

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE
CORINTO, CAUCA**

**DUSTIN STEPHAN MELÉNDEZ GIRALDO
ANGELA MARÍA SÁNCHEZ MORENO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2016**

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE
CORINTO, CAUCA**

**DUSTIN STEPHAN MELÉNDEZ GIRALDO
ANGELA MARÍA SÁNCHEZ MORENO**

**TRABAJO COMO OPCIÓN DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR DE TESIS
ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES SANTAMARÍA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2016**

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
3.2 JUSTIFICACIÓN	5
4. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	6
5. MARCO DE REFERENCIA	7
5.1 MARCO TEÓRICO	7
5.1.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE CORINTO:.....	7
5.1.2 ESTADO DEL ARTE.....	9
5.1.3 REFERENCIA TEÓRICA.....	10
5.2 MARCO CONCEPTUAL	18
6. METODOLOGÍA	21
7. FLUJOGRAMA	24
8. CRONOGRAMA	25
9. RESULTADOS	26
9.1 PRIMERA ETAPA: DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES QUE PRESENTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.	26
9.1.1 PUNTO DE CAPTACIÓN:.....	26
9.1.2 ACTIVIDAD 1: EXPLORAR LA PTAP.....	28
9.1.3 ACTIVIDAD 2: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN TÉCNICA.....	34
9.1.4 ACTIVIDAD 3: VERIFICAR PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO.	45
9.1.5 ACTIVIDAD 4: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.	55
9.1.6 ACTIVIDAD 5: PRUEBAS DE TRATABILIDAD PARA DETERMINAR PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA.	56

9.2 SEGUNDA ETAPA: PLANTEAR UNA POSIBLE ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PTAP, CONSIDERANDO EL DIAGNOSTICO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO.	64
9.2.1 ACTIVIDAD 6: IDENTIFICAR LOS PUNTOS CRÍTICOS EN LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO Y SUS POSIBLES REFORMAS.	64
9.2.2 ACTIVIDAD 7: VERIFICAR LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LOS ACTUALES DISEÑOS DE LA PTAP.....	67
9.2.3 ACTIVIDAD 8: ELABORACIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE DISEÑO	81
9.3 TERCERA ETAPA: PRESENTAR UN PRESUPUESTO APROXIMADO DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO Y FUTURAS RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN.	107
9.3.1 ACTIVIDAD 9: REALIZAR EL PRESUPUESTO APROXIMADO DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP.....	107
9.3.1.1 RECOMENDACIONES.....	111
10. CONCLUSIONES.....	115
11. BIBLIOGRAFÍA.....	116
12. ANEXOS	118
13. CONTROL DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	118

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Valores admisibles para las características físicas del agua.....	11
Tabla 2: Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.	11
Tabla 3: Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.	12
Tabla 4: Características microbiológicas.	12
Tabla 5: Estándares para fuentes de aguas crudas.	13
Tabla 6: Procesos de purificación de agua.	13
Tabla 7: Clasificación de filtros.	17
Tabla 8: Variables medidas en la cámara de quietamiento.....	35
Tabla 9: Dimensiones de la cámara de quietamiento.	36
Tabla 10: Variables medidas en el vertedero rectangular.	37
Tabla 11: Dimensiones del vertedero rectangular.	38
Tabla 12: Variables medidas en el floculador hidráulico de flujo horizontal.	38
Tabla 13: Dimensiones primera sección-floculador hidráulico.	40
Tabla 14: Dimensiones segunda sección-floculador hidráulico.....	40
Tabla 15: Dimensiones tercera sección-floculador hidráulico.	40
Tabla 16: Variables medidas en el vertedero rectangular.	41
Tabla 17: Dimensiones del sedimentador convencional.	42
Tabla 18: Variables medidas en el sedimentador de alta tasa.	42
Tabla 19: Variables medidas de las placas de asbesto-cemento.	42
Tabla 20: Dimensiones del sedimentador de alta tasa.	43
Tabla 21: Variables medidas de los filtros de alta tasa.	44
Tabla 22: Dimensiones de la batería de filtros de alta tasa.	44
Tabla 23: Propiedades físicas del agua.....	45
Tabla 24: Características físico-químicas y temperatura del agua cruda, sedimentada y tratada en la PTAP.	58
Tabla 25: Características microbiológicas del agua.....	59
Tabla 26: Resultado de la prueba de jarras.....	61
Tabla 27: Censos de población.....	67
Tabla 28: Estimación de población método aritmético.....	68
Tabla 29: Estimación de población método geométrico.....	69
Tabla 30: Estimación de población método wappus.....	70
Tabla 31: Estimación de población por diferentes métodos.....	71
Tabla 32: Asignación del nivel de complejidad.....	71
Tabla 33: Período de diseño según el Nivel de Complejidad del Sistema.....	72
Tabla 34: Dotación Máxima Neta.....	72
Tabla 35: Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas.....	73

Tabla 36: Coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , según el Nivel de Complejidad del Sistema 74

Tabla 37: Datos para la determinación del caudal de diseño 75

Tabla 38: Dimensiones de los filtros..... 80

Tabla 39: Recomendaciones para el lecho filtrante 101

Tabla 40: Esquema de lechos filtrantes..... 101

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1: Proyección de población del DANE para el Municipio Corinto, Cauca.	8
Gráfica 2: Flujograma de actividades.....	24
Gráfica 3: Cronograma de actividades.....	25
Gráfica 4: Operación de la PTAP.....	34
Gráfica 5: Dosis óptima de Sulfato de Aluminio	62
Gráfica 6: Comparación grafica de los resultados de proyección	70

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ubicación geográfica-Municipio de Corinto,Cauca.	7
Figura 2: Río La Paila - Punto de la Captación.	26
Figura 3: Bocatoma del río La Paila.....	27
Figura 4: Bocatoma del río La Paila.....	27
Figura 5: Tanque Desarenador - Río La Paila.....	27
Figura 6: Entrada PTAP de Corinto.....	28
Figura 7: Vertedero rectangular- Pared delgada	29
Figura 8: Floculadores de flujo horizontal.....	29
Figura 9: Sedimentador convencional.....	30
Figura 10: Sedimentador de alta tasa.	31
Figura 11: Unidades de Filtración.	31
Figura 12: Cuarto de Cloración.	32
Figura 13: Tanque de Almacenamiento.	32
Figura 14: Laboratorio para el control de la calidad de agua en la PTAP.....	33
Figura 15: Esquema de la PTAP de Corinto, Cauca.	35
Figura 16: Dimensiones de la cámara de aquietamiento.....	36
Figura 17: Regla medidora de caudal	37
Figura 18: Dimensiones del vertedero rectangular.....	37
Figura 19: Dimensiones de los floculadores hidráulicos.....	39
Figura 20: Corte A-A del floculador hidráulico.....	39
Figura 21: Detalle del corte A-A vista en planta del floculador hidráulico.	39
Figura 22: Dimensiones del sedimentador convencional.	41
Figura 23: Dimensiones del sedimentador de alta tasa.....	43
Figura 24: Dimensiones de los filtros de alta tasa.	44
Figura 25: Frascos de vidrio-Recolección de muestras.....	56
Figura 26: Turbidímetro-Nefelómetro	57
Figura 27: Espectrofotómetro.....	57
Figura 28: pH-metro.....	58
Figura 29: Test de jarras- PTAP Corinto	61
Figura 30: Tabla para dosificar Sulfato de Aluminio	63
Figura 31: Placas de Asbesto-Cemento en Sedimentador de Alta Tasa	66
Figura 32: Descripción de la entrada del sistema de alta tasa.	66
Figura 33: Cámara de entrada y Unidad de mezcla rápida.	81
Figura 34: Separación de caudales.....	84
Figura 35: Esquema de zona lodos.....	94
Figura 36: Esquema del sedimentador de alta tasa- vista perfil.	96
Figura 37: Esquema de alternativa recomendada.....	114

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: TEMPERATURA DEL AGUA.	118
ANEXO 2: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA.....	119
ANEXO 3: PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE JARRAS.	122
ANEXO 4: PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EXISTENTE-PLANTA GENERAL	123
ANEXO 5: PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA PROYECTADA-PLANTA GENERAL	124
ANEXO 6: MEZCLA RÁPIDA, FLOCULADOR, SEDIMENTADOR, PLANTA Y CORTES	125
ANEXO 7: SEDIMENTADOR Y FILTROS, PLANTA Y CORTES	126
ANEXO 8: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)	127

1. INTRODUCCIÓN

Se ha convertido en una necesidad implementar alternativas para el mejoramiento de agua utilizada en el consumo humano, desarrollando así, diferentes procesos y operaciones que permiten la potabilización de agua cruda, teniendo como prioridad el bienestar de la población, todo esto con el fin de disminuir la propagación de enfermedades transmitidas por el agua no tratada.

En el presente estudio se realizará una propuesta para la optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Corinto, Cauca – Colombia, mediante el diagnóstico de los procesos y operaciones realizados en la planta y alternativas de optimización en la misma, utilizando ya sea la configuración hidráulica de las unidades actuales o diseñando nuevas unidades como base para el mejoramiento de ésta, lo anterior con el fin de ampliar la cobertura de agua tratada para la futura población.

Las unidades actuales de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), cumplen su periodo de diseño en el año 2019, por lo tanto, resulta necesario desde ya, ejecutar el estudio del estado actual y generar una alternativa óptima para aumentar la capacidad hidráulica de las instalaciones.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una recomendación para la optimización técnica de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Corinto, Cauca, mediante el diagnóstico y la presentación de una alternativa de diseño, en pro de mejorar su funcionamiento, cobertura y calidad de vida de la población.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de las condiciones actuales que presenta la planta de tratamiento de agua potable.
- Plantear una posible alternativa para el mejoramiento de la PTAP, considerando el diagnostico de las unidades de tratamiento.
- Presentar un presupuesto aproximado de la alternativa propuesta y futuras recomendaciones para la optimización de la PTAP del municipio de Corinto, Cauca.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Empresa de Acueducto de Corinto, Cauca (EMCORINTO E.S.P), cuenta con una planta de tratamiento de agua potable, esta fue construida en 1989; diseñada como un complemento para acueducto de la población urbana del municipio de Corinto.

En el año 2016 la alcaldía municipal publicó, un nuevo plan de desarrollo municipal llamado, “Nuevas Ideas Para la Paz”; este PDM plantea aumentar la cobertura del servicio de agua potable para la población rural; pues sólo 2 de las 47 veredas cuentan con él. También se proyecta para el año 2019, ampliaciones que permitan el suministro de agua para las 45 veredas; estas representan el 96% de la población rural. Por esta razón EMCORINTO E.S.P y la alcaldía municipal apremian una optimización para la PTAP.

Sin embargo desde el año 2004 la empresa de acueducto de Corinto arrancó proyectos paralelos con el fin de ampliar la capacidad de la captación, línea de conducción y tanques de almacenamiento, debido a esto el caudal aumento de 55L/s a 95L/s. Según Diego Prado¹, los cambios realizados en la conducción de la bocatoma del río La Paila y la quebrada Chicharronal a la PTAP de Corinto fueron los siguientes, cambio de tubería de 8 pulgadas en asbesto cemento a 12 pulgadas en PVC para el río La Paila y para la quebrada Chicharronal cambio de tubería de 6 pulgadas en asbesto cemento a 6 pulgadas en PVC.

A causa de la ampliación de elementos anteriormente mencionados, la planta no puede tratar todo el caudal captado por las bocatomas, puesto que el diseño de la planta contempla un caudal mínimo de 30L/s hasta 55L/s en su máxima capacidad hidráulica.

¹ Entrevista, Diego Martin Prado Muñoz, ex gerente del acueducto de Corinto. Corinto,junio(2016)

3.2 JUSTIFICACIÓN

La recomendación para la optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Corinto pretende no solo aumentar la capacidad de tratamiento, sino también mejorar la calidad de agua potable suministrada al municipio, de manera que se pueda garantizar una mejor calidad de vida a la población, asegurando un control de calidad del agua constante por medio de nuevos procesos y operaciones.

Con el desarrollo de esta propuesta también se evitará que la población futura busque otros medios para abastecerse de agua potable, puesto que la optimización del sistema garantizará una completa cobertura para las poblaciones urbanas y rurales.

4. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Desde hace 30 años aproximadamente, el municipio de Corinto se favorece de un sistema de acueducto, construido por su administración municipal. Este sistema es un servicio prestado por la empresa EMCORINTO ESP (Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Corinto), esta fue creada mediante el Decreto 028 de Abril de 1990.

El servicio de acueducto, “inicia desde la captación, aducción, desarenadores, conducción, planta de tratamiento de agua, almacenamiento, distribución, operación y mantenimiento de las redes, reposición, y expansión de las mismas”². En cuanto a la planta de tratamiento de agua potable, esta se construyó en 1989, desde entonces la planta se encuentra en constante funcionamiento.

El sistema de acueducto de corinto posee dos captaciones de fondo, una sobre el río La Paila y otra sobre la quebrada El Chicharronal, además consta de cuatro desarenadores, tres sobre la captación La Paila y uno sobre la captación Chicharronal. Después de que el agua es captada por este sistema es conducida a la PTAP, la cual es de tipo convencional, además “está conformada por una cámara de llegada, aforo de caudal, mezcla rápida, floculación hidráulica horizontal, sedimentación convencional con placas paralelas, filtración rápida, dosificación de cloro”³. Finalmente el agua es almacenada en tres tanques, uno con capacidad de almacenamiento de 600 m³, otro con capacidad de 800 m³, ambos tanques semi-enterrados y el último un tanque elevado con capacidad de 10 m³.

² RODRÍGUEZ, Aleyda. Empresas de Servicios Públicos. [en línea]. http://corinto-cauca.gov.co/Entidades_descentralizadas.shtml?apc=lbEmpresas%20de%20econom%EDa%20mi xta-1-&x=3031952. [citado el 17 de Febrero del 2017]

³ Ibíd.,

5. MARCO DE REFERENCIA

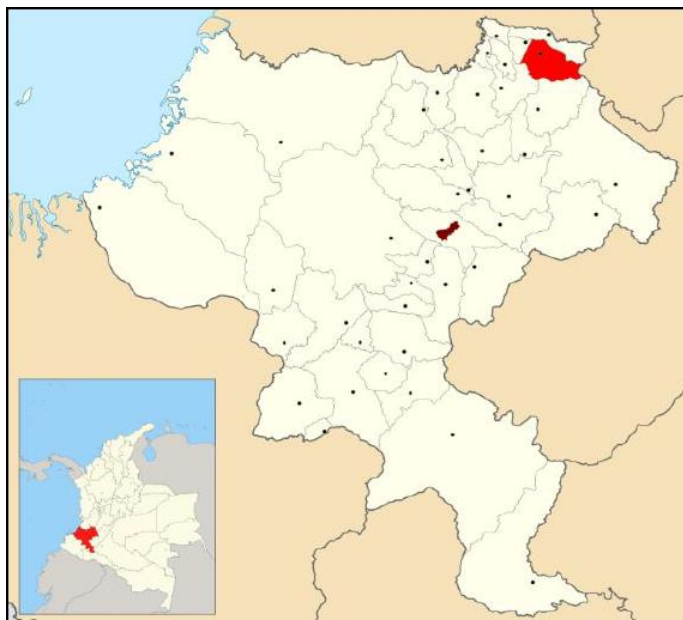
5.1 MARCO TEÓRICO

5.1.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE CORINTO:

El municipio de Corinto está ubicado en el Departamento de Cauca en la Cordillera Central, en un territorio montañoso limitando al Oriente con el Departamento del Tolima y Huila y al Sur con el municipio de Toribio y Caloto.

Corinto presenta temperaturas entre el 13 y 24 grados centígrados, y su precipitación anual promedio es de 1.634mm, se encuentra a 1.050 y 4.000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), con una extensión de 302km².⁴ Está a una distancia de 65km de Cali y a una distancia de 115km de Popayán, su ubicación es estratégica ya que sus condiciones agro-ecológicas hacen que se produzcan diversos mercados y cadenas de comercialización⁵.

Figura 1: Ubicación geográfica-Municipio de Corinto,Cauca.



Fuente: Departamento Nacional de planeación-Kit Territorial

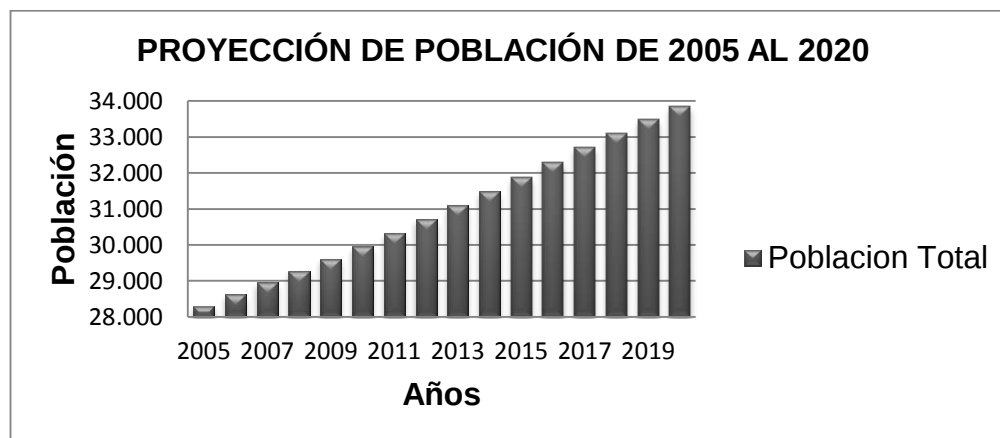
⁴ Alcaldía de Corinto, Cauca. Nuestro Municipio. [en línea]. http://corinto-cauca.gov.co/informacion_general.shtml#geografia. [citado el 26 de Febrero del 2017]

⁵ Ibid.

Según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística)⁶, Corinto presento en el 2005 una población de 22.825 habitantes, así mismo presenta una proyección de población hasta el año 2020 de 33.846 habitantes teniendo en cuenta la cabecera municipal, los centros poblados y zona rural.

A continuación se presenta la proyección de población desde el año 2005 al 2020.

Gráfica 1: Proyección de población del DANE para el Municipio Corinto, Cauca.



Fuente: Proyección de población. DANE

Corinto se abastece de la quebrada el Chicharronal y el río La Paila, en el punto de captación de la primera fuente se ubica al sur-este del municipio, presenta una elevación de 1.496m.s.n.m y una distancia a la planta de 3km.

La captación en el río La Paila se realiza en la zona alta del río, a una elevación de 1.140m.s.n.m. En la zona plana se presenta un alto grado de contaminación, pues es allí donde desembocan aguas residuales de la población

El río La Paila es muy importante en la región, pues su nacimiento se da en el Parque Nacional del Nevado del Huila y sus vertientes llegan a la Cuenca alta del río Cauca⁷.

En cuanto a la prestación de servicio público la población de la cabecera cuenta con agua potable, y la población rural en las veredas no tienen suministro de agua tratada⁸, sin embargo se pretende que la cobertura de agua potable sea para la gran mayoría de la población.

⁶ Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Colombia. proyecciones de población municipales por área. República de Colombia.

⁷ Corinto, A. M. (2011). *Plan de Desarrollo del Municipio de Corinto* .

⁸ Ibid..p.14-15

5.1.2 ESTADO DEL ARTE

Para el hombre siempre ha sido indispensable satisfacer sus necesidades, el consumo de agua es una de las más valiosas tanto para la salud humana como para el bienestar de la comunidad. En su conjunto el abastecimiento de agua proveniente de una PTAP, debe ser seguro y completo para toda la población, Hernán Saavedra, justifica que:

El cumplimiento de la vida útil de las unidades destinadas para el tratamiento, el estado físico de equipos e instalaciones y la necesidad de ampliar la cobertura, hacen parte de los indicadores necesarios para obtener un abastecimiento de agua seguro y completo⁹.

Por esta razón se es necesario al momento de optimizar una PTAP, realizar un diagnóstico de su estado actual, con el objeto de determinar, cuál indicador de los mencionados no se está cumpliendo, de igual forma Sandra Gamboa y María Bernal¹⁰, contribuyen diciendo que, en un diagnóstico del estado de una PTAP, en la calidad del efluente y afluente, se pueden identificar las falencias y prioridades del tratamiento de agua potable, también mencionan que el siguiente paso después del diagnóstico, es el diseño de alternativas y en este hay que tener en cuenta las caracterizaciones, pruebas hidráulicas y eficiencias de las unidades, todo con el fin de mejorar la PTAP.

En la mayoría de propuestas de mejoramiento de PTAP, siempre se ha de tomar muestras de agua, con la finalidad de contribuir al diseño de alternativas y el diagnóstico de las unidades, Hernán Saavedra en su propuesta de mejoramiento para una PTAP nos aconseja que, se debe implementar un punto específico para tomar una muestra de agua, puesto que esto permite dar un concepto individual de la calidad y eficiencia que está produciendo cada unidad¹¹.

Esta recolección de muestras de agua también tiene como objeto determinar las características físico-químicas y microbiológicas del agua, en las características microbiológicas del agua se puede encontrar información acerca de la cantidad de coliformes presentes en el agua o que porcentaje de coliformes están siendo removidos por cada unidad, Andrea Clavijo concluyó en su evaluación a la PTAP de

⁹ Hernán Saavedra. Diagnóstico y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del Municipio Puente Nacional. UIS. pg 24. Opta a Ingeniero civil. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Departamento de Ingeniería Civil.

¹⁰ Sandra Gamboa y María Bernal. Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituima, Cundinamarca. pg 58. Opta a Ingeniero civil. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

¹¹ SAAVEDRA, Op. Cit., pg 199-203

Garzón, Huila que es importante tener en cuenta éstas características, pues en las muestras que recolectó de agua cruda, detectó coliformes totales y fecales¹².

En tanto las características físico-químicas del agua, son las que determinan si éste recurso es apto para el consumo humano, Andrea Clavijo también planteó que es importante identificar, cuáles son los parámetros físico-químicos que exceden los límites exigidos por el ministerio de ambiente, puesto que son éstos los que determinan si el agua puede causar algún efecto adverso en la salud humana¹³.

En conclusión para la optimización de una planta de tratamiento potable nos menciona Hernán Saavedra¹⁴, que la mejor alternativa para su mejoramiento es revisar todas las unidades, de tal manera que queden registradas sus dimensiones, materiales, estado y eficiencias, por supuesto para desarrollar la mejor alternativa de diseño. Según estas propuestas se puede deducir que mediante un diagnóstico y diseño de alternativas es posible llegar a una excelente optimización, sin embargo es indispensable la evaluación, pues es ésta la que determina cuál aspecto se debe mejorar, cambiar o implementar.

5.1.3 REFERENCIA TEÓRICA

ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AGUA

Los valores aceptables de concentración de diferentes componentes del agua que representan riesgos para la salud humana, están estipulados por la Resolución 2115 de 2007 y son los siguientes¹⁵:

Características físicas del agua para el consumo humano. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

¹²Andrea Clavijo. Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de garzón – huila.pg 50. Opta a Ingeniero civil. Facultad de Estudios a Distancia. Programa de Ingeniería Civil.

¹³ Ibíd., pg 50

¹⁴ SAAVEDRA, Op. Cit., pg 199-203

¹⁵ MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 de 2007. República de Colombia.p, 2-4.

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

Tabla 1: Valores admisibles para las características físicas del agua.

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Resolución 2115 de 2007. República de Colombia.

Conductividad. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm.

Potencial de hidrógeno. El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

Características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana. Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan a continuación:

Tabla 2: Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN ⁻	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Fuente: Resolución 2115 de 2007. República de Colombia.

Características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro:

Tabla 3: Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana.

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1,0

Fuente: Resolución 2115 de 2007. República de Colombia.

Características microbiológicas. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra:

Tabla 4: Características microbiológicas.

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/ 100 cm ³	0 UFC/ 100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismos en 100 cm ³	0 microorganismos en 100 cm ³
Presencia - Ausencia	Ausencia en 100cm ³	Ausencia en 100cm ³

Fuente: Resolución 2115 de 2007. República de Colombia.

PURIFICACIÓN DEL AGUA

Tipos de plantas de potabilización

Según Jairo Romero¹⁶, ninguna fuente de agua posee las mismas características, por ende el tipo de tratamiento requerido para purificarla será único para esta. También menciona que mediante un estudio de ingeniería enfocado a la calidad de

¹⁶ ROMERO ROJAS, Jairo. Potabilización del Agua. 3 Edición. Alfaomega. Escuela Colombiana de Ingenieros pg.15

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

la fuente, se puede diseñar una planta de tratamiento eficiente y económica, además se es necesario emplear criterios generales de tratamiento, según la calidad de la fuente puesto que no existe formula que determine el tipo de planta necesitado para tratar un agua, los estándares para determinar la calidad de la fuente se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5: Estándares para fuentes de aguas crudas.

PARÁMETRO	FUENTE EXCELENTE Requiere solamente desinfección como tratamiento	FUENTE BUENA Requiere tratamiento usual tal como filtración y desinfección	FUENTE POBRE Requiere tratamiento especial o adicional y desinfección
OD Promedio mg/L	4,0 - 7,5	4,0 - 6,5	4,0
Cloruros mg/L máx.	< 50	50-250	> 250
Color-unidades	0 - 20	20 - 150	> 150
Turbiedad- unidades	0 - 10	10 - 250	> 250

Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Potabilización del agua 3ª Edición.

Procesos y Operaciones unitarias

Una planta de tratamiento convencional tiene procesos y operaciones unitarias, estas se encargan de purificar el agua, las más comunes son las siguientes:

Tabla 6: Procesos de purificación de agua.

PROCESO	PROPÓSITO
TRATAMIENTO PRELIMINAR	
Cribado	Remoción de desechos grandes que puedan obstruir o dañar los equipos de planta.
Pre-sedimentación	Remoción de grava, arena, limo y otros materiales sedimentables.
Aforo	Medida del agua cruda por tratar.
TRATAMIENTO PRINCIPAL	
Aireación	Remoción de olores y gases disueltos; adición de oxígeno para mejorar sabor.
Coagulación/floculación	Conversión de solidos no sedimentables en solidos sedimentables.
Sedimentación	Remoción de solidos sedimentables.
Ablandamiento	Remoción de dureza.
Filtración	Remoción de solidos fino, floculo en suspensión y la mayoría de los microorganismos.
Desinfección	Exterminio de organismos patógenos.

Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Potabilización del agua 3ª Edición.

A continuación se presentan definiciones más completas para los procesos y operaciones de una PTAP:

Aireación: En general, la aireación es definida como un “proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire con el propósito de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella”¹⁷.

Según el RAS2000¹⁸, la aireación se recomienda en los siguientes casos:

- Para transferir oxígeno al agua y aumentar el oxígeno disuelto.
- Disminuir la concentración del dióxido de carbono (CO₂).
- Disminuir la concentración del sulfuro de hidrógeno (H₂S)
- Remover el metano (CH₄).
- Oxidar hierro (Fe) y manganeso (Mn).
- Remover compuestos orgánicos volátiles (COV).

Mezcla rápida: Esta es una operación utilizada para dispersar los coagulantes de manera uniforme en todo el caudal que pasa por un punto determinado de la planta, existen varios tipos de coagulantes, así como: Alumbre, Sulfato de Aluminio, Aluminato de Sodio, Cloruro de Aluminio, Cloruro Férrico, Sulfato Férrico, Sulfato Ferroso y los Polielectrolitos, siendo de estos el más utilizado por economía y efectividad en alumbre. La función del coagulante es promover la formación de los “flocs”¹⁹.

Existen dos tipos:

Mezcladores Rápidos Mecánicos: Según Jairo Romero²⁰, este proceso usualmente utiliza tanque. Además menciona que los tanques de mezcla rápida mecánica se proyectan de sección circular o cuadrada, estos en general consisten en hélices, paletas, turbinas u otros elementos similares acoplados a un eje de rotación impulsado por una fuerza cualquiera.

Mezcladores Rápidos Hidráulicos: Se definen como los mezcladores que “se utilizan cuando se dispone suficiente cabeza o energía en el flujo de entrada”²¹.

¹⁷ Ibíd., pg 29

¹⁸ Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. Sección II. Título C. Sistemas de potabilización.

¹⁹ ROMERO, Op. Cit...pg 96

²⁰ ROMERO, Op. Cit...pg 53

²¹ ROMERO, Op. Cit...pg 53

Algunas de las ventajas son:

- No requiere equipo mecánico.
- Menos costo de operación con respecto al mecánico.

A continuación se encuentran varios parámetros establecidos por el RAS2000 para el diseño de mezcladores²²:

- El resalto no debe ser oscilante; es decir que el número de Froude (Fr) no debe estar entre 2,5 y 4,5.
- El número de Froude debe estar entre 1,7 y 2,5 o entre 4,5 y 9,0.
- Tiempo de detención (td) menor de 60 s.
- Gradiente medio de velocidad (G) entre 500 s-1 y 2000 s-1.
- La planta debe contar por lo menos con dos unidades.

Floculación: El proceso de floculación consiste en la aglomeración de partículas para formar los “flocs”, mediante una mezcla lenta, para incrementar la formación de estas partículas más pesadas, sin romper las mismas.

Existen floculadores de tipos hidráulicos y mecánicos. Los más empleados son los hidráulicos, pues no requieren el uso de un motor, lo que implica más gastos económicos en la planta de tratamiento²³.

Existen dos tipos:

Floculadores hidráulicos: Este se divide en floculadores hidráulicos de flujo horizontal y vertical. El floculador de flujo horizontal “consiste en un tanque de concreto dividido por tabiques, dispuesto en tal forma que el agua haga un recorrido de ida y vuelta alrededor de los extremos libres de los tabiques”²⁴. Mientras que el floculador de flujo vertical el agua fluye de arriba hacia abajo, cumpliendo la misma función.

Floculadores mecánicos: Consiste en introducir “ potencia al agua para asegurar una mezcla lenta mediante agitadores mecánicos y el tipo de agitador mecánico

²² Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. Sección II. Título C. Sistemas de potabilización

²³ ROMERO, Op. Cit...pg 79

²⁴ ROMERO, Op. Cit...pg 80

más usado es el de paletas, ya sean de eje horizontal o vertical, las cuales imparten un movimiento rotatorio al así como cierta turbulencia interna”²⁵.

A continuación se encuentran varios parámetros establecidos por el RAS2000 para el diseño de floculadores²⁶:

- El gradiente de velocidad debe estar entre 20 s⁻¹ y 70 s⁻¹ de acuerdo con la obtenida en la prueba de jarras y el tiempo de detención entre 20 y 40 minutos, debe determinarse de acuerdo con las pérdidas hidráulicas.
- La distancia de los extremos de las paletas a los muros, al piso y a la superficie libre del agua, debe estar entre 0,15 m y 0,30 m.

Sedimentación: Se define como “la operación por la cual se remueven las partículas salidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad; en algunos casos se denomina clarificación o espesamiento”²⁷. Existen dos formas de usar la sedimentación, la sedimentación simple y sedimentación siguiente a la coagulación.

Existen dos tipos de sedimentación:

Sedimentación tipo 1: Es “la remoción de partículas discretas no floculentas en una suspensión diluida. En estas condiciones se dice que la sedimentación es no interferida y es función solamente de las propiedades del fluido”²⁸.

Sedimentación tipo 2: Consiste en la “sedimentación de suspensiones diluidas de partículas floculentas, en las cuales es necesario considerar las propiedades floculentas de la suspensión”²⁹.

