

## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMO APORTE PARA LA DESCONTAMINACION DE LA CUENCA DEL RIO CHICAMOCHA

### IMPLEMENTATION OF AN INTEGRATED WASTEWATER TREATMENT AS CONTRIBUTION TO THE DECONTAMINATION OF THE CHICAMOCHA RIVER BASIN

*Marisol, Orjuela Bravo*<sup>1</sup>  
*Henry Alexander, Peña Verdugo*<sup>2</sup>  
*Edgar Gerardo, Quiñones Ríos*<sup>3</sup>  
*Oscar Javier, Romero Martínez*<sup>4</sup>  
*Milton Eduardo, Sánchez Vega*<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Administradora, Docente, Estudiante de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Sena, Bogotá D.C., Colombia.

[marybravo25@gmail.com](mailto:marybravo25@gmail.com)

<sup>2</sup> Ingeniero Civil, Interventor, Estudiante de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Coservicios S.A. Bogotá D.C., Colombia

[civilinghenry@gmail.com](mailto:civilinghenry@gmail.com)

<sup>3</sup> Ingeniero de Sistemas, Presidente, Estudiante de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Fundación Agroecológica Guardianes sin Fronteras Fundagro, Bogotá D.C., Colombia.

[edgargar777@gmail.com](mailto:edgargar777@gmail.com)

<sup>4</sup> Ingeniero Civil, Estudiante de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Bogotá D.C., Colombia.

[ojromero@gmail.com](mailto:ojromero@gmail.com)

<sup>5</sup> Ingeniero Eléctrico, Profesional Experto, Estudiante de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Codensa S.A., Bogotá D.C., Colombia.

[mesanchez74@gmail.com](mailto:mesanchez74@gmail.com)

**Resumen:** El presente documento tiene como propósito fundamental determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la implementación de una planta para el tratamiento de aguas residuales en el municipio de Sogamoso, como solución parcial a la contaminación de la cuenca del río Chicamocha.

Dentro del documento se menciona la situación actual del tratamiento de estas aguas en el municipio, además se define que es una planta de tratamiento de aguas residuales, y se indican los objetivos principales y secundarios del proyecto así como su justificación.

Se explica el aspecto técnico del proyecto, se describe el proceso de tratamiento de las aguas, y se indican los diferentes componentes de la planta de tratamiento a desarrollarse, adicionalmente se indica la localización del proyecto.

Adicionalmente se analiza el aspecto económico y financiero, detallando los diferentes rubros de los cuales depende el proyecto, como son inversiones, costos operativos, rentabilidad, etc., también se determina la factibilidad financiera mediante un análisis económico y financiero.

Se indica el impacto ambiental, donde se muestran los diferentes beneficios para la cuenca del río Chicamocha y el municipio de Sogamoso.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía empleada.

Este documento pretende ser una aportación importante para la planeación y la toma de decisiones de actores locales y regionales para el tratamiento de aguas residuales.

**Palabras Clave:** Planta de tratamiento, aguas residuales, caudales, población, alcantarillado, cuenca, vertimientos, río.

**Abstract:** This document has as main goal, to determine the technical, financial and environmental viability of the implementation of a wastewater treatment plant, in the municipality of Sogamoso, as a partial solution to the pollution of the Chicamocha river basin.

The document shows the current state of the wastewater treatment in the town, also the definition of a Wastewater treatment plant, and the main and secondary goals of the project as well as its justification.

The technical issues are explained, the definition of the wastewater treatment process and indicates the components of the plant to be developed; besides the location of the project is shown.

Besides, the economic and financial assessment is analyzed, detailing the different sources of which the project depends on, as investments, operational costs, profitability, etc. Also the financial viability is determined through an economic and financial analysis.

The environmental impact is indicated, showing the different benefits for the Chicamocha's river basin and the municipality of Sogamoso.

Finally the conclusions and recommendations are presented as well as the literature consulted.

This document is intended to be an important contribution to the planning and the decision making of the local and regional authorities of the wastewater treatment.

**Keywords:** Treatment plant, wastewater flows, population, sewer, river, discharges, river.

## **1 Introducción**

### **1.1 Localización Geográfica del municipio de Sogamoso**

El proyecto se desarrolla en el municipio de Sogamoso, localizado en la parte central del departamento de Boyacá, en la Provincia de Sugamuxi, entre las coordenadas N=1.109.000–1.130.000 m, y E=1.122.000–1.145.000 m, sector nororiente del país. Constituye un área de 208.54 km<sup>2</sup> y se encuentra en una altitud entre los 2.500 m.s.n.m. y los 3400 m.s.n.m. [1]

Áreas de Influencia del proyecto: se define como aquella zona donde se circunscriben o actúan los efectos ambientales del mismo. Se ha subdividido en tres circunscripciones geográficas a saber: regional, directa e indirecta. [1]

Área de Influencia Regional: se localiza en la parte central del departamento de Boyacá, en la Provincia de Sugamuxi, limita al norte con los municipios de Nobsa y Tópaga, al oriente con los municipios de Tópaga, Monguí y Aquitania, al sur con los municipios de Aquitania, Cuítiva e Iza y al occidente con los municipios de Tibasosa, Firavitoba e Iza. El área de influencia regional está definida por la cuenca del río Chicamocha, debido a las metas de descontaminación regional a las cuales están comprometidos todos los Municipios del corredor industrial, Tunja, Paipa, Duitama y Sogamoso. [1]

Área de Influencia Indirecta: es aquella en la que no se construyen obras ni se realizan actividades específicas, pero que de alguna manera puede ser afectada por el proyecto; dentro de esta área se encuentra toda la ciudad de Sogamoso, puesto que la obra tiene trascendencia sobre la salud pública de todo la comunidad. [1]

Área de influencia Directa: estará limitada en la etapa de construcción y operación de la red de colectores por la ronda derecha del canal de desecación principal desde el Puente Germania hasta el sector de puente Chameza y hasta los límites de barrio Gustavo Jiménez y las vías K 11 y Av. Cementos Boyacá hasta el canal del Caimán, en una longitud de 13,716 km; en una franja de 30 metros a lado y lado del eje de la tubería. Para ubicación proyectada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR, el área de influencia directa es de 50 metros a la redonda del sitio, tanto para la etapa de construcción como de operación. [1]



Fig. 1. Localización Geográfica del proyecto, Área de influencia Directa.

Fuente: Estudio de factibilidad y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) [1]

## 1.2 Manejo actual de las aguas residuales en Sogamoso.

El progreso del sistema de alcantarillado de la ciudad de Sogamoso está estrechamente relacionado con el desarrollo histórico de las soluciones a las inundaciones, y a la construcción de las canalizaciones de sus diversas corrientes naturales y caños para desecación de la localidad, a las cuales fueron vertidas paulatinamente las aguas residuales generadas por la población creciente hasta llegar a la situación actual de una alta contaminación de estos cauces receptores. [1]

En la historia reciente de la ciudad de Sogamoso, a través de los diversos periodos de administración de la alcaldía municipal, se han venido adelantando los estudios, diseños y la ejecución de las obras correspondientes a los sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y combinado para resolver el aumento de la demanda de estos caudales debido al crecimiento constante del casco urbano, y simultáneamente del crecimiento de la actividad comercial e industrial. [1]

El sistema de alcantarillado del municipio de Sogamoso funciona por gravedad y fue concebido inicialmente como un sistema sanitario, gradualmente se convirtió en razón del uso y la costumbre en un sistema de tipo combinado, y a él son descargadas las aguas residuales domésticas generadas por el 85% de la población, los residuos líquidos comerciales e industriales, y caudales por escorrentía generados por las lluvias. El sistema general de drenaje tiene un sentido predominante sur-norte. Las aguas residuales son conducidas directamente a los colectores principales mediante el sistema de redes secundarias, interceptores y canales naturales ubicados a lo largo y ancho del municipio, para ser vertidas sin tratamiento previo al río Chicamocha, corriente receptora final. [1]

A pesar de la optimización del sistema de colectores principales y redes secundarias del sistema de alcantarillado, las aguas residuales producidas en la ciudad son vertidas al río Chicamocha sin practicarles ningún proceso de tratamiento y descontaminación, por lo tanto, se está contaminando la cuenca del río en un alto grado, toda vez que sus aguas son mezcladas con las residuales y arrastradas a lo largo de su cauce natural involucrando en su afectación a las demás zonas que se relacionan aguas abajo y las actividades dependientes del río. [1]

