

**TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO**

**HECTOR TORRES ORTIZ  
ARTHUR ANDRES RUEDA ORDUZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2010**

**TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN EN LA  
ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES DE SERVICIO**

**HECTOR TORRES ORTIZ  
ARTHUR ANDRES RUEDA ORDUZ**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director del proyecto de grado  
Ing. LUIS EDUARDO MORENO TORRES  
Profesor Asociado UIS.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2010**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darnos el don del Conocimiento y por guiarnos siempre.

A nuestras familias por el apoyo incondicional durante todos estos años.

A nuestros maestros por transmitirnos sus conocimientos para formarnos como Ingenieros Civiles.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al profesor Luis Eduardo Moreno T. director del proyecto de grado, por su amistad, asesoría y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

A la escuela de Geología, por concedernos el acceso al Laboratorio de Arcillas.

A la Universidad Industrial de Santander, personal de la Escuela de Ingeniería Civil, y a todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron a que este proyecto se desarrollara.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	2
2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	10
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	10
2.2 FUENTE DE ABASTECIMIENTO	10
2.3 PTAR EXISTENTE	10
3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	12
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3.2 PLANTA DE TRATAMIENTO PROPUESTA	12
3.3 DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.	12
3.3.1 Caudal de diseño de la PTAR.	12
3.3.2 Características del afluente.	13
3.3.3 Marco regulatorio vigente.	13
3.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.	14
3.5 CÁLCULOS DEL SISTEMA	15
3.5.1 Medio Filtrante.	15
3.5.2 Rata de filtración.	17
3.5.3 Dimensionamiento del filtro	17
3.5.4 Pantalla de distribución.	18
3.5.5 Perdidas de carga.	19
3.5.6 Altura de la lámina de agua.	20
3.6 LAVADO DE FILTROS	22
3.6.1 Velocidad de lavado.	22
3.6.2 Tiempo de lavado.	25
3.7 TRATAMIENTO DE DESINFECCIÓN.	26
3.8 TRATAMIENTO PARA EL AGUA DEL RETRO LAVADO.	27

3.8.1 Espesamiento de lodos por gravedad.	27
3.8.2 Secado de lodos en un lecho de arena y grava.	28
4. PRESUPUESTO	30
5. ANÁLISIS DE COSTOS LITRO TRANSPORTADO VS LITRO PRODUCIDO POR LA PLANTA.	31
6. DISEÑO APLICADO A OTRAS PLANTAS.	33
7. CONCLUSIONES	35
8. RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXOS	40

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Granulometría de la arena para lecho filtrante.	16
Figura 2. Granulometría de carbón activado para lecho filtrante.	16
Figura 3. Granulometría de material de soporte para lecho filtrante.	17
Figura 4. Pantalla de distribución.	18
Figura 5. Sección transversal de filtro.	21
Figura 6. Sección transversal de filtro. Altura de lavado.	23
Figura 7. Especificaciones de espesado de lodos.	28
Figura 8. Especificaciones lecho de secado.	29

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Caracterización química del agua residual, Afluente planta existente.	11
Tabla 2. Caracterización química del agua residual, efluente planta existente o afluente planta piloto.	13
Tabla 3. Estándares de calidad exigidos a todo usuario para usos de agua en Colombia.	14
Tabla 4. Presupuesto de construcción de obra.	30
Tabla 5. Valor de desinfección de 17.28 m <sup>3</sup> de agua.	31
Tabla 6. Análisis de precios.	32
Tabla 7. Presupuesto para caudal de diseño 0.5 lts.	33
Tabla 8. Presupuesto para caudal de diseño 1.0 lts.	34
Tabla 9. Presupuesto para caudal de diseño 5.0 lts.	34

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXA A. DISEÑO DE PLANTA PILOTO	41
ANEXO B. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PLANTA PILOTO	46
ANEXO C. DISEÑO ESTRUCTURAL	50
ANEXO D. PLANILLA DE MONITOREO	65
ANEXO E. RESULTADOS DE LABORATORIO	66
ANEXO F. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	67
ANEXO G. PLANOS	69

## RESUMEN

**TITULO:** TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES DE SERVICIO\*

**AUTORES:**

HECTOR TORRES ORTIZ

ARTHUR ANDRES RUEDA ORDUZ\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Filtración, Planta de tratamiento de aguas residuales, (PTAR), Espesamiento de lodos, cloración, carbón activado, fenoles.

**DESCRIPCIÓN:**

El agua es uno de los principales recursos vitales para los seres humanos y al mismo tiempo juega un papel fundamental a nivel industrial, lo cual hace inevitable la producción de aguas residuales, por lo tanto debemos concientizarnos de la importancia de este hecho y los problemas que ocasionan estas aguas si no se tratan correctamente.

Teniendo en cuenta que varias regiones de Santander actualmente presentan insuficiencia en el suministro del agua para el consumo humano y uso industrial, se ven obligadas a realizar racionamiento y en algunas situaciones a abastecerse de lugares aledaños, viéndose afectadas las actividades normales de las poblaciones y las actividades económicas de la industria que dependen de este servicio.

Debido a esta situación de escases de agua algunos sectores de la industria se ven más afectados que otros, como por ejemplo las estaciones de servicio que realizan lavado y mantenimiento de autos, como solución a este problema surge este proyecto.

El objetivo de este proyecto es diseñar y poner en funcionamiento una planta piloto de tratamiento de aguas residuales compacta con fines de reutilización de aguas servidas para el servicio de lavado y mantenimiento de autos, dando así un mejor aprovechamiento al agua y de paso se contribuye a proteger la salud y promover el bienestar de los individuos de la zona sin descuidar el medio ambiente.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ciencias Físico - Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Luis Eduardo Moreno Torres.

## ABSTRACT

**TITLE:** TREATMENT OF WASTE WATER FOR REUSE ECONOMIC ACTIVITY IN STATIONS\*

**AUTHOR:**

HECTOR ORTIZ TORRES ARTHUR ANDRES RUEDA ORDUZ\*\*

**KEY WORDS:** Filtration, Plant waste water treatment (WWTP), sludge thickening, chlorination, activated carbon, phenols.

**DESCRIPTION:**

Water is one of the principal lifelines for humans and also plays a key role at the industry level, making it inevitable production of waste water, so we must raise awareness of the importance of this fact and the problems cause these waters if not properly treated.

Given that several regions of Santander currently have inadequate water supply for human consumption and industrial use, are forced to carry rations and in some situations to obtain supplies from neighboring villages, to be affected the normal activities of the populations and economic activities in the industry that depend on this service.

Due to this situation of scarce water some industry sectors are more affected than others, such as service stations that perform maintenance and car washing as a solution to this problem arises this project.

The objective of this project is to design and operate a pilot plant compact waste water treatment for re-use of waste water for the car wash and car maintenance, giving better water use and the way it contributes to protect health and promote the welfare of individuals in the area, without neglecting the environment.

---

\* Grade Project.

\*\* UIS Physicomecanic Engineering Faculty, Civil Engineering School, Director: Luis Eduardo Moreno Torres

## INTRODUCCIÓN

Existe una obligación legal por parte de todos nosotros de descontaminar el medio ambiente en el que vivimos, pero la sociedad no se ha concientizado de este hecho, ya que uno de los problemas ambientales que se ha intensificado durante los últimos años es la contaminación del recurso hídrico generado por el vertimiento de aguas residuales sin un tratamiento previo adecuado.

El agua es uno de los principales recursos vitales para los seres humanos y al mismo tiempo juega un papel fundamental a nivel industrial, ya que constituye uno de los servicios claves para el desarrollo de cualquier proceso industrial, pero debido a estas distintas actividades que el ser humano realiza (consumo humano, uso industrial, etc.), es inevitable la producción de aguas residuales.

Pero el problema no se reduce simplemente al tratamiento de los vertimientos, debe trascender a una gestión más integral reflejada en la reducción de cantidad de vertimientos, control de los vertidos y programas de educación ambiental, entre otros.

El proyecto **“TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES DE SERVICIO”** constituye un paso importante para el manejo y control de vertimientos en estaciones de servicio, ya que con este proyecto se pretende recircular, tratar y depurar los efluentes de sus aguas residuales, obteniendo la calidad requerida para poderla utilizar nuevamente en el lavado de autos, reduciendo así al mínimo la cantidad de vertimientos que esta estación de servicio genera.