A continuación se encuentran varios parámetros establecidos por el RAS2000 para el diseño de sedimentadores³⁰:

Tiempo de detención: La unidad debe diseñarse de forma que permita un tiempo de detención entre 2 h y 4 h.

²⁵ ROMERO, Op. Cit...pg 80

²⁶ Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. Seccion II. Título C. Sistemas de potabilización

²⁷ ROMERO, Op. Cit...pg 119

²⁸ ROMERO, Op. Cit...pg 120

²⁹ ROMERO, Op. Cit...pg 121

³⁰ Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. Seccion II. Título C. Sistemas de potabilización

Carga superficial: Debe estar entre 15 m³/(m².día) y 30 m³/(m².día).

Velocidad del flujo: El sedimentador de flujo horizontal debe diseñarse de forma que permita una velocidad horizontal del flujo de agua de máximo 1 cm/s.

Altura del agua: La altura del nivel del agua debe estar entre 4 m y 5 m.

Pendiente longitudinal: La pendiente longitudinal del fondo debe ser mayor al 2%.

Descarga de lodos: Debe existir un dispositivo de descarga apropiado de lodos que permita un vaciado de la unidad en máximo seis horas.

Dimensiones: Para tanques rectangulares, la relación entre el ancho y el largo es de 1:4 a 1:8 y la relación entre el largo y la profundidad debe estar entre 5:1 y 25: 1.

Filtración: Como función principal tiene la de remover “el material suspendido, medido en la práctica como turbiedad, compuesto de floculo, suelo, metales oxidados y microorganismos”³¹.

En la siguiente tabla se clasifican los filtros³²:

Tabla 7: Clasificación de filtros.

Según la velocidad de filtración	Según el medio filtrante	Según el sentido del flujo	Según la carga sobre el lecho
Rápidos 120-360 m ³ /m ² /día	Arena (h=60-75cm)	Ascendentes	Por gravedad
	Antracita (h=60-75cm)	Descendentes	Por presión
	Mixtos: Antracita (35-50cm) Arena (20-35cm) Mixtos: Arena, Antracita, Granate.	Flujo mixto	
Lentos 7-14 m ³ /m ² /día.	Arena (h=60-100cm)	Descendente Ascendente Horizontal	Por gravedad

Fuente: ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y Práctica de la purificación del agua Tomo 2.

³¹ ROMERO, Op. Cit...pg 193

³²Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. Sección II. Título C. Sistemas de potabilización

³² MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 de 2007. República de Colombia.

5.2 MARCO CONCEPTUAL

A continuación se presentara la definición de conceptos que se utilizaran a lo largo de este proyecto, según la Resolución 2115 del 2007, el RAS 2000 Título C³³:

Agua cruda: Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento. Agua dura
Agua que contiene cationes divalentes y sales disueltas en concentraciones tales que interfieren con la formación de la espuma del jabón.

Agua potable: Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el Decreto 475 de 1998, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud.

Alcalinidad: Capacidad del agua para neutralizar los ácidos. Esta capacidad se origina en el contenido de carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-), hidróxidos (OH^-) y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos. La alcalinidad se expresa en miligramos por litro de equivalente de carbonato de calcio (CaCO_3).

Análisis microbiológico del agua: Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Análisis básicos: Es el procedimiento que se efectúa para determinar turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual de desinfectante usado, coliformes totales y *Escherichia coli*.

Análisis físico y químico del agua: Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

Calidad del agua: Conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua.

Capacidad hidráulica: Caudal que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

Capacidad máxima: Caudal máximo de diseño de una estructura hidráulica.

³³ Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. Seccion II. Título C. Sistemas de potabilización

Carbón activado: Forma de carbón altamente adsorbente, usada para remover material orgánico disuelto causante del mal sabor, color y olor del agua.

Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Clarificación: Proceso de separación de los sólidos del agua por acción de la gravedad.

Coagulación: Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.

Coagulantes: Sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas.

Coliformes: Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

Color aparente: Es el color que presenta el agua en el momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0,45 micras.

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

Densidad: Relación existente entre la masa de un cuerpo y el volumen ocupado por éste.

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

Dosificación: Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua. Dosis óptima Concentración que produce la mayor eficiencia de reacción en un proceso químico.

Dureza: Característica del agua debida a la presencia de varias sales.

Eficiencia de remoción: Medida de la efectividad de un proceso en la remoción de una sustancia específica.

Efluente: Flujo proveniente de un sistema hidráulico.

Filtración lenta: Proceso de filtración a baja velocidad.

Filtración rápida: Proceso de filtración a alta velocidad. Floculación Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.

Parámetros de diseño: Criterios preestablecidos con los que se diseñan y construyen cada uno de los equipos de la planta de tratamiento.

pH óptimo: Valor de pH que produce la máxima eficiencia en un proceso determinado.

Período de diseño: Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo.

Tratamiento o potabilización: es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla apta para el consumo humano.

Valor aceptable: Es el establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua para consumo humano no representa riesgos conocidos a la salud.

6. METODOLOGÍA

Primera Etapa: Diagnóstico de las condiciones actuales que presenta la planta de tratamiento de agua potable.

Se harán visitas técnicas a la PTAP del municipio de corinto, realizando las siguientes actividades:

Actividad 1: Explorar la PTAP

Descripción: Identificar las unidades de tratamiento de la PTAP, realizando un reporte del funcionamiento de las mismas y el material con las que fueron construidas.

Recursos Necesarios:

- | | |
|--------------------|----------|
| • Decámetro | • Cámara |
| • Botas | • Cascó |
| • Guantes de látex | • GPS |

Actividad 2: Análisis de Información técnica

Descripción: Análisis del diseño actual de la planta, mediante planos suministrados y dimensiones de las unidades.

Recursos Necesarios:

- Contacto (Gerente del Acueducto de Corinto)
- Computador
- Papelería

Actividad 3: Verificar parámetros de diseño de los procesos de tratamiento

Descripción: Verificar los parámetros de diseño de los procesos de tratamiento (gradientes de velocidad, tiempos de contacto y velocidades), se encuentren en el rango establecido por el RAS 2000 título C.

Recursos Necesarios:

- | | |
|--------------|--------------------------|
| • Computador | • Fuentes Bibliográficas |
| • Papelería | |

Actividad 4: Recolección de Muestras

Descripción: Recolección de muestras de agua cruda (entrada de la PTAP), sedimentada (después del sedimentador) y tratada (después de los filtros).

Recursos Necesarios:

- Recipientes de plástico
- Recipientes de vidrio
- Nevera de icopor
- Bolsas de Hielo Flexibles (Cold-pack)

Actividad 5: Pruebas de tratabilidad para determinar parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.

Descripción: Con la recolección de muestras se produce a realizar pruebas en laboratorio de turbiedad, pH, color aparente, cloro residual, temperatura, coliformes totales, E.coli y ensayo de jarras.

Recursos Necesarios:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| • Espectrofotómetro | • Equipo de jarras |
| • pH-metro | • Turbidímetro |
| • Computador | • Transporte |

Las actividades anteriormente mencionadas permitirán tener una idea de la eficiencia de tratamiento de cada una de las unidades y así mismo el estado del agua que consumen los habitantes del municipio de Corinto.

Segunda Etapa: **Plantear una posible alternativa para el mejoramiento de la PTAP, considerando el diagnostico de las unidades de tratamiento.**

Actividad 6: Identificar los puntos críticos en las unidades y sus posibles reformas.

Descripción: Con los datos suministrados en la primera etapa, se dará paso a realizar un análisis de las operaciones en las unidades, identificando los puntos críticos en el sistema y de esta manera presentar las posibles modificaciones en las mismas.

Recursos Necesarios:

- Contacto (Gerente del Acueducto)
- Fuentes Bibliográficas (libros)
- Computador
- Papelería

Actividad 7: Verificar la capacidad hidráulica de los actuales diseños de la PTAP.

Descripción: Se tendrá en cuenta el cálculo de la futura población, mediante los métodos de crecimiento aritmético, geométrico, wappus y exponencial, para determinar el nivel de complejidad del sistema. Además del cálculo de caudal de diseño.

Recursos Necesarios:

- Fuentes Bibliográficas (libros y normas)
- Computador
- Papelería
- Información de censos del DANE.

Actividad 8: Elaboración de una alternativa de diseño.

Descripción: Mediante el análisis de las unidades se procederá a realizar el diseño de una alternativa.

Recursos Necesarios:

- Papelería
- Fuentes Bibliográficas (libros y normas)
- Computador

Tercera Etapa: **Presentar un presupuesto aproximado de la alternativa de diseño y futuras recomendaciones para la optimización de la PTAP.**

Actividad 9: Realizar el presupuesto aproximado de la alternativa propuesta y recomendaciones para la optimización de la PTAP del municipio de Corinto.

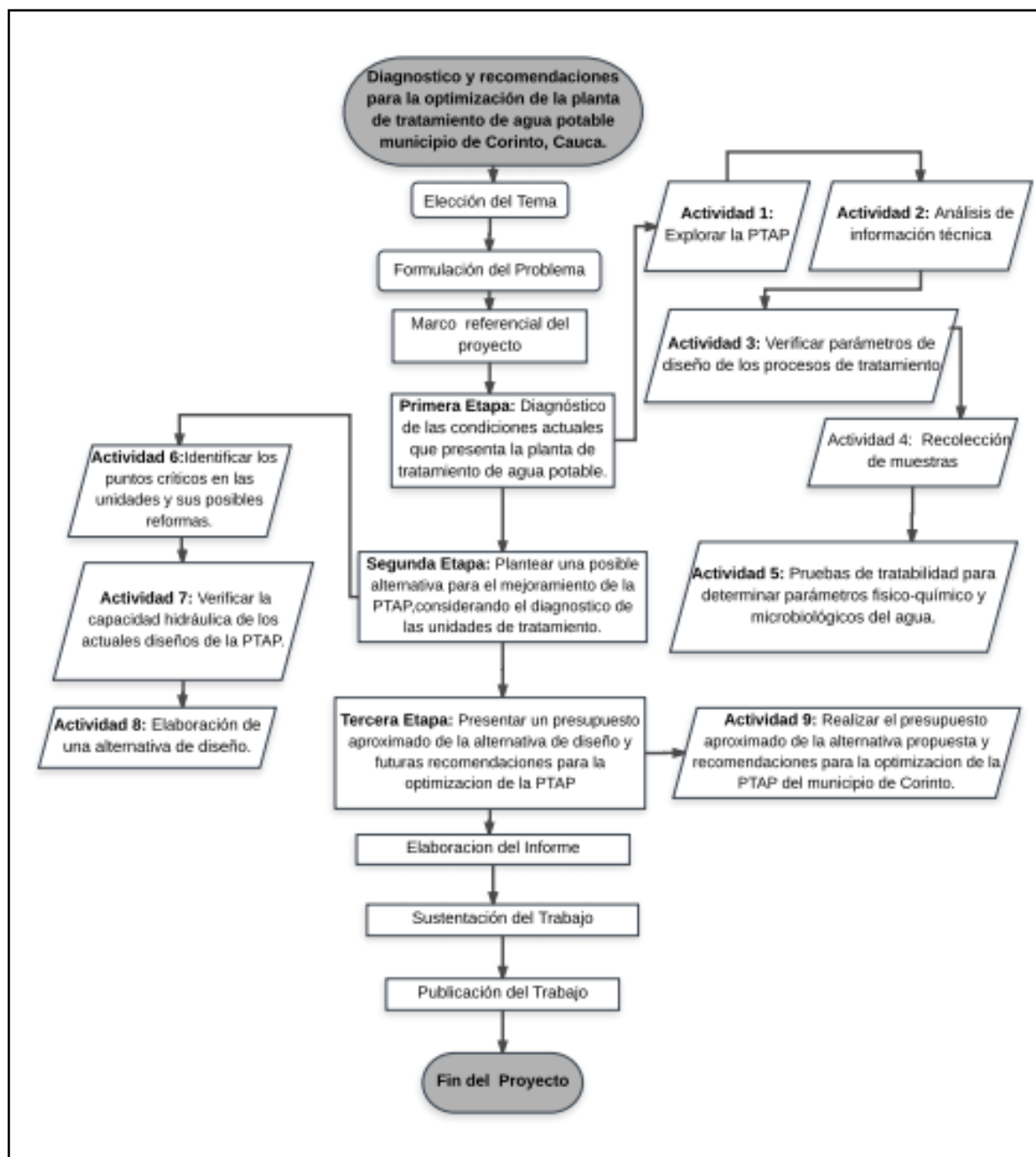
Descripción: Se realizara un presupuesto aproximado de los cambios y adiciones propuestos en la alternativa de diseño, también se elaborarán recomendaciones para la optimización de la PTAP.

Recursos Necesarios:

- Fuentes Bibliográficas (libros y normas)
- Papelería, Computador

7. FLUJOGRAMA

Gráfica 2: Flujoograma de actividades



Fuente: Autores.2017

9. RESULTADOS

9.1 PRIMERA ETAPA: DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES QUE PRESENTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

Durante ésta etapa se observó y caracterizó uno de los dos puntos de captación, se realizaron visitas técnicas a la PTAP, en las cuales se logró recopilar información, que después permitió elaborar un diagnóstico detallado de su estado actual.

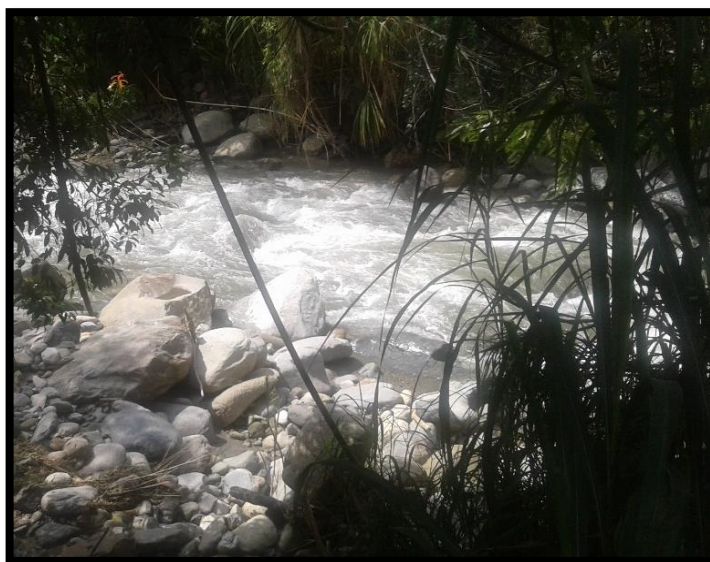
9.1.1 PUNTO DE CAPTACIÓN:

Fuentes hídricas de abastecimiento: Las fuentes hídricas para el abastecimiento del municipio de Corinto como se mencionó anteriormente, son la quebrada el Chicharronal y el río La Paila.

La captación se distribuye de la siguiente manera:

- 15 L/s se toman de la quebrada el Chicharronal
- 40 L/s se toman del río La Paila

Figura 2: Río La Paila - Punto de la Captación.



Fuente: Autores.2017

Bocatomas: El acueducto de Corinto, posee dos captaciones, la primera estructura corresponde a una bocatoma de fondo, hecha en concreto reforzado, ésta se encuentra ubicada en una derivación que se hace al costado derecho del río La Paila y a una elevación de 1.140m.s.n.m y la segunda bocatoma se encuentra sobre la quebrada Chicharronal.

Figura 3: Bocatoma del río La Paila



Fuente: Autores.2017

Figura 4: Bocatoma del río La Paila



Fuente: Autores.2017

No se logró obtener registro fotográfico, de la bocatoma de la quebrada Chicharronal, por su difícil acceso y poca seguridad.

Desarenador: Existen cuatro desarenadores hechos en concreto reforzado.

- Uno ubicado en el punto de captación de la quebrada el Chicarronal.
- Tres ubicados en el punto de captación del Río la Paila.

Figura 5: Tanque Desarenador - Río La Paila.



Fuente: Autores.2017

9.1.2 ACTIVIDAD 1: EXPLORAR LA PTAP

Se hicieron cuatro visitas técnicas a la planta de tratamiento de Corinto, en las cuales se identificaron las unidades de tratamiento, también se realizó un reporte del funcionamiento de las mismas y de los materiales con las que fueron construidas.

La planta de tratamiento de Corinto funciona las 24 horas del día y cuenta con la permanencia de dos operarios cada uno en turnos de 12 horas.

En su proceso de tratamiento cuenta con un vertedero rectangular, dos floculadores hidráulicos de flujo horizontal, un sedimentador convencional, un sedimentador de alta tasa, seis filtros, un cuarto de cloración y desinfección, tanques de almacenamiento y por ultimo un laboratorio para controlar la calidad del agua.

Figura 6: Entrada PTAP de Corinto.



Fuente: Autores.2017

Componentes del proceso de tratamiento:

Mezcla rápida

Vertedero rectangular de pared delgada sin contracciones

Material:

- Concreto

Número de unidades:

- Una unidad

Funciones en la PTAP:

- Aforo de caudales.
- Mezcla del coagulante Tipo A [Sulfato de Aluminio $Al_2 (SO_4)_3$].

Figura 7: Vertedero rectangular- Pared delgada



Fuente: Autores.2017

Mezcla lenta

Floculador hidráulico de flujo horizontal

Material:

- Concreto

Número de unidades:

- Dos unidades

Funciones en la PTAP:

- Mezcla suave de las partículas para aumentar colisiones entre ellas.

Figura 8: Floculadores de flujo horizontal.



Fuente: Autores.2017

Sedimentación

Sedimentador convencional

Material:

- Concreto

Número de unidades:

- Una unidad

Funciones en la PTAP:

- Sedimentación de partículas floculentas.

Figura 9: Sedimentador convencional.



Fuente: Autores.2017

Sedimentador de tasa alta

Material:

- Concreto
- Placas paralelas de asbesto cemento

Número de unidades:

- Una unidad

Funciones en la PTAP:

- Sedimentación de partículas floculentas mediante placas paralelas.

Figura 10: Sedimentador de alta tasa.



Fuente: Autores.2017

Filtración

Filtros de alta tasa (rápidos)

Material:

- Concreto

Número de unidades:

- Seis unidades

Medio:

- Arena, grava y antracita

Funciones en la PTAP:

- Remoción de material suspendido, sobrante de la sedimentación.
- Remoción de microorganismos, resistentes a la desinfección.

Figura 11: Unidades de Filtración.



Fuente: Autores.2017

Cloración

Inyección Cloro gaseoso

Funciones en la PTAP:

- Eliminar bacterias, parásitos y virus para el posterior suministro de agua.

Figura 12: Cuarto de Cloración.



Fuente: Autores.2017

Almacenamiento

Tanques de almacenamiento

Material:

- Concreto

Funciones en la PTAP:

- Almacenamiento de agua en tres tanques de 600m³, 800m³ y 10m³.

Figura 13: Tanque de Almacenamiento.



Fuente: Autores.2017

Análisis de agua

Laboratorio para análisis de agua

Herramientas:

- Turbidímetro
- Espectrofotómetro
- pH-metro
- Test de jarras

Funciones en la PTAP:

- Analizar el agua cruda, sedimentada y tratada, con el fin de obtener parámetros de turbiedad, potencial de hidrogeno, temperatura y color.
- Realizar el ensayo de jarras para determinar la dosis óptima a aplicar de coagulante.

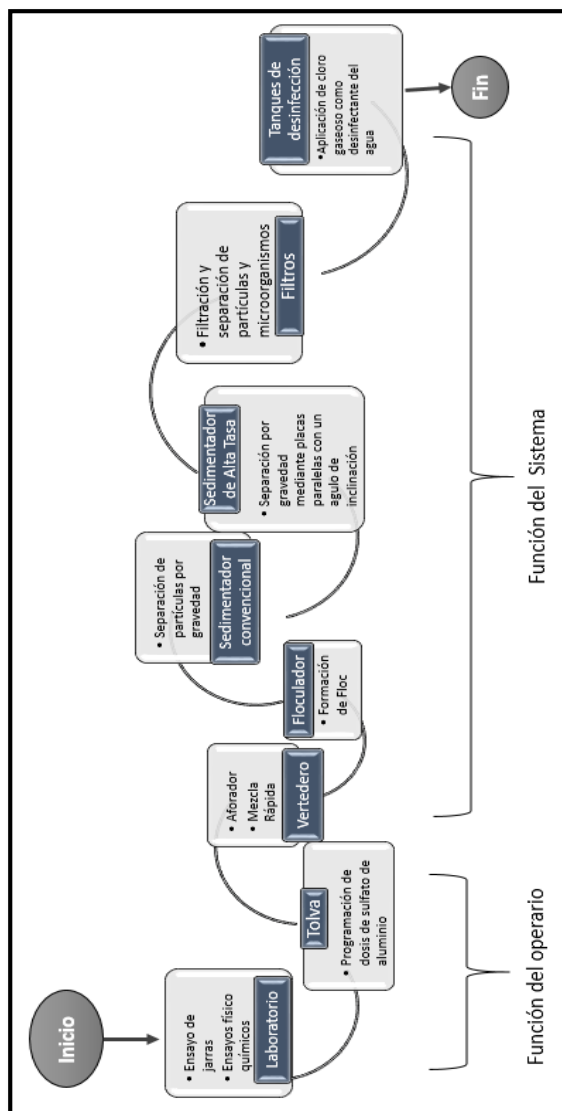
Figura 14: Laboratorio para el control de la calidad de agua en la PTAP.



Fuente: Autores.2017

Operación en la planta: En resumen la operación de la planta es la siguiente

Gráfica 4: Operación de la PTAP.

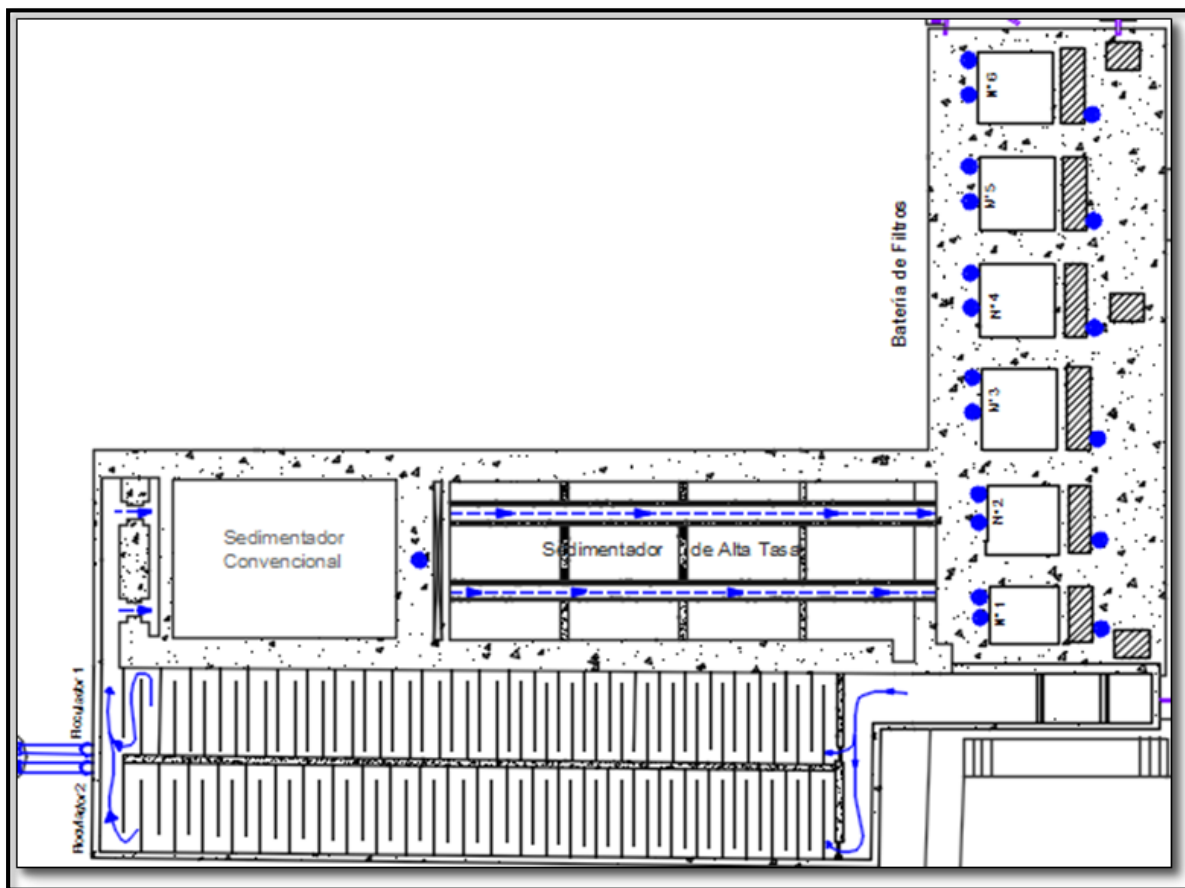


Fuente: Autores.2017

9.1.3 ACTIVIDAD 2: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN TÉCNICA

Se presenta un análisis detallado del proceso de tratamiento en la PTAP, además se muestran las dimensiones de las unidades, las cuales fueron producto de mediciones hechas en la primera actividad y un plano de la PTAP, suministrado por EMCORINTO E.S.P.

Figura 15: Esquema de la PTAP de Corinto, Cauca.



Fuente: Autores.2017

Cámara de aquietamiento

Por lo que refiere a la cámara de aquietamiento, las variables que se midieron para comprobar que los parámetros de diseños fueran los correctos son las siguientes:

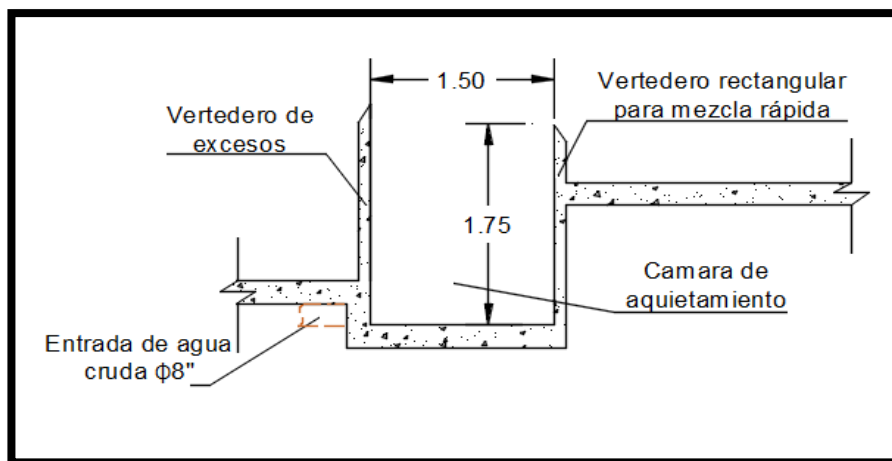
Tabla 8: Variables medidas en la cámara de aquietamiento.

Variable	Significado
h	Altura de la cámara de aquietamiento (m)
B	Base de la cámara de aquietamiento (m)
L	Longitud de la cámara de aquietamiento (m)

Fuente: Autores.2017

Las dimensiones son las siguientes:

Figura 16: Dimensiones de la cámara de aquietamiento.



Fuente: Autores. 2017

Véase las dimensiones en la siguiente tabla:

.Tabla 9: Dimensiones de la cámara de aquietamiento.

Variable	Resultado
h	1,75 m
B	0,90 m
L	1,50 m

Fuente: Autores. 2017

Vertedero rectangular de pared delgada sin contracciones

La medición del caudal se efectúa con una regla, la cual está ubicada en un costado de la cámara de aquietamiento. Esta mide el caudal según, la altura del agua, sobre la cresta del vertedero de mezcla rápida.

En la siguiente imagen se muestra la regla medidora de caudal:

Figura 17: Regla medidora de caudal



Fuente: Autores. 2017

El vertedero rectangular de esta PTAP, trabaja con un caudal:

- **Caudal aforado:** 55 L/s

Con el fin de verificar que los parámetros de diseño estuvieran en los rangos establecidos por el RAS2000 Título C, se midieron las siguientes variables:

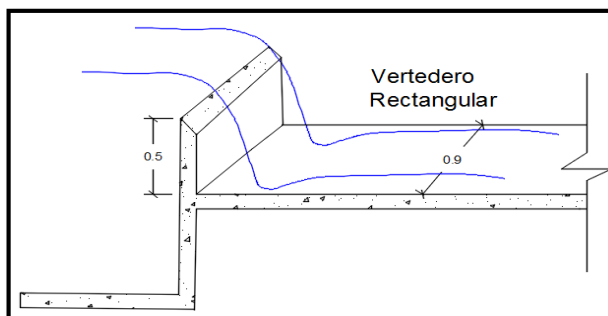
Tabla 10: Variables medidas en el vertedero rectangular.

Variable	Significado
P	Altura del vertedero (m)
B	Base del vertedero (m)

Fuente: Autores.2017

Las dimensiones son las siguientes:

Figura 18: Dimensiones del vertedero rectangular.



Fuente: Autores. 2017

Véase las dimensiones en la siguiente tabla:

Tabla 11: Dimensiones del vertedero rectangular.

Variable	Resultado
<i>P</i>	0,50 m
<i>B</i>	0,90 m

Fuente: Autores. 2017

Floculadores hidráulicos horizontales

En la PTAP existen dos floculadores hidráulicos de flujo horizontal, están ubicados paralelamente y presentan dimensiones iguales.

El caudal con el cual trabaja cada unidad es el siguiente:

- **Caudal aforado:** 27,5 L/s

El sistema de entrada al floculador, es un canal rectangular que distribuye el caudal a las dos unidades.

En el análisis de esta unidad se identificaron tres secciones, cada una de estas con un gradiente de velocidad distinto, por tal motivo fue necesario medir las siguientes variables para cada una de estas secciones:

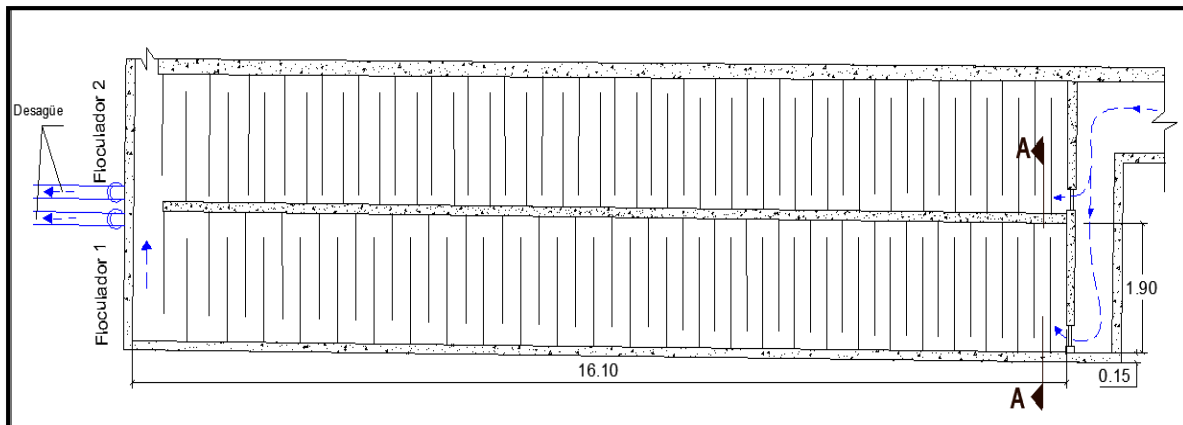
Tabla 12: Variables medidas en el floculador hidráulico de flujo horizontal.