Teniendo en cuenta las condiciones sanitarias actuales de disposición de las aguas residuales domésticas del municipio y las razones expuestas anteriormente, la eliminación inmediata y sin molestias del agua residual desde sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y evacuación, no es solamente deseable sino necesaria. De allí, que tanto para Corpoboyacá como para la Administración Municipal es conveniente que el municipio de Sogamoso cuente con un sistema de tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales domésticas antes de su vertimiento al río Chicamocha y, de esta forma, cumplir no sólo con la normatividad

ambiental vigente para la preservación de los recursos naturales sino también con el mejoramiento de la calidad de vida y la salud de la comunidad. [1]

### 1.3 Problemática generada por las aguas residuales en Sogamoso

El agua residual del municipio es generada por diferentes consumidores los cuales en su mayoría corresponden a usos de origen doméstico de viviendas y de servicios comerciales, y en menor escala, pero de manera significativa aguas de tipo industrial (mataderos, talleres, industrias, etc.). La falta de tratamiento para las aguas residuales vertidas a lo largo de la red de canales ha traído como consecuencia la presencia de ciertos riesgos ambientales y de salud pública típica de esta situación, tales como vectores y enfermedades infectocontagiosas, y contaminación de recursos, natural (agua, suelo flora y fauna). Adicionalmente, y dado que las aguas residuales atraviesan a cielo abierto parte del municipio se han generado enfermedades virales e infectocontagiosas en la población circundante. Por último, las aguas residuales se están utilizando en el riego de cultivos, con los graves problemas que esto trae a la población que consume estos productos. [1]

Si bien, la población del centro de la ciudad, no recibe un impacto directo, dado que se cuenta con un sistema de alcantarillado de aguas servidas con el cual está cubierto el 87% de la misma, la población de los sectores periféricos y adyacentes a los vertimientos o al río Monquirá, están recibiendo un impacto directo de esta situación y deben enfrentar entre otros, los malos olores, la presencia de zancudos y ciertas bacterias y virus que provocan enfermedades de tipo diarreico agudas. Como consecuencia de la contaminación de los afluentes a donde van a desembocar las aguas residuales, se genera un proceso de degradación de los recursos involucrados en la zona afectada y de las condiciones de habitabilidad para las comunidades. [1]

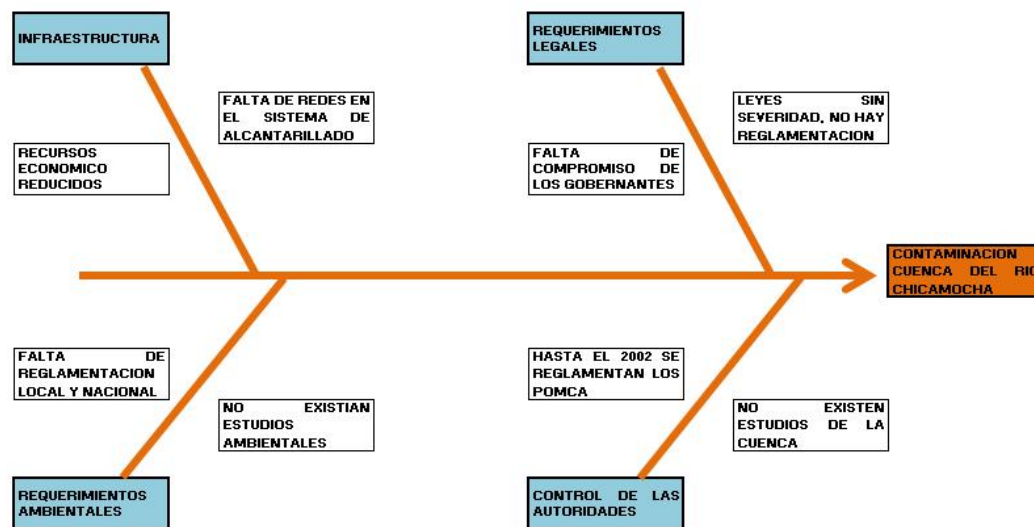


Fig. 2. Diagrama Causa – Efecto Contaminación Cuenca del Río Chicamocha.

Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011

### 1.4 Reglamentación para la descontaminación de la cuenca del río Chicamocha

La cuenca alta del río Chicamocha es una de las más importantes y extensas del departamento de Boyacá, cuenta con un área aproximada de 214.000 Há y las principales corrientes de agua son Chulo, Piedras, Cormechoque, Siachoque, Tuta, Sotaquirá, Salitre, Pesca, Chiquito, Surba, el Hato y Chiticuy. Se relaciona directamente incluyendo la capital del departamento con 21 cabeceras municipales como son Tunja, Soracá, Motavita, Chivata, Combita, Ociará, Siachoque, Toca, Tuta, Sotaquirá, Paipa, Duitama, Santa Rosa, Tibasosa, Firavitoba, Pesca, Iza, Nobsa, Tota, Cuítiva y Sogamoso. [1]

Alrededor del río Chicamocha se han venido desarrollando estos 21 municipios involucrando a 517.089 habitantes con 380.730 urbanos y 136.359 rurales. Los municipios pertenecientes a esta cuenca en su afán de atender las necesidades de la población en lo relacionado con el saneamiento básico, han encontrado la solución para la recolección y evacuación de las aguas residuales realizando el vertimiento de las mismas al río, degradando la calidad del agua y generando los riesgos ambientales y de salud pública típicos de esta

situación, tales como vectores, enfermedades infectocontagiosas y contaminación de recursos naturales (agua, suelo, flora y fauna). [1]

El gobierno nacional en su responsabilidad de proteger a la comunidad y los recursos naturales promueve el “Plan de ordenación y manejo ambiental de cuenca hidrográfica (abastecedora)” POMCA mediante el decreto 1729 de 2002. La autoridad competente de la región la corporación autónoma regional de Boyacá “CORPOBOYACA” hace participativa esta responsabilidad y solicita a cada municipio expedir una norma complementaria, que faculte a las Autoridades Ambientales para la expedición del aval ambiental a los Planes de Desarrollo de los entes territoriales, para que se incorpore con obligatoriedad los acuerdos o programas de inversión a corto, mediano y largo plazo de los POMCAS. El municipio de Sogamoso debe dar respuesta a estos requerimientos, por lo tanto, se evidencia la necesidad de realizar el análisis comparativo de los sistemas generales de tratamiento de aguas residuales teniendo en cuenta los criterios financieros, económicos, sociales, técnicos, ambientales y legales. [1]



Fig. 3. Municipios responsables de la Cuenca

Fuente: Estudio de factibilidad y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) [1]

De acuerdo a la necesidad planteada, se analizará la viabilidad de la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales desde el punto de vista técnico, financiero, social y ambiental determinando los siguientes aspectos:

- Tipo y cantidad de aguas residuales generadas por los habitantes del municipio de Sogamoso – Boyacá.
- Esquema e inventario de la infraestructura existente del sistema general de Alcantarillado, canales y fuentes naturales de la ciudad de Sogamoso involucradas con el transporte y descarga de las aguas residuales.
- Comparación de los diferentes métodos de tratamiento de aguas residuales.
- Infraestructura del Sistema de tratamiento de aguas Residuales con sus componentes y características.

### 1.5 Marco Teórico

Los ríos, lagos y mares recogen, desde tiempos inmemoriales, las basuras producidas por la actividad humana. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que arrojamos los residuos

producidos por nuestras actividades. Pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., se encuentran, en cantidades mayores o menores, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida. [2]

Primero fueron los ríos, las zonas portuarias de las grandes ciudades y las zonas industriales las que se convirtieron en sucias cloacas, cargadas de productos químicos, espumas y toda clase de contaminantes. Con la industrialización y el desarrollo económico este problema se ha ido trasladando a los países en vías de desarrollo, a la vez que en los países desarrollados se producían importantes mejoras. [2]

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluviales y marítimos que, en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas. [2]

Las redes de control de la calidad de los ríos y lagos, son sistemas de vigilar la calidad de las aguas y el estado ambiental de los ríos. Con ellas se pueden detectar las agresiones que sufren los ecosistemas fluviales y se recoge información de tipo ambiental, científico y económico sobre los recursos hídricos. La evaluación de la calidad de las aguas es una materia difícil, en la que se discute cuales son los mejores indicadores para evaluar el estado del agua. El problema reside fundamentalmente en la definición que se haga del concepto "calidad del agua". Se puede entender la calidad como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O, como la define la Directiva Marco de las Aguas, como aquellas condiciones que deben mantenerse en el agua para que ésta posea un ecosistema equilibrado y que cumpla unos determinados objetivos de calidad que están fijados en los planes hidrológicos de cuenca. [2]

