de tratamiento, disminuyendo la dilución ocasionada en las aguas residuales que ingresan al sistema por aguas lluvias incluidas en la conducción. Mediante esta estructura se desvía parte del caudal hacia un sitio de disposición final donde no causen mayor efecto ambiental, en este caso la descarga del agua derivada se hará sobre el río Cauca.

La estructura de derivación que se dimensionó para el alcantarillado combinado del Cantón Militar de Popayán es un aliviadero de salto, en el cual el caudal normal de las aguas residuales cae al fondo. Si el caudal combinado se incrementa, como los apreciables incrementos que ocurren en épocas de lluvia, entonces la mayor parte salta la abertura debido al incremento de velocidad y es transportado directamente a la fuente receptora, el caudal restante continúa en la conducción normal hasta la planta de tratamiento (Zambrano y Calderón, 2004).

Antes de realizar el diseño se verificó que las condiciones hidráulicas de funcionamiento del sistema de alcantarillado cumplieran con las exigidas en un aliviadero de salto, así:

- i. Velocidad del agua: la velocidad del agua en la entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales se determinó durante los monitoreos realizados y detallados durante el diagnóstico de funcionamiento del sistema de tratamiento descrito en este documento. Las velocidades halladas están comprendidas entre 0,30 y 3 m/s.
- ii. Diámetro máximo: el diámetro de la tubería de llegada es de 14", que equivale a 0,36 m.
- iii. Profundidad de la lámina de agua: aunque la profundidad de la lámina de agua en el conducto varía considerablemente en épocas de lluvia, la profundidad de la lámina de agua no supera los 0,35 m.
- iv. Pendiente de la tubería de llegada: considerando las cotas encontradas durante la inspección de los pozos de alcantarillado, y considerando tan solo el último tramo de este que tiene una longitud de 103,26 m:

$$S = \frac{(1726,2185 - 1723,637)}{(103,26)} = 2,5\%$$

Además de verificar la información anterior, es necesario conocer: caudal de aguas lluvias, caudal de agua residual doméstica aportado y el grado de dilución permitido, así:

- i. Caudal de aguas lluvias: para determinar el caudal de agua lluvia aportado al sistema en relación con el área superficial que tributa la escorrentía de la misma:
  - a. La intensidad de lluvia es el caudal de agua que pasa una determinada superficie, es decir, el volumen de agua caído por

unidad de tiempo y superficie. Se mide habitualmente en  $mm/h$  o en  $L/(sHa)$  (González, 2004).

La intensidad se calcula mediante ecuaciones que se formulan en función de la frecuencia, intensidad y duración de las lluvias, factores que varían según las características hidrométricas y climatológicas de la zona de estudio, y para el municipio de Popayán, no hay oficialmente una ecuación para tal fin.

Para efectos del cálculo de intensidad de lluvias en el municipio de Popayán y considerando los valores máximos de precipitación desde el año 1941 hasta el 2010, obtenidos de la estación meteorológica del aeropuerto Guillermo León Valencia, se desarrollará mediante la curva I-D-F (Intensidad-Duración-Frecuencia) elaborada por Carlos Andrés Piamba con la colaboración del Ingeniero Efraín Solano durante el 2010, como sigue:

$$i = \frac{k * T_R^\alpha}{d^\beta} \quad (\text{Piamba, 2010})$$

Donde:

$i$  : intensidad máxima,  $mm/h$

$T_R$ : tiempo de retorno, en años

$d$  : duración de la lluvia, en minutos

$k, \alpha, \beta$ : constantes que están en función de la serie histórica disponible de los valores máximos de precipitación y del lugar de estudio.

Curvas I-D-F Para diferentes tiempos de retorno

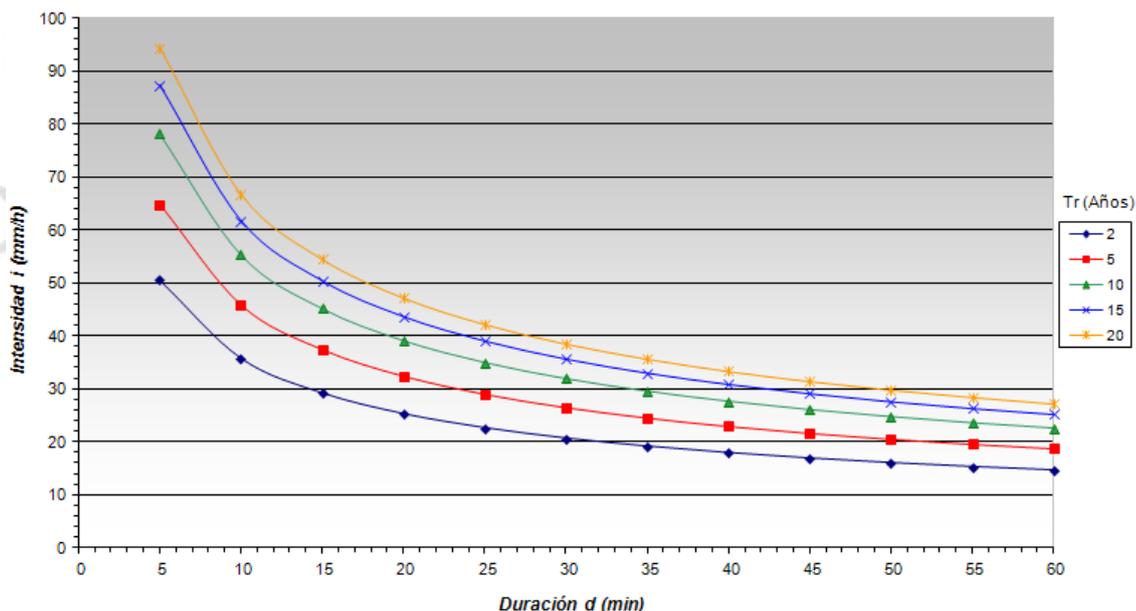


Gráfico 4: Curvas I-D-F Fuente: Piamba, 2010.

Así:

$k$ : 93,606

$\alpha$ : 0,271

$\beta$ : 0,500

$T_R$ : 5 años (RAS 2000)

$d$  : 60 minutos. Considerando lo detallado en el título D del Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), las condiciones climatológicas del municipio de Popayán y que:

- La intensidad de las lluvias es mayor en intervalos de tiempo pequeños
- Es frecuente que ocurran lluvias de bajas intensidades y largas duraciones

Duración (minutos)	Intensidad máxima (mm / h)				
	Tiempo de Retorno (años)				
	2	5	10	15	20
5	50,523	64,782	78,185	87,276	94,361
10	35,725	45,808	55,285	61,714	66,723
15	29,169	37,402	45,14	50,389	54,479
20	25,262	32,391	39,092	43,638	47,181
25	22,595	28,971	34,965	39,031	42,2
30	20,626	26,447	31,919	35,63	38,523
35	19,096	24,485	29,551	32,987	35,665
40	17,863	22,904	27,642	30,857	33,362
45	16,841	21,594	26,062	29,092	31,454
50	15,977	20,486	24,724	27,599	29,84
55	15,233	19,532	23,574	26,315	28,451
60	14,585	18,701	22,57	25,194	27,24

**Tabla 20:** Intensidad máxima de precipitación en diferentes tiempos de retorno para distintas duraciones **Fuente:** Piamba, 2010

Con:

60 mm/h = 166,6667 L/(sHa) (González, 2004).

$$i = 18,701 \text{ mm/h} * \frac{166,6667 \text{ l/s Ha}}{60 \text{ mm/h}} = 51,95 \text{ l/s Ha}$$

- b. El área que tributa el caudal de aguas lluvias que se necesitan derivar del caudal entrante al sistema de tratamiento, se calculó a partir del plano del levantamiento topográfico y de redes más reciente que elaboró la Vigésima Novena Brigada del Ejército

con fin de iniciar los estudios para las obras de saneamiento proyectadas.

$$A_T = 18,5 \text{ Ha}$$

Con base en lo anterior, el caudal teórico de aguas lluvias que podría tributar el Cantón Militar de Popayán es de:

$$Q_{lluvias} = (51,95 \text{ L/s Ha}) * 18,50 \text{ Ha}$$

$$Q_{lluvias} = 961,08 \text{ L/s}$$

- ii. Caudal de agua residual: considerando el mayor caudal medido durante los monitoreos realizados, los cuales se elaboraron en las horas de mayor operación:

$$Q_{AR} = 8,5 \text{ L/s}$$

- iii. Grado de dilución: según el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), el grado de dilución está en función directa de las características del alcantarillado y sus valores normales oscilan entre 3 y 5, así:

$$\text{Grado de dilución} = \frac{1}{4}$$

Con la información preliminar obtenida se espera que el Cantón Militar de Popayán pueda llegar a tributar un caudal de aguas lluvias de 961,08 L/s; aún así, considerando que gran parte de este caudal sigue las pendientes naturales del relieve, se estimará que el caudal total colectado por el alcantarillado combinado corresponde a la máxima capacidad hidráulica del tubo de 14'' que realiza la conducción, y es de 240,61 L/s:

- Caudal total (Ver anexo H):

$$Q_{Total} = 240,61 \text{ L/s}$$

- Caudal de aguas residuales diluidas: caudal que continua a la planta de tratamiento:

$$Q_{ARd} = 8,5 * 4 = 34 \text{ L/s}$$

- Caudal que se deriva:

$$Q_{fuga} = 206,61 \text{ L/s}$$

Se tiene:

- a. Caudal total (en invierno)

- Relaciones hidráulicas:

**Tabla 21:** Relaciones hidráulicas para el caudal total (en invierno)

Caudal	1
Velocidad	1,04
Diámetro	0,91

- Velocidad Real:

$$\frac{\vartheta}{v} = 1,04 \quad \vartheta = 1,04 * 2.42 = 2,52 \text{ m/s}$$

- Diámetro:

$$\frac{d}{D} = 0,91 \quad d = 0,91 * \frac{14 * 2,54}{100} = 0.32 \text{ m}$$

**b. Caudal de agua residual diluida (en verano)**

- Relaciones hidráulicas:

**Tabla 22:** Relaciones hidráulicas para el caudal de agua residual (en verano)

Caudal	0,141
Velocidad	0,60
Diámetro	0,29

- Velocidad Real:

$$\frac{\vartheta}{v} = 0,60 \quad \vartheta = 0,60 * 2.42 = 1,45 \text{ m/s}$$

- Diámetro:

$$\frac{d}{D} = 0,29 \quad d = 0,29 * \frac{14 * 2,54}{100} = 0,103 \text{ m}$$

Considerando las trayectorias de flujo (Babbitt, 1961; citado por Zambrano *et al.*, 2004) se recomienda:

$$X = 0,36V^{2/3} + 0,60Y_s^{4/7} \quad \text{Para la curva superior (aguas diluidas)}$$

$$X = 0,18V^{4/7} + 0,74Y^{3/4} \quad \text{Para la curva inferior (caudal total)}$$

- Ecuación de la Curva Inferior (Caudal Total)

$$X = 0,18(2,52)^{4/7} + 0,74Y^{3/4}$$

$$X = 0,305 + 0,74Y^{3/4} \quad (1)$$

- Ecuación de la Curva Superior (Caudal de Aguas Residuales Diluidas)

$$X = 0,36(1,45)^{2/3} + 0,60Y_s^{4/7}$$

$$X = 0,461 + 0,60Y_s^{4/7} \quad (2)$$

Así, con 1 y 2:

$$0,305 + 0,74Y^{3/4} = 0,461 + 0,60Y_s^{4/7}$$

$$Y^{3/4} = 0,211 + 0,81Y_s^{4/7}$$

Con:

$$Y_s = Y + d$$

$$Y_s = Y + 0,103$$

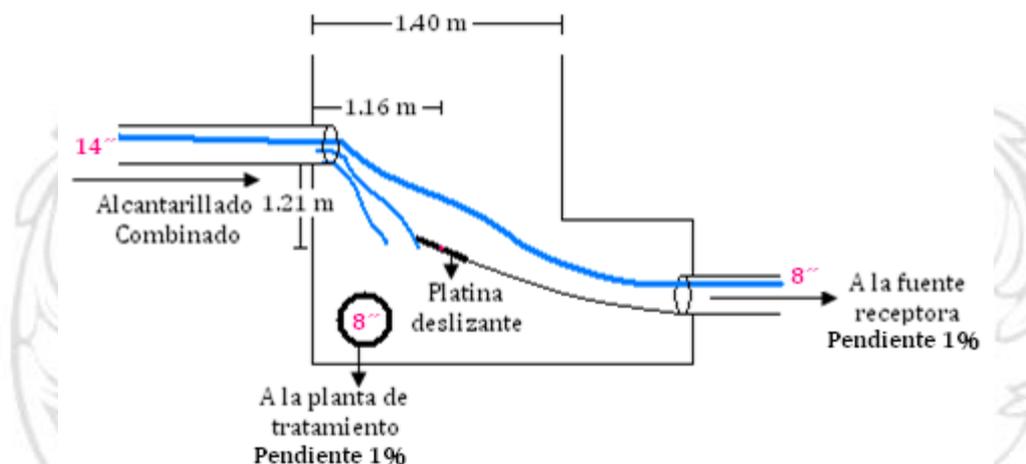
Luego:

$$Y^{3/4} = 0,211 + 0,81(Y + 0,103)^{4/7}$$

Mediante aproximaciones sucesivas se obtiene:

$$Y = 1,21 \text{ m} \quad X = 1,16 \text{ m}$$

Donde  $Y$  representa la distancia vertical y  $X$  la distancia horizontal a la cual se debe ubicar la placa deslizante que permitirá la derivación de un caudal aproximado de 34 L/s hacia la planta de tratamiento, cuando se presente un caudal total de 240,6 L/s.



**Figura 4:** Esquema aliviadero de salto. **Fuente:** Elaboración propia.

Para determinar el ancho de la caja ( $m$ ), y siguiendo la siguiente ecuación (Camp, 1961; citado por Zambrano *et al.*, 2004):

$$q = 2215 * \frac{ax}{\sqrt{y}}$$

Con:

$$q = 240,61 \text{ L/s}$$

$$m : \text{diámetro mínimo de cámara de inspección, así: } x = 1,40 \text{ m}$$

Y:

$$\frac{q}{Q} = \frac{240,61}{240,61} = 1,0 \quad \frac{a}{A} = 1,07$$

Así:

$$a = 1,07 * \frac{\pi(14 * 0,0254)^2}{4} = 0,106 \text{ m}^2$$

Luego:

$$240,61 = 2215 * \frac{(0,106)(1,40)}{\sqrt{y}}$$

$$y = 1.87 \text{ m}$$

Se debe dejar al menos una profundidad de 1.87 m por debajo de la lámina de agua que llega correspondiente al caudal total, y el agua no alcanzaría a tocar la pared de la cámara.

#### 4. PLAN DE CUMPLIMIENTO

En atención al requerimiento hecho por la Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC el pasado 2 de febrero mediante oficio 00555, se elaboró en marco del decreto 3930 de 2010 el Plan de Cumplimiento (*Ver Anexo J*) en el que se describen y proyectan las obras, actividades y buenas prácticas que contribuyen al mejoramiento ambiental del Cantón Militar de Popayán, y que hacen parte del compromiso social del Batallón de Apoyo y Servicio para el Combate No. 29.

La entrega del plan en mención se realizó el pasado 28 de junio mediante oficio 05331 (*ver Anexo I*), con el objeto de describir los mecanismos y mencionar los proyectos que permitirán optimizar el funcionamiento del sistema de tratamiento y cumplir con la normatividad ambiental vigente, además de mejorar y controlar los procesos de saneamiento dentro de la unidad militar.

El plan de cumplimiento del Cantón Militar de Popayán se estructuró en tres grandes proyectos, ellos son:

- Proyecto de mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario
- Proyecto de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales
- Proyecto de buenas prácticas, operación y mantenimiento de los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales.

De los mencionados, se derivan las acciones que tienen como principal objetivo minimizar el impacto ambiental generado por los desechos líquidos producidos en la unidad. Parte de las actividades relacionadas con cada proyecto fueron realizadas durante el desarrollo de este trabajo, las que están en ejecución están a cargo de los contratistas vinculados al Batallón de ASPC No. 29 para tal fin.

##### 4.1 PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

El objeto de este es reducir los inconvenientes causados por las conexiones erradas de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, las cuales se dan por conexiones de sumideros de aguas lluvias ubicados en las vías internas del batallón.

**Tabla 23:** Actividades asociadas al mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario

Actividades realizadas	Actividades en desarrollo
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Diagnóstico del sistema de alcantarillado (<i>Ver Anexo A</i>)</li><li>2. Estudio de alternativas para disminuir el efecto de dilución por inclusión de aguas lluvias.</li></ol>	Ejecución de obras para manejo de aguas lluvias y separación del alcantarillado sanitario.

#### 4.2 PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Con el desarrollo de este proyecto se busca alcanzar la eficiencia óptima de remoción, lo cual permite el cumplimiento estricto de la legislación ambiental y se minimiza el impacto generado con la descarga del vertimiento sobre la corriente superficial del Río Cauca.

**Tabla 24:** Actividades asociadas al mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales

<b>Actividades realizadas</b>	<b>Actividades en desarrollo</b>
<b>1.</b> Diagnóstico de funcionamiento del Sistema de Tratamiento de Agua Residual	<b>1.</b> Diseñar las eras de secado de lodos
<b>2.</b> Recomendaciones técnicas para el mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Agua Residual	<b>2.</b> Ejecución de obras para mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Agua Residual y para la disposición de lodos.

#### 4.3 PROYECTO DE BUENAS PRÁCTICAS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En este aparte del plan de cumplimiento se pretende establecer y socializar las buenas prácticas que favorecen el mejoramiento de los sistemas de saneamiento y en general de las condiciones ambientales de la unidad militar.

**Tabla 25:** Actividades asociadas a las buenas prácticas, operación y mantenimiento de los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales

<b>Actividades realizadas</b>	<b>Actividades en desarrollo</b>
Elaboración del manual de buenas prácticas, operación y mantenimiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	Socialización de manuales

## **5. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

### **5.1 PRÓLOGO**

El agua es un componente indispensable para el funcionamiento de los seres vivos. Entre todos los medios que pueden ser contaminantes, el agua residual al ser vertida sin tratamiento alguno a cuerpos receptores superficiales como ríos, quebradas o nacimientos, representa una seria amenaza para la salubridad pública, ya que contamina severamente las corrientes y se convierte en el origen de enfermedades infecciosas.

El presente Manual de Operación del Sistema de Tratamiento de Agua Residual del Cantón Militar de Popayán, es un documento elaborado con la colaboración de la Universidad del Cauca y de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, cuya finalidad es presentar las medidas de mejoramiento, mantenimiento y operación del sistema y a su vez, contribuir con el mejoramiento ambiental de la unidad militar.

La finalidad de este manual es ofrecer al operario encargado del mantenimiento y supervisión del sistema, un documento técnico que le permita mantener la eficiencia del sistema y avanzar en un mejoramiento continuo del mismo cumpliendo con la normativa ambiental vigente en lo que a vertimientos líquidos refiere.