Variable	Significado
<i>Nt</i>	Número de tabiques
<i>Nc</i>	Número de canales
<i>e</i>	Separación entre baffles (m)
<i>et</i>	Separación entre los tabiques y la pared (m)
<i>d</i>	Altura del nivel de agua (m)
<i>Ht</i>	Profundidad total del tanque (m)

Fuente: Autores.2017

Las dimensiones son las siguientes:

Figura 19: Dimensiones de los floculadores hidráulicos.

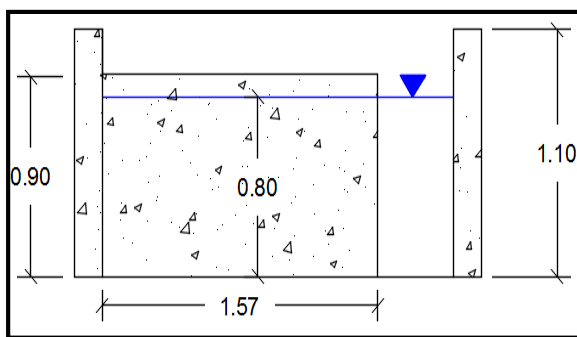


Fuente: Autores. 2017

Corte A-A

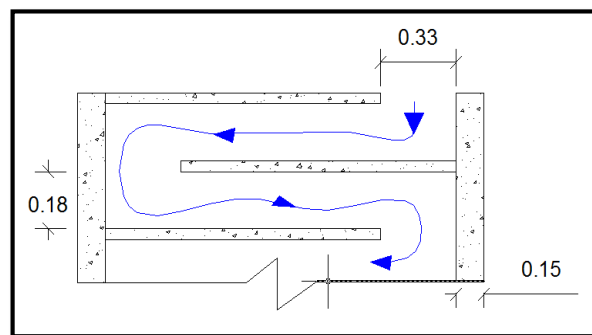
Detalle en planta A-A

Figura 20: Corte A-A del floculador hidráulico.



Fuente: Autores. 2017

Figura 21: Detalle del corte A-A vista en planta del floculador hidráulico.



Fuente: Autores. 2017

Debido a que los floculadores presentan dimensiones iguales, las variables que se presentan a continuación corresponden a una sola unidad:

Primera sección:

Tabla 13: Dimensiones primera sección-floculador hidráulico.

Variable	Resultado
<i>Nc</i>	19
<i>e</i>	0,18 m
<i>et</i>	0,33 m
<i>d</i>	0,80 m
<i>Ht</i>	1,10 m

Fuente: Autores.2017

Segunda sección:

Tabla 14: Dimensiones segunda sección-floculador hidráulico.

Variable	Resultado
<i>Nc</i>	18
<i>e</i>	0,24 m
<i>et</i>	0,33 m
<i>Ht</i>	1,10 m

Fuente: Autores.2017

Tercera sección:

Tabla 15: Dimensiones tercera sección-floculador hidráulico.

Variable	Resultado
<i>Nc</i>	16
<i>e</i>	0,36 m
<i>et</i>	0,33 m
<i>Ht</i>	1,10 m

Fuente: Autores.2017

Se contaron en total 52 tabiques 53 canales para cada floculador entonces:

Nt: 52 tabiques

Nc: 53 canales

Sedimentación

El proceso de sedimentación se realiza mediante un sedimentador convencional y un sedimentador de alta tasa, estos están ubicados en serie.

Sedimentador convencional

El caudal de trabajo para esta unidad es el siguiente:

- **Caudal aforado:** 55 L/s

El agua llega mediante un canal rectangular proveniente de los floculadores.

En la entrada del sedimentador el agua desciende, para luego ascender en el de alta tasa.

En el sedimentador convencional, se midieron las siguientes variables:

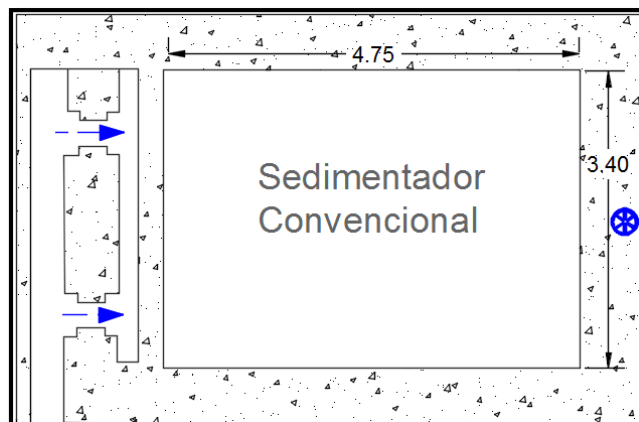
Tabla 16: Variables medidas en el vertedero rectangular.

Variable	Significado
A	Ancho del sedimentador (m)
L	Longitud del sedimentador (m)
h	Profundidad del sedimentador (m)

Fuente: Autores.2017

Las dimensiones son las siguientes:

Figura 22: Dimensiones del sedimentador convencional.



Fuente: Autores. 2017

Véase las dimensiones del decantador convencional en la siguiente en una tabla:

Tabla 17: Dimensiones del sedimentador convencional.

Variable	Resultado
<i>A</i>	3,40 m
<i>L</i>	4,75 m
<i>h</i>	3,00 m

Fuente: Autores. 2017

Sedimentador de alta tasa

El sistema de entrada, consiste en un tanque previo de sedimentación convencional y el sistema de salida se hace mediante dos canales rectangulares con dientes de sierra. El material de las placas inclinadas es de asbesto-cemento, el cual es comúnmente utilizado por su resistencia a la corrosión y su bajo precio.

El caudal de trabajo para esta unidad es el siguiente:

- **Caudal aforado:** 55 L/s

En el sedimentador de alta tasa, se midieron las siguientes variables:

Tabla 18: Variables medidas en el sedimentador de alta tasa.

Variable	Significado
<i>A</i>	Ancho del sedimentador (m)
<i>L</i>	Longitud del sedimentador (m)
<i>h</i>	Profundidad del sedimentador (m)

Fuente: Autores.2017

En las placas de asbesto-cemento del sedimentador de alta tasa, se midieron las siguientes variables:

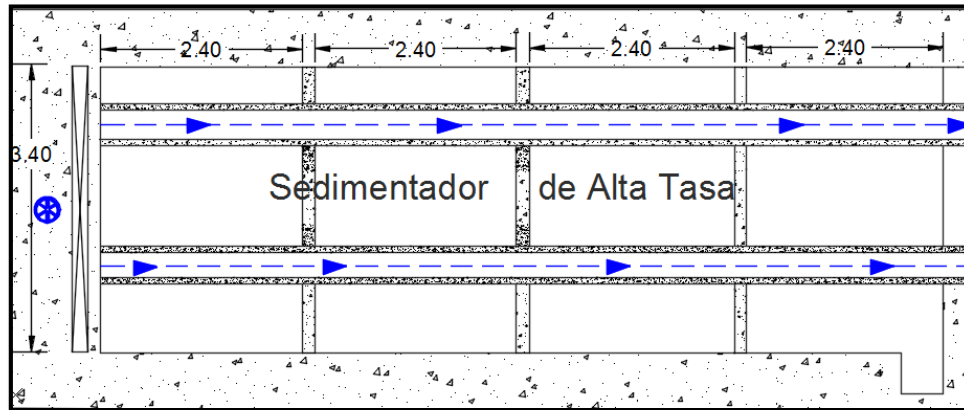
Tabla 19: Variables medidas de las placas de asbesto-cemento.

Variable	Significado
<i>e</i>	Separación entre placas (cm)
<i>ep</i>	Espesor de las placas (mm)
<i>a</i>	Largo de la placa (m)
<i>b</i>	Altura de la placa (m)

Fuente: Autores.2017

Las dimensiones son las siguientes:

Figura 23: Dimensiones del sedimentador de alta tasa.



Fuente: Autores. 2017

Véase las dimensiones en la siguiente tabla:

Tabla 20: Dimensiones del sedimentador de alta tasa.

Variable	Resultado
<i>a</i>	3,40 m
<i>L</i>	9,60 m
<i>h</i>	3,00 m
<i>e</i>	5 cm
<i>ep</i>	7 mm
<i>a</i>	2,4 m
<i>b</i>	1,2 m

Fuente: Autores. 2017

Filtros de alta tasa (rápidos)

El sistema de filtración de esta planta es rápido, en medios filtrantes triples de grava, arena y antracita, el tipo de lavado es mutuo (auto-lavado), lo que quiere decir que el lavado se realiza, con el caudal producido por cada módulo de tratamiento. La batería de filtros consta de seis filtros triples, dividido cada uno de ellos por un canal central de lavado.

El caudal de trabajo para cada filtro es el siguiente:

- **Caudal aforado:** 9,17 L/s

Las variables que se midieron en los filtros rápidos son las siguientes:

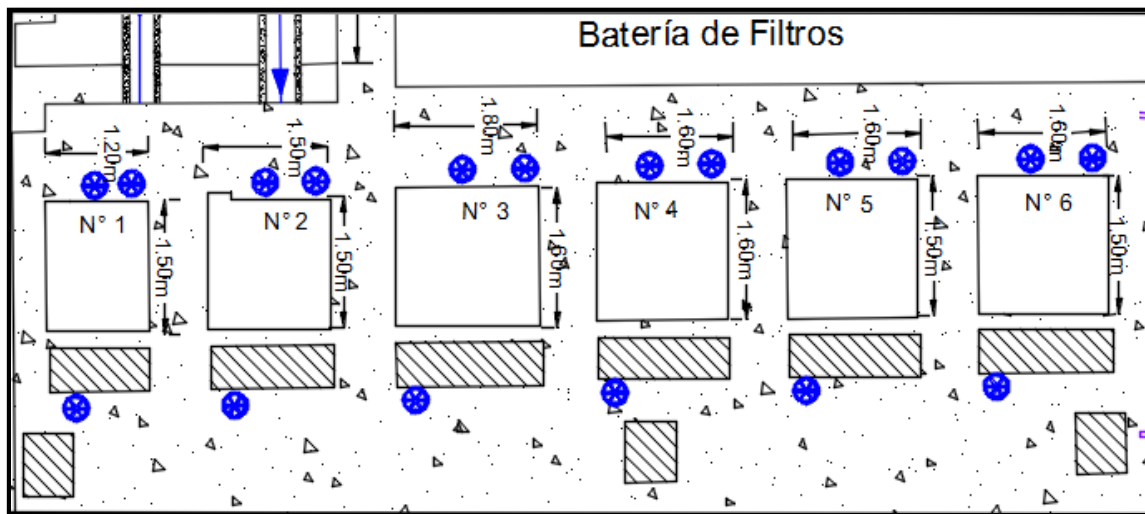
Tabla 21: Variables medidas de los filtros de alta tasa.

Variable	Significado
<i>L</i>	Longitud del filtro (m)
<i>B</i>	Ancho del filtro (m)

Fuente: Autores. 2017

Las dimensiones son las siguientes:

Figura 24: Dimensiones de los filtros de alta tasa.



Fuente: Autores. 2017

Véase las dimensiones en la siguiente tabla:

Tabla 22: Dimensiones de la batería de filtros de alta tasa.

Filtro	1	2	3	4	5	6
<i>L</i>	1,5 m	1,5 m	1,6 m	1,6 m	1,5 m	1,5 m
<i>B</i>	1,2 m	1,5 m	1,8m	1,6 m	1,6 m	1,6 m

Fuente: Autores. 2017

9.1.4 ACTIVIDAD 3: VERIFICAR PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO.

En esta actividad se verifican que los parámetros de diseño de cada proceso de tratamiento existente (mezcla rápida, mezcla lenta, sedimentación y filtración), se encuentren entre los rangos establecidos por el RAS 2000 título C. Los cálculos para los parámetros de diseño, son producto de mediciones realizadas en la PTAP.

El caudal con el que se procede a verificar los parámetros es de 55 L/s, puesto que los días en que se realizaron las mediciones, la PTAP estaba trabajando al máximo de su capacidad.

Temperatura del agua

Para determinar la temperatura de agua se realizaron veinticuatro mediciones, una cada hora, con el fin de determinar la temperatura promedio del agua. En el **Anexo 1**, se muestran las temperaturas del agua a diferentes horas.

La temperatura promedio es la siguiente:

$$T_{prom} = 22,2^{\circ}\text{C}$$

Propiedades físicas del agua

Con respecto a las propiedades físicas del agua, en el **Anexo 2** se presentan las interpolaciones gráficas con las cuales se hallaron estos valores.

Las propiedades físicas del agua para un $T = 22,2^{\circ}\text{C}$ son:

Tabla 23: Propiedades físicas del agua.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA			
Temperatura (°C)	Peso específico (N/m ³)	Viscosidad dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)
22,2	9782	$9,65 \times 10^{-4}$	$9,56 \times 10^{-7}$

Fuente: Autores.2017

Calculo de los parámetros de operación en la PTAP

Cámara de llegada

Cámara de aquietamiento: Los cálculos para establecer, si la camara de aquietamiento cumple con los requerimientos de funcionamiento, son los siguientes:

Variables de la cámara de aquietamiento (tabla N°9):

$$Q = 0,055 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 0,90 \text{ m}$$

$$h = 1,75 \text{ m}$$

$$L = 1,50 \text{ m}$$

Tiempo de retención:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{0,90\text{m} \cdot 1,75\text{m} \cdot 1,50\text{m}}{0,055\text{m}^3/\text{s}} = 42,95 \text{ s} = 0,71 \text{ min}$$

Velocidad de ascensional:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,055\text{m}^3/\text{s}}{0,90\text{m} \cdot 1,50\text{m}} = 0,04 \text{ m/s}$$

Aunque que se recomienda, un periodo de retencion de 30s a 60s, la camara de aquietamiento, funciona adecuadamente pues no se presenta ningun oleaje, que dificulte la medición del caudal.

Aforador y Mezcla rápida

Vertedero rectangular de pared delgada sin contracciones: Los cálculos para establecer, si la mezcla rápida cumple con los requerimientos de funcionamiento, son los siguientes:

Variables del vertedero de pared delgada (tabla N°11):

$$Q = 0,055 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 0,90 \text{ m}$$

$$P = 0,50 \text{ m}$$

$$g = 9,81\text{m}/\text{s}^2$$

$$\mu = 9,65 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$$

$$\gamma = 9782\text{N}/\text{m}^3$$

Caudal específico:

$$q = \frac{Q}{B} = \frac{0,055 \text{ m}^3/\text{s}}{0,9 \text{ m}} = 0,0611 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Profundidad crítica de flujo:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(0,0611 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m})^2}{9,81 \text{ m}/\text{s}^2}} = 0,0725 \text{ m}$$

Altura en la sección 1:

$$h_1 = h_c * \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{P}{h_c}} + 1,5} = 0,0725 \text{ m} * \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{0,5 \text{ m}}{0,0725 \text{ m}}} + 1,5} = 0,0259 \text{ m}$$

Velocidad en la sección 1:

$$V_1 = \frac{q}{h_1} = \frac{0,0611 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}}{0,0259 \text{ m}} = 2,36 \text{ m}/\text{s}$$

Número de Froude:

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * h_1}} = \frac{2,360 \text{ m}/\text{s}}{\sqrt{9,81 \text{ m}/\text{s}^2 * 0,0259 \text{ m}}} = 4,68$$

Altura del agua en la sección 2:

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right) = \frac{0,0259 \text{ m}}{2} \left(\sqrt{1 + 8(4,68^2)} - 1 \right) = 0,159 \text{ m}$$

Velocidad en la sección 2:

$$V_2 = \frac{q}{h_2} = \frac{0,0611 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}}{0,1590 \text{ m}} = 0,3843 \text{ m}/\text{s}$$

Longitud del resalto:

$$L_J = 6(h_2 - h_1) = 6(0,1590 \text{ m} - 0,0259 \text{ m}) = 0,798 \text{ m}$$

Pérdida de energía en el resalto:

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_1 * h_2} = \frac{(0,1590 \text{ m} - 0,0259 \text{ m})^3}{4 * 0,0259 \text{ m} * 0,1590 \text{ m}} = 0,143 \text{ m}$$

Velocidad media en el resalto:

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{2,360 \text{ m/s} + 0,3843 \text{ m/s}}{2} = 1,372 \text{ m/s}$$

Tiempo de retención hidráulico de la mezcla:

$$t = \frac{L_J}{V_m} = \frac{0,799 \text{ m}}{1,372 \text{ m/s}} = 0,582 \text{ s}$$

Gradiente de velocidad:

$$G = \sqrt{\frac{\gamma h}{\mu t}} = \sqrt{\frac{9782 \text{ N/m}^3 * 0,143 \text{ m}}{9,65 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2 * 0,582 \text{ s}}} = 1579 \text{ s}^{-1}$$

En donde:

h = Pérdida de energía en el resalto (m)

γ = Peso específico del agua en (N/m³)

μ = Viscosidad dinámica del agua en (N*s/m²)

Criterios

Según Arboleda³⁴, para mezcladores hidráulicos el gradiente de velocidad debe estar entre 1000 y 2000 s⁻¹.

Cumple: El resultado es 1579 s⁻¹.

Estas son las limitaciones para la metodología de cálculo dadas por Richter³⁵:

- Relación P/hc la menor posible, para reducir la pérdida de energía en la caída libre de la lámina vertedora.
- Para que el vertedero rectangular pueda ser utilizado como aforador, la relación P/hc debe ser mayor de 3.

³⁴ ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación de agua. Serie técnica No.13. 1981

³⁵ RICHTER, C.A. Método simplificado de cálculo de floculadores hidráulicos de tabiques. Revista Acodal, No. 102 -103, 1981.pg. 31

Cumple:

$$\frac{P}{hc} = \frac{0,5m}{0,0725m} = 6,90 > 3$$

El vertedero rectangular de pared delgada, definitivamente si cumple con sus funciones de mezcla rápida y aforador.

Mezcla lenta

Floculador hidráulico horizontal: Los cálculos para establecer, si la mezcla lenta cumple con los requerimientos del RAS2000 Título C, son los siguientes.

Para los dos floculadores, existen 3 secciones cada una definida por un gradiente de velocidad.

- **Primera sección:**

Variables de la primera sección del floculador hidráulico de flujo horizontal (tabla N°13):

$$Q = 0,0275 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$N_c = 19$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$v = 9,56 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Distancia total recorrida

Para un ancho efectivo de $B = 1,90\text{m}$, la distancia recorrida en esta sección por el agua debe ser:

$$L = N_c \cdot B = 19 \cdot 1,90\text{m} = 36,10\text{m}$$

Área transversal

Con una separación entre canales de $e = 0,18\text{m}$ y una altura de lamina de agua $d = 0,80\text{m}$, el area transversal para los canales es de:

$$a = d \cdot e = 0,18\text{m} \cdot 0,80\text{m} = 0,14\text{m}^2$$

Velocidad en el canal

Velocidad de flujo en la sección transversal del canal:

$$v_1 = \frac{Q}{a} = \frac{0,0275\text{m}^3/\text{s}}{0,14\text{m}^2} = 0,19\text{m/s}$$

Velocidad en el espacio libre entre la pared y los tabiques

Teniendo en cuenta que la separación entre pared y tabique es $et = 0,33m$.

$$v_2 = \frac{Q}{a} = \frac{0,0275m^3/s}{0,33m \cdot 0,80m} = 0,10m/s$$

Volumen de la sección del floculador:

$$V = a * L = 0,14m^2 \cdot 36,10m = 5,20m^3$$

Tiempo de retención:

$$t_1 = \frac{V}{Q} = \frac{5,20m^3}{0,0275m^3/s} = 189,03 s = 3,15 min$$

Pérdida por fricción

Teniendo en cuenta que la separación entre pared y tabique es $et = 0,33m$.

Según la fórmula de Manning, la pérdida por fricción en el tanque, será:

$$h_f = \frac{(n \cdot v_1)^2 \cdot L}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{(0,013 \cdot 0,19 m/s)^2 \cdot (19 \cdot (1,90 - 0,33))}{\left(\frac{0,14m^2}{0,18m + 2 \cdot 0,80m}\right)^{\frac{4}{3}}} = 0,0053m$$

- Realizando de nuevo los cálculos, para **la segunda sección** tenemos:

$$L = 34,20m$$

$$a = 0,19m^2$$

$$v_1 = 0,14m/s$$

$$v_2 = 0,10m/s$$

$$V = 6,57m^3$$

$$t_2 = 238,78s = 3,98min$$

$$h_f = 0,0020m$$

- Para **la tercera sección** tenemos:

$$L = 30,40m$$

$$a = 0,29m^2$$

$$v_1 = 0,09m/s$$

$$v_2 = 0,10m/s$$

$$V = 8,76m^3$$

$$t_3 = 318,37s = 5,31min$$

$$h_f = 0,0005m$$

Entonces el gradiente promedio, para todo el floculador será:

Pérdida adicional:

$$h = \frac{3 \cdot Nt \cdot v^2}{2 \cdot g} = \frac{3 \cdot 52 \cdot (0.104m/s)^2}{2 \cdot 9,81 m/s^2} = 0,0863m$$

Pérdida total:

$$H = \sum hf + h = 0,0077m + 0,0863m = 0,094m$$

Tiempo de retención total:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = 746,18 s = 12,4 min$$

Gradiente de velocidad:

$$G = \sqrt{\frac{g \cdot H}{v \cdot t}} = \sqrt{\frac{9,81m/s^2 \cdot 0,094m}{9,56 \times 10^{-7} m^2/s \cdot 746,18 s}} = 36s^{-1}$$

Criterios

El requerimiento según el RAS2000 Titulo C³⁶, es que el gradiente medio de velocidad debe estar entre: $20 s^{-1}$ y $70 s^{-1}$.

Cumple: Porque el $G = 36s^{-1}$

Además estipula que el tiempo de retención debe estar entre 20 y 30 min.

No cumple: $3,15min + 3,98min + 5,31min = 12,4min < 20min$

³⁶ Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. Sección II. Título C. Sistemas de potabilización.pg.47.

Sedimentación

Sedimentador Convencional: Los cálculos para establecer, si la sedimentación cumple con los requerimientos del RAS2000, son los siguientes:

Variables del sedimentador convencional (tabla N°17):

$$Q = 0,055m^3/s$$

$$L = 4,75m$$

$$B = 3,4m$$

$$h(efectiva) = 3m$$

Área del sedimentador:

$$A_s = B * L = 3,4m * 4,75m = 16,15m^2$$

Velocidad teórica de sedimentación:

$$V_o = \frac{Q}{A_s} = \frac{3,3m^3/min}{16,15m^2} = 0,20m/min$$

Carga Superficial:

$$CS = V_o = \frac{Q}{A_s} = \frac{4752m^3/día}{16,15m^2} = 294m^3/m^2 \cdot día$$

Velocidad horizontal:

$$V_h = \frac{Q}{(B * h)} = \frac{0,055m^3/s}{(3,4m * 3m)} = 0,0054m/s \rightarrow 0,54cm/s$$

Tiempo de retención:

$$t = \frac{A_s * h}{Q} = \frac{16,15m^2 * 3m}{3,3m^3/min} = 14,68min \approx 0,244h$$

Criterios

En el RAS2000 Título C³⁷, se estipula que un sedimentador de flujo horizontal debe constar de:

Un tiempo de detención entre 2h y 4h.

No cumple: $14,68min < 120min$

Una carga superficial entre $15 \frac{m^3}{m^2 \cdot dia}$ y $30 \frac{m^3}{m^2 \cdot dia}$.

No cumple: $294 \frac{m^3}{m^2 \cdot dia} > 30 \frac{m^3}{m^2 \cdot dia}$

Una velocidad horizontal de máximo $1cm/s$.

Cumple: $0,54cm/s < 1cm/s$

Sedimentador de alta tasa: Los cálculos para establecer, si la sedimentación de alta tasa cumple con los requerimientos del RAS2000, son los siguientes:

Variables del sedimentador de alta tasa (tabla N°20):

$$Q = 0,055m^3/s$$

$$L = 9,6m$$

$$B = 3,4m$$

$$h(efectiva) = 3m$$

Carga Superficial:

$$CS = \frac{Q}{A_s} = \frac{4752m^3/día}{9,6m * 3,4m} = \frac{4752m^3/día}{32,64m^2} = 146m^3/m^2 \cdot día$$

Área horizontal neta

Para un espesor de placas de $ep = 7mm$, una separación de $e = 5cm$, un ángulo de inclinación de 75° (medido en campo) y una altura para la placa de $b = 1,2m$. El área horizontal superficial neta del decantador de placas es:

$$A_h = Bn * L = (3,4m - 1,2m \cdot \cos(75^\circ)) * 9,6m = 29,66m^2$$

Donde:

Bn = Ancho neto de sedimentación

³⁷ Ibid.,pg.54

Velocidad teórica de sedimentación:

$$V_o = \frac{Q}{A_s \cdot \text{Sen}(75^\circ)} = \frac{3,3\text{m}^3/\text{min}}{32,64\text{m}^2 \cdot \text{Sen}(75^\circ)} = 0,10\text{m}/\text{min}$$

Número de placas

Donde cada placa tiene un ancho de $a = 2,4\text{m}$:

$$n = \frac{A_h \cdot \text{Sen}(75^\circ)}{a \cdot (e + ep)} = \frac{29,66\text{m}^2 \cdot \text{Sen}(75^\circ)}{2,4\text{m} \cdot (0,05\text{m} + 0,007\text{m})} = \frac{209}{4 \text{ Secciones}} = 52 \text{ placas}$$

Tiempo de retención:

$$t = \frac{A_s \cdot h}{Q} = \frac{32,64\text{m}^2 \cdot 3\text{m}}{3,3\text{m}^3/\text{min}} = 30\text{min}$$

Criterios

En el RAS2000 Título C³⁸, se estipula que un sedimentador alta tasa constar de:

Un tiempo de detención entre 10min y 15min.

No cumple: $30\text{min} > 15\text{min}$

Una carga superficial entre $120 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}$ y $300 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}$.

Cumple: $120 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}} > 146 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}} < 300 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}$

El número de placas que se contaron en la PTAP fue de **52**, exactamente igual al resultado anterior.

Con respecto al ángulo de inclinación de las placas; es **muy alto** pues el RAS estipula un rango entre 55° y 60° .

Filtración

Filtros de alta tasa: Se realiza los cálculos para verificar, si la carga superficial de filtración, corresponde a la de un filtro rápido con lecho mixto (arena y antracita).

³⁸ Ibid.,pg.54

Carga superficial:

$$CS = \frac{Q}{\sum Af} = \frac{Q}{Af_1 + Af_2 + Af_3 + Af_4 + Af_5 + Af_6} = \frac{4752 \text{ m}^3/\text{dia}}{14,29\text{m}^2} = 333 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}$$

Donde:

Af = Área de filtro

Absolutamente se trata de un filtro de alta tasa para Arboleda³⁹, pues menciona un rango entre $235 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ y $350 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$

9.1.5 ACTIVIDAD 4: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.

En esta actividad, se explica el método con el que se hizo la recolección de muestras de agua para los siguientes puntos:

1. **Entrada a la PTAP(Vertedero):** Agua cruda
2. **Después del sedimentador convencional:** Agua Sedimentada
3. **Después del sedimentador de alta tasa:** Agua Sedimentada
4. **Después de la filtración:** Agua Tratada

En virtud de que la planta cuenta con un **Laboratorio para análisis de agua**, se decidió hallar las propiedades físico-químicas de los puntos mencionados en el mismo, excepto para el punto del sedimentador convencional pues las muestras solo serán para hallar el parámetro de turbiedad; según el RAS 2000⁴⁰, se debe verificar el correcto funcionamiento de un sedimentador con la relación entre concentración de partículas a la salida (turbiedad efluente) y a la entrada (turbiedad afluente).

Recursos

Para la recolección de agua se utilizaron tres frascos de vidrio, cada frasco con una cuerda de plástico. La función de la cuerda es permitir que la muestra pueda ser extraída a diferentes profundidades.

Los colores de las cuerdas varían de acuerdo al tipo de agua:

Color rojo: Agua cruda

Color azul: Agua Sedimentada

Color amarillo: Agua tratada

³⁹ ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera edición. Mc Graw Hill. Bogotá, D.C. 2000.pg.440

⁴⁰ Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. Sección II. Título C. Sistemas de potabilización.pg.58.

Figura 25: Frascos de vidrio-Recolección de muestras.



Fuente: Autores.2017

Se realizaron tres muestreos por cada punto, exactamente el día:

Lunes 10 de abril del 2017

00:00 h = El primer muestreo lo realiza el operario de turno.

06:00 h = Los estudiantes proceden a hacer el segundo muestreo, con ayuda del operario de turno.

12:00 h = El tercer muestreo lo realizan los estudiantes con ayuda del operario de turno.

9.1.6 ACTIVIDAD 5: PRUEBAS DE TRATABILIDAD PARA DETERMINAR PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA.

Parámetros físico-químicos y microbiológicos

Esta actividad se desarrolló en el laboratorio de la planta de tratamiento.

El laboratorio tiene la capacidad para determinar los siguientes parámetros:

- Turbiedad
- Potencial de Hidrogeno
- Temperatura
- Color

Los instrumentos que se usaron para realizar los ensayos son las siguientes:

Turbidímetro

Esta herramienta se utiliza para medir partículas suspendidas en un líquido, la unidad en la que mide es UTN (Unidad de Turbidez Nefelométrica).

Figura 26: Turbidímetro-Nefelómetro



Fuente: Autores.2017

Espectrofotómetro

Este instrumento mediante la longitud de onda, puede llegar a dictaminar diferentes concentraciones químicas en una muestra de agua.; para este ensayo se determina el color aparente que se expresa como UPC (Unidades de Platino Cobalto).

Figura 27: Espectrofotómetro



Fuente: Autores.2017

pH-metro

Este es un sensor utilizado para medir el potencial de hidrogeno de una solución, además tiene la capacidad de medir la temperatura del medio en (°C).

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

Figura 28: pH-metro



Fuente: Autores.2017

El resultado de los ensayos realizados es el siguiente:

Tabla 24: Características físico-químicas y temperatura del agua cruda, sedimentada y tratada en la PTAP.

Muestra	Turbiedad (UNT)	pH	Color (UPC)	Temperatura (°C)	Hora
Entrada a la PTAP	488	7,62	190	21,90	00:00 h
	373	7,65	177	21,00	06:00 h
	274	7,60	127	23,70	12:00 h
Salida del sedimentador convencional	44,7	-----	-----	-----	00:00 h
	37,7	-----	-----	-----	06:00 h
	33,9	-----	-----	-----	12:00 h
Salida del sedimentador de alta tasa	8,12	6,89	4,00	20,60	00:00 h
	8,69	6,91	4,00	20,30	06:00 h
	10,30	6,80	5,00	22,70	12:00 h
Salida de los filtros	0,96	6,80	0	20,90	00:00 h
	1,07	6,83	0	20,40	06:00 h
	1,15	6,79	0	22,60	12:00 h

Fuente: Autores.2017

En la tabla N°1 se muestran los valores admisibles para las características físicas del agua.