## 1. MARCO TEÓRICO

La producción de aguas residuales es inevitable en la actividad humana, y es de suma importancia darles un tratamiento y una disposición adecuada, pero debido a la amplia gama de contaminantes que puede presentar una agua residual es indispensable conocer las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas lo que se conoce con el nombre de “*caracterización de un agua residual*” y sus efectos sobre la fuente receptora, cabe aclarar que cada agua residual es única en sus características.

Las aguas residuales pueden ser originadas por desechos humanos o animales, desperdicios caseros, corrientes pluviales, infiltraciones de aguas subterráneas o desechos industriales, pero dependiendo de su procedencia se les han dado nombres más descriptivos como los siguientes:

- *Aguas residuales domesticas* son las aguas provenientes de las viviendas o residencias y edificios comerciales.
- *Aguas residuales municipales* son las aguas transportadas por el alcantarillado de una ciudad o población.
- *Aguas residuales industriales* son las aguas residuales provenientes de las industrias de manufactura.

En términos generales las aguas residuales son líquidos turbios que transportan excrementos humanos y orina y por ello contribuyen principalmente con materia orgánica (DBO), material sólido en suspensión, nitrógeno y microorganismos (coliformes) en donde la cantidad de sólidos es generalmente muy pequeña, casi siempre menos del 0.1% en peso, pero esta fracción es la que representa el mayor problema para su tratamiento y disposición adecuados.

Estos sólidos se pueden clasificar en dos grupos generales, sólidos orgánicos y sólidos inorgánicos, los cuales a su vez pueden estar suspendidos o disueltos.

- *Los sólidos orgánicos* en general son de origen animal o vegetal, los cuales están sujetos a degradación o descomposición por la actividad de las bacterias y otros organismos vivos; además son combustibles, es decir pueden ser quemados.
- *Los sólidos inorgánicos* son sustancias inertes que no están sujetas a la degradación (arena, grava, sales minerales), por lo general no son combustibles.
- *Los sólidos suspendidos* como su nombre lo dice son los sólidos que están en suspensión, son perceptibles a simple vista en el agua y pueden separarse del agua por medios físicos o mecánicos, como la sedimentación simple y la filtración (tamaño mayor a 1.2  $\mu\text{m}$ ).
- *Los sólidos disueltos* representan el material soluble y coloidal, el cual requiere usualmente para su remoción, oxidación biológica o coagulación y sedimentación (tamaño menor a 1.2  $\mu\text{m}$ ).

En ocasiones se puede llegar a confundir entre el término, “disposición de aguas residuales” y “tratamiento de aguas residuales”, entonces hay que establecer una diferencia entre estos términos.

**El tratamiento de las aguas residuales** es un proceso que a su vez incorpora procesos físicos, químicos y biológicos (coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección etc.) los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua efluente del uso humano.

Una vez completado todo proceso de tratamiento, es necesario disponer de los líquidos y los sólidos que se hayan separado, lo cual se conoce con el nombre de **disposición de las aguas residuales**, los cuales se pueden dividir en tres

métodos, disposición por irrigación , disposición subsuperficial y disposición por dilución.

- *La disposición por irrigación* consiste en derramar las aguas negras residuales sobre la superficie del terreno, lo cual se hace generalmente mediante, zanjas de regadío, excluyendo una pequeña parte que se evapora, el resto se resume en la tierra y suministra humedad, así como pequeñas cantidades de ingredientes fertilizantes para la vida vegetal. Este método solo es aplicable a pequeños volúmenes de aguas residuales.
- *La disposición subsuperficial* consiste en hacer llegar las aguas negras a la tierra por debajo de su superficie, a través de excavaciones o enlozados, generalmente así solo se eliminan aguas residuales sedimentadas provenientes de instituciones o residencias en las que su volumen es muy limitado.
- *La disposición por dilución* consiste simplemente en descargar las aguas negras en aguas superficiales como las de un río, un lago o un mar. Esto da lugar a la contaminación del agua receptora. El grado de contaminación depende de la dilución, o sea del volumen de aguas residuales y de su composición, en comparación con el volumen de agua que se mezclan. Cuando es pequeño el volumen de aguas residuales y su contenido orgánico, en comparación con el agua receptora, el oxígeno disuelto presente en el agua receptora es suficiente para que se produzca la descomposición aerobia de los sólidos orgánicos de las aguas residuales, no desarrollándose condiciones molestas. Sin embargo, aunque las aguas receptoras mantengan su condición aerobia, la contaminación bacteriana sigue siendo una amenaza para la salud, y si no se eliminan de las aguas residuales los sólidos flotantes, estos serán una evidencia de la contaminación.

No es precisamente el volumen de aguas residuales lo que puede considerarse como valor crítico, sino más bien la cantidad de materia orgánica de fácil descomposición que contengan las aguas residuales, y debido a esto es que un determinado volumen de aguas negras que han sido tratadas para disminuir o eliminar su materia orgánica, pueda descargarse en un volumen o flujo de agua natural sin crear condiciones ofensivas o indeseables, mientras que el mismo volumen de aguas residuales sin tratar podrían producirse condiciones molestas.

Cuando se descargan aguas residuales en aguas receptoras, comienza un proceso de degradación y descomposición debido a las actividades de las bacterias y los microorganismos presentes en las aguas residuales y en las aguas receptoras, cuando hay oxígeno disuelto presente son los organismos aerobios los encargados de este trabajo y es la descomposición aerobia de los sólidos orgánicos la que tiene lugar, pero cuando no hay oxígeno disuelto son los organismos anaerobios los que predominan y resulta la putrefacción, por lo tanto el factor determinante es el oxígeno disuelto que contenga el agua receptora y las reacciones resultantes dependerán del oxígeno disuelto que contenga el agua receptora.

Como todas las aguas residuales son únicas en sus características, cada agua residual exige una cantidad diferente de oxígeno que requiere para la oxidación aerobia de los sólidos orgánicos presentes en ella, esta demanda de oxígeno se conoce con el nombre de *demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*,

Cuando se descargan aguas residuales en una corriente, continúan la degradación y la descomposición hasta completarse. Una corriente contaminada en un punto dado tenderá a volver a un estado similar al de antes de la contaminación, como resultado de la descomposición de la materia orgánica contaminante, a este proceso se le conoce con el nombre de *autopurificación*.

El proceso de autopurificación de una corriente de agua tiene lugar en 4 zonas las cuales no tienen una delimitación definida, estas cuatro zonas se conocen como zona de degradación, de descomposición, de recuperación y de agua limpia.

- *La zona de degradación* es la primera de estas zonas la cual queda inmediatamente abajo del punto de contaminación, esta zona se caracteriza por presentar signos visibles de contaminación, pues se presentan sólidos flotantes, como fragmentos de basuras, astillas, papel y a veces algunos sólidos fecales.
- *La zona de descomposición* se presenta a medida que se va agotando el oxígeno disuelto, entonces la zona de degradación se convierte poco a poco en zona de descomposición donde se inicia a la descomposición anaerobia o putrefacción, cuando la contaminación es intensa, esta zona ocurre rápidamente, pero cuando el volumen de aguas negras que se descarga es muy pequeño, en comparación con la corriente, de manera que siempre haya suficiente oxígeno disuelto para mantener la vida aerobia, no aparece esta zona. A medida que progresa la descomposición de la materia orgánica, disminuye la cantidad de sólidos putrescibles y comienza a disminuir la intensidad de las reacciones de putrefacción de manera que el oxígeno de re-aireación iguala primero y excede después al que se va necesitando para la descomposición bioquímica, de manera tal que al final de esta zona hay algo de oxígeno disuelto presente, originándose así la tercera zona que es *la zona de recuperación*.
- *La zona de recuperación* se caracteriza por la presencia de oxígeno disuelto en cantidades mayores, en donde ya se han extinguido las especies anaerobias, quedando solamente las especies aerobias, los sólidos orgánicos disminuyen y la corriente presenta una apariencia favorable dando paso a la *zona de agua limpia*.
- *La zona de agua limpia* es la zona final, en esta zona la apariencia del agua es similar a la que tenía antes de recibir el material contaminante. No hay sólidos

flotantes visibles, el agua es clara, libre de materia suspendida, se ha recuperado la transparencia original y la concentración de oxígeno es cercana o está en el punto de saturación.