### **5.2 OBJETIVOS DEL MANUAL**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un documento técnico que mediante su seguimiento permita mantener la eficiencia del sistema y avanzar en un mejoramiento continuo del mismo cumpliendo con la normatividad ambiental vigente que refiere a vertimientos líquidos.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir técnicamente la operación del sistema y el proceso de depuración.
- Emitir recomendaciones orientadas al mejoramiento continuo de operación y mantenimiento del sistema.
- Especificar la normatividad ambiental vigente referente a vertimientos y descargas sobre cuerpos receptores superficiales.
- Describir los métodos y demás disposiciones relacionadas con la salud y la seguridad del operario encargado.

### 5.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

#### 5.3.1 Descripción del Sistema

El sistema de tratamiento del Cantón Militar de Popayán cuenta con: trampas de grasa, un canal de aproximación que a su vez cumple la función de desarenador, una laguna anaerobia y una laguna facultativa.

i. Pre tratamiento

Consta de canales desarenadores y de rejillas para el desbaste.

- *Rejillas.* Las rejillas instaladas tienen una separación entre barras de 5 cm, dispuestas en posición vertical y con sección transversal circular. La limpieza se elabora de manera manual.
- *Canales desarenadores.*
- *Trampa de grasas.*

ii. Laguna anaeróbica

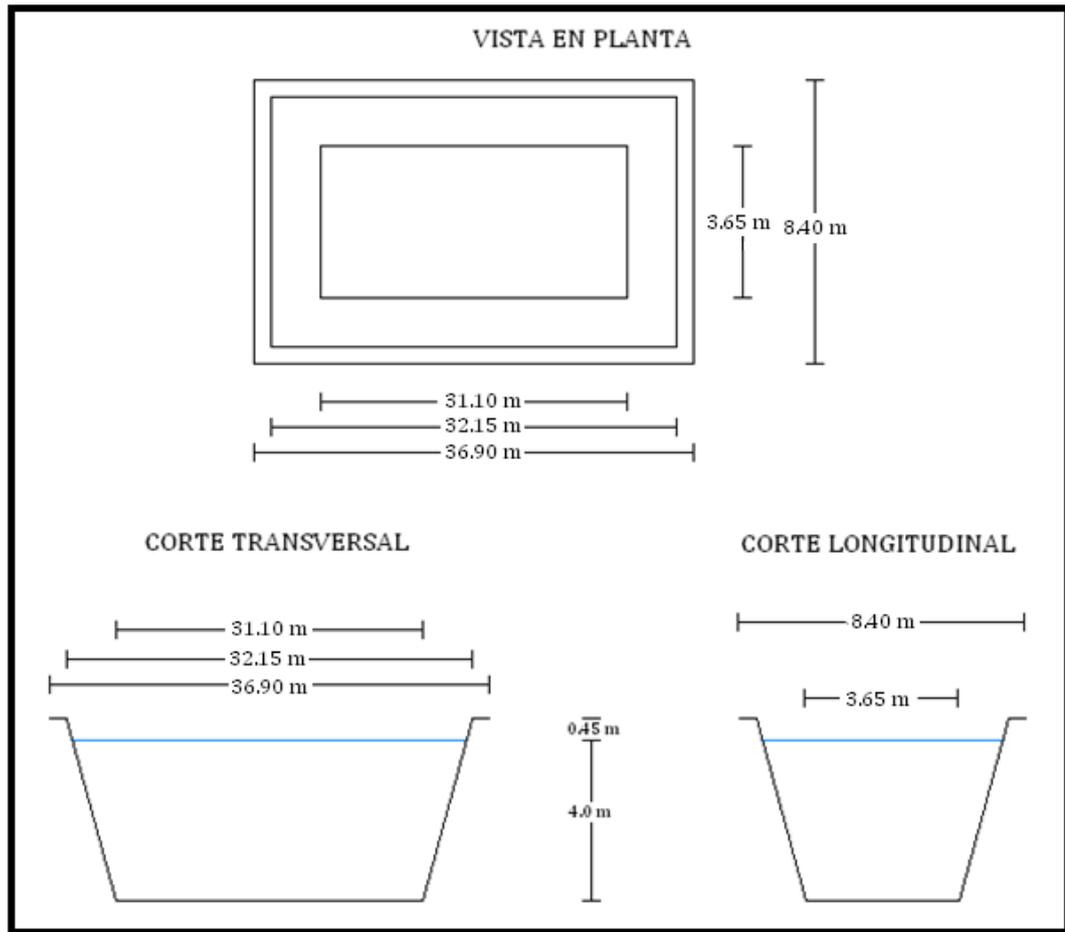
Tiene una profundidad de 4.45 m, un periodo de retención hidráulico de 3 días, borde libre de 45 cm, una capacidad total de 1237 m<sup>3</sup> y un área superficial media de 309.96 m<sup>2</sup>.

iii. Laguna facultativa

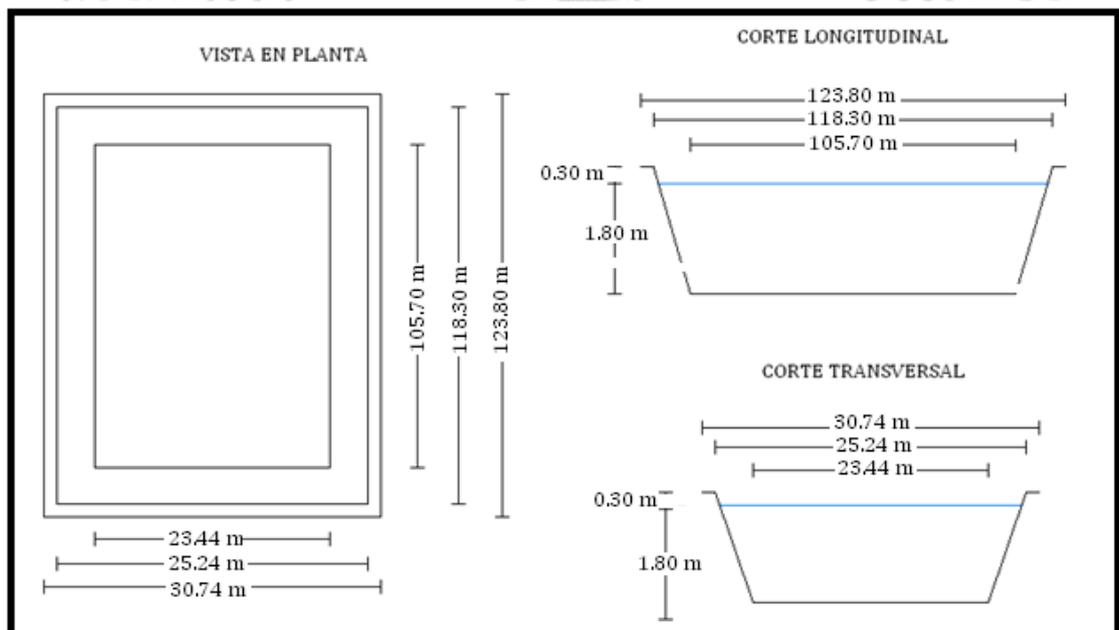
Tiene una profundidad de 1.8 m, borde libre de 30 cm, una capacidad total de 15758 m<sup>3</sup> y un área superficial media de 8646 m<sup>2</sup>.



Fotografía 5: Pre tratamiento



**Figura 5:** Esquema en planta, longitudinal y transversal de la laguna anaerobia.  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6:** Esquema en planta, transversal y longitudinal de la laguna facultativa  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3.2 Descripción del Proceso

#### i. Pre tratamiento

El tratamiento preliminar tiene como fin evitar la obstrucción de tuberías y canales.

- *Rejillas*. Aquí se retienen basuras y sólidos flotantes presentes en las aguas residuales y que puedan interferir con los procesos de tratamiento.
- *Canales desarenadores*. Se emplean con el fin de reducir la formación de depósitos pesados en las tuberías, conductos y canales, además de minimizar la pérdida de volumen en el tratamiento biológico haciéndolo más eficiente.
- *Trampas de grasas*. Son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas. Están ubicadas alrededor del restaurante de los soldados (*Rancho de tropa*), son 6 en total.



**Fotografía 6:** Trampa de grasas – Rancho de Tropa

#### ii. Laguna anaerobia

Se utiliza para la reducción de contenido de sólidos y materia orgánica en el agua residual. Aquí, se degrada la materia orgánica en ausencia de oxígeno, mediante las siguientes etapas:



- *Hidrólisis*: conversión de compuestos orgánicos complejos en compuestos orgánicos solubles en agua y asimilables para las bacterias que realizan el proceso de digestión (Phillips, 2000).
- *Formación de ácidos*: las bacterias asimilan la materia orgánica luego de la etapa anterior, y producen ácidos como resultado de su metabolismo. La reducción de DBO y DQO en esta etapa es menor (Rittmann, 2001).
- *Formación de metano*: una nueva categoría de bacterias usa el ácido orgánico formado y produce metano y dióxido de carbono. La liberación de estos gases es responsable de la aparición de burbujas, que son un síntoma de buen funcionamiento (Rittmann, 2001).

### iii. Laguna facultativa

Las lagunas facultativas son aquellas que poseen una zona aerobia en la superficie y una zona anaerobia en el fondo. En este tipo de laguna el proceso principal se lleva por la relación de comensalismo entre algas y bacterias en el estrato superior y la descomposición anaerobia en el fondo, por lo que se puede encontrar cualquier tipo de microorganismos, incluyendo anaerobios y aerobios. Sin embargo, los organismos más adaptados al medio son los microorganismos facultativos, que pueden sobrevivir en las condiciones cambiantes de oxígeno disuelto en las lagunas a lo largo del día y del año. Además, es esencial la presencia de algas, que son las principales suministradoras de oxígeno disuelto.

El objetivo perseguido en las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de materia orgánica, y una reducción en el contenido de nutrientes y bacterias coliformes.

Los factores que afectan directamente la tasa de depuración en las lagunas facultativas, son principalmente:

- Factores climáticos: temperatura, radiación solar, viento, evaporación, precipitación.
- Factores físicos: estratificación, flujo a través de lagunas, profundidad.
- Factores químicos y bioquímicos: pH, oxígeno disuelto, nutrientes, sedimentos.

## 5.4 RECOMENDACIONES DE OPERACIÓN

### 5.4.1 Mantenimiento

#### i. Pre tratamiento

- *Rejillas:*

- Eliminar los sólidos depositados en las cribas al menos una vez al día.
- Los residuos sólidos acumulados, luego de retirados deben ser enterrados, evitando formar montones que se conviertan en focos de mosquitos e insectos.

- *Canales desarenadores:*

- Medir periódicamente el lecho de arena acumulado
- Realizar la remoción diaria de la arena acumulada
- Estimar la cantidad de arena removida para los registros en las fichas de operación
- Disponer el área de arenas, con superficie antideslizante e impermeable y con el drenaje adecuado, para lavarlas eliminando la materia orgánica y definir el uso de las mismas.

- *Trampa de grasas:*

El mantenimiento poco frecuente es lo que hace que en la mayoría de los casos las trampas de grasas no funcionen adecuadamente, la falta de limpieza continua permite la acumulación excesiva de grasa en la trampa y su descarga con el efluente. Para un buen funcionamiento de la trampa deben evitarse las cargas hidráulicas súbitas sobre ella ya que esto puede producir agitación excesiva del contenido de la trampa, impide la retención y flotación de la grasa y permite su escape por la unidad de salida.

Se recomienda:

- Limpiar regularmente, cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo, para evitar el escape de apreciables cantidades de grasa y la generación de malos olores.

- Ocasionar la turbulencia mínima durante el proceso de limpieza para permitir la extracción completa del material flotante.
- Evitar el contacto con insectos, roedores, etc.

ii. Mantenimiento de caminos, cercas y otros elementos

- *Cerca.* Se debe inspeccionar recorriendo todo el perímetro del sistema al menos una vez por semana para detectar los daños en los postes o el alambre, y arreglar los deterioros con prontitud para evitar accidentes por el ingreso de animales y personas.
- *Caminos y alrededores.* Los caminos y alrededores de la planta deben mantenerse en buen estado, evitando el crecimiento de hierbas y maleza, esto se logra guadañando al menos una vez por mes los alrededores.
- *Caseta de herramientas.* Se debe construir una caseta donde el operario guarde las herramientas, se disponga de agua potable y de utensilios en buen estado de desinfección.

#### 5.4.2 Manejo de lodos

i. Retirada de los lodos de la laguna anaerobia

La retirada de lodos sin vaciar la laguna se puede efectuar mediante el uso de una bomba que los succione al exterior; otra posibilidad es vaciar la laguna hasta dejar los fangos al descubierto y retirarlos mediante el uso de una retroexcavadora.

Los lodos extraídos incluyen un alto contenido de humedad, por lo que ese necesario secarlos antes de realizar la disposición final de los mismos, proceso que se realiza en lechos construidos previa a las labores de limpieza. Lo anterior se justifica al contar con una única unidad anaerobia, que se conecta en serie con la unidad facultativa.

ii. Retirada de los lodos de la laguna facultativa

Al tener una mayor superficie de fondo, no es aconsejable realizar la extracción de lodos húmedos como se hace en lagunas anaerobias. Antes de decidir el mecanismo de extracción es necesario hacer una aproximación de la cantidad de lodo acumulado y predecir la distribución del mismo mediante un perfil de lodos.

iii. Disposición final de lodos

Los fangos retirados no deben descargarse a cuerpos de agua superficiales ni subterráneos; estos deben estabilizarse y simultáneamente adelantar un programa de control de olores y de control de vectores.

La estabilización con cal es un proceso sencillo que permite eliminar olores y patógenos mediante la creación de un pH igual a 12,0 durante

más de dos horas. Cuando se agrega cal, los microorganismos que producen los gases olorosos de la descomposición anaerobia son destruidos o inactivados, así como los patógenos. La adición de cal también mejora las características de secado y sedimentación del lodo, reduce el poder fertilizante del lodo estabilizado en comparación con el lodo digerido anaerobiamente y aumenta su alcalinidad.

Luego de la estabilización, estos lodos se pueden:

1. *Utilizar con fines agrícolas y de forestería*

Dicho uso depende de las características del lodo obtenido, y para ello es necesario someterlo a determinación de:

- Sólidos suspendidos
- Sólidos totales
- Nitrógeno total Kjeldahl
- Fósforo
- Metales (*romo, plomo, mercurio, cadmio, níquel, cobre y zinc*)

Conociendo los contenidos antes mencionados, se puede dar uso al desecho y convertirlo en materia prima de otros procesos.

2. *Secado de lodos*

El proceso de secado de lodos se refiere generalmente a los sistemas de desaguado de lodos que buscan reducir el contenido del agua del lodo a menos de un 85%. En la selección del método de secado de un lodo hay que tener en cuenta la naturaleza del lodo, los procesos subsecuentes de tratamiento y el método de disposición final. Los objetivos del secado de lodos son (Romero, 2000):

- Reducir los costos de transporte del lodo al sitio de disposición
- Facilitar el manejo de lodo. Un lodo seco permite su manejo con cargadores, carretillas, etc.
- Aumentar el valor calórico del lodo para facilitar su incineración
- Minimizar la producción de lixiviados al disponer el lodo en un relleno sanitario
- En general, reducir la humedad para disminuir el volumen de lodo, facilitar su manejo y hacer más económico su tratamiento posterior y su disposición final

3. *Compostaje de lodos*

El compostaje es la degradación biológica controlada de materiales orgánicos, hasta formar un compuesto estable, de color oscuro, textura suelta y olor a tierra similar al humus, denominado compost. El proceso puede llevarse a cabo por vía aerobia o anaerobia. El compostaje aerobio acelera el proceso de descomposición del

material orgánico y permite obtener altas temperaturas, necesarias para la destrucción de patógenos, mientras que el anaerobio va siempre acompañado de malos olores que no se presentan en el primero, razón por la cual es poco común hacer compostaje anaerobio (Romero, 2000). El proceso de compostaje busca:

- La conversión biológica del material orgánico putrescible en un compuesto estable
- La destrucción de patógenos gracias a las altas temperaturas alcanzadas durante el proceso
- La reducción másica del material húmedo, a través de la remoción de agua y de sólidos totales volátiles

#### 4. *Incineración de lodos*

Los lodos procesados por incineración suelen ser lodos crudos desaguados sin estabilizar. La estabilización no es recomendable porque la digestión de los lodos reduce su contenido de sólidos volátiles y su poder calorífico, aumentando así las necesidades de combustible auxiliar.

El incinerador más usado para incineración de lodos es el horno de pisos múltiples. Dichos equipos son durables, de operación simple y pueden manejar cargas de cantidad y calidad variables (Romero, 2000).

#### 5. *Disposición de lodos sobre el suelo*

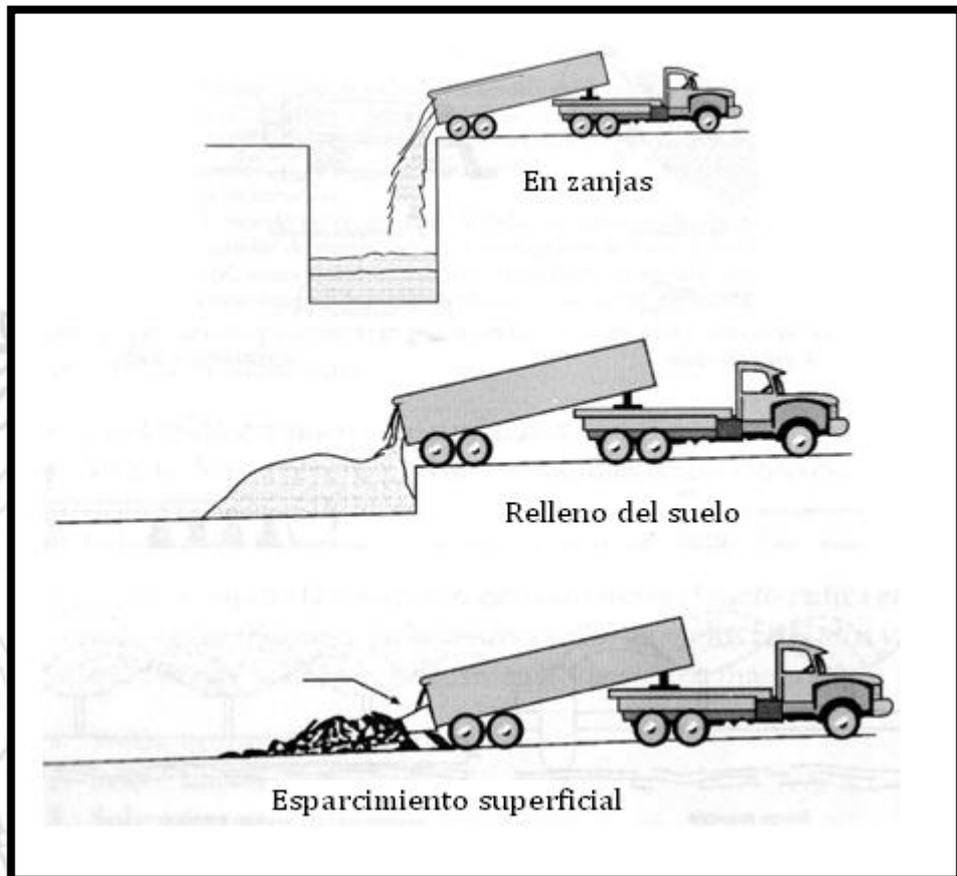
Tomando en cuenta los lodos de aguas residuales contienen gran cantidad de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, se han utilizado para agricultura y cultivos paisajísticos mediante el riego del lodo sobre el suelo como acondicionador y fertilizante. Las formas de lodo usado para este propósito han sido lodo crudo, lodo desaguado, lodo incinerado, lodo seco, lodo digerido y lodo compostado.