La comparación de los resultados obtenidos con los valores admisibles de la *Resolución 2115 de 2007*, son los siguientes:

Muestra de agua cruda

Turbiedad

No cumple: El parámetro crítico es de **488 UNT**; el valor máximo permitido para turbiedad es de **2 UNT**, el actual diseño de la PTAP contempla la corrección de este parámetro, pues utiliza los procesos de floculación, sedimentación y filtración para el tratamiento de agua.

Color

No cumple: El parámetro crítico es de **190 UPC**; el valor máximo permitido para color aparente es de **15 UPC**, el actual diseño de la PTAP divisa la corrección de este parámetro mediante los procesos de floculación y filtración.

El laboratorio de la planta no cuenta con equipos para realizar pruebas microbiológicas, debido a esto, los ensayos fueron hechos por el **Centro Nacional de Análisis Ambiental**. Determinando dos parámetros: Coliformes totales y E. Coli. Se realizan dos muestreos en la salida de la planta, comprobando así, que el agua consumida esté libre de bacterias.

Los resultados son los siguientes:

Tabla 25: Características microbiológicas del agua

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Valor admisible-Norma
Coliformes totales (UFC/100ml)	0	0	0
E.Coli (UFC/100ml)	0	0	0

Fuente: Autores.2017

En resumen se ve claramente que el agua tratada es apta para el consumo humano. No solo porque los valores de Coliformes totales y Escherichia coli son de cero (0) sino también los parámetros físico-químicos: Turbiedad, Color y pH se encuentran entre los valores admisibles por la *Resolución 2115 de 2007*.

Eficiencias de las unidades

Para determinar las eficiencias de las unidades, se toma el valor de la menor remoción de partículas en cada punto, simulando así el proceso de tratamiento más crítico:

Sedimentación:

$$Eficiencia (\%) = \left(1 - \frac{Turbiedad\ de\ salida}{Turbiedad\ de\ entrada}\right) \cdot 100$$

$$Eficiencia (\%) = \left(1 - \frac{10,3\ UNT}{274\ UNT}\right) \cdot 100 = 96,24\%$$

Sedimentador convencional:

$$Eficiencia (\%) = \left(1 - \frac{33,9\ UNT}{274\ UNT}\right) \cdot 100 = 87,62\%$$

Sedimentador de alta tasa:

$$Eficiencia (\%) = \left(1 - \frac{10,3\ UNT}{33,9\ UNT}\right) \cdot 100 = 69,62\%$$

Filtración:

$$Eficiencia (\%) = \left(1 - \frac{1,15\ UNT}{10,3\ UNT}\right) \cdot 100 = 88,83\%$$

Ensayo de jarras

Esta síntesis la prueba de jarras se utiliza para determinar el óptimo funcionamiento de las operaciones en una planta purificadora de agua. Es decir este método puede determinar la dosis óptima a aplicar de coagulante, para corregir diferentes parámetros. Además el ensayo de jarras es la simulación de todos los procesos primarios en una planta de tratamiento de agua potable.

Figura 29: Test de jarras- PTAP Corinto



Fuente: Autores.2017

Se realizó un ensayo de jarras con el procedimiento mostrado en el **anexo 3**, con el propósito de hallar la dosis óptima de Sulfato de Aluminio $[Al_2 (SO_4)_3]$. Esta dosis será la que mejor remoción de turbiedad y color tendrá en la planta purificadora.
El resultado es el siguiente:

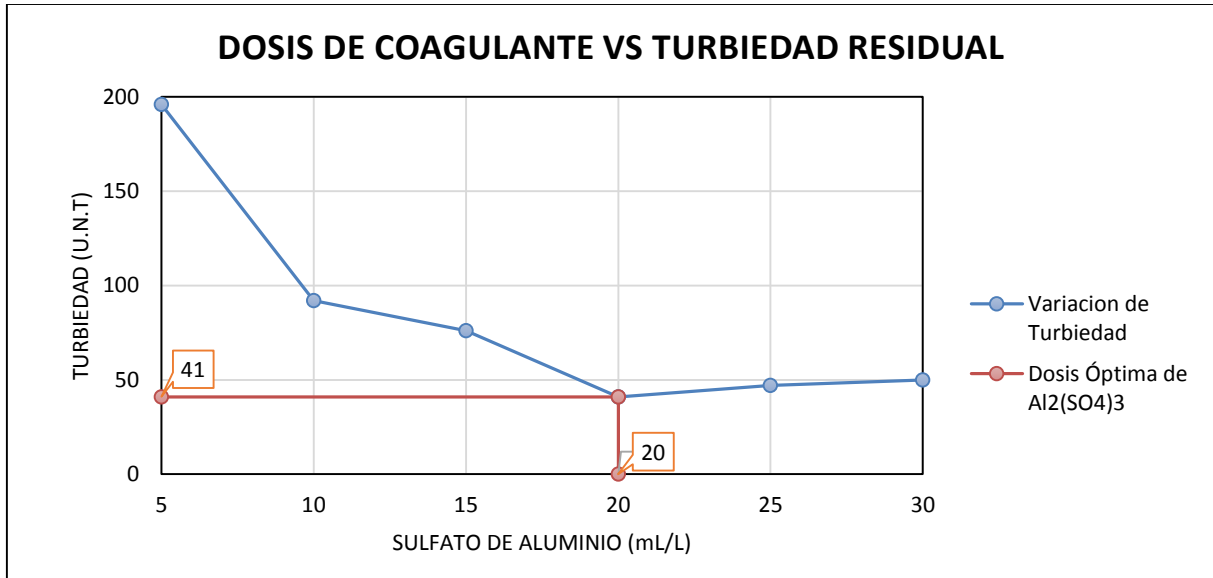
Tabla 26: Resultado de la prueba de jarras

ENSAYO DE JARRAS							
Número de Vasos	No 1 – Concentración 2%						
		1	2	3	4	5	6
Dosis a Aplicar (ml)	Alumbre	5ml	10ml	15ml	20ml	25ml	30ml
Aparición de Floculos	5 minutos	Regular	Regular	Regular	Bien	Bien	Bien
	10 minutos	Regular	Regular	Bien	Bien	Bien	Bien
	20 minutos	Regular	Regular	Bien	Bien	Bien	Bien
Turbiedad Residual		196	92	76	41	47	50
Color Residual		112	68	49	19	22	20
PH		7,71	6,86	6,79	6,80	6,71	6,51
Temperatura		22,0	22,6	23,1	23,0	22,9	22,7

Fuente: Autores.2017

Con los datos recolectados en esta tabla, se procede a graficar la turbiedad residual vs el sulfato de aluminio adicionado a cada jarra. El valor de **y (min)** será el que dictamine cual es la dosis óptima a aplicar de coagulante.

Gráfica 5: Dosis óptima de Sulfato de Aluminio



Fuente: Autores.2017

Debido a que la dosificación se hace en húmedo, se utiliza la siguiente formula:

$$q = \frac{D \cdot Q}{C}$$

Donde:

D = Dosis que se requiere aplicar en mg/l

Q = Caudal en L/s

C = Concentración de la solución en mg/l

q = Volumen de solución a aplicar en L/s

La dosis que se requiere aplicar es la siguiente:

$$C = 2\% = \frac{2g}{100ml} = \frac{20.000mg}{L}$$

$$D = \frac{20ml}{L} \cdot \frac{2g}{100ml} = \frac{0,4g}{L} = \frac{400mg}{L}$$

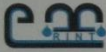
Entonces q será:

$$q = \frac{400mg/L \cdot 55L/s}{20.000 mg/L} = 1,1 L/s = 66 L/min$$

La siguiente imagen muestra la tabla que utilizan los operarios para dosificar el Sulfato de Aluminio, específicamente se resalta la cantidad a dosificar para una dosis de 20ml/L y un caudal de 55L/s:

DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA

Figura 30: Tabla para dosificar Sulfato de Aluminio

 TABLA PARA DOSIFICAR SULFATO DE ALUMINIO																				
Dosis (mg/L)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
5	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0	13.5	15.0	16.5	18.0	19.5	21.0	22.5	24.0	25.5	27.0	28.5	30.0
10	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
15	4.5	9	13.5	18	22.5	27	31.5	36	40.5	45	49.5	54	58.5	63	67.5	72	76.5	81	85.5	90
20	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120
25	7.5	15	22.5	30	37.5	45	52.5	60	67.5	75	82.5	90	97.5	105	112.5	120	127.5	135	142.5	150
30	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180
35	10.5	21	31.5	42	52.5	63	73.5	84	94.5	105	115.5	126	136.5	147	157.5	168	178.5	189	199.5	210
40	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240
45	13.5	27	40.5	54	67.5	81	94.5	108	121.5	135	148.5	162	175.5	189	202.5	216	229.5	243	256.5	270
50	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300
55	16.5	33	49.5	66	82.5	99	115.5	132	148.5	165	181.5	198	214.5	231	247.5	264	280.5	297	313.5	330
60	18	36	54	72	90	108	126	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306	324	342	360
65	19.5	39	58.5	78	97.5	117	136.5	156	175.5	195	214.5	234	253.5	273	292.5	312	331.5	351	370.5	390
70	21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420
75	22.5	45	67.5	90	112.5	135	157.5	180	202.5	225	247.5	270	292.5	315	337.5	360	382.5	405	427.5	450
80	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312	336	360	384	408	432	456	480
85	25.5	51	76.5	102	127.5	153	178.5	204	229.5	255	280.5	306	331.5	357	382.5	408	433.5	459	484.5	510
90	27	54	81	108	135	162	189	216	243	270	298	324	351	378	405	432	459	486	513	540
95	28.5	57	85.5	114	142.5	171	199.5	228	256.5	285	313.5	342	370.5	399	427.5	456	484.5	513	541.5	570
100	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600

Fuente: Autores.2017

En conclusión la tabla para dosificar Sulfato de Aluminio que utilizan los operarios, es muy útil, pues además de que su información es verídica, también disminuye el tiempo de aplicación de coagulante.

9.2 SEGUNDA ETAPA: PLANTEAR UNA POSIBLE ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PTAP, CONSIDERANDO EL DIAGNOSTICO DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO.

9.2.1 ACTIVIDAD 6: IDENTIFICAR LOS PUNTOS CRÍTICOS EN LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO Y SUS POSIBLES REFORMAS.

Mezcla rápida-Vertedero rectangular de pared delgada

Con respecto a la mezcla rápida, se puede analizar que la turbulencia que se genera por el resalto hidráulico, es suficiente para generar una intermezcla entre la solución de sulfato de aluminio y la masa de agua, puesto que su gradiente hidráulico se encuentra entre el rango 1000 y 3000 s^{-1} .

Amirtharajah y Trussler plantean⁴¹ que la mínima eficiencia de la mezcla se consigue con rangos de gradientes entre 800 y 1000 s^{-1} o entre 3000 y 5000 s^{-1} , dicho esto de otra manera una buena eficiencia en la mezcla rápida se obtendrá con un gradiente entre 1000 y 3000 s^{-1} .

Se debe agregar que el resalto no va ser oscilante, pues el número de Froud no se encuentra entre 2,5 y 4,5.

Mezcla lenta-Floculadores Hidráulicos de flujo horizontal

En cuanto a los tanques de floculación compuestos por pantallas horizontales, se obtuvieron tres velocidades diferentes para cada unidad, lo cual es muy común en floculadores sectorizados por diferentes gradientes; el objetivo de esto es comenzar el trayecto de los canales con una velocidad alta, no superior a 0,60 m/s y terminar con una velocidad baja no inferior a 0,10 m/s.

Los anteriores argumentos se mencionan con el propósito de justificar y probar que los floculadores existentes, pueden continuar en funcionamiento pues sus velocidades promedio varían entre 0,10 - 0,20 m/s y se debe agregar que el gradiente medio de velocidad con el que trabaja actualmente el floculador es óptimo para su funcionamiento; pues “generalmente G promedio en floculadores de pantallas varía entre 10 y 100 s^{-1} ”⁴².

⁴¹ Amirtharajah A Trusler, S.L. “Destabilization of Particles by turbulent Rapid Mixing” Journ E.E Division, ASCE 112, 1085, (1986).

⁴² ARBOLEDA, Op.cit., p. 131.

Sedimentación- Decantador convencional

El sedimentador convencional, como se justificó antes, fue diseñado como un sistema de entrada para la zona de decantación acelerada. Arboleda⁴³ menciona que esto es algo innecesario, pero claramente se ve en los resultados que el sedimentador convencional en las condiciones más críticas remueve hasta el **87,65 %** de turbiedad.

En cuanto a los factores que se consideran para diseñar una zona de sedimentación como lo son: carga superficial, periodo de detención y velocidad horizontal, se analizó lo siguiente:

- La carga superficial es demasiado alta (**294 m/día**), esto se debe a la falta de área superficial, a causa de esto la velocidad v resultante entre la descomposición de la velocidad teórica de sedimentación v_o y la velocidad de arrastre horizontal producida por el fluido v_F va a ser muy alta y algunas partículas no alcanzarán a sedimentar.
- El periodo de detención es muy bajo (**14,68min**) a causa de que la relación entre el ancho y largo es de 1:1,40, un valor incoherente pues demuestra que la longitud del sedimentador, no es la suficiente para retener el flujo más de 15 minutos.

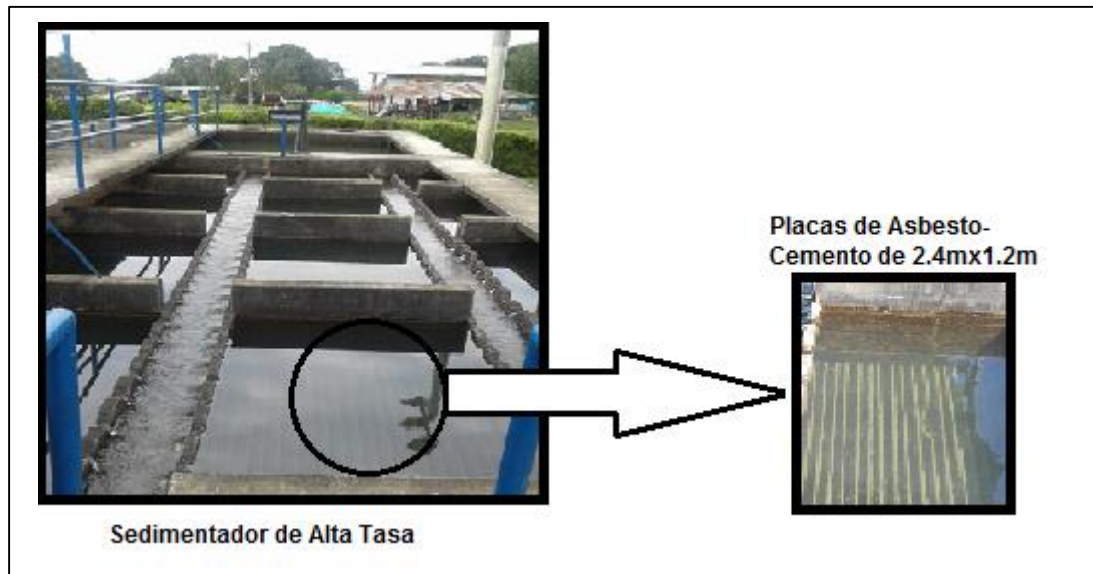
Lo dicho hasta aquí supone, que el sedimentador convencional no fue diseñado con el objeto de remover un gran porcentaje de turbiedad. Sin embargo los ensayos de turbiedad hechos a la salida del mismo demuestran, que se está removiendo un 87,65% de partículas suspendidas.

Sedimentación- Decantador de alta tasa

En lo que trata al sedimentador de alta tasa se observó un error en la entrada, la dirección del flujo de agua no es perpendicular a la superficie plana de las placas de asbesto cemento, en consecuencia; la mayor parte del flujo, atraviesa las placas por los espaciamientos que hay entre ellas, en la siguiente imagen se muestra el problema.

⁴³ ARBOLEDA, Op.cit., p. 275

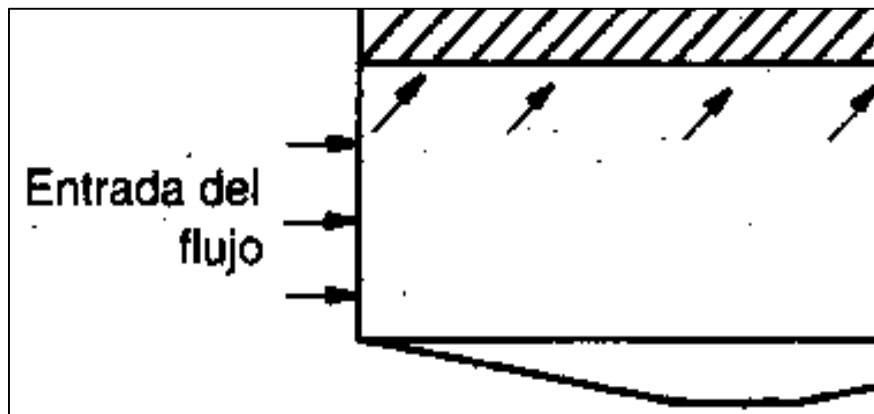
Figura 31: Placas de Asbesto-Cemento en Sedimentador de Alta Tasa



Fuente: Autores.2017

Por lo general el movimiento del flujo en un sedimentador de alta tasa se da de la siguiente forma:

Figura 32: Descripción de la entrada del sistema de alta tasa.



Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Potabilización del agua 3ª Edición.

En la anterior imagen se ve claramente que la dirección del flujo en la entrada es perpendicular a la superficie plana de las placas de asbesto-cemento.

Filtración- Filtros de alta tasa

En relación al proceso de filtración, se obtuvo que toda la batería trabaja con una carga superficial de 333 m/día.

También se determinó que su capacidad de filtración es rápida y que su medio filtrante es mixto ya que trabaja con antracita y arena.

9.2.2 ACTIVIDAD 7: VERIFICAR LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LOS ACTUALES DISEÑOS DE LA PTAP

El objetivo de la siguiente actividad es comprobar, si las unidades podrían tratar el caudal demandado por la futura población.

Proyección de población

La proyección de población se hace para 25 años, pues la población rural y urbana del municipio de corinto suman aproximadamente 27170 habitantes para el año 2019. Por lo cual según el RAS2000 Título A, se estipula que el periodo de diseño para un nivel de complejidad medio alto es de 25 años.

Tabla 27: Censos de población

Censos de Población DANE			
Año	Total	Rural	Urbana
1964	17872	12864	5008
1973	12234	5269	6965
1993	19442	7565	11877
2005	22825	12080	10745

Fuente: Datos censos DANE 1964-2005

Para los siguientes métodos proyección se decide realizar un análisis de sensibilidad, el cual consiste en “calcular las tasas de crecimiento entre el último censo y cada uno de los censos posteriores al censo inicial y hacer la proyección de población para ellas”⁴⁴, con esto se pretende dar una información más completa y más exacta.

⁴⁴ LÓPEZ CUALLA, Ricardo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado. Segunda edición. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, D.C. 2004.pg.42

Método aritmético:

En modo de ejemplo se muestra el cálculo para el año 2019.

Población proyectada

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc}) = 22825 + \frac{22825 - 17872}{2005 - 1964} * (2019 - 2005)$$

$$P_f = 24516 \text{ hab}$$

Donde:

P_f = Población (Hab), año para el que se quiere proyectar.

P_{uc} = Población (Hab), ultimo año censado.

P_{ci} = Población (Hab) corresponde al censo inicial.

T_{uc} = Ultimo año censado.

T_{ci} = año censo inicial.

T_f = año al cual se requiere proyectar la información.

De la misma forma continúan los cálculos, manteniendo constante el censo final y variando el censo inicial.

Tabla 28: Estimación de población método aritmético.

Método Aritmético		Población proyectada					
Pci	k	2019	2024	2029	2034	2039	2044
1964	120,805	24516	25120	25724	26328	26932	27536
1973	330,969	27459	29113	30768	32423	34078	35733
1993	281,917	26772	28181	29591	31001	32410	33820
Promedio	244,56	26249	27472	28695	29917	31140	32363

Fuente: Autores

Método Geométrico:

Tasa de Crecimiento

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1 = \left(\frac{22825}{17872} \right)^{\frac{1}{(2005 - 1964)}} - 1 = 0,006$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en decimales.

Población proyectada

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}} = 22825 * (1 + 0,006)^{2019 - 2005} = 24813$$

Tabla 29: Estimación de población método geométrico.

Método Geométrico		Población proyectada					
Pci	r	2019	2024	2029	2034	2039	2044
1964	0,006	24813	25565	26339	27137	27958	28805
1973	0,020	29985	33054	36437	40166	44277	48809
1993	0,013	27523	29425	31459	33634	35959	38445
Promedio	0,013	27440	29348	31412	33646	36065	38686

Fuente: Autores.2017

Método Wappus:

Tasa de Crecimiento

$$i = \frac{200 * (P_{uc} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci}) * (P_{uc} - P_{ci})} = \frac{200 * (22825 - 17872)}{(2005 - 1964) * (22825 + 17872)} = 0,594$$

Donde:

i = Tasa de Crecimiento

Población proyectada

$$P_f = P_{ci} \left[\frac{200 + i * (T_f - T_{ci})}{200 - i * (T_f - T_{ci})} \right] = 17872 * \left[\frac{200 + 0,594 * (2019 - 1964)}{200 - 0,594 * (2019 - 1964)} \right] =$$

$$P_f = 24846$$

El modelo de crecimiento es válido siempre y cuando el termino $200 - i * (T_f - T_{ci})$ tenga un valor positivo⁴⁵.

⁴⁵Ibíd., pg.49

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

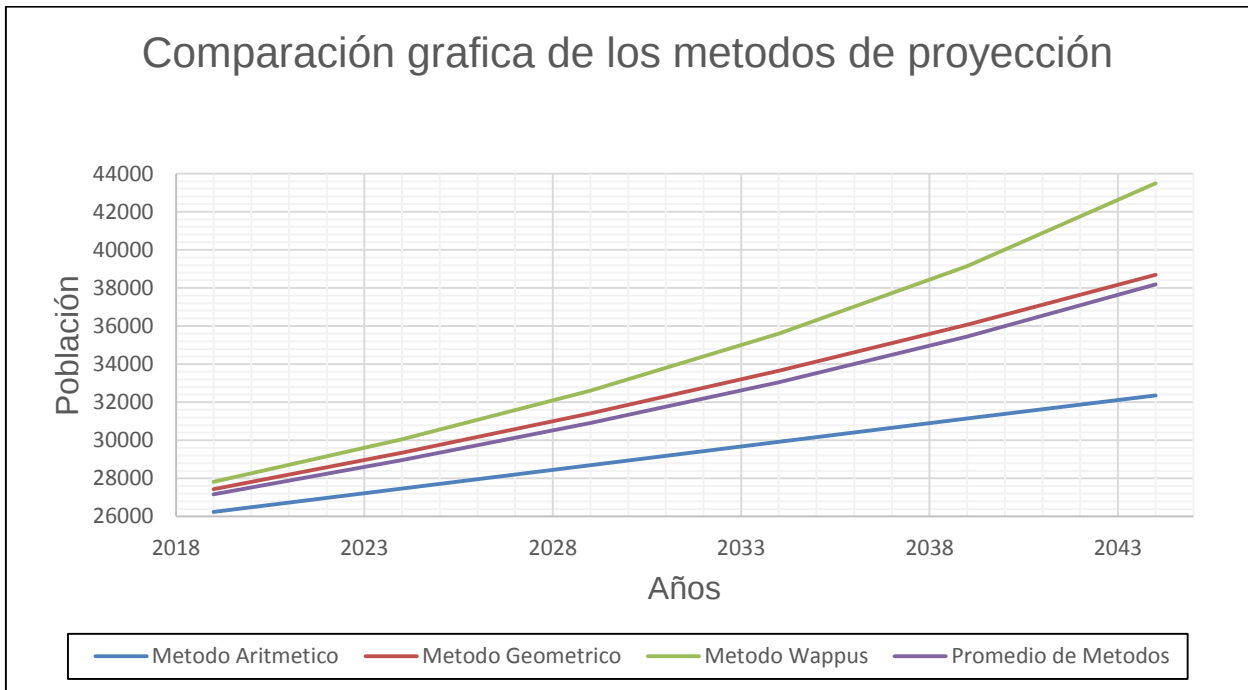
Tabla 30: Estimación de población método wappus.

Método de Wappus		Población proyectada					
Pci	i	2019	2024	2029	2034	2039	2044
1964	0,594	24846	25618	26417	27247	28109	29004
1973	1,888	31015	34952	39677	45455	52679	61971
1993	1,334	27600	29578	31729	34078	36653	39488
Promedio	1,272	27820	30049	32608	35593	39147	43487

Fuente: Autores.2017

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cada uno de los métodos, se realiza una comparación grafica de las poblaciones proyectadas promedio:

Gráfica 6: Comparación grafica de los resultados de proyección



Fuente: Autores.2017

La población que se escoge para el año final del periodo de diseño, es la del promedio lineal de todos los métodos, puesto que todas las proyecciones se ajustan en general a la tendencia de crecimiento histórica.

Tabla 31: Estimación de población por diferentes métodos.

Periodo de Diseño	25 Años			
Año	MÉTODO ARITMÉTICO	MÉTODO GEOMÉTRICO	MÉTODO WAPPUS	PROMEDIO
	Población proyectada	Población proyectada	Población proyectada	Población
2019	26249	27440	27820	27170
2024	27472	29348	30049	28956
2029	28695	31412	32608	30905
2034	29917	33646	35593	33052
2039	31140	36065	39147	35451
2044	32363	38686	43487	38179

Fuente: Autores.2017

Por consiguiente la población que se usara para calcular el caudal de diseño será la de 38179 hab.

Análisis del caudal de diseño

Definición Nivel de Complejidad

Para todo el territorio nacional se establecen los siguientes niveles de complejidad.

1. Bajo.
2. Medio
3. Medio Alto
4. Alto

La clasificación del proyecto en uno de estos niveles depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto.

Tabla 32: Asignación del nivel de complejidad

Nivel de Complejidad del sistema	Habitantes
Bajo	<2500
Medio	2501 a 12500
Medio Alto	12501 a 60000
Alto	>60000

Fuente: RAS 2000. Título A.pág.25

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

Dado el estudio de población y la proyección de población realizada para el año 2044, se determinó que el municipio de Corinto contara con una población de 38179, lo cual indica un nivel de complejidad **MEDIO ALTO**.

Periodo de diseño

Tabla 33: Período de diseño según el Nivel de Complejidad del Sistema

Nivel de Complejidad del Sistema	Periodo de diseño Máximo
Bajo, medio, medio alto	25años
Alto	30 años

Fuente: Resolución No.2320 del 27 de Noviembre de 2009, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial

Se confirma que el periodo de diseño es para 25 años.

Dotación neta máxima

Según la Resolución 2320 de noviembre 27 de 2009, dotación neta es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. A continuación se presenta una tabla donde la dotación neta no debe superar los valores dados.

Tabla 34: Dotación Máxima Neta

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con clima frío o templado (L/Hab*día)	Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/Hab*día)
BAJO	90	100
MEDIO	115	125
MEDIO ALTO	125	135
ALTO	140	150

Fuente: Resolución No.2320 del 27 de Noviembre de 2009, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial

Corinto tiene un nivel de complejidad medio alto y un clima frío debido a que está ubicado por encima de los 1000 metros sobre el nivel del mar (1050-4000 msnm), por tanto nuestra dotación neta corresponde a 125 L/hab*día.

Pérdidas técnicas en el sistema

Debido a la falta de información por parte del acueducto de corinto, con respecto al índice de agua no contabilizada o la diferencia entre el volumen de agua tratada a la salida de la planta de tratamiento y el volumen que se entrega a la población. Se optó por establecer el porcentaje de pérdidas técnicas según el RAS2000.

Tabla 35: Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas

Nivel de complejidad del sistema	Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta
BAJO	40%
MEDIO	30%
MEDIO ALTO	25%
ALTO	20%

Fuente: RAS 2000. Título B 2.5.4. pág. 36

La pérdida en el sistema será del 25% y esto se debe al nivel de complejidad del sistema.

Dotación Bruta

$$Dotación\ Bruta = \frac{Dotación\ Neta}{1 - \%Perdidas\ Técnicas} = \frac{125\ l/hab \cdot dia}{1 - \%25} = 167\ l/hab \cdot dia$$

En donde:

- *Dotación Bruta*=Dotación Bruta.
- *Dotación Neta*= Dotación Neta.
- *%P*= Pérdidas técnicas máximas admisibles.

Caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño se tiene en cuenta la dotación neta, porcentaje de pérdidas y dotación bruta.

Caudal medio diario

$$Q_m = \frac{P * d_{bruta}}{86400} = \frac{38179 * 167\ l/hab \cdot dia}{86400} = 73,80\ l/s$$

Coefficiente de consumo máximo diario – k_1

Tabla 36: Coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , según el Nivel de Complejidad del Sistema

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario - k_1
BAJO	1.30
MEDIO	1.30
MEDIO ALTO	1.20
ALTO	1.20

Fuente: RAS 2000. Titulo B 2.7.4. pág. 37

El coeficiente de consumo máximo será de 1.20 por el nivel de complejidad del sistema.

Caudal máximo diario

$$QMD = Q_{md} * k_1 = 73,80 \text{ l/s} * 1,20 = 88 \text{ l/s}$$

Necesidades de la planta de tratamiento

Debido a la falta de información por parte del acueducto de corinto, se considera entre un 3% y 5% del caudal medio diario para las necesidades de lavado de la planta de tratamiento. (RAS 2000.)

Para la planta de tratamiento de Corinto se considera el 3%.

$$Q_{Diseño} = QMD + (Q_m * 3\%) = 88L/s + (74L/s * 3\%)$$

$$Q_{Diseño} = 91L/s \approx 0,091m^3/s$$

Se tiene como resultado, que para una población de 38179 habitantes el caudal de diseño es de 91 L/s.

A continuación se muestra el caudal de diseño para los años pertenecientes al periodo de diseño.

Tabla 37: Datos para la determinación del caudal de diseño

Año	Población	Dotación Neta (Lt/Hab*día)	%Pérdidas	Dotación Bruta (Lt/Hab*día)	Caudal medio diario (l/s)	Caudal Máximo diario (l/s)	Caudal de Diseño (l/s)
2019	27170	125	25%	167	52	63	64
2024	28956	125	25%	167	56	67	69
2029	30905	125	25%	167	60	72	73
2034	33052	125	25%	167	64	77	78
2039	35451	125	25%	167	68	82	84
2044	38179	125	25%	167	74	88	91

Fuente: Autores. 2017

Capacidad hidráulica para un caudal de diseño de 91l/s

En el siguiente punto se pretende analizar si las unidades de tratamiento existentes, pueden funcionar adecuadamente para un caudal de 91 L/s.

Cámara de llegada-Cámara de aquietamiento: El tiempo de retención y la velocidad ascensional en la cámara será:

Variables de la cámara de aquietamiento:

$$Q = 0,091 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 0,90 \text{ m}$$

$$h = 1,75 \text{ m}$$

$$L = 1,50 \text{ m}$$

Tiempo de retención:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{0,90\text{m} \cdot 1,75\text{m} \cdot 1,50\text{m}}{0,091\text{m}^3/\text{s}} = 25,96 \text{ s} = 0,43 \text{ min}$$

Velocidad de ascensional:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,091\text{m}^3/\text{s}}{0,90\text{m} \cdot 1,50\text{m}} = 0,06 \text{ m/s}$$

Claramente se ve un tiempo de retención muy bajo, sin embargo la velocidad sigue siendo optima para que no se presente ningun oleaje o turbulencia, por tal motivo no se pretende cambiar las dimensiones de la camara de aquietamiento.

