

**OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO POR GRAVEDAD DE LA VEREDA  
“LA LUCHA” MUNICIPIO DE COELLO (TOLIMA)**

**JORGE ENRIQUE BARRIOS PIÑEROS  
MICHAEL ANDRÉS GALINDO PRADA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
GIRARDOT  
2016**

**OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO POR GRAVEDAD DE LA VEREDA  
"LA LUCHA" MUNICIPIO DE COELLO (TOLIMA)**

**JORGE ENRIQUE BARRIOS PIÑEROS  
MICHAEL ANDRÉS GALINDO PRADA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
GIRARDOT  
2016**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Girardot, 26 de Enero de 2016

## CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	13
INTRODUCCIÓN	15
1. JUSTIFICACIÓN	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
3.2 ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	18
3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
4. MARCOS DE REFERENCIA	19
4.1 MARCO TEÓRICO	19
4.2 CONOCIMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y DE LA CALIDAD DEL SERVICIO	20
4.3 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS, GEOTÉCNICAS Y SÍSMICAS	20
4.4 MARCO CONCEPTUAL	21
4.5 MARCO NORMATIVO	24
4.6 MARCO CONTEXTUAL	25
4.7 MARCO HISTÓRICO	26

4.8 MARCO GEOGRÁFICO	28
4.8.1 Extensión y Límites	28
4.8.2 Ubicación Geográfica.	28
5. DISEÑO METODOLÓGICO	30
5.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	30
5.1.1 Fase 1 - Características de municipio.	30
5.1.2 Fase 2 - Diagnostico de la estructura.	30
5.1.3 Fase 3 - Estudio de la demanda.	30
5.1.4 Fase 4 - Diseños de ingeniería.	31
5.2 MÉTODO	31
6. FASE UNO CARACTERÍSTICAS DE MUNICIPIO	32
6.1 UBICACIÓN	32
6.2 HISTORIA	33
6.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS	33
6.3.1 Características Meteorológicas	33
6.3.2 Precipitación	
6.3.3 Temperatura	35
6.4 GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE	35
6.4.1 Clasificación Climática	35
6.4.2 Medio Ambiente	37
6.5 CONTAMINACIÓN	38

6.5.1 Atmosférica	38
6.5.2 Hídrica	38
6.5.3 Emisiones Atmosféricas y Ruido	38
6.5.4 Contaminación Visual).	38
6.5.5 Perturbación y Degradación de Ecosistemas	39
6.5.6 Descripción de la Geología y Suelos	39
6.5.7 Eventos Marinos	40
6.5.8 Movimientos Tectónicos en el Cretácico Superior.	42
6.5.9 Eventos Continentales.	42
6.6 SUELOS	43
6.7 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES EDAFOLÓGICAS.	44
6.7.1 Suelos del paisaje de montaña en clima cálido seco	44
6.7.2 Suelos Lithic Ustorthents (perfil – BT-80)	44
6.7.3 Suelos Typic Ustorthents (perfil T-25) de uso.	45
7. FASE DOS DIAGNOSTICO DE LA ESTRUCTURA	46
7.1 ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	46
7.2 MODIFICACIONES DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD	47
7.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y OPERATIVAS DEL SISTEMA	48
7.4 ANÁLISIS DE AGUA CRUDA	49
7.5 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	51

7.5.1 Aspectos Operativos.	57
7.5.2 Aspectos Técnicos. Unidades y Dispositivos:	57
7.6 OPERACIÓN DE LA PLANTA	57
7.7 DIAGNOSTICO DE LA ESTRUCTURA SOBRE LA QUEBRADA LA "LUCHA"	58
7.8 SISTEMA DE TRATAMIENTO	58
8. FASE TRES ESTUDIO DE LA DEMANDA	59
8.1 RECOPIACIÓN DE CENSOS	59
8.2 ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN	59
8.3 PERIODO DE DISEÑO	63
8.4 PÉRDIDAS DE AGUA	64
8.5 DOTACIÓN BRUTA	65
8.6 DEMANDA	65
8.6.1 Caudal medio diario	65
8.7 COEFICIENTES DE MAYORACIÓN	66
8.8 CAUDAL MÁXIMO DIARIO	67
8.9 CAUDAL MÁXIMO HORARIO	67
8.10 CAUDAL DE DISEÑO	67
9. FASE CUATRO DISEÑOS DE INGENIERÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN	68
9.1 DISEÑOS DE LAS ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN	68
9.2 BOCATOMA	68

9.3 OPTIMIZACIÓN PARA FILTRO LENTO	72
9.3.1 Propiedades y descripción de la desinfección mediante filtración lenta	72
9.3.2 Mecanismos de la desinfección mediante filtración lenta	73
9.3.2.4 Subproductos de la desinfección mediante filtración lenta.	75
9.4 DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO LENTO	82
9.5 DESINFECCIÓN	83
9.5.1 Utilidad de la Desinfección	84
9.5.2 Factores que Afectan la Desinfección	85
9.5.3 Dosificación	86
9.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE CLORACIÓN	87
9.6.1 Determinación del Valor de K.	87
9.6.2 Determinación del Tiempo de Contacto.	88
9.6.3 Capacidad de los Cloradores.	88
9.6.4 Volumen del tanque	88
9.6.5 Dimensionamiento	88
10. CONCLUSIONES	90
11. RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marco Conceptual	21
Tabla 2. Normatividad para el Diseño de un Acueducto	24
Tabla 3. División Político-Administrativo	32
Tabla 4. Estaciones Seleccionadas para el Análisis Climático en el Municipio de Coello - 2000	33
Tabla 5. Medias Mensuales de Precipitación de las Estaciones Seleccionadas para el Municipio de Coello en el Trazado de las Isoyetas (Periodo 1979 - 1999)	34
Tabla 6. Medias Mensuales de Temperatura de las Estaciones Seleccionadas para el Municipio de Coello en el Trazado de las Isotermas (Periodo 1979-1999)	35
Tabla 7. Clasificación climática.	36
Tabla 8. Clasificación Climática según Caldas Lang.	36
Tabla 9. Pisos Térmicos según Caldas Lang.	36
Tabla 10. Características Técnicas del Sistema	48
Tabla 11. Características Operativas del Sistema	48
Tabla 12. Población Según Censos y Proyecciones (1951 - 1993).	59
Tabla 13. Proyecciones de Población a Junio 30 de 1995 - 2005, Según Zona.	60
Tabla 14. Asignación del Nivel de Complejidad	63
Tabla 15. Periodos Máximos de Diseño (RAS 2000)	64
Tabla 16. Dotación neta	64

Tabla 17. Porcentajes Máximos Admisibles de Pérdidas Técnicas.	65
Tabla 18. Coeficiente de Consumo Máximo Diario, $k_1$ , Según el Nivel de Complejidad del Sistema.	66
Tabla 19. Coeficiente de Mayoración del Caudal Máximo Horario $k_2$ en Relación con el Máximo Diario para Redes de Distribución.	66
Tabla 20. Criterios de selección de los procesos en función de la calidad de la fuente	76
Tabla 21. Lecho de soporte.	77
Tabla 22. Medio filtrante.	77
Tabla 23. Velocidad de filtración de acuerdo con el número de procesos preliminares.	77
Tabla 24. Ventajas y desventajas de la filtración lenta	82
Tabla 25. Resume los Tipos de Reacción del Cloro en el Agua y su Efecto en el Proceso de Desinfección.	86

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Quebrada La Lucha	25
Figura 2. Bandera y Escudo del Municipio de Coello	29
Figura 3. Fósiles de Ostras, Bivalvos, Almejas y Ammonites (Salto de Lucha).	41
Figura 4. Planta de tratamiento de agua potable, Vereda Salto de Lucha.	51
Figura 5. Cámara de distribución hacia el filtro de grava	52
Figura 6. Filtro de Grava	52
Figura 7. Toma de medidas del filtro de grava	53
Figura 8. Orificios de $\frac{3}{4}$ " cada 0.35m	53
Figura 9. Punto de cloración	54
Figura 10. Laboratorio y Almacenamiento de químicos	54
Figura 11. Tanque de almacenamiento	55
Figura 12. Profundidad del tanque de almacenamiento 2.40m	55
Figura 13. Estado actual del Filtro lento	56
Figura 14. Determinación del área del filtro 82 m <sup>2</sup> y volumen de 135.3 m <sup>3</sup>	56
Figura 15. Mecanismos de transporte.	74
Figura 16. Filtro lento modificado rectangular de hormigón.	78
Figura 17. Curva Punto de Quiebre	87

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Topografía del terreno y perfiles	93
Anexo B. Certificación análisis de agua	104

## GLOSARIO

**ABASTECIMIENTO:** suministro o fuente de agua por medio de una fuente natural o artificial que puede ser captada para diferentes fines.

**ANCLAJE:** mecanismo que se utiliza para contrarrestar los empujes que se presentan en los cambios de dirección (verticales y horizontales) de la tubería.

**ATRAQUE:** dispositivo que permite asegurar la tubería en sectores de alta pendiente y donde se dificulte la instalación subterránea, se usa como complemento con anclajes de concreto o metálicos, para evitar desplazamientos o colapsos.

**BOCATOMA:** término genérico utilizado para las obras de captación, derivación o toma en un río o quebrada en que se desvía agua para una presa o acueducto.

**CAPTACIÓN:** conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de fuente de abastecimiento.

**CATASTRO DE REDES:** inventario de las tuberías y accesorios existentes incluida su localización, diámetro, profundidad, material, y año de instalación.

**CODO:** se emplea como accesorio para cambios de dirección horizontal o vertical de la línea de tubería.

**DESARENADOR:** cámara destinada a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.

**GOLPE DE ARIETE:** oscilación del agua en un conducto cerrado por cambios bruscos de la velocidad del flujo.

**LODO:** conjunto de sedimentos de mayor tamaño que se precipitan gracias a su peso propio.

**REDUCCIÓN:** se emplea como accesorio para cambios de diámetro de la línea de tubería.

**TÉ:** se emplea como accesorio para derivaciones y/o cambios de diámetro de la línea de tubería.

**VÁLVULA DE CORTE O CIERRE:** se coloca al comienzo o al final de la línea de tubería. También previo estudio de la necesidad técnica o a lo largo de la misma.

**VÁLVULA DE PURGA O DESAGÜE:** se debe ubicar en los puntos bajos de la línea de tubería.

**VÁLVULA DE VENTOSA O DE AIRE:** se debe colocar en los puntos altos de la línea de tubería para facilitar la salida del aire que se acumula durante el funcionamiento o en su llenado. También para la entrada del aire, en las descargas de la tubería o por rotura.

**VÁLVULA PARA QUIEBRE DE PRESIÓN:** tiene por objeto reducir la presión aguas abajo, hasta la presión atmosférica, con el fin de limitar las presiones en las instalaciones localizadas aguas abajo.

## INTRODUCCIÓN

El futuro del ingeniero civil se encuentra marcado por la entrega al servicio de la comunidad, en dar soluciones técnicas y científicamente con el fin de planear, diseñar y ejecutar proyectos, satisfaciendo las necesidades de la sociedad; así obteniendo un mejoramiento de calidad de vida sin afectar negativamente los recursos naturales y el Medio Ambiente a la hora de ejecutar un proyecto.

Todo sistema de abastecimiento de agua se proyecta con el fin de atender las necesidades de la población teniendo en cuenta el deterioro que pueda presentar o fallas la estructura como también el crecimiento de población ya que no abastece las necesidades de la sociedad, por esta razón se debe avaluar y proyectar a futuro para dar soluciones y tener una mejor calidad de vida, por esta razón el trabajo de grado con el fin de satisfacer las necesidades suministrada de volumen suficiente de agua, mejorando las estructuras que no funciona adecuadamente en la planta y mejorando la purificación para el consumo humano. En consecuencia de eso se evaluó la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como el caudal de captación la topografía del lugar para así poder evaluar o establecer alternativas de diseño y mejoramiento de la planta; por lo tanto este proyecto de central o se basa en el rediseño y ampliación de la planta de lucha del municipio Coello (TOLIMA), con el fin de satisfacer las condiciones de vida de los habitantes de Coello y sus veredas, teniendo en cuenta técnicas económicamente viables que se presente en el área de estudio.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Un acueducto se diseña con el motivo de prestar de una manera eficiente el servicio del agua potable, ya que para la humanidad y comunidad es un derecho de mucha importancia disponer de un sistema de aprovisionamiento de agua que satisfaga las necesidades humanas. Al contar con el recurso para poder lograr las actividades cotidianas de la comunidad sin presentar procesos negativos en lo económico y social del municipio de Coello, con estos datos llevamos a cabo las proyecciones en un determinado lapso de tiempo de la comunidad para así poder cumplir con las necesidades del municipio, evaluando las posibles fallas que presenta nuestro sistema potabilización y que fallas presenta a la comunidad en su servicio por tal motivo realizamos este proyecto.

- ❖ Porque la comunidad ha presentado un crecimiento de la población con respecto al desarrollo el cual produce la ineficiencia del agua.
- ❖ Presentar un funcionamiento satisfactorio y adecuado en la PTAP para abastecimiento de la comunidad.
- ❖ Arreglando las estructuras que ya llegaron a su vida útil con el fin de volver a proyectar y construirla más eficientemente y adecuado



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer la optimización de la PTAP, de la vereda la LUCHA del municipio de COELLO, (TOLIMA) aplicando la normatividad del RAS 2000. Con el propósito de que la comunidad que se abastece este acueducto tenga un agua de óptimas condiciones.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Diagnosticar las condiciones de funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua con el objeto de optimizarlo.
  
- ❖ Realizar el inventario de las unidades del sistema de tratamiento.
  
- ❖ Establecer los procedimientos para determinar el estado de las unidades. Con el fin de establecer si estas se encuentran cumpliendo con los parámetros de la norma.
  
- ❖ Presentar el tipo de optimización. Con el propósito de mejorar las condiciones de la comunidad.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Algunas poblaciones de Colombia, no cuentan con un servicio eficiente de agua que satisfaga totalmente a los pobladores, conociendo que Colombia tiene numerosas fuentes de agua dulce que podrían ser utilizadas de manera racional y eficiente para el consumo humano. Además, no tienen una infraestructura óptima que cumpla con los requisitos para abastecer a estas personas sin presentar ningún tipo de falla; de acuerdo a esto tienen que acoplarse las soluciones momentáneas y que en algunos casos son perjudiciales para la salud humana. El municipio de Coello – Tolima, dentro de unas de las Plantas de aguas potable que lo abastece no es ajeno a esta problemática, donde se ha detectado que se presenta diferentes problemas como son: caudal insuficiente, para cuando se ejecuten los proyectos de vivienda a futuro, como es la construcción de 300 viviendas de interés social; la actual planta abastece a un 60% del municipio de Coello, se evidencia que la planta presenta fallas en el proceso tal como es el filtro lento, no se presenta una distribución uniforme en el filtro debido a una falla sobre la pendiente hacia uno de los filtros, el uso de cloración no se ejecuta continuamente, la estructura donde se encuentra para la aplicación del cloro se encuentra en malas condiciones, se observan llaves de paso que no funcionan y están directo al tanque de almacenamiento.

#### **3.2 ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA**

La Planta de Tratamiento de Agua Potable de la vereda la Lucha municipio de Coello - Tolima, presenta una serie de los problemas que están ocasionando que se genera un agua para el consumo en las condiciones que exige la normatividad Colombiana. Este sistema se debe ajustar a los requisitos que establece el reglamento Técnico de Agua y Saneamiento Ambiental RAS 2000

#### **3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Con la optimización de la PTAP de la vereda la Lucha municipio de Coello – Tolima. ¿Se evidenciara el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua producida en este acueducto veredal para cumplir como agua apta para el consumo humano?

## 4. MARCOS DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO TEÓRICO

Proveer una adecuada cantidad de agua ha sido un asunto que ha inquietado desde los principios de la civilización. Aun en las antiguas ciudades, los abastecimientos locales era eran con frecuencia inadecuados y los acueductos eran construidos para transportar agua desde fuentes lejanas. Tales sistemas de abastecimientos no distribuían agua a las residencias individuales sino que las llevaban hasta unos pocos lugares centrales desde donde los ciudadanos podían llevarla hasta sus hogares. Hasta mediados del siglo XVII no se disponían de tuberías que pudieran soportar altas presiones. Se utilizaban tuberías hechas de madera, arcilla o plomo, pero generalmente estaban ubicadas de acuerdo con la línea de gradiente hidráulico. El desarrollo de la tubería de hierro fundido y la reducción gradual de sus costos, junto con el desarrollo y mejoramiento de las bombas de vapor, hicieron posible que pequeñas comunidades pudieran crear abastecimientos públicos de agua que permitieron llevarla a cada residencia. El agua, bien sea sacada de la superficie o de fuentes subterráneas, deben ser transportadas a la comunidad y distribuida a los usuarios. El transporte desde la fuente al punto de tratamiento puede ser proveído por acueductos, tuberías o canales abiertos, pero una vez ha ido tratada, el agua es distribuida mediante conductos cerrados presurizados. El término acueducto se refiere usualmente a conductos construidos de mampostería y hechos con la pendiente hidráulica. Tales estructuras son operadas a presión atmosférica y, a menos que la pendiente hidráulica disponible sea muy grande, tienden a ser mayores y más costosas que las tuberías operadas bajo presión. Entre las ventajas de los acueductos están la posibilidad de construcción con materiales locales disponibles, más duración que los conductos de metal y menor pérdida de capacidad hidráulica con el tiempo. Entre las ventajas están la necesidad de proveer la máxima capacidad inicialmente y la posibilidad de interferencia con el drenaje local. Las fuentes de agua superficiales están sujetas a grandes variaciones en flujo, calidad y temperatura, las estructuras de captación deben estar diseñadas para que el flujo requerido pueda ser usado a pesar de estas fluctuaciones naturales.

Para la captación de aguas en ríos, existen dos casos:

❖ Si la cantidad de agua por utilizar es muy pequeña, basta tomar directamente construyendo a unos dos metros de la orilla del río una caja o tanque que tenga su base a un metro más por debajo que el nivel mínimo de las aguas en estiaje y épocas de máxima sequía. El orificio de entrada según su diámetro podrá tener un colador o una compuerta que permita regular la entrada de agua, según las necesidades del servicio; cuando el agua deba elevarse, en sus orillas se instalarán las bombas de elevación.

❖ Si el agua no se toma directamente del río sino de excavaciones hechas en terrenos aledaños, constituidos por materiales de acarreo que constituyen excelentes capas filtrantes, se excavan pozos en estos terrenos donde se encontrará agua abundante a poca profundidad, con la ventaja de que ha sufrido una filtración por consiguiente es de mayor pureza que la que corre por el río.

❖ Cuando se trate de grandes abastecimientos de agua, es necesario recurrir al embalse de aguas para construir un gran recipiente de alimentación, instalado la toma en el interior del embalse, de modo que la carga de agua tenga una altura suficiente que asegure, en todo caso, la entrada de volumen previsto de líquido a la tubería de toma.

## **4.2 CONOCIMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y DE LA CALIDAD DEL SERVICIO**

Con el fin de hacer un acueducto es necesario saber cómo opera en general el sistema de acueducto y qué elementos principales lo conforman; además, es importante tener un conocimiento detallado del sistema de tratamiento de agua (caudal medio producido y su variación a lo largo del día, calidad de agua, etc.) y del sistema de almacenamiento, de volumen y ubicación debe ser suficiente para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua. Cuando se tienen valores de presiones de servicio mayores a 15 metros de columna de agua ( $1\text{m.c.a} = 1\text{ ton /m}^2 = 0.1\text{ Kg / cm}^2$ ) se dice que se tiene una buena calidad del servicio; los otros parámetros asociados con un buen servicio son la continuidad en el suministro y la calidad de agua entregada al usuario.

## **4.3 CONDICIONES TOPOGRÁFICAS, GEOTÉCNICAS Y SÍSMICAS**

Además del conocimiento del sistema de acueducto y de la red de la distribución existente, los estudios previos deben proveer información topográfica, geotécnica y sísmica del municipio, planos de catastro de la infraestructura de otros servicios públicos, planos en la red vial, planos IGAC a escala 1:2000 (si existen) y fotografías aéreas que incluyan el área a ser servida. La información geotécnica se refiere a las características del subsuelo en la zona donde se realizara el trazado de la red de distribución, tomada de los planos geológicos, de información de campo o de estudios o diseños de viviendas, infraestructura vial y otros servicios. Deben identificarse las zonas de falla y las propensas a deslizamientos e inundaciones.

#### 4.4 MARCO CONCEPTUAL

Conceptos básicos para la optimización de un acueducto basados en el REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (RAS 2000).

**Tabla 1. Marco Conceptual**

Término	Definición
Accesorios	Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, téns etc.
Acometida	Derivación de la red local de acueducto que llega hasta el registro de rueda en el punto de empate con la instalación interna del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.
Acueducto	Formación geológica o grupo de formaciones que contiene agua y que permite su movimiento a través de sus poros bajo la acción de la aceleración de la gravedad o de diferencias de presión.
Aducción	Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.
Agua cruda	Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.
Agua potable	Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el Decreto 475 de 1998, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud.
Aguas de infiltración	Agua proveniente del subsuelo, indeseable para el sistema separado y que penetra en el alcantarillado.
Aireador	Dispositivo o equipo que permite transferir aire al agua.
Almacenamiento	En sistemas de Acueducto, acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.
Altura dinámica total	Energía suministrada por una bomba a un flujo en tuberías, expresada en términos de cabeza, obtenida como la suma de la altura estática en la succión, de las pérdidas de energía por fricción y pérdidas menores en la succión y en la impulsión, y de la presión requerida al final de la línea de impulsión.

Término	Definición
Anclaje	Apoyo que soporta los empujes ocasionados por el cambio de dirección en una tubería sometida a presión interna.
Bocatoma	Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto
Boca de acceso	Abertura que se localiza sobre una tubería con el objeto de permitir el acceso a su interior.
Boquilla	Dispositivo para aumentar la velocidad del agua.
Borde libre	Espacio comprendido entre el nivel máximo esperado del agua fijado por el sistema de rebose y la altura total de la estructura de almacenamiento.
Cabeza de presión	Presión manométrica en un punto, expresada en metros de columna de agua, obtenida como la razón entre la magnitud de la presión y el peso específico del agua.
Cama de soporte	Es la capa de material que sirve directamente de apoyo a la tubería.
Cámara de caída	Estructura utilizada para dar continuidad al flujo cuando una tubería llega a una altura considerable respecto de la tubería de salida.
Cámara de succión	Depósito de almacenamiento de agua en el cual se encuentra la tubería de succión.
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.
Captación	Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de fuente de abastecimiento.
Catastro de redes	Inventario de las tuberías y accesorios existentes incluidas su localización, diámetro, profundidad, material y año de instalación.
Caudal de diseño	Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.
Caudal de incendio	Parte del caudal en una red de distribución destinado a combatir los incendios.
Caudal específico de distribución	Caudal de distribución medio que se presenta o se estima en un área específica y definido en términos de caudal por unidad de área o caudal por unidad de longitud de tubería de distribución instalada o proyectada en el área de diseño.
Caudal máximo diario	Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Término	Definición
Caudal máximo horario	Consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.
Caudal medio diario	Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.
Conducción	Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.
Cota de batea	Nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector.
Cota de clave	Nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería o colector.
Desarenador	Cámara destinada a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.
Dotación	Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.
Hidrante	Elemento conectado a la red de distribución que permite la conexión de mangueras especiales utilizadas en la extinción de incendios.
Línea de energía	Línea o elevación obtenida como la suma de la cabeza de presión, la cabeza de velocidad y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia.
Línea piezométrica	Línea o elevación obtenida de la suma de la cabeza de presión y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia.
Población de diseño	Población que se espera atender por el proyecto considerando el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el período de diseño.
Población flotante	Población de alguna localidad que no reside permanentemente en ella y que la habita por un espacio de tiempo corto por razones de trabajo, turismo o alguna otra actividad temporal.
Red de distribución	Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.
Tubería	Ducto de sección circular para el transporte de agua.
Tubería de impulsión	Tubería de salida de un equipo de bombeo.
Tubería de succión	Tubería de entrada a un equipo de bombeo.

Término	Definición
Tubería flexible	Los materiales de tuberías que clasifican como flexibles son aquellos que derivan su capacidad de carga ante las cargas del terreno a partir de la interacción de la tubería flexible y del suelo circundante el cual trabaja por la deflexión de la tubería hasta el punto de equilibrio bajo carga.
Válvulas de sectorización	Son dispositivos que cierran el paso del agua en las tuberías de distribución, con el fin de sectorizar la red. Usualmente son válvulas de compuerta con vástago fijo o válvulas mariposa con mecanismo de reducción de velocidad de cierre para evitar golpe de ariete.
Zona de presión de la red de distribución	Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites prefijados.

Fuente. RAS 2000. p. B21-25

#### 4.5 MARCO NORMATIVO

La normatividad contemplada para la elaboración del diseño del sistema de acueducto se basó en las **NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS (NTC) Y REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (RAS 2000)**.