Los principales problemas y características para definir la aplicación del lodo sobre el suelo son:

- Contenido orgánico y de patógenos
- Mezcla de patógenos, parásitos y semillas de los cultivos
- Contenido de nutrientes
- Dificultades de manejo debido a malos olores y a contenidos altos de humedad
- Contenido de metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos
- Contaminación del suelo por metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos
- Determinación de la cantidad apropiada de aplicación del lodo

La gran ventaja de la aplicación del lodo sobre el suelo radica en la recirculación de sus nutrientes y en la recuperación de suelos fatigados y erosionados. El lodo puede aplicarse básicamente sobre

tierras de agricultura, tierras de bosques, terrenos alterados, terrenos de destinación específica (Romero, 2000).



**Figura 7:** Sistema de aplicación de lodo desaguado sobre el suelo  
**Fuente:** Romero, 2000.

Se deben considerar las normas para disposición de lodos de aguas residuales que prescriben límites para metales y compuestos orgánicos que exigen un tratamiento previo capaz de reducir las concentraciones objetables a los valores admisibles.

## 5.5 NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE

El pasado 25 de octubre de 2010, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante el decreto 3930 establece todas las disposiciones relacionadas con los usos, el ordenamiento y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados; el cual aplica a las autoridades ambientales competentes, a los generadores de vertimientos y a los prestadores del servicio público de alcantarillado.

Particularmente, en el capítulo VI hace referencia a los vertimientos estableciendo las prohibiciones, normas y los medios para el control de los mismos; y en el capítulo VII especifica sobre la obtención de los permisos de vertimiento y planes de cumplimiento.

A partir de la fecha de publicación de dicho decreto está pendiente la fijación de la norma de vertimiento, por lo cual, mientras esta se hace pública se comparan y validan los resultados de monitoreos y seguimientos, según lo estipulado en el decreto 1594 de 1984, por el cual todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir al menos con las siguientes normas:

**Tabla 26:** De la normatividad ambiental de vertimientos. **Fuente:** Decreto 1594 de 1984.

REFERENCIA		USUARIO NUEVO	USUARIO EXISTENTE
pH		5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura (°C)		< 40°C	< 40°C
Material flotante		Ausente	Ausente
Grasas y aceites		Remoción del 80% en carga	Remoción del 80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos e industriales		Remoción del 50% en carga	Remoción del 80% en carga
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Doméstico	Remoción del 30% en carga	Remoción del 80% en carga
	Industrial	Remoción del 20% en carga	Remoción del 80% en carga

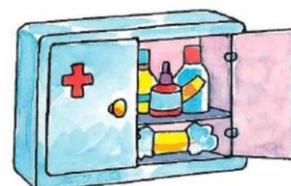
En cuanto el Ministerio publique la normativa de vertimiento correspondiente a la actualización del decreto 3930, serán esos los rangos orientados al cumplimiento de acuerdo con la legislación vigente.

### 5.6 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD PARA EL OPERARIO

Es normal que quien desempeña las funciones de mantenimiento del sistema, sepa que este lugar puede ser un foco infeccioso y con el paso del tiempo pierda cuidado dejando de lado las precauciones básicas.

Las medidas de seguridad que se enumeran a continuación han sido recomendadas por la Organización Mundial de la Salud para la protección de quienes realizan esta labor:

1. El operario debe contar con una caseta cerca del sistema de depuración, donde cuente en cualquier momento con un depósito de agua limpia, jabón y soluciones desinfectantes. Es aconsejable utilizar toallas de papel, para evitar que por la necesidad de transporte para la limpieza de toallas de tela, estas permanezcan mucho tiempo sin lavar.
2. Se debe tener en un lugar seguro y cercano un botiquín que incluya como mínimo:
  - a. Esparadrapo
  - b. Algodón
  - c. Alcohol
  - d. Solución detergente desinfectante
  - e. Tijeras
  - f. Pinzas



*En el caso de no disponer de dicho lugar, debe portar el botiquín como parte de sus implementos de trabajo, por su propia seguridad.*

3. El operario debe disponer de:
  - Respirador de al menos un cartucho
  - Guantes de goma de alto calibre y que cubran hasta la parte superior del codo.
  - Vestido impermeable en 2 piezas
  - Mono gafas
  - Botas de goma
4. Siempre que se vaya a comer o beber, hay que lavarse las manos. Se debe evitar comer en el lugar de tratamiento, pero si hubiere lugar a dicha situación, en la caseta del operario debe existir un lugar especificado para tal fin.
5. Todas las herramientas de trabajo deben ser lavadas con agua limpia antes de ser guardadas después de su uso.
6. Los cortes, laceraciones y abrasiones que pueda sufrir el operario deben ser desinfectadas inmediatamente después de que se han producido.
7. En el caso en que el operario se encargue del mantenimiento de equipos eléctricos, debe asegurarse de que sus manos, ropas y calzado estén secos. Así mismo, debe disponer guantes y herramientas dotados de aislamiento eléctrico.
8. Las lagunas más peligrosas son las anaerobias, porque el lodo del fondo es pegajoso y hace difícil la salida de una persona que haya caído en ellas. También es importante recordar riesgos higiénicos para los visitantes.
9. La planta debe contar con una pequeña embarcación, cuerdas y salvavidas.
10. El operario debe estar vacunado contra el tétanos y fiebre tifoidea, entre otros; además, de seguir un chequeo médico periódico por la exposición y el riesgo biológico al que se ve expuesto continuamente.
11. La persona que se desempeña en el sistema de tratamiento, debe tener instrucciones precisas de primeros auxilios antes de comenzar su desempeño.



## 5.7 GLOSARIO

**Acuífero:** formación geológica de la corteza terrestre en la que se acumulan las aguas infiltradas, de afluencia o de condensación.

**Aerobio:** 1. Proceso bioquímico o condición ambiental que sucede en presencia de oxígeno. 2. Organismo que necesita oxígeno para vivir.

**Agua potable:** agua que puede beberse sin riesgos para la salud.

**Aguas residuales:** aguas que se producen como resultado de actividades industriales, agrícolas o urbanas. Tales aguas portan sustancias o materiales indeseables de muy distinta naturaleza, según su origen (compuestos orgánicos, metales, microorganismos) lo que plantea el problema de los vertidos y su tratamiento.

**Aguas subterráneas:** aguas contenidas en el subsuelo, procedentes de la infiltración (precipitaciones y escorrentía) y en ocasiones de aguas juveniles magmáticas. El agua infiltrada circula por el subsuelo hasta llegar a una zona de acumulación limitada por capas impermeables, formando un manto cautivo o capa freática.

**Alcalinidad:** capacidad de una sustancia química en solución acuosa para ceder iones  $\text{OH}^-$ . La alcalinidad de un agua se expresa en equivalentes de base por litro o en equivalente de carbonato cálcico.

**Anaerobio:** proceso bioquímico o condición ambiental que sucede en ausencia de oxígeno.

**Algas:** Organismos uni o pluricelulares, en este último caso de organización talofítica, autótrofos fotosintéticos, casi en su totalidad acuáticos de agua dulce y marino. Algunas algas unicelulares son simbiotes de hongos en una organización llamada líquen. Entre los principales grupos de algas se encuentran las diatomeas, las clorofíceas o algas verdes, las rodofíceas o algas rojas y las feofíceas o algas pardas. Las tradicionalmente llamadas algas azules, verdeazuladas o cianofíceas son procariontes y deben ser consideradas como cianobacterias. Las algas son responsables del grueso de la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos y del aporte de oxígeno al agua y a la atmósfera.

**Aspecto del agua.** Parámetro de calidad visual de las aguas. Puede utilizarse la siguiente clasificación. 1. Aguas claras sin aparente contaminación; 2. Aguas débilmente coloreadas, con espuma y ligera turbiedad; 3. Aguas con apariencia de contaminación y color; y 4. Aguas residuales, con fermentaciones y olores.

**Autodepuración:** es la capacidad de un cuerpo de agua, el cual ha recibido o que recibe una carga contaminante, de recuperar las condiciones fisicoquímicas y biológicas preexistentes a la incorporación de los contaminantes.

**Bacterias:** microorganismos unicelulares procariontes, que se multiplican por división simple. Por su forma se clasifican en esféricas (cocos y micrococos), en bastoncillos (bacilos) y en espirales (espirilos). Muchas son heterótrofas, responsables de la putrefacción de la materia orgánica y de las fermentaciones. Otras son autótrofas fotosintéticas o quimio sintéticas. Pueden ser de vida libre, simbióticas o patógenas responsables de enfermedades en el hombre y otros seres vivos.

**Biodegradable:** sustancia que puede descomponerse a través de procesos biológicos realizados por acción de la digestión efectuada por microorganismos aerobios y anaerobios. La biodegradabilidad de los materiales depende de su estructura física y química.

**Bioindicadores:** organismos cuya presencia, ausencia o distribución está asociada a un factor o a una combinación de factores ambientales particularmente significativa o relevante. Los organismos bioindicadores tienen interés científico en la investigación ecológica y aplicación en el análisis ambiental, por ejemplo en estudios de contaminación.

**Carbono orgánico total:** cantidad de carbono contenido en aguas residuales determinado por oxidación catalítica de los compuestos del carbono presentes.

**Carbono orgánico:** carbono combinado en compuestos orgánicos. En aguas naturales limpias, la

determinación del carbono orgánico es una medida de la biomasa.

**Carga orgánica biodegradable:** cantidad de materia orgánica contenida en un agua residual que puede ser degradada por acción biológica.

**Cauce:** canal por el que circula el agua de una corriente. En el cauce de un río se distinguen el fondo y las paredes. En las avenidas, el agua puede rebasar el cauce y ocupar el lecho de inundación.

**Caudal:** volumen de agua que pasa por unidad de tiempo a través de una sección dada de un curso o conducción de agua; también se dice del curso de agua, sin referencia a la sección.

**Ciclo hidrológico:** es un movimiento continuo a través del cual el agua se evapora del océano y los demás cuerpos de agua, se condensa y cae en forma de precipitación sobre la tierra; después, esta última puede subir a la atmósfera por evaporación o transpiración, o bien regresar al océano a través de las aguas superficiales o subterráneas.

**Coliformes:** grupo de bacterias aerobias y facultativamente anaerobias, Gram-negativas, no esporulantes, fermentadoras de lactosa y habitantes típicos del intestino grueso humano y animal. Muchas de ellas no son capaces de reproducirse fuera del intestino, por lo que sirven de indicadores de la contaminación por aguas fecales. Algunos organismos coliformes son patógenos.

**Coliformes fecales:** Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos.

**Coliformes totales:** Conjunto de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

**Compuestos inorgánicos:** compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica excepto los compuestos del carbono.

**Compuestos orgánicos:** compuestos químicos o combinaciones del carbono con los demás elementos de la tabla periódica, excepto el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) y carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), que se consideran inorgánicos.

**Contaminación:** es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas y biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana.

**Demanda bioquímica de oxígeno:** oxígeno consumido en la degradación de sustancias oxidables del agua por la acción microbiológica, medido en condiciones estandarizadas. Se expresa en mg de oxígeno por litro. Un valor DBO elevado indica un agua con mucha materia orgánica. El subíndice cinco indica el número de días en los que se ha realizado la medida. ( $\text{DBO}_5$ ).

**Demanda química de oxígeno:** cantidad de oxidante energético (dicromato o permanganato) consumido en la oxidación de todas las sustancias reducidas presentes en una muestra de agua, medido en condiciones estandarizadas. Se expresa en mg por litro de oxígeno equivalente a la cantidad de oxidante empleado. Un valor DQO elevado indica un agua con muchas sustancias oxidables.

**Depuración de aguas residuales:** eliminación de contaminantes de las aguas residuales. Los materiales sólidos y las partículas en suspensión pueden separarse por medios mecánicos y sedimentación. La materia orgánica es metabolizada por microorganismos en un tratamiento biológico, y otras sustancias pueden eliminarse por tratamientos físico-químicos.

**Depuración natural del agua:** las masas de agua pueden auto depurarse dentro de ciertos límites, por medio de procesos físicos, químicos y biológicos. Los contaminantes orgánicos son degradados por la acción microbiana, lo que va asociado a un aumento del consumo de oxígeno, por lo que los niveles de oxígeno disuelto en el agua disminuyen como resultado de la contaminación orgánica.

**Desechos tóxicos:** también denominados desechos peligrosos. Son materiales y sustancias químicas que poseen propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables que los hacen peligrosos para el ambiente y la salud de la población.

**Desinfección de las aguas:** eliminación de microorganismos, generalmente por adición de cloro en procesos de potabilización.

**Detergentes:** sustancias utilizadas en limpieza por sus propiedades tenso activas y emulsionantes (pueden solubilizar sustancias insolubles en agua como grasas y aceites). Los vertidos de detergentes a las aguas pueden producir problemas ambientales debido a que algunos no son biodegradables, y otros, que pueden ser degradados, incluyen en su composición fósforo en forma de fosfato, lo que puede producir eutrofización.

**Dióxido de carbono:** anhídrido carbónico. Gas incoloro e incombustible. Es un componente normal de la atmósfera (0.03%). Las plantas verdes utilizan el dióxido de carbono de la atmósfera en la fotosíntesis como fuente de carbono. Tanto plantas como animales y microorganismos lo liberan a la atmósfera como resultado de la respiración y las fermentaciones. Es también un contaminante atmosférico producido por las combustiones. Es uno de los gases responsables del efecto invernadero.

**Emisiones hídricas:** liberación de contaminantes (partículas sólidas, líquidas o gases) al medio acuático, procedentes de una fuente productora.

**Escorrentía:** movimiento superficial de aguas continentales no encauzadas a favor de la pendiente. La forma de movimiento del agua

puede ser laminar, turbulenta o de arroyada.

**Espuma:** sistema disperso en el que la fase dispersante es líquida, normalmente agua, y la fase dispersa es un gas.

**Grasa:** en aguas negras, el término grasa incluye a las grasas propiamente dichas, grasas ácidas grasos libres, jabones de calcio y de magnesio, aceites minerales y otros materiales no grasosos.

**Laguna:** lago de pequeña extensión y poca profundidad. Las lagunas pueden ser temporales o permanentes, interiores o costeras (lagunas litorales).

**Lecho de secado de lodos:** una superficie natural confinada o lechos artificiales de material poroso, en los cuales son secados los lodos digeridos de las aguas residuales por escurrimiento y evaporación. Un lecho de secado de lodos puede quedar a la intemperie o cubierto, usualmente, con una armazón del tipo invernadero.

**Licencia ambiental:** es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de una obra o actividad, sujeta al cumplimiento por el beneficiario de la licencia, de los requisitos que la misma establezca, relacionadas con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales de la obra o actividad autorizada.

**Nitrógeno Kjeldahl:** cantidad de nitrógeno determinada por el método Kjeldahl. Incluye el nitrógeno de compuestos orgánicos y el nitrógeno amoniacal.

**Oxígeno disuelto:** Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal.

**Periodo de retención:** el tiempo teórico requerido para desalojar el contenido de un tanque o una unidad, a una velocidad o régimen de descarga determinado (volumen dividido por el gasto).

**pH:** medida de la acidez o basicidad de una disolución. Se define como el menos logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno, expresada en moles por litro. La escala de pH varía de 0 a 14. Las soluciones neutras tienen un pH 7, las ácidas menor que 7 y las básicas o alcalinas, mayor que 7. El pH es una magnitud importante en los ecosistemas acuáticos y edáficos.

**Salmonella:** género de bacterias Gram negativas capaces de producir infecciones intestinales (salmonelosis). Son eliminadas en las heces fecales, por lo que pueden aparecer en aguas residuales. Las personas portadoras pueden fácilmente contaminar alimentos, lo que puede originar infecciones alimentarias.

**Saneamiento:** evacuación de aguas residuales y pluviales mediante una red de alcantarillado. Se distingue tres diferentes situaciones, evacuación individual (pozo negro, fosa séptica); red de alcantarillado propia sin conexión a la red general, y red de alcantarillado conectada a la red

general. Así mismo, en los casos en que existe, se señala la dotación de depuradoras propias para el tratamiento de los residuos del área industrial.

**Saneamiento ambiental:** una serie de medidas encaminadas a controlar, reducir o eliminar la contaminación, con el fin de lograr mejor calidad de vida para los seres vivos y especialmente para el hombre.

**Saneamiento básico:** es la ejecución de obras de acueductos urbanos y rurales, alcantarillados, tratamiento de aguas, manejo y disposición de desechos líquidos y sólidos, así como la generación de energía alternativa.

**Sólidos disueltos:** fracción del total de sólidos en el agua que pasan a través de un papel de filtro estandarizado. Incluyen la materia coloidal, los compuestos orgánicos solubles e inorgánicos (sales).

**Sólidos en suspensión:** fracción del total de sólidos en el agua que pueden ser separados por filtración a través de un papel de filtro estandarizado. Incluyen los sólidos volátiles (materia orgánica).

## CONCLUSIONES

- La carga orgánica aportada al río Cauca es menor al 25% de la carga entrante al sistema de lagunas, debido a los caudales adicionales que ocasionan un efecto de dilución sobre el efluente del tratamiento; es necesario implementar las recomendaciones técnicas que permitan optimizar el proceso de depuración del sistema de tratamiento y minimizar aún más el impacto sobre la fuente receptora.
- Según los resultados obtenidos, es necesario cuantificar el lodo presente en la laguna anaerobia y en la facultativa, además de conocer su distribución. Si bien en la descarga sobre el río Cauca no se está aportando una carga contaminante que exceda los límites permisibles establecidos en las normas nacionales e internacionales, el sistema puede alcanzar una eficiencia mayor minimizando aún más el impacto ambiental generado por el vertimiento.
- Al estudiar la eficiencia alcanzada por el sistema y las remociones obtenidas por unidad de tratamiento, se observa que el proceso de depuración biológico está siendo más eficiente que el proceso de depuración química, ocasionado por la presencia de compuestos orgánicos resistentes a la misma; condición que se observa particularmente en la demanda química de oxígeno.
- El Plan de Cumplimiento que se presentó a la Corporación Autónoma Regional del Cauca con el fin de iniciar el proceso de solicitud de permiso de vertimientos, describe y proyecta las obras, actividades y buenas prácticas que contribuyen al mejoramiento ambiental del Cantón Militar de Popayán, y que hacen parte del compromiso social del Batallón de Apoyo y Servicio para el Combate No. 29.