Mezcla rápida - Vertedero rectangular de pared delgada sin contracciones:

Variables del vertedero rectangular (tabla N°9):

$$Q = 0,091 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 0,90 \text{ m}$$

$$P = 0,50 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\mu = 9,65 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$$

$$\gamma = 9782 \text{ N}/\text{m}^3$$

Caudal específico:

$$q = \frac{0,091 \text{ m}^3/\text{s}}{0,9 \text{ m}} = 0,101 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Profundidad critica de flujo:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{(0,101 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m})^2}{9,81 \text{ m}/\text{s}^2}} = 0,101 \text{ m}$$

Altura en la sección 1:

$$h_1 = 0,101 \text{ m} * \frac{\sqrt{2}}{1,06 + \sqrt{\frac{0,5 \text{ m}}{0,101 \text{ m}} + 1,5}} = 0,040 \text{ m}$$

Velocidad en la sección 1:

$$V_1 = \frac{0,101 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}}{0,040 \text{ m}} = 2,536 \text{ m/s}$$

Número de Froude:

$$F_1 = \frac{2,536 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m}/\text{s}^2 * 0,040 \text{ m}}} = 4,055$$

Altura del agua en la sección 2:

$$h_2 = \frac{0,040 \text{ m}}{2} \left(\sqrt{1 + 8(4,055^2)} - 1 \right) = 0,210 \text{ m}$$

Velocidad en la sección 2:

$$V_2 = \frac{0,101 \text{ m}^3/s/m}{0,210m} = 0,482 \text{ m/s}$$

Longitud del resalto:

$$L_J = 6(h_2 - h_1) = 6(0,210 \text{ m} - 0,040m) = 1,018m$$

Pérdida de energía en el resalto:

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_1 * h_2} = \frac{(0,210 \text{ m} - 0,040m)^3}{4 * 0,040 \text{ m} * 0,210 \text{ m}} = 0,146 \text{ m}$$

Velocidad media en el resalto:

$$V_m = \frac{2,536 \text{ m/s} + 0,482 \text{ m/s}}{2} = 1,509 \text{ m/s}$$

Tiempo de retención hidráulico de la mezcla:

$$t = \frac{L_J}{V_m} = \frac{1,018m}{1,509 \text{ m/s}} = 0,675s$$

Distancia desde la pared del vertedero hasta el punto de suministro de coagulante

$$L_m = 4,3 * P^{0,1} * hc^{0,9} = 4,3 * 0,5m^{0,1} * 0,101^{0,9} = 0,511m$$

El punto de suministro de coagulante debe cambiarse, preferiblemente que sea de longitud variable.

Longitud total del canal del vertedero

$$L = L_m + L_J = 0,511m + 1,018 = 1,530m$$

Gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma h}{\mu t}} = \sqrt{\frac{9782N/m^3 * 0,146m}{9,65 \cdot 10^{-4} N \cdot s/m^2 * 0,675s}} = 1482s^{-1}$$

El flujo en el paso del vertedero como mezcla rápida debe trabajar con régimen supercrítico ($F > 1$), esto con el fin de la homogeneidad de todo el coagulante. El número de froude **Cumple**, ya que es mayor a 1 teniendo como resultado 4,055.

$$4,055 > 1$$

El gradiente de velocidad **Cumple** según lo establecido en el texto de arboleda, ya que los rangos están entre 1000 y 2000 s^{-1} y tenemos como resultado 1482 s^{-1} .

Para la metodología dadas por Richter para que el vertedero rectangular pueda ser utilizado como aforador, la relación P/hc debe ser mayor de 3. Teniendo así como resultado 4,932 siendo este valor mayor a 3. **Cumple** como aforador.

$$\frac{P}{hc} = \frac{0,5m}{0,101m} = 4,932 > 3$$

Mezcla lenta - Floculador hidráulico horizontal

Con respecto al floculador, se determina cual es el caudal que puede retener para un tiempo mínimo de 20min

$$t = 20min$$

Volumen del floculador:

$$\begin{aligned} V &= L * B * h_{\text{Tabique}} \\ V &= 13,5m * 1,9m * 0,9m \\ V &= 23,09m^3 \end{aligned}$$

Donde:

L =Longitud total tanque

B =Ancho del tanque

h_{Tabique} = Altura del tabique

Caudal para 20min.

$$Q = \left(\frac{23,09m^3}{20min * 60} \right) * 1000$$

$$Q = 19,24L/s$$

Para dos compartimientos de floculación:

$$Q = 19,24L/s * 2 = 38,48L/s < 91L/s$$

Dicho lo anterior los floculadores están a su máxima capacidad hidráulica. Por esta razón se opta por diseñar una nueva unidad, para tratar 36L/s. Dejando así que la unidad siga tratando 55L/s, aunque el tiempo de retención sea menor a lo requerido.

Sedimentacion – Sedimentador Alta tasa

Variables del sedimentador de alta tasa (tabla N°20):

$$Q = 0,091m^3/s$$

$$L = 9,6m$$

$$B = 3,4m$$

$$h = 3m$$

Carga Superficial

$$CS = \frac{Q}{A_s} = \frac{7862,4m^3/día}{9,6m * 3,4m} = \frac{7862,4m^3/día}{32,64m^2} = 240m^3/m^2 \cdot día$$

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos según Arboleda, la carga superficial (CS) para los sedimentadores de alta tasa deben estar entre $120 \frac{m^3}{m^2 \cdot día}$ y $300 \frac{m^3}{m^2 \cdot día}$.

Claramente se ve que la carga superficial para 91L/s **cumple**, pues es de $240m^3/m^2 \cdot día$. Sin embargo se proyectara una nueva unidad, puesto que el RAS 2000 título C, plantea que el número de unidades debe ser de mínimo dos para poblaciones con cualquier nivel de complejidad.

Además como se explicó en el diagnóstico, las unidades existentes aunque presentan algunas deficiencias, cumplen con su objetivo principal que es proporcionar agua apta para el consumo humano. Por esto no se pretendería alterar su funcionamiento modificando su capacidad de tratamiento.

Filtración - Filtros de alta tasa

Condiciones iniciales:

$$Q = 0,091m^3/s$$

Tabla 38: Dimensiones de los filtros

Filtros	1	2	3	4	5	6
Longitud	1,50	1,50	1,60	1,60	1,50	1,50
Ancho	1,20	1,50	1,80	1,60	1,60	1,60
Área	1,80	2,25	2,88	2,56	2,40	2,40

Fuente: Autores.2017

Carga superficial:

$$CS = \frac{Q}{\sum Af} = \frac{Q}{Af_1 + Af_2 + Af_3 + Af_4 + Af_5 + Af_6} = \frac{7862,4m^3/día}{14,29m^2} = 550m^3/m^2 \cdot día$$

Para un caudal de 91L/s, la carga superficial sobre los 6 filtros existentes es de $550m^3/m^2 \cdot día$, una carga demasiada alta, para que los filtros funcionen adecuadamente. Por lo tanto es necesario proyectar nuevos filtros.

9.2.3 ACTIVIDAD 8: ELABORACIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE DISEÑO

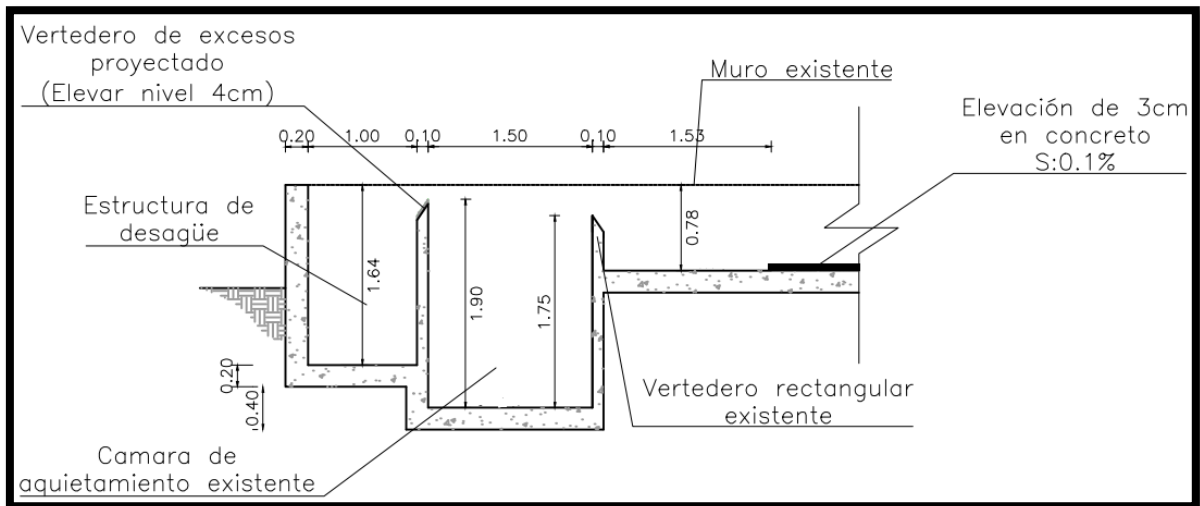
En esta actividad se realiza el diseño para las unidades proyectadas en la anterior actividad.

MEZCLA RÁPIDA - VERTEDERO RECTANGULAR DE PARED DELGADA SIN CONTRACCIONES

Se tomara el actual vertedero rectangular, con sus dimensiones correspondientes. (Tabla N°9). Puesto que el vertedero cumple con los parámetros necesarios, como el número de froude, el gradiente de velocidad, y la relación P/hc .

Modificación: Se elevara el canal de transporte que hay entre el vertedero rectangular y el floculador $\frac{h_2}{6} = 0,03m$, a una distancia horizontal de 1,53m, esto con el fin de regular el flujo al momento de ingresar al canal de conducción hacia los floculadores.

Figura 33: Cámara de entrada y Unidad de mezcla rápida.



Fuente: Autores.2017

Vertedero de excesos

El actual vertedero de excesos está ubicado a una altura neta de 0,11m sobre la cresta del vertedero de mezcla rápida. Por lo cual se procede a calcular cual sería la nueva altura neta sobre la cresta del vertedero de mezcla rápida para un caudal de 91L/s.

$$H_{neta} = \left(\frac{Q}{1,83 * B} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{0,091 m^3/s}{1,83 * 0,9m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,15m$$

Con la nueva altura neta sobre la cresta del vertedero se determina la altura adicional del muro del vertedero de excesos.

$$H_{\text{adicional vertedero de exceso}} = 0,15m - 0,11m$$

$$H_{\text{adicional vertedero de exceso}} = 0,04m$$

Canales de conducción a floculadores

Para determinar la velocidad del flujo es necesario calcular la altura de la lámina de agua, para ello se usara la ecuación de Manning.

Condiciones iniciales del canal

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

n = Coeficiente de rugosidad de manning

R =Radio Hidraulico

S =Pendiente

Para establecer la altura de la lámina de agua, se despeja “Y” de la ecuación de manning y posteriormente se obtiene el valor de Y.

Despejando:

$$= \frac{\left(\frac{B * Y}{B + (2 * Y)} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * B * Y}{n} - Q = \left(\frac{\left(\frac{0,9 * Y}{0,9 + (2 * Y)} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,001)^{\frac{1}{2}} * 0,9 * Y}{0,013} \right) - 0,091$$

Altura Lámina de agua

$$Y = 0,17m \approx 17cm$$

Una vez definida la altura de la lámina de agua se procede a calcular la velocidad del flujo.

Velocidad del flujo:

$$V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{\left(\frac{0,9 * 0,17}{0,9 + (2 * 0,17)} \right)^{\frac{2}{3}} * 0,001^{1/2}}{0,013}$$

$$V = 0,60m/s$$

Separación de caudales

Se diseñara un muro separador, para distribuir este caudal en dos partes, la primera en 36L/s y la segunda en 55L/s. Con la finalidad de no alterar el funcionamiento habitual de las unidades existentes.

Para caudal de 36L/s

Área

$$A = \frac{Q - 0,055m^3/s}{V} = \frac{0,091m^3/s - 0,055m^3/s}{0,60m/s} = 0,06m^2$$

Ancho del canal

$$B = 0,35m$$

Altura Lámina de agua

$$H = \frac{A}{B} = \frac{0,06m^2}{0,35m} = 0,17m$$

Para Caudal de 55L/s

Área

$$A = \frac{Q - 0,036m^3/s}{V} = \frac{0,091m^3/s - 0,036m^3/s}{0,60m/s}$$
$$A = 0,09m^2$$

Ancho del canal

$$B = 0,5m$$

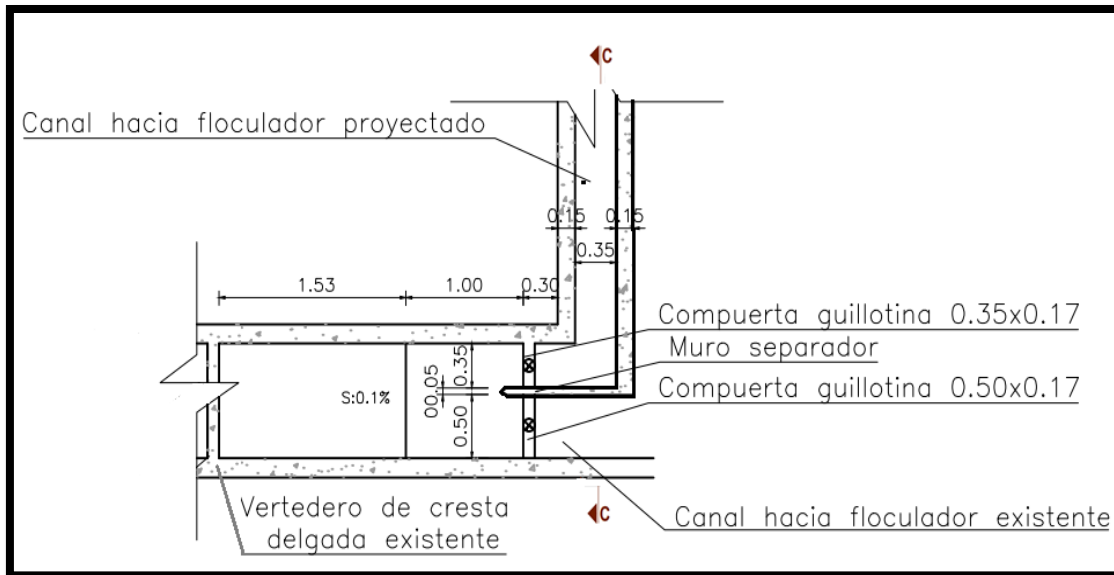
Altura Lámina de agua

$$H = \frac{A}{B} = \frac{0,09m^2}{0,5m} = 0,18m$$

Se instalara un muro entre los dos canales de 5,00 cm de Espesor.

$$E_{muro} = B_{canal\ inicial} - (B_{Q36} + B_{Q55}) = 0,9 - (0,35 + 0,5) = 0,05m \approx 5cm$$

Figura 34: Separación de caudales



Fuente: Autores.2017

La unidad y modificación proyectada para mezcla rápida se mostrarán en detalle, en el **PLANO 1**.

MEZCLA LENTA - FLOCULADOR HIDRÁULICO HORIZONTAL

No se consideró necesario la opción de floculadores mecánicos debido a la baja turbiedad habitual de la fuente y al alto costo, ya que necesitan energía eléctrica para llevar a cabo su operación. Por otro lado no existe alguna restricción topográfica que no permita realizar un floculador a lado de las otras dos unidades ya existentes. Dicho lo anterior se opta por un floculador hidráulico de flujo horizontal, dividido en dos secciones.

El floculador proyectado es rectangular con 15,22m de largo x 4,30 de ancho y 1,3 m de profundidad, garantizando un periodo de detención de 21 minutos para un caudal de 36L/s.

El tiempo total de floculación es de 21 minutos, por consiguiente cada sección retendrá el flujo por 10,5 minutos.

Desagüe: Para el desagüe de los compartimientos se proyecta una tubería de PVC, y una válvula tipo mariposa de $\varnothing 6"$ (0,15m), la tubería de desagüe conducirá el agua a una cámara, con el fin de realizar inspecciones.

Salida: La última sección de floculador descarga, mediante una abertura de 0.30m de ancho x 0.50m de alto, a un canal de 0.20m de ancho, conduciendo así el flujo a los sedimentadores.

Cálculos Hidráulicos

- **Primera sección:**

$$Q = 0,0360 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t = 10,5 \text{ min}$$

$$v_1 = 0,25 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$B = 4,30 \text{ m}$$

$$v = 9,56 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Área transversal

$$a = \frac{0,0360 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \text{ m/s}} = 0,14 \text{ m}^2$$

Volumen de la sección del floculador

$$V = 0,036 \text{ m}^3/\text{s} * 10,5 \text{ min} * 60 = 22,68 \text{ m}^3$$

Longitud de la primera seccion del tanque

Teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por Arboleda, la altura minima en floculadores hidraulicos es de $d=0,9\text{m}$.

$$L_1 = \frac{V}{d * B} = \frac{22,68 \text{ m}}{0,9 \text{ m} * 4,30 \text{ m}} = 5,86 \text{ m}$$

Espaciamiento entre los tabiques

$$e = \frac{a}{d} = \frac{0,14 \text{ m}^2}{0,9 \text{ m}} = 0,16 \text{ m}$$

Número de canales

$$N_c = \frac{L_1}{e} = \frac{5,86m}{0,16m} = 37$$

Número de tabiques

$$N_t = N_c - 1 = 37 - 1 = 36$$

Distancia libre entre el tabique y la pared del canal del floculador

Según Jairo Romero a la distancia de separación entre tabiques, se multiplica 1,5 con el fin de tener como resultado el borde libre entre la pantalla y el canal.

$$et = 1,5 * e = 1,5 * 0,16m = 0,24m$$

Velocidad en el espacio libre entre la pared y los tabiques

Teniendo en cuenta que la separación entre pared y tabique es **et** = 0,24m.

$$v_2 = \frac{Q}{a} = \frac{0,0360 \text{ m}^3/\text{s}}{0,24m * 0,90m} = 0,17m/s$$

Distancia total de canales

$$L_c = (B - et) * N_c = (4,30m - 0,24m) * 37 = 150,22m$$

Longitud total de la sección

Se toma un acho de 0,05m del tabique

$$L_s = N_c * e + N_t * 0,05 = 37 * 0,16m + 36 * 0,05m = 7,72m$$

Pérdida por fricción

Según la fórmula de Manning, la pérdida por fricción en el tanque, será

$$h_f = \frac{(n \cdot v_1)^2 \cdot L_c}{R^{\frac{4}{3}}} = \frac{(0,013 \cdot 0,25 \text{ m/s})^2 * 150,22}{\left(\frac{0,14m^2}{(0,16m + 2 \cdot 0,9m)}\right)^{\frac{4}{3}}} = 0,0516m$$

Pérdida adicional

$$h = \frac{3 \cdot N_t \cdot v^2}{2 \cdot g} = \frac{3 \cdot 36 \cdot (0,17m/s)^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,153m$$

Pérdida total

$$H = h_f + h = 0,0516m + 0,153 = 0,204m$$

Gradiente de velocidad:

$$G = \sqrt{\frac{g \cdot H}{\nu \cdot t}} = \sqrt{\frac{9,81m/s^2 \cdot 0,204m}{9,56 \times 10^{-7} m^2/s \cdot 630 s}} = 58s^{-1}$$

Realizando de nuevo los cálculos con un ancho de 4,30m y una velocidad de 0,20m/s, para **la segunda sección** tenemos:

$a = 0,18m^2$	$v_2 = 0,12m/s$
$V = 22,68m^3$	$L_c = 120m$
$L_2 = 5,86m$	$L_{s2} = 7,45m$
$e = 0,20m$	$h_f = 0,0201m$
$N_c = 30$	$h = 0,0651m$
$N_t = 29$	$H = 0,085m$
$et = 0,30m$	$G = 37s^{-1}$

Longitud total del floculador

$$L_{total} = L_{Ps} + L_{ss} = (7,72m + 7,45m) + 0,05 = 15,22m$$

Altura del tabique

Con un borde libre de 0,40m, la altura del tabique será

$$H_{tabique} = 0,40m + 0,9m = 1,30m$$

Profundidad total del tanque

Con un borde libre de 0,40m, la profundidad total del tanque es de

$$H_{tanque} = 1,30 + 0,10m = 1,40m$$

Canal de transporte entre floculador y sedimentador

Para conducir el flujo del nuevo floculador a los sedimentadores se diseña un nuevo canal el cual tendrá una longitud de 17,70m, ancho de 0,20m y una pendiente del 0,1%.

Teniendo en cuenta la ecuación de manning se procede a determinar la altura de la lámina de agua y la velocidad del flujo.

Condiciones Iniciales

$$Q = 0,0360 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 18,85\text{m}$$

$$B = 0,20\text{m}$$

$$S = 0,1\%$$

Para establecer la altura de la lámina de agua, se despeja “Y” de la ecuación de manning y posteriormente con buscar objetivo se obtiene el valor de Y.

Altura Lámina de agua

Despejando:

$$= \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = \frac{\left(\frac{B * Y}{B + (2 * Y)}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * B * Y}{n} - Q$$

Reemplazando:

$$= \left(\frac{\left(\frac{0,20 * Y}{0,20 + (2 * Y)}\right)^{\frac{2}{3}} * (0,001)^{\frac{1}{2}} * 0,20 * Y}{0,013} \right) - 0,036$$

$$Y = 0,40\text{m} \approx 40\text{cm}$$

Una vez definida la altura de la lámina de agua se procede a calcular la velocidad del flujo.

Velocidad del flujo

$$v = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{\left(\frac{0,20 * 0,40}{0,20 + (2 * 0,40)}\right)^{\frac{2}{3}} * 0,001^{1/2}}{0,013}$$

$$v = 0,45\text{m/s}$$

Perdidas por fricción

$$h_f = S * L = 0,001 * 18,85\text{m} = 0,01885\text{m}$$

La unidad proyectada para mezcla lenta se mostrará en detalle, en el **PLANO 2**.

SEDIMENTACIÓN - SEDIMENTADOR ALTA TASA

Se adoptó un sedimentador de alta tasa de flujo laminar, con un decantador compuesto por dos compartimientos, cada uno con 2,40m de ancho x 5,40m de largo y 4,26 de profundidad total.

Los compartimientos están separados por un canal rectangular de 0,30m de ancho x 0,25 de alto.

La zona de placas del sedimentador tiene una longitud de 5,40m, conformada por placas de fibrocemento de 2,40m x 1,20m y 8mm de espesor, inclinadas a 60° respecto a la horizontal, además de espaciamientos libres de 5cm.

La profundidad del tanque dada de arriba hacia abajo será:

• Borde libre:	0,30m
• Altura canaleta de recolección:	0,25m
• Altura de agua sobre las placas:	0,50m
• Espacio vertical ocupado por las placas:	1,04m
• Espacio libre por debajo de placas hasta corona de tolvas de recolección de lodos:	0,41m
• Altura adicional para depósito de lodos:	1,60m
• Altura adicional para tubo de PVC 6"	0,16m
TOTAL	4,26m

Admisión: Después de que el agua es transporta por el canal entre el floculador y sedimentador, pasa por 3 compuertas de 0,15m x 0,15m y descarga al “canal de distribución”, el cual distribuye el agua al sedimentador mediante 66 orificios de Ø10cm, a distancias de 10cm entre centros.

Lodos: Para la recolección de lodos se proyecta un sistema de tolvas longitudinales con un ángulo de 55°, cada tolva tiene una profundidad de 1,60m.

Se proyecta un tubo de PVC de Ø6" (0,15m) RDE 41 para cada compartimiento, con una longitud de 5,40m y orificios de Ø1", con un total de 12 orificios, separado entre ejes 0,44m.

Al final de cada tubo se ha provisto la instalación de una válvula de mariposa de 6", la cual se podrá operar manualmente.

Efluente: Para la recolección de agua sedimentada se proyecta un sistema constituido por una canaleta de recolección con un ancho de 0,30m x 0,25m de profundidad.

Cálculos Hidráulicos:

Sistema de admisión de agua floculada

- Compuertas para entrada a canal de distribución de agua al sedimentador:

Área mojada

$$A_m = Y * B = 0,40m * 0,20m = 0,08m^2$$

Área de cada compuerta

Se proyectan 3 compuertas para el ingreso de agua

$$A_{compuertas} = \frac{A_m}{n_{compuertas}} = \frac{0,08m^2}{3} = 0,027m^2$$

Dimensiones de las compuertas cuadradas

$$b = \sqrt{A_{compuertas}} = \sqrt{0,027m^2} = 0,16m \approx 16cm$$

$$a = \frac{A}{b} = \frac{0,027m^2}{0,16} = 0,16m \approx 16cm$$

Los resultados de las dimensiones de las compuertas son de 0,16m, aun así se adopta una compuerta de 0,15m x 0,15m, puesto que las dimensiones para las compuertas son estándar.

Velocidad del flujo en las compuertas

$$Q_{compuertas} = \frac{0,0360 m^3/s}{3} = 0,012 m^3/s$$

$$V_{compuertas} = \frac{0,012 m^3/s}{0,15m * 0,15m} = 0,553m/s$$

Perdida de carga en la compuerta

$$h = 2,5 * \frac{v^2}{2 * g} = 2,5 * \frac{0,553m/s}{2 * 9,81m/s^2} = 0,036m$$

- **Orificios de Distribución:**

Los orificios más altos deben estar a $h/5$ de la superficie y por encima del depósito de lodos, entonces:

$$P_{ef} = (h - 0,3) - \left(\frac{h}{5}\right) - 1,6 = (4,10m - 0,3) - \left(\frac{4,10m}{5}\right) - 1,6$$

$$P_{efectiva} = 1,38m$$

Donde:

P_{ef} = Altura de distribucion de orificios.

h = Profundidad del sedimentador

Para un diámetro de orificio de 10cm y una separación de 10cm, la cantidad de orificios horizontales y verticales será:

$$B = O_h * 10 + (O_h + 1) * 10$$

$$O_h = \frac{(2,40m * 100) - 10}{10 + 10}$$

$$O_h = 11,5 \approx 11$$

$$P_{ef} = O_v * 10 + O_v * 10$$

$$O_v = \frac{((1,38m * 100) - (10 + 10)) - 10}{10 + 10}$$

$$O_v = 6$$

Total Orificios

$$O_{totales} = 11 * 6 = 66 \text{ orificios}$$

Velocidad en los orificios

$$v = \frac{Q/O_{totales}}{\pi * r^2} = \frac{0,0360 \text{ m}^3/\text{s}/66}{\pi * 0,05\text{m}^2}$$

$$v = 0,07\text{m/s}$$

Perdidas por Orificios:

$$h_{orificios} = 1,5 * \frac{v^2}{2 * g} = 1,5 * \frac{0,07\text{m/s}^2}{2 * 9,81\text{m/s}^2} = 0,00037\text{m}$$

Sedimentador (Alta Tasa)

Para el diseño del sedimentador de alta tasa se tiene en cuenta los criterios establecidos por el RAS 2000 y el libro de “Teoría y práctica de la purificación del agua” de Jorge Arboleda.

Para dos compartimientos las condiciones iniciales son:

$$Q = 0,036m^3/s$$

$$B = 4,80m$$

$$CS = 160m^3/m^2\text{dia}$$

$$v = 9,56 \times 10^{-7} m^2/s$$

Velocidad del flujo entre las placas

$$v_0 = \frac{CS}{\text{sen}(60^\circ)} = \frac{160m^3/m^2\text{dia}}{\text{sen}(60^\circ)} = 184,8m/\text{dia}$$

Factor épsilon

$$\varepsilon = \frac{e_p}{e + e_p} = \frac{0,008m}{0,05m + 0,008m} = 0,138$$

Área que deberá cubrirse con placas

$$A_T = \frac{Q}{v_0 * \text{sen}(60^\circ) * (1 - \varepsilon)} = \frac{0,036m^3/s}{0,00214m/s * \text{sen}(60^\circ)} * \frac{1}{(1 - 0,138)}$$

$$A_T = 22,6m^2$$

Número de placas

$$N = \frac{A_T * \text{sen}(60^\circ)}{L * (e + ep)} = \frac{22,6m^2 * \text{sen}(60^\circ)}{2,40m * (0,05m + 0,008m)}$$

$$N = 142$$

Para un compartimiento, el número de placas es $N/2 = 142/2 = 71$

Numero de Reynolds

$$R_e = \frac{v_0 * e}{v} = \frac{0,00214m/s * 0,05m}{9,56 \times 10^{-7} m^2/s}$$

$$R_e = 112$$

Longitud del sedimentador

$$L = (l * \cos(60^\circ)) + \frac{(N/2 * e + N/2 * ep)}{\text{sen}(60^\circ)}$$

$$L = (1,20 * \cos(60^\circ)) + \frac{(71 * 0,05m + 71 * 0,008m)}{\sin(60^\circ)} \approx 5,40$$

$$L = 5,40m$$

Donde:

l = Longitud de las placas

$N/2$ = Número de placas para un compartimiento

ep = Espesor de placa

e = Separación de placas

Longitud relativa

$$L' = 0,013 * R_e = 0,013 * 112$$

$$L' = 1,5m$$

Longitud útil de la placa

$$L_u = \frac{l}{e} - L' = \frac{1,20m}{0,05m} - 1,5m$$

$$L_u = 22,5m$$

Velocidad de sedimentación critica

$$V_{sc} = \frac{v_o}{\sin(60^\circ) + L_u * \cos(60^\circ)} = \frac{0,13m/min}{\sin(60^\circ) + 22,5m * \cos(60^\circ)}$$

$$V_{sc} = 0,0106 m/min \approx 15,25m/dia$$

Sistema de recolección de agua sedimentada

Una vez el agua haya pasado por el proceso de sedimentación, pasara a una canaleta de recolección que posteriormente conducirá el agua a los filtros.

- **Canaleta de recolección:**

La carga sobre el vertedero será:

$$\frac{Q}{l} = \frac{36L/s}{5,40m \cdot 2} = 3,33 L/s \cdot m$$

Con el caudal de diseño y un ancho de $B = 0,30m$, el nivel del agua en la canaleta es:

$$h = \left(\frac{Q}{1,375 * B} \right)^{2/3} = \left(\frac{0,036m^3/s/1000}{1,375 * 0,30m} \right)^{2/3} = 0,20m$$

Con la altura de la lámina de agua y un borde libre 0,05m tenemos una altura total para la canaleta de:

$$h_t = 0,20m + 0,05m = 0,25m$$

Sistema de recolección y descarga de lodos

- **Tolvas longitudinales:**

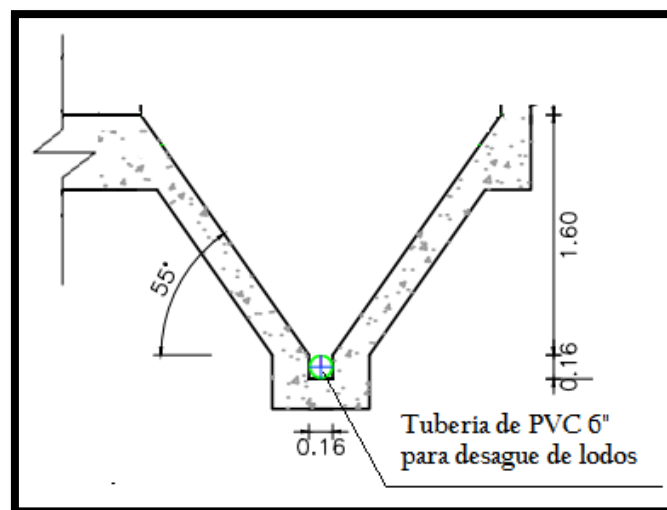
La tolva tiene una forma trapezoidal, donde el ancho mayor es 2,40m y el ancho menor es de 0,16m

La pendiente de las tolvas varía entre 50° a 60° para material floculado. En el diseño se tendrá en cuenta un ángulo de 55° con el fin de remover todo el lodo evitando la adherencia a las paredes.