**Tabla 2. Normatividad para el Diseño de un Acueducto**

Año	Presentación	Título	Objeto
1998	Decreto No. 475 de Marzo 10	Normas técnicas de calidad del agua potable	Este decreto contiene las normas organolépticas, físicas, químicas y Microbiológicas de la calidad del agua potable o agua segura.
2000	Resolución No. 1096 del 17 de Noviembre	Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico <b>RAS</b>	Este reglamento tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento



Año	Presentación	Título	Objeto
			Básico y sus actividades complementarias.
2002	Decreto No. 849 de Abril 30	Reglamentación del artículo 78 de la Ley 715 de 2001	El objeto del presente decreto reglamentario es definir los requisitos que deben cumplir los municipios y distritos en materia de agua potable y saneamiento básico, y los procedimientos que deben seguir dichos entes y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, SSPD.

Fuente. RAS 2000. p. B20

#### 4.6 MARCO CONTEXTUAL

La planta de lucha está ubicada en el municipio de Coello –Tolima. La cual se abastece por Cuenca de segundo orden cuyo drenaje central nace en la vereda Dos Quebradas; desemboca al Río Magdalena, abarcando como micro cuenca hidrográfica 2.373 Km<sup>2</sup>. Función primordial: Suministro de agua para consumo humano, es la fuente abastecedora del Acueducto para la Cabecera Municipal y para uso agrícola. Quebrada lucha está ubicada alrededor del pueblo el cual estudios anteriores han determinado de la quebrada maneja un caudal de 10 l/s.

**Figura 1. Quebrada La Lucha**



Fuente. Alcaldía Municipio de Coello.

## 4.7 MARCO HISTÓRICO

Es por ello que la humanidad ha almacenado y distribuido agua prácticamente desde sus orígenes. Desde las primeras técnicas de almacenaje, limpieza y distribución hasta las infraestructuras y tecnologías actuales para el tratamiento de aguas, reciclado de aguas y depuración de aguas ha transcurrido una larga historia, que de forma muy breve os queremos resumir en este post.

Los primeros asentamientos continuados de nuestros antepasados siempre tenían lugar en ubicaciones donde hubiese agua dulce disponible, como lagos y ríos. Y fue entorno al agua donde se originaron las primeras formas de sociedad, tal y como la concebimos hoy en día.

Cuando estas formas primitivas de sociedades empezaron a evolucionar y crecer de manera extensiva surgió la necesidad de buscar otras fuentes diferentes de agua. El constante incremento de la población humana no siempre hizo posible que estas sociedades crecieran entorno a fuentes de fácil acceso como lagos y ríos, por lo que las personas se vieron obligadas a desarrollar sistemas que les permitieran aprovechar los recursos de agua subterráneos, dando origen a las primeras construcciones de pozos.

Los primeros antecedentes los encontramos en Jericó (Israel) hace aproximadamente 7.000 años, donde el agua era almacenada en los pozos para su posterior utilización. Como el agua había de ser trasladada de los pozos a otros puntos donde era necesario su uso, se empezaron a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua. Este transporte se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas.

Años más tarde se comenzaron a utilizar tubos huecos, más parecidos a lo que son nuestras tuberías de hoy en día. Por ejemplo, en Egipto se utilizan árboles huecos de palmera mientras en China y Japón utilizan troncos de bambú. Fueron precisamente los egipcios, los primeros en utilizar métodos para el tratamiento del agua. Estos registros datan de hace más de 1,500 años hasta el 400 A.C. Los mismos indican que las formas más comunes de purificación del agua eran hirviéndola sobre el fuego, calentándola al sol o sumergiendo una pieza de hierro caliente dentro de la misma. Otro de los métodos más comunes era el filtrado del agua hervida a través de arena o grava para luego dejarla enfriar.

En la antigua Grecia, el agua de escorrentía, agua de pozos y agua de lluvia eran utilizadas desde épocas muy tempranas por sus ciudadanos. Debido al crecimiento de la población se vieron obligados a desarrollar sistemas más eficaces para el almacenamiento y distribución del agua, lo que les llevó a la construcción de las

primeras redes de distribución a gran escala que requerían de unos materiales más sofisticados, como la cerámica, la madera o el metal.

La verdadera novedad introducida por los griegos estuvo en que ellos fueron la primera sociedad en tener un interés claro por la calidad del agua que consumían. Por ello, el agua utilizada se retiraba mediante sistemas de aguas residuales, a la vez que el agua de lluvia, y se utilizaban embalses de aireación para la purificación del agua.

Así llegamos a la época del imperio Romano. Los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia.

Ellos utilizaban recursos de agua subterránea, ríos y agua de escorrentía para su uso y aprovisionamiento. El agua recogida se transportaba a presas que permitían el almacenamiento y retención artificial de grandes cantidades de agua. Desde aquí se distribuía por toda la ciudad gracias a los sistemas de tuberías, fabricadas con materiales tan diversos como cemento, roca, bronce, plata, madera y plomo.

Después de la caída del imperio Romano, los acueductos se dejaron de utilizar. Desde el año 500 al 1500 d.C. hubo poco desarrollo en relación con los sistemas de tratamiento del agua. Durante la edad media se manifestaron gran cantidad de problemas de higiene en el agua y los sistemas de distribución de plomo, porque los residuos y excrementos se vertían directamente a las aguas. La gente que bebía estas aguas enfermaba y moría. Para evitarlo se utilizaba agua existente fuera de las ciudades no afectada por la contaminación. Esta agua se llevaba a la ciudad mediante los llamados portadores.

El primer sistema de suministro de agua potable a una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor del año 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow.

En 1806 Paris empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua. El agua sedimenta durante 12 horas antes de su filtración. Los filtros consisten en arena, carbón y su capacidad es de seis horas.

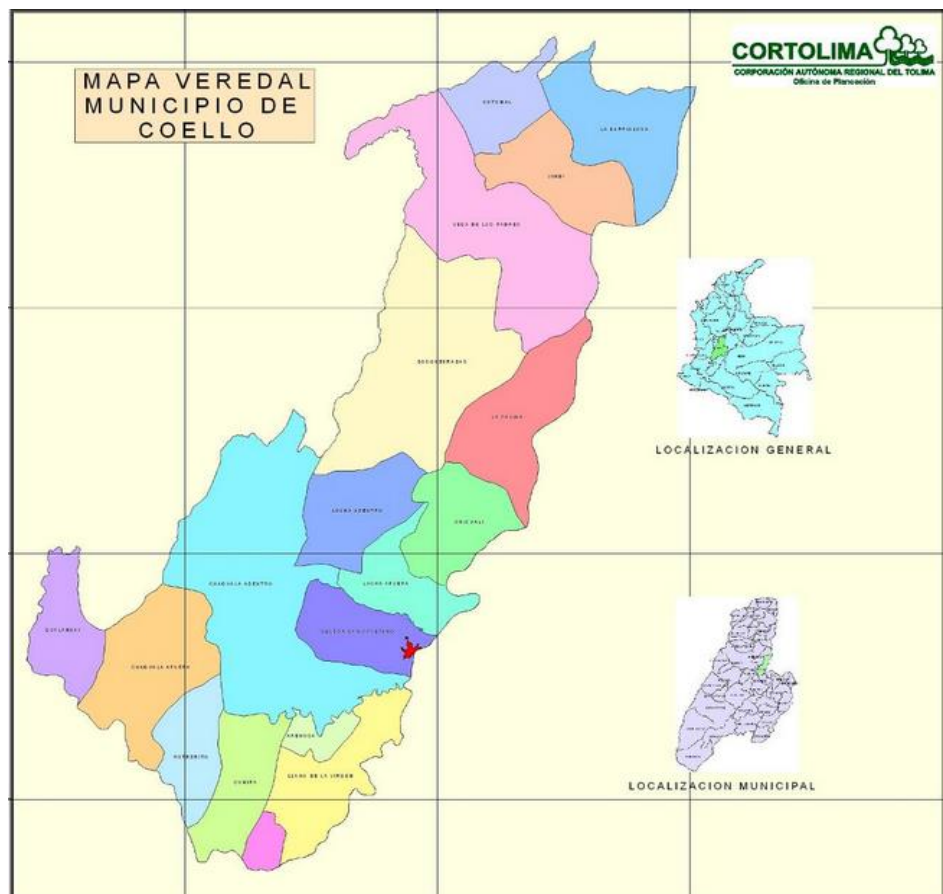
En 1827 el inglés James Simplón construye un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hoy en día todavía se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública.

## 4.8 MARCO GEOGRÁFICO

El Municipio de Coello se encuentra en el centro del Departamento del Tolima, en la vertiente oriental de la Cordillera Central, entre los 300 y los 1.000 metros de altura sobre el nivel del mar, formando parte de la Cuenca Baja del Río Coello y Media del Río Grande de La Magdalena. La cabecera municipal se encuentra localizada dentro de las coordenadas geográficas 4° 17' de Latitud Norte y 74° 54' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

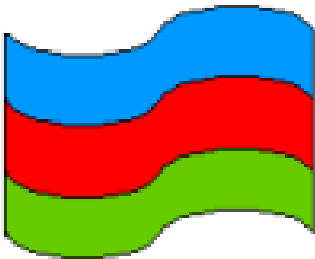
**4.8.1 Extensión y Límites.** El Municipio tiene un área total aproximada de 33.309,1049 hectáreas (ha), de las cuales sólo 22,9452 ha corresponden al área urbana y 33.286,1596 ha a la zona rural, es decir que el 99,93% del total del área del Municipio es rural.

### 4.8.2 Ubicación Geográfica.



Fuente. Cortolima.

**Figura 2. Bandera y Escudo del Municipio de Coello**



Fuente. Alcaldía Municipio de Coello.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño metodológico utilizado en el presente proyecto de grado fue investigación Acción. Según Muñoz “Son investigaciones en las que la recopilación de información se realiza enmarcada por el ambiente específico en el que se presenta el fenómeno de estudio” según el mismo autor “En la realización de estas tesis se utiliza un método exclusivo de investigación y se diseñan ciertas herramientas para recabar información que solo se aplican en el medio en el que actúa el fenómeno de estudio; para la tabulación y análisis de la información obtenida, se utilizan métodos y técnicas estadísticos y matemáticos que ayudan a obtener conclusiones formales, científicamente comprobadas”

Las fases en las que se desarrolló el presente proyecto de investigación fueron:

#### 5.1.1 Fase 1 - Características de municipio.

- ❖ Ubicación
- ❖ Historia
- ❖ Características socioeconómicas
- ❖ Características meteorológicas
- ❖ Geografía y medio ambiente
- ❖ Descripción de la topografía, geología, y suelos

#### 5.1.2 Fase 2 - Diagnostico de la estructura.

- ❖ Características físicas y operativas del sistema
- ❖ Sistema de tratamiento

#### 5.1.3 Fase 3 - Estudio de la demanda.

- ❖ Recopilación de censos
- ❖ Estimación de la población
- ❖ Periodo de diseño
- ❖ Obtención del consumo neto
- ❖ Pérdidas de agua
- ❖ Consumo total
- ❖ Determinación caudal de diseño
- ❖ Obtención caudal medio diario
- ❖ Obtención coeficientes de mayoración

- ❖ Obtención caudal máximo diario
- ❖ Obtención caudal máximo horario
- ❖ Determinación proyección de la demanda

#### **5.1.4 Fase 4 - Diseños de ingeniería.**

- ❖ Diseños de las estructuras de captación y conducción.
- ❖ Obras optimizadas

### **5.2 MÉTODO**

Son investigaciones en las que la recopilación de información se realiza enmarcada por el ambiente específico en el que se presenta el fenómeno de estudio.

En la realización de estos proyectos se utiliza un método exclusivo de investigación y se diseñan ciertas herramientas para recabar información que solo se aplican en el medio en el que actúa el fenómeno de estudio; para la tabulación y análisis de la información obtenida, se utilizan métodos y técnicas estadísticos y matemáticos que ayudan a obtener conclusiones formales, científicamente comprobadas, 6 fases en las que se desarrolló el presente proyecto.

## 6. FASE UNO CARACTERÍSTICAS DE MUNICIPIO

### 6.1 UBICACIÓN

El municipio de Coello está situado en el centro del Departamento del Tolima, en límites con el Departamento de Cundinamarca: Su cabecera se encuentra localizada sobre los 4° 17' de latitud Norte y los 74° 54' de longitud al Oeste de Greenwich.

Extensión: 34.000 Has. Límites Generales

- ❖ Norte: Con el Municipio de Piedras
- ❖ Oriente: Con la margen izquierda del Río Magdalena (Dpto. de Cundinamarca)
- ❖ Occidente: Con los Municipios de Piedras e Ibagué
- ❖ Sur: Con los Municipios de San Luis, Espinal y Flandes

**Tabla 3. División Político-Administrativo**

Clase	Localidad
Inspecciones Municipales	La Vega de los Padres
	Gualanday
	Potrillo
	Barrialoza
Veredas	Arenosa
	Chagualá Adentro
	Chagualá Afuera
	Cotomal
	Lucha Afuera
	Dos Quebradas
	Llano de La Virgen
	La Salina
	Santa Bárbara
	Chicualí
	Vindí
	Lucha Adentro
Cunira	

Fuente. Cortolima.



## 6.2 HISTORIA

Después de hecha la pacificación de los Pijaos por don Juan de Borja, el señor Lesmes de Espinosa Sarabia, del consejo de su Majestad y oidor más antiguo de la Real Audiencia del Nuevo Reino de Granada, por comisión que le confiriera don Juan de Borja, fundó un pueblo en el sitio denominado Pueblo Nuevo de la Trinidad, en tierras de Cuniras, Metaymas y encomiendas de don Alonso Ruiz de Saojosa, el día 5 de Julio de 1627, al que le dio el nombre de Coello. Por Decreto No. 264 de Octubre de 1880, fue eliminado como aldea, por no tener edificios para las oficinas públicas, escuelas en continuo y rentas suficientes para sostener su administración. Posteriormente, por Decreto No. 149 de Octubre de 1882 se le devolvió su categoría de aldea, para premiar el esfuerzo que venían realizando sus habitantes para convertir el poblado en una importante ciudad. Según Decreto 650 del 13 de Octubre de 1887 fue elevado a la categoría de municipio, con el nombre de Coello, en honor al río que lo baña. La Ordenanza No. 36 de Junio 26 de 1947, creó la Inspección Departamental de Policía de Gualanday. La bandera de Coello fue creada mediante Acuerdo 02 de agosto 12 de 1.968, de forma rectangular y de tres colores (rojo, azul y verde).

## 6.3 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

**6.3.1 Características Meteorológicas.** Para la clasificación climática del municipio de Coello, se seleccionaron cinco (5) estaciones, que presentan influencia directa sobre el territorio. Para la selección se aplicó la metodología de los Polígonos de Thiessen, según mapa de los mismos elaborado por CORTOLIMA.

Las estaciones seleccionadas son: Nataima (Espinal), Santiago Vila (Flandes), Nariño (Nariño), Piedras (Piedras) y Chicoral (Espinal). En la Tabla No. 4 se observa la información respectiva de cada estación. Para el análisis climático se tomó como base la información disponible en el Instituto de estudios Ambientales I.D.E.A.M. se adquirió la información para un periodo de 21 años comprendidos entre 1979 a 1999; correspondiente a valores totales mensuales de precipitación y valores medios mensuales de temperatura (°C) para las estaciones seleccionadas.

**Tabla 4. Estaciones Seleccionadas para el Análisis Climático en el Municipio de Coello - 2000**

Código	Nombre	Municipio	Coordenadas	A.S.N.M.
2118502	Nataima	Espinal	04°11'N 74°57'W	431
2118504	Santiago Vila	Flandes	04°17'N 74°48'W	286
2123006	Nariño	Nariño	04°24'N 74°50'W	263

Código	Nombre	Municipio	Coordenadas	A.S.N.M.
2122004	Piedras	Piedras	04°33'N 74°53'W	540
2121508	Chicoral	Espinal	04°14'N 75°00'W	475

Fuente. Cortolima.

**6.3.2 Precipitación.** Para el análisis de este componente climático se tomó como base las medias mensuales de precipitación de las estaciones seleccionadas para un periodo de 21 años; los valores anuales multianuales, y se calculó la media general. En la tabla No. 5 se presenta la información respectiva. Con los valores anuales multianuales de cada estación se elaboró el mapa de Isoyetas anuales, con el cual se calculó la precipitación promedio anual para el área a partir de las precipitaciones promedias y el área entre Isoyetas. (Ver mapa de Isoyetas anuales). La precipitación promedio anual calculada para el municipio es de 1337.2 mm.

La precipitación anual más baja se presenta en el sector oriental del municipio con valores por debajo de 1300 mm, correspondiente al área de influencia de las estaciones Nariño y Santiago Vila de Flandes. Los promedios más altos se presentan en el sector occidental, con valores por encima de los 1350 mm alcanzado los 1450 mm. Dentro del área de influencia de las estaciones Piedras, Nataima y Chicoral. La distribución de las precipitaciones ocurre de manera bimodal, con dos periodos secos y dos lluviosos. El primer periodo seco va de diciembre a marzo y el segundo de junio - agosto. Los periodos lluviosos van de Abril a Mayo y de Septiembre a Noviembre. Para el municipio el mes más seco es julio con 46.2 mm de lluvia mensual multimodal. El menor valor registrado fue de 27.4 mm en la estación Santiago Vila de Flandes, en el mes de julio. En promedio el mes de mayor precipitación es abril con 192.2 mm, seguido de mayo y octubre con 177 mm. El mayor valor de precipitación anual multianual es de 1415.7 mm registrado en la Estación Piedras, seguido de 1402.1 y 1401.6 mm en las estaciones Chicoral (Espinal) y Nataima (Espinal) respectivamente.

**Tabla 5. Medias Mensuales de Precipitación de las Estaciones Seleccionadas para el Municipio de Coello en el Trazado de las Isoyetas (Periodo 1979 - 1999)**

Estación	ALT.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual	MG
Natagaima	431	75.1	112	116	170	190	82.5	46.5	62.6	140	182	127	93.4	1401.6	116.8
Santiago Vila	286	50.6	6	8	5	8	59.3	27.4	42.6	9	3	6	82.4	1159.9	96.6
Nariño	263	46.7	85.3	88	166	147	58.7	42.3	69.8	124	165	119	63.8	1227.2	102.3
Piedras	540	54.5	93.7	90.8	6	5	83.7	54.8	71.5	8	9	5	68	1415.7	118
Chicoral	475	55.2	92.9	109	211	165	71.5	60.2	62.2	117	163	103	74.8	1402.1	116.8
Media		56.4	105	0	8	195	71.1	46.2	61.7	5	3	8	76.5	1321.3	110.1
			9	116	196	6				182	180	126			
			98.1	4	5	187				2	8	3			

Estación	ALT.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual	MG
				104	215	6				129	193	129			
				2	7	177				7	8	3			
					192	3				139	177	121			
					2						2	3			

Fuente. Cortolima.

Valores de Precipitación en mm

MG: Media General en mm

**6.3.3 Temperatura.** Para este componente climático se tuvo en cuenta las medias mensuales, para tres (3) de las estaciones seleccionadas, aclarando que las otras dos (2), no poseen registros de temperatura. Ver información en la tabla No. 6.

No fue posible elaborar el mapa de Isotermas anuales, debido a la falta de información. La información adquirida de las tres estaciones es bastante homogénea, los valores oscilan entre 27.5 °C a 28.7°C. En general, el promedio anual de temperatura para el municipio de Coello es de 28.1°C. El comportamiento a través del año es el siguiente, un primer periodo caluroso de enero a marzo y otro de junio a septiembre y dos periodos de menos temperatura de abril a junio y de octubre a diciembre. Según el promedio anual para todas las estaciones el mes más caluroso es agosto con 29.1 °C y el menos caluroso noviembre con 27.3 °C.

**Tabla 6. Medias Mensuales de Temperatura de las Estaciones Seleccionadas para el Municipio de Coello en el Trazado de las Isotermas (Periodo 1979-1999)**

Estación	ALT.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual	MG
Natagaima	431	28.3	28.4	28.4	27.8	27.4	27.6	28.3	29.2	28.8	27.5	27.3	27.5	28	28
Santiago Vila	286	29.2	29.1	29.2	28.4	28.2	28.2	29	29.8	29.2	28	27.8	28.5	28.7	28.7
Nariño	263														
Piedras	540														
Chicoral	475	27.8	27.8	27.9	27.2	27	27.3	27.8	28.4	28	27.1	26.9	27.3	27.5	27.5
Media		28.4	28.4	28.5	27.8	27.5	27.7	28.4	29.1	28.7	27.5	27.3	27.8	28.1	28.1

Fuente. Cortolima.

Valores de Temperatura en grados centígrados

MG: Media General

## 6.4 GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE

**6.4.1 Clasificación Climática.** Se aplicó la metodología de Caldas - Lang. Observando el mapa base del municipio de Coello, se determinó que altitudinalmente el territorio se extiende desde los 300 M.A.S.N.M. hasta los 1000

M.A.S.N.M. que según Caldas - Lang pertenece al piso térmico cálido. Con los valores anuales de temperatura e Isoyetas anuales se calculó el cociente P/T denominado factor de lluvia de Lang, con este factor se determinó el grado de humedad del territorio.

**Tabla 7. Clasificación climática.**

Precipitación en mm	Temperatura en °C	Cociente P/T	Clase de clima
1275	28.1	45.4	Semiárido
1350	28.1	48.0	Semiárido
1425	28.1	50.7	Semiárido

Fuente. Cortolima.

Resumiendo y con base en esta metodología se determinó para el municipio de Coello un solo tipo climático: El cálido semiárido (Csa).

**Tabla 8. Clasificación Climática según Caldas Lang.**

Cociente P/T	Clasificación climática
0 - 20	Desértico
20.1 - 40	Árido
40.1 - 60	Semiárido
60.1 - 100	Semihúmedo
100.1 - 160	Húmedo
> 160	Superhúmedo

Fuente: Clasificación climática. Hilda Gutiérrez R. Himat 1991

**Tabla 9. Pisos Térmicos según Caldas Lang.**

Piso Térmico	Rango De Altura (M)	Temperatura
Cálido	0 - 1000	$T > 24$
Templado	1001 - 2000	$24 > T > 17.5$
Frío	2001 - 3000	$17.5 > T > 12$
Páramo bajo	3200 - 3700	$12 > T > 7$
Páramo alto	3701 - 4200	$T < 7$

Fuente: Clasificaciones climáticas. Hilda Gutiérrez R. Himat 1991

**6.4.2 Medio Ambiente.** La precipitación anual en el territorio perteneciente al municipio de Coello es de 1390 m.m y la temperatura promedio es de 25 ° C ; esta referencia clasifica el clima de Coello, como seco ; de tal manera que los drenajes que nacen en el área municipal, no presentan caudales de gran volumen a excepción de las épocas de lluvias, que son por lo regular los meses de marzo-abril y septiembre-octubre; durante este tiempo pueden presentarse flujos torrenciales pero de breve duración; varios de estos drenajes en épocas de verano son intermitentes, es decir, que parte del agua se infiltra en el aluvión y en algunas ocasiones desaparece localmente.

El municipio de Coello, limita en la parte sur con el río Coello y en la parte oriental con el río Magdalena. Como es bien conocido en este sector, el río Coello recibe, aguas arriba, al río Combeima ; en este último drenaje son arrojadas todas las aguas negras del municipio de Ibagué, relacionadas con el alcantarillado y con las industrias de la ciudad ; este último flujo, es tratado en piscinas de oxidación, solamente en un 40%. Importantes volúmenes de aguas limpias de estos ríos, son utilizados para la irrigación agrícola, tanto en la meseta de Ibagué, como en la planicie de El Espinal y para los acueductos de Chicoral, Coello y parte del área rural y urbana del Espinal. En esta forma la contaminación del río Coello es mayor cuando se disminuye su caudal.

El río Coello, desemboca en las vecindades de la zona urbana en el río Magdalena, el cual recibe a su vez, a 11 km en línea recta hacia el este del municipio, las aguas del río Bogotá, que como todos conocemos es el drenaje más contaminado del país; se adiciona a este problema, las aguas negras de Girardot, situado a 10 km y las de Flandes localizado a 9 km de la zona urbana.

De tal manera que el sector de confluencia de los ríos Coello y Bogotá que están en las inmediaciones de la zona urbana del municipio de Coello, es el trayecto más contaminado en la cuenca del río Magdalena. De estas aguas se ven obligados a abastecerse varias de las veredas ribereñas pertenecientes al municipio de Coello.

Como resultado del análisis, síntesis y evaluación integral del territorio, se logró identificar la problemática de cada uno de los componentes y procesos que integran el sistema biofísico del municipio de Coello.

Atendiendo los limitantes del territorio es necesario iniciar programas y proyectos que eviten que se siga deteriorando el medio ambiente y permitan adelantar una verdadera restauración ecológica como objetivo primordial para la recuperación de atributos ecológicos como de los ecosistemas naturales. Todo esto hará que se recuperen varios servicios como son: la regulación del régimen hídrico de ríos y

quebradas, estabilización de suelos, mejoramiento de la producción agropecuaria y en general que la sociedad pueda disfrutar de un ambiente sano.

## **6.5 CONTAMINACIÓN**

**6.5.1 Atmosférica.** Producto del manejo y disposición inadecuada de residuos sólidos, líquidos y gaseosos tanto de la zona urbana como rural. Este problema debe ser tratado con urgencia para adecuarlo a las condiciones y necesidades locales. En el área rural debe establecerse un sistema de manejo de residuos sólidos que se fundamente en tecnologías alternativas como: Fosas de compost, lombricultura, biodigestores, estos últimos pueden aprovecharse para los residuos de las explotaciones pecuarias. Estas serían alternativas de manejo tanto para áreas dispersas como para centros nucleados. El manejo diferencial para los centros nucleados estaría dado por las utilidades económicas que se derivarían de la actividad, al darle un manejo en forma asociativa, y de un tamaño mayor. En la vereda La Barrialoza existe gran cantidad de explotaciones porcinas de carácter tradicional, las cuales producen gran cantidad de excrementos que generan contaminación ambiental e hídrica. Este impacto sobre el medio ambiente y el recurso hídrico debe manejarse mediante la implementación de biodigestores.