## RECOMENDACIONES

- La separación entre barras de las rejas para el cribado dispuestas en la entrada al sistema de tratamiento es de 5 cm, por lo que se recomienda disminuirla al menos de 2 cm, esto con el fin de evitar que ingresen al sistema materiales grandes.
- El ingreso de un caudal inferior al caudal de diseño del sistema, sugiere que está ocurriendo el tiempo de retención hidráulico necesario para lograr la estabilización adecuada de la materia orgánica; además, el tratamiento es solo para aguas residuales sin incluir aguas lluvias que ocasionan un efecto de dilución importante, por lo que mientras se realiza la construcción del alcantarillado separado se recomienda construir una estructura de alivio que permita la derivación de caudal de aguas lluvias que está ingresando en exceso al sistema.
- El flujo del agua dentro de la laguna anaerobia no es el adecuado debido a que ingresa por la sección más amplia de la laguna, ocasionando corto circuito y a su vez acumulación localizada del lodo. Se recomienda que el ingreso del agua ocurra por la sección más angosta evitando así cortos circuitos y favoreciendo la distribución adecuada de lodo, de esta manera el funcionamiento del sistema se aproxima a un reactor de flujo a pistón, modelo que representa la mezcla ideal para el tratamiento de las aguas residuales.
- La ejecución de las actividades y proyectos incluidos en el Plan de Cumplimiento reflejan el compromiso ambiental y social del Cantón Militar de Popayán, por ello su desarrollo se debe efectuar según el cronograma que se ha establecido para tal fin. El cumplimiento oportuno de las acciones mencionadas favorecen el proceso de formalización del permiso de vertimientos, permite satisfacer la normatividad ambiental vigente y se evitan futuras sanciones.
- Se recomienda repetir el perfil de lodos de la laguna anaerobia con el objeto de obtener una mayor precisión, que servirá para cuantificar el volumen real de lodos y para determinar si está ocurriendo o no resuspensión de los mismos.

Además, en la información presentada como resultado del perfil hay datos confusos que superan los 4.45 m que tiene de profundidad total la laguna. Es importante realizarlo también en la laguna facultativa, o al menos en la zona próxima a la entrada.

- Se recomienda realizar periódicamente el mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales como se indica en el manual de operación; además de capacitar al menos dos operarios que estén a cargo de la planta y actualizarlos continuamente en los procedimientos a seguir según la normatividad y los procedimientos de salud ocupacional y seguridad industrial.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGUA LATINOAMERICA. Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. [Documento electrónico]. Disponible en: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>  
Visitado 29 de Febrero de 2011
- [2] FUNDACION UNIVERSIDAD CENTRAL. Aguas Residuales, Consideraciones Generales, Uso y Tratamiento. [Documento electrónico]. Disponible en: <http://www.ucentral.edu.co/pregrado/escuelainge/hidricos/memorias/Presentaci%F3n%20Mario%20Opazo%20-%20PUJ.pdf>  
Visitado 20 de Febrero de 2011
- [3] HIDROGRAFIA COLOMBIANA. Hidrografía de Colombia: Lagunas, Embalses, Ciénagas, Aguas y Centros Hidrográficos. [Documento electrónico]. Disponible en: <http://www.todacolombia.com/geografia/hidrografiacolombia.html>  
Visitado 27 de Febrero de 2011
- [4] TCHOBANOGLOUS, George. Sludge accumulation, characteristics, and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico. En: Water Research [Base de datos en línea]. Vol. 38, no. 1 (enero 2004); p. 111-127. [Citado en 2 de marzo de 2011] Disponible en SCIENCE DIRECT.
- [5] RITTMANN. McCARTY. Biotecnología del Medio Ambiente. Madrid: Editorial Mc Graw Hill. 2001. P 419-420.
- [6] ARIAS, Mauricio. Feasibility of using constructed treatment wetlands for municipal wastewater treatment in the Bogotá Savannah, Colombia. En: Ecological Engineering [Base de datos en línea]. Vol. 35, no. 7 (Julio 2009); p. 1070-1078. [Citado en 7 de abril de 2011] Disponible en SCIENCE DIRECT.
- [7] RAJBHANDARI, B. K. Anaerobic ponds treatment of starch wastewater: case study in Thailand. En: Bioresource Technology [Base de datos en línea]. Vol. 95, no. 2 (Noviembre 2004); p. 135-143. [Citado en 11 de abril de 2011] Disponible en SCIENCE DIRECT.
- [8] SAWYER, Clair N. Química para ingeniería ambiental. Cuarta edición. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S.A., 2000. 715 p. ISBN 958-41-0164-1
- [9] CRITES, Ron. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Primera edición. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana S.A., 2001. 776 p. ISBN 985-41-0042-4
- [10] SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y PLUVIALES. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. RAS-2000. Sección II. Título D.
- [11] DIRECCION DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: tratamiento de aguas residuales. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico, 145 p. (RAS 2000, Sección II, Título E).

- [12] PROTOCOLO PARA ANÁLISIS EN AGUAS. Corporación Autónoma Regional del Cauca. Subdirección de defensa del patrimonio ambiental. Laboratorio Ambiental. Protocolo para DQO, DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos totales, pH, conductividad, muestreo. Marzo de 2008.
- [13] ESTRADA-VAZQUEZ, Carlos, MACARIE, Hervé, TAKAYUKI KATO, Mario *et al.* Resistencia a la exposición al oxígeno de lodos anaerobios suspendidos. *INCI*, nov. 2001, vol.26, no.11, p.547-553. ISSN 0378-1844.
- [14] ARCHIVO CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA. Memorias de Diseño de Planta de Tratamiento de Agua Residuales Batallón José Hilario López, Popayán. Página No. 5.
- [15] GUIA DE APLICACIÓN DE PRUEBAS ESTADISTICAS EN EL PROGRAMA SYSTAT 7.0 PARA CIENCIAS BIOLOGICAS Y FORESTALES. Lineamientos para la selección de pruebas estadísticas. Estadística Inferencial: prueba t pareada. [Documento electrónico]. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNACL878.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACL878.pdf) Visitado 12 de Julio de 2011
- [16] MARA, D D. Waste Stabilisation Ponds: A desing manual for Eastern Africa. Primera edición. Inglaterra: Lagoon Technology International Ltd., 1992. 118 p. ISBN 0-9519869-0-2
- [17] MARA, D D. Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. Primera edición. Londres: Earthscan, 2004. 289 p. ISBN 1-84407-019-0
- [18] MARA, D D. Waste Stabilization Ponds: A highly Appropriate Wastewater Treatment Technology for Mediterranean Countries. En: White Rose Research Online [Base de datos en línea]. 2008; p. 113-123. [Citado en 6 de julio de 2011] Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/lk1p2262218q0206/>
- [19] MARA, D D. Waste stabilization ponds: Past, present and future. En: White Rose Research Online [Base de datos en línea]. 2009; p. 85-88. [Citado en 21 de julio de 2011] Disponible en: <http://eprints.whiterose.ac.uk/8623/2/marad.1.pdf>
- [20] OAKLEY, Stewart. Lagunas de Estabilización en Honduras: Manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad. Primera edición. Honduras: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional-USAID, 2005. 225 p.
- [21] ROMERO, J. Acuitratamiento por lagunas de estabilización. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1998. 281 p. ISBN 958957422X
- [22] MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594 de 1984: Usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: Belisario Betancourt, 1984. Diario Oficial No. 36700.

- [23] MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930 de 25 de octubre de 2010: Usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: Juan Manuel Santos, 2010. Diario Oficial No. 47873.
- [24] CONSEJO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE-CONAMA. Resolución 357 de 17 de marzo de 2005: Condiciones y normas de descarga de efluentes. Brasilia: Marina Silva, 2010. Sección 1, p 58-63.
- [25] OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ON). Norma Cubana Obligatoria. Cuba: 1999. [Documento electrónico]. Disponible en: <http://biblioteca.idict.villaclara.cu/UserFiles/File/Normateca/NC-27-99%20Vertimiento.pdf> Visitado 18 de Septiembre de 2011.
- [26] METALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales. Tercera Edición, Madrid: McGraw-Hill, 1995. 1485 p. ISBN 978-84-481-1607-1
- [27] ROMERO, J. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000. 1248 p. ISBN 9588060133
- [28] LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DE EFLUENTES LÍQUIDOS – UMA Análise comparativa das metodologías adotadas nos Estados Unidos, Brasil e França. [Documento electrónico]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/saneab/ix-020.pdf> Visitado 27 de Agosto de 2011
- [29] SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA. Norma Oficial Mexicana: NOM-001-ECOL-1996: Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México: Julia Carabias Lillo, 1996. [Documento electrónico]. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/otroleyes/normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-001-ECOL.pdf> Visitado 18 de septiembre de 2011
- [30] PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Norma para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Venezuela: Rafael Caldera, 1995. [Documento electrónico]. Disponible en: [http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:7\\_Wi1Dxv-RoJ:bahemsconsultores.com/DESCARGAS/Decreto%2520%2520883.doc+Decreto+No.+883&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEESiNlg3ZetUajJzTxjWDtRq11-SBTpHCJWNQUAgA0YJq2\\_x3Bowud5JSS5SUd4t\\_fO4FtpE9NThRjzNfKmRmm53kXga1jyV7LmoHCbZnrDuEKj74VavEZZ2g3vLuWxGhppi1c0FE&sig=AHIEtbRX4vMGdhAtVU57Pa1b7mbs\\_STkRg](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:7_Wi1Dxv-RoJ:bahemsconsultores.com/DESCARGAS/Decreto%2520%2520883.doc+Decreto+No.+883&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEESiNlg3ZetUajJzTxjWDtRq11-SBTpHCJWNQUAgA0YJq2_x3Bowud5JSS5SUd4t_fO4FtpE9NThRjzNfKmRmm53kXga1jyV7LmoHCbZnrDuEKj74VavEZZ2g3vLuWxGhppi1c0FE&sig=AHIEtbRX4vMGdhAtVU57Pa1b7mbs_STkRg) Visitado 18 de septiembre de 2011
- [31] PHILLIPS, J. Química: conceptos y aplicaciones. México: McGraw-Hill, 2000. 857 p. ISBN 970-10-2413-3

- [32] MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO. Manual Técnico de difusión: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Albergues en Zonas Rurales. Lima: Plan Nacional de Calidad Turística del Perú – CULTUR, 2008. [Documento electrónico]. Disponible en: [http://www.mincetur.gob.pe/Turismo/Otros/caltur/pdfs\\_documentos\\_Caltur/Gestion\\_Ambiental/Aguas\\_servidas.pdf](http://www.mincetur.gob.pe/Turismo/Otros/caltur/pdfs_documentos_Caltur/Gestion_Ambiental/Aguas_servidas.pdf). Visitado 14 de mayo de 2011.
- [33] UNIVERSIDAD DE SALAMANCA. Aula Virtual [en línea]. <http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/edar/unidades/LIBROS/DLAR-MO/parte-I/cap5/cap5.1.html> [citado en 10 de junio de 2011].
- [34] UNIVERSIDAD DE SALAMANCA. Aula Virtual [en línea]. <http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/edar/unidades/LIBROS/DLAR-MO/parte-I/cap6/cap6.1.html> [citado en 3 de junio de 2011].
- [35] MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2320 de 27 de noviembre de 2009: Por el cual se modifica parcialmente la Resolución No. 1096 de 2000 que adopta el reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Bogotá: Carlos Costa Posada, 2009.
- [36] ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – OPS Y CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE – CEPIS. Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización. Lima: 2005. [Documento electrónico]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/163esp-diseno-TI.pdf> Visitado 8 de octubre de 2011.
- [37] ZAMBRANO N. Recolección de las aguas residuales. Popayán: Unicauca, 2004. 263 p.
- [38] GONZALEZ L. Hidrología práctica y gestión ambiental. Popayán: Unicauca, 2004. 347 p.
- [39] PIAMBA C. Auxiliar de interventoría proyecto edificio para la Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas de la Universidad del Cauca. Popayán: Unicauca, 2006. 120 p.
- [40] ROMERO, J. Lagunas de estabilización de aguas residuales. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005. 295 p. ISBN 958-8060-50-8

**ANEXO A: FORMATO DE REGISTRO EN CAMPO DE CAUDALES**

**1. DATOS DE AFORO**

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Ubicación aforo: \_\_\_\_\_  
 Hora: \_\_\_\_\_



**2. REGISTRO DE AFORO**

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m³/s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m²)	
				30						
				30						
				30						
				30						
				30						
				30						



**ANEXO C: INFORMACIÓN REGISTRADA DURANTE MONITOREOS PARA CÁLCULO DE CAUDALES**

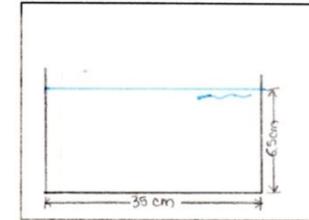
AVERAGE-VALUE EQUATION			Datum – Date		
Meßflügel – Current Meter – Moulinet		Type C2 "10.150"	No. 103370		02.09.88
Art der Befestigung des Meßflügels		Meter support	Mode de fixation de l'instrument		
		9 mm dia. rod			
Schaufel – Propeller – Hélice					
v = Wassergeschwindigkeit (m/s) n = Schaufelumdrehungen pro Sek.		v = velocity of water (m/s) (ft/s) n = number of revolutions per sec.		v = vitesse de l'eau (m/s) n = nombre de tours de l'hélice par sec.	
No. 1-103672		No. 3-103588		No. 5-103563	
n < 3.00	v = 0.0607 n + 0.020	n < 0.72	v = 0.2282 n + 0.024	n < 10.00	v = 0.0562 n + 0.038
n ≥ 3.00	v = 0.0558 n + 0.035	n ≥ 0.72	v = 0.2517 n + 0.007	n ≥ 10.00	v = 0.0544 n + 0.056
n > 9.60	v = 0.0533 n + 0.059				
No. 6-102965		No. ....		No. ....	
n < 1.77	v = 0.0978 n + 0.039	n < .....	v = .....	n < .....	v = .....
n ≥ 1.77	v = 0.1040 n + 0.028	n ≥ .....	v = .....	n ≥ .....	v = .....
n > 6.84	v = 0.1021 n + 0.041	n > .....	v = .....	n > .....	v = .....
<b>Achtung!</b>		<b>Attention!</b>		<b>Attention!</b>	
Vor jeder Messung: Ölstand prüfen. Nach jeder Messung: Öl wechseln.		Before each measurement: Check oil level. After each measurement: Change oil.		Avant chaque mesure, vérifier le niveau d'huile. Après chaque mesure, changer l'huile.	
1.) Zweilochmutter herauserschrauben und Achse mit Kugellager herausziehen.		1.) Unscrew front plug and remove shaft with ball bearings.		1.) Dévisser l'écrou perforé et retirer l'axe avec son roulement à billes.	
2.) Öl wechseln, Ölkammer bis ca. 1 cm unterhalb des Randes auffüllen. (Nur vorgeschriebenes Öl verwenden.)		2.) Change oil, fill oil chamber up to approx. 1 cm (3/8 inch) below brink. (Use specified oil only.)		2.) Changer l'huile, remplir la chambre jusqu' à environ 1 cm au-dessous du bord. (N'utiliser que de l'huile spéciale.)	
3.) Achse wieder einsetzen und Zweilochmutter anziehen.		3.) Insert shaft and screw in front plug.		3.) Replacer l'axe et rebloquer l'ecrou perforé.	

Blch 8 - 05

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales (Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 24 de marzo de 2011  
Ubicación aforo: Punto ①  
Hora: 10:00 am



2. REGISTRO DE AFORO

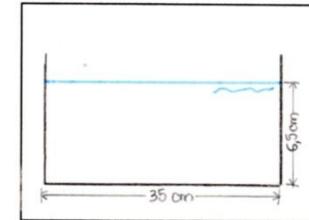
Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m³/s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m²)	
1	0	0.065	0	30						
2	0.088	0.065	112	30	0.4163	0.2775	0.065	0.0875	$5.6875 \times 10^{-3}$	$1.5783 \times 10^{-3}$
3	0.175	0.065	173	30	0.6971	0.5567	0.065	0.0875	$5.6875 \times 10^{-3}$	$3.1662 \times 10^{-3}$
4	0.273	0.065	102	30	0.3816	0.5394	0.065	0.0875	$5.6875 \times 10^{-3}$	$3.0678 \times 10^{-3}$
5	0.350	0.065	0	30		0.2544	0.065	0.0875	$5.6875 \times 10^{-3}$	$1.4469 \times 10^{-3}$
				30						

$\Sigma = 9.26 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
ó 9.26 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales  
(Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 24 de marzo de 2011  
Ubicación aforo: Punto ①  
Hora: 11:00 am



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m³/s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m²)	
1	0	0.066	0	30						
2	0.088	0.066	70	30	0.2707	0.1805	0.066	0.0875	$5.775 \times 10^{-3}$	$1.0424 \times 10^{-3}$
3	0.175	0.066	115	30	0.6347	0.4527	0.066	0.0875	$5.775 \times 10^{-3}$	$2.6143 \times 10^{-3}$
4	0.273	0.066	99	30	0.3712	0.5030	0.066	0.0875	$5.775 \times 10^{-3}$	$2.9048 \times 10^{-3}$
5	0.350	0.066	0	30		0.2475	0.066	0.0875	$5.775 \times 10^{-3}$	$1.4293 \times 10^{-3}$
				30						

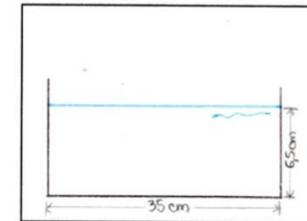
$Q = 7.9908 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

ó 7.99 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales (Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 24 de marzo de 2011  
Ubicación aforo: Punto ①  
Hora: 12:00 m



2. REGISTRO DE AFORO

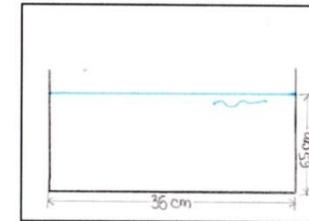
Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m <sup>3</sup> /s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m <sup>2</sup> )	
1	0	0.065	0	30						
2	0.088	0.065	121	30	0.4475	0.2983	0.065	0.0875	5.6875 × 10 <sup>-3</sup>	1.6966 × 10 <sup>-3</sup>
3	0.175	0.065	143	30	0.5237	0.4856	0.065	0.0875	5.6875 × 10 <sup>-3</sup>	2.7619 × 10 <sup>-3</sup>
4	0.273	0.065	114	30	0.4232	0.4735	0.065	0.0875	5.6875 × 10 <sup>-3</sup>	2.6930 × 10 <sup>-3</sup>
5	0.350	0.065	0	30		0.2821	0.065	0.0875	5.6875 × 10 <sup>-3</sup>	1.6044 × 10 <sup>-3</sup>
				30						