La mayoría de los vertimientos de aguas residuales que se hacen en el mundo no son tratados. Simplemente se descargan en el río, mar o lago más cercano y se deja que los sistemas naturales, con mayor o menor eficacia y riesgo, degraden los desechos de forma natural. En los países desarrollados una proporción, cada vez mayor, de los vertidos es tratada antes de que lleguen a los ríos o mares en EDAR (estaciones depuradoras de aguas residuales). [2]

El objetivo de estos tratamientos es, en general, reducir la carga de contaminantes del vertido y convertirlo en inocuo para el medio ambiente. Para cumplir estos fines se usan distintos tipos de tratamiento dependiendo de los contaminantes que arrastre el agua y de otros factores más generales, como localización de la planta depuradora, clima, ecosistemas afectados, etc. [2]

Existen distintos tipos de tratamiento como son Físicos, Químicos y Biológicos de las aguas residuales para lograr retirar contaminantes. Se pueden usar desde sencillos procesos físicos como la sedimentación, en la que se deja que los contaminantes se depositen en el fondo por gravedad, hasta complicados procesos químicos, biológicos o térmicos. [2]

Los modelos de la administración contemporánea como el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) "es un ciclo dinámico que puede desarrollarse dentro de cada proceso de la organización y en el sistema de procesos como un todo, está íntimamente asociado con la planificación, implementación, control y mejora continua." [3] ver figura No 4, aportarán a la investigación esquemas prácticos para el correcto gerenciamiento y funcionamiento del sistema de tratamiento de las aguas residuales del municipio de Sogamoso para la descontaminación de la cuenca del Rio Chicamocha. Esta es una necesidad de atención inmediata para el municipio toda vez que "dentro de la problemática del saneamiento básico de comunidades tiene enorme importancia el suministro de agua potable y la recolección de aguas residuales. Cualquier población, por pequeña que esta sea, debería contar como mínimo con los servicios de acueducto y alcantarillado, si se espera de ella un desarrollo social y económico y, ante todo, la reducción de las altas tasas de morbilidad y mortalidad en especial de la población infantil". [4]



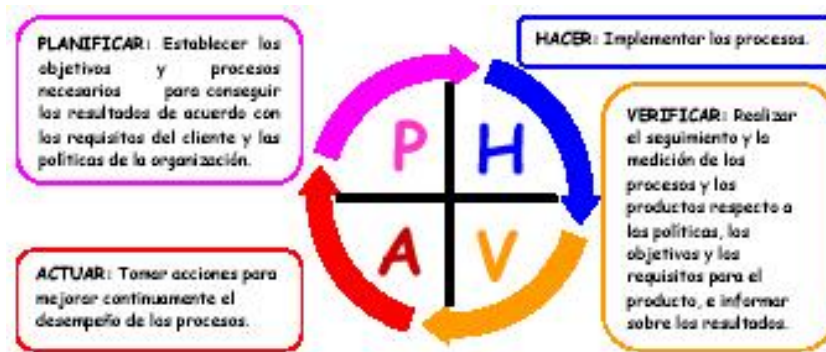


Fig. 4. Ciclo de Mejora Continua  
Fuente: NTP ISO 9000:2001

Basados en el diagrama de causa efecto se identificarán las anomalías presentadas en el manejo de las aguas residuales, donde se focalizaran las principales causas que generan la contaminación de la cuenca del río Chicamocha. Para la realización del diagrama se referencia la obra de Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara Salazar, donde indican que el diagrama de Ishikawa “es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama es que obliga a contemplar todas las causas que pueden afectar el problema bajo análisis y de esta forma se evita el error de buscar las soluciones sin cuestionar a fondo cuales son las posibles causas” [5].

Para lograr la aplicación de estas teorías y conceptos tenemos como base el Plan de ordenamiento territorial del municipio de Sogamoso - Boyacá en el cual se conceden unas facultades: “Artículo 4°. Objeto: El ordenamiento del territorio del municipio de Sogamoso - Boyacá tiene por objeto complementar la planeación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio, propiciar su desarrollo y aprovechamiento sostenible, teniendo en consideración las relaciones intermunicipales y regionales, las condiciones de diversidad étnica y cultural, así como la utilización óptima de los recursos naturales, económicos y humanos para el logro de una mejor calidad de vida, igualmente definir las políticas de desarrollo urbano y rural y adoptar las reglamentaciones urbanísticas orientadas a ordenar el cambio y el crecimiento físico del municipio y de su espacio público. [6]

### 1.6 Metodología

Este trabajo de Investigación desarrollará de manera descriptiva, los eventos que se presentan en el municipio de Sogamoso relacionados con la contaminación de la cuenca del río Chicamocha por el vertimiento de las aguas residuales, lo anterior, teniendo en cuenta todas sus etapas, desde la generación de estos caudales, su manejo y la identificación de los programas o medidas de mitigación para la descontaminación de la misma cuenca.

Se tomará como punto de partida la base de datos del sistema de Alcantarillado de la ciudad, en donde se identifican los registros de los caudales de aguas residuales con sus referencias complementarias, desde los requerimientos ambientales se establecerán los lineamientos para fijar los parámetros de análisis y diseño.

Siguiendo el objetivo del presente estudio se trazarán los criterios financieros, económicos, sociales, técnicos, ambientales y legales para realizar la elección de la mejor alternativa de solución para el tratamiento de las aguas residuales de Sogamoso e iniciar con la descontaminación de la cuenca del río Chicamocha.

Se recopilará, revisará y analizará la información estadística de la Compañía de Servicios Públicos de Sogamoso COSERVICIOS S.A. ESP relacionada con la generación de las Aguas Residuales. Se definirá Técnica y Financieramente el sistema adecuado para el Tratamiento de las Aguas Residuales del municipio de Sogamoso.

Se revisaran los requerimientos ambientales de la Entidad competente en la región, en este caso La Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACA, para ajustar el Sistema de Tratamiento con sus componentes a la normatividad vigente.

Se presentará la programación de actividades para definir la correlación de los ítems para lograr el resultado esperado y el informe final con la descripción completa de los análisis y resultados del diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Sogamoso.

## 2 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

### 2.1 Evaluación del Sistema de Tratamiento

El proceso de identificación del Sistema de Tratamiento de aguas residuales para el municipio de Sogamoso se divide en dos grandes paquetes de trabajo, el primero corresponde a la etapa de Consultoría e incluye los “Estudios y Diseños”, en el segundo se desarrolla la etapa de “Construcción y Operación”, a su vez, estos son subdivididos en tareas y actividades discriminados en la WBS (work breakdown structure) generada para el proyecto.

De acuerdo a las actividades establecidas en la WBS se identificaron los recursos y tiempos de duración necesarios para el desarrollo de cada una de ellas, posteriormente se desarrolló el Plan de Trabajo (Fig. 5) para determinar la fecha de inicio, fecha de terminación, las simultaneidades y ruta crítica en la ejecución del proyecto.