**6.5.2 Hídrica.** En el municipio de Coello se presenta contaminación hídrica de los ríos y quebradas por el manejo inadecuado de aguas servidas y por lixiviados productos del uso de agroquímicos. Además hace presencia la contaminación por explotación inadecuada de arena y materiales para construcción. Por lo anterior se crea la necesidad inmediata que el municipio gestione y ejecute las obras necesarias para el tratamiento de aguas residuales en la zona rural y la disminución de los niveles de contaminación que vierten las PTARs de la cabecera municipal a la quebrada Naguache y el río Coello. Así como el cumplimiento estricto de los planes de manejo ambiental para las explotaciones mineras.

**6.5.3 Emisiones Atmosféricas y Ruido.** El municipio de Coello presenta problemas de contaminación sonora y atmosférica producto del tránsito vehicular por la vía Panamericana que pasa por Gualanday. Otro factor que genera este tipo de problema ambiental es el tránsito de volquetas que transportan los materiales explotados por la actividad minera, por las vías del municipio. Pero no existen las bases técnicas para calificar, ni evaluar por tal motivo se crea la necesidad que el municipio a largo plazo, elabore el estudio correspondiente y aplique los correctivos del caso, para contribuir con el buen desarrollo socio-económico y ambiental del municipio.

**6.5.4 Contaminación Visual.** El municipio presenta este tipo de contaminación, producto de la explotación de materiales de construcción en planicies aluviales y en

algunas zonas de pendiente, cambiando la estética del paisaje natural (cantera del Neme y el Llano de La Virgen).

**6.5.5 Perturbación y Degradación de Ecosistemas.** Acorde al resultado obtenido en el diagnóstico donde se evidencian los conflictos de uso, debilidad en el manejo ambiental y las amenazas naturales potenciales, han permitido que se generen ciertos impactos ambientales negativos, como los siguientes:

**6.5.5.1 Erosión.** Se presentan problemas erosivos en los taludes de las márgenes de los ríos Magdalena, Coello y quebradas del municipio. En su gran mayoría se debe a la inestabilidad de los suelos provocada por la eliminación total de la cobertura vegetal natural de las rondas hídricas. Además se presentan problemas de erosión en las pendientes fuertes, producto del uso inadecuado de los suelos, lo que ha hecho que se reemplace la cobertura natural quedando suelos desprotegidos y en su mayoría cubiertos de rastrojos improductivos, producto del abandono de los mismos.

**6.5.5.2 Degradación de Ecosistemas.** En el municipio de Coello es grave la degradación del ecosistema representativo del bosque seco tropical (bs-T), producto de la deforestación, a causa de la ampliación de la actividad ganadera, destrucción del hábitat, caza indiscriminada de especies silvestres, destrucción de ecosistemas, utilización de insumos agrícolas y las quemadas innecesarias en épocas de fuertes sequías. Todo lo anterior acelera la degradación de los suelos, de no tomarse los correctivos inmediatos a cada problema.

**6.5.5.3 Degradación del Suelo y Tala de Vegetación en los Cauces de los Principales Drenajes.** Se está causando un grave daño al ecosistema con el procedimiento de elaboración de carbón vegetal, pues esto genera un recalentamiento del suelo, a la vez que la pérdida de cobertura vegetal en los cauces, principalmente en la cuenca del río Coello. Por tal razón se debe prohibir y multar a quienes incurran en estos procedimientos. Es importante la educación ambiental para que la población entienda el daño que causa, a la vez que encuentre otras alternativas económicas que no se traduzcan en este tipo de problemáticas.

**6.5.6 Descripción de la Geología y Suelos.** El período Cretáceo que se inició hace 130 m.a., marcó la época del dominio del mar en nuestro planeta, como consecuencia de la deriva continental, también conocida como separación de los continentes que comenzó en el período Jurásico inmediatamente anterior. Colombia no fue la excepción en este fenómeno, y las aguas se hicieron presentes en una gran cuenca marina, formada por el levantamiento de la Cordillera Central, y situada en el sector que actualmente ocupa la Cordillera Oriental.

**6.5.7 Eventos Marinos.** En lo que concierne al departamento del Tolima y más exactamente a la estribación oriental de la Cordillera Central, la ocupación marina solo se presenta 35 m.a. después, y se inicia con la depositación de bancos de areniscas y conglomerados durante el Cenomaniano; estos materiales representan la zona de playa del límite marino y dieron origen a la Formación Caballos, la cual aflora en el municipio de Ataco y define la base del Cretáceo Superior; este comportamiento, se cree que se debe a que desde esta época estaba actuando ya un desnivel o barrera de origen tectónico, que impidió la presencia de la secuencia marina del Cretáceo Inferior en esta zona; este escalón se llamará más tarde región del Alto Magdalena. En el área del municipio de Coello, la unidad sedimentaria más antigua, se depositó en el Turoniano (hace 91 m.a); es la Formación Hondita, localizada en el núcleo de los anticlinales de La Laguna y Lucha; esta secuencia (ver Mapa Geológico) tiene en la parte inferior bancos de caliza, los cuales se van intercalando con lentes de areniscas y lutitas con concreciones calcáreas a medida que se ascienden en la secuencia, para terminar con capas de areniscas; esto significa que la zona donde se formaron estas rocas, corresponde a una plataforma de poca profundidad, con bastante luz solar y oxígeno, que proporcionó un ambiente adecuado para la reproducción y aglutinamiento de corales; estos organismos posteriormente dieron origen a los bancos de calizas, luego, las condiciones de depositación variaron y se acercaron más hacia la línea de costa, para permitir la conformación de los bancos de areniscas.

La Formación Loma Gorda que sigue encima en la secuencia, aflora también en los núcleos de los anticlinales mencionados anteriormente y además, en los de La María, Las Custodias, El Neme y El Pital; comienza en la base con areniscas o sea que el ambiente de depositación fue principalmente en zona de costa, pero luego se va desplazando hacia el interior del mar, para conformar lentes de caliza y posteriormente migra a zonas más profundas para constituir en la parte media de la secuencia, un paquete de lutitas laminadas, con bastante materia orgánica, luego lentamente regresa a la línea de playa, para depositar bancos de arena en la parte superior. Este ambiente somero de las dos unidades descritas, facilita los procesos de evaporación que permiten, en la primera etapa, la precipitación de evaporitas o sea, la formación de yeso (sulfato de calcio hidratado) y de sal (cloruro de sodio); estos depósitos son incipientes y aparentemente no tienen valor comercial, pero es importante hacer esta observación por las consecuencias posteriores que tienen estas sustancias en los drenajes actuales. Otro factor interesante para comentar es que los niveles de lutitas pueden contener materia orgánica suficiente, para después de su respectiva maduración, producir petróleo, este crudo debe migrar, para finalmente ser almacenados en rocas con buen fracturamiento y alta porosidad. Otro aspecto trascendente en estos sedimentos, es la presencia permanente de fósiles, como ammonites y bivalvos que son organismos que flotan en el mar y de ostreidos, que se fijan en el suelo marino, en sitios donde exista suficiente luz y oxígeno.



**Figura 3. Fósiles de Ostras, Bivalvos, Almejas y Ammonites (Salto de Lucha).**



La zona presenta especial abundancia en estas especies marinas de poca profundidad, localizados en las formaciones Hondita y Loma Gorda.

La Formación Olini, se superpone a la anterior y muestra dos eventos volcánicos significativos, que cambian totalmente las condiciones físico - químicas del agua de mar; este acontecimiento está representado por gruesas secuencias de capas o láminas intercaladas de liditas, porcelanitas y chert, que se aprecian en la base y en el techo de esta unidad; estas rocas son el resultado de material volcánico en forma de líquidos, gases y cenizas, que llegaron al mar posiblemente por medios aéreos, pero de procesos muy cercanos; estas sustancias se precipitaron en forma de gel, que lentamente fue cubriendo la superficie del piso marino en una gran extensión; hacia la parte media de esta secuencia, se encuentran intercalaciones de capas delgadas de lutitas, margas y areniscas, que representan una época de tranquilidad en las condiciones de vida marina, entre las dos erupciones volcánicas. Esta unidad debe contener abundante cantidad de micro y macro fósiles causados por la gran mortandad de seres marinos ocasionados por los procesos volcánicos.

La Unidad San Cayetano, muestra cambios en las condiciones marinas relativamente rápidas, que varían entre medianas profundidades y las líneas de playa, representados por intercalaciones de areniscas y las delgadas capas de lutitas y de margas. Finalmente la Formación La Tabla indica el comienzo de la retirada del mar del continente, puesto que el ambiente de sedimentación es

esencialmente costero que se manifiesta por la frecuencia de los bancos de arenitas. La parte superior indica el alejamiento definitivo del mar en el período Cretáceo, el cual es señalado por los bancos de conglomerados.

**6.5.8 Movimientos Tectónicos en el Cretácico Superior.** El fenómeno de retirada de las aguas marinas del continente, tiene que ver con eventos tectónicos que repercuten en Colombia, en el levantamiento de la Cordillera Oriental; durante esta época, las rocas sedimentarias marinas sufren grandes presiones, que deforman la secuencia cretácica para conformar pliegues anticlinales y sinclinales con diversas formas, según sea el grado de plasticidad de sus sedimentos y la intensidad de la presión diferencial, algunas rocas como las lutitas, calizas y margas responden muy bien a estas deformaciones, pero otras, como las lilitas, porcelanitas y areniscas, se fracturan intensamente, durante este suceso. En la etapa de consolidación y compactación de estas rocas en la zona de Coello, se originan varios sistemas de fallas, que causan movimientos tectónicos locales, esto explica que todos los anticlinales al norte de la Falla transversal de El Ingenio (ver Mapa Geológico), muestren estructura amplia y elongada hacia el NE, mientras los pliegues al sur de la citada falla, son estrechos y rectos con dirección S-N, como es el caso del Anticlinal de El Neme. Esto significa que el bloque norte se levantó, para dejar expuestos los núcleos o parte interna de los anticlinales amplios.

**6.5.9 Eventos Continentales.** La secuencia de sedimentos continentales, en el sector del Municipio de Coello, se inicia con la Formación Guaduas, que varios autores afirman que pertenece al piso Maestrichtiano, hace 72 m.a. Esta unidad no está completa en el área, solo se manifiesta la parte superior; está ausente toda la serie de mantos de carbón intercalados con arcillas y areniscas, que son beneficiados en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. En Coello estos sedimentos están representados por arcillas abigarradas de colores grises, verdes y rojizos intercaladas con areniscas ferruginosas en la parte media, y en la parte superior, con bancos de areniscas conglomeráticas. Esta formación aflora principalmente en el cauce de la quebrada Chagualá y al occidente del Anticlinal de El Neme, no se han podido reconocer las discordancias con las rocas marinas, ni con las otras rocas continentales que la subrayasen.

Esta secuencia arcillosa se depositó en una inmensa ciénaga o lago interior, donde se presentó una vegetación de espesos bosques aparentemente de manglares, cercanos a la línea de costa, que dieron origen posteriormente a los mantos de carbón. Encima de la Formación Guaduas descansa un gran paquete de sedimentos continentales, reconocido por primera vez, por Sheibe (1918) y llamado por varios autores como Grupo Gualanday. Esta secuencia, es característica únicamente de la Región del Alto Magdalena, donde en la parte sur (límite de los departamentos Huila - Tolima), afloran cinco unidades, mientras en el sector de

Coello - Chicoral - Gualanday, se presentan únicamente tres, conocidas como las formaciones Gualanday Inferior, Gualanday Medio y Gualanday Superior.

El Gualanday Inferior está compuesto principalmente por paquetes de areniscas blancas, cuarzosas con matriz arenosa intercalados con algunas capas de arcillolitas grises y rojizas. El Gualanday Medio se caracteriza por arcillas y limolitas grises y rojizas con intercalación de un paquete grueso de areniscas blancas en la parte media y lentes de areniscas de grano fino hacia la parte superior. Finalmente la Formación Gualanday Superior está compuesta esencialmente de gruesos bancos de conglomerados intercalados con areniscas de grano medio a fino.

Este grupo Gualanday se depositó entre el Eoceno (53 m.a.) y Oligoceno (34 m.a.), y está constituido por rocas producto de la erosión, principalmente de la Cordillera Central, acumulados por drenajes de valle y pie de monte con algunas intercalaciones de sedimentos lacustres. Durante la consolidación y litificación de estas unidades, se conformaron algunos pliegues anticlinales y sinclinales bien demarcados. Finalmente, el Cuaternario (1.8 m.a.), está representado por la Terraza de Ibagué, con sedimentos esencialmente fluviales. Posteriormente en el tiempo, se encuentran también, depósitos volcánicos producto de un inmenso y colosal evento del volcán El Machín, ocurrido hace algo menos de 3600 años, en la parte central del Departamento del Tolima y que parte de sus materiales, en forma de flujos, se conocen en la región como el Abanico de El Espinal, que cubre parcialmente las rocas Terciarias y Cretácicas. En épocas recientes y muy posiblemente relacionados con la actividad de la Falla de Ibagué, durante el Cuaternario, tuvo lugar la reactivación de varias fallas de la zona y como consecuencia, el desplazamiento y dislocación del ápice norte del Sinclinal de Gualanday. La etapa de sedimentación continúa con la depositación de aluviones en las cuencas de los ríos Magdalena, Coello y sus afluentes.

## **6.6 SUELOS**

El patrón de distribución de los suelos en el municipio de Coello, permite determinar el grado de evolución y conocer las potencialidades o capacidades que tiene para su explotación; genera información necesaria para hacer una evaluación de tierras, posibilitando su desarrollo agropecuario y sirve, además, de instrumento en la zonificación del medio biofísico para el Ordenamiento Ambiental del municipio.

El conocimiento de esta distribución, proporciona datos para seleccionar adecuadamente el tipo de cultivo o sistema de producción con las prácticas de manejo correspondientes, para establecer su potencialidad, para planificar el desenvolvimiento económico orientado hacia la conservación y a establecer pautas ecológicas para el desarrollo armónico de las diferentes áreas que están

involucradas. El estudio sistemático de los suelos en el campo, a través de la descripción de las características internas y externas contribuye a conservar la calidad del recurso y a incrementar la producción de fibras, alimentos y materias primas energéticas de origen vegetal, ya que su demanda aumenta a ritmo acelerado y a la vez exige que la utilización de la tierra sea racional, es decir, ceñida a normas ecológicas rígidas

Para el estudio de suelos del municipio de Coello se tomó como base el estudio de suelos del IGAC, de 1.998, escala 1:100.000, procediéndose a la verificación y contrastación de este mapa con los mapas geológico y geomorfológico, escala 1:25.000 (elaborados para el EOT), obteniéndose un mapa de suelos con mayor detalle y definición de las unidades de suelos y sus respectivas fases. La metodología utilizada para el estudio edafológico del municipio de Coello es la del análisis fisiográfico, propuesto por el CIAF-IGAC, utilizada para determinar la relación fisiografía - suelo y así se podrá relacionar los elementos ambientales que participan en esta relación. El análisis fisiográfico es un sistema de clasificación mediante el cual es posible jerarquizar una zona cualquiera, de lo general a lo particular, en diferentes categorías, ya que de una parte, considera el suelo como un elemento de los paisajes fisiográficos y de otra, el ambiente geomorfológico determinado por el relieve, el material parental y el tiempo, junto con el clima, que son los factores formadores de esos paisajes; por consiguiente, también lo serán de los suelos que encierran.

## **6.7 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES EDAFOLÓGICAS.**

**6.7.1 Suelos del paisaje de montaña en clima cálido seco.** Este paisaje corresponde a las estribaciones de las cordilleras central y oriental, localizadas a alturas inferiores a los 1.000 m, comprende los relieves de filas – espigas, espinazos, colinas, lomas y vallecitos intramontanos que por lo general se presentan formando cañones de taludes fuertemente escarpados. Es un paisaje seco, con precipitaciones entre 700 y 2.000 mm, y con temperaturas promedias mayores de 24°C, por lo que se presentan altos grados de evapotranspiración. Pertenece a la zona de vida de bosque seco tropical

**6.7.2 Suelos Lithic Ustorthents (perfil – BT-80).** Estos suelos se localizan en las áreas de mayor pendiente, son poco evolucionados, excesivamente drenados y superficiales, limitados por la roca de lidita, shert, porcelanitas y areniscas duras y coherentes que se encuentran a menos de 50 cm. Morfológicamente el perfil presenta un horizonte A de 20 cm, de color pardo a pardo pálido, textura franco arcillo arenosa, estructura en bloques angulares medios, moderados.

Químicamente presentan reacción neutra, capacidad cationica de cambio media, bases totales altas, materia orgánica baja, fósforo disponible para las plantas bajo y fertilidad muy baja. La pendiente pronunciada, la susceptibilidad a la erosión y la superficialidad de los suelos, se constituyen en los principales limitantes de uso.

**6.7.3 Suelos Typic Ustorthents (perfil T-25).** Estos suelos se ubican en las zonas con menor pendiente, son bien drenados, derivados de areniscas, calizas y liditas, y de poco desarrollo pedogenético; son moderadamente profundos, limitados por abundante cantidad de gravilla, cascajo y piedra. Morfológicamente el perfil presenta una secuencia de horizontes de tipo A/C; el horizonte A tiene 30 cm de espesor, color pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa con 40% de gravilla y estructura en bloques angulares medios, moderadamente desarrollados. El horizonte C se caracteriza por tener color pardo a pardo oscuro, textura franco arcillo arenosa con incrementos de gravilla en profundidad. Químicamente presenta reacción medianamente ácida, capacidad cationica de cambio baja a media, bases totales bajas, materia orgánica baja, fósforo disponible para las plantas bajo y alto porcentaje de saturación de aluminio. Su fertilidad es baja. Las pendientes pronunciadas y la susceptibilidad a la erosión constituyen los principales limitantes de uso.

## **7. FASE DOS DIAGNOSTICO DE LA ESTRUCTURA**

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, de acuerdo con lo establecido en la tabla A.3.1 del RAS 2000.

### **7.1 ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA**

La asignación del nivel de complejidad de todo proyecto objeto del presente Reglamento es de obligatorio cumplimiento y debe hacerse según las siguientes disposiciones:

La población que debe utilizarse para clasificar el nivel de complejidad corresponde a la proyectada en la zona urbana del municipio en el periodo de diseño de cada sistema o cualquiera de sus componentes. Debe considerarse la población flotante.

El nivel de complejidad del sistema adoptado debe ser el que resulte mayor entre la clasificación obtenida por la población urbana y la capacidad económica. La clasificación anterior solamente puede ser superada si se demuestra que el grado de exigencia técnica es alto y cumple con el requisito 3 del literal A.3.3.

En ningún caso se permite la adopción de un nivel de complejidad del sistema más bajo que el establecido según los anteriores numerales.

Para determinar la capacidad económica de los usuarios debe utilizarse alguna de las siguientes metodologías:

- ❖ La estratificación de los municipios de acuerdo con la metodología establecida por el DNP.
- ❖ Salarios promedio del municipio.
- ❖ Ingreso personal promedio del municipio.
- ❖ Cualquier otro método justificado.

Además, para todos los niveles de complejidad del sistema debe cumplirse lo siguiente:

- ❖ El estándar mínimo establecido en el presente Reglamento corresponde al nivel de complejidad del sistema Bajo para todos los casos.

- ❖ Los proyectos de abastecimiento de agua potable deben cumplir con las normas técnicas de calidad del agua potable establecidas en el Decreto 475 de 1998 de Min salud y Min desarrollo Económico o el que lo reemplace o adicione, en todos los niveles de complejidad de los acueductos.

## **7.2 MODIFICACIONES DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD**

Se permite la adopción de un nivel de complejidad más alto al determinado en el literal anterior, siempre y cuando el municipio o la empresa de servicios cumplan con los siguientes requisitos:

- ❖ Se justifique técnicamente que en las condiciones establecidas para el nivel de complejidad inicialmente propuesto no se logra la solución necesaria para el problema de salud pública o de medio ambiente existente en la localidad y que es conveniente la adopción de un nivel de complejidad superior. En este caso, el nivel de complejidad propuesto será válido únicamente para un sistema en particular y no podrá extenderse a los demás sistemas existentes o a todo el municipio.

- ❖ Se demuestre capacidad de inversión y capacidad técnica de operación y mantenimiento para desarrollar el sistema en un nivel de complejidad superior.

- ❖ Cuando el grado de exigencia técnica del proyecto sea tal que no hay otra solución económicamente viable para alcanzar el objetivo del proyecto. Se deberá demostrar que es necesario manejar equipos, procesos costosos y mano de obra especializada para la operación y el mantenimiento.

La adopción de un nivel de complejidad diferente debe ser autorizada por la Comisión de Regulación de Agua Potable.

El municipio de Coello presta los servicios de agua, alcantarillado y aseo a través de la Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios. En el área urbana atiende con el servicio de acueducto a 506 usuarios y tiene una cobertura del 95%. En el área rural maneja ocho acueductos: Chaguala Adentro, Llano de la Virgen, Vega de los Padres, Dosquebradas, Vindí, Barrialoza, Chicuali y. Acueducto regional Gualanday (Potrerillo y Chagualá afuera) con 1679 usuarios y una cobertura del 80%. Cuenta con tres sistemas de alcantarillado: uno la cabecera municipal con dos plantas de aguas residuales, Centro poblado de la Vega de los Padres con una planta de tratamiento de aguas residuales y la Inspección de Policía de Gualanday sin planta

de tratamiento. El servicio de aseo está compuesto por actividades de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos, que se presta en la cabecera municipal, Vega de los padres, Gualanday a través de la empresa Serambiental S.A.E.S.P. y alcanza una cobertura del 47%.

Para este proyecto se tomó, el acueducto de la vereda la Lucha que lo surte la Quebrada de su mismo nombre.

### 7.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y OPERATIVAS DEL SISTEMA

El sistema de acueducto que se tomó, para realizar la optimización se surte de la fuente Quebrada la Lucha. Esta Cuenca es de segundo orden cuyo drenaje central nace en la vereda Dos Quebradas; desemboca al Río Magdalena, abarcando como micro cuenca hidrográfica 2.373 Km<sup>2</sup>. Función primordial: Suministro de agua para consumo humano, es la fuente abastecedora del Acueducto para la Cabecera Municipal y para uso agrícola.

Según la Agenda Ambiental del Municipio de Coello Tolima, elaborada por Cortolima; estableció según sus estudios que la quebrada la lucha presenta aguas duras, esto indica que tiene presencia de sales de calcio y magnesio lo cual incide en el sistema de tratamiento.

**Tabla 10. Características Técnicas del Sistema**

Características Técnicas	
Sistema	Conducción por gravedad
Fuente de abastecimiento	quebrada la lucha
Caudal medio	0,005 m <sup>3</sup> /s
Tipo de bocatoma	directa
Conducción	Tubería 6"
Capacidad	3 L/s
Longitud	3 km

Fuente. Espocoello E.S.P.

**Tabla 11. Características Operativas del Sistema**

Características operativas del sistema	
Capacidad	7,5 L/s
Tipo	Filtro lento
Tanques de almacenamientos	1



Capacidad de tanques	40m <sup>3</sup>
Clase de tanques	subterráneo y en Concreto
Red de distribución	
longitud aproximada	10 Km
horas de operación	24 horas
Sistema de tratamiento	
tratamiento físico simple + desinfección con hipoclorito de sodio (NaClO)	

Fuente. Espocoello E.S.P.

## 7.4 ANÁLISIS DE AGUA CRUDA

De acuerdo al análisis de agua de la quebrada la Lucha del municipio de Coello Tolima, que realizó la Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA. Con el propósito de otorgar la concesión de agua superficial de la quebrada la Lucha para abastecer el acueducto rural de la Vereda la Lucha. Esta quebrada según el análisis físico-químico y microbiológico que se anexa se interpreta que se presenta un agua denominada segura “Es aquella que sin cumplir algunas de las normas de potabilidad definidas en el decreto 475 de 1998, puede ser consumida sin riesgo para la salud humana”. Por tal motivo se seleccionó esta quebrada y para dar un mejor resultado se construyó el sistema de filtración lenta, para garantizar la calidad de agua y llevarla como lo establece el decreto 475 de 1998 en Agua potable: “Es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el presente decreto, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud.

Cuando los sistemas están bien diseñados, operados y mantenidos, el efluente de las plantas de filtración lenta requiere de dosis muy bajas de cloro como última barrera; prácticamente sólo para asegurar que el agua conserve su calidad bacteriológica hasta ser consumida. Es un agua con muy bajo riesgo sanitario.

Cosa contraria que sucede en el acueducto de la vereda la Lucha del municipio de Coello Tolima, donde la unidad de filtro lento no funciona teniendo que aplicar más desinfectante para mejorar la calidad del agua; como se evidencia en el análisis que se anexa la calidad de agua que presenta la quebrada se denomina segura según el decreto 475 de 1998; si funcionara el filtro lento se tendría la calidad de agua que se espera de un sistema de tratamiento de este tipo. Por esta problemática se planteó la optimización de este acueducto veredal.