$\Sigma = 8.7559 \times 10^{-3}$   
8.76 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales (Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 24 de marzo de 2011  
Ubicación aforo: Punto ①  
Hora: 01:00 pm



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m <sup>3</sup> /s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m <sup>2</sup> )	
1	0	0.065	0	30						
2	0.088	0.065	98	30	0.3677	0.2491	0.065	0.0875	5.6875 * 10 <sup>-3</sup>	1.3940 * 10 <sup>-3</sup>
3	0.175	0.065	149	30	0.5445	0.4561	0.065	0.0875	5.6875 * 10 <sup>-3</sup>	2.5941 * 10 <sup>-3</sup>
4	0.273	0.065	125	30	0.4613	0.5029	0.065	0.0875	5.6875 * 10 <sup>-3</sup>	2.8602 * 10 <sup>-3</sup>
5	0.350	0.065	0	30		0.3075	0.065	0.0875	5.6875 * 10 <sup>-3</sup>	1.7489 * 10 <sup>-3</sup>
				30						

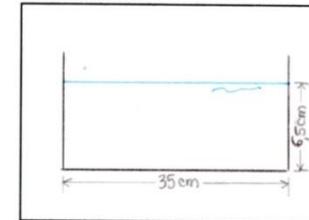
$\Sigma = 8.5972 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

ó 8.60 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales (Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 24 de marzo de 2011  
 Ubicación aforo: Punto ①  
 Hora: 02:00 pm



2. REGISTRO DE AFORO

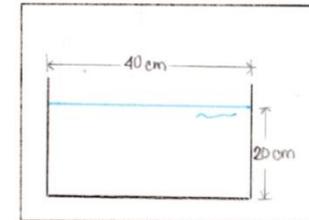
Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m <sup>3</sup> /s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m <sup>2</sup> )	
1	0	0.064	0	30						
2	0.088	0.064	136	30	0.4995	0.333	0.064	0.0875	5.60 × 10 <sup>-3</sup>	1.8648 × 10 <sup>-3</sup>
3	0.175	0.064	135	30	0.496	0.498	0.064	0.0875	5.60 × 10 <sup>-3</sup>	2.7888 × 10 <sup>-3</sup>
4	0.273	0.064	99	30	0.3712	0.434	0.064	0.0875	5.60 × 10 <sup>-3</sup>	2.4304 × 10 <sup>-3</sup>
5	0.330	0.064	0	30		0.2475	0.064	0.0875	5.60 × 10 <sup>-3</sup>	1.386 × 10 <sup>-3</sup>
				30						

$\Sigma = 8.47 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$   
 8.47 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales (Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 24 de marzo de 2011  
 Ubicación aforo: Nacimiento  
 Hora: 12:00 m



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m³/s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m²)	
1	0	0.20	0	30						
2	0,10	0.20	35	30	0.1531	0.1021	0.20	0.10	0.02	$2.042 \times 10^{-3}$
3	0,20	0.20	36	30	0.1564	0.1548	0.20	0.10	0.02	$3.096 \times 10^{-3}$
4	0,30	0.20	38	30	0.1629	0.1597	0.20	0.10	0.02	$3.194 \times 10^{-3}$
5	0,40	0.20	0	30		0.1086	0.20	0.10	0.02	$2.172 \times 10^{-3}$
				30						

$\Sigma = 0.01050 \text{ m}^3/\text{s}$

ó 10.5 lps

FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA  
EJÉRCITO NACIONAL



BATALLÓN DE A.S.P.C. No 2º  
General ENRIQUE ABOLEDO CORTEZ

Elaboró: Ana María Losada Galeano  
Pasante Ingeniería Ambiental  
Universidad del Cauca

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

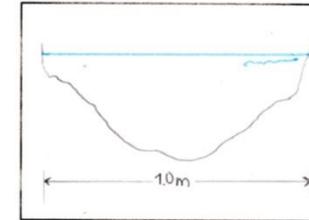


FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales (Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 24 de marzo de 2011  
 Ubicación aforo: Remonta  
 Hora: 12:00 m



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m <sup>3</sup> /s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m <sup>2</sup> )	
1	0	0.04	0	30						
2	0.20	0.08	34	30	0.14984	0.09989	0.06	0.20	0.012	1.1987 * 10 <sup>-3</sup>
3	0.40	0.10	37	30	0.15962	0.15473	0.09	0.20	0.018	2.78514 * 10 <sup>-3</sup>
4	0.60	0.10	37	30	0.15962	0.07981	0.10	0.20	0.020	1.5962 * 10 <sup>-3</sup>
5	0.80	0.10	90	30	0.3324	0.24601	0.10	0.20	0.020	4.9202 * 10 <sup>-3</sup>
6	1.00	0.08	0	30		0.2216	0.09	0.20	0.018	3.9888 * 10 <sup>-3</sup>

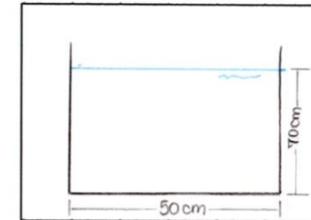
$\Sigma = 0.01449 \text{ m}^3/\text{s}$

6  
 14.48 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales  
(Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 1 de junio de 2011  
Ubicación aforo: Punto ①  
Hora: 10:00 am



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m³/s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m²)	
1	0	0.07	0	30						
2	0.10	0.07	35	30	0.1534	0.1023	0.070	0.10	$7 \times 10^{-3}$	$7.161 \times 10^{-4}$
3	0.20	0.07	73	30	0.2807	0.2171	0.070	0.10	$7 \times 10^{-3}$	$1.5197 \times 10^{-3}$
4	0.30	0.07	51	30	0.2152	0.2479	0.070	0.10	$7 \times 10^{-3}$	$1.7353 \times 10^{-3}$
5	0.40	0.07	17	30	0.0947	0.1549	0.070	0.10	$7 \times 10^{-3}$	$1.0843 \times 10^{-3}$
6	0.50	0.07	0	30		0.0631	0.070	0.10	$7 \times 10^{-3}$	$4.417 \times 10^{-4}$

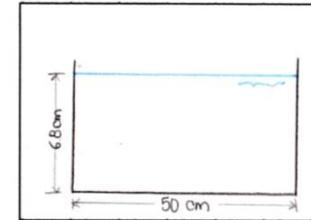
$\Sigma = 5.4971 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$

ó 5.5 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales (Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 1 de junio de 2011  
Ubicación aforo: Punto ①  
Hora: 11:00 am



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m <sup>3</sup> /s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m <sup>2</sup> )	
1	0	0.068	0	30						
2	0.10	0.068	13	30	0.08105	0.0540	0.068	0.10	$6.8 \times 10^{-3}$	$3.672 \times 10^{-4}$
3	0.20	0.068	63	30	0.2464	0.1637	0.068	0.10	$6.8 \times 10^{-3}$	$1.113 \times 10^{-3}$
4	0.30	0.068	63	30	0.2464	0.2464	0.068	0.10	$6.8 \times 10^{-3}$	$1.676 \times 10^{-3}$
5	0.40	0.068	27	30	0.12702	0.18671	0.068	0.10	$6.8 \times 10^{-3}$	$1.269 \times 10^{-3}$
6	0.50	0.068	4	30	0.0517	0.0345	0.068	0.10	$6.8 \times 10^{-3}$	$2.346 \times 10^{-4}$

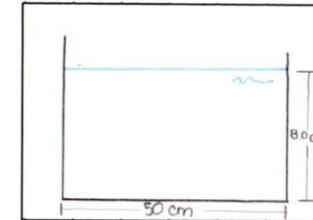
$\Sigma = 4.66 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$

ó 4.66 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales  
(Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 1 de junio de 2011  
Ubicación aforo: Punto ①  
Hora: 12:00 m



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m <sup>3</sup> /s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m <sup>2</sup> )	
1	0	0.08	0	30						
2	0.10	0.08	6	30	0.05856	0.03904	0.08	0.10	$8 \times 10^{-3}$	$3.1232 \times 10^{-4}$
3	0.20	0.08	43	30	0.1789	0.1187	0.08	0.10	$8 \times 10^{-3}$	$9.496 \times 10^{-4}$
4	0.30	0.08	65	30	0.2537	0.2163	0.08	0.10	$8 \times 10^{-3}$	$1.7304 \times 10^{-3}$
5	0.40	0.08	16	30	0.0908	0.1349	0.08	0.10	$8 \times 10^{-3}$	$1.0792 \times 10^{-3}$
6	0.50	0.08	3	30	0.04878	0.03252	0.08	0.10	$8 \times 10^{-3}$	$2.6016 \times 10^{-4}$

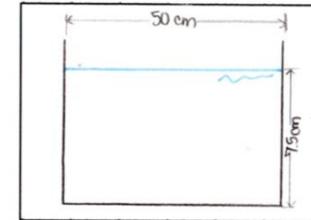
$\Sigma = 4.33 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$

4.33 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales  
(Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 1 de junio de 2011  
Ubicación aforo: Punto ①  
Hora: 01:00 pm



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m <sup>3</sup> /s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m <sup>2</sup> )	
1	0	0.075	0	30						
2	0.10	0.075	6	30	0.05856	0.03904	0.075	0.10	$7.5 \times 10^{-3}$	$2.928 \times 10^{-4}$
3	0.20	0.075	70	30	0.2703	0.1644	0.075	0.10	$7.5 \times 10^{-3}$	$1.233 \times 10^{-3}$
4	0.30	0.075	60	30	0.05856	0.1644	0.075	0.10	$7.5 \times 10^{-3}$	$1.233 \times 10^{-3}$
5	0.40	0.075	25	30	0.1202	0.0899	0.075	0.10	$7.5 \times 10^{-3}$	$6.705 \times 10^{-4}$
6	0.50	0.075	0	30		0.0801	0.075	0.10	$7.5 \times 10^{-3}$	$6.0075 \times 10^{-4}$

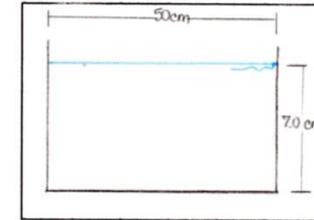
$\Sigma = 4.03 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$

6 4.03 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales (Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 1 de junio de 2011  
Ubicación aforo: Punto ①  
Hora: 02:00 pm



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m <sup>3</sup> /s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m <sup>2</sup> )	
1	0	0.07	0	30						
2	0.10	0.07	26	30	0.1241	0.0827	0.070	0.10	7 * 10 <sup>-3</sup>	5.789 * 10 <sup>-4</sup>
3	0.20	0.07	78	30	0.2984	0.2113	0.070	0.10	7 * 10 <sup>-3</sup>	1.4791 * 10 <sup>-3</sup>
4	0.30	0.07	62	30	0.2433	0.2709	0.070	0.10	7 * 10 <sup>-3</sup>	1.8963 * 10 <sup>-3</sup>
5	0.40	0.07	29	30	0.1339	0.1886	0.070	0.10	7 * 10 <sup>-3</sup>	1.3202 * 10 <sup>-3</sup>
6	0.50	0.07	0	30		0.0893	0.070	0.10	7 * 10 <sup>-3</sup>	6.251 * 10 <sup>-4</sup>

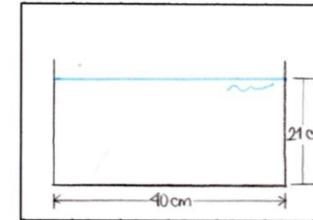
$\Sigma = 5.8996 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$

5.90 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales (Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 1 de junio de 2011  
Ubicación aforo: Nacimiento  
Hora: 12:00 m



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m <sup>3</sup> /s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m <sup>2</sup> )	
1	0	0.21	0	30						
2	0.10	0.21	36	30	0.1564	0.1043	0.210	0.10	0.021	$2.1903 \times 10^{-3}$
3	0.20	0.21	36	30	0.1564	0.1564	0.210	0.10	0.021	$3.2844 \times 10^{-3}$
4	0.30	0.21	37	30	0.1593	0.1579	0.210	0.10	0.021	$3.3159 \times 10^{-3}$
5	0.40	0.21	0	30		0.1062	0.210	0.10	0.021	$2.2302 \times 10^{-3}$
				30						

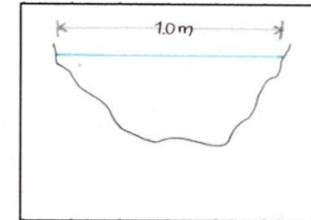
$\Sigma = 0.011 \text{ m}^3/\text{seg}$

11.0 lps

Formato para registro de datos en campo – Medición de caudales  
(Método Molinete) **2011**

1. DATOS DE AFORO

Fecha: 1 de junio de 2011  
Ubicación aforo: Remonta  
Hora: 12:00m



2. REGISTRO DE AFORO

Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)		Características Sección			Caudal (m³/s)
					Punto	Media	Prof. Media	Ancho Prom.	Área (m²)	
1	0	0.09	0	30						
2	0.20	0.08	35	30	0.1534	0.1023	0.06	0.20	0.012	$1.2276 \times 10^{-3}$
3	0.40	0.10	36	30	0.1564	0.1549	0.09	0.20	0.018	$2.7882 \times 10^{-3}$
4	0.60	0.10	38	30	0.1632	0.1598	0.10	0.20	0.02	$3.196 \times 10^{-3}$
5	0.80	0.10	99	30	0.3535	0.2589	0.10	0.20	0.02	$5.168 \times 10^{-3}$
6	1.00	0.08	0	30		0.2357	0.09	0.20	0.018	$4.2426 \times 10^{-3}$

$\Sigma = 0.0166 \text{ m}^3/\text{seg}$

o  $16.62 \text{ lps}$

## ANEXO D: COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIDOS EN CAMPO MEDIANTE PRUEBA DE T PAREADA

Con el objeto de comparar los caudales medidos durante los muestreos realizados, se realizó la prueba estadística de T pareadas con:

	Caudales medidos en monitoreos (LPS)	
	24 de marzo	1 de junio
<b>Punto 1</b>	8,46	4,88
<b>Punto 2</b>	8,82	4,14
<b>Punto 3</b>	10,45	3,60
<b>Nacimiento</b>	10,50	11,00
<b>Remonta</b>	14,49	16,62
<b>Punto 4</b>	35,45	31,22

Obteniendo:

$$Probabilidad = 0,788$$

Con un intervalo de confianza del 95%, y

$$0,788 > 0,05$$

Se puede afirmar que no existe diferencia entre los caudales medidos en la entrada y salida del sistema y que la variabilidad de los mismos es mínima.

## ANEXO E: RESULTADOS DEL LABORATORIO AMBIENTAL DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA  
SUBDIRECCIÓN DE DEFENSA DEL PATRIMONIO AMBIENTAL  
LABORATORIO AMBIENTAL

Código: FT-TC-RR04

Versión: 01

Fecha: 22/05/06

Pág. 1 de 1

### REPORTE DE RESULTADOS –MUESTRA DE AGUA-

Fecha: Marzo 30 de 2011

Nombre del Cliente: Subdirección Defensa del Patrimonio Ambiental	
Dirección: Carrera 7 N° 1N-28	Teléfono: 8203232
Lugar de muestreo: Batallón José Hilario López, Popayán.	Fecha de Recepción: Marzo 24 de 2011
	Fecha de Análisis: Marzo 24, 28, 29 y 30

#### Identificación de la muestra

Código Muestra	Sitio Muestreo
W0094	Punto 1
W0095	Punto 2
W0096	Punto 3
W0097	Punto 4

#### Resultados laboratorio:

Parámetro	Método	Unidad	Resultados			
			W0094	W0095	W0096	W0097
DBO <sub>5</sub>	Incubación 5 días - Electrométrico	mg/L	90.6	18.0	15.0	5.9
DQO	Oxidación Ácido Cromosulfúrico	mg/L	178	78.0	91.0	35.0
SST	Gravimétrico	mg/L	77.8	49.1	48.6	19.2
Grasas y Aceites	Soxhlet-Gravimétrico	mg/L	26.4	7.4	< 5	< 5

  
**DIEGO ZULUAGA VERA**  
 Laboratorio Ambiental  
 dzuluaga@crc.gov.co

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA**  
**SUBDIRECCIÓN DE DEFENSA DEL PATRIMONIO AMBIENTAL**  
**LABORATORIO AMBIENTAL**

Código: FT-TC-RRC

Versión: 01

Fecha: 22/05/06

Pág. 1 de 1

**REPORTE DE RESULTADOS -MUESTRA DE AGUA-**

Fecha: Junio 10 de 2011.

Nombre del Cliente: Subdirección Defensa del Patrimonio Ambiental	
Dirección: Carrera 7 N° 1N-28	Teléfono: 8203232
Lugar de muestreo: Popayán	Fecha de Recepción: Junio 1 de 2011.
	Fecha de análisis: Junio 2, 3 y 7.

Identificación de la Muestra

Código Muestra	Sitio de Muestreo
W0204	Entrada PTAR Batallón José Hilario López
W0205	Salida Facultativa
W0206	Salida PTAR Batallón José Hilario López
W0207	Descarga fuente receptora

Resultados laboratorio:

Parámetro	Método	Unidad	Resultados			
			W0204	W0205	W0206	W0207
SST	SM2540D	mg/L	75.0	59.0	101	14.8
DBO <sub>5</sub>	SM5210B/4500-OG	mg/L	77.9	40.8	18.9	2.9
DQO	SM5220D	mg/L	141	355	77	38
Grasas y Aceites	SM5520D	mg/L	42.6	9.8	< 5	< 5

  
**DIEGO ZULUAGA VERA**  
 Laboratorio Ambiental CRC  
 dzuluaga@crc.gov.co

**ANEXO F: FOTOGRAFÍAS DE LABORES DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LA RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO.**







## ANEXO G: FICHAS DE REVISIÓN TÉCNICA E INVENTARIO DE ACCESORIOS POR POZO DE ALCANTARILLADO

FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA  
EJERCITO NACIONAL



BATALLON DE A.S.P.C No 29  
"General ENRIQUE ARBOLEDA CORTES"

UNIVERSIDAD DEL CAUCA



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL

# Chequeo de pozos de alcantarillado

# 2011

Este documento incluye las fichas de reporte de la revisión técnica e inventario de accesorios en los pozos de inspección del alcantarillado. Además, se incluyen las recomendaciones de mejoramiento por unidad.