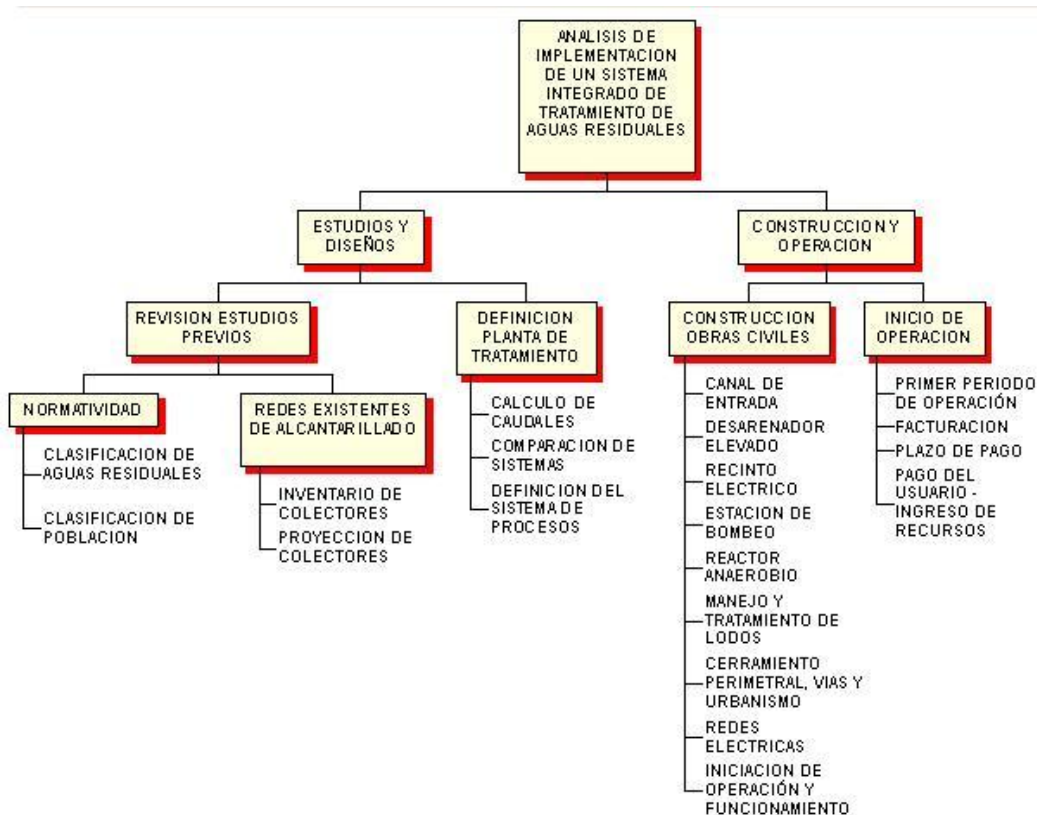


Fig. 5. WBS Implementación de un Sistema Integrado de Tratamiento de aguas Residuales.

Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011



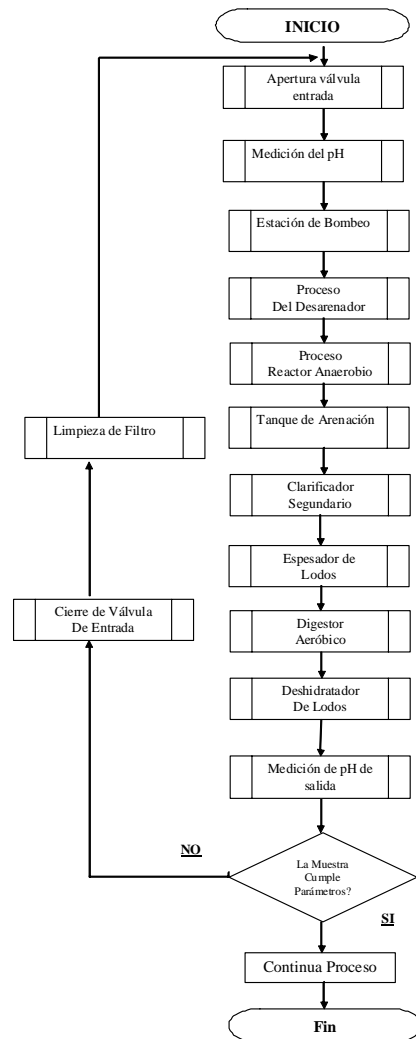


Fig. 6. Diagrama de Flujo PTAR. –  
Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011

## 2.2 Clasificación técnica del proyecto

El objetivo de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas (PTAR) es el de reducir una cantidad de contaminantes presentes en el agua, a tal nivel, que esa agua pueda ser vertida nuevamente a cuerpos de agua receptores, sin el perjuicio de afectar el medio acuático y la capacidad autodepuradora del sistema". A continuación se describen sus componentes:

**Tratamientos preliminares:** Permiten aumentar la efectividad en los procesos posteriores, tienen como objetivo remover objetos grandes y abrasivos. Entre las estructuras de tratamiento que se utilizarán esta las rejillas y desarenadores. [1]

**Tratamientos Primarios:** Permiten remover principalmente los contaminantes sedimentables, algunos sólidos suspendidos y flotantes a través de procesos físicos; para el caso el tanque de carga en la primera etapa a un que no se diseñó con ese propósito tiene la facultad adicional de permitir la homogenización de las aguas residuales que entran al tratamiento primario y hay sedimentación de lodos. [1]

**Tratamientos secundarios:** Permiten remover la materia orgánica soluble y suspendida fundamentalmente mediante procesos Biológicos (acción de microorganismos). [1]

Tratamientos terciarios o avanzados: Este permite el refinamiento de los efluentes del tratamiento secundario por medio de procesos más complejos de carácter fisicoquímico y biológico. Se busca por lo general remover los remanentes de nitrógeno, fósforo, orgánicos e inorgánicos disueltos y acondicionar los lodos procedentes de los tratamientos para su aprovechamiento o disposición final. [1]

La producción de aguas residuales en el área urbana del municipio se asocia principalmente con el agua que se suministra a las diferentes residencias, después de haber sido contaminada por los diversos usos a que se somete. Desde el punto de vista de las fuentes de generación, las aguas residuales pueden definirse como una combinación de líquidos o aguas portadoras de residuos procedentes de sanitarios, orinales, duchas, cocinas, zona comercial a las que pueden agregarse alguna contribución de actividades de pequeñas industrias, aguas subterráneas, superficiales y pluviales por el efecto de infiltración y conexiones erradas. [1]

### **2.3 Procesos de la Planta de tratamiento de aguas residuales PTAR.**

El conocimiento de las características del agua residual es esencial para el diseño de las instalaciones de tratamiento, evacuación y para la gestión de calidad del medio ambiente. (Ver Tabla 1) Teniendo en cuenta las características de las aguas residuales que se generan, la capacidad de asimilación del río Chicamocha y el análisis de alternativas realizado, la primera etapa de la planta incluye la construcción de tres módulos, cada uno para tratar 96 l/s, que consta de las siguientes unidades: una estación de bombeo para elevar las aguas residuales hasta una cota que permita el funcionamiento de la planta por gravedad, un pre tratamiento conformado por un sistema de rejillas de limpieza manual o mecánica localizadas a la entrada de las aguas residuales al desarenador que se utilizará como tratamiento preliminar para la remoción de arenas, antes del bombeo. Como tratamiento primario se proyectó un reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente (RAMLFA). [1]

En la segunda etapa se propone construir un cuarto reactor de tratamiento primario, y sí la evaluación que se haga en ese momento del cuerpo receptor lo amerita o lo exige la entidad de control se construirán los módulos correspondientes al tratamiento secundario, es decir, el sistema de lodos activados de alta tasa. [1]

De acuerdo con ello, la planta de tratamiento del municipio de Sogamoso propuesta es de tipo modular para tratar las aguas residuales domésticas generadas por los habitantes de la zona urbana del municipio, correspondiente a una población proyectada al año 2030 de 179718 habitantes, que generarán un caudal medio diario de aguas residuales de 384 l/s, incluyendo las aguas de infiltración. En el diseño de las obras de entrada del flujo a la planta de tratamiento se han tenido en cuenta no sólo las variaciones de caudal que se presentan normalmente a lo largo de un día típico, sino también las variaciones que ocurrirán por efectos de la operación del sistema de bombeo de las aguas residuales localizado antes de la entrada a la planta. [1]

La calidad del agua y el caudal del río Chicamocha, que es la corriente receptora de las aguas residuales que se generan en la cabecera municipal de Sogamoso, evaluadas durante las fases de Diagnóstico y Análisis de Alternativas indican que es suficiente que el sistema de tratamiento que se implemente tenga una eficiencia igual o mayor al 80% a lo largo del horizonte de planeación definido hasta el año 2030 para la elaboración del Plan de Optimización del Sistema de Alcantarillado. Con este criterio se cumple con la meta regional de reducción de la contaminación del recurso hídrico definida por Corpoboyacá para el río Chicamocha que es uno de los más importantes del Departamento de Boyacá. No se justifica una mayor eficiencia, si se tiene en cuenta la capacidad de autodepuración del cuerpo receptor aguas abajo del punto de vertimiento estimado. [1]

La combinación de un tratamiento primario mediante procesos anaerobios seguido de un tratamiento secundario con lodos activados de alta tasa, se considera la mejor alternativa para el tratamiento de las aguas residuales del municipio de Sogamoso, no solo por la confiabilidad en términos de las eficiencias esperadas, sino también por factores económicos, de operación, mantenimiento, control e impacto ambiental. [1]