Dicho lo anterior la altura total de la tolva para la recolección de lodos será:

$$h_{Tolva} = \text{Tan}(55^\circ) * \frac{2,40m - 0,16m}{2} * 1,59m \approx 1,6m$$

Figura 35: Esquema de zona lodos



Fuente: Autores.2017

- **Tubo de PVC**

Condiciones iniciales:

$$L_{tubo}: 5,40m$$

$$N_{orificios} = 12$$

$$\emptyset = 1"$$

$$C_d = 0,61$$

$$f = 0,022$$

Área por orificio

$$A_o = \pi * \frac{\emptyset^2}{4} = \pi * \frac{0,0254m^2}{4} = 0,0005m^2$$

Área total por orificios

$$A_{to} = 12 * 0,0005m^2 = 0,006m^2$$

Área mínima del tubo para la recolección uniforme

$$A_m = \frac{A_{to}}{0,42} = \frac{0,006m^2}{0,42} = 0,0145m^2$$

Separación de cada orificio

$$e = \frac{L_{tubo} - 0,1}{N_o} = \frac{5,40m - 0,1}{12} = 0,44m$$

Diámetro del tubo

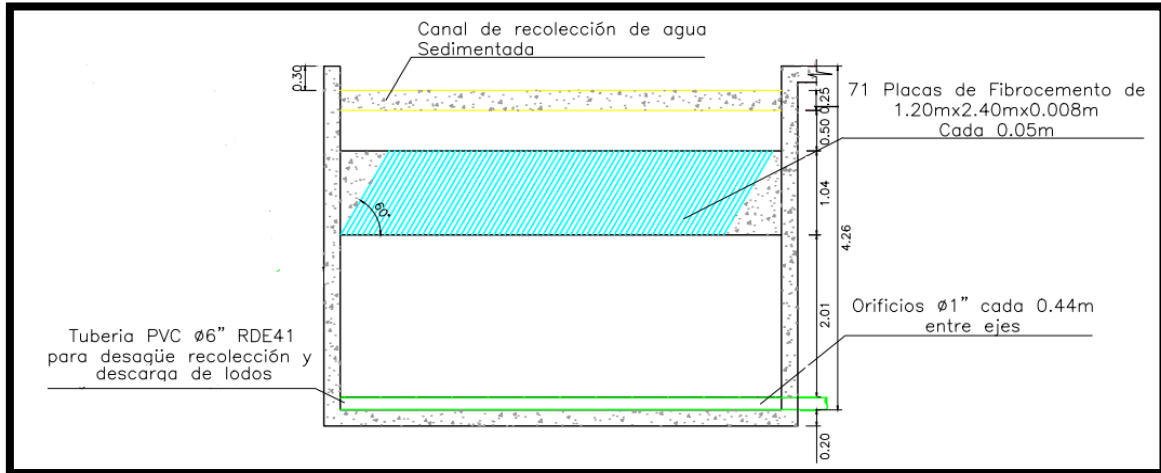
$$\emptyset_{tubo} = \sqrt{\frac{A_m * 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,0145m^2 * 4}{\pi}} = 0,136m = 5,35" \approx 6"$$

Teniendo en cuenta los diámetros estándar para tubos de PVC, se toma un tubo comercial de 6 "(0,15m), donde el área del tubo será:

$$A_{tubo} = \frac{\pi * 0,15m^2}{4} = 0,0182m^2$$

A continuación se muestra un esquema del sedimentador de alta tasa:

Figura 36: Esquema del sedimentador de alta tasa- vista perfil.



Fuente: Autores.2017

Hidráulica de desagüe

Perdida de carga en orificios de recolección:

$$h_f = \frac{Q^2}{C_d^2 * A_{to}^2 * 2 * g} = \frac{Q^2}{0,61^2 * (0,006m^2)^2 * 2 * 9,81m/s^2}$$

$$h_f = 3705Q^2$$

Perdida de carga en la tubería:

$$h_f = \frac{1}{3} f * \frac{L}{D} * \frac{Q^2}{A_{tubo}^2 * 2g} = \frac{1}{3} (0,022) * \frac{5,40m * Q^2}{0,1524m * (0,0182m^2)^2 * 2 * 9,81m/s^2}$$

$$h_f = 117Q^2$$

Perdida de carga en la salida:

• Por entrada a la tubería:	0,5m
• Por válvula de mariposa:	0,3m
• Por salida:	1,0m
	ΣK 1,80m

$$h_f = \Sigma K * \frac{v^2}{2g} = \Sigma K * \frac{Q^2}{A_{Tubo}^2 * 2g}$$

$$h_f = 1,80m * \frac{Q^2}{0,0182m * 2 * 9,81m/s^2}$$

$$h_f = 275,5Q^2$$

Perdida de carga total

$$h = (37,05 + 117 + 275,5)Q^2$$

$$h = 4097,5Q^2$$

Carga disponible entre el nivel de agua del sedimentador y el eje de tubería de salida: $h = 4,18m$

$$Q = \sqrt{\frac{4,18m}{4097,5}} = 0,032m^3/s \approx 31,94L/s$$

Velocidad en el tubo

$$v_{tubo} = \frac{0,032m^3/s}{0,0182m^2}$$

$$v_{tubo} = 1,75m/s$$

Canal de desagüe

Condiciones Iniciales:

$$Q = 0,03194 \text{ m}^3/s$$

$$B = 0,40m$$

$$S = 0,1\%$$

Con la ecuación de manning se procede a determinar la altura de la lámina de agua, para ello se despeja “Y” y posteriormente con buscar objetivo se obtiene el valor de Y.

Altura Lámina de agua

Despejando:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} =$$

Reemplazando:

$$= \left(\frac{\left(\frac{0,40 * Y}{0,40 + (2 * Y)} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,001)^{\frac{1}{2}} * 0,40 * Y}{0,013} \right) - 0,03194$$

$$Y = 0,16m \approx 16cm$$

Tubería de desagüe:

$$\varnothing = 6''(0,15m)$$

Área tubo

$$A_{tubo} = \frac{\pi * 0,15m^2}{4} = 0,018m^2$$

Velocidad del flujo en la tubería

$$v_{tubo} = \frac{0,03194m^3/s}{0,018m^2}$$

$$v_{tubo} = 1,75m/s$$

Todas las unidades y modificaciones proyectadas para sedimentación se mostrarán en detalle, en el **PLANO 2**.

FILTRACIÓN – FILTROS RÁPIDOS

Es un sistema de filtración de alta tasa, con medios filtrantes dobles, de arena y antracita. La limpieza de los filtros se realiza por auto lavado.

La batería de filtros está compuesta, de 3 filtros con compartimiento de 1,75m de ancho, 1,70m de longitud y 3,65m de profundidad total. Se dispone en esta forma de un área neta de filtración de 3,0m² por unidad.

La profundidad total en la caja de cada filtro se distribuye de la siguiente manera:

• Falso fondo con viguetas prefabricadas	0,26m
• Lecho de grava	0,45m
• Lecho de arena	0,30m
• Lecho de antracita	0,45m
• Altura del vertedero de lavado sobre La superficie de lecho de antracita	0,27m
• Altura del vertedero de control del lavado sobre el vertedero de lavado	0,73m
• Nivel del agua máximo en el canal de distribución a filtros, con relación al nivel de agua en el vertedero de control de lavado	0,79m
• Borde libre	0,40m
TOTAL	3,65m

Falso fondo: El sistema de falso fondo está constituido por viguetas prefabricadas en forma de V invertidas, apoyadas a cada lado del filtro y atravesadas por niples plásticos de $\varnothing 1/2"$ cada 15 cm de centro a centro.

Lecho filtrante: Está constituido por una capa inferior de arena 0,30m de espesor, con tamaño efectivo de 0,46mm y coeficiente de uniformidad de 1,54, además del lecho de antracita de 0,45m de espesor, con tamaño efectivo de 0,78mm y coeficiente de uniformidad de 1,54.

Para el lecho de grava tiene un espesor de 0,45m, donde su función principal es de sostén para los materiales filtrante como la arena y la antracita.

Admisión: Luego que el agua es recolectada por la canaleta del sedimentador, pasa a los filtros mediante un canal de distribución de 0,40m de ancho x 0,20 de alto. Además de una válvula de mariposa de $\varnothing 4"$ (0,10m). Adicional a la válvula de mariposa se ha provisto la instalación de un codo de 90.

Lavado: El lavado se realiza mediante una válvula de mariposa de $\varnothing 6"$ (0,15m), la cual conecta el fondo de vertedero de lavado con el canal general de desagüe de sedimentadores.

Filtración: El agua ya filtrada de cada unidad se recolecta en un ducto central de distribución y luego asciende por una cámara de 0,40mx3, 18m, pasando por una válvula de mariposa de $\varnothing 6"$ (0,15m) al canal de interconexión de filtros común a todas las unidades del módulo, situado frente de la batería de filtros.

En el canal de interconexión está ubicado un vertedero de control de lavado, dividido en dos secciones de 1,00m de longitud cada una.

Cálculos Hidráulicos

Condiciones iniciales

$$Q = 0,036m^3/s$$

$$CS = 350m/dia$$

Área total

$$A_{total} = \frac{Q}{CS} = \frac{3110,4m^3/d}{350m/dia} = 8,89m^2$$

Numero de filtros

$$N = 0,044\sqrt{3110,4m^3/d} = 3$$

Área por filtro

$$A_f = \frac{A_{total}}{N} = \frac{8,89m^2}{3} = 2,96m^2$$

Longitud del filtro

Para un ancho de 1,75m, la longitud de un filtro es:

$$L = \frac{2,96m^2}{1,75m} = 1,70m$$

Velocidad de filtración:

$$v_{filtro} = \frac{Q}{B * L} = \frac{0,72m^3/min}{1,75m * 1,70m} = 0,24m/min$$

Admisión por filtro

$$Q_m = \frac{Q}{N} = \frac{0,036m^3/s}{3} = 0,012m^3/s$$

Entrada de Ø4" (0,10m).

$$A = \frac{\pi * 0,10m^2}{4} = 0,008m^2$$

$$v_m = \frac{Q_m}{A} = \frac{0,012m^3/s}{0,008m^2} = 1,48m/s$$

Perdida de carga

Perdida de carga en la entrada del filtro:

- | | |
|-----------------------------|------|
| • Por entrada a la tubería: | 0,5m |
| • Por válvula de mariposa: | 0,3m |
| • Por codo de 90° | 0,9m |
| • Por salida: | 1,0m |

ΣK	2,70m
------------	-------

$$h_f = \Sigma K * \frac{v^2}{2g} = \Sigma K * \frac{Q^2}{A^2 * 2g}$$

$$h_f = 2,70m * \frac{Q^2}{0,008m^2 * 2 * 9,81m/s^2}$$

$$h_f = 17Q^2$$

Perdida de carga total

$$h = h_f * Q_m^2 = 17Q * \left(\frac{0,012m^3}{s} \right)^2 = 0,0024m \approx 0,244cm$$

Lecho filtrante

Para el caso del lecho mixto de arena y antracita, Arboleda recomienda lo siguiente:

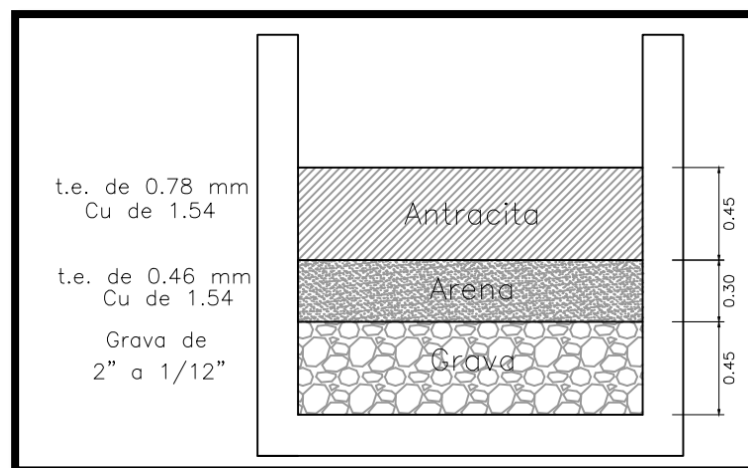
Tabla 39: Recomendaciones para el lecho filtrante

MATERIALES	Espesor del lecho		Tamaño efectivo			COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
	Rango (m)	Valor medio (m)	Rango (mm)	Valor medio (mm)	Recomendación	
ANTRACITA	45-60cm	53	0,7-1,3	1,0	0,9	<1,8
ARENA	15-30cm	23	0,3-0,5	0,4	0,4	<1,6

Fuente: ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua .3ª Edición.

Entonces los coeficientes de uniformidad serán: (arena 1,54 y antracita 1,54) y los tamaños efectivos: (arena 0,46mm y antracita 0,78mm).

Tabla 40: Esquema de lechos filtrantes.



Fuente: Autores.2017

La velocidad de arrastre será:

- Velocidad de arrastre

Arena:

$$v_{ta} = 10D_{60} = 10 * (0,46mm * 1,54) = 7,08m/min$$

Antracita:

$$v_{tan} = 4,7 * (0,78mm * 1,54) = 5,65m/min$$

Donde:

v_t = Velocidad de arrastre m/min

D_{60} = Producto del tamaño efectivo por el coeficiente de uniformidad.

- Relación de expansión: este parámetro mide la efectividad del lavado que se presenta en los filtros.

Para la antracita $e = 0,45 - 0,54$; con un promedio de 0,50

$$RE = \frac{(0,1)^{0,22} - e}{0,4} = \frac{(0,1)^{0,22} - 0,50}{0,4} = 0,25 = 25\%$$

- Fluidización del medio

$$V_b \geq v_t e^{4,5}$$

V_b = Velocidad ascensional de lavado

Arena:

$$\begin{aligned} V_{ba} &\geq 7,08m/min * 0,45^{4,5} \\ V_{ba} &\geq 0,19m/min \end{aligned}$$

Antracita:

$$\begin{aligned} V_{ban} &\geq 5,65m/min * 0,50^{4,5} \\ V_{ban} &\geq 0,25m/min \end{aligned}$$

Para que la velocidad de lavado no arrastre el lecho de antracita la velocidad apropiada está dada por:

Antracita

$$V_{ban} = 0,1 * v_t = 0,1 * 5,65m/min = 0,56m/min$$

El caudal de lavado será:

$$Q_{lavado} = V_{ban} * A_{real} = (0,56m/min / 60) * ((1,75m * 1,70m) * 1000)$$
$$Q_{lavado} = 27,99L/s$$

La expansión que tendrá la antracita en el momento de lavado será:

Para la antracita $e = 0,45 - 0,54$; con un promedio de 0,50

$$RE = \frac{(0,1)^{0,22} - e}{0,4} = \frac{(0,1)^{0,22} - 0,50}{0,4} = 0,25 = 25\%$$

$$Expansión = 0,25 * 0,45m = 0,12m$$

Perdidas de carga por Filtración

Pérdida de carga durante la filtración

Para una arena con $e: 0,45$ y $Ss: 2,55$

$$h_{f\ arena} = L * (1 - e) * (Ss - 1) = 0,30m * (1 - 0,45) * (2,55 - 1)$$

$$h_{f\ arena} = 0,26m$$

Pérdida de carga a través del lecho de antracita

Para una antracita con $e: 0,5$ y $Ss: 1,55$

$$h_{f\ antracita} = L * (1 - e) * (Ss - 1)$$
$$h_{f\ antracita} = 0,45m * (1 - 0,50) * (1,55 - 1)$$
$$h_{f\ antracita} = 0,12m$$

Perdidas de carga a través del lecho de grava

Grava: espesor de 0,45m

$$h_{fg} = \frac{v_{filtro} * e_{grava}}{N} = \frac{0,24m/min * 0,45m}{3} = 0,04m$$

Las pérdidas de carga por el falso fondo, estarán dadas por la **Fig.IX.29** del libro de teoría y práctica de la purificación del agua, Arboleda:

Falso fondo:

$$h_{ff} = 0,37m$$

Pérdida total por filtración

- Pérdida de carga durante la filtración (arena) 0,26m
- Pérdida de carga a través del lecho de antracita 0,12m
- Pérdidas de carga a través del lecho de grava 0,04m
- Falso fondo(viguetas prefabricadas - durante la filtración) 0,37m

Pérdida Total por filtración	Σ 0,79m
------------------------------	---------

Perdidas de carga por lavado

Pérdida de carga durante el lavado:

Arena

$$h_{f \text{ arena}} = L * (1 - e) * (Ss - 1) = 0,30m * (1 - 0,45) * (2,55 - 1)$$

$$h_{f \text{ arena}} = 0,26m$$

Pérdida de carga a través del lecho expandido

Antracita

$$h_{f \text{ antracita}} = (L_{\text{antracita}} + \text{Expansion}) * (1 - e) * (Ss - 1)$$

$$h_{f \text{ antracita}} = (0,45m + 0,12m) * (1 - 0,50) * (1,55 - 1)$$

$$h_{f \text{ antracita}} = 0,16m$$

Pérdidas de carga a través del lecho de grava

Grava: espesor de 0,45m

$$h_{fg} = \frac{V_{ban} * e_{grava}}{N} = \frac{0,56m/min * 0,45m}{3} = 0,08m$$

Las pérdidas de carga por el falso fondo, estarán dadas por la **Fig.IX.29** del libro de teoría y práctica de la purificación del agua, Arboleda:

Falso fondo:

$$h_{ff} = 0,23m$$

Pérdida total por lavado

• Pérdida de carga durante el lavado (arena)	0,26m
• Pérdida de carga a través del lecho expandido(antracita)	0,16m
• Pérdidas de carga a través del lecho de grava	0,08m
• Falso fondo(viguetas prefabricadas - durante el lavado)	0,23m
Pérdida Total por lavado	Σ 0,73m

La unidad proyectada para filtración se mostrará en detalle, en el **PLANO 2**.

COTAS DE NIVEL A LO LARGO DE LA PTAP

Mezcla rápida

Fondo de la cámara de aquietamiento (Cota fija):

1112,13 m.s.n.m

Punta del vertedero de mezcla rápida:

$1112,13 + 1,75 = 1113,88$ m.s.n.m

N.A. en la punta del vertedero:

$1113,88 + 0,15 = 1114,03$ m.s.n.m

Punta del vertedero de excesos:

1114,03 m.s.n.m

Fondo del inicio del canal entre mezcla rápida y floculador:

$1113,88 - 0,5 = 1113,38$ m.s.n.m

En la elevación del canal entre mezcla rápida y floculador:

$1113,38 + 0,03 = 1113,41$ m.s.n.m

N.A. en la elevación del canal entre mezcla rápida y floculador:

$1113,41 + 0,17 = 1113,58$ m.s.n.m

N.A. al final del canal entre mezcla rápida y floculador:

1113,58 m.s.n.m

Mezcla lenta

N.A. entrada al floculador:

1113,58 m.s.n.m

Fondo del inicio del floculador:

$1113,58 - 0,9 = 1112,68$ m.s.n.m

N.A. al final del floculador:

$$1113,58 - 0,29 = 1113,29 \text{ m.s.n.m}$$

N.A. en el inicio del canal de transporte entre floculador y sedimentador:

$$1113,29 \text{ m.s.n.m}$$

Fondo del inicio del canal de transporte entre floculador y sedimentador:

$$1113,29 - 0,40 = 1112,89 \text{ m.s.n.m}$$

N.A. en el final del canal de transporte entre floculador y sedimentador:

$$1113,29 - 0,018 = 1113,27 \text{ m.s.n.m}$$

Fondo en el final del canal de transporte entre floculador y sedimentador:

$$1113,27 - 0,40 = 1112,87 \text{ m.s.n.m}$$

Sedimentación

Fondo en el canal de distribución de agua al sedimentador (distancia desde el fondo del canal de transporte hasta el fondo del canal de distribución; 2,00m):

$$1112,87 - 2,00 = 1110,87 \text{ m.s.n.m}$$

N.A. en el sedimentador (distancia desde el fondo del canal de distribución hasta los bordes de la canaleta de recolección; 2,20m):

$$1110,87 + 2,20 = 1113,07 \text{ m.s.n.m}$$

Fondo del tanque de sedimentación (hasta el tubo de Ø6"):

$$1113,07 - 3,80 = 1109,27 \text{ m.s.n.m}$$

N.A. en las canaletas de recolección de agua sedimentada:

$$1113,07 - 0,05 = 1113,02 \text{ m.s.n.m}$$

Filtración

N.A. en el canal de distribución de agua sedimentada a filtros:

$$1113,02 \text{ m.s.n.m}$$

N.A. máximo en el filtro:

$$1113,02 \text{ m.s.n.m}$$

N.A. mínimo en el filtro:

$$1113,02 - 0,79 = 1112,23 \text{ m.s.n.m}$$

Punta del vertedero de lavado:

$$1112,23 - 0,73 = 1111,51 \text{ m.s.n.m}$$

Punta del vertedero de control del lavado:

$$1112,23 \text{ m.s.n.m}$$

N.A. en canal de aguas claras

$$1111,51 + 0,4 = 1111,90 \text{ m.s.n.m}$$

9.3 TERCERA ETAPA: PRESENTAR UN PRESUPUESTO APROXIMADO DE LA ALTERNATIVA DE DISEÑO Y FUTURAS RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN.

9.3.1 ACTIVIDAD 9: REALIZAR EL PRESUPUESTO APROXIMADO DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP.

En la siguiente actividad se realiza un presupuesto aproximado de los cambios y adiciones propuestos en la alternativa de diseño, también se desarrollan recomendaciones para la optimización de la PTAP.

Es necesario mencionar que los costos directos que se mostraran, son aproximados por lo cual se recomienda una vez realizados todos los diseños: hidráulico, estructural y de cimentación, se realice de una forma más completa el presupuesto para este proyecto de optimización.

LISTA DE ACTIVIDADES A TENER EN CUENTA

1. OBRAS PRELIMINARES

- 1.1** Localización y replanteo
- 1.2** Campamento
- 1.3** Instalaciones provisionales electricas

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

- 2.1** Descapote
- 2.2** Excavación Mecánica (Floculador, Sedimentador de alta tasa y Filtros) y Retiro de Escombros
- 2.3** Excavación Mecánica (Canal de distribución al sedimentador y canal de interconexión de filtros) y Retiro de Escombros.
- 2.4** Excavación Manual (Canal de transporte) y Retiro de Escombros
- 2.5** Entibado muro perimetrales

3. ESTRUCTURA

- 3.1** Concreto de 2500 Psi Canal de distribución a Floculadores
- 3.2** Concreto de 3000 Psi Tanque Floculador
- 3.3** Concreto de 2500 Psi Canal de Transporte
- 3.4** Concreto de 3000 Psi Canal de Distribución a sedimentador
- 3.5** Concreto de 3000 Psi Tanque Sedimentador

3.6 Concreto de 3000 Psi Canal de Distribución a Filtros

3.7 Concreto de 3000 Psi Filtros

3.8 Concreto de 3000 Psi Canal de interconexión

3.9 Concreto de 3000 Psi Canal de Aguas Claras

4. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

4.1 Tubería de PVC Sanitaria de Ø6" Desagüe Tanque Floculador

4.2 Tubería PVC Ø6" RDE41 para Desagüe recolección y descarga de lodos

4.3 Tubería de PVC Sanitaria de Ø6" Desagüe Sedimentador y Filtros

4.4 Tubería HF Ø6" (Va a cámara de contacto existente)

5. SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN

5.1 Placas de asbesto-cemento

6. SISTEMA DE FILTRACIÓN

6.1 Arena estar espesor 0,30m

6.2 Antracita espesor 0,45m

6.3 Gravilla Filtrante espesor 0,45m

6.4 Suministro e Instalación de Falso Fondo

7. EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA EL CONTROL DE FLUJO

7.1 Compuertas deslizantes tipo guillotina

7.2 Válvulas mariposa Ø6"

7.3 Válvulas mariposa Ø4"

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

COSTOS DIRECTOS APROXIMADOS DE LA PTAP DE CORINTO, CAUCA

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		 INGENIERÍA CIVIL			
COSTOS DIRECTOS APROXIMADOS DE LA PTAP CORINTO					
CAPITULOS Y ACTIVIDADES					
AGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO			DEPARTAMENTO DEL CAUCA		
CONTRATO N°	ELABORADO POR :		Revisado Por:		
	DUSTIN MELENDEZ GIRALDO- ANGELA MARIA SANCHEZ MORENO		ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL		
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT'	VALOR TOTAL
1	OBRAS PRELIMINARES				
1.1	Localización y replanteo	M2	206,86	\$ 2.036	\$ 421.157
1.2	Campamento	M2	35,00	\$ 66.617	\$ 2.331.579
1.3	Instalación provisional eléctrica	ML	14,86	\$ 12.566	\$ 186.727
COSTO OBRAS PRELIMINARES					\$ 2.939.463
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT'	VALOR TOTAL
2.1	Descapote	M2	206,86	\$ 828	\$ 171.231
2.2	Excavación Mecánica (Floculador, Sedimentador de alta tasa y Filtros) y Retiro de Escombros	M3	282,59	\$ 66.617	\$ 18.825.101
2.3	Excavación Mecánica (Canal de distribución al sedimentador y canal de interconexión de filtros) y Retiro de Escombros	M3	14,29	\$ 42.463	\$ 606.641
2.4	Excavación manual (Canal de transporte) y Retiro de Escombros	M3	1,34	\$ 220.179	\$ 295.921
2.5	Entibado muros perimetrales	ML	88,00	\$ 257.264	\$ 22.639.225
COSTO MOVIMIENTO DE TIERRAS					\$ 42.538.118
3	ESTRUCTURA	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT'	VALOR TOTAL
3.1	Concreto de 2500 psi Canal de distribución a Floculadores	M3	1,73	\$ 435.265	\$ 750.833
3.2	Concreto de 3000 psi Tanque Floculador	M3	50,53	\$ 666.265	\$ 33.668.256
3.3	Concreto de 2500 psi Canal de transporte	M3	4,80	\$ 432.166	\$ 2.074.396
3.4	Concreto de 3000 psi Canal de Distribución a sedimentador	M3	5,57	\$ 675.265	\$ 3.759.873
3.5	Concreto de 3000 psi Tanque Sedimentador	M3	70,66	\$ 705.600	\$ 49.855.459
3.6	Concreto de 3000 psi Canal de Distribución a filtros	M3	0,89	\$ 665.547	\$ 591.006
3.7	Concreto de 3000 psi Filtros	M3	23,40	\$ 662.133	\$ 15.496.397
3.8	Concreto de 3000 psi Canal de interconexión	M3	6,73	\$ 678.763	\$ 4.570.792
3.9	Concreto de 3000 psi Canal de aguas claras	M3	4,00	\$ 669.121	\$ 2.673.808
COSTO ESTRUCTURA					\$ 113.440.819
4	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT'	VALOR TOTAL
4.1	Tubería de PVC Sanitaria de 6" Desagüe Tanque floculador	UND	1,00	\$ 553.594	\$ 553.594
4.2	Tubería PVC Ø6" RDE41 para desagüe recolección y descarga de lodos	ML	13,54	\$ 243.114	\$ 3.291.765
4.3	Tubería de PVC Sanitaria de 6" Desagüe Sedimentador y Filtros	UND	1,00	\$ 485.064	\$ 485.064
4.4	Tubería HF Ø6" (Va a camara de contacto existente)	ML	3,00	\$ 802.881	\$ 2.408.642
COSTO INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS					\$ 6.739.065
5	SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT'	VALOR TOTAL
5.1	Placas de asbesto-cemento	UND	142,00	\$ 59.298	\$ 8.420.245
COSTO DE SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN					\$ 8.420.245
6	SISTEMA DE FILTRACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT'	VALOR TOTAL
6.1	Arena estandar espesor 0.30m	M3	2,68	\$ 436.555	\$ 1.168.876
6.2	Antracita espesor 0.45m	M3	4,02	\$ 376.555	\$ 1.512.339
6.3	Gravilla Filtrante espesor 0.45m	M3	4,02	\$ 188.712	\$ 757.915
6.4	Suministro e Instalación de falso fondo	M3	2,32	\$ 596.226	\$ 1.383.543
COSTO DE SISTEMA DE FILTRACIÓN					\$ 4.822.673
7	EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA EL CONTROL DE FLUJO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT'	VALOR TOTAL
7.1	Compuertas deslizantes tipo guillotina	UND	6,00	\$ 3.251.033	\$ 19.506.200
7.2	Valvulas mariposa de 6"	UND	9,00	\$ 888.540	\$ 7.996.860
7.3	Valvulas mariposa de 4"	ML	3,00	\$ 820.900	\$ 2.462.700
COSTO EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA EL CONTROL DE FLUJO					\$ 29.965.760
TOTAL COSTO DIRECTO APROXIMADO DEL PROYECTO					\$ 208.866.144

TOTAL COSTO DIRECTO APROXIMADO DEL PROYECTO \$ 208.866.144

DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA

CANTIDADES DE OBRA DE LA PTAP DE CORINTO, CAUCA

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA  											
COSTOS DIRECTOS DE LA PTAP CORINTO											
CANTIDADES DE OBRA											
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO						CORINTO, CAUCA					
Elaborado por:			Dustin Stephan Melendez Giraldo			ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES					
			Angela Maria Sanchez Moreno			ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DIMENSIONES			KG	área	restas	TOTAL 1	#ELEM	CANT.
			1-A	2-L	3-P						
1	PRELIMINARES										
1.1	Localización y replanteo	M2					206,86		206,86	1	206,86
1.2	Campamento	M2	5,0	7,0			35,00		35,00	1	35,00
1.3	Instalación provisional eléctrica	ML	14,86						14,86	1	14,86
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS										
2.1	Descapote	M2					206,86		206,86	1	206,86
2.2	Excavación Mecánica (Floculador, Sedimentador de alta tasa y Filtros) y Retiro de Escombros	M3									282,59
2.2.1	Excavación floculador hidraulico	M3			0,93		72,10		67,05	1	67,05
2.2.2	Excavación sedimentador de alta tasa	M3			3,96		40,60		160,78	1	160,78
2.2.3	Excavación Filtros rapidos	M3			2,96		18,50		54,76	1	54,76
2.3	Excavación Mecánica (Canal de distribución al sedimentador y canal de interconexión de filtros) y Retiro de Escombros	M3									14,29
2.3.1	Excavación canal de distribución al sedimentador	M3			2,18		3,48		7,59	1	7,59
2.3.2	Excavación canal de interconexión a filtros	M3			2,96		3,33		6,70	1	6,70
2.4	Excavación manual (Canal de transporte) y Retiro de Escombros	M3									1,34
2.4.1	Excavación canal de transporte entre floculador y sedimentador	M3	0,35	19,2	0,20				1,34	1	1,34
2.5	Entibado muros perimetrales	ML		88					88,00	1	88,00
3	ESTRUCTURA										
3.1	Concreto de 2500 psi Canal de distribución a Floculadores	M3		5,75			0,30		1,73	1	1,73
3.2	Concreto de 3000 psi Tanque Floculador	M3			1,60		72,10	65,44	50,53	1	50,53
3.3	Concreto de 2500 psi Canal de transporte	M3		19,2			0,25		4,80	1	4,80
3.4	Concreto de 3000 psi Canal de Distribución a sedimentador	M3		5,8			0,96		5,57	1	5,57
3.5	Concreto de 3000 psi Tanque Sedimentador	M3			4,46		40,60	25,92	70,66	1	70,66
3.6	Concreto de 3000 psi Canal de Distribución a filtros	M3		7,4			0,12		0,89	1	0,89
3.7	Concreto de 3000 psi Filtros	M3			3,95		1,98		7,80	3	23,40
3.8	Concreto de 3000 psi Canal de interconexión	M3		7,4			0,91		6,73	1	6,73
3.9	Concreto de 3000 psi Canal de aguas claras	M3		7,4			0,54		4,00	1	4,00
4	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS										
4.1	Tubería de PVC Sanitaria de 6" Desagüe Tanque floculador	UND							1,00	1	1,00
4.2	Tubería PVC Ø6" RDE41 para desagüe recolección y descarga de lodos	ML		6,77					6,77	2	13,54
4.3	Tubería de PVC Sanitaria de 6" Desagüe Sedimentador y Filtros	UND							1,00	1	1,00
4.4	Tubería HF Ø6" (Va a camara de contacto existente)	ML		3					3,00	1	3,00
5	SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN										
5.1	Placas de asbesto-cemento	UND							71,00	2	142,00
6	SISTEMA DE FILTRACIÓN										
6.1	Arena estandar espesor 0.30m	M3			0,30		2,98		0,89	3	2,68
6.2	Antracita espesor 0.45m	M3			0,45		2,98		1,34	3	4,02
6.3	Gravilla Filtrante espesor 0.45m	M3			0,45		2,98		1,34	3	4,02
6.4	Suministro e Instalación de falso fondo	M3			0,26		2,98		0,77	3	2,32
7	EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA EL CONTROL DE FLUJO										
7.1	Compuertas deslizantes tipo guillotina	UND							6,00	1	6,00
7.2	Valvulas mariposa de 6"	UND							9,00	1	9,00
7.3	Valvulas mariposa de 4"	UND							3,00	1	3,00

9.3.1.1 RECOMENDACIONES

ALTERNATIVA PROPUESTA

Bocatoma

- Se recomienda implementar una sección de gaviones, con el fin de evitar la obstrucción de rocas en las rejillas de la bocatoma. Estos gaviones se realizarían con una cesta metálica y piedras de gran tamaño.