Debido a esta problemática no solo del no funcionamiento del filtro lento, sino de fallas técnicas Hidráulicas en otras unidades, la calificación de la certificación de la Secretaría de Salud de la Gobernación del Tolima fue de 44,69% con el cual se asigna un concepto de desfavorable.

## RESOLUCION



Corporación Autónoma  
Regional del Tolima

“Por la cual se otorga una concesión de aguas superficiales y se adoptan otras medidas”

realizo una caracterización físico – química y microbiológica para determinar la calidad de las aguas superficiales provenientes de la Quebrada la Lucha, la tablas que se presentan a continuación muestran los resultados de laboratorio obtenidos para el año 2009.

### Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua superficial.

PARAMETROS FISICO - QUIMICOS			
PARAMATROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	VALOR OBTENIDO
Olor y Sabor	Aceptable o No Aceptable	Organoléptico	Aceptable
Color residual	mg/L	Espectrofotométrico	-
Color aparente	(UPC)	Espectrofotométrico	≤ 21
Turbiedad	(UNT)	Nefelométrico	≤ 4,21
Alcalinidad	mg/L	Titulador Digital	53,6
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	Electrométrico	≤ 442
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	Espectrofotométrico	≤ 34,2
Conductividad	micromhos/cm	Electrométrico	138
Grasas y Aceites	mg/L	Espectrofotométrico	Ausentes
pH	Unidades	Electrométrico	6,2
Sustancias Flotantes		Electrométrico	Ausentes
Temperatura	°C	Electrométrico	27,21
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	Titulador Digital	84,8
Cloruros	mg/L	Titulador Digital	19,4
Aluminios	mg/L	Espectrofotométrico	0,06
Hierro	mg/L	Espectrofotométrico	0,14
Sulfato	mg/L	Espectrofotométrico	34,2
Nitritos	mg/L	Espectrofotométrico	0,004
Nitratos	mg/L	Espectrofotométrico	3,62
Fosfatos	mg/L	Electrométrico	Ausentes
DBO <sub>5</sub>	mg/L		4,0
Sustancias Flotantes		Electrométrico	Ausentes

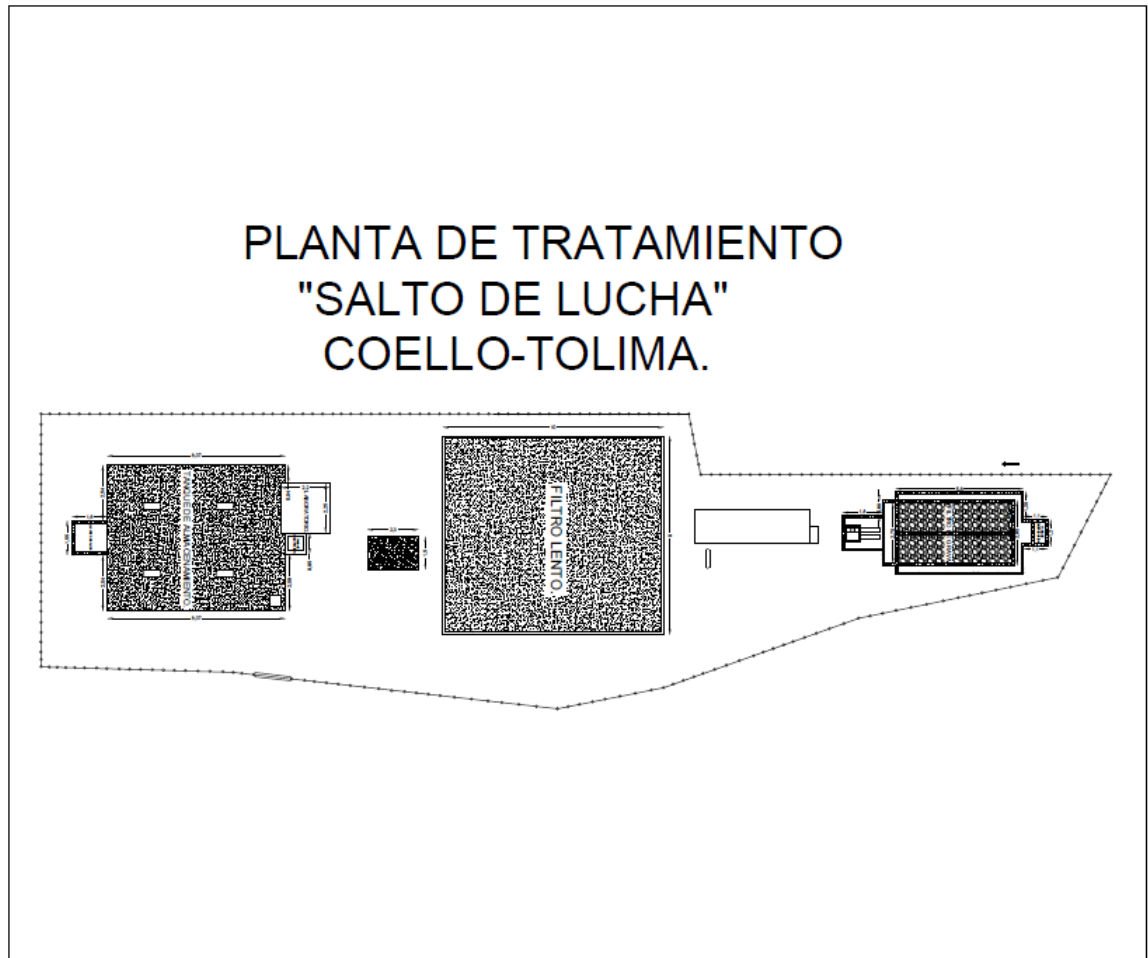
PARAMETROS BACTERIOLOGICOS			
PARAMATROS	UNIDADES	METODO UTILIZADO	VALOR OBTENIDO
E - COLI	UFC/100 ml	Filtración por membrana	-
Coliformes totales	UFC/100 ml	Filtración por membrana	0,0003
Mesofilos	UFC/100 ml	Filtración por membrana	-

Que las anteriores consideraciones se adoptan en virtud de las siguientes disposiciones legales:

Que los artículos 88 del Decreto 2811 de 1974 y 184 del Decreto 1541 de 1978, establecen que todas las personas naturales o jurídica, pública o privada requiere concesión o permiso de la autoridad ambiental competente, salvo las excepciones legales.

## 7.5 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Figura 4. Planta de tratamiento de agua potable, Vereda Salto de Lucha.



La Figura muestra la descripción esquemática del sistema completo de tratamiento de agua potable de la vereda del Salto de Lucha, quebrada la lucha municipio de Coello Tolima. Presenta una captación tipo fondo que controla el flujo de agua que viaja por gravedad hasta la PTAP (Ver anexo A).

El agua fluye a través de una tubería de 6" del punto de captación hasta la entrada a la PTAP, cambiando de diámetro de tubería a 4" y teniendo una válvula de control posterior a este el agua entra a una cámara de distribución de 0.52m por 0.50m de esta pasa directamente al filtro de grava. Una vez allí, el agua fluye a través de dos canales laterales con orificios que descargan al lecho filtrante de grava fina de

diámetro de ½” que capturan el exceso de sedimentos producidos por eventos de lluvia en el punto de captación. El rol del pre filtro es bajar la turbiedad del afluyente, a 25 NTU o menos, El agua fluye a través de los pre filtros de flujo descendente pasando directamente al proceso de cloración (Hipoclorito de Sodio NaCLO) y posteriormente llega al tanque de almacenamiento; donde este distribuye el agua hacia los respectivos usuarios. (Ver Anexo Plano de la PTAP)

**Figura 5. Cámara de distribución hacia el filtro de grava**



Fuente: Autores

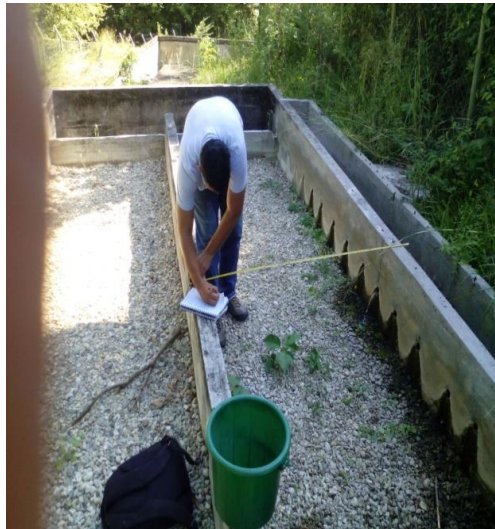
**Figura 6. Filtro de Grava**



Fuente: Autores

Al inspeccionar la PTAP, Se puede evidenciar las unidades que se encuentran en funcionamiento tales como: cámara de distribución hacia el filtro de grava; como se observa en la figura la falta de mantenimiento ya que se evidencia a simple vista la presencia de algas y protozoos. En la figura que presenta el filtro de grava se observó que presenta una pendiente que no cumple con las condiciones hidráulicas para alcanzar el óptimo funcionamiento de esta unidad.

**Figura 7. Toma de medidas del filtro de grava**



Fuente: Autores

**Figura 8. Orificios de  $\frac{3}{4}$ " cada 0.35m**



Fuente: Autores

**Figura 9. Punto de cloración**



Fuente: Autores

**Figura 10. Laboratorio y Almacenamiento de químicos**



Fuente: Autores

Como se evidencia en las figuras, el caudal que llega al sistema de cloración proviene directamente del filtro de grava; el sistema de desinfección que se emplea es a través de la aplicación de Hipoclorito de Sodio ( $\text{NaClO}_2$ ) el cual no satisface las condiciones de calidad de agua, porque no tiene el tiempo necesario de contacto tal como entra sale; como se evidencio en la certificación sanitaria realizada por la Secretaria de Salud del Tolima, donde esta señala que el agua tiene una puntuación de 44.69% lo que corresponde a un concepto sanitario “Desfavorable” según artículos 17 y 18 de la Resolución 2115 de 2007.

**Figura 11. Tanque de almacenamiento**



Fuente: Autores

**Figura 12. Profundidad del tanque de almacenamiento 2.40m**



Fuente: Autores

**Figura 13. Estado actual del Filtro lento**



Fuente: Autores

**Figura 14. Determinación del área del filtro 82 m<sup>2</sup> y volumen de 135.3 m<sup>3</sup>**



Fuente: Autores

En la figura se presenta el tanque de almacenamiento de estructura en concreto con un área de 53.46 m<sup>2</sup> y un volumen de 128.30 m<sup>3</sup> las llaves de paso hacia la red de distribución se encuentran en mal estado. La unidad de filtro lento como se evidencia en la figura nunca ha entrado en operación según información del personal de la oficina de servicio público de acueducto EMPOCOELLO E.S.P. según información secundaria la no operación de esta unidad es debido a su mala



colocación de las capas de drenaje que debe tener para su funcionamiento óptimo. De acuerdo a la norma RAS 2000 para todo tipo de planta de agua potable por filtración lenta, se debe tener dos (2) filtros, para cuando se haga mantenimiento quede funcionando uno (1).

Durante la descripción de la PTAP, se definieron los siguientes hallazgos a mejorar en la planta de tratamiento de agua potable:

#### **7.5.1 Aspectos Operativos.**

❖ Ausencia de un operario permanente en la planta de tratamiento de agua potable, lo que puede estar generando problemas en las unidades y como efecto colateral deficiencia en el tratamiento; como se puede evidenciar en el anexo de Certificación Sanitaria de la Secretaria de Salud del Tolima.

#### **7.5.2 Aspectos Técnicos. Unidades y Dispositivos:**

❖ La dosificación de Cloro líquido (Hipoclorito de Sodio), funcionan por temporadas debido a la falta de operario permanente.

❖ Las unidades de filtración adicionales no se encuentran en buen funcionamiento como se describió en párrafos anteriores.

❖ El filtro lento no se encuentra funcionando, esto hace que sea importante la cloración si este funcionara sería mejor la calidad del agua.

### **7.6 OPERACIÓN DE LA PLANTA**

❖ No se monitorea constantemente el caudal a la entrada y salida de la planta de tratamiento de agua potable, por tal motivo no se tiene datos de cuánta agua se trata y que días o temporada es la de mayor consumo; esto se debe a que no se cuenta con macro medidores a la entrada y salida de la PTAP

❖ No hay un operario para la planta y si se presenta, su permanencia en la planta no es constante durante el día.

## **7.7 DIAGNOSTICO DE LA ESTRUCTURA SOBRE LA QUEBRADA LA “LUCHA”**

- ❖ Sobre la quebrada la Lucha, se observó un sistema de captación el cual está compuesto por una bocatoma y un desarenador. La bocatoma es del tipo de captación de fondo. La Cual presenta desgaste por el tiempo de operación; por tal motivo se debe ajustar a las condiciones hidráulicas actuales bajo los parámetros del RAS 2000.
- ❖ La rejilla presenta un desgaste por corrosión y algunas de las varillas muestran espacios muy grandes por la falta de mantenimiento.
- ❖ El desarenador por su tiempo de operación y porque en su momento de construcción no se contaba con la norma que establecía las condiciones hidráulicas para su buena operación debe ajustarse a esta condiciones que establece el RAS 2000.

## **7.8 SISTEMA DE TRATAMIENTO**

La planta de tratamiento está diseñada para tratar un caudal de 10 l.p.s. Esta planta está diseñada para realizar los pasos elementales en el tratamiento de aguas para el consumo humano eliminando parcialmente turbiedad, color y microorganismos patógenos. Realizando el proceso de tratamiento físico simple + desinfección con hipoclorito. En cuanto a la desinfección esta presenta inconvenientes, puesto que el tanque donde se realiza esta operación su tiempo de contacto no cumple con los estándares exigidos que son de 20 minutos mínimos de contacto con la sustancia que realiza la desinfección.

## 8. FASE TRES ESTUDIO DE LA DEMANDA

### 8.1 RECOPIACIÓN DE CENSOS

Recopilación de censos. Estos datos recopilados de los censos de la población beneficiada con el servicio de distribución de agua potable establecido. En el presente proyecto, se analizaron los datos obtenidos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

### 8.2 ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN

Según el censo de población del año 1993 realizado por el DANE, en el municipio de Coello, habitan 6.984 personas, de las cuales el 13% se encuentra ubicado en el área urbana y el 87% en la zona rural.

Se observa una pérdida acelerada de la población en la zona rural que no corresponde a aumentos poblacionales en el área urbana, por lo que se puede concluir una migración hacia otras regiones, posiblemente hacia el casco urbano de la ciudad capital; esto motivado por la falta de oportunidades para un mejor desarrollo económico y reducidas posibilidades de una mejor calidad de vida.

Según las proyecciones de población del DANE para el año 1.997 se tiene una población total de 6.939 habitantes. De acuerdo a los censos desde el año 1964, que registro 11.273 habitantes, la población ha venido disminuyendo notoriamente llegando para el censo de 1993 a una tasa de decrecimiento de cerca del 4% en el periodo intercensal 1951-1993.(Ver Tabla No. 1)

**Tabla 12. Población Según Censos y Proyecciones (1951 - 1993).**

Censos	Total	Cabecera	Resto	Tasa Crecimiento por (cien)
1951	9.104	879	8.225	
1964	11.273	629	10.644	1.66
1973	10.227	1.274	8.953	-1.08
1985	9.875	919	8.956	-0.29
1993/1	6.984	912	6.072	-3.96
1995	7.378	935	6.443	
1996	7.085	915	6.17	
1997	6.939	913	6.026	

Fuente. Registraduría Municipio de Coello, Tolima.

**Tabla 13. Proyecciones de Población a Junio 30 de 1995 - 2005, Según Zona.**

Proyecciones de población a junio 30 de 1995 - 2005, según zona											
Zona	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
TOTALES	6,996	6,742	6,485	6,226	5,967	5,705	5,442	5,176	4,909	4,638	4,365
Cabecera	914	908	900	890	877	862	844	824	801	776	748
Resto	6,082	5,834	5,585	5,336	5,090	4,843	4,598	4,352	4,108	3,862	3,617

Fuente. DANE.

Según las proyecciones de población del DANE, entre el año censal 1.993 y el año 2.005 el municipio de Coello habrá perdido en valores absolutos 2.619 habitantes, en términos porcentuales corresponde al 37.5% de su población al momento del censo.

Como se establece según las tablas anteriormente mostradas el municipio presenta un decrecimiento poblacional agudo en la zona rural, esto se debe a las condiciones socioeconómicas desfavorables de la población campesina, ya que la infraestructura económica muestra poca diversidad en lo referente a las ramas de actividad económica desempeñadas en el municipio.

Ante la anterior situación reflejada por el censo el proyecto tomo como datos para realizar las respectivas proyecciones de población los censos del año 1993 y 2005; con estos se proyectó la población para el año 2015 y de este año se proyectó al periodo de diseño por nivel de complejidad como lo establece el RAS 2000. Además, para un mejor cálculo se aplicó el software AYA de la ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERA JULIO GARAVITO elaborado por el Ingeniero RICARDO ALFREDO LÓPEZ CUALLA.

Proyección de Población

Datos Iniciales

Modelo de Proyección:

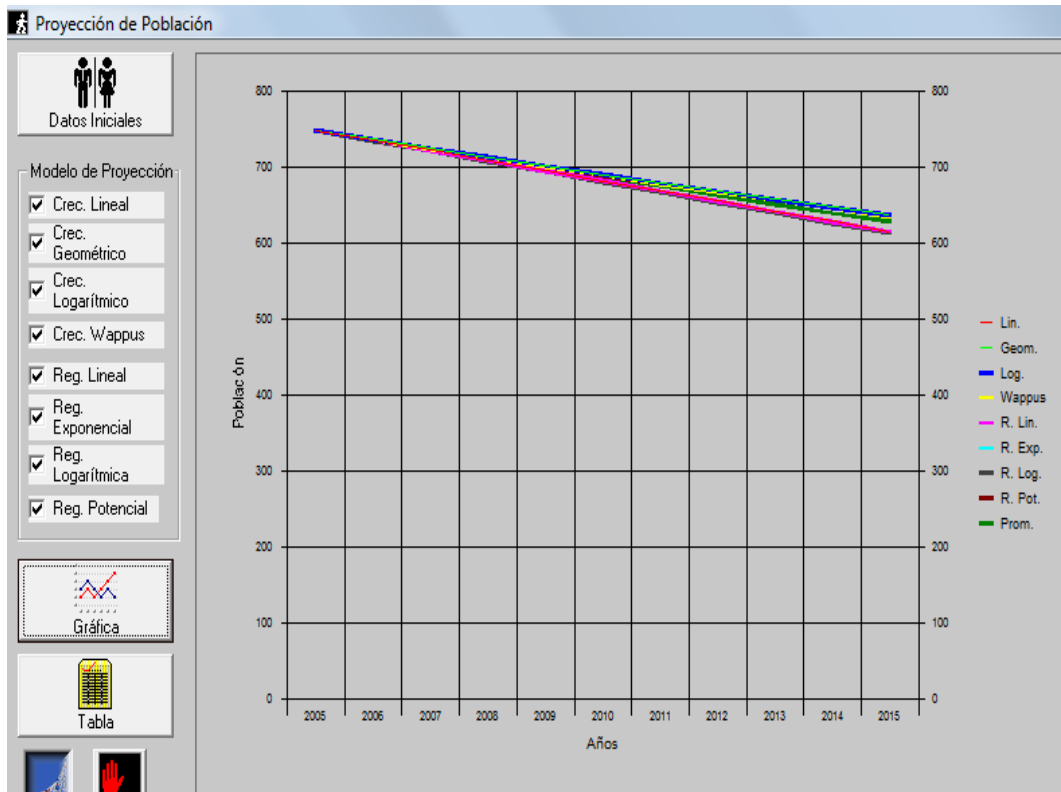
- Crec. Lineal
- Crec. Geométrico
- Crec. Logarítmico
- Crec. Wappus
- Reg. Lineal
- Reg. Exponencial
- Reg. Logarítmica
- Reg. Potencial

Gráfica

Tabla





Año	Lineal	Geométrico	Logarítmico	Wappus	Reg. Lineal	Reg. Expon.	Reg. Logar.	Reg. Poten.	Promedio
2005	748	748	748	748	748	748	747	747	748
2006	735	736	736	736	735	736	733	735	735
2007	721	724	724	724	721	724	720	723	722
2008	708	713	713	713	712	708	713	707	711
2009	695	701	701	701	695	701	693	700	698
2010	681	690	690	689	681	690	680	689	688
2011	668	679	679	678	668	679	666	677	674
2012	655	668	668	667	655	668	653	666	662
2013	641	657	657	656	641	657	639	656	650
2014	628	647	647	645	628	647	626	645	637
2015	615	636	636	635	615	636	612	635	628

Fuente. Autores Software AYA. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

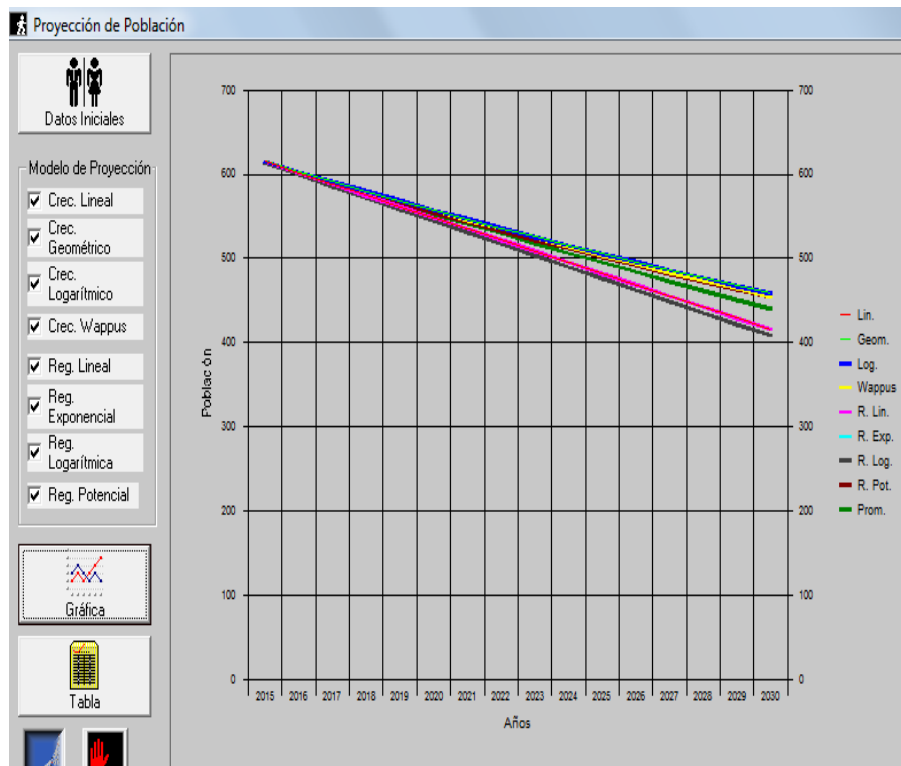


Fuente. Autores Software AYA. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

De acuerdo a las anteriores proyecciones realizadas a través del software AYA, evidencia que en el casco urbano, también se presenta un decrecimiento al año 2015. Ahora con este dato se proyecta la población para el periodo de diseño del proyecto que es de 15 años por nivel de complejidad su proyección sería al año 2030.

Proyección de Población											
Datos Iniciales		Año	Lineal	Geométrico	Logarítmico	Wappus	Reg. Lineal	Reg. Expon.	Reg. Logar.	Reg. Poten.	Promedio
		2015	615	615	615	615	615	615	613	613	615
<input type="checkbox"/> Modelo de Proyección		2016	602	603	603	603	602	603	599	601	602
<input checked="" type="checkbox"/> Crec. Lineal		2017	588	591	591	591	588	591	585	589	591
<input checked="" type="checkbox"/> Crec. Geométrico		2018	575	580	580	580	575	580	572	577	577
<input checked="" type="checkbox"/> Crec. Logarítmico		2019	562	569	569	568	562	569	558	566	568
<input checked="" type="checkbox"/> Crec. Wappus		2020	549	558	558	557	549	558	544	554	555
<input checked="" type="checkbox"/> Reg. Lineal		2021	535	547	547	546	535	547	531	543	541
<input checked="" type="checkbox"/> Reg. Exponencial		2022	522	536	536	535	522	536	517	532	531
<input checked="" type="checkbox"/> Reg. Logarítmica		2023	509	526	526	524	509	526	503	522	511
<input checked="" type="checkbox"/> Reg. Potencial		2024	495	516	516	514	495	516	490	512	501
		2025	482	506	506	504	482	506	476	501	491
<input type="checkbox"/> Gráfica		2026	469	496	496	494	469	496	463	491	482
		2027	455	486	486	484	455	486	449	482	471
<input type="checkbox"/> Tabla		2028	442	477	477	474	442	477	435	472	462
		2029	429	468	468	464	429	468	422	463	451
		2030	416	458	458	455	416	458	408	454	441

Fuente. Autores Software AYA. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.



Fuente. Autores Software AYA. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

De acuerdo a las anteriores proyecciones realizadas a través del software AYA, evidencia que sigue el decrecimiento al año 2030.

### 8.3 PERIODO DE DISEÑO

Para la población proyectada (498 háb.) para el 2030 el nivel de complejidad es bajo. Respecto con los parámetros de la tabla N°13.