El proceso de autopurificación de una corriente requiere un tiempo o una distancia que recorrer para poder atravesar las cuatro zonas, las cuales depende de factores como la fuerza y el volumen de aguas residuales, del caudal de la corriente, de la turbulencia del flujo, de la temperatura del agua y principalmente de si se descarga o no una corriente adicional durante el proceso de autopurificación.

Pero después del proceso de autopurificación existe la posibilidad de contaminación residual, ya que el proceso de autopurificación afecta principalmente a la materia putrescible de las aguas residuales y pueden llegar a sobrevivir algunos organismos patógenos, virus o algunas sustancias de naturaleza contaminante, especialmente los compuestos metálicos y otros de naturaleza no enteramente orgánica, provenientes de procesos industriales y de manufactura. Si estas sustancias están presentes en grandes concentraciones, pueden llegar a interferir la descomposición biológica y pueden permanecer como contaminante residual a tal punto que puede cambiar la calidad del agua de la corriente receptora haciéndola inapropiada para ser usada como abastecimiento o para propósitos recreativos o industriales, entonces aparece la necesidad de **tratar las aguas residuales**. La disposición satisfactoria de las aguas residuales, ya sea por irrigación, por el método sub superficial o por el de dilución, depende del tratamiento previo a su disposición.

Un proceso de tratamiento de aguas residuales puede dividirse en las siguientes etapas: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario, cloración y tratamiento de lodos.

- *El tratamiento preliminar* sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos subsecuentes del tratamiento, en esta etapa se eliminan o separan los sólidos mayores o flotantes, los sólidos inorgánicos pesados y cantidades excesivas de aceites o grasas. Comúnmente se emplean dispositivos como las rejillas de barras, desmenuzadores (ya sea molinos, cortadoras o trituradoras), desarenadores y tanques de pre-aeración.
- *En el tratamiento primario* se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación, removiendo de 40 a 60 por ciento aproximadamente. Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables, o sea un total de 80 a 90 por ciento de los sólidos suspendidos. Debido a la variedad de diseños y operación, los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grupos generales: Tanques sépticos, Tanques de doble acción, Tanques de sedimentación simple y Clarificadores de flujo ascendente, cuando se usan productos químicos, se emplean otras unidades auxiliares como mezcladores o floculadores.
- *El tratamiento secundario* debe hacerse cuando las aguas residuales todavía presentan, después de los tratamientos anteriores, más sólidos orgánicos en suspensión o solución, que los puede asimilar la corriente receptora, los dispositivos que se usan en un tratamiento secundario pueden dividirse en cuatro grupos: Filtros goteadores con tanques de sedimentación secundarios, Tanques de aeración (a. lodos activados con tanques de sedimentación simple y b. aeración por contacto), Filtros de arena y Estanques de estabilización.
- El tratamiento terciario o tratamiento avanzado consiste en una serie de procesos físicos y químicos especiales destinados a conseguir una mejor calidad del efluente eliminando contaminantes concretos como: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc. Estos procesos son más caros que los anteriores y por eso se usa solo en casos especiales como por ejemplo para purificar desechos industriales.

Algunos de estos procesos son: (1) Separación de sólidos en suspensión, (2) electrodiálisis, (3) intercambio iónico, (4) osmosis inversa, y (5) métodos de eliminación de nutrientes (eliminación de nitrógeno y fósforo).

- *La Cloración* es un método de tratamiento que puede emplearse para muchos propósitos como desinfección o destrucción de organismos patógenos, para prevenir la descomposición de las aguas residuales, como auxiliar en la operación de la planta la sedimentación y para el ajuste de la demanda bioquímica de oxígeno entre otros.
- *El tratamiento de lodos* tiene dos objetivos, el primer objetivo es eliminar parcial o totalmente el agua que contiene los lodos para disminuir su volumen y el segundo objetivo es descomponer todos los sólidos orgánicos putrescibles transformándose en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables, algunos métodos usados son el Espesamiento, secado en lechos de arena, secado aplicando calor e incineración entre otros.

Para desarrollar el presente proyecto se hace necesario escoger una estación de servicio que cumpla con las siguientes condiciones.

- Se encuentre ubicada en el sector rural por lo que debe contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Entre los múltiples servicios que preste, que tenga el servicio de lavado de autos que es una actividad que consume una gran cantidad de agua.
- Que la zona en donde se encuentre ubicada presente un déficit en el suministro de agua.
- Que la empresa este empeñada en mejorar sus procesos de vertimientos y contribuir al medio ambiente.

Por tal motivo se escogió la Estación de Servicio Yerbabuena ubicada en la vereda Yerbabuena Baja del municipio de San José de Miranda, en Santander, en las inmediaciones del área metropolitana de Málaga, ubicada en el Km 1 que de Málaga conduce hacia la ciudad de Bogotá.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL**

### **2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

La estación de servicio Yerbabuena, es una empresa creada desde 1985 registrada como persona natural, cuyo objeto es el de comercializar combustibles para automotores y servicio de mantenimiento para los mismos.

### **2.2 FUENTE DE ABASTECIMIENTO**

La estación de servicio Yerbabuena cuenta con el servicio de acueducto del Municipio de Málaga, pero no recibe la cantidad necesaria de líquido y mucho menos en forma oportuna, debido a que esta zona presenta racionamiento durante casi todo el año (9 meses al año).

Adicionalmente la EdS Yerbabuena cuenta con una concesión de Agua de la quebrada La Quesera, que abastece el acueducto rural de la vereda Yerbabuena Baja, pero tampoco se cuenta adecuadamente con dicho servicio, por lo que esta empresa se ve obligada a menudo a transportar el líquido para poder cubrir sus demandas, en un carro cisterna. Y capturar las aguas lluvias.

### **2.3 PTAR EXISTENTE**

Actualmente la Estación de Servicio Yerbabuena cuenta con un excelente tratamiento de Aguas para depurar sus efluentes, removiendo los contaminantes en proporciones aún mayores a las pedidas por la Norma RAS 2000 (Resolución 1096/2000 de MINDESARROLLO, reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS 2000), como lo muestra las pruebas de laboratorio (Ver Tabla 1) efectuadas a las aguas residuales obtenidas de un monitoreo realizado el día 11

de agosto de 2009 y supervisado por el Ingeniero Ambiental German Niño funcionario de la Corporación Autónoma Regional de Santander ( CAS).

La planta de tratamiento de aguas residuales actual cuenta con 6 trampas de grasas, ubicadas en el surtidor de combustible, y las otras en la salida de los cárcamos respectivamente. Y en el foso que contiene los tanques de almacenamiento A la salida del cárcamo del lavado se encuentra un desarenador, las aguas residuales son trasportadas por tubería sanitaria de 6 pulgadas hasta un pozo, donde se unen estas aguas para seguir unos 50 metros al sitio donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento de aguas residuales y está localizada a 10 metros de la fuente receptora (Quebrada La Quesera). Esta planta está constituida por una trampa de grasas, un poso séptico y un filtro anaerobio, y un campo de infiltración, recibe el agua con las siguientes características.

{

Tabla 1. Caracterización química del agua residual, Afluyente planta existente.

ANÁLISIS	UNIDADES	VALOR	Incertidumbre	MÉTODO
DQO	mg O2 /L	339.6	2.7	5220-B
Solidos suspendidos totales	mg Solidos susp/L	453.6	16	2540-D

Fuente: Resultados de laboratorio.

### **3. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

#### **3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las actividades económicas que realiza la EdS Yerbabuena son la venta de combustible y mantenimiento de vehículos. Para el mantenimiento de vehículos es indispensable el uso del agua. El suministro de este recurso se ve afectado en épocas de sequía y la estación se ve obligada a transportar el agua en carro cisternas desde sitios aledaños, para poder continuar con su actividad económica, lo cual implica aumento en los gastos normales de la estación. Para solucionar este problema se plantea la construcción de una planta de tratamiento.