Se propone la implementación de una primera etapa que incluye la construcción y puesta en marcha, inicialmente, de los tratamientos preliminares y primarios, que se complementaría con una segunda etapa en el año 2020 con la construcción de los tratamientos secundarios, manteniendo en el primer caso una eficiencia mínima del 50% en remoción  $DBO_5$  (Demanda bioquímica de oxígeno) y sólidos suspendidos, y en el segundo mayor del 80%. De esta forma, la concentración del oxígeno disuelto en la cuenca media del río Chicamocha a su paso por el área urbana del municipio de Sogamoso, siempre estará por encima de 5 mg/l y

el recuento de organismos coliformes fecales por debajo de 1000 por 100 ml, que es un valor apropiado para la presencia de vida acuática y la utilización del recurso hídrico para el uso agricultura, respectivamente. [1]

**Tabla 1.** Composición de las aguas residuales del municipio de Sogamoso

Parámetro	Promedio ponderado caracterización*	Promedio ponderado caracterización**	Composición promedio
Caudal medio, l/s	318.82	294.64	307
Temperatura, °C	18.21	18.21	18.2
pH, un	7.25	7.25	7.3
DQO, mg/l	336.46	332.57	335
DBO <sub>5</sub> , mg/l	174.25	171.95	173
Grasas y Aceites	44.24	44.08	44
Fósforo Total	4.75	4.72	5
Nitrógeno Total	37.07	36.91	37
SST, mg/l	140.32	133.78	137
SSV, mg/l	113.11	106.87	110
S sedimentables, ml/l	1.72	1.64	1.7
Caudal promedio futuro, l/s	-	-	384
Población actual, hab			123868
Población futura, hab	-	-	179718
Aporte DBO <sub>5</sub> , g/(hab.día)	45.59+	41.58+	44+
Aporte DQO, g/(hab.día)	88.03+	80.41+	84+
Aporte SS, g/(hab.día)	36.71+	32.35+	35+
Carga DBO <sub>5</sub> , kg/día	4666	4256	7441
Carga DQO, kg/día	9011	8231	14379
+Carga SS, kg/día	3758	3311	5895

\* Media aritmética

\*\* Media geométrica

+ Aporte calculado con base en el 85% de cobertura actual del alcantarillado

Fuente: Estudio de factibilidad y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) [1]

### 2.3.1 Etapas de Tratamiento

Las siguientes son las etapas del sistema de tratamiento adoptado para el municipio de Sogamoso:

**Entrada del Flujo al Pozo de Bombeo:** el caudal de aguas residuales llega al pozo mediante un interceptor en tubería de 1000 mm de diámetro con cota de batea 2.469.23 msnm. Inicialmente entra a un canal de 1,60 m de ancho y 1.5 m de altura en un tramo de 2.0 m y luego se reduce a 1.0 m. [1]

**Rejilla:** se utilizará para separar la fase líquida de los sólidos que se han dispersado en fragmentos gruesos, así como otros elementos que puedan estar presentes flotando o en suspensión en las aguas residuales domésticas. [1]

**Estación de Bombeo:** debido a la diferencia de cotas entre el terreno y la entrada del interceptor principal al canal, se concluye que es indispensable implementar una estación elevadora de las aguas residuales hasta la planta de tratamiento. Por lo anterior, se considera práctico bombear las aguas residuales hasta una altura tal, por encima del reactor anaerobio, que permita continuar por gravedad hacia las otras unidades de tratamiento.

El sistema de bombeo debe contar mínimo con una bomba de reserva (stand-by) por módulo, la cual pueda entrar en funcionamiento en caso de falla de alguna de la(s) bomba(s) que conforma(n) el sistema. [1]

Desarenador: es una unidad destinada a retener la arena y otros detritos minerales pesados que se encuentran en las aguas residuales domésticas como arena, cáscaras de huevo, guijarros, pedazos de ladrillo, partículas metálicas, carbón, etc. Parte de estos materiales son transportados por el alcantarillado a partir de fenómenos de escorrentía superficial, principalmente en épocas de lluvia. Las cámaras desarenadoras están diseñadas para que en el fondo de las cámaras quede un espacio más que suficiente para el almacenamiento de arenas y sedimentos, los cuales regularmente son extraídos, secados y enterrados en una celda. [1]

Tanque de Carga: se utiliza para facilitar la alimentación y el funcionamiento de las unidades siguientes por gravedad, en especial del reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente (RAMLFA), que es la primera unidad de tratamiento que se utilizará para remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos, y además, para mantener y controlar la velocidad ascensional en dicho reactor. Consiste en un tanque construido en concreto reforzado instalado sobre plataforma elevada por encima del reactor anaerobio. En su interior estará dotado de un tabique o mampara, para amortiguar la llegada del chorro de agua residual y de dos (2) vertederos rectangulares que descargaran en dos (2) cámaras o compartimientos que permitirá una distribución uniforme del caudal por cada una de las cuatro (4) tuberías de distribución. [1]

Reactor Anaerobio: consiste en un depósito de dos compartimientos y el volumen suficiente para garantizar un tiempo de contacto adecuado para obtener una eficiencia de remoción de la DBO en el rango esperado. La degradación de la materia orgánica soluble, la sedimentación y digestión de lodos se consigue en el compartimiento inferior o lecho de lodos y la recolección del efluente clarificado en el superior. El RAMLFA es un sistema de tratamiento biológico donde la digestión del material orgánico es realizada por la acción metabólica de bacterias anaerobias. [1]

Lodos activados de alta tasa: Se usa esencialmente para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables (coloidales o disueltas) presentes en el agua residual, a través de la actividad bioquímica de microorganismos, principalmente bacterias, que las convierten en nuevo tejido celular y en productos finales oxidados, especialmente CO<sub>2</sub> y agua. [1]

Manejo, tratamiento y disposición de los Lodos: Producto del tratamiento de las aguas residuales domésticas en el municipio de Sogamoso, resulta un volumen de lodos considerable que difieren en cantidad y calidad. Por un lado se tienen los lodos de desperdicio del reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente, que tienen un cierto grado de estabilidad, y por el otro, los lodos de desperdicio del proceso de lodos activados de alta tasa, que tienen una alta fracción orgánica y que deben ser estabilizados, antes de su deshidratación y disposición final, para evitar su descomposición incontrolada y los problemas ambientales que pueden presentarse. A continuación se presenta un diagrama general de la planta en donde se muestran cada una de las etapas de tratamiento. [1]

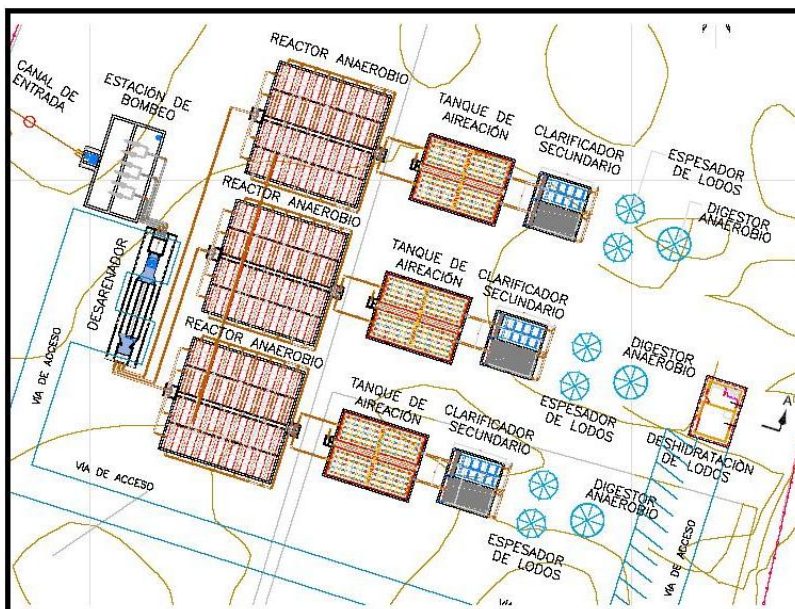


Fig. 7. Plano General de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR.  
Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011

## 2.4 Normatividad

Con base en la legislación ambiental Colombiana cuyos Decretos y normas se encuentran agrupadas en el Código Nacional de Recursos Naturales; así como en el nuevo esquema de responsabilidad institucional ambiental que establece la ley 99 de 1993 para el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Corporaciones Autónomas Regionales; se presentan algunos Decretos, Acuerdos y Resoluciones que con respecto al proyecto se relacionan intrínsecamente.

### 2.4.1 Disposiciones Básicas

Licencia Ambiental: De acuerdo con lo establecido en el título VIII de la ley 99 de 1993 y en su Decreto reglamentario 1220 de 2005, en su Artículo 9° que dice: “las Corporaciones Autónomas Regionales otorgarán o negarán la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades, que se ejecuten en el área de su jurisdicción:

La construcción y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales que sirvan a Poblaciones iguales o superiores a 200.000 habitantes.”