**Tabla 14. Asignación del Nivel de Complejidad**

Nivel de Complejidad	Población en la zona Urbana(1) (habitantes)	Capacidad económica de los Usuarios(2)
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Fuente: RAS 2000 TABLA A.3.1. p. 35.

(1) Proyectada al periodo de diseño, incluida población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante.

De acuerdo al nivel de complejidad obtenido se procede a determinar el periodo de diseño del sistema que para el proyecto es de 15 años según la tabla N° 14.

**Tabla 15. Periodos Máximos de Diseño (RAS 2000)**

Nivel de complejidad	Periodo de diseño
Bajo	15 Años
Medio	20 Años
Medio Alto	25 Años
Alto	30 Años

Fuente RAS 2000, Tabla B.4.2. p. 55.

**Tabla 16. Dotación neta**

Nivel de complejidad	Dotación neta máx. para poblaciones con Clima frío o templado (l/hab-día)	Dotación neta máx. para poblaciones con clima cálido (l/hab-día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150

Fuente. Resolución Número 2320 Del 27 De Noviembre De 2009, Ministerio De Ambiente Vivienda Y Desarrollo Territorial

## 8.4 PÉRDIDAS DE AGUA

Las pérdidas técnicas corresponden a la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de la(s) planta(s) potabilizadora(s) y el volumen entregado a la población medido en las acometidas domiciliarias del municipio.

Para estimar el porcentaje de pérdidas técnicas deben tenerse en cuenta los datos registrados disponibles en el municipio sobre pérdidas de agua en el sistema de acueducto desde la(s) planta (s) potabilizadora (s), incluida los consumos operaciones en la red.

Para los municipios que no tengan registros sobre las pérdidas de agua en el sistema de acueducto, el porcentaje de pérdidas técnicas admisible depende del nivel de complejidad del sistema, como se establece en la tabla B.2.4. En este caso,



debe ejecutarse un programa de medición con el objeto de establecer el porcentaje de pérdidas del sistema de acueducto desde la(s) planta(s) potabilizadora(s).

**Tabla 17. Porcentajes Máximos Admisibles de Pérdidas Técnicas.**

Nivel de complejidad	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, Tabla B.2.4. p. 36.

La tabla anterior expresa los valores máximos admisibles de las pérdidas técnicas. Sin embargo a la luz del Artículo 6º de la Resolución 1795 de la CRA, todos los sistemas de acueducto están comprometidos a realizar esfuerzos para disminuirlas al máximo pues el nivel máximo de agua no contabilizada que se aceptará para el cálculo de los costos de la prestación del servicio de acueducto será del 30%. De otro lado la Ley 373 de junio de 1997, por la cual se establece el programa para uso eficiente y ahorro del agua, invita a hacer esfuerzos ingentes para reducir las pérdidas de los sistemas de acueducto en el territorio nacional.

## 8.5 DOTACIÓN BRUTA

La dotación bruta debe establecerse según la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

$$d_{bruta} = \frac{100 \frac{l}{hab} \cdot dia}{1 - 0.4}$$

$$d_{bruta} = 167 \frac{l}{hab} \cdot dia$$

## 8.6 DEMANDA

**8.6.1 Caudal medio diario.** El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta

asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$$

$$Q_{md} = \frac{458 \text{ h} \cdot 167 \frac{\text{l}}{\text{hab} \cdot \text{dia}}}{86400}$$

$$Q_{md} = 0.88 \text{ l/s}$$

## 8.7 COEFICIENTES DE MAYORACIÓN

El coeficiente de máximo consumo diario  $k_1$ , para el nivel de complejidad bajo es 1.3 según la tabla N° 16.

**Tabla 18. Coeficiente de Consumo Máximo Diario,  $k_1$ , Según el Nivel de Complejidad del Sistema.**

Nivel de complejidad	Coeficiente de consumo máximo diario - $k_1$
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio Alto	1.20
Alto	1.20

Fuente: RAS 2000, Tabla B.2.5. p. 37.

El coeficiente de máximo consumo horario  $k_2$ , en una red secundaria y con un nivel de complejidad bajo, es 1.5 de acuerdo a la tabla N° 17

**Tabla 19. Coeficiente de Mayoración del Caudal Máximo Horario  $k_2$  en Relación con el Máximo Diario para Redes de Distribución.**

Población	Red Menor (Menor De 4")	Red Secundaria (Entre 4" Y 12")	Red Matriz (Mayor De 12")
< 2.500 hab	1,6	-	-
2.500 – 12.500 hab	1,6	1,5	-
12.500 – 60.000 hab	1,5	1,45	1,4
> 60.000 hab	1,5	1,45	1,4

Fuente: RAS 2000, Tabla B.2.6. p. 38.

## 8.8 CAUDAL MÁXIMO DIARIO

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario,  $k_1$ .

El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = Q_{md} \cdot k_1$$

$$QMD = 0.88 \text{ l/s} \cdot 1.30$$

$$QMD = 1.14 \text{ l/s}$$

## 8.9 CAUDAL MÁXIMO HORARIO

El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario,  $k_2$ . Según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD \cdot k_2$$

$$QMD = 1.14 \text{ l/s} \cdot 1.6$$

$$QMD = 1.83 \text{ l/s}$$

## 8.10 CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_{\text{Diseño}} = 1.14 \text{ l/s}$$

Teniendo en cuenta que el nivel de complejidad del proyecto es bajo el caudal de diseño que se toma, es el Caudal Máximo Diario (QMD). El cálculo que se realizó para el diseño de la planta de tratamiento arroja el resultado de un caudal de diseño de 1.14 l/s /s (año 2030), si se compara con el cálculo de 10L/s, con que fue diseñada la planta de la Lucha, al manejar este caudal de diseño menor al diseño de la PTAP, no existe ningún inconveniente con las dimensiones de las unidades actuales con que se cuenta, ya que se podría tomar un porcentaje de sobredimensionamiento del 88.6%, por caudal de diseño el sistema no presenta inconvenientes; esta situación puede ayudar a la optimización del sistema si se conservan las proyecciones que se viene presentando en decrecimiento desde el año 1973.

## 9. FASE CUATRO DISEÑOS DE INGENIERÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN

### 9.1 DISEÑOS DE LAS ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN

Los diseños de Ingeniería del presente proyecto de investigación incluyen el diseño de: Obras de captación y conducción. Parámetros tenidos en cuenta para la elaboración de los diseños.

### 9.2 BOCATOMA

El diseño de la bocatoma para la captación del acueducto es de fondo por su economía y facilidad, ya que este es el tipo de captación es más usado para ríos pequeños o quebradas en donde la profundidad del cauce no es muy grande, además su diseño se puede adaptar a la forma de la sección transversal de la quebrada.

Para el diseño de la Bocatoma de Fondo, se realizó bajo los parámetros del software denominado AYA de la ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERA JULIO GARAVITO elaborado por el Ingeniero RICARDO ALFREDO LÓPEZ CUALLA. Por cuestiones Económicas y para realizar el diseño se tomaron cotas arbitrarias de 100 solo es con el propósito de demostrar el diseño pues la topografía no la tiene el municipio y para el grupo sería un costo alto y no se cuentan con los recursos Económicos para este fin.

Datos Iniciales

Nombre del Proyecto

BOCATOMA SALTO DE LUCHA MUNICIPIO DE COELLO TOLIMA

Caudal máximo diario: 7.5 L/s

Caudal máximo del río: 10 L/s

Caudal medio del río: 5 L/s

Caudal máximo del río: 15 L/s

Ancho del río: 1.50 m

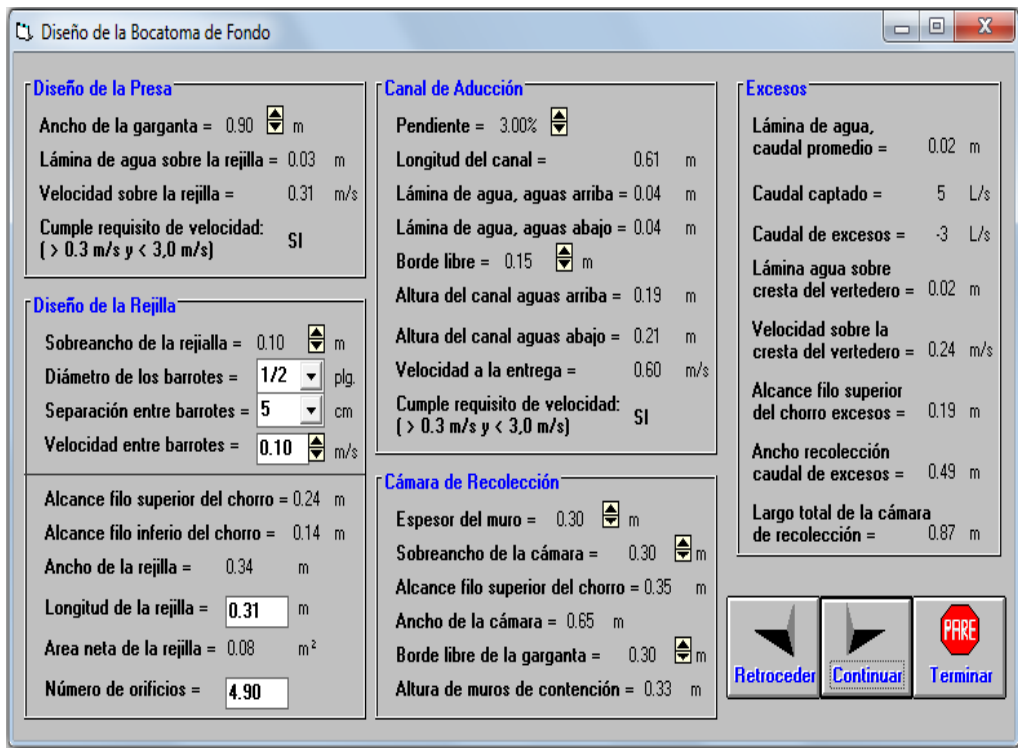
Ancho de garganta: 1.00 m

Cota de la rejilla: 470.00

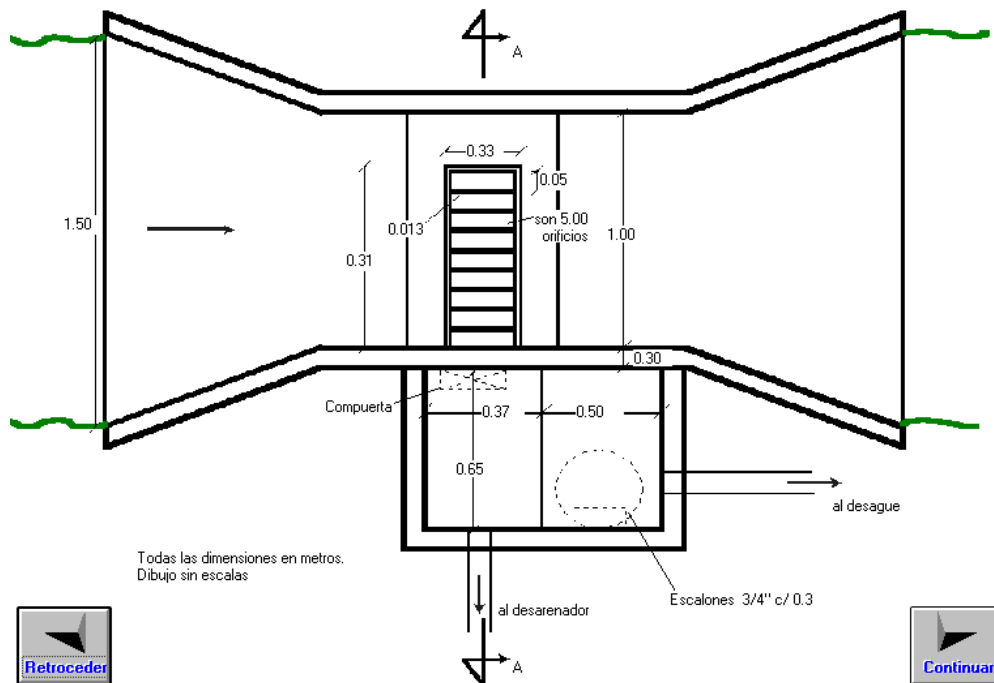
Continuar

Terminar

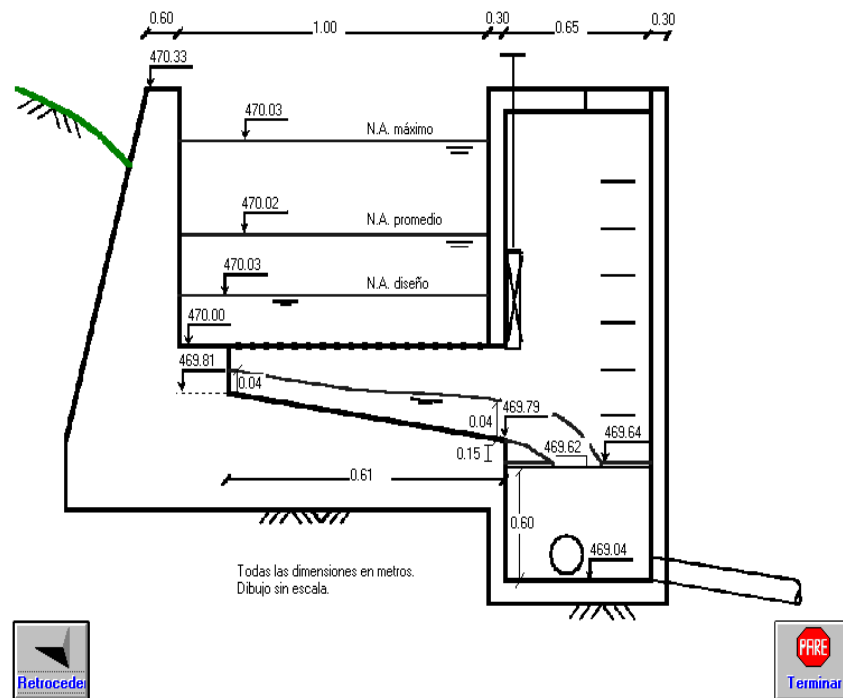
Fuente. Autores. Software AYA. Escuela Colombiana de Ingenieros Julio Garavito.



Fuente. Autores. Software AYA. Escuela Colombiana de Ingenieros Julio Garavito.



Fuente. Autores. Software AYA. Escuela Colombiana de Ingenieros Julio Garavito.



Fuente. Autores. Software AYA. Escuela Colombiana de Ingenieros Julio Garavito.

HOJA DE CALCULO DESARENADOR				
PARAMETROS	CONVERSION	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
POBLACION	Po	758	habitantes	
DOTACION	Da	100	L/Hab día	
Factor de Caudal	K1	1.3	-	RAS 2000
CAUDAL DE DISEÑO	Qd	0.88	L/seg	
Caudal Maximo Diario	QMD	1.140509259	L/seg	
Diametro de la Particula	dm	0.005	cm	
Porcentaje a sedimentar de la particula	%S	75%	%	Ver tabla (50%-75%-87%)
Temperatura del Agua	Temp.	20	°C	
Viscosidad del Agua	$\mu$	0.01007	cm <sup>2</sup> /seg	
Peso Especifico de las Particulas	$\rho$	2.65	g/cm <sup>3</sup>	RAS 2000
Velocidad de Sedimentación	V	0.223	cm/seg	Ecuación de Stokes
Profundidad Efectiva	P	1.5	mts	0,75 - 1,5m (Asumido)
Tiempo de Caída de la Particula	t	672.89	Segundos	
Relacion	a/t	1.52	-	Cumple Valores de a/t- depositos con muy buenos deflectores- remocion 75%
Tiempo de Retencion	Td	1022.79	Segundos	
Capacidad del Desarenador	C	1.17	m <sup>3</sup>	
Superficie del Desarenador Disponible	A	0.78	m <sup>2</sup>	
DIMENSIONES ZONA DE SEDIMENTACION	b	0.44	mts	Ancho
	L	1.76	mts	Largo
VOLUMEN ZONA DE SEDIMENTACION	Vs	1.17	m <sup>3</sup>	
DISEÑO VERTEDERO EN EXCESO				
Profundidad de la camara de entrada	H	0.50	mts	H/3
Ancho de la Camara de entrada a Desarenador	-	0.22	mts	b/2 ó b/3
Linea de Aduccion "Longitud"	-	286	mts	
Diametro de la Tubería "	$\phi$	6	Pulgadas	
Cota de aguas maximas en la camara de derivacion	-	470	mts	RAS B.4.4.16
Cota de aguas normales en el desarenador	-	467.97	mts	
Qaduccion	-	0.0191	L/seg	Hansen - Williams (Para PVC)
Longitud cresta del Vertedero = Longitud Camara de Entrada	Lv	0.18	mts	Preferiblemente 0,70 mts y se asume H=0,15m
Consideraciones "Bordo Libre": el desarenador en todos sus puntos debe tener una sobrealtura de 0,2 - 0,3 m de altura respecto del nivel normal del agua a fin de evitar desbordamiento de masas por oleaje.				
PARAMETROS	CONVERSION	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Volumen de la Tolva	Vtolva	0.23	m <sup>3</sup>	
Volumen Total (Tolva + canal central de lodos)	Vt	2.30	m <sup>3</sup>	
Valor equivalente con respecto a la zona de Sedimentacion	V%	197.14	%	Cumple
PANTALLA DEFLECTORA				
PARAMETROS	CONVERSION	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
Velocidad de paso a traves de los orificios	Vo	0.2	m/s	Asumido
Area Efectiva de Onficios	Ae	0.005702546	m <sup>2</sup>	
Dimensiones de cada orificio	D	0.01	mts	Asumido (0,10mx0,10m)
Numero de orificios	#	1	Orificios	
ongitud Adicional a zona de Sedimentacion para Pantalla Deflector	L+	0.6	mts	Asumido
ZONA DE SALIDA				
LARGO	Ls	0.18		ASUMIDO
ALTURA	Hs	1.50		ASUMIDO
ANCHO	As	0.44		ASUMIDO
DISEÑO VERTEDERO DE SALIDA				
ANCHO	bvert.	0.44	mts	
ALTURA	Hv	0.011	mts	Formula de Francis

Fuente. Autores. Software AYA. Escuela Colombiana de Ingenieros Julio Garavito.

### 9.3 OPTIMIZACIÓN PARA FILTRO LENTO

La filtración lenta, es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo. Copia el proceso de purificación que se produce en la naturaleza cuando el agua de lluvia atraviesa los estratos de la corteza terrestre y forma los acuíferos o ríos subterráneos. El filtro lento se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua, pero si se diseña y opera convenientemente puede ser considerado como un sistema de desinfección del agua. Básicamente, un filtro lento consta de una caja o tanque que contiene una capa sobrenadante del agua que se va a desinfectar, un lecho filtrante de arena, drenajes y un juego de dispositivos de regulación y control.

#### 9.3.1 Propiedades y descripción de la desinfección mediante filtración lenta.

El filtro lento se caracteriza por ser un sistema sencillo, limpio y a la vez eficiente para el tratamiento de agua. Comparado con el filtro rápido, requiere de áreas más grandes para tratar el mismo caudal y, por lo tanto, tiene mayor costo inicial. Sin embargo, su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para zonas rurales y pequeñas comunidades, teniendo en cuenta además que los costos por área de terreno son comparativamente menores en estas zonas. La filtración lenta, como se ha mencionado, es un proceso que se desarrolla en forma natural, sin la aplicación de ninguna sustancia química, pero requiere un buen diseño, así como una apropiada operación y cuidadoso mantenimiento para no afectar el mecanismo biológico del filtro ni reducir la eficiencia de remoción microbiológica.

Huisman & Wood describieron en 1974 el método de desinfección por medio de la filtración lenta, como la circulación del agua cruda a baja velocidad a través de un manto poroso de arena. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsecuente retiro o limpieza.

El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En ese tiempo, las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras se pueden aglutinar, lo que facilita su remoción posterior. Durante el día, bajo la influencia de la luz solar, se produce el crecimiento de algas, las cuales absorben bióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado se disuelve en el agua, entra en reacción química con las impurezas orgánicas y hace que éstas sean más asimilables por los microorganismos.



En la superficie del medio filtrante se forma una capa constituida por material de origen orgánico, conocida con el nombre de “schmutzdecke” o “piel de filtro”, a través de la cual tiene que pasar el agua antes de llegar al propio medio filtrante. El schmutzdecke o capa biológica está formado principalmente por algas y otras numerosas formas de vida, como plancton, diatomeas, protozoarios, rotíferas y bacterias. La acción intensiva de estos microorganismos atrapa, digiere y degrada la materia orgánica contenida en el agua. Las algas muertas, así como las bacterias vivas del agua cruda son también consumidas en este proceso. Al mismo tiempo que se degradan los compuestos nitrogenados se oxigena el nitrógeno. También se remueve algo de color y una considerable proporción de partículas inertes en suspensión es retenida por cernido. Una vez que el agua pasa a través del schmutzdecke, entra al lecho filtrante y es forzada a atravesarlo en un proceso que normalmente toma varias horas y en el que se desarrollan diversos procesos físicos y biológicos que constituyen el proceso final de purificación.

**9.3.2 Mecanismos de la desinfección mediante filtración lenta.** En el proceso de filtración lenta actúan varios fenómenos o mecanismos físicos similares a los de la filtración rápida previos al mecanismo biológico que desinfecta el agua, algunos de los cuales hemos mencionado líneas arriba. Estos mecanismos son muy importantes, dado que permiten la concentración y adherencia de las partículas orgánicas al lecho biológico para su biodegradación. A continuación se describe brevemente la función de cada uno de los mecanismos físicos o de remoción que se producen en la filtración lenta, así como el mecanismo biológico responsable de la desinfección.

**9.3.2.1 Mecanismos de transporte.** Esta etapa de remoción básicamente hidráulica ilustra los mecanismos mediante los cuales ocurre la colisión entre las partículas y los granos de arena. Estos mecanismos son: cernido, intercepción, sedimentación, difusión y flujo intersticial.

**Cernido:** En este mecanismo, las partículas de mayor tamaño que los intersticios del material filtrante son atrapadas y retenidas en la superficie del medio filtrante.

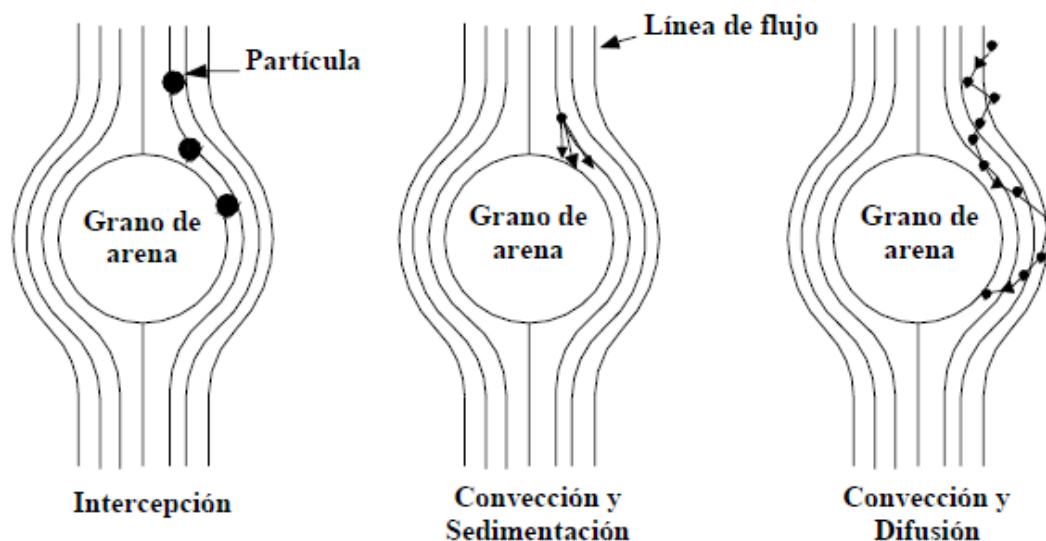
**Intercepción:** Mediante este mecanismo las partículas pueden colisionar con los granos de arena.

**Sedimentación:** Este mecanismo permite que las partículas sean atraídas por la fuerza de gravedad hacia los granos de arena, lo que provoca su colisión. Este fenómeno se incrementa apreciablemente por la acción de fuerzas electrostáticas y de atracción de masas.

Difusión: Se produce cuando la trayectoria de la partícula es modificada por micro variaciones de energía térmica en el agua y los gases disueltos en ella, lo cual puede provocar su colisión con un grano de arena.

Flujo intersticial: Este mecanismo se refiere a las colisiones entre partículas debido a la unión y bifurcación de líneas de flujo que devienen de la tortuosidad de los intersticios del medio filtrante. Este cambio continuo de dirección del flujo crea mayor oportunidad de colisión.

**Figura 15. Mecanismos de transporte.**



Fuente. [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtracion\\_ME/Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtraci%C3%B3n\\_ME.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf)

**9.3.2.2 Mecanismo de adherencia.** Este mecanismo es el que permite remover las partículas que, mediante los mecanismos arriba descritos, han colisionado con los granos de arena del medio filtrante. La propiedad adherente de los granos de arena es proporcionada por la acción de fuerzas eléctricas, acciones químicas y atracción de masas así como por película biológica que crece sobre ellos, y en la que se produce la depredación de los microorganismos patógenos por organismos de mayor tamaño tales como los protozoarios y rotíferas.