#### **3.2 PLANTA DE TRATAMIENTO PROPUESTA**

El tratamiento propuesto consta de un sistema de conducción el cual transportara el agua desde el punto de entrega de la PTAR existente con la ayuda de una moto bomba, a un tanque de almacenamiento que va a estar ubicado en la plataforma de la EdS. Después pasara a través de un filtro que consta de capas de arena, carbón activado y gravas de arena, luego el efluente de este filtro ira a un tanque de almacenamiento en donde se utilizara solo para el lavado de vehículos. Esta planta funcionara únicamente en épocas de déficit de la estación.

#### **3.3 DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.**

La planta de tratamiento de funcionamiento hidráulico constara de tres procesos esenciales: filtración, tratamiento de lodos y desinfección.

Esta concepción obedece a un deseo de estandarización en la solución y al reducido espacio con el que se cuenta para la ubicación de estos.

**3.3.1 Caudal de diseño de la PTAR.** La planta propuesta se diseño con el caudal medio diario. Para calcular el caudal medio diario se realizo un aforo durante 3

días. De los resultados del aforo realizado se escogió el caudal medio diario del día de mayor consumo que corresponde al sábado 15 de agosto de 2009 que tiene un valor de QMD= 8540 litros/día.

El caudal de diseño del sistema de tratamiento, con el fin de abastecimiento de la estación de servicio va a ser el siguiente:

Q diseño = 0.1 lps

**3.3.2 Características del afluente.** Las características de las aguas residuales corresponden al tipo netamente industrial, presenta las siguientes características.

Tabla 2. Caracterización química del agua residual, efluente planta existente o afluente planta piloto.

ANÁLISIS	UNIDADES	VALOR	Incertidumbre	MÉTODO
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	112.8	2.7	5220-B
Sólidos suspendidos totales	mg Sólidos susp/L	199.2	16	2540-D
Detergentes	mg LAS /L	3.8	--	5520-B
Fenoles	mg Fenol/L	0.98	--	5530-C
Coliformes totales	NMP/ml	2400*10 <sup>2</sup>	--	RECuento EN PLACA
Coliformes fecales	NMP/ml	1100*10 <sup>2</sup>	--	RECuento EN PLACA

Fuente: Resultados de laboratorio.

**3.3.3 Marco regulatorio vigente.** Los valores de los parámetros regulados para utilización de agua para procesos industriales donde van a estar contacto con seres humanos, aparecen en la Tabla 3 que se presenta a continuación. Su cumplimiento está supeditado a las etapas de implantación y al entorno económico de las instituciones involucradas en el proyecto.

Tabla 3. Estándares de calidad exigidos a todo usuario para usos de agua en Colombia.

Decreto Parámetro	Usuario Existente (1)	Usuario Nuevo (2)
pH	5 A 9 unidades	5 A 9 unidades
Temperatura	< 40 °C	< 40 °C
Tensoactivos	0.5	0.5
Coliformes totales	1000 microorganismos /100 ml.	1000 microorganismos /100 ml.
Oxígeno disuelto	70% concentración de saturación	70% concentración de saturación
Fenol	0.02	0.02
• Fecales NMP	200 microorganismos / 100 ml.	200 microorganismos / 100 ml.

Fuente: Decreto 1594. Ministerio de Salud (1984).

(1) Su actividad ha venido realizándose con anterioridad a la fecha de entrada en vigencia del decreto. Si su producción se amplía, son considerados como nuevos en lo que respecta a la ampliación.

(2) Su actividad se ha iniciado con posterioridad a la fecha de entrada en vigencia del decreto.

### 3.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.

La captación del agua se realizara una vez termine el tratamiento que se hace actualmente para entregar al efluente (Q. La Quesera). Estas aguas se depositan en un tanque de almacenamiento existente, para luego mediante un sistema de bombeo llevarla a otro tanque de almacenamiento que se encuentra en las instalaciones de la Estación de Servicio.

Después el agua será transportada hasta el sistema de filtración con un caudal constante de 0.1 lts. Terminado este proceso se realizara la desinfección mediante un sistema de goteo aplicando hipoclorito de sodio al 65% y mediante un

sistema de entrega en tubería de 1/2 pulgada que nos garantiza un Reynolds mayor de 2000 para homogenizar la mezcla y adicional a esto se producirá un choque al salida de la tubería con una pantalla de concreto dentro del tanque de almacenamiento.

Luego se realizara el retro lavado del filtro, este proceso se efectuara cuando la lamina de agua alcance el nivel máximo de perdidas pactado en 1.5 metros sobre la capa de carbón activado o cuando el efluente del filtro presente una turbiedad considerable. Este proceso se realizara mediante la aplicación de agua limpia proveniente del sistema de acueducto del municipio de Málaga la cual estará almacenada en un tanque con una altura suficiente que produzca una velocidad de 0.5 cm/seg que garantice la expansión del lecho.

El agua proveniente del retro lavado será transportada a un tanque de espesamiento de lodos por gravedad. En este tanque se efectuara una concentración de lodos para disminuir el volumen de los mismos, ya efectuado este proceso se llevara aproximadamente el 20% de este volumen a un lecho de secado y el 80% restante será entregado a una trampa de grasas existente.

Después de terminado el proceso de secado de lodos, estos residuos serán recogidos para su disposición final la cual se realizara por incineración.

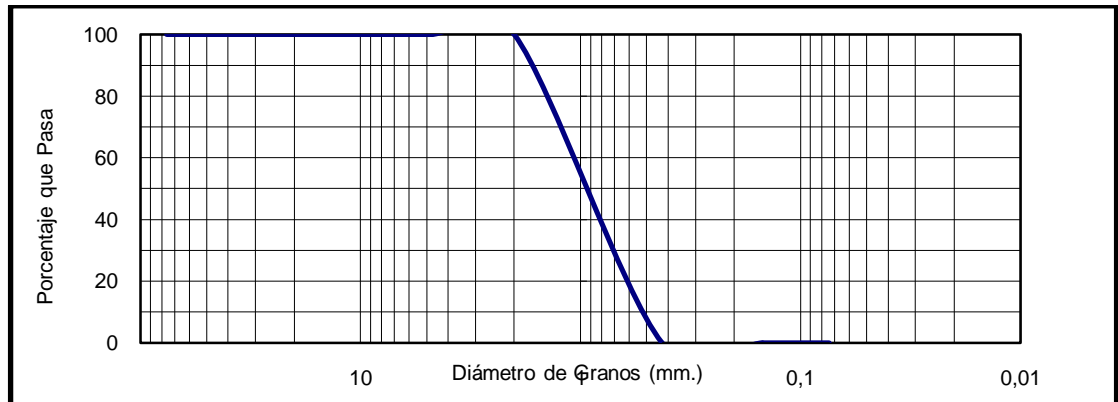
### **3.5 CÁLCULOS DEL SISTEMA**

**3.5.1 Medio Filtrante.** El filtro consiste en un tanque rectangular que contiene arena y carbón activado de material filtrante y en medio de soporte en grava para la distribución del agua de lavado.

Granulometría aproximada de la arena:

La arena presenta un tamaño efectivo de 0.52 mm

Figura 1. Granulometría de la arena para lecho filtrante.

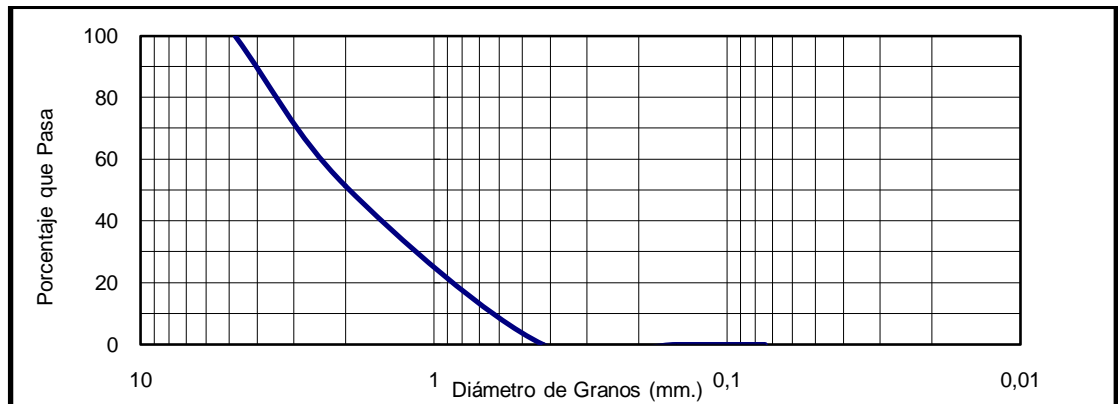


Fuente: Autor de proyecto.