Para el Proyecto objeto de estudio la población proyectada de Sogamoso en el periodo de diseño año 2030 es de 179718 habitantes, por lo tanto este proyecto en particular no requiere de Licencia Ambiental; sin embargo es necesario establecer un Plan de Manejo Ambiental que es según el mismo decreto reglamentario: “El conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.”

El hecho expuesto anteriormente, con respecto a que el Proyecto “Optimización del sistema de alcantarillado y Planta de Tratamiento de Aguas residuales” no requiere de la obtención de Licencia ambiental, no lo exime de obtener los permisos ambientales para el aprovechamiento y uso de los recursos naturales, que para el caso serían: Permiso de vertimientos, Aprovechamiento forestal, Ocupación de cauce, tal como lo expone el decreto 1220 del 2005 en su art 32:

“Artículo 32. Cesación del trámite de licencia ambiental y del Plan de Manejo Ambiental. Las autoridades ambientales competentes de oficio o a solicitud del peticionario, declararán la cesación del trámite de las actuaciones para el otorgamiento de licencia ambiental o de establecimiento o imposición de Plan de Manejo

Ambiental de proyectos, obras o actividades que conforme a las normas vigentes no requieran dichos instrumentos administrativos de manejo y control ambiental, y procederán a ordenar el archivo correspondiente.

Lo anterior sin perjuicio de tramitar y obtener los permisos, concesiones o autorizaciones ambientales a que haya lugar por el uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales renovables.”

Permiso de Vertimiento: Acorde con la Ley 2811 de 1974, el Río Chicamocha se clasifica como: Clase II. Cuerpos de aguas que admiten vertimientos con algún tratamiento.

Extraído del Decreto 1541 del año 1978 podemos hacer las siguientes afirmaciones:

Artículo 208: Si como consecuencia del aprovechamiento de aguas para abastecimiento domestico, se incorporan a las aguas sustancias o desechos, se requerirá permiso de vertimiento. Deberán solicitar este permiso los actuales titulares de concesión para el uso de las aguas.

Artículo 211 Control de Vertimientos: Se prohíbe verter, sin tratamiento, residuos líquidos, que puedan contaminar o eutroficar las aguas, causar daño o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna, o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. El grado de tratamiento para cada tipo de vertimiento dependerá de la destinación de los tramos o cuerpos de agua, de los efectos para la salud y de las implicaciones ecológicas y económicas.

Tasas retributivas: Las tasas retributivas y compensatorias reglamentadas en el Decreto 901 de 1997, 3100 del 2003 y 3440 del 2004 es el instrumento económico de la política de vertimientos; deben ser aplicadas a todos los usuarios, cuyos vertimientos se encuentren dentro de los límites permisibles que fije la ley. Inicialmente los parámetros considerados para la aplicación de tasas son los sólidos en suspensión (SST) y la carga orgánica (DBO5).

Aprovechamiento Forestal: La Instalación de la tubería de los colectores se prevé en la margen derecha del Río Chicamocha, dentro de la ronda del Río y del canal de desecación Principal, por lo que será necesario realizar la tala de árboles y arbustos que se encuentra a distancia inferiores a los 2 metros del trazado del colector, debido a que obstaculizan los trabajos de fundación y mantenimiento de la tubería, por lo tanto se prevé la obtención del permiso de aprovechamiento forestal, de acuerdo al decreto 1791 del 4 de Octubre de 1996 del régimen de aprovechamiento forestal.

## 2.5 Presupuesto de Inversión y Cuadro de Inversionistas

El proyecto requiere una inversión total de COP\$ 8,164 millones, la cual se financiara con recursos de diversas entidades, se observa que la mayor inversión la realizara el Fondo Nacional de Regalías con un 35% y la Gobernación de Cundinamarca con un 22%, comparado con la inversión realizada por el Municipio de Sogamoso de 6 % y el 10% por parte de la empresa de servicios públicos COOSERVICIOS , que son los que reciben todos los beneficios económicos, ambientales y sociales del proyecto tal como se indica a continuación:

**Tabla 2.** Relación de Inversionistas

Entidad	Aporte \$COP	% De participación
GOBERNACION DE BOYACA	\$ 1.800.000.000	22%
CORPOBOYACA	\$ 1.200.000.000	15%
MUNICIPIO DE SOGAMOSO - RECURSOS PROPIOS	\$ 499.599.568	6%
COSERVICIOS S.A.	\$ 798.651.595	10%
MUNICIPIO DE SOGAMOSO - RECURSOS EMPRESTITO	\$ 1.000.000.000	12%
FONDO NACIONAL DE REGALIAS	\$ 2.865.837.059	35%

Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011



De acuerdo a esta información, se aprecia que las fuentes de inversión provienen principalmente de entidades gubernamentales, lo cual demuestra su compromiso con la implementación de soluciones que permitan la búsqueda de un medio ambiente más sano y perdurable para nuestro entorno y para las futuras generaciones.

Las inversiones se distribuirán dentro de las diferentes etapas del proyecto de la siguiente forma:

**Tabla 3.** Presupuesto del Proyecto – PTAR.

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR \$COP	% De participación
1	CANAL DE ENTRADA	\$ 45.381.723	0,56%
2	DESARENADOR ELEVADO	\$ 316.681.469	3,88%
3	RECINTO ELECTRICO	\$ 88.019.810	1,08%
4	ESTACION DE BOMBEO	\$ 1.080.299.485	13,23%
5	REACTOR ANAEROBIO	\$ 2.532.696.258	31,02%
6	MANEJO Y TRATAMIENTO DE LODOS	\$ 1.502.950.482	18,41%
7	CERRAMIENTO PERIMETRAL EN MALLA ESLABONADA Y PORTERÍA, VIAS Y URBANISMO	\$ 600.539.782	7,36%
8	RED PRIMARIA, ILUMINACION EXTERIOR PTAR, CONTROL Y POTENCIA, LABORATORIO	\$ 1.323.420.185	16,21%
9	INTERVENTORIA TECNICA, FINANCIERA Y ADMINISTRATIVA	\$ 299.599.568	3,67%
10	GERENCIA DEL PROYECTO PARA TODO EL PROYECTO	\$ 374.499.460	4,59%
<b>TOTAL PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>		<b>\$ 8.164.088.221</b>	

Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011

## 2.6 Programación de Actividades y Curva “S”

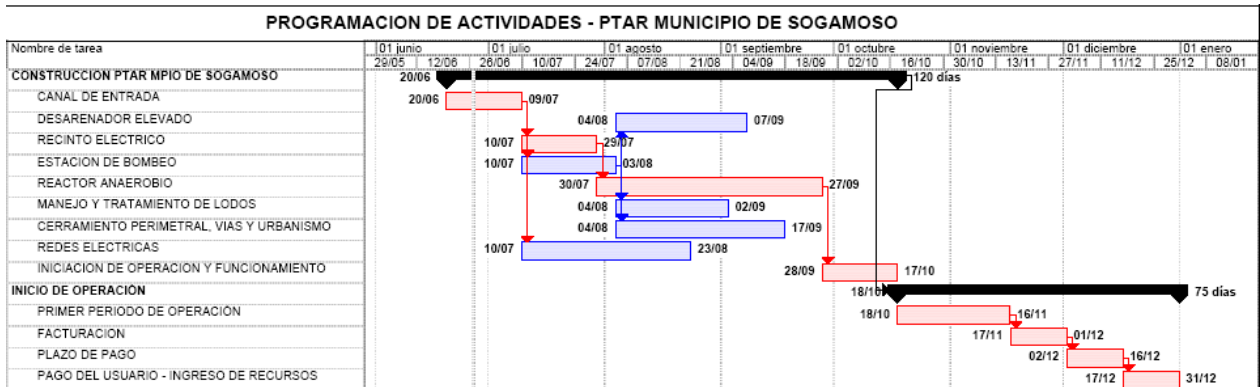


Fig. 8. PDT Construcción y Puesta en Marcha PTAR.  
Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011