**9.3.2.3 Mecanismo biológico de la desinfección.** Como se indicó anteriormente, la remoción total de partículas en este proceso se debe al efecto conjunto del mecanismo de adherencia y el mecanismo biológico. Es necesario que para que el filtro opere como un verdadero "sistema de desinfección" se haya producido un schmutzdecke vigoroso y en cantidad suficiente. Solo cuando se ha

llegado a ese punto, el FLA podrá operar correctamente. Entonces se dice que el filtro (o el manto) “está maduro”.

Al iniciarse el proceso, las bacterias depredadoras o benéficas transportadas por el agua utilizan como fuente de alimentación el depósito de materia orgánica y pueden multiplicarse en forma selectiva, lo que contribuye a la formación de la película biológica del filtro. Estas bacterias oxidan la materia orgánica para obtener la energía que necesitan para su metabolismo (desasimilación) y convierten parte de ésta en material necesario para su crecimiento (asimilación). Así, las sustancias y materia orgánica muerta se convierten en materia viva. Los productos de la desasimilación son llevados por el agua a profundidades mayores y son utilizados por otros organismos.

El contenido bacteriológico está limitado por el contenido de materia orgánica en el agua cruda y es acompañado de un fenómeno de mortalidad concomitante, durante el cual se libera materia orgánica para ser utilizada por las bacterias de las capas más profundas y así sucesivamente. De este modo, la materia orgánica degradable presente en el agua cruda se descompone gradualmente en agua, dióxido de carbono y sales relativamente inocuas, como sulfatos, nitratos y fosfatos (proceso de mineralización), los cuales son descargados en el efluente de los filtros.

La actividad bacteriológica descrita es más pronunciada en la parte superior del lecho filtrante y decrece gradualmente con la profundidad y la disponibilidad de alimento. Cuando se limpian las capas superiores del filtro se remueven las bacterias, siendo necesario un nuevo período de maduración del filtro hasta que se logre desarrollar la actividad bacteriológica necesaria. A partir de 0,30 a 0,50 m de profundidad, la actividad bacteriológica disminuye o se anula (dependiendo de la velocidad de filtración); en cambio, se producen reacciones bioquímicas que convierten a los productos de degradación microbiológica (como aminoácidos) en amoníaco y a los nitritos en nitratos (nitrificación).

Como el rendimiento del filtro lento depende principalmente del proceso biológico, mientras la capa biológica está desarrollándose, la eficiencia es baja y no debe considerarse al FLA como un eliminador de materia orgánica, sino como un mejorador de la calidad del agua, sobretodo de la turbiedad.

**9.3.2.4 Subproductos de la desinfección mediante filtración lenta.** Los subproductos del proceso de filtración lenta son sustancias naturales de degradación biológica sin ningún riesgo para la salud, ya que el proceso no requiere sustancias químicas que reaccionen con la materia disuelta en el agua. En tal sentido, los subproductos de la filtración lenta son dióxido de carbono y sales relativamente inocuas, como sulfatos, nitratos y fosfatos, además de un contenido

bajo de oxígeno disuelto. Estas condiciones pueden ser revertidas con un proceso de aireación.

**9.3.2.5 Equipos e infraestructura.** Dada la sencillez de la filtración lenta, solo se requiere un equipo de bombeo cuando es necesario elevar la carga hidráulica para que el agua llegue hasta el filtro. Por otro lado, la calidad del agua cruda determina el uso de otras instalaciones adicionales al filtro lento a fin de adecuar la calidad del agua cruda a las condiciones de operación del filtro. En el cuadro siguiente se muestra una síntesis de las alternativas de pre tratamiento en función de las variaciones de calidad de la fuente para la instalación de un filtro lento de arena.

**Tabla 20. Criterios de selección de los procesos en función de la calidad de la fuente**

ALTERNATIVAS	Límites de calidad del agua cruda aceptables		
	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro lento de arena (FLA) solamente	To ≤ 50 UNT Co ≤ 50 UC  Cf ≤ (10) <sup>4</sup> /100 ml	To ≤ 20 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 100 UNT
FLA + prefiltro de grava (PG)	To ≤ 100 UNT Co ≤ 60 UC  Cf ≤ (10) <sup>4</sup> /100 ml	To ≤ 60 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 150 UNT
FLA + PG + sedimentador (S)	To ≤ 300 UNT Co ≤ 60 UC  Cf ≤ (10) <sup>4</sup> /100 ml	To ≤ 200 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 500 UNT
FLA + PG + S + presedimentador	To ≤ 500 UNT Co ≤ 60 UC  Cf ≤ (10) <sup>4</sup> /100 ml	To ≤ 200 UNT Co ≤ 40 UC	To max ≤ 1000 UNT

Co = Color del agua cruda      To = Turbiedad del agua cruda  
 Cf = Coliformes fecales      UC = Unidades de color cloro platinado de cobalto  
 UNT = Unidades nefelométricas de turbiedad

Fuente. [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtracion\\_ME/Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtraci%C3%B3n\\_ME.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf)

El parámetro de diseño más importante en un Filtro Lento, es la velocidad de filtración (Vf). La misma debe tener un valor en el rango:

0,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> hora - 0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> horas

Se debe notar que  $[m^3/m^2 \text{ hora}] = [m/\text{hora}]$

Otros parámetros de diseño importantes en relación con el material filtrante son:

**Tabla 21. Lecho de soporte.**

Camada	Tipo	Diámetro de partícula (mm)	Espesor de la camada (mm)
Superior	Arena gruesa	1 - 2	50
Segunda	Gravilla fina	2 - 5	50
Tercera	Gravilla	5 - 10	50
Inferior	Grava	10 - 25	150

Fuente. [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtracion\\_ME/Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtraci%C3%B3n\\_ME.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf)

**Tabla 22. Medio filtrante.**

<b>Tamaño efectivo, <math>d_{10}</math></b>	<b>0,15 – 0,45 mm</b>
<b>Coefficiente de uniformidad CU</b>	<b>1,5 – 4,0</b>
<b>Altura del medio filtrante</b>	<b>0,5 – 0,7 m</b>

Fuente. [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtracion\\_ME/Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtraci%C3%B3n\\_ME.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf)

Cuando el filtro lento es la única unidad de tratamiento, la velocidad será de 0,10 m/h. Se podrán considerar velocidades mayores en casos excepcionales cuando se consideren otros procesos preliminares, como se observa en el cuadro siguiente.

**Tabla 23. Velocidad de filtración de acuerdo con el número de procesos preliminares.**

Procesos	$V_f$ (m/h)
<b>FLA</b>	0,10 – 0,20
<b>Sedimentación (S) + FLA</b>	0,15 – 0,30
<b>Prefiltración (PF) + FLA</b>	0,15 – 0,30
<b>S + PF + FLA</b>	0,30 – 0,50

Fuente. [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtracion\\_ME/Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtraci%C3%B3n\\_ME.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf)

La velocidad de diseño también es importante al decidir el número de unidades con las que operará el filtro. Con velocidades mayores de 0,2 m/h deberá considerarse un mínimo de tres unidades.

El área de cada unidad ( $A_s$ ) es una función de la velocidad de filtración ( $V_f$ ), del caudal ( $Q$ ), del número de turnos de operación ( $C$ ) y del número de unidades ( $N$ ).

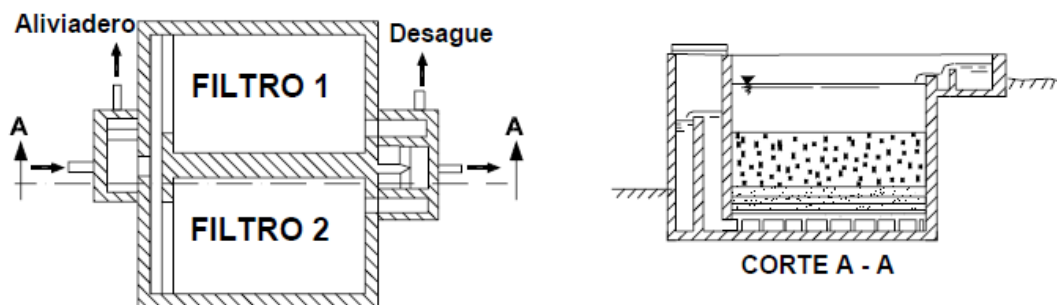
$$A_s = (Q \times C) / (N \times V_f)$$

Con operación continua el área de la unidad (en  $m^2$ ) será igual a:

$$A_s = Q / (N \times V_f)$$

Los filtros lentos de arena pueden adoptar ser rectangulares o circulares, dependiendo del material con el que se elaboran: hormigón, ferrocemento o mampostería. La figura muestra un filtro lento modificado rectangular de hormigón.

**Figura 16. Filtro lento modificado rectangular de hormigón.**



Fuente: [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtracion\\_ME/Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtraci%C3%B3n\\_ME.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf)

**9.3.2.6 Requerimientos para la instalación.** Para la instalación de la planta deben considerarse los siguientes aspectos:

#### **Ubicación**

❖ Debe estar en una zona accesible, con vías de comunicación que faciliten su posterior construcción, operación y mantenimiento.

- ❖ El agua subterránea debe estar ausente o muy profunda.
- ❖ La zona debe ser segura y no estar expuesta a riesgos naturales o humanos.
- ❖ De preferencia, la topografía de la zona seleccionada debe reunir los desniveles necesarios para que el sistema pueda operar totalmente por gravedad.

**Aspectos relacionados con la comunidad.** Efectuar estudios sociológicos para determinar las costumbres y creencias que puedan afectar la aceptación del sistema.

- ❖ Comprobar la información demográfica disponible.
- ❖ Determinar los recursos humanos y materiales disponibles para adecuar el diseño del sistema.
- ❖ Estudiar la incidencia de enfermedades de origen hídrico y presencia de vectores.

### **Concepción del sistema.**

- ❖ Para que la operación del sistema sea confiable, debe evitarse el uso de dispositivos para elevar el nivel del agua (bombas). De esta manera, la operación del sistema no dependerá del suministro de energía eléctrica ni de repuestos sofisticados que normalmente no están disponibles localmente y que incrementan el costo de mantenimiento del sistema.
- ❖ Si tuviera que elevarse el nivel del agua por razones topográficas, se debería efectuar una sola etapa de bombeo que eleve el agua cruda hasta un nivel, desde el cual pueda distribuirse por gravedad al reservorio y a la red.
- ❖ Preferentemente, el filtro lento debe operar en forma continua, esto permite unidades más pequeñas y abastecimiento continuo de nutrientes y oxígeno necesario para mantener la capa biológica. Para garantizar esta situación, cuando se tiene una etapa de bombeo, es recomendable construir un tanque de almacenamiento de agua cruda para abastecer por gravedad la planta durante las 24 horas del día.

**Condiciones del agua cruda.** Las condiciones del agua cruda que más afectan la eficiencia del filtro son la temperatura, la concentración de nutrientes y de

sustancias tóxicas y los afluentes con turbiedad y color altos. A continuación se describe n brevemente:

- ❖ **Temperatura:** Dado que en el filtro se desarrolla un proceso biológico, se ve afectado por las variaciones de temperatura y puede reducir 50% de su eficiencia cuando se opera a menos de 5 °C.
- ❖ **Concentración de nutrientes:** La velocidad de desarrollo de la formación biológica en el filtro depende de la concentración de nutrientes en el agua, debido a que ésta es la fuente de alimentación de los microorganismos.
- ❖ **Concentración de algas:** Las algas son importantes en la formación del schmutzdecke. Pero su crecimiento excesivo debido a la elevada disponibilidad de luz y nutrientes, como presencia de fosfatos y nitratos en el agua, puede crear serios problemas de operación y en la calidad de agua tratada. El control de la formación de algas es difícil, pero puede solucionarse mediante el control de nutrientes en la fuente y del efecto de la luz que cubre los reservorios de agua cruda.
- ❖ **Concentraciones altas de turbiedad:** La capacidad de los filtros lentos para reducir la turbiedad cuando ésta es muy elevada es limitada. Ello se debe a que una alta turbiedad causa enlodamiento de la superficie del filtro, disminuye la capacidad de formación de la capa biológica y reduce drásticamente la duración de la carrera de filtración, lo cual además de afectar la calidad del agua producida, incrementa los costos de operación y mantenimiento.

### **Material filtrante**

- ❖ Es necesario considerar una plataforma colindante con los filtros para efectuar la operación de lavado y secado de la arena. Asimismo, se requiere un depósito techado para guardar la arena embolsada y las herramientas, y cercar las instalaciones de la planta para evitar el acceso a niños y animales

**9.3.2.7 Operación y mantenimiento.** Las tareas rutinarias de operación comprenden los ajustes y medición del caudal; monitoreo de la calidad del agua producida; limpieza de la superficie de la arena, que se efectúa por “rascado” de la porción superior del filtro (aproximadamente 5 cm de arena); lavado y almacenamiento de la arena, y la posterior reconstrucción del lecho filtrante. Este periodo entre limpiezas, llamado “carrera”, es variable. A veces puede ser necesario realizarla cada tres o cuatro semanas y en otras circunstancias, pasados muchos meses. La adecuada operación y mantenimiento determinan la eficiencia del filtro, principalmente en la etapa de puesta en marcha o inicio de la operación del filtro



nuevo. Durante la operación normal, es importante el estado de maduración de la capa biológica, la frecuencia de los raspados, el período de duración de cada operación de limpieza y la forma en que se efectúe el rearenado del filtro.

Con relación a la puesta en marcha, es necesario tener presente que la arena nueva no reduce la contaminación bacteriológica y que es necesario desechar el efluente inicial hasta comprobar que se está obteniendo un grado de eficiencia aceptable. Sin embargo, este proceso puede acelerarse sembrando el filtro con arena madura proveniente de otros filtros en operación. El raspado del lecho filtrante debe iniciarse cuando el nivel del agua en la caja del filtro llega al máximo y el agua empieza a rebosar por el aliviadero.

Para disminuir el impacto sobre la eficiencia del tratamiento durante la operación de raspado del filtro, es necesario que esta operación se ejecute en un solo día para evitar la mortandad de los microorganismos benéficos en la capa de arena que permanecerá en el filtro y acortar el período de remaduración. En la operación de rearenado, esto es, cuando la altura del lecho ha llegado al mínimo aceptable (0,30 m) y hay que restituir a la arena el espesor de diseño, es importante aplicar el método de trinchera. Para ello, la arena del fondo que está semicolmatada se colocará en la superficie del filtro, sobre la arena nueva, a fin de acelerar el período de maduración del lecho de arena.

Por lo menos cada cinco años se realizará el lavado completo del filtro de la siguiente manera: se retira con mucho cuidado la arena y la grava para no mezclarlas; se lava la arena; se cepillan las paredes de la caja del filtro; se reacomoda el drenaje, y se vuelve a colocar el lecho de arena y la grava. Si ha habido pérdida de arena y grava, será necesario reponerla. Si hay grietas en las paredes o en el fondo, deberán resanarse antes de colocar el lecho filtrante. Cuando los sistemas están bien diseñados, operados y mantenidos, el efluente de las plantas de filtración lenta requiere de dosis muy baja de cloro como última barrera; prácticamente sólo para asegurar que el agua conserve su calidad bacteriológica hasta ser consumida. Es un agua con muy bajo riesgo sanitario.

**9.3.2.8 Criterios para el monitoreo y evaluación.** La turbiedad y la contaminación bacteriológica del agua son los principales parámetros para la caracterización del agua superficial en las áreas rurales. Cuando el tratamiento se combina con un pre filtro o sedimentador, el objetivo específico de estas unidades es reducir la turbiedad, mientras que el del filtro lento es reducir la contaminación. Cuando sólo se cuenta con un filtro lento, éste debe cumplir los dos objetivos. Un programa de monitoreo mínimo para controlar una planta de filtros lentos debería considerar la toma de muestras de agua cruda y tratada para constatar la calidad de la materia prima que está ingresando al sistema y la del producto final obtenido.

Las mediciones de turbiedad son simples y pueden ser efectuadas por un operador capacitado. Las mediciones diarias durante la época de lluvias permiten:

- ❖ Evaluar la calidad del agua cruda.
- ❖ Establecer y supervisar el rendimiento de la planta.
- ❖ Desarrollar criterios para adecuar la operación de la planta.
- ❖ Optimizar las características de las unidades

**Tabla 24. Ventajas y desventajas de la filtración lenta**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayor ventaja de esta unidad reside en su simplicidad. El filtro lento sin controlador de velocidad y con controles de nivel mediante vertederos es muy sencillo y confiable de operar con los recursos disponibles en el medio rural de los países en desarrollo.</li> <li>• No hay cambios organolépticos en la calidad del agua</li> <li>• Las comunidades aceptan el agua tratada por la Filtración Lenta</li> </ul>	<p>El filtro lento sin pretratamiento, no debe operar con aguas con turbiedad mayor de 20 o 30 UNT; esporádicamente se pueden aceptar picos de 50 a 100 UNT.</p> <p>La eficiencia de esta unidad se reduce con la temperatura baja</p> <p>La presencia de biocidas o plaguicidas en el afluente pueden modificar o destruir el proceso microbiológico en el que se basa la filtración lenta.</p>

Fuente. [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029\\_Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtracion\\_ME/Dise%C3%B1o\\_tratamiento\\_Filtraci%C3%B3n\\_ME.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/029_Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtracion_ME/Dise%C3%B1o_tratamiento_Filtraci%C3%B3n_ME.pdf)

#### 9.4 DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO LENTO

De acuerdo a la información consultado sobre proceso de potabilización de agua a traes de filtros lentos se concluye que la PTAP de la quebrada la Lucha presenta en su sistema de filtro lento inconsistencias en su diseño y operación ya que solo se cuenta con un solo filtro lento el cual no funciona; por norma se debe tener dos (2) filtros como mínimo para cumplir con las condiciones Hidráulicas, en estos momento el filtro lento tiene un área de 82 m<sup>2</sup> el cual con esta área se puede optimizar dividiéndolo para conformar otro filtro lento y así poder cumplir con la norma y llevar más eficiencia al sistema. A continuación se procede a calcula el área para cada filtro lento.

**Área.** Como se explicó el filtro lento actual tiene un área de 82 m<sup>2</sup> la cual se puede dividir para obtener otra unidad ya que aplicando la fórmula de obtención de área de filtro lento esta arroja un área de 36 m<sup>2</sup> donde se puede establecer otra unidad

sin incidir con la actual porque cuenta con la suficiente área para optimizar esta unidad con la adición de otra.

Se asume  $0.08 \text{ m}^2$  / persona (se ubica entre  $0.02 - 0.08 \text{ m}^2$ ).

Por tanto se tiene:  $0.08 \times 458 = 36.64 \text{ m}^2$  por sistema constructivo se toma  $36 \text{ m}^2$

N° de pozas: 2

Área de poza:  $36.64 \text{ m}^2 \times 2$

Dimensiones (asumidas):  $8 \times 4.5 \times 3.00 \text{ m}$  de altura

Volumen:  $108 \text{ m}^3$  por unidad

Con la distribución siguiente:

Drenaje:  $0.3 \text{ m}$  (entre  $0.3 - 0.4 \text{ m}$ )

Filtro:  $1.30$  (entre  $0.7 - 1.40 \text{ m}$ )

Capa sobresanante :  $1.20$  (entre  $1.0 - 1.50 \text{ m}$ )

Borde libre:  $0.20 \text{ m}$

Total  $3.00 \text{ m}$  (entre  $2.80 - 3.50$ )

## 9.5 DESINFECCIÓN

Al diseñar un sistema de tratamiento de agua, en especial en el área rural, debe tomarse a la desinfección no como un elemento más, sino como un componente vital del sistema. En muchos casos, quien diseña un sistema de provisión de agua en una pequeña comunidad no solo toma a la ligera la desinfección, sino que hasta prioriza la producción de agua (cantidad), ante la seguridad de la misma (calidad).

Cuando se está diseñando un sistema de desinfección debe entenderse que el mismo no puede estar dissociado ni ser incongruente con la planta o sistema donde estará incluido. Por un lado, una planta de tratamiento de microfiltración con sistemas automatizados, energía eléctrica y personal capacitado para la operación y cuidado de la misma, podrá tener una bomba de diafragma o pistón manejada por un microprocesador. No sería en este caso “congruente” tener un sistema hecho con un flotador y un tubo de plástico agujereado dentro de un tanque de asbesto cemento. Por otro lado, si se trata de un sistema muy simple y rural, en donde ni siquiera se cuenta con energía eléctrica, no tendría sentido pensar en incorporar un generador de dióxido de cloro como sistema de desinfección.

En términos prácticos, desinfectar el agua significa eliminar de ella los microorganismos existentes, capaces de producir enfermedades. En la desinfección

se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades utilizando el agua como vehículo pasivo.

La desinfección es un proceso selectivo: no destruye todos los organismos presentes en el agua y no siempre elimina todos los organismos patógenos. Por eso requiere procesos previos que los eliminen mediante la coagulación, sedimentación y filtración.

Para diferenciar claramente los conceptos referidos a la destrucción de organismos patógenos del agua, es necesario distinguir los siguientes términos:

- ❖ Agente esterilizante: es aquel capaz de destruir completamente todos los organismos (patógenos o no).
- ❖ Desinfectante: es el agente que inactiva los gérmenes patógenos.
- ❖ Bactericida: agente capaz de inactivar las bacterias.
- ❖ Cisticida: agente que tiene la capacidad de inactivar los quistes.

**9.5.1 Utilidad de la Desinfección.** El uso de la desinfección como parte de un proceso de tratamiento del agua puede obedecer a los siguientes objetivos:

- ❖ Reducir el contenido inicial de contaminantes microbiológicos en el agua cruda (pre desinfección). Este proceso se utiliza solo en casos especiales.
- ❖ Desinfectar el agua luego de la filtración. Constituye el uso más importante.
- ❖ Desinfección simple de un agua libre de contaminantes fisicoquímicos que no requiere otro tratamiento.
- ❖ Para que la desinfección sea efectiva, las aguas sujetas al tratamiento deben encontrarse libres de partículas coloidales causantes de turbiedad y color, las cuales pueden convertirse en obstáculos para la acción del agente desinfectante. La desinfección alcanza una eficiencia máxima cuando el agua tiene una turbiedad cercana a la unidad. Por ello es indispensable desplegar los esfuerzos necesarios para que los procesos de tratamiento previos sean efectivos y eficientes.

**9.5.2 Factores que Afectan la Desinfección.** Los factores que influyen en la desinfección del agua son los siguientes:

❖ **Los microorganismos presentes y su comportamiento:** El tipo de microorganismos presentes en el agua tiene influencia definitiva en el proceso de desinfección. La reacción de los microorganismos frente a un desinfectante parece estar determinada por la resistencia de sus membranas celulares a la penetración del mismo y por la relativa afinidad química con las sustancias vitales del microorganismo. Las bacterias como las del grupo coliforme y las salmonelas son las menos resistentes a la desinfección, pues su respiración se efectúa en la superficie de la célula.

El número de microorganismos presentes en el agua no afecta el proceso de desinfección. Ello quiere decir que para matar una gran cantidad de microorganismos se requiere la misma concentración y tiempo de contacto del desinfectante que para eliminar una cantidad pequeña, siempre y cuando la temperatura y pH del agua sean los mismos. Cuando las bacterias forman aglomerados celulares, las que se encuentran protegidas en el interior pueden sobrevivir luego del proceso de dosificación del desinfectante. Para evitar que esto ocurra, es necesario favorecer la distribución uniforme de los microorganismos en el agua, lo cual se puede lograr mediante la agitación.

❖ **La naturaleza y concentración del agente desinfectante:** Desinfectantes como el cloro y derivados pueden formar en el agua una serie de especies químicas cloradas, de diferente eficiencia desinfectante. Por otro lado, la concentración del desinfectante determinará el tiempo de contacto necesario para destruir todos los microorganismos presentes en el agua.

❖ **La temperatura del agua:** Por lo general, la temperatura favorece el proceso de desinfección. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la solubilidad de los agentes desinfectantes en estado gaseoso es inversamente proporcional a la temperatura. Por tanto, en condiciones extremas de temperatura —por ejemplo, en lugares donde el agua llega a menos de 5 °C o en otros donde puede tener 35 °C—, la cantidad del desinfectante disuelto en el agua variará considerablemente; será menor a mayor temperatura y viceversa.

❖ **La naturaleza y calidad del agua:** La materia en suspensión puede proteger a los microorganismos existentes en el agua e interferir en la desinfección.

❖ La materia orgánica puede reaccionar con los desinfectantes químicos y cambiar su estructura. En ciertos casos, si en el agua persisten compuestos orgánicos que no han sido removidos en los procesos previos a la desinfección, se pueden generar

derivados tóxicos o compuestos que confieren sabor u olor al agua, muchos de ellos desagradables, lo que cambiaría su calidad organoléptica.

❖ **El pH:** El pH del agua es de suma importancia para la vida de los microorganismos acuáticos, ya que valores muy altos o muy bajos ofrecen a los microorganismos un medio adverso, con excepción de los quistes de amebas, que soportan pH tan altos como 13 o tan bajos como 1. Por otra parte, la acción de los desinfectantes es fuertemente influenciada por el pH del agua. De acuerdo con su naturaleza, cada desinfectante tiene un rango de pH de mayor efectividad. Sin embargo, la práctica demuestra que cuanto más alcalina es el agua requiere mayor dosis de desinfectante para una misma temperatura y tiempo de contacto.

❖ **El tiempo de contacto:** Cuanto mayor es el tiempo de contacto, mayor será la posibilidad de destrucción de los microorganismos para una cierta dosis de cloro aplicado.