Granulometría aproximada del carbón activado:

Presenta un tamaño efectivo de 0.6 mm aproximadamente

Figura 2. Granulometría de carbón activado para lecho filtrante.

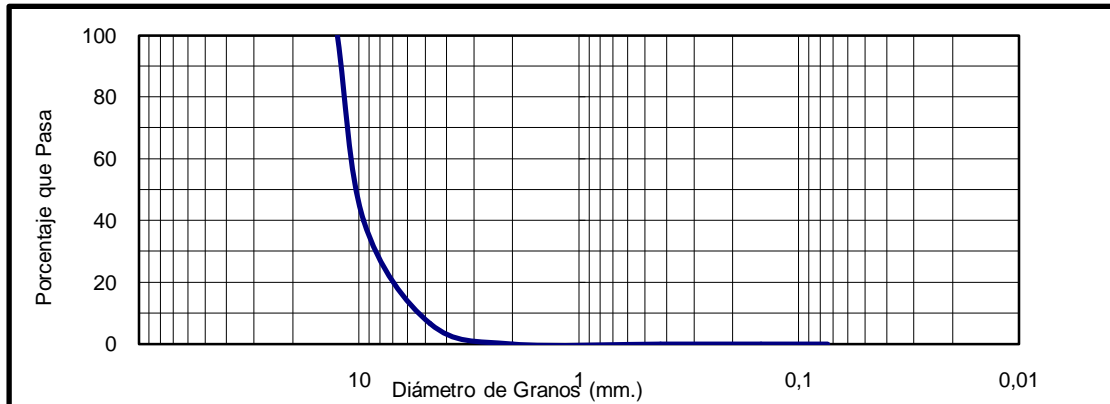


Fuente: Autor de proyecto.

Granulometría aproximada de material de soporte:

El material de soporte tendrá como objetivos distribución de agua al momento de realizar el lavado de los filtros y tendrá un tamaño efectivo de 7.5 mm.

Figura 3. Granulometría de material de soporte para lecho filtrante.



Fuente: Autor de proyecto.

La entrada del agua se realiza por la parte superior, y será distribuida por una pantalla.

**3.5.2 Rata de filtración.** Teniendo en cuenta que los filtros lentos trabajan a una velocidad baja de filtración comúnmente de 2 a 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día.

La tasa escogida es de 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día.

### 3.5.3 Dimensionamiento del filtro

Área:

Para el cálculo del área del filtro se utilizó la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q}{\text{Rata.de.filtración}}$$

A= Área del filtro, m<sup>2</sup>.

Q= Caudal a Tratar, m<sup>3</sup>/día.

Rata de filtración, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día.

$$A = \frac{8,64}{5,00}$$

$$A=1.728 \text{ m}^2$$

Para un filtro rectangular:

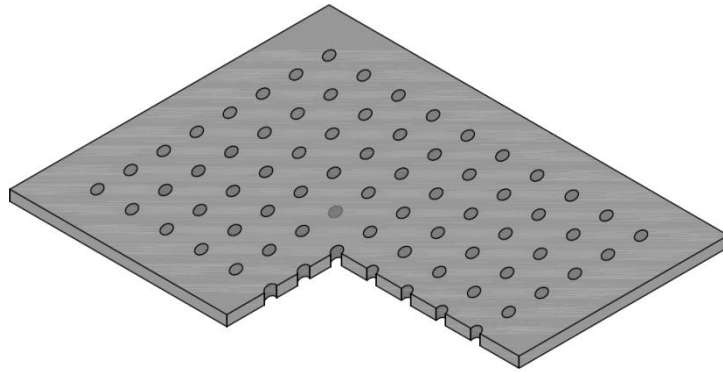
L= 1.2 metro

B= ancho de filtro

$$B = \frac{1.728}{1.2} = 1.44 \approx 1.50\text{m}$$

**3.5.4 Pantalla de distribución.** Esta pantalla consiste en una lámina de acero galvanizado de calibre 22 perforada. La cual tiene como objetivo distribuir el agua uniformemente sobre el material granular en este caso carbón activado.

Figura 4. Pantalla de distribución.



Fuente: Autor de proyecto.

Caudal de diseño (Caudal de retro lavado) = 9.0 lts

Se asume la velocidad de paso entre los orificios:

$$V_o = 0.1\text{m/seg}$$

Se determina el área total de los orificios:

$$A_o = \frac{Q}{V_o} = \frac{9 \times 10^{-3}}{0.1} = 0.09\text{m}^2$$

Se adopta el diámetro del orificio

$$D_o = 0.0381\text{ m}$$

Se determina el área de cada orificio:

$$A_{orf} = 1.14 \times 10^{-3}\text{ m}^2$$

Se determina el número de orificios:

$$n = \frac{A_o}{A_{orf}} = \frac{0.09}{1.14 \times 10^{-4}} = 78.9 = 79$$

Se determina la distribución de orificios en la pantalla de distribución.

$$h = H - 2 \cdot h' = 1.8 - 2 \cdot 0.1 = 1.6$$

Se asume un numero de filas de orificios  $n_f = 10$

Entonces se tiene un numero de columnas  $n_c = 8$

Se determina el espaciamiento entre filas:

$$x = \frac{h}{n_f} = \frac{1.6}{10} = 0.16 \text{ m}$$

Se determina el espaciamiento entre columnas:

$$x = \frac{h}{n_c} = \frac{1.0}{8} = 0.125 \text{ m}$$

**3.5.5 Perdidas de carga.** Las pérdidas de carga iniciales se determinan con la ecuación de Fair y Hatch para granos esféricos y de diámetro uniforme.

**Para arena:**

$$H_{f_{\text{arena}}} = f \frac{L \gamma_v (1 - P_o)^2}{g P_o^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2$$

Donde

Coeficiente de Kozeny:  $f = 5.00$  (constante experimental y adicional libro de Jorge Arboleda)

Altura de lecho:  $L = 40.00 \text{ cm}$

Gravedad:  $g = 981 \text{ cm/s}^2$

Viscosidad cinemática:  $\nu = 1.00 \text{E-}2 \text{ cm}^2/\text{s}$

Porosidad:  $P_o = 0.34$

Coeficiente de esfericidad:  $C_e = 0.95$  (Para partículas casi esféricas)

Diámetro de la arena:  $D_c = 0.052 \text{ cm}$

Velocidad de filtración:  $V = Q/A = 0.1 \text{E-}3 / 1.80 = 0.00056 \text{ cm/s}$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0001}{1.80} = 5.55 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{seg}} = 0.00556 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

Perdida:  $H_f = 1.87 \text{ cm}$

### Para carbón activado:

$$Hf_{\text{carbón activado}} = f \frac{L\gamma}{g} \frac{(1-P_o)^2}{P_o^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2$$

Donde

Coeficiente de Kozeny :  $f = 5.00$  (constante experimental y adicional libro de Jorge Arboleda)

Altura de lecho:  $L = 20.00$  cm

Gravedad:  $g = 981$  cm/s<sup>2</sup>

Viscosidad cinemática:  $\gamma = 1.00E-2$  cm<sup>2</sup>/s

Porosidad:  $P_o = 0.40$

Coeficiente de esfericidad:  $C_e = 0.70$  (Para partículas casi esféricas)

Diámetro de la antracita:  $D_c = 0.06$  cm

Velocidad de filtración:  $V = 0.0556 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$