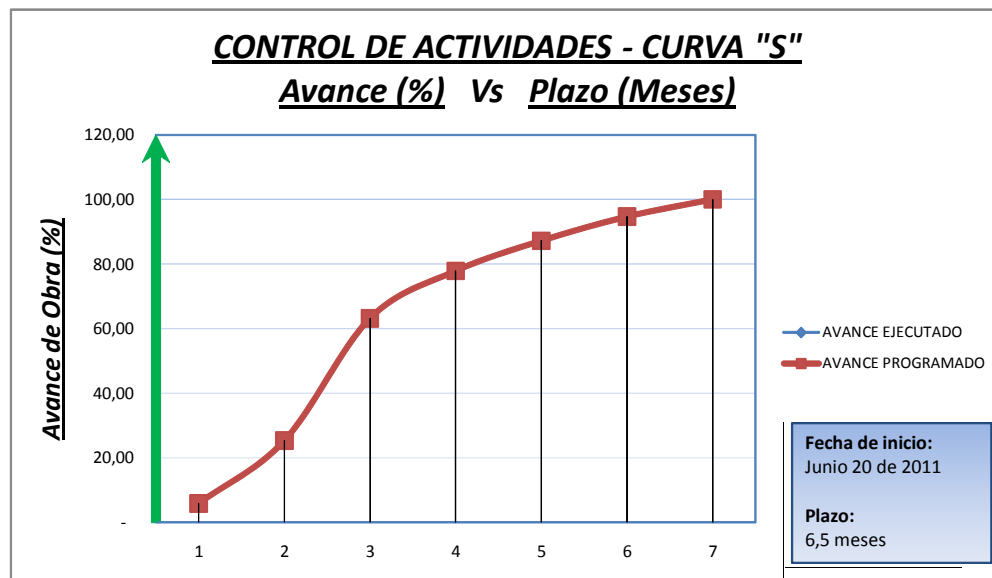


Fig. 9. Evaluación del avance programado.  
Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011

De acuerdo al análisis de Sensibilidad del presupuesto (% de participación), se pueden identificar dos actividades con la mayor incidencia en el mismo, “Reactor Anaerobio” y “Manejo y Tratamiento de Lodos”, de las cuales la primera se encuentra dentro de la Ruta Crítica del Plan de Trabajo – PDT, por tal motivo, se debe realizar un seguimiento y control riguroso a esta actividad, debido a que el inicio de operación de la planta depende directamente de esta etapa y cualquier afectación en la misma generara retrasos en la ejecución, afectando directamente los costos del proyecto. Además se debe tener en cuenta que el “Reactor Anaerobio” es la unidad más importante en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

## 2.7 Análisis Financiero

Al desarrollar el análisis financiero es fundamental que se definan las variables macroeconómicas y su repercusión en el proyecto. Las variables macroeconómicas o premisas básicas son una serie de pautas económicas, sociales, políticas y financieras que marcan un escenario específico a corto plazo. Para el proyecto en particular las variables a tener en cuenta son la inflación, la depreciación, el entorno político y las condiciones de financiamiento del proyecto. De acuerdo a esta información, se aprecia que las fuentes de inversión provienen principalmente de entidades gubernamentales, lo cual demuestra su compromiso con la implementación de soluciones que permitan la búsqueda de un medio ambiente más sano y perdurable para nuestro entorno y para las futuras generaciones. Dentro de esta área temática de tratamiento de aguas residuales, serán financiables las siguientes actividades:

**Preinversión:** Estudios técnicos, ambientales, económicos y tarifarios relacionados con la evaluación de alternativas de tratamiento de aguas residuales. Estudios de factibilidad y diseño de proyectos de manejo y tratamiento de aguas residuales municipales.

**Inversión:** Rehabilitación, optimización y/o ampliación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales. Construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyendo el emisario final. No serán financiables las siguientes actividades: Adquisición de terrenos. Gastos de administración, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

### 2.7.1 Proyección de los Estados Financieros

A continuación se presenta la estimación de los estados financieros para los primeros cinco años de operación de la planta, teniendo en cuenta los ingresos operacionales, costos y gastos, así como los valores de la inversión y la financiación del proyecto.

**Tabla 4.** Datos de entrada.

ANÁLISIS FINANCIERO							
DATOS DE ENTRADA							
	UN	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Operación</b>							
Volumen	Un		497,664	2,985,984	2,985,984	2,985,984	2,985,984
Incremento			0.00	83.33%	0.00%	0.00%	0.00%
Precio	Un		200.00	206.80	215.07	223.67	232.62
Costo MP	Un		100	103	108	112	116
Costo MOD	Un		25,000,000	155,100,000	161,304,000	167,756,160	174,466,406
CIF	Año		4,980,000	30,895,920	32,131,757	33,417,027	34,753,708
Gastos Admin	Año		9,400,000	58,317,600	60,650,304	63,076,316	65,599,369
Gastos de Ventas	%		1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
Inflación	%		3.40%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
<b>Inversión</b>							
Planta (Incluye la construcción de la Obra y el suministro de los Equipos)	Global		462,325,828				6,000
Depreciación	Años		20				
Capital de Trabajo	Global		133,719,600				
Gastos Preoperativos (Estudios y Diseños)	Global		35,000,000				
Amortización	Años		5				
<b>Financiación</b>							
Costo de Oportunidad	%		16.00%				
Aporte de los accionistas			631,045,428				

Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011

### 2.7.2 Flujo de caja libre

El flujo de caja es quizás el indicador financiero más importante de todos ya que muestra claramente los ingresos y egresos de efectivo del proyecto a través de los años.

De acuerdo con las variables establecidas se procedió a realizar el flujo de caja libre del proyecto con proyecciones para los primeros cinco años de operación, de este modo se pueden establecer los valores de la

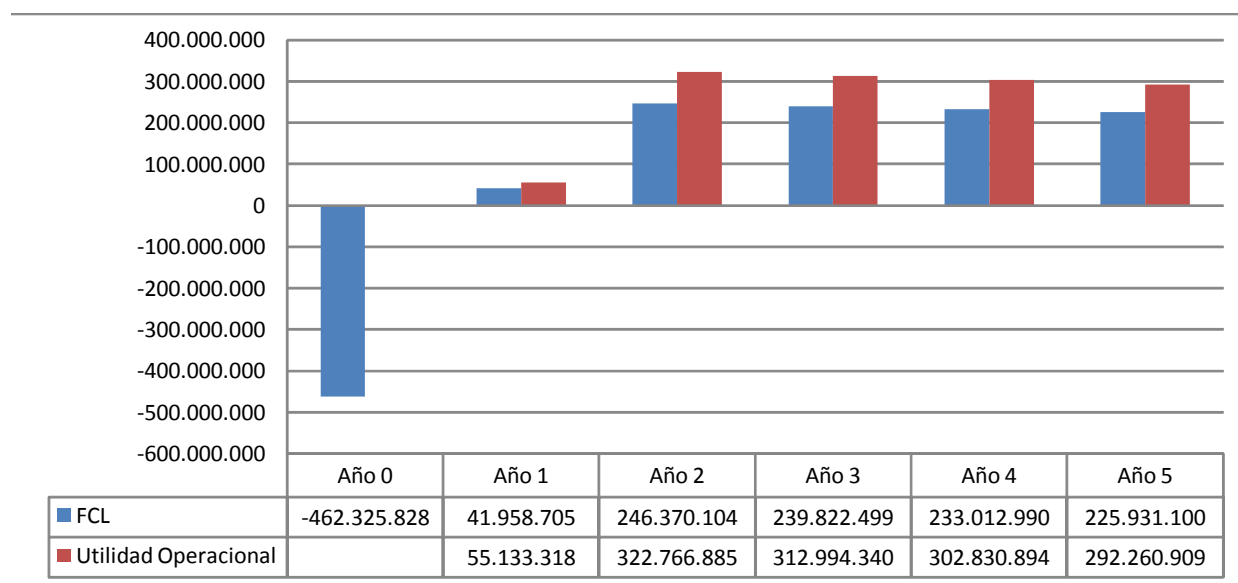
utilidad operacional, para de esta forma poder determinar si el proyecto es viable financieramente, en la siguiente figura se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 5.** Proyección de Ingresos, Costos, Gastos y Utilidad operacional.