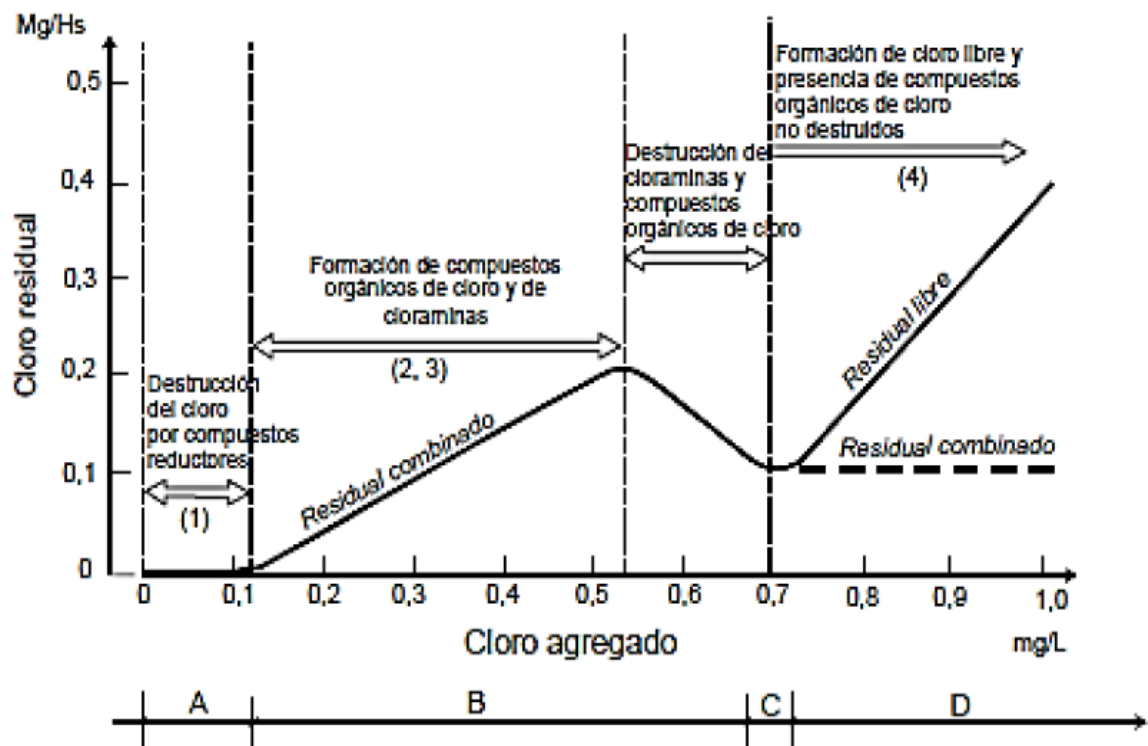
**Tabla 25. Resume los Tipos de Reacción del Cloro en el Agua y su Efecto en el Proceso de Desinfección.**

Reaccionantes	Productos	Nombre	Efecto Desinfectante
Agua	HOCl, OCl	Cloro Libre	Potente
Nitrógeno Amoniacal	Cloraminas	Cloro Combinado	Pobre
Materia Orgánica: Fe, Mn, SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, etc.		Demanda Cloro Consumido	Nulo

Fuente: (de Vargas & Barrenechea Martel, 2004)

**9.5.3 Dosificación.** El cálculo de la dosis necesaria para una efectiva cloración se hace mediante una prueba de laboratorio que consiste en determinar el punto de quiebre. La Figura, ilustra lo que ocurre en el proceso de cloración en el punto de quiebre.

Figura 17. Curva Punto de Quiebre



Fuente: (de Vargas & Barrenechea Martel, 2004) Curva punto de quiebre.

## 9.6 DISEÑO DEL SISTEMA DE CLORACIÓN

### 9.6.1 Determinación del Valor de K.

Para un pH de 7.5 y una dosis de 0.8mg/L, el valor de K = 59

Si se aplica el criterio de la RAS, y la dosificación mediante ensayo de punto de quiebre, la fórmula de Wattson se expresa así:

$$Ct = K$$

Dónde:

C = Concentración

K = Constante empírica que depende del pH.

T = Tiempo de retención (min)

### 9.6.2 Determinación del Tiempo de Contacto.

$$t = \frac{k}{c}$$
$$t = \frac{59}{0.8 \text{ mg/L}}$$
$$t = 73.8 \text{ minutos}$$

### 9.6.3 Capacidad de los Cloradores.

$$C = Q * \text{dosis} = 0.0075 \text{ m}^3/\text{s} * 0.8 \text{ mg/L}$$
$$= 0.0075 \text{ m}^3/\text{s} * 0.8 \text{ g/ m}^3$$
$$= 0.006 \text{ g/s} = 0.51 \text{ KgCl/d}$$

Para el sistema de dosificación es necesario calibrarlo a una dosis de 0.51 Kg/d.

**9.6.4 Volumen del tanque.** El volumen del tanque se obtiene mediante la ecuación:

$$V = Q * t$$
$$V = 0.0075 \text{ m}^3/\text{s} * 73.8 \text{ min} * 60$$
$$V = 33.21 \text{ m}^3$$

Cálculo del área, si asumimos una profundidad  $H = 2\text{m}$ , tenemos que:

$$A = \frac{33.21 \text{ m}^3}{2 \text{ m}} = 16.60 \text{ m}^2$$

**9.6.5 Dimensionamiento.** Preferiblemente se adopta una estructura tipo rectangular, por lo tanto debe satisfacer la siguiente condición:

$$1 < L/B < 3$$

Asumimos una relación  $L/B = 2$ , por lo tanto el valor de B será:

$$B = \sqrt{\frac{16.60}{2 \text{ m}}}$$
$$B = 2.88 \text{ m}$$



Por lo tanto L, será igual a:

$$L = 2 \cdot B$$

$$L = 5.76 \text{ m}$$

## **10. CONCLUSIONES**

Basados en el diagnóstico de las estructuras existentes de captación y conducción como de las características topográficas de la zona, se decidió diseñar nuevas estructuras ya que la vida útil de todo el sistema ha finalizado y sus diseños no se ajustan a los parámetros requeridos por la optimización. Los nuevos diseños del sistema de abastecimiento cumplen normatividades y parámetros que se contemplan para este tipo de proyectos.

Con este proyecto se pretende brindar a la comunidad un mejor sistema de abastecimiento de agua potable más flexible y eficiente con el fin de mejorar la calidad de vida de los usuarios de la Vereda la Lucha Municipio de Coello Tolima.

Es importante que se empleen mecanismos de protección de las cuencas con el fin de mantener este caudal a futuro, además establecer una supervisión continúa a las estructuras del sistema con el fin de revisar en ellas los aspectos técnicos para evitar problemas en el sistema.

## **11. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que sea aplicada la optimización de las unidades que ya cumplieron su vida útil y las que no están funcionando de manera adecuada, puesto que con una nueva visita de la Secretaría de Salud de la Gobernación del Tolima, cerrarían la planta y los más perjudicados sería la población beneficiada con este servicio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CORCHO ROMERO, Freddy Hernán. Acueductos: teoría y diseño. Medellín: Universidad de Medellín. Centro General de Investigaciones, 1993. 591 p. (Colección Universidad de Medellín; 16).

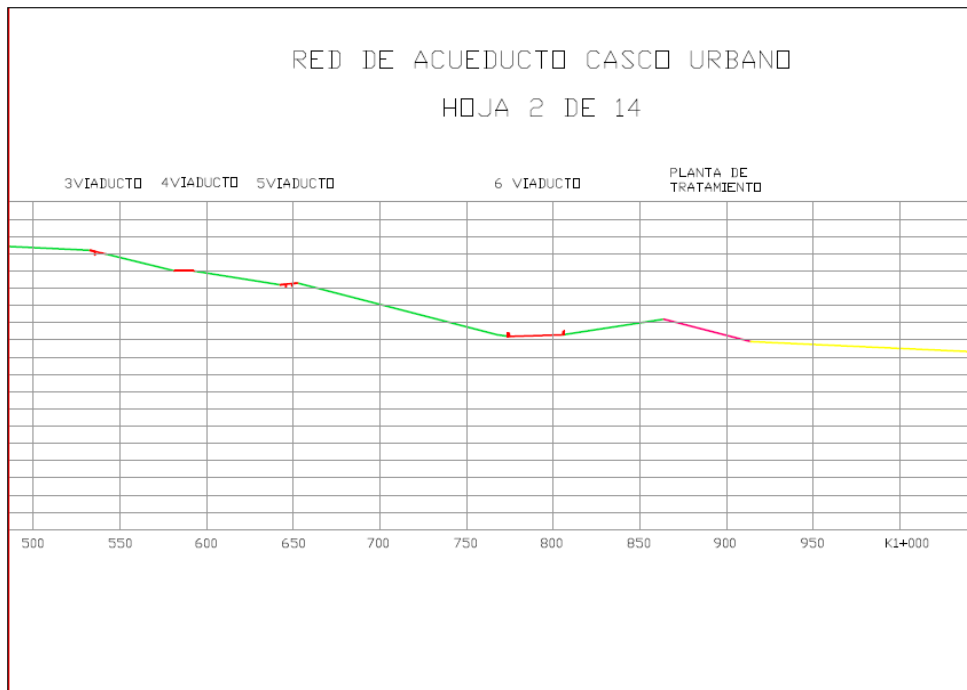
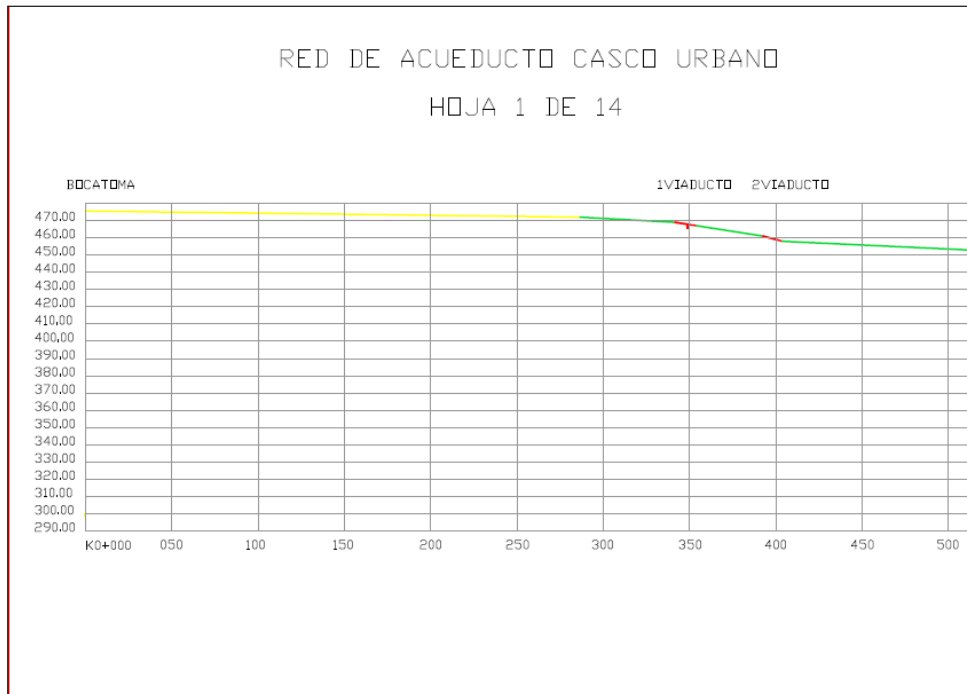
INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otros trabajos de grado. (QUINTA ACTUALIZACIÓN). Bogotá: ICONTEC, 2002.

LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. 2 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003. 546 p.

RAS 2000.

1 CD. ISBN 958-8060-36-2.

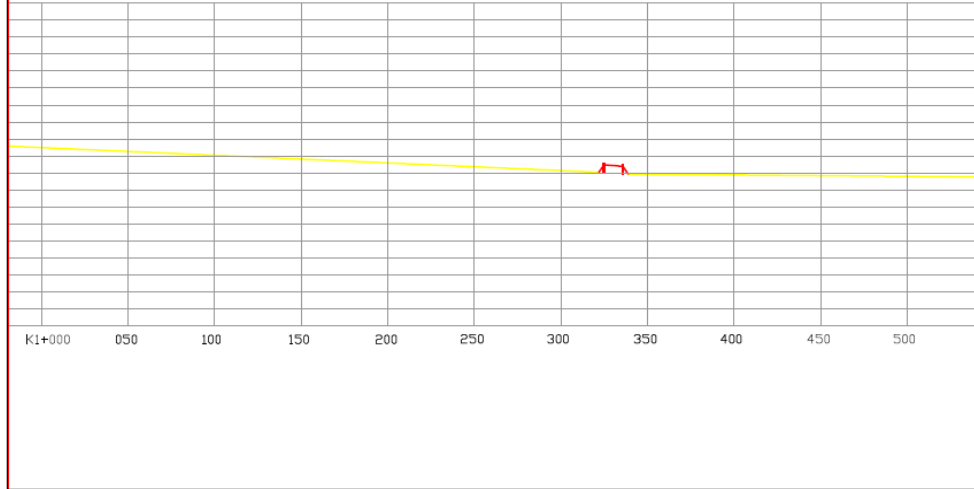
## ANEXO A. TOPOGRAFÍA DEL TERRENO Y PERFILES



RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

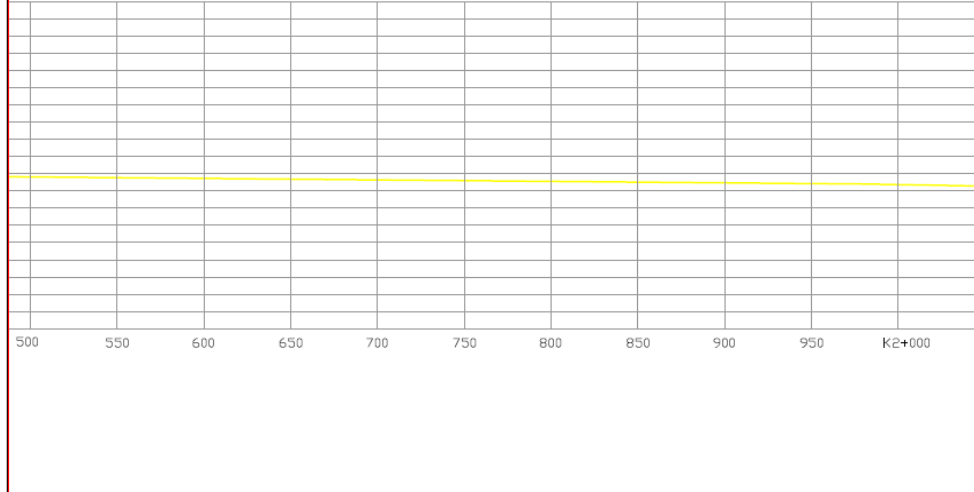
HOJA 3 DE 14

7 VIADUCTO



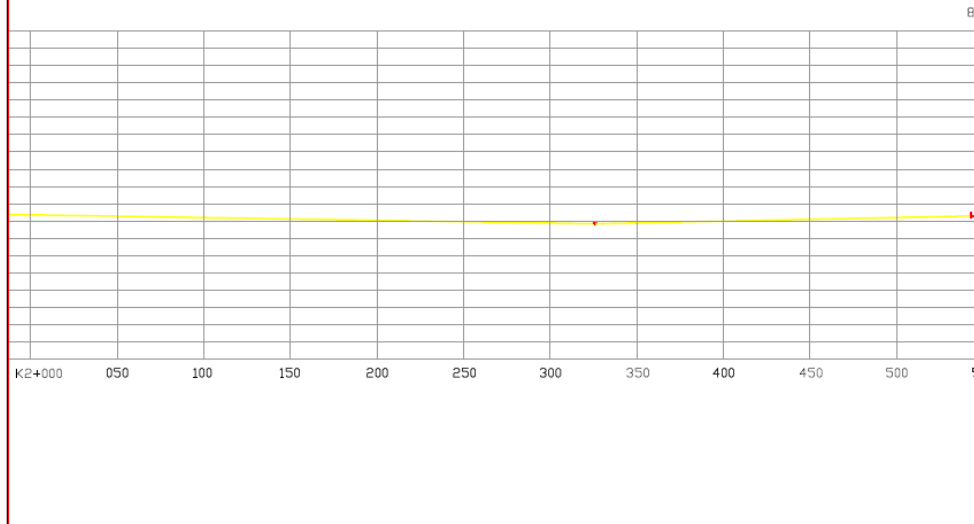
RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

HOJA 4 DE 14



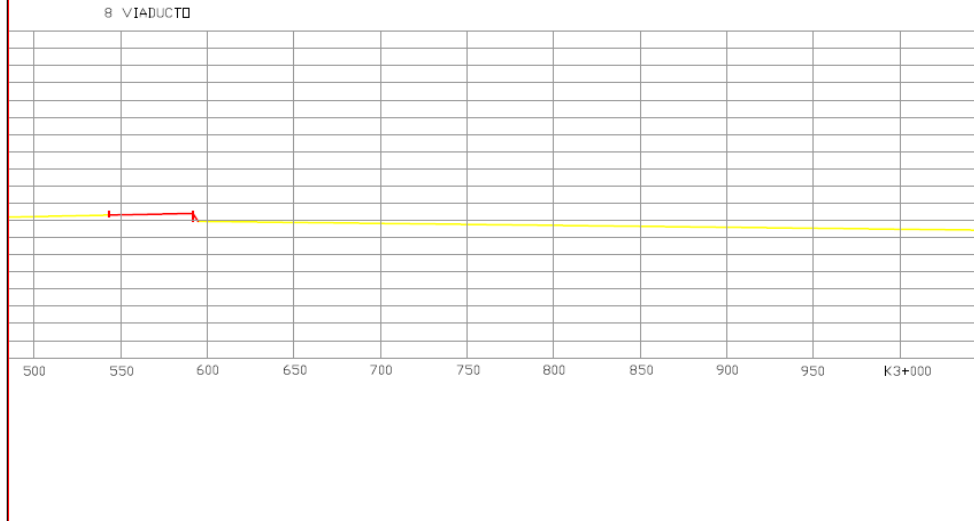
RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

HOJA 5 DE 14



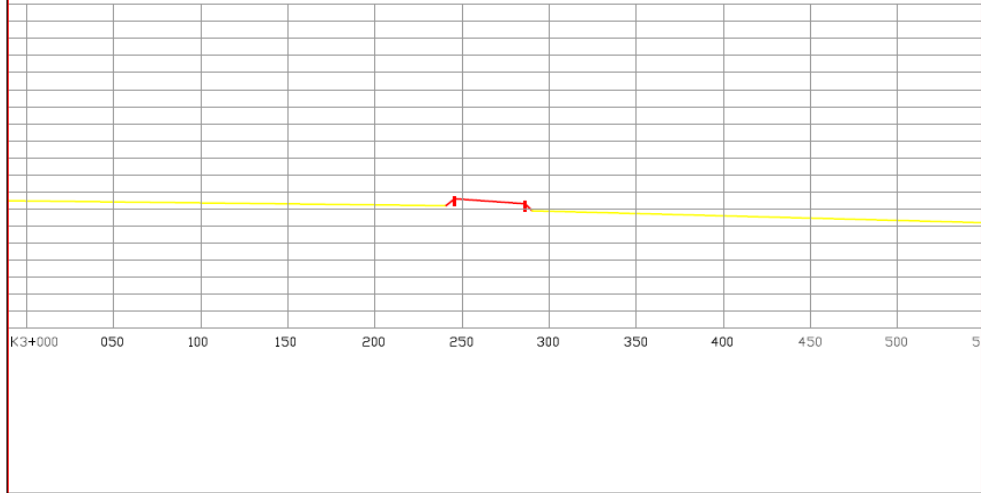
RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

HOJA 6 DE 14



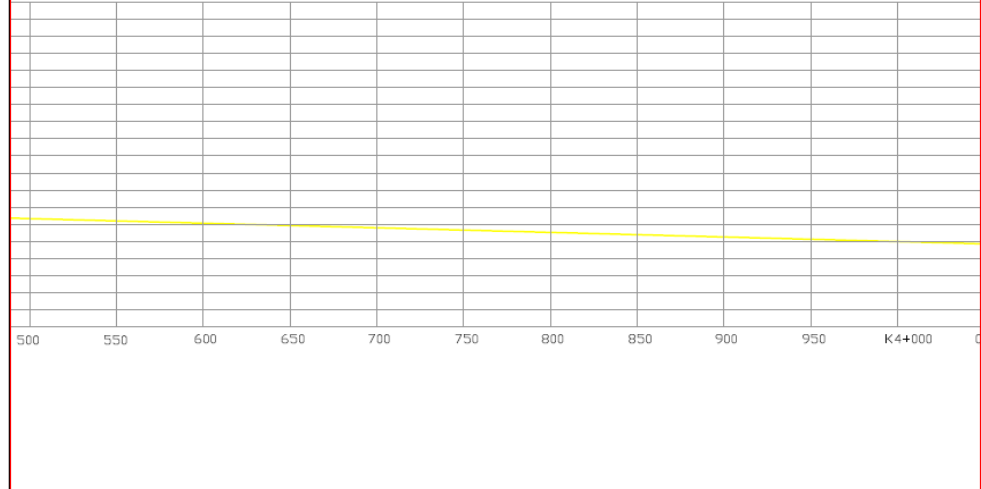
RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

HOJA 7 DE 14



RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

HOJA 8 DE 14

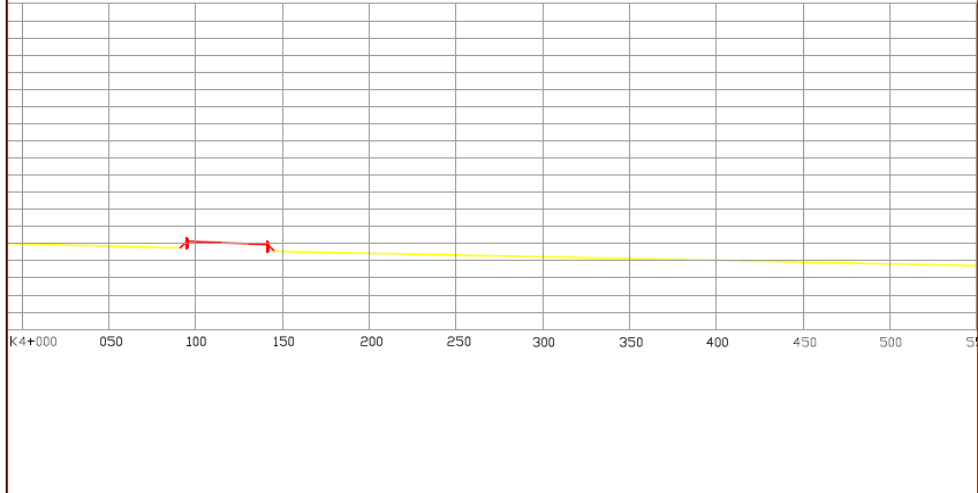




RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

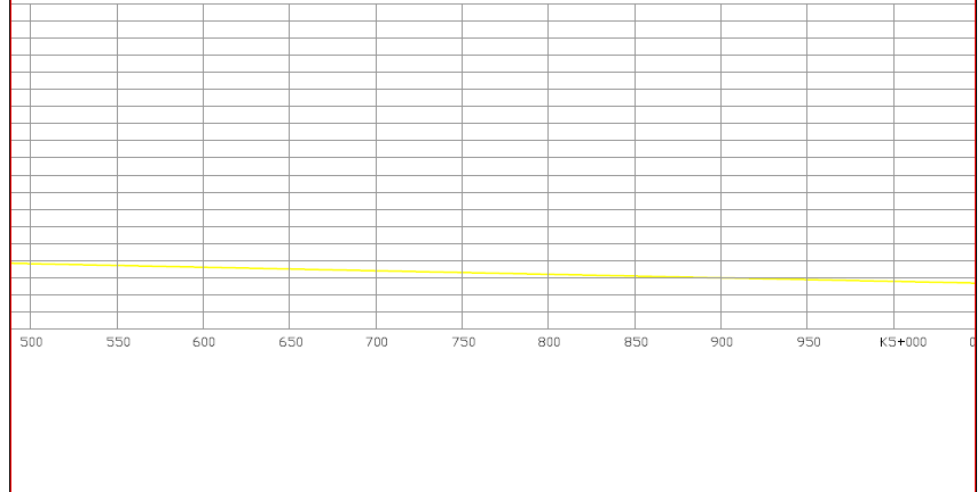
HOJA 9 DE 14

10 VIADUCTO



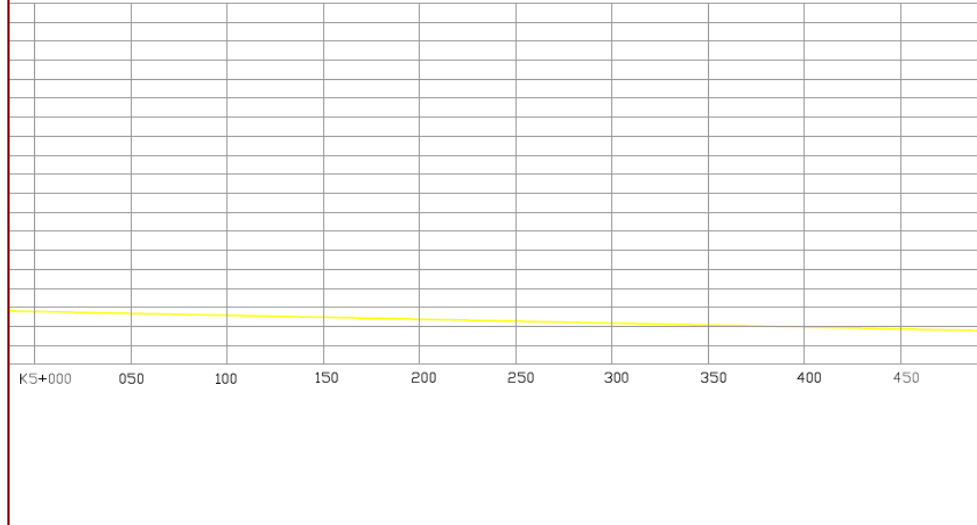
RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