Perdida:  $H_f = 1.10$  cm

### Para grava:

La pérdida de carga en la capa de soporte de grava se puede calcular con la siguiente expresión, según Dixon:

$$h_G = \frac{L_G V}{3}$$

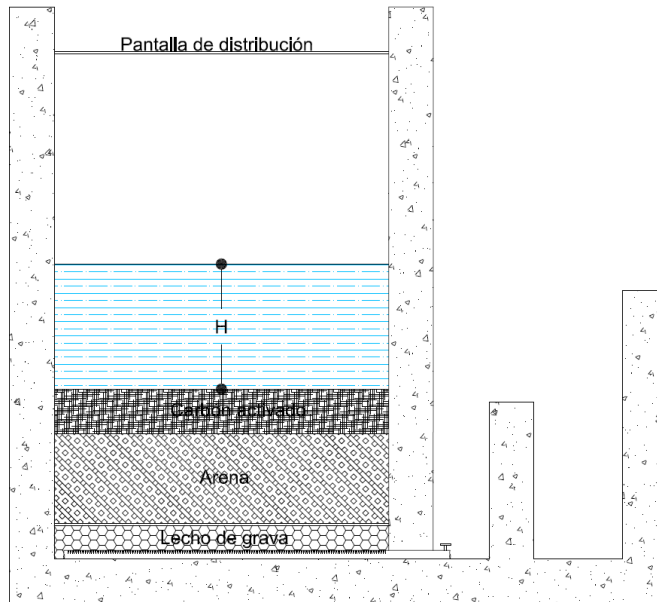
Espesor de lecho de grava:  $L_g = 0.15$  m

Velocidad de filtración:  $V = 0.00556$  cm/s

Perdida:  $H_g = 0.0011$  cm

### 3.5.6 Altura de la lámina de agua.

Figura 5. Sección transversal de filtro.



Fuente: Autor de proyecto.

Para encontrar la altura de la lámina de agua se determina con la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + h_{per}$$

Presión inicial y final:  $P_1 = P_2 = atm$

Densidad del fluido =  $\rho = 1.0 \frac{ton}{m^3}$

Condiciones geométricas:

Velocidad inicial de flujo =  $v_1$

Pero para efectos de cálculo la tomaremos como cero porque vamos a dejar la altura inicial constante.  $v_1 = 0$

$$h_1 = + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + h_{per}$$

Velocidad final de flujo =  $v_2$

Caudal diseño = 0.10 lps para una área de 1.80 m<sup>2</sup>

$$v_2 = \frac{Q}{Area} = \frac{1 \times 10^{-4}}{1.2 * 0.005} = 0.017 \frac{m}{seg} = 1.70 \frac{cm}{seg}$$

Altura inicial:  $h_1 = 0.75$  m

Perdida totales: 0.03 metro aproximadamente

Calculas la altura final:  $h_f = 0.78$  vamos a tomar 0.75 en la práctica. La lámina de agua sobre el carbón activado va a tener una altura 5.0 cm inicialmente.

### 3.6 LAVADO DE FILTROS

En el proceso de filtración, los materiales en suspensión que trae el agua son retenidos en el medio filtrante, incrementándose las pérdidas de carga y disminuyendo la tasa de filtración, requiriéndose un proceso de lavado. Esto ocurre cuando se llegue a la máxima pérdida de carga fijada en 1.5 metros o empieza a aumentar la turbidez del efluente.

El lavado de los filtros se realiza suspendiendo el proceso de filtración y inyectando agua en contra flujo, con una velocidad que alcance a expandir los medios filtrantes de arena y carbón activado (0.5 cm/seg). La velocidad del agua debe ser suficiente para arrastrar el material suspendido en el filtro, pero no tan alta como para arrastre los medios filtrantes.

**3.6.1 Velocidad de lavado.** Se utiliza para el lavado de filtro de arena y carbón activado una velocidad de 5 mm/seg. Esta velocidad fue obtenida experimentalmente en la planta piloto. Y tomando como referencia las ecuaciones de Kawamura <sup>1</sup>.

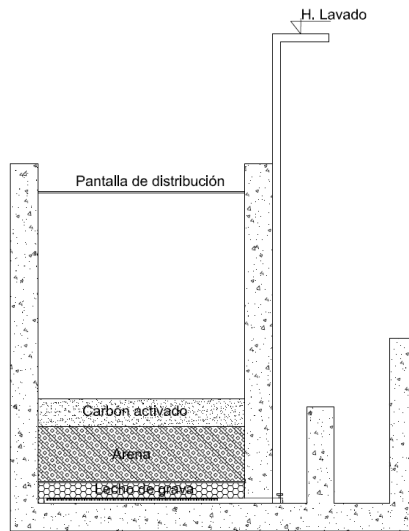
---

<sup>1</sup> Kawamura S. Desing And Operation Of High- Rate filters Vol 67, p. 653.

Teniendo en cuenta que las granulometrías de los medios filtrantes (tamaño efectivo arena =0.52 mm y tamaño efectivo carbón activado =0.6 mm) y las densidades de cada medio se debe colocar el carbón activado en la parte superior por tener una densidad más baja.

### Perdidas de carga en los medio filtrantes

Figura 6. Sección transversal de filtro. Altura de lavado.



Fuente: Autor de proyecto

Para el cálculo de la altura inicial del agua que se va utilizar para el lavado del filtro que produzca la expansión necesaria para que los sólidos atrapados en el filtro puedan ser removidos sin pérdida de material filtrante debemos conocer las pérdidas que se presentaran:

#### Para arena:

$$H_{f_{arena}} = f \frac{L\gamma_v}{g} \frac{(1-P_o)^2}{P_o^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2$$

Donde

Coeficiente de Kozeny :  $f = 5.00$  (constante experimental y adicional libro de Jorge Arboleda)

Altura de lecho:  $L = 40.00$  cm

Gravedad:  $g = 981 \text{ cm/s}^2$   
 Viscosidad cinemática:  $\nu = 1.00\text{E-}2 \text{ cm}^2 / \text{s}$   
 Porosidad:  $P_o = 0.32$   
 Coeficiente de esfericidad:  $C_e = 0.95$  (Para partículas casi esféricas)  
 Diámetro de la arena:  $D_c = 0.052 \text{ cm}$   
 Velocidad de filtración:  $V = 0.5 \text{ cm/s}$   
 Perdida:  $H_f = 212.2 \text{ cm}$

**Para carbón activado:**

$$H_{f_{\text{carbón activado}}} = f \frac{L \gamma \nu (1 - P_o)^2}{g P_o^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2$$

Donde

Coeficiente de Kozeny :  $f = 5.00$  (constante experimental y adicional libro de Jorge Arboleda)

Altura de lecho:  $L = 20.00 \text{ cm}$   
 Gravedad:  $g = 981 \text{ cm/s}^2$   
 Viscosidad cinemática:  $\nu = 1.00\text{E-}2 \text{ cm}^2 / \text{s}$   
 Porosidad:  $P_o = 0.36$   
 Coeficiente de esfericidad:  $C_e = 0.50$  (Para partículas casi esféricas)  
 Diámetro de carbón activado:  $D_c = 0.06 \text{ cm}$   
 Velocidad de filtración:  $V = 0.5 \text{ cm/s}$   
 Perdida:  $H_f = 91.3 \text{ cm}$

**Para grava:**

La pérdida de carga en la capa de soporte de grava se puede calcular con la siguiente expresión, según Dixon:

$$h_G = \frac{L_G V}{3}$$

Espesor de lecho de grava:  $L_G = 0.10 \text{ m}$   
 Velocidad de filtración:  $V = 0.5 \text{ cm/s}$

Perdida: Hg= 0.020 cm

Pérdida total en el lecho filtrante: 303.54 cm

Para encontrar la altura de la lámina de agua se determina con la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 + h_{per} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

Presión inicial y final: P1=P2=atm

Densidad del fluido=  $\rho = 1.0 \frac{ton}{m^3}$

Condiciones geométricas:

Velocidad inicial de flujo=  $v_1 = 0$

Pero para efectos de cálculo se toma como cero (altura inicial constante).

Velocidad final de flujo=  $v_2 = 0$

Asumiendo un tanque de almacenamiento de sección transversal importante.

Altura inicial:  $h_1 = 2.30$  m

Pérdida total = 3.03 m

Calculamos altura inicial: 5.333 metros

**3.6.2 Tiempo de lavado.** Para escoger el tiempo de lavado se realizaron pruebas en la planta piloto observando la turbidez del agua y se requiere un tiempo de lavado de 5 min. La cantidad de agua necesaria para este proceso es de 2.70 metros cúbicos.