FLUJO DE CAJA LIBRE	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		99.532.800	597.196.800	597.196.800	597.196.800	597.196.800
Costos (Incluye Depreciación de Inversión)		33.832.815	209.112.315	216.552.156	224.289.590	232.336.522
Gastos (Incluye amortización de Estudios y Diseños)		10.566.667	65.317.600	67.650.304	70.076.316	72.599.369
<b>Utilidad Operacional</b>		<b>55.133.318</b>	<b>322.766.885</b>	<b>312.994.340</b>	<b>302.830.894</b>	<b>292.260.909</b>
Impuesto Operacional		18.193.995	106.513.072	103.288.132	99.934.195	96.446.100
Utilidad Op. (1-tx)		36.939.323	216.253.813	209.706.208	202.896.699	195.814.809
Depreciación		3.852.715	23.116.291	23.116.291	23.116.291	23.116.291
Amortización		1.166.667	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000
Inversión	462.325.828					
Recuperación						0
<b>FCL</b>	<b>-462.325.828</b>	<b>41.958.705</b>	<b>246.370.104</b>	<b>239.822.499</b>	<b>233.012.990</b>	<b>225.931.100</b>
<b>VPN</b>	<b>146.842.453</b>					
<b>Rentabilidad - EA</b>	<b>22,58%</b>					

Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011

**Tabla 6.** Flujo de Caja libre



Fuente: Elaborado por grupo de investigación. Junio de 2011

De acuerdo con los resultados obtenidos se pueden determinar las condiciones financieras que rigen el proyecto. En las proyecciones de ingresos, costos y gastos y utilidad operacional se determinó el Valor Presente Neto del proyecto luego de cinco años de operación, y se encuentra que el valor es positivo (Cop\$146.842.453), por lo tanto se puede establecer que el proyecto es financieramente viable.

Adicionalmente se calculó que la rentabilidad del proyecto es de 22.58%, lo cual es un valor muy favorable teniendo en cuenta los porcentajes de depreciación e inflación que se presentan en el entorno económico del país. En el flujo de caja del proyecto se puede ver claramente que evidentemente en el año cero del proyecto no se presentan utilidades operacionales pues es el punto donde se debe realizar la inversión total del proyecto, pero una vez la planta entra en su etapa de operación el proyecto presenta flujos positivos, lo cual claramente demuestra la viabilidad del proyecto y su capacidad para generar un retorno de la inversión en el plazo considerado. Por los resultados obtenidos se puede considerar que el proyecto es viable en el aspecto financiero.

## CONCLUSIONES

El proyecto de la planta de aguas residuales del municipio de Sogamoso es una solución óptima en la descontaminación del río Chicamocha: La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, le permitirá a la comunidad del municipio de Sogamoso solucionar parcialmente el problema ambiental de recolección y disposición final de las aguas residuales que actualmente se descargan al río Chicamocha a través del Canal Venecia, lo cual incide en la contaminación de los recursos naturales, la salud pública y el desmejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del municipio y usuarios del recurso aguas abajo.

Además, busca proveer a la comunidad de un sistema que pueda atender los patrones tecnológicos, sanitarios y ambientales requeridos y de propiciar al usuario un nivel de bienestar consistente con las características urbanas locales, considerando criterios de viabilidad económica, financiera, de operación, mantenimiento y de aceptación social.

El beneficio social por la implementación de la planta lo recibirá toda la comunidad de la cabecera municipal y las comunidades localizadas aguas abajo sobre el río Chicamocha. La población actual del área urbana del municipio es de aproximadamente 123 864 habitantes. Sin embargo, la planta de tratamiento fue concebida para tratar las aguas residuales domésticas generada por una población en el sector urbano de 179 718 habitantes, proyectada de acuerdo a los lineamientos del RAS/2000 hasta el año 2030. Siendo una solución proyectada a largo plazo.

Se determinó también que fue la mejor alternativa en el manejo de aguas residuales, para contribuir grandemente por el medio ambiente, mejorando la salud de todos los habitantes de las riveras del río Chicamocha.

Toda la comunidad produce tanto residuos líquidos como sólidos. La parte líquida procede esencialmente del agua suministrada a la comunidad después de haber sido contaminada por los diferentes usos. Por lo anterior, los proyectos de recolección, tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales domésticas son necesarios para evitar o aliviar los efectos de dichas descargas en las fuentes naturales de agua.

El principal objetivo de los proyectos de tratamiento de aguas residuales es la descontaminación, es decir, la disminución del deterioro de la calidad de los cuerpos de agua que reciben las descargas de aguas residuales domésticas e industriales. En esta evaluación se dejó como intangible dicho beneficio.

En el aspecto financiero, el proyecto es rentable, ya que según los análisis financieros se obtuvo una rentabilidad 22.58%, lo que indica la alta factibilidad del proyecto.

Desde el punto de vista ambiental y ecológico es necesario poner en marcha el proyecto ya que es inaceptable que se continúe contaminando el ambiente, no solo por el potencial peligro que esto genera para el ecosistema de la zona y de sus alrededores, sino por el riesgo eventual de enfrentar un problema legal con las autoridades ambientales. Se establece la necesidad de que el municipio de Sogamoso tenga como prioridad la ejecución del proyecto ya que en el mediano plazo el agua del río Chicamocha no podrá ser considerada una fuente confiable de agua potable así como para la irrigación, entre otras.

En conclusión la puesta en marcha del proyecto es factible debido a la importancia para CORPOBOYACÁ como para el municipio de Sogamoso de mantener su imagen como institución seria y comprometida con el cuidado del medio ambiente y de esta forma, cumplir no sólo con la normatividad ambiental vigente para la preservación de los recursos naturales sino también con el mejoramiento de la calidad de vida y la salud de su comunidad.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por el Conocimiento y la Sabiduría concedida.

A nuestros padres por su apoyo incondicional y por creer en nosotros.

A la Universidad Militar Nueva Granada por habernos permitido formar parte de tan prestigiosa institución.

A mis compañeros por su dedicación y responsabilidad para poder cumplir con este proyecto.

A los profesores por todo el profesionalismo y apoyo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Cuervo Fuentes, Hernán: Estudio de factibilidad y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y optimización del sistema de alcantarillado del Municipio de Sogamoso, Medellín (2005)
2. Contaminación del agua.25 de Junio de 2011. <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/CoAcu.htm#>
3. García Pantigozo, Manuel et al: Serie de Normas NTP ISO 900:2001. Rev. Industria Data-Instituto de investigación FII-UNMS No 8, (2001)
4. López, A.D,O.B.Ahmad,M.Guillot,B.D.Ferguson,J.A.Salomon,C.J.L.Murray y K. Hill.2002.Word Mortality in 2000: Life Tables for 191 Countries. Ginebra: Organización Mundial de la Salud
5. Diagrama Causa-Efecto/ Esqueleto de Pescado (Kaoru Ishikawa). 27 de junio de 2011.[http://www.12manage.com/methods\\_ishikawa\\_cause\\_effect\\_diagram\\_es.html](http://www.12manage.com/methods_ishikawa_cause_effect_diagram_es.html)
6. Acuerdo N° 096 de 2000. 6 de Junio de 2011. [http://sogamoso-boyaca.gov.co/apc-aa-files/65616664353566303162646663663062/acuerdo\\_096\\_del\\_2000\\_adopcion\\_del\\_pot.pdf](http://sogamoso-boyaca.gov.co/apc-aa-files/65616664353566303162646663663062/acuerdo_096_del_2000_adopcion_del_pot.pdf)
7. Alcaldía Mayor de Tunja. 6 de Junio de 2011.<http://www.tunja.gov.co/?idcategoria=7875>
8. POMCA Plan de ordenación y manejo ambiental de cuenca hidrográfica (abastecedora), con base en el Decreto 1729 de 2002.
9. Méndez A, Carlos E: Proceso de Investigación Diseño. En: Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación. Pag 136. Tercera edición. Mc Graw Hill, 2003
10. Sapag Chain Nassir, Sapag Chain Reynaldo. Fundamentos de Preparación y Evaluación de Proyectos,Editorial Mc Graw Hill.
11. Baca Urbina, Gabriel, Evaluación de Proyectos, Editorial Mc Graw Hill.
12. Acuerdo no. 015 (10 junio 2010) por el cual se adopta el plan de desarrollo económico del municipio de Sogamoso (2010)
13. Ley 142 de 1994 Aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica
14. Conpes 3177 de 2002 Establece los lineamientos para formular el Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales, con el objetivo de mejorar la calidad del recurso hídrico de la Nación.
15. Resolución 1433 de 2004 Reglamentación de una metodología para la formulación desarrollo y evaluación de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos. Se establece la definición de los PSMV (Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos), los actores involucrados, información que se debe presentar y se dictan las medidas preventivas y sancionatorias.
16. Resolución 2145 de 2005 Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV (Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos).
17. Decreto 3100 de 2003 y Decreto 3440 de 2004 Por medio de la cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales.
18. Resolución No. 1096 de 17 de Noviembre de 2000 Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. 6 de junio de 2011.[http://www.eevvm.com.co/dmdocuments/RES\\_1096\\_DE\\_2000.pdf](http://www.eevvm.com.co/dmdocuments/RES_1096_DE_2000.pdf)