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
001	Ladrillo - Mortero		X	

CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 m	Concreto	Bueno

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1759.704	1757.934	1.77	1.40	SI	SI

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	6	Bueno	X		1757.904		1.80
B	Circular	PVC	3	Bueno	X		1757.904		1.80
C	Circular	PVC	4	Bueno	X		1757.934		1.77
D	Circular	PVC	8	Bueno	X		1758.324		1.38
E	Circular	PVC	6	Bueno		X	1757.834		1.87
F	Circular	PVC	3	Bueno		X	1757.834		1.87

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
002	Ladrillo - mortero		X	

CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 m	Concreto	Bueno

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1760.144	1757.364	2.78	1.16	SI	SI

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno		X	1757.334		2.81
B	Circular	PVC	8	Bueno	X		1757.434		2.71
C	Circular	PVC	8	Bueno	X		1757.394		2.75
D	Circular	PVC	6	Bueno	X		1757.604		2.54
E	Circular	PVC	6	Bueno	X		1757.604		2.54

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
003	Ladrillo - Mortero		X	

CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 m	Concreto	Bueno

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1759.184	1756.764	2.42	1.15	SI	SI

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno		X	1756.734		2.45
B	Circular	PVC	6	Bueno	X		1757.044		2.14
C	Circular	PVC	8	Bueno	X		1756.794		2.39
D	Circular	PVC	6	Bueno	X		1756.874		2.31

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO					CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA			FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO	
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA	Circular	0.60 m	Concreto	Bueno	
004	Ladrillo - Mortero		X						
CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA									
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA	ESCALERA				
Superior	Fondo			SI/NO	SI/NO				
1757.064	1755.384	1.68	1.30	SI	SI				
CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno		X	1755.364		1.70
B	Circular	PVC	8	Bueno	X		1755.424		1.64
C	Circular	PVC	6	Bueno	X		1755.484		1.58

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
005	Ladrillo - Mortero		X	

CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 m	Concreto	Bueno

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1755.554	1754.254	1.30	1.40	SI	SI

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	6	Bueno		X	1754.234		1.32
B	Circular	PVC	8	Bueno	X		1754.254		1.30

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO					CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA			FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO	
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA	Circular	0.60 m	Concreto	Bueno	
006	Ladrillo - Mortero		X						
CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA									
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA	ESCALERA				
Superior	Fondo			SI/NO	SI/NO				
1754.099	1752.899	1.20	1.20	SI	NO				
CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	6	Bueno		X	1752.859		1.24
B	Circular	PVC	6	Bueno	X		1752.909		1.19

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
007	Ladrillo - Mortero		X	

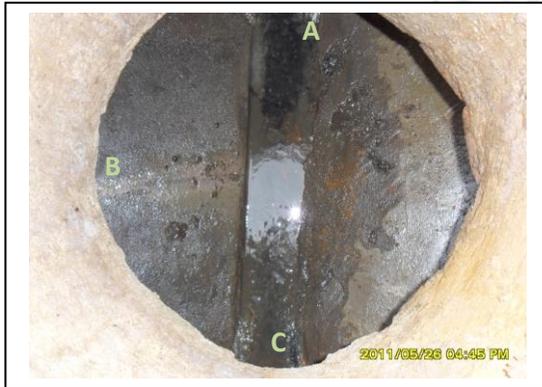
CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 m	Concreto	Bueno

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA	ESCALERA
Superior	Fondo			SI/NO	SI/NO
1752.154	1750.854	1.30	1.30	SI	NO

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno	X		1750.869		1.285
B	Circular	PVC	8	Bueno		X	1750.739		1.415

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:

Una tubería de entrada y la de salida presentan fugas laterales

Recomendaciones:

Reparar las fugas en las tuberías

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
008	Ladrillo - Mortero		X	

CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 m	Concreto	Bueno

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1749.60	1748.30	1.30	1.30	SI	SI

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Con fuga lateral		X	1748.28		1.32
B	Circular	PVC	6	Bueno	X		1748.82		0.78
C	Circular	PVC	8	Con fuga lateral	X		1748.30		1.30

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
En la caja se deposita material vegetal en gran cantidad, proveniente de los árboles que están junto a la vía.

Recomendaciones:  
Hacer limpieza periódica de estos pozos para evitar obstrucciones en la conducción.

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
009	Ladrillo - Mortero		X	

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 m	Concreto	Bueno

**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1747.345	1746.045	1.30 m	1.15 m	SI	SI

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno	X		1746.065		1.28
B	Circular	PVC	8	Bueno		X	1746.025		1.32

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



**Observaciones:**

Antes de esta caja, se deriva agua proveniente del casino de oficiales sobre el lado izquierdo de la vía

**Recomendaciones:**

Por el mejoramiento ambiental y en general por mejorar las condiciones de salubridad del sector, es necesario llevar este caudal mediante tubería hacia este pozo o hacia el 011, garantizando la inclusión de este en el sistema de tratamiento

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
<b>010</b>	Ladrillo - Mortero		X	

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.68 m	Concreto	Regular

**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

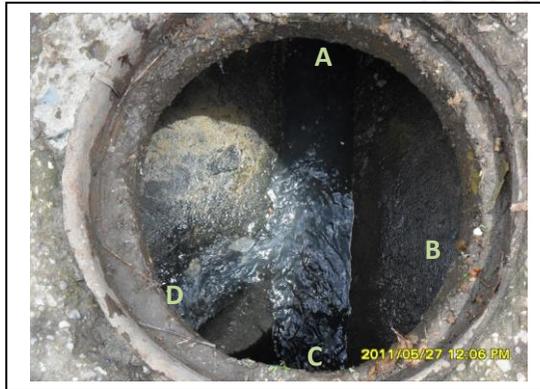
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1743.347	1742.717	0.63	1.15	SI	NO

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Regular	X		1742.707		0.64
B	Circular	PVC	8	Bueno	Sellado		-----		-----
C	Circular	PVC	8	Regular		X	1742.727		0.62

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
011	Ladrillo - Mortero		X	

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 m	Concreto	Bueno

**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

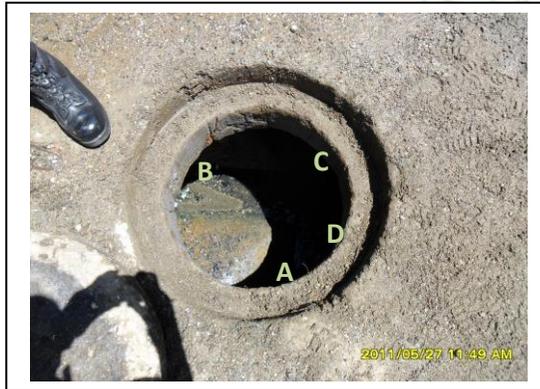
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1743.307	1742.407	0.90	1.30	SI	NO

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno		X	1742.397		0.91
B	Circular	PVC	8	Bueno	X		1742.937		0.37
C	Circular	PVC	8	Bueno	X		1742.417		0.89
D	Circular	PVC	8	Bueno	X		1742.537		0.77

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
012	Ladrillo - Mortero		X	

CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 M	Concreto	Bueno

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1742.895	1742.115	0.78	1.30	SI	NO

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno	X		1742.165		0.73
B	Circular	PVC	8	Bueno	X		1742.175		0.72
C	Circular	PVC	8	Bueno		X	1742.115		0.78
D	Circular	PVC	8	Bueno	X		1742.195		0.70

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



**Observaciones:**

El pavimento que rodea el pozo se está fisurando, dejando espacio para que se depositen sólidos dentro, lo que puede ocasionar obstrucciones y reboses

**Recomendaciones:**

Sellar las fisuras.

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
013	Ladrillo - Mortero		X	

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.60 m	Concreto	Bueno

**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1743.745	1742.845	0.90	1.30	NO	NO

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno	X		1742.855		0.89
B	Circular	PVC	6	Bueno	X		1743.145		0.60
C	Circular	PVC	6	Bueno	X		1743.60		0.60
D	Circular	PVC	8	Bueno	X		1742.865		0.88
E	Circular	PVC	8	Bueno		X	1742.835		0.91

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



**Observaciones:**

Este pozo no tenía tapa, así que por la seguridad de los peatones y de los vehículos que circulan cerca, se colocó provisionalmente una tapa rectangular que obedece a las características descritas.

**Recomendaciones:**

Elaborar y colocar la tapa adecuada al tamaño del pozo, de manera que no quede superpuesta como está actualmente

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
014	Ladrillo - Mortero		X	

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Rectangular	1.10 x 1.10 m	Concreto	Bueno

**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1745.121	1744.171	0.95	1.20	SI	NO

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	6	Bueno	X		1744.241		0.88
B	Circular	PVC	6	Bueno	X		1744.241		0.88
C	Circular	PVC	6	Bueno		X	1744.181		0.94

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



**Observaciones:**

A este pozo se adicionara otra tubería, proveniente de la obra de los contenedores que se está llevando a cabo

**Recomendaciones:**

Revisar luego del inicio de funcionamiento, que la tubería este cumpliendo eficientemente su función.

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
015	Ladrillo - Mortero	X		

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.68 m	Concreto	Bueno

**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1748.242	1746.892	1.35	1.30	SI	NO

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	6	Bueno	X		1747.042		1.20
B	Circular	PVC	6	Bueno		X	1746.942		1.30
C	Circular	PVC	6	Bueno	X		1746.992		1.25

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ubicada detrás del rancho de tropa

Recomendaciones:

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO					CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA			FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO	
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA	Circular	0.68 m	Concreto	Bueno	
016	Ladrillo - Mortero			X					
CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA									
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA	ESCALERA				
Superior	Fondo			SI/NO	SI/NO				
1743.545	1741.905	1.64	1.30	SI	NO				
CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno	X		1741.915		1.63
B	Circular	PVC	8	Bueno		X	1741.895		1.65

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERISTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERISTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
017	Ladrillo - Mortero			X

CARACTERISTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.68 m	Concreto	Bueno

CARACTERISTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1741.745	1740.765	0.98	1.30	SI	NO

CARACTERISTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	10	Bueno	X		1740.785		0.96
B	Circular	PVC	8	Bueno		X	1740.745		1.00

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Pozo sin tapa

Recomendaciones:  
Colocar tapa

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
018	Ladrillo - Mortero			X

CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.68 m	No existe	No existe

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1741.445	1740.145	1.30	1.30	SI	NO

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno	X		1738.855		1.29
B	Circular	PVC	8	Bueno		X	1738.825		1.32

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:

La tapa que cubre el pozo es de un diámetro inferior al necesario

Recomendaciones:

Colocar la tapa de las dimensiones adecuadas, por seguridad

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
019	Ladrillo - Mortero			X

CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.68 m	Concreto	Bueno

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA

COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1739.445	1738.605	0.84	1.30	SI	NO

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno		X	1738.595		0.85
B	Circular	PVC	8	Bueno	X		1738.625		0.82
C	Circular	PVC	8	Bueno	X		1738.615		0.83
D	Circular	PVC	8	Bueno	X		1738.645		0.80

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:

El pozo no tiene tapa

Recomendaciones:

Colocar la tapa de adecuado tamaño en el pozo; además, este sector está saturado con abundante material vegetal, por lo que sería conveniente limpiar el sendero de inspección de pozos por seguridad del operario y de quien circule.

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
020	Ladrillo - Mortero			X

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.68 m	No existe	No existe

**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1734.345	1733.745	0.60	1.30	SI	NO

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno	X		1733.735		0.61
B	Circular	PVC	8	Bueno		X	1733.765		0.58

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
La tubería que conduce el agua hacia el siguiente pozo, presenta una fuga a 3 m del pozo descrito.

Recomendaciones:  
Reparar la fuga. Tener en cuenta que la conducción es de agua residual.

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
021	Ladrillo - Mortero			X

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.68 m	Concreto	Bueno

**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1731.995	1731.245	0.75	1.30	SI	NO

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno		X	1731.245		0.75
B	Circular	PVC	8	Bueno	X		1731.285		0.71
C	Circular	PVC	8	Bueno	X		1731.295		0.70

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



Observaciones:  
Ninguna

Recomendaciones:  
Ninguna

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
022	Ladrillo - Mortero			X

CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA			
FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Circular	0.68 m	Concreto	Bueno

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA					
COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1729.445	1728.465	0.98	1.30	SI	NO

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	PVC	8	Bueno	X		1728.485		0.96
B	Circular	PVC	8	Bueno		X	1728.445		1.0

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



**Observaciones:**

La tapa se encuentra en muy mal estado, permitiendo el depósito de sólidos que pueden obstruir los conductos entrantes y salientes del pozo o la conducción saliente.

**Recomendaciones:**

Cambiar la tapa por otra en buen estado y del tamaño adecuado

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
023	Ladrillo - Mortero			X

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Rectangular	1.0 x 1.0 m	Concreto	Malo

**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1745.305	1743.005	2.30	1.30	SI	NO

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	Asbesto Cemento	6	Bueno	X		1743.655		1.65
B	Circular	Asbesto Cemento	10	Bueno	X		1743.005		2.30
C	Circular	Asbesto Cemento	10	Bueno	X		1743.025		2.28
D	Circular	PVC	4	Bueno	X		1744.185		1.12
E	Circular	Asbesto Cemento	10	Bueno		X	1742.965		2.34

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



**Observaciones:**

La tapa no cumple la función de protección, ni impide el depósito de sólidos en el pozo.

**Recomendaciones:**

Cambiar la tapa por otra con el adecuado tamaño, que cumpla la función de protección.

CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO					CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA				
IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA			FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO	
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA					
024	Ladrillo			X	Circular	0.60 m	Concreto	Malo	
CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA									
		COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO		
		Superior	Fondo						
		1745.329	1742.859	2.47	1.20	SI	SI		
CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN									
IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	Asbesto Cemento	10	Bueno	X		1742.889		2.44
B	Circular	Asbesto Cemento	10	Bueno		X	1742.839		2.49

Anexos  
Cantón Militar de Popayán – Fuerzas Militares de Colombia - Ejército Nacional

Realizó: Ana María Losada Galeano



**Observaciones:**

No existe tapa de protección sobre el pozo, y con una profundidad como la que tiene representa un peligro potencial para los peatones que circulen cerca

**Recomendaciones:**

La señalización es provisional, mientras se coloca la tapa del adecuado tamaño

**CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO DEL POZO**

IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS DE LA VIA		
		CONCRETO	ASFALTO	TIERRA
025	Ladrillo			X

**CARACTERÍSTICAS DE LA TAPA**

FORMA	DIMENSIÓN	MATERIAL	ESTADO
Cuadrada	1.0 x 1.0 m	Concreto	No existe

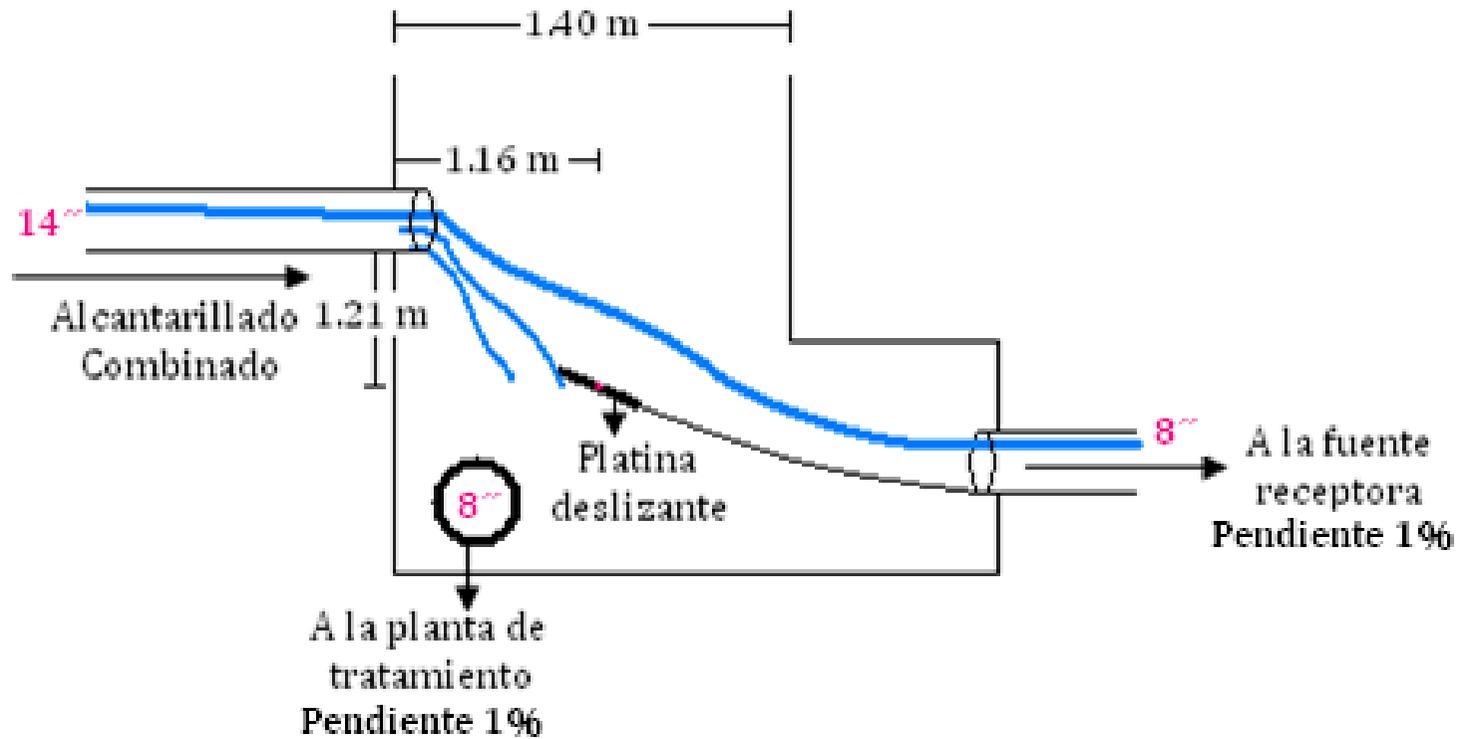
**CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA**

COTAS (msnm)		PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO INTERNO (m)	CAÑUELA SI/NO	ESCALERA SI/NO
Superior	Fondo				
1745.217	1742.497	2.72	1.30	SI	SI

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTOS QUE SALEN Y/O ENTRAN**

IDENTIFICACION	FORMA	MATERIAL	DIAMETRO (Pulg.)	ESTADO	SENTIDO		COTA BATEA	DESNIVELES	PROFUNDIDAD A COTA BATEA
					ENTRA	SALE			
A	Circular	Asbesto Cemento	10	Bueno	X		1742.517		2.70
B	Circular	Asbesto Cemento	6	Regular	X		1743.667		1.55
C	Circular	Asbesto Cemento	10	Bueno		X	1742.477		2.74

**ANEXO H: ESQUEMA GENERAL ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN DE CAUDAL**



## ANEXO I: DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA CAPACIDAD HIDRAULICA Y VELOCIDAD REAL EN LA CONDUCCIÓN DE AGUA RESIDUAL

Para obtener la velocidad en la conducción, se determinó mediante la ecuación formulada por Hazen Williams como sigue:

$$V = 0.355 * C * D^{0.63} * S^{0.54}$$

Donde:

- C: coeficiente experimental de Hazen Williams de la rugosidad relativa en función del material, para tuberías de plástico y con tiempo de servicio mayor a 5 años, es igual a 96
- D: diámetro de la tubería en metros:

$$D = 14 \text{ in} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.3556 \text{ m}$$

- S: pendiente es de 2.5%, ver página 34

Así:

$$V = 0.355 * 96 * (0.3556)^{0.63} * \left(\frac{2.5}{100}\right)^{0.54} = 2.423 \text{ m/s}$$

Con:

$$Q = V * A = (2.423) * \left[ \pi * \left(\frac{0.3556}{2}\right)^2 \right] = 0.24061 \text{ m}^3/\text{s}$$

Así:

$$Q = 240.61 \text{ L/s}$$

**ANEXO J: OFICIO DE ENTREGA DEL PLAN DE CUMPLIMIENTO A LA  
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA**

FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA  
EJERCITO NACIONAL

BATALLON DE A.S.P.C No 29  
"General ENRIQUE ARBOLEDA CORTÉS"

Popayán, 28 de junio de 2011

Señor  
José Jair Saavedra Vivas  
Subdirector de Gestión Ambiental  
Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC  
Ciudad

**Atención:** Claudia Patricia Daza (*Subdirección Patrimonio Ambiental*) - Astrid Elena Reyes  
(*Subdirección de Gestión Ambiental*)

**Asunto:** Entrega de Plan de Cumplimiento

Cordial Saludo:

En atención al requerimiento hecho el pasado 2 de febrero mediante oficio 150.03.01, se hace entrega del Plan de Cumplimiento que incluye los proyectos, obras, actividades y buenas prácticas, que permitirán el óptimo funcionamiento del sistema de tratamiento y nos permita cumplir con la norma de vertimientos vigente de acuerdo al cronograma establecido.