Laboratorio

- Tener todos los tipos de colorantes para el espectrofotómetro, con el fin de obtener mayor cantidad de parámetros físico-químicos y microbiológicos.

Mezcla rápida

- Para la aplicación del sulfato de aluminio en el vertedero, es necesaria una flauta la cual no debe ir empotrada a la paredes del vertedero. Para ello se recomienda instalar dos grapas o abrazaderas las cuales permitan el movimiento longitudinal de la flauta, con el fin de agregar el coagulante en el punto óptimo, sin importar si aumenta el caudal de llegada a la plata.
- Para la regla medidora de caudal a la entrada de la planta, se debe cambiar ya que su capacidad de medición va hasta los 80L/s, y la capacidad proyectada esta en 91L/s, se debe optar por una regla medidora de caudal de 100L/s.

Filtración

- Hacer con frecuencia (una vez al año) la evaluación del estado del material filtrante para monitoreo de la acumulación de lodos, ajuste de la grava, revisión del sistema de distribución de agua de lavado, reconfiguración del lecho, determinación de granulometría y espesores de capa.
- Abrir la válvula de lavado lentamente, para no desordenar el fondo del lecho y garantizar una distribución uniforme del flujo sobre todo el material.
- Es importante tomar muestras de agua filtrada, con el fin de realizar un análisis de la remoción de turbiedad, donde se logre tener un dato preciso de la calidad del agua en esta etapa.

- Verificar el funcionamiento del falso fondo para la recolección de agua filtrada y la distribución del agua de lavado, donde no se vayan a producir pérdidas, las cuales no permitan lograr la velocidad ascensional de lavado. Influyendo en que el material de cada capa de antracita y arena se mezcle o desordenen, evitando la remoción de partículas microbiológicas.

ESTRUCTURALES

Basándose en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 y se tienen en cuenta algunas recomendaciones:

Tuberías y ductos

- Todos los ductos, tuberías e insertos que pasen a través de la losa, muros o vigas, no deben debilitar significativamente la resistencia de la estructura.
- Ningún líquido, gas o vapor, excepto el agua cuya temperatura y presión no excedan de 32° C ni 0,35 MPa, respectivamente, debe colocarse en las tuberías hasta que el concreto haya alcanzado su resistencia de diseño.
- Las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición apropiada.

Juntas

- Las juntas de construcción deben hacerse y ubicarse de manera que no perjudiquen la resistencia de la estructura existente.
- Deben tenerse en cuenta los efectos causados por presión interna dentro de la estructura, los movimientos de las juntas y la separación entre ellas, además el llenado y vaciado del contenido de los tanques.
- Xx ; selección y dosificación de materiales; mezclado; colocación y curado del concreto; grado de restricción al movimiento; esfuerzos debidos a las cargas a las cuales están sometido el elemento; y técnica de construcción.
- Las juntas se disponen adecuadamente espaciadas y diseñadas, contienen barreras impermeables, y sellante.
- Las juntas de construcción deben prepararse antes de vaciar el concreto de segunda etapa con la junta, para garantizar una buena adherencia entre concretos.
- Los materiales utilizados en las barreras impermeables para impedir el flujo de líquidos o gases deben ser capaces de aceptar movimientos y deformaciones de elongación y contracción sin deformación permanente o de falla.

- Las barreras pueden ser de caucho, PVC, acero, o de otro material. Para las barreras de PVC y de caucho el espesor mínimo es de 9,5mm y debe tener un ancho mínimo de 150mm, donde se repartirá mitad y mitad entre los dos concretos al lado de la junta.
- Para juntas en acero deben ser en platina de 6mm y deben estar empotradas a cada lado de la junta un mínimo de 75 mm y un dobléz central cuyo tamaño dependerá del movimiento esperado.
- Deben colocarse sellantes en las juntas a lo largo del perímetro expuesto de las juntas que impidan el paso de líquidos y gases; previniendo que sólidos entren en la junta afectando su funcionamiento.

Muros

- Para los muros de las unidades se recomienda un refuerzo estructural de [1/2" - 3/8"].
- En el caso del floculador el refuerzo para los tabiques será de una malla electrosoldada por ambas caras.

CIMENTACIÓN

- Es necesario realizar un estudio de suelos, esto con el fin de determinar el diseño óptimo para la cimentación y los muros.
- Inspeccionar la cimentación de las unidades existentes.
- Si en el momento de realizar el estudio de suelos, se tiene un suelo expansivo, la cimentación debe diseñarse de tal manera que logre tolerar los movimientos ascendentes causados por la expansión del suelo.

GENERALES

Aunque en el presente proyecto solo se haya desarrollado una alternativa, cabe mencionar que existen muchas más, a continuación se mencionara una económica pero más laboriosa de construir:

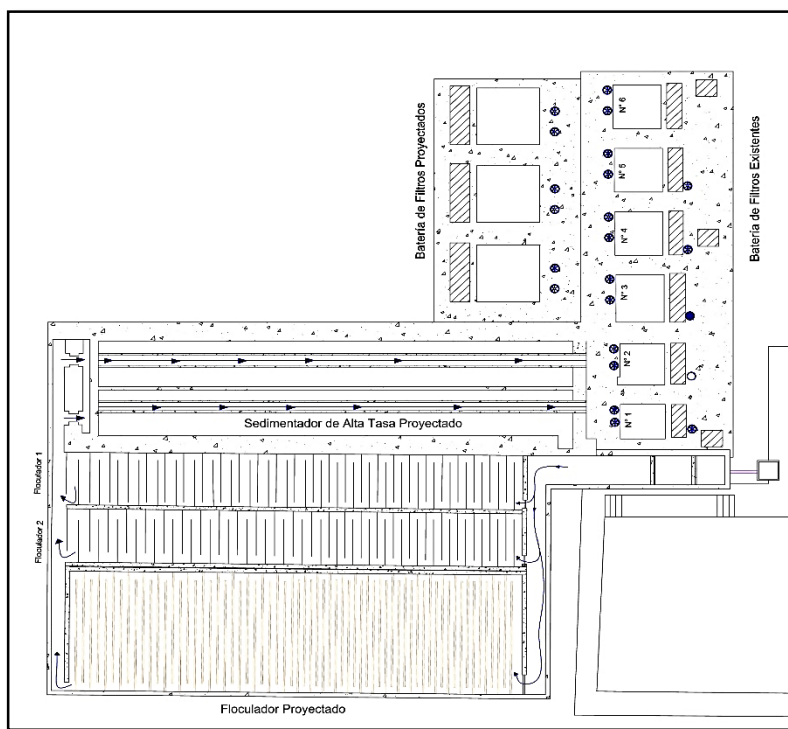
- **Medición de caudal y mezcla rápida:** Para esta operación se recomienda proyectar lo cambios hechos en la **ACTIVIDAD 8**.
- **Floculación:** Proyectar un floculador hidráulico de flujo horizontal, este deberá tener la misma longitud de los floculadores existentes, esto con el propósito de que el canal que lleva el agua desde la mezcla rápida hasta la mezcla lenta pueda ser utilizado por el floculador proyectado.
- **Sedimentación:** Proyectar un sedimentador de alta tasa en los tanques existentes de sedimentación, con las siguientes modificaciones: Dividir la

sección transversal del sedimentador, con el fin de colocar dos compartimientos longitudinales de placas de fibrocemento. El apoyo de las placas se hará de la siguiente forma: colocar una viga de concreto de 1.30 m de altura por 0.20 de ancho, los cantos deberán estar separados a 1.60 m de cada costado de los tanques. Se deben dejar en los flacos de la viga, ranuras longitudinales de 3 a 4 cms de profundidad, estas con una inclinación de 60° respecto a la horizontal. Cabe mencionar que las dimensiones de las placas serán: 1.60m x 2.40m x 0.008m.

- **Filtración:** Proyectar un sistema de filtración de alta tasa, con medios filtrantes dobles, de arena y antracita. La batería de filtros se ubicara de tal forma que el canal que transporta el agua del sedimentador a los filtros, pueda distribuir agua en ellos.

A continuación se muestra un esquema de la anterior alternativa:

Figura 37: Esquema de alternativa recomendada



Fuente: Autores.2017

10. CONCLUSIONES

- Aunque en el diagnóstico algunos parámetros no cumplieron con los rangos establecidos por el RAS2000; como lo fue el tiempo de retención en el floculador hidráulico y el ángulo de inclinación de las placas en el sedimentador de alta tasa. En los resultados de las pruebas físico-químicas hechas al agua, se ve claramente que el agua cruda después del proceso de tratamiento pasa a ser agua potable.
- Los resultados obtenidos en los ensayos físico-químicos y microbiológicos, demuestran, que la calidad de agua es óptima para el consumo humano, al mismo tiempo se justifica que las unidades existentes de tratamiento pueden seguir en funcionamiento.
- Aunque el agua cruda presente altas unidades de turbiedad, la dosificación de coagulante es óptima, pues los resultados de los ensayos demuestran que los floculos se forman y sedimentan correctamente.
- La alternativa que se desarrolló a lo largo del proyecto, promete ser la más viable, puesto que su funcionamiento no afectara la operación de las unidades existentes.
- Todos los procesos de tratamiento de agua potable, como lo son mezcla rápida, mezcla lenta, sedimentación y filtración, requieren mayor investigación en cuanto a su diseño y operación por lo cual se es necesario tener todos los diseños para su optimización.
- Es fundamental realizar una limpieza frecuente en los canales, tabiques y placas de los sedimentadores. Evitando patologías estructurales y acumulación de musgo, lo cual afecte los procesos en las unidades y el mal aspecto de las instalaciones.
- El diseño de una nueva unidad de sedimentación de alta tasa, tiene como ventaja no obstruir las operaciones que se llevan en la PTAP existente, esto permitirá realizar mantenimiento a las unidades existentes sin parar el suministro de agua a la población.
- El presupuesto para la alternativa de diseño realizada, no tiene en cuenta los costos de diseños estructurales, ni de cimentación, por lo cual el resultado es un valor aproximado. Dicho lo anterior es necesario realizar de forma más completa el presupuesto para este proyecto de optimización.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldia Municipal Corinto - Cauca. (2016). *Nuevas Ideas para la paz 2016-2019*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2016, de corinto-cauca.gov.co/Entidades_descentralizadas.shtml?apc=lbEmpresas%20de%20econom%EDa%20mixta-1-&x=3031952
- Bernal, S. M. (2011). Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituima, Cundinamarca. Bogota D.C: Universidad de la Salle.
- Bolivar, J. H. (2005). Diagnostico y Optimizacion de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, Municipio Puente Nacional. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Clavijo, A. (2013). Evaluacion de la planta de tratamientode agua potable del municio de GARZÓN- HUILA. Bogota D.C: Universidad Militar Nueva Granada.
- Corinto, A. M. (2011). *Plan de Desarrollo del Municipio de Corinto* . Obtenido de http://www.corinto-cauca.gov.co/apc-aa-files/35333035383764393837313765343462/Plan_de_Desarrollo_2008_UltimaVersion.pdf
- ESP, E. (26 de julio de 2016). *EMPRESA DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO Y ASEO*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2016, de <http://www.emcorinto.com.co/html/acueducto.html>
- Muñoz, D. M. (15 de Julio de 2016). Estado de la PTAP de Corinto, Cauca. (D. S. Giraldo, Entrevistador)
- ROMERO, Jairo Alberto. Potabilizacion. Diseño De Sistemas De Purificación De Aguas. Tercera edición. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.1999. ISBN: 958-96027-3-8
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución número 2115 de 2007, República de Colombia. [En línea]. <http://www.icbf.gov.co/transparencia/derechobienestar/resolucion/minproteccion/resolucion_minproteccion_2115_2007.html>.

- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000. Sección II. Título C. Sistemas de potabilización. [En línea].
<<http://www.minambiente.gov.co/documentos/TituloC.PDF>>.
- Valencia, J. A. (2000). *TEORIA Y PRACTICA DE LA PURIFICACIÓN DEL AGUA* (Vol. I). Bogota D.C: NOMOS S.A.
- Valencia, J. A. (2000). *TEORIA Y PRACTICA DE LA PURIFICACIÓN DEL AGUA* (Vol. II). Bogota D.C: NOMOS S.A.
- L. Canepa de Vargas, «Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental,» [En línea]. Available:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/014991/014991-04.pdf>. [Último acceso: 10 04 2017].
- L. Canepa de Vargas, «Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental,» [En línea]. Available:
http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomol/ma1_tomo1_cap3.pdf. [Último acceso: 15 04 2017].
- M. P. Villegas de Brigard, Purificación de aguas, Bogotá: Segunda, 2007.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia , «scribd.com,» 2013. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/347030348/MODULO-CURSO-DISENO-DE-PLANTAS-POTABILIZADORAS-II-2013-pdf>. [Último acceso: 18 05 2017].

12. ANEXOS

ANEXO 1: TEMPERATURA DEL AGUA.

La temperatura del agua se obtuvo del pH-metro; este es un sensor utilizado para medir el potencial de hidrogeno de una solución y algunos aparatos pueden medir la temperatura del agua.

Tabla: Temperatura del agua superficial.

Fecha		Hora	Temperatura del agua cruda (°C)
D	M		
31	10	00:00 h	21,90
31	10	01:00 h	21,90
31	10	02:00 h	21,20
31	10	03:00 h	20,90
31	10	04:00 h	20,80
31	10	05:00 h	20,80
31	10	06:00 h	21,00
31	10	07:00 h	21,30
31	10	08:00 h	21,70
31	10	09:00 h	22,10
31	10	10:00 h	22,60
31	10	11:00 h	23,20
31	10	12:00 h	23,70
31	10	13:00 h	24,00
31	10	14:00 h	24,20
31	10	15:00 h	23,50
31	10	16:00 h	23,20
31	10	17:00 h	22,80
31	10	18:00 h	22,60
31	10	19:00 h	22,90
31	10	20:00 h	22,20
31	10	21:00 h	21,60
31	10	22:00 h	21,50
31	10	23:00 h	21,40
PROMEDIO			22,21

La temperatura promedio con la que llega el agua a la PTAP del municipio de corinto es de aproximadamente **22,2 °C**.

ANEXO 2: PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA.

Las propiedades físicas del agua según su temperatura son las siguientes:

Tabla: Propiedades físicas del agua

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA				
Temperatura (°C)	Peso específico (N/m³)	Densidad (kg/m³)	Viscosidad dinámica (N·s/m²)	Viscosidad cinemática (m²/s)
0	9805	999,80	1,78E-03	1,79E-06
5	9807	1000,00	1,52E-03	1,52E-06
10	9804	999,70	1,31E-03	1,31E-06
15	9798	999,10	1,14E-03	1,14E-06
20	9789	998,20	1,02E-03	1,00E-06
25	9777	997,00	8,90E-04	8,93E-07
30	9764	995,70	8,00E-04	8,00E-07
40	9730	992,20	6,53E-04	6,58E-07
50	9689	988,00	5,47E-04	5,53E-07
60	9642	983,20	4,66E-04	4,74E-07
70	9589	977,80	4,04E-04	4,13E-07
80	9530	971,80	3,54E-04	3,64E-07
90	9466	965,30	3,15E-04	3,26E-07
100	9399	958,40	2,82E-04	2,94E-07

Fuente: En línea. http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial_12.htm. 20 de abril del 2017

Interpolación grafica

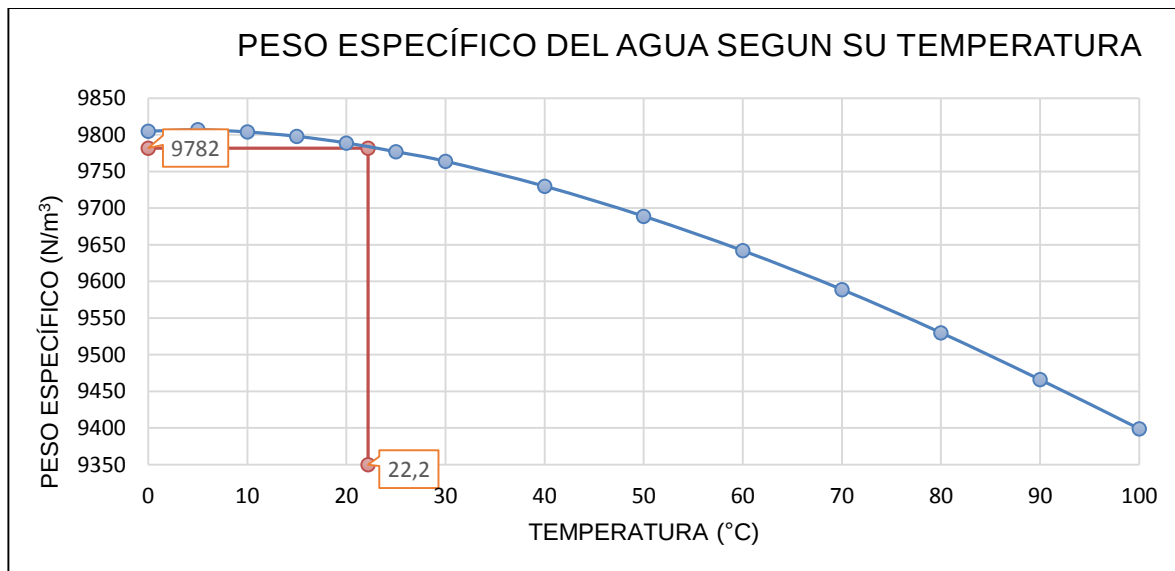
Para hallar las propiedades físicas del agua a una temperatura promedio de 22,2°C, se realizó una interpolación gráfica, con los datos anteriormente mostrados.

Procedimiento

1. Seleccionar el tipo de gráfico, en este caso “dispersión con líneas y marcadores”.
2. Escoger los datos, en este caso la variable independiente (x) es la temperatura y las variables dependientes (y) son la viscosidad dinámica, cinemática y el peso específico.
3. Definir las unidades y los títulos para los ejes de la gráfica.
4. Se realiza la interpolación a partir del dato conocido **T= 22,2 °C**.

Peso específico del agua según su temperatura

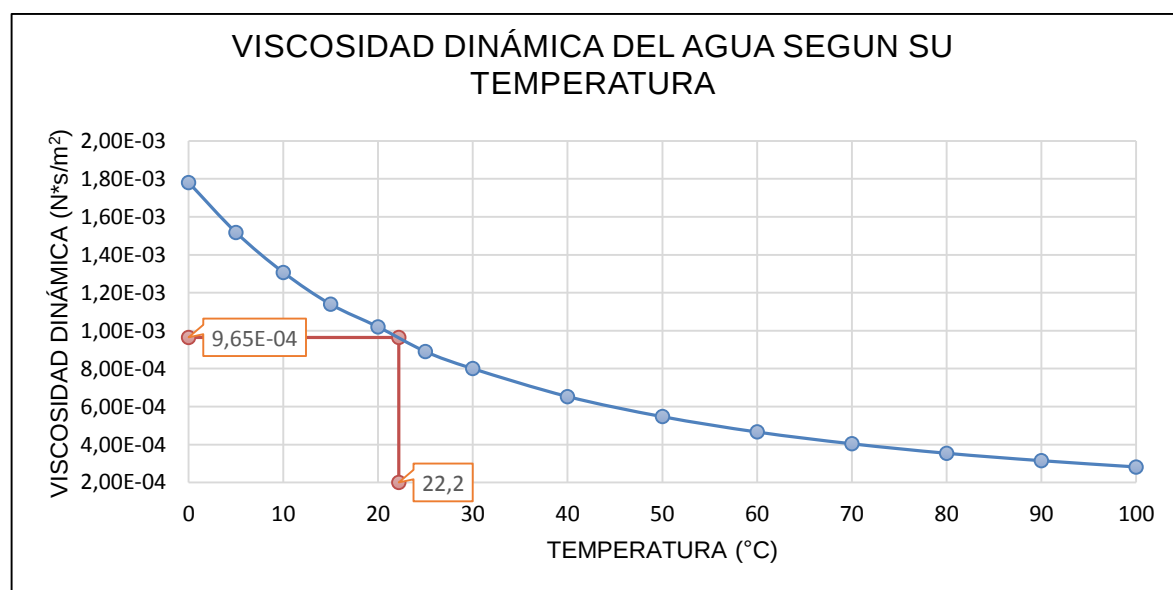
Tabla: Peso específico del agua según su temperatura.



Fuente: Autores. 2017

Viscosidad dinámica del agua según su temperatura

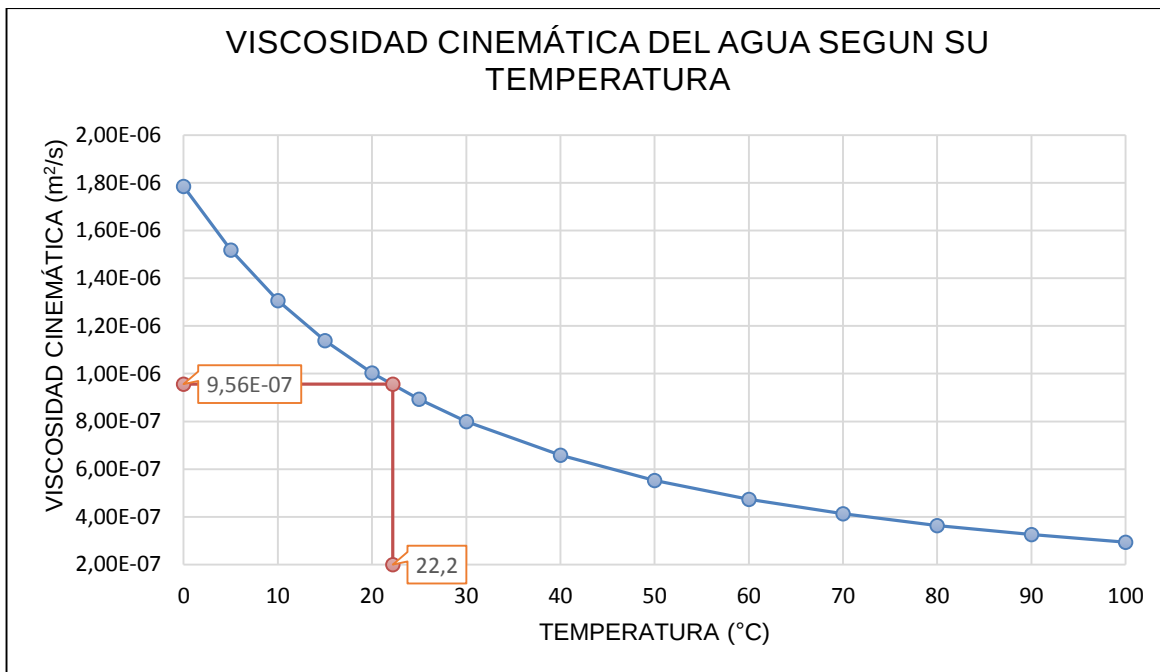
Tabla : Viscosidad dinámica del agua según su temperatura..



Fuente: Autores. 2017

Viscosidad cinemática del agua según su temperatura

Tabla: Viscosidad cinemática del agua según su temperatura.



Fuente: Autores. 2017

Como resultado se obtiene que para una T_{prom} : 22,2 °C, las propiedades físicas del agua son las siguientes:

$$\gamma = 9782 \text{ N/m}^3$$

$$\mu = 9,65 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$$

$$\nu = 9,56 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Donde:

γ = Peso específico

μ = Viscosidad dinámica

ν = Viscosidad cinemática

ANEXO 3: PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE JARRAS.

Los procedimientos de prueba de jarras incluyen los siguientes pasos:

- 1.** Preparar la solución madre de Sulfato de Aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, a una concentración del 2%. Es decir 2g de Sulfato de Aluminio Tipo A en 100 ml de agua destilada o en su defecto tratada.
- 2.** Llenar las seis jarras del test con agua cruda; el volumen de cada jarra es de un litro.
- 3.** Tomar los valores de los parámetros que se desean remover en cada jarra.
- 4.** Añadir la dosis de coagulante proveniente de la solución madre. Por ejemplo: 10ml en la jarra uno, 15ml en la jarra dos, 20 ml en la jarra tres, etc.
- 5.** Agitar las jarras a una velocidad de 100 rpm, durante 1min. Simulando la mezcla rápida de la PTAP.
- 6.** Disminuir la velocidad de agitación a 40 rpm, durante 20min. Simulando la mezcla lenta de la PTAP.
- 7.** Apagar los mezcladores durante 30min y permitir así que el floc se asiente. Simulando el proceso de sedimentación en la PTAP.
- 8.** Observar las jarras y tomar los valores de los parámetros a remover, con la finalidad de determinar cuál es la dosis optima a aplicar de coagulante.