### 3.7 TRATAMIENTO DE DESINFECCIÓN.

La mezcla del hipoclorito de sodio y el agua tratada, se realizara mediante un sistema de goteo en el tanque de entrega del filtro. Para garantizar la mezcla homogénea de la muestra se realizara gracias a una turbulencia en la entrega al tanque de almacenamiento y adicionalmente el choque del agua contra una placa. La caída del agua en el tanque, promueve una leve agitación de la masa de agua.

Esta entrega se realizara en tubería de 1/2 de pulgada y se espera el siguiente comportamiento.

Velocidad de salida:

$$v = \frac{q}{A} = \frac{0.1 \times 10^{-3}}{1.266 \times 10^{-4}} = 0.7894 \text{ m/s}$$

$$\text{Altura de la lámina de agua: } h = \frac{v^2}{2g} = \frac{0.7894^2}{2 \times 9.81} = 0.032 \text{ m} = 3.2 \text{ cm}$$

El hipoclorito de calcio se vende se vende en forma de polvo granular en diferentes concentraciones, que van del 30% al 65 % de cloro. es mas fácil y más exacto una solución de hipoclorito que una de polvo o de gránulos para desinfectar el agua.

Se tiene un volumen de 0.1 litros de solución que tengan 4.0mg/lit (Tabla E-4-38 titulo D Ras 2000), el hipoclorito tiene 65% de cloro.

$$P_{\text{cloro}} = \frac{0.1 \text{ lts} \times 4.0 \text{ mg/lts}}{65 \times 10} = 6.154 \times 10^{-4} \text{ gramos}$$

Se prepara una solución madre de concentración del 100.0 mg/lit, se desea saber qué volumen de agua se necesita para utilizar  $6.154 \times 10^{-4}$  gramos.

$$6.154 \times 10^{-4} = \frac{V \times 1000.0 \text{ mg/lts}}{65 \times 10}$$

$$V = 0.0004 \text{ litros}$$

Por lo tanto se prepara una solución madre de hipoclorito de calcio.

Se desean prepara 20 litros de solución que tengan 100mg/lit, el hipoclorito tiene 65% de cloro.

$$P_{cloro} = \frac{20\text{ lts} * 1000\text{ mg/lts}}{65 * 10} = 57.0\text{ gramos}$$

Es decir se coloca 57.0 gramos de hipoclorito al 65% en 20 litros de agua tendrá una solución de 10 mg/lit.

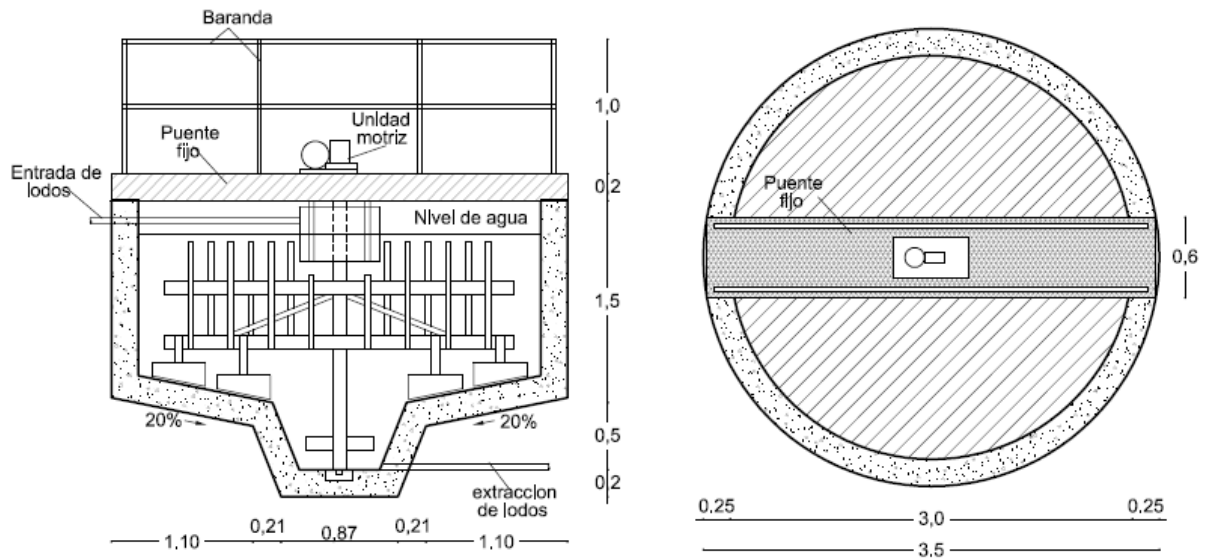
El proceso de desinfección se realizara por goteo una vez terminado el proceso de filtración y antes de llegar al tanque de almacenamiento. La mezcla se realizara mediante turbulencia. Se debe dosificar un volumen de 0.4 ml que equivale a 6 gotas de sustancia madre de hipoclorito de sodio por 0.1 litro de agua filtrada.

### **3.8 TRATAMIENTO PARA EL AGUA DEL RETRO LAVADO.**

Después del proceso de retro lavado se hace necesario disponer del agua utilizada para esta actividad, por lo cual se realizara un tratamiento de lodos a estas aguas que constara de dos fases: 1) Espesamiento de lodos por gravedad. 2) Secado de lodos en un lecho de arena y grava.

**3.8.1 Espesamiento de lodos por gravedad.** Teniendo en cuenta que la cantidad de agua que se utiliza en el retro lavado es de 2.70 m<sup>3</sup> aproximadamente, se hace necesario concentrar la cantidades de lodos presentes en ella para disminuir el volumen de lodos que se llevaran al lecho de secado, y esto se logra por medio de un espesador por gravedad que es un tanque de sección circular con un mecanismo rotativo de barrido, el cual llevara las siguientes características (figura 7). El espesador está diseñado para capacidad de 8.5 metros cúbicos de agua, por lo tanto se pondrá en funcionamiento cuando se alcance esta cantidad y esto se llevara a cabo después de 3 ciclos de retro lavado.

Figura 7. Especificaciones de espesado de lodos.



Fuente: Autor de proyecto.

Pendientes del piso = 20%

Diámetro = 3.0 m

Altura útil = 1.5 m.

Tiempo de retención = 1 a 2 días.

Velocidad de flujo del lodo = 1 a 2 m/s

Velocidad periférica = 0.08 a 0.1 m/s

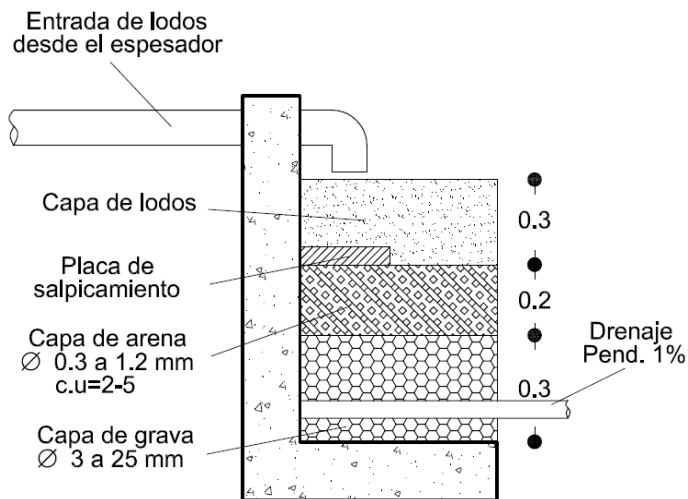
Los lodos llegan al espesador a través de un canal que se encuentra en la parte superior del filtro, luego de realizarse el proceso de espesamiento el 20% de este volumen (aproximadamente) se lleva a los lechos de secado el otro 80% se dirige a una trampa existente.

**3.8.2 Secado de lodos en un lecho de arena y grava.** El lodo extraído de las unidades deberá ser dispuesto en lechos de secado convencionales de arena y grava. Se recomienda que sean cerrados, tipo invernadero, para prevenir la humedad por lluvias que retarden el proceso y la difusión de olores molestos. El

lodo se deposita por capas de 200 m.m. de espesor. En esas condiciones, el área estimada de los lechos de secado es de 3.35 m<sup>2</sup> para recoger el lodo proveniente del tanque de espesamiento.

En condiciones de invernadero, la duración estimada del proceso de secado es de veinte (20) días. Terminado este período los lodos deben ser retirados del lote de la planta para su disposición final, la cual se realizara por medio de incineración por una entidad especializada en el tema.