El desarrollo de las actividades planeadas para el mejoramiento y control de nuestros procesos de saneamiento, hace parte del compromiso social y ambiental del Batallón de ASPC No. 29.

Atentamente,

  
Teniente Coronel CARLOS ALBERTO HENAO FONSECA  
Comandante Batallón de ASPC No. 29  
"Gral. Enrique Arboleda Cortés"

Elaboró: C3. Tirano  
Revisó: C3. Tirano

FE EN LA CAUSA – COMPORTAMIENTO ÉTICO SUPERIOR  
"2011 AÑO DEL COMPROMISO"

05331

JUN 28 P 3 43

REQUERIMIENTO 150

**ANEXO K: PLAN DE CUMPLIMIENTO ENTREGADO A LA CORPORACIÓN  
AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA**

**FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA  
EJERCITO NACIONAL**



**BATALLON DE A.S.P.C No 29  
“General ENRIQUE ARBOLEDA CORTES”**

# Plan de Cumplimiento

---

Junio 2011

En este documento se describen y proyectan las obras, actividades y buenas prácticas que contribuyen al mejoramiento ambiental del Cantón Militar de Popayán, y que hacen parte del compromiso social del Batallón de Apoyo y Servicio para el Combate No. 29.

## CONTENIDO

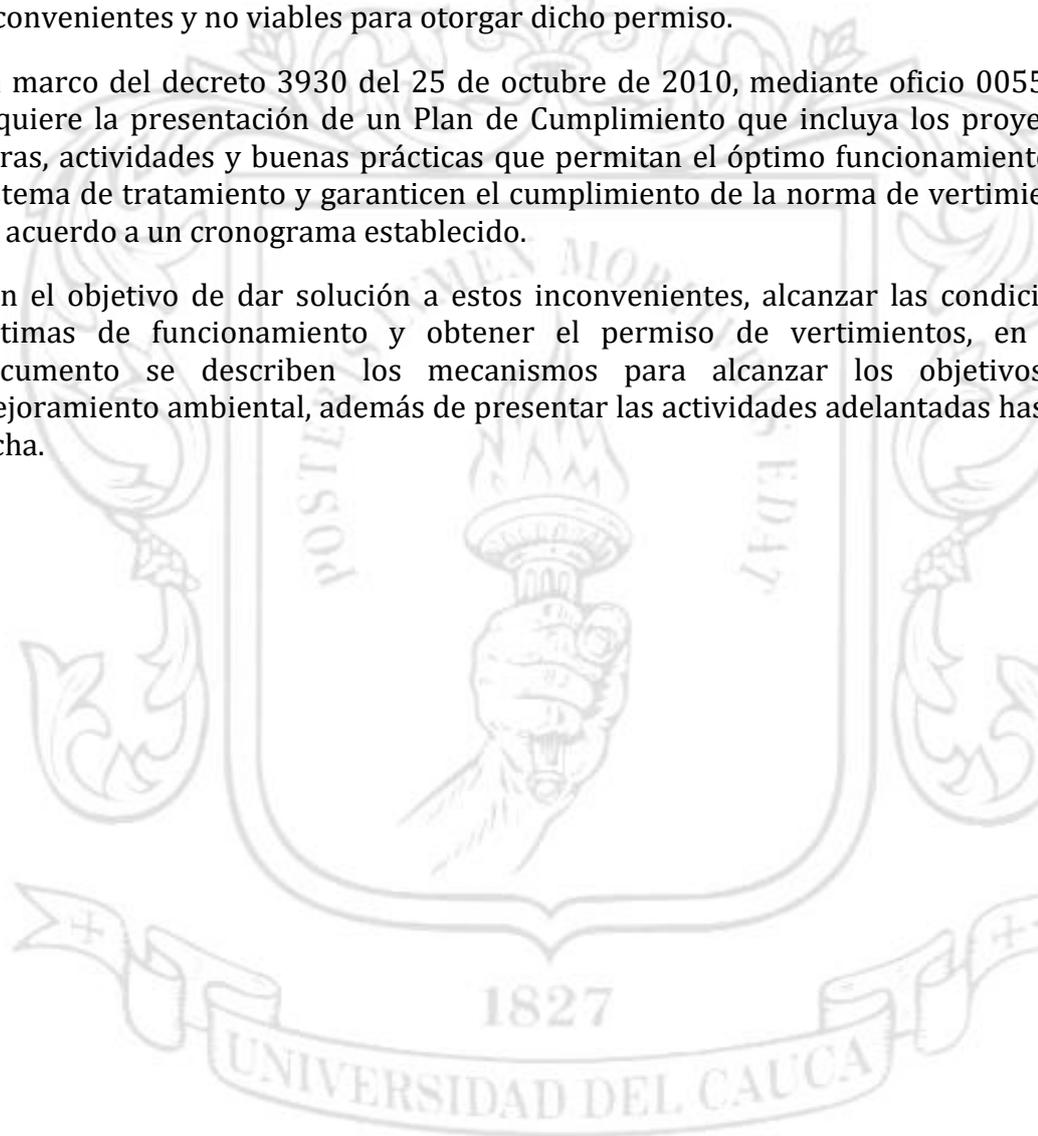
1. Introducción
2. Antecedentes
3. Diagnostico
4. Plan de Cumplimiento
  - 4.1 Plan de Proyectos
    - 4.1.1 Proyecto de mejoramiento del alcantarillado sanitario
      - 4.1.1.1 Diagnostico del sistema de alcantarillado
      - 4.1.1.2 Estudio y diseño de alternativas de solución
      - 4.1.1.3 Ejecución de obras para manejo de aguas lluvias
    - 4.1.2 Proyecto de mejoramiento del sistema de tratamiento
      - 4.1.2.1 Levantamiento topográfico de la PTAR
      - 4.1.2.2 Diagnostico general de la PTAR
      - 4.1.2.3 Diseño de soluciones de la PTAR
      - 4.1.2.4 Ejecución de obras para mantenimiento de la PTAR
    - 4.1.3 Proyecto de buenas prácticas, operación y mantenimiento
      - 4.1.3.1 Elaboración de manual de buenas prácticas frente a los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales
      - 4.1.3.2 Elaboración del manual de operación y mantenimiento de los sistema de remoción y tratamiento de aguas residuales
      - 4.1.3.3 Socialización de manuales
  - 4.2 Cronograma de Actividades
  - 4.3 Acciones Realizadas
    - 4.3.1 Cerramiento y Señalización de la Zona de Tratamiento
    - 4.3.2 Monitoreo del Sistema de Tratamiento
    - 4.3.3 Formulación del Manual de Operación
    - 4.3.4 Mantenimiento de la red de alcantarillado
5. Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo del Vertimiento
6. Plan de Contingencia para la Prevención y Control de Derrames
7. Presupuesto

## 1. Introducción

En atención a la solicitud de Permiso de Vertimientos hecha el 31 de diciembre de 2010, la Corporación Autónoma Regional del Cauca realizó el pasado 24 de enero la visita de inspección No. 00335, en la cual se encontraron condiciones inconvenientes y no viables para otorgar dicho permiso.

En marco del decreto 3930 del 25 de octubre de 2010, mediante oficio 00555 se requiere la presentación de un Plan de Cumplimiento que incluya los proyectos, obras, actividades y buenas prácticas que permitan el óptimo funcionamiento del sistema de tratamiento y garanticen el cumplimiento de la norma de vertimientos de acuerdo a un cronograma establecido.

Con el objetivo de dar solución a estos inconvenientes, alcanzar las condiciones óptimas de funcionamiento y obtener el permiso de vertimientos, en este documento se describen los mecanismos para alcanzar los objetivos de mejoramiento ambiental, además de presentar las actividades adelantadas hasta la fecha.



## 2. Antecedentes

El sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas del Cantón Militar de Popayán funciona desde el año 2004, consta de tratamiento preliminar, canales desarenadores, una laguna anaerobia y una laguna facultativa, cuyas dimensiones cumplen con las especificaciones técnicas descritas en la norma RAS 2000. Para el diseño de la laguna anaeróbica el caudal de diseño fue considerado de 30 LPS, la concentración a la entrada fue de 350 mg/L de DBO<sub>5</sub> y de 300 mg/L de SST.

El 21 de abril de 2006, se realizó por parte de técnicos de la Corporación, visita y caracterización de vertimientos a los efluentes del Batallón para determinar el grado de cumplimiento en normas de vertimientos. El 22 de mayo de 2006 se presentó informe de vertimientos radicado 152-06203 en donde se concluye que los parámetros in situ como pH y temperatura cumplen las normas de vertimientos, que las remociones de DBO<sub>5</sub>, grasas y aceites son mayores del 80%. Sin embargo, la remoción de DQO es inferior al 80% y la remoción de sólidos es del 25%, requiriéndose algunas mejoras para alcanzar el cumplimiento total de las normas de vertimientos. Se conceptúa que la planta de tratamiento de aguas residuales existente en el Batallón José Hilario López, cumple parcialmente con las normas de vertimientos del Decreto 1594/84, por lo tanto se requiere establecer un plan de cumplimiento por un año para permitir realizar las mejoras al sistema de tratamiento y dar cumplimiento a las normas de vertimientos.

Luego de casi 2 años, la Corporación requirió la renovación del permiso de vertimientos al Batallón José Hilario López concediendo un plazo de 45 días calendario. Según los informes de monitoreos realizados durante el 2008, se evidencian valores atípicos del agua residual afluyente, ausencia de lechos de secado y ausencia de rejillas en la cámara de cribado.

En el último informe de Inspección al Batallón de A.S.P.C. No. 29 “General Enrique Arboleda Cortés”, la Corporación reconoce evidentes mejoras de carácter operativo y de mantenimiento técnico del sistema, incluyendo la presencia de rejillas de cribado en los canales de aproximación del sistema de tratamiento; recomienda instalar antes del año 2012 los lechos de secado necesarios para la disposición final de sedimentos y lodos del sistema, adecuar el encerramiento preventivo perimetral del área del tratamiento para evitar el ingreso al sistema de personal no autorizado y/o animales de granja, separar desde la fuente las aguas residuales domésticas de las aguas lluvias, continuar con las labores de operación y mantenimiento general del sistema; paralelo a lo anterior se debe iniciar el proceso de vertimientos presentado el Plan de Cumplimiento al Batallón de A.S.P.C. No. 29 “General Enrique Arboleda Cortés”, en el cual se evidencie el compromiso

de mejoramiento para obtener el permiso de vertimientos definitivo de acuerdo con el Decreto 3930 de 2010.

### 3. Diagnóstico

En este aparte de plan de cumplimiento se incluyeron los resultados de las acciones relazadas y descritas en el Diagnostico del sistema de tratamiento que se presenta en este documento *(ver página 14)*.

## 4. Plan de Cumplimiento

### 4.1 Plan de Proyectos

El plan de cumplimiento para el Batallón de ASPC No. 29 se estructura en tres grandes proyectos los cuales son:

- Proyecto de mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario
- Proyecto de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales
- Proyecto de buenas prácticas, operación y mantenimiento de los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales.

De los anteriores proyectos se derivan las acciones que tienen como principal objetivo minimizar el impacto ambiental generado por los desechos líquidos producidos en el batallón.

#### 4.1.1 Proyecto de Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario

Este proyecto busca reducir los inconvenientes causados por las conexiones erradas de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, las cuales se dan por conexiones de sumideros de aguas lluvias ubicados en las vías internas del batallón.

Para dar una solución a este problema se derivan actividades y obras que se relacionan a continuación:

##### 4.1.1.1 Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado

Esta actividad es el compendio y procesamiento de la información aportada por el catastro de redes y cámaras de inspección, y será información básica para diseñar las soluciones pertinentes al sistema de alcantarillado.

##### 4.1.1.2 Estudio y diseño de alternativas de solución

Se refiere a las soluciones de ingeniería que permitan corregir los problemas encontrados en el diagnóstico de la situación del

sistema de alcantarillado teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas que rigen las construcciones de alcantarillados sanitarios estipuladas en el RAS 2000.

#### **4.1.1.3 Ejecución de obras para manejo de aguas lluvias**

Como su nombre lo indica, es la fase constructiva del proyecto de mejoramiento de alcantarillado sanitario y su duración depende de lo previsto en los diseños.

### **4.1.2 Proyecto de Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales**

De acuerdo a los monitoreos realizados y detallados anteriormente, el sistema de tratamiento de aguas residuales no tiene la eficiencia suficiente, debido a posibles problemas de operación y mantenimiento de la misma, además de los problema ocasionados por el aporte de aguas lluvias y/o de infiltración.

Por esta situación, se plantea el presente proyecto con el que se busca alcanzar la eficiencia óptima de remoción, facilitando el cumplimiento de la normatividad vigente y minimizando el impacto generado con la descarga del vertimiento.

Las actividades para cumplir los objetivos del presente proyecto son las siguientes:

#### **4.1.2.1 Levantamiento topográfico de la PTAR**

Se desarrollara mediante una comisión de topografía, el levantamiento de toda la distribución de la PTAR para tener el registro AS - BUILD de la PTAR y construir el perfil de funcionamiento hidráulico y asociarlo con las remociones producidas.

#### **4.1.2.2 Diagnóstico general de la PTAR**

Además de la información generada por las anteriores actividades, se realizara un diagnostico consistente en la revisión del funcionamiento hidráulico de la PTAR, estado de las estructuras y recomendaciones de mejoramiento; en el caso de las estructuras faltantes, como los lechos de secado, elaborar su diseño y construcción.

#### **4.1.2.3 Diseño de soluciones de la PTAR**

Acatando las observaciones generadas por el diagnostico se generaran las soluciones de ingeniería que permitan la operación optima de la PTAR, incluyendo especificaciones, memorias y planos que servirán de base para quienes realicen la construcción, operación, mantenimiento y control de la PTAR.

#### **4.1.2.4 Ejecución de obras en la PTAR**

Las obras que se generen en el diseño de las soluciones a la PTAR se construirán respetando las indicaciones y especificaciones de

construcción recomendadas por el diseñador. Una de las obras que se recalcan como obligatorias dentro de este ítem es el sistema de manejo de lodos de la PTAR.

#### **4.1.3 Proyecto de buenas prácticas, operación y mantenimiento de los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales**

En este aparte del plan de cumplimiento se busca velar por el adecuado uso del sistema de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento por parte de quienes se benefician con su operación.

También se busca generar una normatividad para los operadores de los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales garantizando su funcionamiento continuo y eficaz.

##### **4.1.3.1 Elaboración de manual de buenas prácticas frente a los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales**

El manual consta de normas de buen uso y conservación de las redes, estructuras y accesorios del alcantarillado y la PTAR valido para todas las personas que usen de dichos servicios.

##### **4.1.3.2 Elaboración de manual de operación y mantenimiento de los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales**

El manual de operación y mantenimiento estará dirigido a los encargados de dicha labor para que el buen estado de las estructuras se mantenga durante su vida útil y se garantice su eficacia de transporte y remoción de cargas contaminantes.

##### **4.1.3.3 Socialización de Manuales**

El interés principal de este proyecto es que los manuales se apliquen, de manera que su contenido sea la ruta de alcance de los objetivos del plan de cumplimiento, convirtiéndose en una muestra fehaciente del compromiso social y ambiental del Batallón de ASPC No. 29.

Es por eso que se realizará la socialización de los manuales en los ambientes apropiados para su conocimiento y aplicación inmediata.

## 4.2 Cronograma de Actividades

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PLAN DE CUMPLIMIENTO BATALLON DE ASPC No. 29**

PROYECTO	ACTIVIDADES/OBRAS	2011						2012							
		JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	CATASTRO DE REDES Y CÁMARAS DE INSPECCIÓN DE ALCANTARILLADO	■													
	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BATALLON DE ASPC No. 29		■												
	DISEÑO DE SOLUCIONES AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO		■	■											
	EJECUCIÓN DE OBRAS PARA MANEJO DE AGUAS LLUVIAS Y SEPARACIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA PTAR	■													
	REALIZACION PERFIL DE LODOS	■													
	DIAGNOSTICO GENERAL DE LA PTAR	■													
	DISEÑO DE SOLUCIONES DE LA PTAR		■	■											
	EJECUCION DE OBRAS EN LA PTAR				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PROYECTO DE BUENAS PRÁCTICAS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	ELABORACIÓN DE MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS FRENTE A LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				■										
	ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				■										
	SOCIALIZACION DE MANUALES					■									■

### 4.3 Actividades Realizadas

Con el fin de implementar las recomendaciones emitidas por la Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC, y en general de alcanzar el mejoramiento ambiental del Cantón Militar de Popayán, se han realizado las siguientes actividades:

#### 4.3.1 Cerramiento y Señalización de la Zona de Tratamiento

Por la seguridad de quienes habitan el recinto militar y para evitar la entrada de animales de granja a las cercanías de las lagunas, se encerró el perímetro de tratamiento con posteadura de madera y alambre de púas, limitando el acceso a la zona.



Fotografía 1: Cerramiento del sistema de lagunas

Además con la intención de señalar y embellecer el lugar, se están adelantando actividades que incluyen la siembra de una cerca viva de jazmín, la colocación del aviso de presentación del sistema y la poda periódica de maleza.

#### 4.3.2 Monitoreo del funcionamiento de Sistema de Tratamiento

La Corporación en respuesta al oficio No. 01371 el pasado 2 de marzo, definió entre las actividades de apoyo la colaboración en la realización de dos monitoreos al sistema de tratamiento en 4 puntos.

Los lugares de muestreo del sistema se ubicaron:

- En la entrada al sistema

- En la entrada a la laguna facultativa que coincide con el efluente de la laguna anaeróbica
- Efluente del sistema de tratamiento
- Descarga del vertimiento sobre el río Cauca

Los muestreos se tomaron desde las 10:00 am hasta las 2:00 pm, siendo este el intervalo horario que representa las condiciones de mayor operación. El primer monitoreo se realizó el pasado 24 de marzo, y el siguiente el 1 de junio. Durante la ejecución se midieron en el sitio y por cada punto: caudales, temperatura, pH y conductividad; y en el laboratorio ambiental de la CRC se determinó DBO, DQO, sólidos y grasas y aceites.