HOJA 10 DE 14



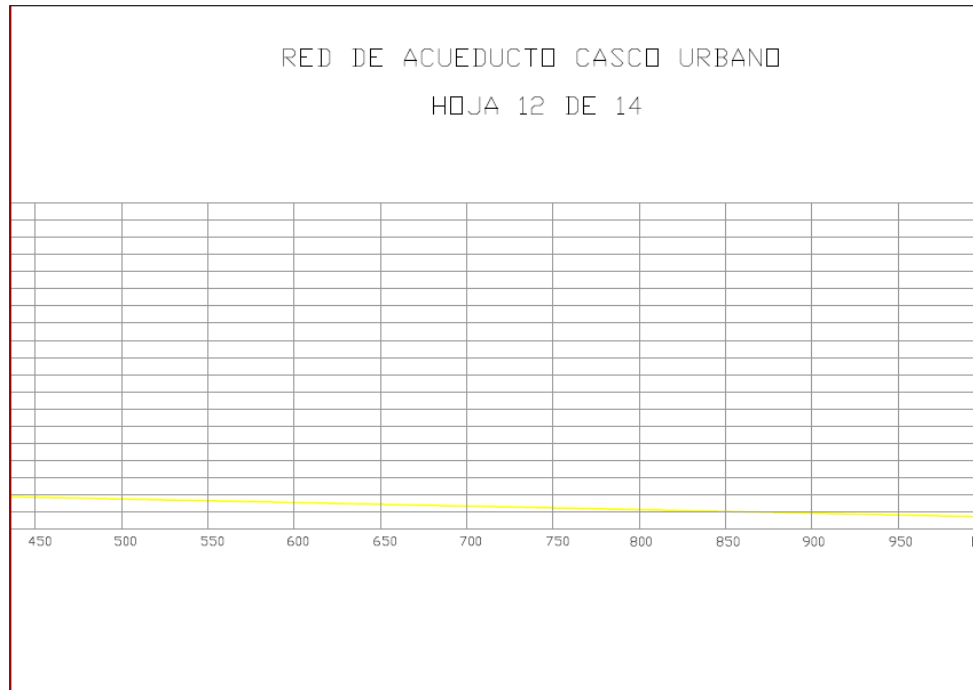
RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

HOJA 11 DE 14



RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

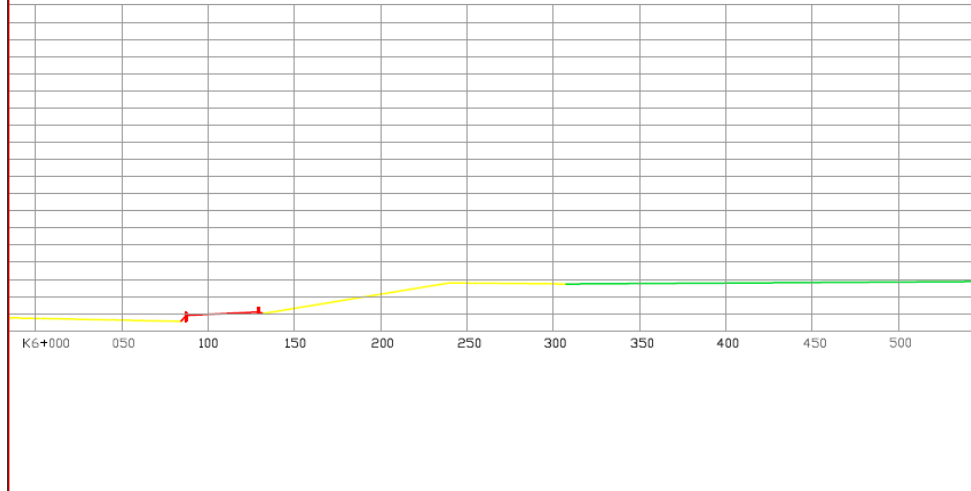
HOJA 12 DE 14



RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

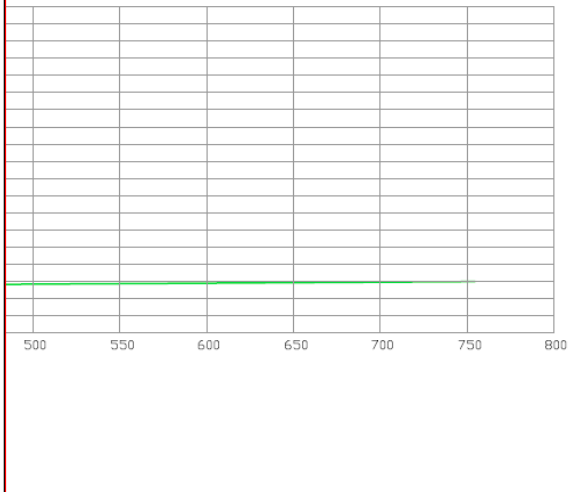
HOJA 13 DE 14

11 VIADUCTO

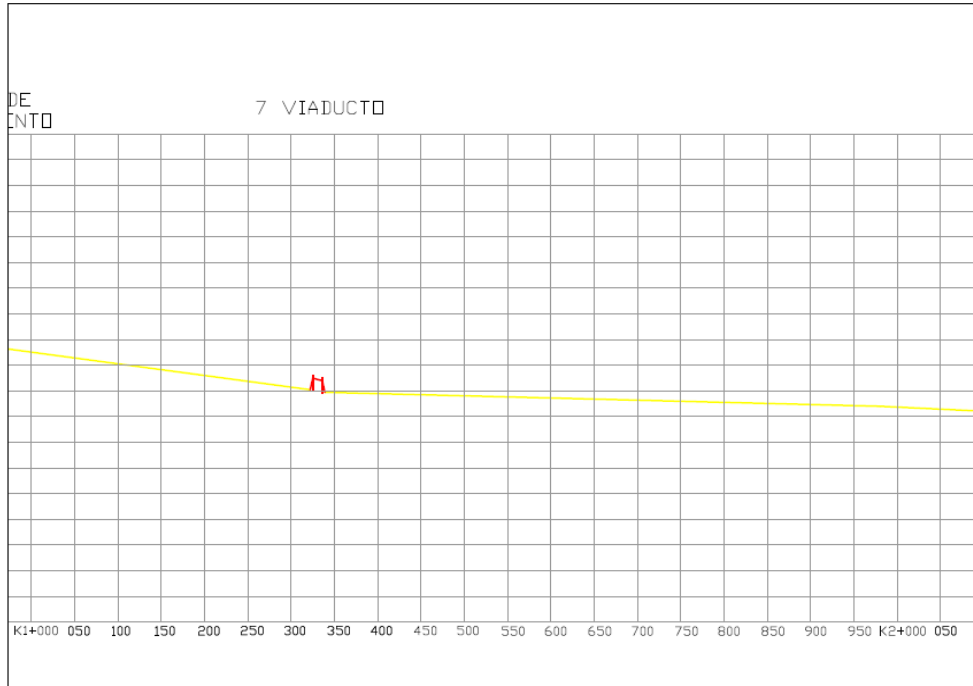
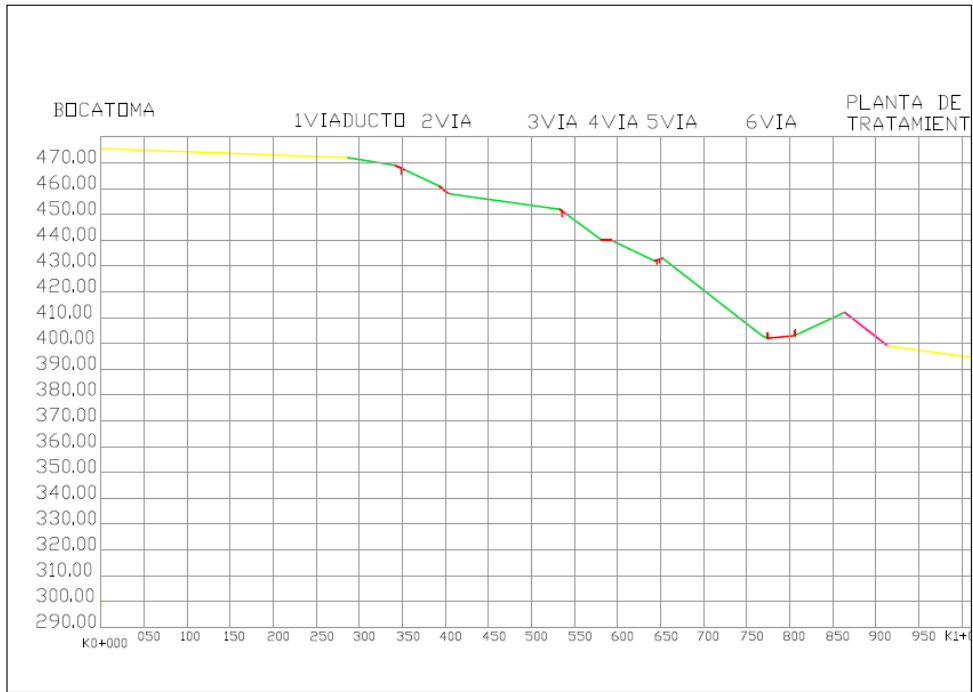


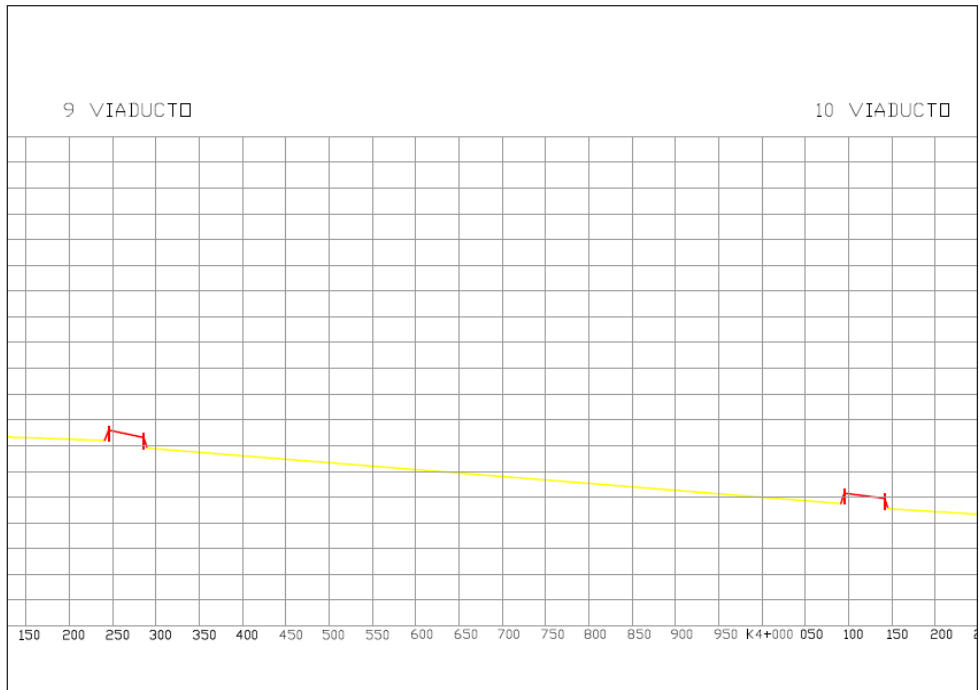
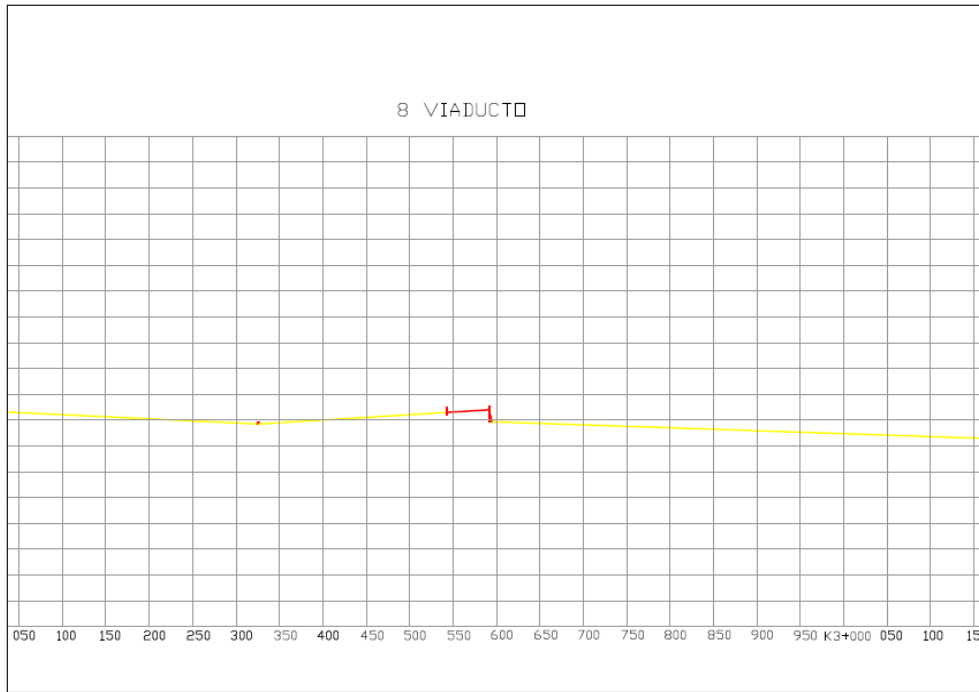
RED DE ACUEDUCTO CASCO URBANO

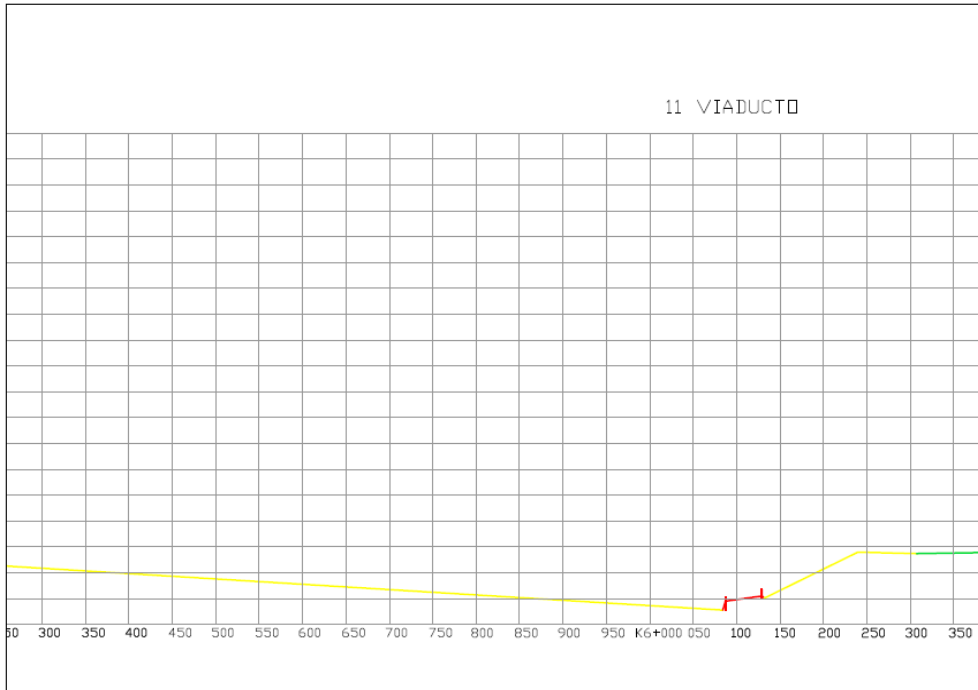
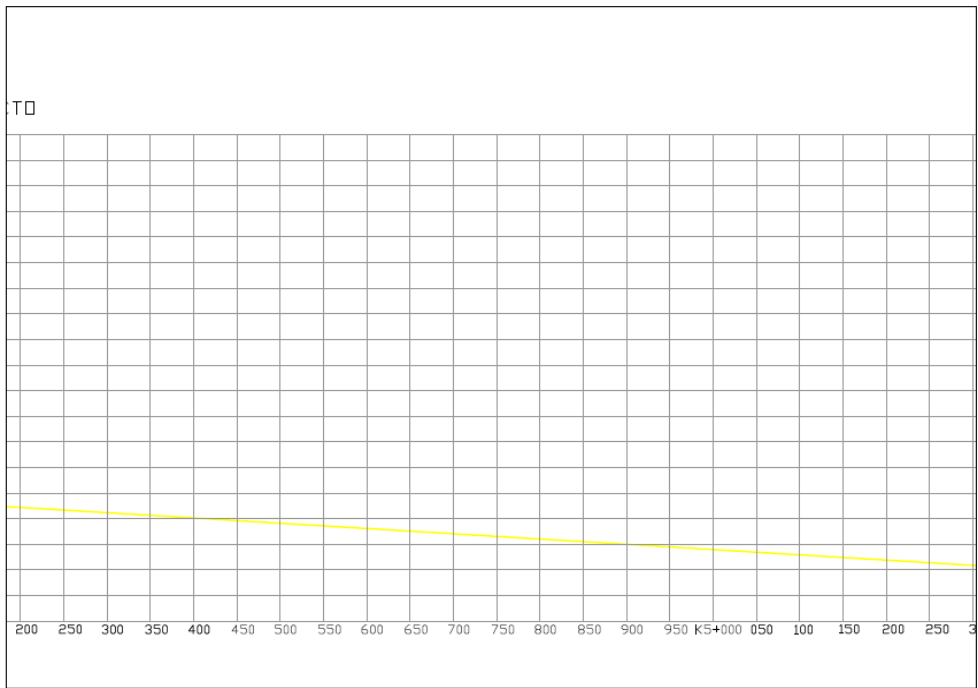
HOJA 14 DE 14

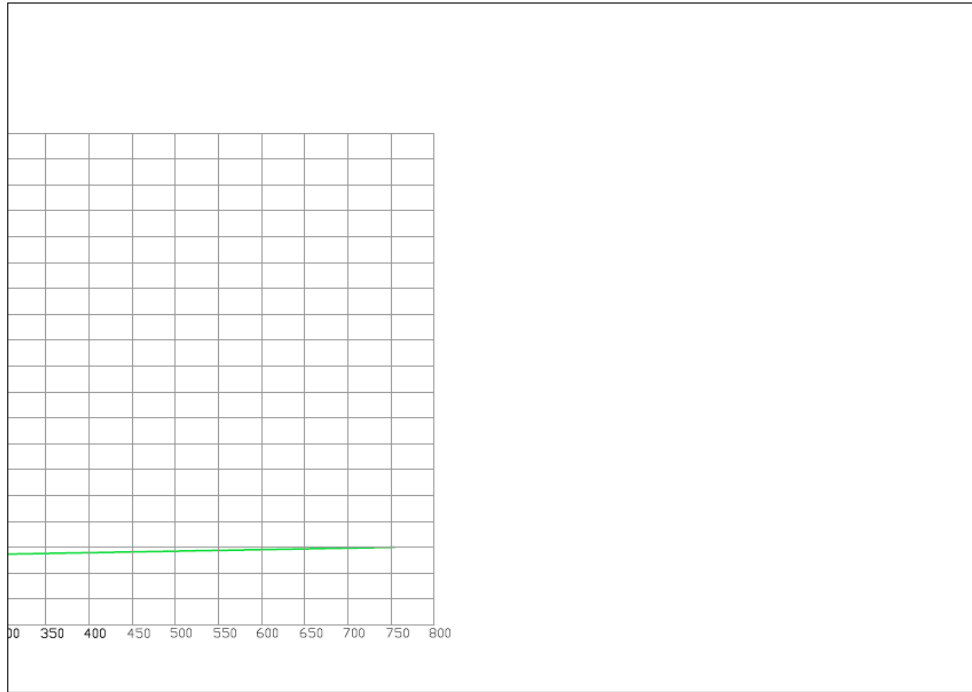


Fuente. ESPOCOELLO E.S.P.









Fuente. ESPOCOELLO E.S.P.

## ANEXO B. CERTIFICACIÓN ANÁLISIS DE AGUA



**LA SUSCRITA SECRETARÍA DE SALUD DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA  
CERTIFICA QUE:**

Evaluados los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano que suministró la persona prestadora del servicio público de acueducto: **EMPOCOELLO E.S.P.**, en el año 2015 al municipio de Coello, se obtuvieron mediante la vigilancia sanitaria los siguientes resultados para cada instrumento básico, así:

1. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano de la persona prestadora (IRCA<sub>App</sub>): Los resultados obtenidos fueron calculados de acuerdo a la revisión y análisis realizados de conformidad con los artículos 24, 25, 26 y 27 de la Resolución 2115 de 2007, y consignados en la Tabla No.1.

**TABLA N° 1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS IRCAS<sub>App</sub> AÑO 2015 EN EL ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE COELLO.**

MESES	N° MUESTRAS ANALIZADAS (1)	IRCA (%) MES (2)	RIESGO	PONDERACIÓN (1)x(2)	IRCA AÑO	RIESGO AÑO	
I	NO SE TOMARON MUESTRAS					30,92	MEDIO
II	NO SE TOMARON MUESTRAS						
III	NO SE TOMARON MUESTRAS						
IV	NO SE TOMARON MUESTRAS						
V	NO SE TOMARON MUESTRAS						
VI	3	37,32	A	111,95			
VII	2	89,25	IS	178,49			
VIII	3	5,37	B	16,12			
IX	4	16,13	M	64,51			
X	NO SE TOMARON MUESTRAS						
XI	NO SE TOMARON MUESTRAS						
XII	NO SE TOMARON MUESTRAS						
<b>SUMATORIA</b>	<b>12</b>			<b>371,07</b>			

2. Índice de Riesgo por Abastecimiento de Agua para Consumo Humano de la persona prestadora (IRABA<sub>App</sub>): Los resultados obtenidos de este instrumento fueron calculados de conformidad con los artículos 17 y 18 de la Resolución 2115 de 2007, y consignados en la Tabla No.2.
3. Buenas Prácticas Sanitarias (BPS<sub>App</sub>): Los resultados obtenidos de este instrumento fueron calculados de conformidad con la Resolución 082 de 2009, y consignados en la Tabla No.2.

Unidos Por La Grandeza Del Tolima  
 "Tolima Sede de los XX Juegos Deportivos Nacionales y IV Paranales"  
 Gobernación-Piso 6\*-Teléfono: (098) 2611111 Ext. 614-611-608  
 E-mail: [servicio@saludtolima.gov.co](mailto:servicio@saludtolima.gov.co)





TABLA N° 2 RESULTADOS OBTENIDOS DEL IRABApp Y BPSpp AÑO 2015 EN EL ACUEDUCTO URBANO DEL MUNICIPIO DE COELLO.

FECHA INSPECCIÓN SANITARIA AL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO AÑO 2015 (1)	INSTRUMENTOS BÁSICOS: IRABApp y BPSpp EVALUADOS		
	ÍNDICE DE RIESGO POR ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA PERSONA PRESTADORA - IRABApp (2)	NIVEL DE RIESGO IRABApp (3)	BUENAS PRÁCTICAS SANITARIAS (BPSpp) (4)
13/08/2015	50,00	ALTO	65,00

4. CERTIFICACIÓN SANITARIA PERSONA PRESTADORA: EMPOCOELLO E.S.P.

$$\text{PUNTAJE} = 0,50 \times \text{IRCAApp} + 0,20 \times \text{IRABpp} + 0,30 \times \text{BPSpp}$$

$$\text{IRCAApp} = 30,92 \% \text{ (De tabla N° 1)}$$

$$\text{IRABApp} = 50,00 \% \text{ (De tabla N° 2)}$$

$$\text{BPS} = 65,00 \% \text{ (De tabla N° 2)}$$

$$\text{CERTIFICACIÓN SANITARIA} = 0,50 \times 30,92 + 0,20 \times 50,00 + 0,30 \times 65,00 = 44,96\%$$

$$\text{CERTIFICACIÓN SANITARIA} = 44,69 \%$$

De acuerdo al ítem IV.5 del anexo técnico 2 del acta unificada de inspección sanitaria del acueducto urbano del Municipio de Coello administrado por EMPOCOELLO E.S.P., para el puntaje de 44,69 % le corresponde un Concepto Sanitario "Desfavorable".

4.1 CONCEPTO SANITARIO EMPOCOELLO E.S.P. = DESFAVORABLE

Se firma a los 10 días del mes de Diciembre de 2015

EDILMA ISABEL HURTADO CARDONA  
SECRETARIA DE SALUD DEL TOLIMA

Elaboró: Eduardo Alfonso Lozano Guarín/Julio Cesar Quintero Mónica