ANEXO 4: PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EXISTENTE- PLANTA GENERAL

ANEXO 5: PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA PROYECTADA- PLANTA GENERAL

ANEXO 6: MEZCLA RÁPIDA, FLOCULADOR, SEDIMENTADOR, PLANTA Y CORTES

ANEXO 7: SEDIMENTADOR Y FILTROS, PLANTA Y CORTES

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

ANEXO 8: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)

CONCRETO DE 3000PSI

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA								
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO				PTAP CORINTO, CAUCA		CORINTO, CAUCA		
APU 8	Dustin Melendez Giraldo		Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL					
	Angela Maria Sanchez							
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
Descripcíon: CONCRETO 3000 PSI IMPERMEABLE (1:2:3)						UNIDAD	m ³	
MATERIALES								
N°	Descripción			Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total	
1	Cemento gris			Kg	367,50	\$ 500	\$ 183.750	
2	Arena de río			m3	0,59	\$ 36.000	\$ 21.168	
3	Triturado 3/4 "			m3	0,88	\$ 40.000	\$ 35.280	
4	Agua			Lt	189,00	\$ 20	\$ 3.780	
5	Sika-1 en Polvo			Kg	7,72	\$ 4.600	\$ 35.501	
SUBTOTAL						\$ 279.479		
EQUIPO								
N°	Descripción		Unidad	Cantidad	Tarifa	Rend	Vr. Total	
1	Mezcladora (1 1/2 bulto)		Un	1	\$ 19.800	4,5	\$ 4.400	
2	Herramienta Menor		Gb	1	10% de mano de obra		\$ 4.239	
SUBTOTAL						\$ 8.639		
TRANSPORTE								
N°	Material		UN	Cantidad	Distancia	Tarifa	Vr. Total	
1	Arena de río		m3	0,588	20	\$ 1.500	\$ 17.640	
2	Triturado 3/4 "		m3	7,718	20	\$ 1.500	\$ 231.525	
SUBTOTAL						\$ 249.165		
MANO DE OBRA								
N°	Trabajador		Cantidad	Jornal	Factor. P	Jornal Total	Rend	Vr. Total
1	Oficial		1	\$ 40.000	1,75	\$ 70.000	4,5	\$ 15.556
2	Ayudante		3	\$ 23.000	1,75	\$ 120.750	4,5	\$ 26.833
SUBTOTAL						\$ 42.389		
TOTAL APU						\$ 579.671		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

CONCRETO DE 2500PSI

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		 INGENIERÍA CIVIL					
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO				PTAP CORINTO, CAUCA			
CORINTO, CAUCA							
APU 9	Dustin Melendez Giraldo		Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL				
	Angela Maria Sanchez						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
Descripcíon: CONCRETO 2500 PSI IMPERMEABLE (1:2:2)					UNIDAD	m³	
MATERIALES							
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Cemento gris	Kg	315,00	\$ 540	\$ 170.100		
2	Arena de río	m3	0,504	\$ 36.000	\$ 18.144		
3	Triturado 3/4 "	m3	0,95	\$ 40.000	\$ 38.000		
4	Agua	Lt	170,21	\$ 20	\$ 3.404		
5	Sika-1 en Polvo	Kg	6,615	\$ 4.600	\$ 30.429		
SUBTOTAL					\$ 260.077		
EQUIPO							
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Rend	Vr. Total	
1	Mezcladora (1 1/2 bulto)	Un	1	\$ 19.800	4,5	\$ 4.400	
2	Herramienta Menor	Gb	1	10% de mano de obra		\$ 4.239	
SUBTOTAL						\$ 8.639	
TRANSPORTE							
Nº	Material	UN	Cantidad	Distancia	Tarifa	Vr. Total	
1	Arena de río	m3	0,59	20	\$ 1.500	\$ 17.700	
2	Triturado 3/4 "	m3	0,95	20	\$ 1.500	\$ 28.500	
SUBTOTAL						\$ 46.200	
MANO DE OBRA							
Nº	Trabajador	Cantidad	Jornal	Factor. P	Jornal Total	Rend	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000	1,75	\$ 70.000	4,5	\$ 15.556
2	Ayudante	3	\$ 23.000	1,75	\$ 120.750	4,5	\$ 26.833
SUBTOTAL							\$ 42.389
TOTAL APU							\$ 357.305

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

1. OBRAS PRELIMINARES

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		 	
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO		PTAP CORINTO, CAUCA	
CORINTO, CAUCA			
APU 1.1	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL	
	Angela Maria Sanchez		
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS / PRELIMINARES			
Descripción: Localización y Replanteo			UNIDAD
MATERIALES			M²
Nº	Descripción	Und.	Cant.
1	Estacas de Madera 50 cm (Bastidor Pino)	Und	0,242
2	Puntillas de 2" con cabeza	Lb	0,002
3	Cuerda Nylon trenzada	ML	0,798
4	Pintura	GL	0,005
SUBTOTAL			\$ 752
EQUIPO			
Nº	Descripción	Und.	Cant.
1	Estación Total	Un	1
2	Herramienta Menor	Gb	-
SUBTOTAL			\$ 336
MANO DE OBRA			
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal
1	Topógrafo	1	\$ 60.000
2	Ayudante	2	\$ 26.000
SUBTOTAL			\$ 947
TOTAL APU			\$ 2.036
APU 1.2	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL	
	Angela Maria Sanchez		
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS / PRELIMINARES			
Descripción: Campamento			UNIDAD
MATERIALES			M²
Nº	Descripción	Und.	Cant.
1	Base Granular Norma INVIAS	M3	0,050
2	Gancho teja eternit 55mm	Und	1,571
3	Puerta de madera(0,90x2) m	Und	0,114
4	Bisagra Perno	Und	0,229
5	Tabla chapa en ordinario (2,90x0.28x0.02)m	Und	3,171
6	Porta Candado	Und	0,086
7	Estación de madera 3 m	Und	3,171
8	Tejas de Zinc (3,08x0,8) m	M2	1,000
9	Puntillas de 2" con cabeza	Lb	0,012
10	Sanitario y Lavamanos	Und	0,003
SUBTOTAL			\$ 56.125
EQUIPO			
Nº	Descripción	Und.	Cant.
2	Herramienta Menor	Gb	-
SUBTOTAL			\$ 954
MANO DE OBRA			
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal
1	Oficial	1	\$ 40.000
2	Ayudante	3	\$ 23.000
SUBTOTAL			\$ 9.538
TOTAL APU			\$ 66.617

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

APU 1.3	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / PRELIMINARES									
Descripción: Instalación Provisional Eléctrica							UNIDAD	ML	
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Taco Monopolat enchufable 40 Amp	Und	0,269	1	0,269	\$ 8.900	\$ 2.396		
2	Tablero Monofásico 100A	Und	0,067	1	0,067	\$ 3.300	\$ 222		
3	Interruptor sencillo	Und	0,202	1	0,202	\$ 8.900	\$ 1.797		
4	Caja Conduid para Interruptores	Und	0,067	1	0,067	\$ 570	\$ 38		
5	Toma corriente doble	Und	0,202	1	0,202	\$ 9.300	\$ 1.878		
6	Alambre THHN Procables tres colores	ML	1,34589502	1,05	1,413	\$ 1.809	\$ 2.556		
SUBTOTAL							\$ 8.887		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 334	
SUBTOTAL							\$ 334		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Capataz	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	45	\$ 1.556
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	45	\$ 1.789
SUBTOTAL							\$ 3.344		
TOTAL APU							\$ 12.566		

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

 UNIVERSIDAD SANTO TOMAS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA																																								
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO										PTAP CORINTO, CAUCA										CORINTO, CAUCA																				
APU 2.1					Dustin Melendez Giraldo Angela Maria Sanchez					Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL																														
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / MOVIMIENTO DE TIERRAS																																								
Descripción: Descapote																									UNIDAD					M ²										
MATERIALES																																								
Nº					Descripción										Und.			Cant.			Desp.			Cant.			Vr. Unitario					Vr. Total								
SUBTOTAL																									N/A															
EQUIPO																																								
Nº					Descripción										Und.			Cant.									Tarifa					Rend.			Vr. Total					
2					Herramienta Menor										Gb			-									10% de mano de obra								\$ 75					
SUBTOTAL																									\$ 75															
MANO DE OBRA																																								
Nº					Trabajador										Cant.			Jornal									Factor. P			Jornal Total			Rend.			Vr. Total				
1					Oficial										1			\$ 40.000									1,75			\$ 70.000			200			\$ 350				
2					Ayudante										2			\$ 23.000									1,75			\$ 80.500			200			\$ 403				
SUBTOTAL																									\$ 753															
TOTAL APU																									\$ 828															

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

APU 2.2	Dustín Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / MOVIMIENTO DE TIERRAS									
Descripción: Excavación Mecánica (Floculador, Sedimentador de alta tasa y Filtros) y Retiro de Escombros							UNIDAD	M3	
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
4	Estacas de Madera 50cm	Und	0,014	1,05	0,015	\$ 1.317	\$ 20		
5	Cuerda Nylon Tenzada	ML	0,050	1,05	0,052	\$ 433	\$ 23		
SUBTOTAL							\$ 42		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
1	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 30	
2	Retroexcavadora Caterpillar 308DC	Und.	1			\$ 900.000	392	\$ 2.296	
SUBTOTAL							\$ 2.326		
TRANSPORTE									
Nº	Material	UN	Cantidad		Distancia	Tarifa	Vr. Total		
1	Escombros-Sobrantes	m3	1,3		20	\$ 1.500	\$ 39.000		
SUBTOTAL							\$ 39.000		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Operario	1	\$ 45.000			1,75	\$ 78.750	392	\$ 201
2	Ayudante	1	\$ 23.000			1,75	\$ 40.250	392	\$ 103
SUBTOTAL							\$ 304		
TOTAL APU							\$ 41.672		

APU 2.3	Dustín Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS / MOVIMIENTO DE TIERRAS									
Descripción: Excavación Mecánica (Canal de distribución al sedimentador y canal de interconexión de filtros) y Retiro de Escombros								UNIDAD	M3
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
4	Estacas de Madera 50cm	Und	0,280	1,05	0,294	\$ 1.317	\$ 387		
5	Cuerda Nylon Tenzada	ML	0,980	1,05	1,029	\$ 433	\$ 446		
SUBTOTAL							\$ 833		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
1	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 30	
2	Retroexcavadora Caterpillar 308DC	Und.	1			\$ 900.000	392	\$ 2.296	
SUBTOTAL							\$ 2.326		
TRANSPORTE									
Nº	Material	UN	Cantidad		Distancia	Tarifa	Vr. Total		
1	Escombros-Sobrantes	m3	1,3		20	\$ 1.500	\$ 39.000		
SUBTOTAL							\$ 39.000		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Operario	1	\$ 45.000			1,75	\$ 78.750	392	\$ 201
2	Ayudante	1	\$ 23.000			1,75	\$ 40.250	392	\$ 103
SUBTOTAL							\$ 304		
TOTAL APU							\$ 42.463		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

APU 2.4	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / MOVIMIENTO DE TIERRAS									
Descripción: Excavación manual (Canal de transporte) y Retiro de Escombros								UNIDAD	M3
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Estacas de Madera 50cm	Und	56,548	1,05	59,375	\$ 1.317	\$ 78.177		
2	Cuerda Nylon Tenzada	ML	135,417	1,05	142,188	\$ 433	\$ 61.615		
SUBTOTAL							\$ 139.792		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 3.763	
SUBTOTAL							\$ 3.763		
TRANSPORTE									
Nº	Material	UN	Cantidad		Distancia	Tarifa	Vr. Total		
1	Escombros-sobrantes	M3	1,3		20	\$ 1.500	\$ 39.000		
SUBTOTAL							\$ 39.000		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4	\$ 17.500
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4	\$ 20.125
SUBTOTAL							\$ 37.625		
TOTAL APU							\$ 220.179		

APU 2.5	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / MOVIMIENTO DE TIERRAS									
Descripción: Entibado para muros perimetrales							UNIDAD	ML	
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Tablero de triplex espesor 18mm(1,22X2,44)m	Und	1,364	1,05	1,432	\$ 92.900	\$ 133.016		
2	Tabla pino 2m(1,8 X30)cm	Und	1,636	1,05	1,718	\$ 54.900	\$ 94.328		
3	Madera Aserrada 3m(2,5 X8,5)cm	ML	2,193	1,05	2,303	\$ 4.633	\$ 10.670		
SUBTOTAL							\$ 238.014		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 1.750	
SUBTOTAL							\$ 1.750		
TRANSPORTE									
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	12	\$ 5.833
2	Ayudante	2	\$ 40.000			1,75	\$ 140.000	12	\$ 11.667
SUBTOTAL							\$ 17.500		
TOTAL APU							\$ 257.264		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

3. ESTRUCTURA

		UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS							
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA									
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO				PTAP CORINTO, CAUCA		CORINTO, CAUCA			
APU 3.1	Dustín Melendez Giraldo		Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL						
	Angela María Sanchez								
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS / ESTRUCTURA									
Descripción: Concreto de 2500 psi Canal de distribución a Floculadores						UNIDAD M3			
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Concreto de 2500 psi mezclado en obra	M3	1,00	1,05	1,050	\$ 357.305	\$ 375.170		
2	Diésel (Desencofrante)	GL	0,59	1,05	0,620	\$ 7.709	\$ 4.776		
SUBTOTAL							\$ 379.946		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
1	Formaleta	M2	8			\$ 1.722	1,3	\$ 10.332	
2	Vibrador de concreto eléctrico	Und.	1			\$ 14.400	4,0	\$ 3.600	
3	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 3.763	
SUBTOTAL							\$ 17.695		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4	\$ 17.500
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4	\$ 20.125
SUBTOTAL							\$ 37.625		
TOTAL APU							\$ 435.265		

APU 3.2	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / ESTRUCTURA									
Descripción: Concreto de 3000 psi Tanque Floculador							UNIDAD	M3	
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Concreto de 3000 psi mezclado en obra	M3	1,00	1,05	1,050	\$ 579.671	\$ 608.655		
2	Diésel (Desencofrante)	GL	0,59	1,05	0,623	\$ 7.709	\$ 4.801		
SUBTOTAL							\$ 613.456		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Parales	Und.	0,23			\$ 1.700	1,3	\$ 292	
3	Formaleta	M2	5,8			\$ 1.722	1,3	\$ 7.530	
4	Vibrador de concreto eléctrico	Und.	1			\$ 14.400	4,0	\$ 3.600	
5	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 3.763	
SUBTOTAL							\$ 15.184		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4	\$ 17.500
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4	\$ 20.125
SUBTOTAL							\$ 37.625		
TOTAL APU							\$ 666.265		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

APU 3.3	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL						
	Angela Maria Sanchez							
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / ESTRUCTURA								
Descripción: Concreto de 2500 psi Canal de transporte								UNIDAD M3
MATERIALES								
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total	
1	Concreto de 2500 psi mezclado en obra	M3	1,00	1,05	1,050	\$ 357.305	\$ 375.170	
2	Diésel (Desencofrante)	GL	0,59	1,05	0,620	\$ 7.709	\$ 4.776	
SUBTOTAL							\$ 379.946	
EQUIPO								
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total
1	Formaleta	M2	6			\$ 1.722	1,3	\$ 7.232
2	Vibrador de concreto eléctrico	Und.	1			\$ 14.400	4,0	\$ 3.600
3	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 3.763
SUBTOTAL							\$ 14.595	
MANO DE OBRA								
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend. Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4 \$ 17.500
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4 \$ 20.125
SUBTOTAL							\$ 37.625	
TOTAL APU							\$ 432.166	

APU 3.4	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL								
	Angela Maria Sanchez									
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / ESTRUCTURA										
Descripción: Concreto de 3000 psi Canal de Distribución a sedimentador									UNIDAD	M3
MATERIALES										
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario		Vr. Total		
1	Concreto de 3000 psi mezclado en obra	M3	1,00	1,05	1,050	\$ 579.671		\$ 608.655		
2	Diésel (Desencofrante)	GL	0,59	1,05	0,620	\$ 7.709		\$ 4.776		
SUBTOTAL								\$ 613.431		
EQUIPO										
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa		Rend.	Vr. Total	
1	Formaleta	M2	13			\$ 1.722		1,3	\$ 16.847	
2	Vibrador de concreto eléctrico	Und.	1			\$ 14.400		4,0	\$ 3.600	
3	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra			\$ 3.763	
SUBTOTAL								\$ 24.209		
MANO DE OBRA										
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total	
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4	\$ 17.500	
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4	\$ 20.125	
SUBTOTAL								\$ 37.625		
TOTAL APU								\$ 675.265		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

APU 3.5	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / ESTRUCTURA									
Descripción: Concreto de 3000 psi Tanque Sedimentador								UNIDAD	M3
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Concreto de 3000 psi mezclado en obra	M3	1,00	1,05	1,05	\$ 579.671	\$ 608.655		
2	Diésel (Desencofrante)	GL	0,54	1,05	0,57	\$ 7.709	\$ 4.371		
SUBTOTAL							\$ 613.026		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Parales	Und.	0,15			\$ 1.700	1,3	\$ 186	
3	Formaleta	M2	36,8			\$ 1.722	1,3	\$ 47.587	
4	Vibrador de concreto eléctrico	Und.	1			\$ 14.400	4,0	\$ 3.600	
5	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 3.763	
SUBTOTAL							\$ 54.949		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4	\$ 17.500
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4	\$ 20.125
SUBTOTAL							\$ 37.625		
TOTAL APU							\$ 705.600		

APU 3.6	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / ESTRUCTURA									
Descripción: Concreto de 3000 psi Canal de Distribución a filtros								UNIDAD M3	
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Concreto de 3000 psi mezclado en obra	M3	1,00	1,05	1,05	\$ 579.671	\$ 608.655		
2	Diésel (Desencofrante)	GL	0,54	1,05	0,57	\$ 7.709	\$ 4.371		
SUBTOTAL							\$ 613.026		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
3	Formaleta	M2	5,8			\$ 1.722	1,3	\$ 7.534	
4	Vibrador de concreto eléctrico	Und.	1			\$ 14.400	4,0	\$ 3.600	
5	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 3.763	
SUBTOTAL							\$ 14.896		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4	\$ 17.500
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4	\$ 20.125
SUBTOTAL							\$ 37.625		
TOTAL APU							\$ 665.547		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

APU 3.7	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / ESTRUCTURA									
Descripción: Concreto de 3000 psi Filtros								UNIDAD	M3
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Concreto de 3000 psi mezclado en obra	M3	1,00	1,05	1,05	\$ 579.671	\$ 608.655		
2	Diésel (Desencofrante)	GL	0,54	1,05	0,57	\$ 7.709	\$ 4.371		
SUBTOTAL							\$ 613.026		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Parales	Und.	0,40			\$ 1.700	1,3	\$ 512	
3	Formaleta	M2	3,2			\$ 1.722	1,3	\$ 4.120	
4	Vibrador de concreto eléctrico	Und.	1			\$ 14.400	4,0	\$ 3.600	
5	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 3.763	
SUBTOTAL							\$ 11.482		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4	\$ 17.500
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4	\$ 20.125
SUBTOTAL							\$ 37.625		
TOTAL APU							\$ 662.133		

APU 3.8	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / ESTRUCTURA									
Descripción: Concreto de 3000 psi Canal de interconexión							UNIDAD	M3	
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Concreto de 3000 psi mezclado en obra	M3	1,00	1,05	1,05	\$ 579.671	\$ 608.655		
2	Diésel (Desencofrante)	GL	0,54	1,05	0,57	\$ 7.709	\$ 4.371		
SUBTOTAL							\$ 613.026		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
3	Formaleta	M2	16,1			\$ 1.722	1,3	\$ 20.750	
4	Vibrador de concreto eléctrico	Und.	1			\$ 14.400	4,0	\$ 3.600	
5	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 3.763	
SUBTOTAL							\$ 28.112		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4	\$ 17.500
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4	\$ 20.125
SUBTOTAL							\$ 37.625		
TOTAL APU							\$ 678.763		

DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA

APU 3.9	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / ESTRUCTURA									
Descripción: Concreto de 3000 psi Canal de aguas claras								UNIDAD	M3
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Concreto de 3000 psi mezclado en obra	M3	1,00	1,05	1,05	\$ 579.671	\$ 608.655		
2	Diésel (Desenconfante)	GL	0,54	1,05	0,57	\$ 7.709	\$ 4.371		
SUBTOTAL							\$ 613.026		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
3	Formaleta	M2	8,6			\$ 1.722	1,3	\$ 11.108	
4	Vibrador de concreto eléctrico	Und.	1			\$ 14.400	4,0	\$ 3.600	
5	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 3.763	
SUBTOTAL							\$ 18.470		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	4	\$ 17.500
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	4	\$ 20.125
SUBTOTAL							\$ 37.625		
TOTAL APU							\$ 669.121		

4. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA  INGENIERIA CIVIL 										
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO					PTAP CORINTO, CAUCA			CORINTO, CAUCA		
APU 4.1	Dustin Melendez Giraldo		Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela María Sanchez									
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / INSTALACIONES HIDRAULICAS										
Descripción: Tubería de PVC Sanitaria de 6" Desagüe Tanque floculador								UNIDAD	UND	
MATERIALES										
Nº	Descripción		Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Tubo PVC Sanitaria de 6"		ML	3,00	1,05	3,15	\$ 32.633	\$ 102.795		
2	Codo de 90° PVC Sanitaria de 6"		Und.	2,00	1,05	2,10	\$ 49.900	\$ 104.790		
3	Pasamuro Acero inoxidable 6"		Und.	1,00	1,05	1,05	\$ 177.600	\$ 186.480		
4	Adaptador macho PVC De 6"		Und.	2,00	1,05	2,10	\$ 16.800	\$ 35.280		
5	Soldadura PVC Wet Bonding		Gl	0,01	1,05	0,01	\$ 191.600	\$ 2.012		
6	Limpiador Removedor PVC		Gl	0,01	1,05	0,01	\$ 91.600	\$ 962		
SUBTOTAL								\$ 432.319		
EQUIPO										
Nº	Descripción		Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
1	Herramienta Menor		Gb	-			10% de mano de obra		\$ 11.025	
SUBTOTAL								\$ 11.025		
MANO DE OBRA										
Nº	Trabajador		Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial Plomería		1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	1	\$ 70.000
2	Ayudante		1	\$ 23.000			1,75	\$ 40.250	1	\$ 40.250
SUBTOTAL								\$ 110.250		
TOTAL APU								\$ 553.594		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

APU 4.2	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL						
	Angela Maria Sanchez							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS / INSTALACIONES HIDRAULICAS								
Descripción: Tubería PVC Ø6" RDE41 para desagüe recolección y descarga de lodos							UNIDAD	ML
MATERIALES								
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total	
1	Codo PVC Presion 6"	Und.	1,00	1,05	1,05	\$ 155.194	\$ 162.954	
2	Tubería de PVC Presion 6" RDE 41	ML	1,00	1,05	1,00	\$ 40.000	\$ 40.000	
3	Union PVC Presion 6"	Und.	0,33	1,00	0,33	\$ 75.178	\$ 25.059	
4	Soldadura PVC Wet Bonding	Gl	0,01	1,05	0,0105	\$ 191.600	\$ 2.012	
5	Limpiador Removedor PVC	Gl	0,01	1,05	0,0105	\$ 91.600	\$ 962	
SUBTOTAL							\$ 230.987	
EQUIPO								
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total
1	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 1.103
SUBTOTAL							\$ 1.103	
MANO DE OBRA								
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend. Vr. Total
1	Oficial Plomería	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	10 \$ 7.000
2	Ayudante	1	\$ 23.000			1,75	\$ 40.250	10 \$ 4.025
SUBTOTAL							\$ 11.025	
TOTAL APU							\$ 243.114	

APU 4.3	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL						
	Angela Maria Sanchez							
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS / INSTALACIONES HIDRAULICAS								
Descripción: Tubería de PVC Sanitaria de 6" Desagüe Sedimentador y Filtros							UNIDAD	UND
MATERIALES								
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total	
1	Tubo PVC Sanitaria de 6"	ML	1,00	1,05	1,05	\$ 32.633	\$ 34.265	
2	Codo de 90° PVC Sanitaria de 6"	Und.	2,00	1,05	2,10	\$ 49.900	\$ 104.790	
3	Pasamuro Acero inoxidable 6"	Und.	1,00	1,05	1,05	\$ 177.600	\$ 186.480	
4	Adaptador macho PVC De 6"	Und.	2,00	1,05	2,10	\$ 16.800	\$ 35.280	
5	Soldadura PVC Wet Bonding	Gl	0,01	1,05	0,01	\$ 191.600	\$ 2.012	
6	Limpiador Removedor PVC	Gl	0,01	1,05	0,01	\$ 91.600	\$ 962	
SUBTOTAL							\$ 363.789	
EQUIPO								
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total
1	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 11.025
SUBTOTAL							\$ 11.025	
MANO DE OBRA								
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend. Vr. Total
1	Oficial Plomería	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	1 \$ 70.000
2	Ayudante	1	\$ 23.000			1,75	\$ 40.250	1 \$ 40.250
SUBTOTAL							\$ 110.250	
TOTAL APU							\$ 485.064	

DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA

APU 4.4	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS / INSTALACIONES HIDRAULICAS									
Descripción: Tubería HF Ø6" (Va a camara de contacto existente)							UNIDAD	ML	
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Codo PVC HG 6"	Und.	0,33	1,05	0,35	\$ 564.978	\$ 197.742		
2	Tubería de PVC HG 6" RDE 41	ML	1,00	1,05	1,00	\$ 564.978	\$ 564.978		
3	Union PVC HG 6"	Und.	0,33	1,00	0,33	\$ 75.178	\$ 25.059		
4	Soldadura	Gl	0,01	1,05	0,0105	\$ 191.600	\$ 2.012		
5	Limpiador Removedor	Gl	0,01	1,05	0,0105	\$ 91.600	\$ 962		
SUBTOTAL							\$ 790.753		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
1	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 1.103	
SUBTOTAL							\$ 1.103		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial Plomería	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	10	\$ 7.000
2	Ayudante	1	\$ 23.000			1,75	\$ 40.250	10	\$ 4.025
SUBTOTAL							\$ 11.025		
TOTAL APU							\$ 802.881		

5. SISTEMA DE SEDIMENTACIÓN

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA						 INGENIERÍA CIVIL					
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO				PTAP CORINTO, CAUCA		CORINTO, CAUCA					
APU 5.1	Dustín Melendez Giraldo		Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL								
	Angela Maria Sanchez										
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS / INSTALACIONES SANITARIAS											
Descripción: Placas de asbesto-cemento								Und			
MATERIALES											
Nº	Descripción			Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Eterboard 8mm 1,22 x 2,44			Und.	1,00	1	1,00	\$ 46.400	\$ 46.400		
2	Canal B6 X 244 0,50mm			Und.	1,00	1	1,00	\$ 3.541	\$ 3.541		
3	Angulo hierro 2" x 2" x 1/4"			Und.	2,00	1	2,00	\$ 1.650	\$ 3.300		
SUBTOTAL									\$ 46.400		
EQUIPO											
Nº	Descripción			Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Herramienta Menor			Gb	-			10% de mano de obra		\$ 1.173	
SUBTOTAL									\$ 1.173		
MANO DE OBRA											
Nº	Trabajador			Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Técnico			1	\$ 65.000			1,75	\$ 113.750	20	\$ 5.688
2	Ayudante			3	\$ 23.000			1,75	\$ 120.750	20	\$ 6.038
SUBTOTAL									\$ 11.725		
TOTAL APU									\$ 59.298		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

6. SISTEMA DE FILTRACIÓN

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		 							
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO				PTAP CORINTO, CAUCA		CORINTO, CAUCA			
APU 6.1	Dustin Melendez Giraldo		Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL						
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / APARATOS HIDROSANITARIOS									
Descripción: Arena estandar espesor 0.30m							M3		
MATERIALES									
Nº	Descripción		Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total	
1	Arena estandar T.E de 0.78 mm Cu de 1.54		Und.	1,00	1	1,00	\$ 420.000	\$ 420.000	
SUBTOTAL							\$ 420.000		
EQUIPO									
Nº	Descripción		Und.	Cant.		Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Herramienta Menor		Gb	-		10% de mano de obra		\$ 1.505	
SUBTOTAL							\$ 1.505		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador		Cant.	Jornal		Factor. P	Jornal Tota	Rend.	Vr. Total
1	Oficial		1	\$ 40.000		1,75	\$ 70.000	10	\$ 7.000
2	Ayudante		2	\$ 23.000		1,75	\$ 80.500	10	\$ 8.050
SUBTOTAL							\$ 15.050		
TOTAL APU							\$ 436.555		

APU 6.2	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL					
	Angela Maria Sanchez						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / APARATOS HIDROSANITARIOS							
Descripción: Antracita espesor 0.45m							M3
MATERIALES							
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total
1	Antacita T.E de 0.46 mm Cu de 1.54	Und.	1,00	1	1,00	\$ 360.000	\$ 360.000
SUBTOTAL							\$ 360.000
EQUIPO							
Nº	Descripción	Und.	Cant.		Tarifa	Rend.	Vr. Total
2	Herramienta Menor	Gb	-		10% de mano de obra		\$ 1.505
SUBTOTAL							\$ 1.505
MANO DE OBRA							
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal		Factor. P	Jornal Tota	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000		1,75	\$ 70.000	\$ 7.000
2	Ayudante	2	\$ 23.000		1,75	\$ 80.500	\$ 8.050
SUBTOTAL							\$ 15.050
TOTAL APU							\$ 376.555

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

APU 6.3	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela María Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / APARATOS HIDROSANITARIOS									
Descripción: Gravilla Filtrante espesor 0.45m								M3	
MATERIALES									
N°	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario		Vr. Total	
1	Gravilla de 2" a 1/12"	Und.	1,00	1	1,00	\$ 172.157		\$ 172.157	
SUBTOTAL								\$ 172.157	
EQUIPO									
N°	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa		Rend.	Vr. Total
2	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra			\$ 1.505
SUBTOTAL								\$ 1.505	
MANO DE OBRA									
N°	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	10	\$ 7.000
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	10	\$ 8.050
SUBTOTAL								\$ 15.050	
TOTAL APU								\$ 188.712	

APU 6.4	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / APARATOS HIDROSANITARIOS									
Descripción: Suministro e Instalación de falso fondo								M3	
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Concreto 3000psi impermeabilizado	M3	1,00	1	1,00	\$ 579.671	\$ 579.671		
SUBTOTAL							\$ 579.671		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 1.505	
SUBTOTAL							\$ 1.505		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	10	\$ 7.000
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	10	\$ 8.050
SUBTOTAL							\$ 15.050		
TOTAL APU							\$ 596.226		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

7. EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA EL CONTROL DE FLUJO

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA		 INGENIERIA CIVIL							
DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES OPTIMIZACIÓN DE LA PTAP CORINTO				PTAP CORINTO, CAUCA		CORINTO, CAUCA			
APU 7.1	Dustín Melendez Giraldo		Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL						
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / APARATOS HIDROSANITARIOS									
Descripción: Compuertas deslizantes tipo guillotina							UND		
MATERIALES									
Nº	Descripción		Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total	
1	Compuerta, tipo guillotina cuerpo en HF , recubrimiento con pintura epóxica 50x50cm		Und.	0,17	1	0,17	\$ 4.406.400	\$ 734.400	
2	Compuerta, tipo guillotina cuerpo en HF , recubrimiento con pintura epóxica 35x35cm		Und.	0,17	1	0,17	\$ 2.628.500	\$ 438.083	
3	Compuerta, tipo guillotina cuerpo en HF , recubrimiento con pintura epóxica 30x30cm		Und	0,17	1	0,17	\$ 2.253.000	\$ 375.500	
4	Compuerta, tipo guillotina cuerpo en HF , recubrimiento con pintura epóxica 15x15cm		Und	0,50	1	0,50	\$ 1.675.000	\$ 837.500	
5	Vastago en material Acero Inoxidable.		Und	1,00	1	1,00	\$ 180.000	\$ 180.000	
6	Torre de Manejo		Und	1,00	1	1,00	\$ 420.000	\$ 420.000	
7	Rueda o Volante		Und	1,00	1	1,00	\$ 100.000	\$ 100.000	
SUBTOTAL							\$ 3.085.483		
EQUIPO									
Nº	Descripción		Und.	Cant.		Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Herramienta Menor		Gb	-		10% de mano de obra		\$ 15.050	
SUBTOTAL							\$ 15.050		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador		Cant.	Jornal		Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial		1	\$ 40.000		1,75	\$ 70.000	1,0	\$ 70.000
2	Ayudante		2	\$ 23.000		1,75	\$ 80.500	1,0	\$ 80.500
SUBTOTAL							\$ 150.500		
TOTAL APU							\$ 3.251.033		

APU 7.2	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / APARATOS HIDROSANITARIOS									
Descripción: Valvulas mariposa de 6"							UND		
MATERIALES									
N°	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Valvula Mariposa de 6"	Und.	1,00	1	1,00	\$ 202.990	\$ 202.990		
2	Torre de Manejo	Und	1,00	1	1,00	\$ 420.000	\$ 420.000		
3	Rueda o Volante	Und	1,00	1	1,00	\$ 100.000	\$ 100.000		
SUBTOTAL							\$ 722.990		
EQUIPO									
N°	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 15.050	
SUBTOTAL							\$ 15.050		
MANO DE OBRA									
N°	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	1,0	\$ 70.000
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	1,0	\$ 80.500
SUBTOTAL							\$ 150.500		
TOTAL APU							\$ 888.540		

**DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE CORINTO, CAUCA**

APU 7.3	Dustin Melendez Giraldo	Revisado por : ING. JORGE HUMBERTO BENAVIDES - ING. OSCAR BAQUERO ÁNGEL							
	Angela Maria Sanchez								
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS / APARATOS HIDROSANITARIOS									
Descripción: Valvulas mariposa de 4"							UND		
MATERIALES									
Nº	Descripción	Und.	Cant.	Desp.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total		
1	Valvula Mariposa de 4"	Und.	1,00	1	1,00	\$ 135.350	\$ 135.350		
2	Torre de Manejo	Und	1,00	1	1,00	\$ 420.000	\$ 420.000		
3	Rueda o Volante	Und	1,00	1	1,00	\$ 100.000	\$ 100.000		
SUBTOTAL							\$ 655.350		
EQUIPO									
Nº	Descripción	Und.	Cant.			Tarifa	Rend.	Vr. Total	
2	Herramienta Menor	Gb	-			10% de mano de obra		\$ 15.050	
SUBTOTAL							\$ 15.050		
MANO DE OBRA									
Nº	Trabajador	Cant.	Jornal			Factor. P	Jornal Total	Rend.	Vr. Total
1	Oficial	1	\$ 40.000			1,75	\$ 70.000	1,0	\$ 70.000
2	Ayudante	2	\$ 23.000			1,75	\$ 80.500	1,0	\$ 80.500
SUBTOTAL							\$ 150.500		
TOTAL APU							\$ 820.900		