#### **4.3.3 Formulación del Manual de Operación**

La finalidad del manual es ofrecer al operario encargado del mantenimiento y supervisión del sistema, un documento técnico que le permita mantener la eficiencia del sistema y avanzar en un mejoramiento continuo del mismo cumpliendo con la normativa ambiental vigente que a vertimientos líquidos refiere.

#### **4.3.4 Chequeo de la red de alcantarillado**

Se realizará este chequeo con el fin de determinar si existen o no conexiones erradas al sistema, y si el sistema tiene la capacidad suficiente para transportar aguas residuales y aguas lluvias.

Para ello durante los últimos meses se han adelantado actividades orientadas a la realización del diagnóstico base de funcionamiento actual del sistema de alcantarillado, entre ellas:

- a. Se realizó el inventario de la cantidad de pozos de inspección, los accesorios por pozo y su estado.
- b. Actualmente, se están cuantificando las estructuras hidráulicas por edificio, los accesorios y su estado.
- c. La actividad siguiente es determinar las líneas de flujo, diámetros y sentidos de la conducción.

## 5. Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo del Vertimiento

### 5.1 Generalidades

El Cantón Militar de Popayán trata las aguas residuales generadas mediante un sistema de lagunas de estabilización que funcionan desde el año 2004. El agua residual es colectada y conducida mediante alcantarillado combinado, se deriva a una laguna anaerobia luego del previo cribado y desgrasado, posteriormente es conducida a una laguna facultativa y finalmente el efluente del sistema es vertido sobre el río Cauca.

En busca de obtener el permiso definitivo de vertimientos, la información y procedimientos relacionados en este Plan se han elaborado siguiendo el marco normativo contemplado en el Decreto 3930 en cuanto a usos de agua y residuos líquidos.

El Plan de Gestión de Riesgos para el Manejo de Vertimientos es un instrumento para las situaciones que limiten o impidan el tratamiento del vertimiento. Las acciones y procedimientos a implementar que se describen a continuación buscan prevenir, evitar, reducir y corregir las fallas que pueda presentar el sistema de gestión y tratamiento de aguas residuales, y que impidan su tratamiento efectivo y el cumplimiento de los criterios normativos legales.

### 5.2 Descripción de las Actividades y Procesos asociadas al Vertimiento

El sistema de gestión y tratamiento de aguas residuales se encuentra dentro del Cantón Militar, el cual está ubicado en el municipio de Popayán, con una altitud de 1735 m.s.n.m, temperatura media de 19°C y precipitación media anual de 1941 mm, en el departamento del Cauca.

#### 5.2.1 Infraestructura del Sistema

En este aparte se realizó la descripción del sistema presentada en el Manual de operación incluido en este documento (*Ver página 43*).

#### 5.2.2 Área de Influencia

- i. *Cauce intervenido.* El receptor directo del vertimiento es el río Cauca.

- ii. *Infraestructura Vial.* La red de alcantarillado que conduce las aguas residuales y las aguas lluvias está dispuesta bajo la infraestructura vial interna del Cantón Militar de Popayán. El efluente del sistema de tratamiento no afecta ninguna otra vía.
- iii. *Presencia Institucional.* Dentro del Cantón Militar funcionan 7 unidades militares, en cada una de ellas se conserva la visión de un ejército legítimo, disciplinado, moderno, profesional, entrenado, afianzado en sus valores, con la moral en alto, capaz de neutralizar las amenazas internas y externas en el cumplimiento de su misión, contribuyendo a la construcción de los caminos de la paz y al desarrollo de la nación; y la misión de conducir operaciones militares orientadas a defender la soberanía, la independencia y la integridad territorial, proteger a la población civil, los recursos privados y estatales para generar un ambiente de paz, seguridad y desarrollo que garantice el orden institucional de la nación.

### **5.3 Análisis de Riesgos del Sistema de Vertimiento**

#### **5.3.1 Análisis de Riesgos Internos del Sistema de Vertimiento**

1. Las conexiones erradas de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario ocasionan dilución del agua residual entrante al sistema de tratamiento, afectando la eficiencia del tratamiento biológico que se lleva a cabo en las lagunas.
2. Obstrucciones en el sistema de alcantarillado, debido al depósito de material o al ingreso de objetos de tamaño considerable en la red.
3. El tratamiento del agua residual del Cantón Militar no está alcanzando la eficiencia necesaria para obtener el grado de depuración adecuado.

#### **5.3.2 Análisis de Riesgos Externos del Sistema de Vertimiento**

1. Uso inadecuado del sistema de alcantarillado.
2. Temporadas invernales largas con lluvias de alta intensidad y de considerable duración.
3. Ingreso a la zona de tratamiento de personal no autorizado, que puede poner en riesgo su propia seguridad.

### 5.3.3 Análisis de Riesgos por el vertimiento de aguas sin tratar sobre el medio natural

	<b>Efluente Alcantarillado</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	84,25 mg/L
<b>DQO</b>	159,5 mg/L
<b>SST</b>	76,4 mg/L
<b>Grasas y Aceites</b>	34,5 mg/L

**Tabla 1:** Características del agua residual entrante a la PTAR del Cantón Militar de Popayán

Si el vertimiento sobre el río Cauca ocurriera directamente del efluente del alcantarillado sin ingresar al sistema de tratamiento, se superarían los límites máximos permisibles dispuestos en el Decreto 1594 de 1984 y de lo dispuesto hasta el momento en el Decreto 3930 de 2010 en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales y grasas y aceites; ocasionando contaminación y perjudicando las condiciones naturales de la fuente receptora.

### 5.4 Medidas de Prevención y Mitigación de Riesgos Asociados al Sistema de Gestión del Vertimiento

Las acciones y procedimientos que se implementaran buscan evitar se generen nuevos riesgos y reducir los riesgos existentes, reducir la vulnerabilidad física y funcional del sistema de tratamiento y aumentar la capacidad de respuesta y recuperación en el caso de que se presente el vertimiento sin tratamiento.

Las actividades previstas para la prevención y mitigación de los riesgos mencionados se describen en detalle en el Plan de Cumplimiento, y están asociadas a los proyectos mencionados:

- Proyecto de mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario
- Proyecto de mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales
- Proyecto de buenas prácticas, operación y mantenimiento de los sistemas de remoción y tratamiento de aguas residuales.

## 6. Plan de Contingencia para la Prevención y Control de Derrames

En este aparte se establecen los lineamientos y metodología aplicada para contener y controlar un derrame de hidrocarburos, provenientes del almacenamiento de combustible que se lleva dentro del Cantón Militar para el abastecimiento de aeronaves.

### 6.1 Alcance

Es aplicable a todas las operaciones y/o actividades en las cuales los integrantes de la fuerza o personal civil se vean expuestos en algún momento a derrames de hidrocarburos.

### 6.2 Responsabilidades

Es responsabilidad del Comandante de la unidad aprobar este procedimiento y proveer los recursos económicos, técnicos y humanos para contener y controlar los derrames que se presenten. El Comandante de la unidad en su calidad de superior máximo tendrá la responsabilidad de:

- Recibir y validar la información detallada del evento, y dirigir la reacción oportuna con ocasión de atender el imprevisto.
- Brindar el respaldo logístico y humano al personal encargado la atención inmediata.
- Notificar al nivel superior del evento ocurrido.

Es responsabilidad del encargado del almacenamiento y suministro de combustible:

- Recibir y comunicar información detallada del evento ocurrido.
- Evaluar y tomar frente según la situación particular de la emergencia.
- Notificar a los entes gubernamentales y/o privados que se vean directamente afectados por el incidente.
- Coordinar la correcta activación e implementación del Plan de Emergencias.
- Designar y supervisar las funciones específicas del personal asignado para el control de derrames.

Los integrantes de los equipos o brigadas de emergencia serán responsables de informar y divulgar el contenido de este documento, adicionalmente propondrán ajustes, mejoras y actualizaciones para asegurar su vigencia.

### 6.3 Referencias

Directiva No. 049: De las normas generales para el Manejo, Control, Seguridad y Mantenimiento de los Sistemas de Combustibles y Aviación.

## 6.4 Desarrollo

En caso de presentarse un derrame de combustible se deben seguir los siguientes pasos:

- i. Establecer la fuente del derrame inmediatamente y de ser posible detener el flujo en su fuente.
- ii. Evacuar al personal no esencial del sitio según sea apropiado.
- iii. Prevenir la entrada en desagües, canales o ríos.
- iv. Informar inmediatamente sobre el derrame al Comandante de la unidad.
- v. Movilizar a los equipos necesarios de limpieza, según se estimen apropiados para evitar que el derrame avance.
- vi. Absorber o evitar la extensión del líquido con arena, tierra u otro producto que sirva para limitar el avance de la lámina de combustible.
- vii. Recoger en canecas siempre que sea posible, con el fin de eliminar posteriormente bajo las medidas apropiadas de seguridad.
- viii. Bajo ninguna consideración suministrar agua, con el fin de evitar la dispersión del combustible.
- ix. Utilización correcta del kit anti derrames con que cuenta el punto.

### 6.4.1 Derrame en el agua

**6.4.1.1** *Expansión del derrame.* Los hidrocarburos tienden a expandirse inmediatamente en la superficie del agua debido a la fuerza de gravedad y la diferencia de tensión superficial entre el agua y el combustible, dicha expansión es menos dependiente de las condiciones de viento y corriente. Por lo tanto el tiempo es un factor primordial en el control de derrames de hidrocarburos; inicialmente, la expansión aumenta mientras más tiempo pasa, hasta que la evaporación que ocurre hace que esta decrezca en forma continua. Así, cuanto mayor sea la expansión mayor será el área contaminada.

**6.4.1.2** *Cálculo del movimiento del derrame.* Los combustibles livianos se expanden más rápidamente que los combustibles pesados. El viento generalmente mueve al combustible a una velocidad aproximada de un 3% de su propia velocidad. Hay que tener presente que un viento superior a 16 Km/h romperá la mancha principal en manchas pequeñas que, en general toman una forma alargada, siguiendo la dirección de la corriente y el viento.

## **6.4.2 Técnica del uso de sorbentes**

Los sorbentes actúan por absorción del combustible que flota en la superficie y debido a su poca densidad continúan flotando después de estar impregnados de combustible.

Los sorbentes pueden ser de origen natural como la paja, el aserrín o algunos sintéticos como espumas de poliuretano o polietileno, viene en forma de hojas, rollos, barreras, etc. La forma de utilización del sorbente dependerá de sus características, generalmente se esparcen sobre la mancha y la recolección se realiza en forma manual o mecánica.

Los vientos y las corrientes pueden dispersar a los sorbentes impregnados en un área muy extensa, por tales razones el uso de sorbentes no está generalizado, y su utilización ha quedado limitada a derrames en aguas poco profundas o en lugares fácilmente accesibles.

## **6.4.3 Técnica de contención de derrames**

### **6.4.3.1 Bermas de desviación**

Las bermas bajas son construidas con los materiales disponibles (tierra, grava, sacos de arena, etc.) para desviar el flujo hacia un punto de recuperación.

Se utilizan equipos para movimiento de tierras o trabajo manual para construir bermas formando los materiales o colocando sacos de arena en hileras paralelas a la ruta deseada indicando el paso del flujo. Si se utilizan materiales del sitio, se deberá excavar del lado opuesto al del flujo. También se pueden construir bermas de desviación a cada lado del flujo para limitar la propagación y canalizarlo al sitio de recuperación (un sumidero excavado o una depresión natural).

### **6.4.3.2 Bermas de contención**

Las bermas bajas son construidas con los materiales disponibles (tierra, grava, sacos de arena, etc.) o con elementos absorbentes, y son utilizados para contener el flujo en terrenos relativamente planos y/o con declives bajos o en terrenos pantanosos.

### **6.4.3.3 Zanjas de intercepción**

Se utilizan zanjas excavadas para interceptar o desviar flujos superficiales hacia puntos de recuperación.

El material excavado de la zanja debe ser colocado al lado para aumentar el declive del terreno. El lado bajo de la zanja debe ser

revestido con un material impermeable similar para reducir la infiltración hacia los acuíferos o el flujo hacia áreas adyacentes.

#### **6.4.3.4 Bloqueo de alcantarillas**

Tablas, sacos de arena, grava o sedimentos son los materiales utilizados para bloquear alcantarillas como medio de contener el flujo a fosas, riachuelos u otros drenajes que alimenten las alcantarillas.

Si fluye agua hacia la fosa de drenaje, se la puede retirar por medio de bombeo, a la salida de la alcantarilla o del drenaje más cercano.

Si hay poca o ningún área de almacenamiento en el declive superior de la alcantarilla, puede ser ventajoso permitir que el hidrocarburo pase por la alcantarilla y contener el derrame a la salida de la misma.

#### **6.4.3.5 Diques de bloqueo**

Los diques son construidos cruzando el lecho de los ríos, las zanjas u otros cursos de drenaje de poco o ningún flujo de agua, para bloquear y contener cualquier flujo.

Construir el dique con el material disponible en el sitio o cerca del sitio tales como grava, madera o cualquier material que bloquee el flujo.

#### **6.4.3.6 Barreras absorbentes**

Barreras absorbentes son utilizadas para contener y recuperar el hidrocarburo en vías de drenaje, corrientes, quebradas o pequeños ríos.

El despliegue de las barreras absorbentes se hace a través de la vía de agua con cada extremo anclado a la orilla.

Una serie de barreras o bermas desplegadas en formación de cascada son utilizadas para dirigir el flujo a la orilla para su recuperación.

## 6.5 Estrategia para el Derrame de Hidrocarburos

<b>ESTRATEGIA PARA EL DERRAME DE HIDROCARBUROS</b>	
<b>Quien descubre el derrame:</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Avisa al COT y activa la alarma de inmediato</li><li>2. Si no puede controlar, espera las instrucciones</li></ol>
<b>Suboficial de Medio Ambiente</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Evalúa y dispone acciones y recursos en el lugar del derrame</li><li>2. Coordina las labores de remoción</li><li>3. Informa al Comandante de la unidad del avance de la situación</li></ol>
<b>Suboficial de Comunicaciones</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mantiene informado al Comandante de la unidad</li><li>2. Mantiene comunicación con el punto de derrame</li></ol>
<b>Comandante Unidad Táctica</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Activa un centro de control de emergencias</li><li>2. Facilita el personal y demás recursos que se requiera para controlar la situación</li><li>3. Mantiene informado el evento al nivel superior</li></ol>

## 7. Presupuesto

El presente presupuesto puede variar dependiendo de las consideraciones hechas en los diseños y de la variación de los costos de material.

### PRESUPUESTO PLAN DE CUMPLIMIENTO BATALLON DE ASPC No. 29

PROYECTO	ACTIVIDADES/OBRAS	2011						2012						VALOR DE INVERSION												
		JUN	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		JUL											
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	CATASTRO DE REDES Y CÁMARAS DE INSPECCIÓN DE ALCANTARILLADO	\$2.200.000														\$36.452.000										
	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BATALLON DE ASPC No. 29		\$900.000																							
	DISEÑO DE SOLUCIONES AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO		\$2.100.000																							
	EJECUCIÓN DE OBRAS PARA MANEJO DE AGUAS LLUVIAS Y SEPARACIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO				\$31.252.000																					
PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA PTAR	\$600.000														\$48.820.000										
	CARACTERIZACION DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LA PTAR - PERFIL DE LÓDOS	\$1.200.000																								
	DIAGNOSTICO GENERAL DE LA PTAR		\$1.100.000																							
	DISEÑO DE SOLUCIONES DE LA PTAR		\$6.400.000																							
	EJECUCION DE OBRAS EN LA PTAR				\$39.520.000																					
PROYECTO DE BUENAS PRÁCTICAS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	ELABORACIÓN DE MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS FRENTE A LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				\$1.000.000											\$2.740.000										
	ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				\$1.500.000																					
	SOCIALIZACION DE MANUALES					\$120.000								\$120.000												
<b>TOTAL INVERSION PLAN DE CUMPLIMIENTO</b>																										<b>\$88.012.000</b>

**ANEXO L: OFICIO DE RESPUESTA DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA SOBRE EL PLAN DE CUMPLIMIENTO PRESENTADO**



**ANEXO M: CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y TIEMPO DE  
PASANTIA**

**FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA  
EJERCITO NACIONAL**



**BATALLÓN DE A.S.P.C. No. 29  
"GENERAL ENRIQUE ARBOLEDA CORTES"**

No. 3001 /MD-CG-CE-DIV-BR29-BAS29-CDO

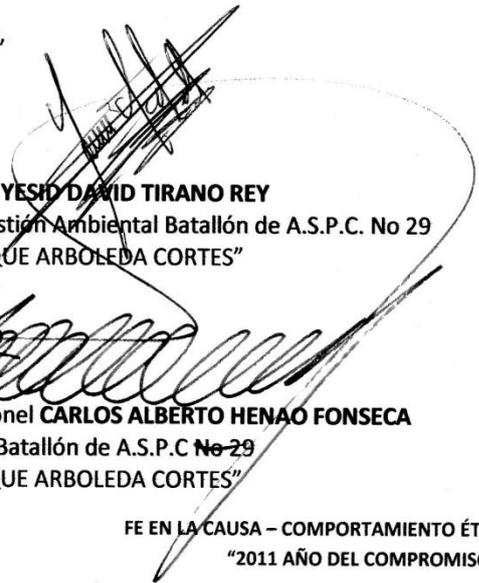
Popayán, 2 de septiembre de 2011.

Señor  
**José Fernando Pérez Restrepo**  
Secretario General Facultad de Ingeniería Civil  
Universidad del Cauca

Cordial Saludo

De manera atenta me permito informarle que la estudiante **ANA MARIA LOSADA GALEANO** identificada con cédula de ciudadanía No. 1.061.715.937 de Popayán (Cauca), que cursa décimo semestre del programa Ingeniería Ambiental, ha concluido de manera completa y exitosa su trabajo de grado en modalidad pasantía, denominado **"APOYO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES EMITIDAS POR LA COPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA PARA MEJORAMIENTO AMBIENTAL DEL BATALLÓN DE ASPC No. 29 "GRAL. ENRIQUE ARBOLEDA CORTÉS"**, desarrollándolo en un total de 650 horas y cumpliendo con los objetivos planteados en el proyecto presentado en la institución.

Cordialmente,

  
Cabo Tercero **YESID DAVID TIRANO REY**  
Oficina de Gestión Ambiental Batallón de A.S.P.C. No 29  
"GRAL. ENRIQUE ARBOLEDA CORTES"

  
Teniente Coronel **CARLOS ALBERTO HENAO FONSECA**  
Comandante Batallón de A.S.P.C No 29  
"GRAL. ENRIQUE ARBOLEDA CORTES"

FE EN LA CAUSA – COMPORTAMIENTO ÉTICO SUPERIOR  
"2011 AÑO DEL COMPROMISO"