Figura 8. Especificaciones lecho de secado.



Fuente: Autor de proyecto.

## 4. PRESUPUESTO

Teniendo como base los estudios y diseños realizados se han calculado las cantidades de obra que se requieren para la construcción del sistema proyectado, elaborando un presupuesto teniendo como referencia los precios que se encuentran en el mercado local (Municipio de Málaga).

Tabla 4. Presupuesto de construcción de obra.



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO

PRESUPUESTO				
ITEM:	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
<b>TANQUE PARA FILTRO</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	6.54	366,379.0	2,396,118.7
Concreto reforzado para tapas	M3	1.34	350,032.0	469,042.9
Acero de refuerzo	KG	355.00	3,787.0	1,344,385.0
Instalación de valvula de 4"	UN	3.00	259,415.0	779,245.0
Carbón Activado	KG	470.00	5,538.0	2,602,860.0
Grava de soporte para filtro	M3	0.27	51,167.0	13,815.1
Arena para medio filtrante	M3	0.72	50,417.0	36,300.2
<b>TOTAL</b>				<b>7,640,766.9</b>
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	5.38	366,379.0	1,971,119.0
Concreto reforzado para tapas	M3	1.56	350,032.0	546,049.9
Acero de refuerzo	KG	347.00	3,787.0	1,314,089.0
<b>TOTAL</b>				<b>3,831,257.9</b>
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA RETROLAVADO</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	4	366,379.0	1,465,516.0
Concreto reforzado para tapas	M3	1.16	350,032.0	406,037.1
Acero de refuerzo	KG	233.00	3,787.0	882,371.0
<b>TOTAL</b>				<b>2,753,924.1</b>
<b>LECHO DE SECADOS</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	4.51	366,379.0	1,652,369.3
Acero de refuerzo	KG	203	3,787.0	768,761.0
Arena para medio filtrante	M3	1.06	50,417.0	53,442.0
Grava de soporte para filtro	M3	1.6	51,167.0	81,867.2
<b>TOTAL</b>				<b>2,556,439.5</b>
<b>ESPEADOR DE LODOS</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	5.96	366,379.0	2,183,618.8
Acero de refuerzo	KG	270	3,787.0	1,022,490.0
Motor-reductor 7.5 HP trifasico	GL	1.00	1,000,000.0	1,000,000.0
Aspa giratoria	GL	1.00	1,600,000.0	1,600,000.0
Puente metalico con baranda	GL	1.00	1,400,000.0	1,400,000.0
<b>TOTAL</b>				<b>7,206,108.8</b>
<b>INVERNADERO</b>				
Instalación de polietileno para invernadero	ML	30.00	10,100.0	303,000.0
Tuberia Galvanizada de 1 1/2" (invernadero)	ML	66.00	24,915.0	1,644,390.0
<b>TOTAL</b>				<b>1,947,390.0</b>
<b>OTROS</b>				
Intalación de tuberia PVC Sanitaria 1/2"	ML	1.00	10,484.0	10,484.0
Intalación de tuberia PVC Sanitaria 4"	ML	95.00	46,740.0	4,440,300.0
Instalación Tuberia PVC Sanitaria 2"	ML	10.00	23,730.0	237,300.0
Instalacion de Bomba	GL	1.00	1,257,415.0	1,257,415.0
<b>TOTAL</b>				<b>5,945,499.0</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>31,881,386.3</b>

Fuente: Autor de proyecto.

Nota: El análisis de precios unitario se presenta en el anexo F.

## 5. ANÁLISIS DE COSTOS LITRO TRANSPORTADO VS LITRO PRODUCIDO POR LA PLANTA.

Actualmente la estación de servicio en épocas de sequia se ve obligada a transportar el liquido de zonas aledañas generándole un gasto adicional para seguir prestando el servicio. Este transporte lo realizan en carro tanques de capacidad de 12.000 litros y tiene un valor de 144.000 pesos por viaje, lo que genera un precio unitario por litro de 12.0 pesos.

Para el cálculo del valor de reutilización para un litro de agua, se tuvo cuenta los costos de mantenimiento y funcionamiento de la planta los cuales se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Valor de desinfección de 17.28 m<sup>3</sup> de agua.

COSTO DE OPERACIÓN POR CICLO DE LAVADO (48 HORAS)		
Item	Consumo	VALOR
Perdida de Carbón por reto lavado	0.01	23.400.00
Combustible para motobomba	2 lts/h	4.523.81
Operación y mantenimiento	2 dias	60.000.00
Hipoclorito de sodio	110 gr	660.00
Consume de corriente de Moto reductor	2.2 KW/h	19.536.00
Valor total		108.119.81

Fuente: Autor de proyecto.

El valor unitario de la producción de un litro de agua equivale a 6.26 pesos.

Adicional a esto se tiene un costo con la construcción de la planta que es de 31.881.386.3 millones de pesos. Teniendo en cuenta que el precio de transporte de un litro de agua es mayor que el costo de litro tratado por la planta. Se presenta el siguiente análisis:

Tabla 6. Análisis de precios.

Análisis unitario de resultados					
Valor Transportado	Valor tratado por la planta	Ahorro	Valor Construcción de planta	Equivalente en volumen	Tiempo de recuperación de inversión
\$ 12.0	\$ 6.26	\$ 5.74	\$ 31.881.386.3	5.554.3 m <sup>3</sup>	642.9 días

Fuente: Autor de proyecto.

Podemos observar que cuando la planta trate 5554.3 m<sup>3</sup> de agua lo cual equivale a 642.9 días aproximadamente de operación continua se recuperara la inversión de la construcción de la planta.

## 6. DISEÑO APLICADO A OTRAS PLANTAS.

Teniendo en cuenta que la problemática de abastecimiento de agua se presenta en muchos sectores, se realiza un análisis de costos de construcción para plantas de reutilización de aguas servidas con diferentes caudales (Q1=0.5 lts y Q2= 1.0 lts). A continuación se presenta las cantidades y presupuesto aproximados para la construcción de plantas de tratamiento con caudales misionados anteriormente.

Tabla 7. Presupuesto para caudal de diseño 0.5 lts.



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO

PRESUPUESTO (Caudal de diseño 0.5 lts)				
ITEM:	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	V. TOTAL
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	37.30	366,379.0	13,665,936.7
Concreto reforzado para tapas	M3	6.70	350,032.0	2,345,214.4
Acero de refuerzo	KG	2210.00	3,787.0	8,369,270.0
Instalación de valvula de 4"	UN	6.00	259,415.0	1,556,490.0
Instalación de polietileno para invernadero	ML	60.00	10,100.0	606,000.0
Motor-reductor 7.5 HP trifasico	GL	1.00	1,000,000.0	1,000,000.0
Puente metalico con baranda	GL	1.00	1,400,000.0	1,400,000.0
Aspa giratoria	GL	1.00	1,600,000.0	1,600,000.0
Tuberia Galvanizada de 2" (invernadero)	ML	81.00	24,915.0	2,018,115.0
Intalación de tuberia PVC Sanitaria 1/2"	ML	1.00	10,484.0	10,484.0
Intalación de tuberia PVC Sanitaria 4"	ML	150.00	46,740.0	7,011,000.0
Instalación Tubería PVC Sanitaria 2"	ML	12.00	23,730.0	284,760.0
Carbón Activado	KG	2262.00	5,538.0	12,526,956.0
Grava de soporte para filtro	M3	3.80	51,167.0	194,434.6
Arena para medio filtrante	M3	5.16	50,417.0	260,151.7
Instalacion de Bomba	GL	1.00	1,257,415.0	1,257,415.0
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>54,106,227.4</b>

Fuente: Autor de proyecto.

Tabla 8. Presupuesto para caudal de diseño 1.0 lts.



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO

PRESUPUESTO (Caudal de diseño 1.0 lts)				
ITEM:	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	V. TOTAL
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	59.30	366,379.0	21,726,274.7
Concreto reforzado para tapas	M3	11.30	350,032.0	3,955,361.6
Acero de refuerzo	KG	3530.00	3,787.0	13,368,110.0
Instalación de valvula de 4"	UN	6.00	259,415.0	1,556,490.0
Instalación de polietileno para invernadero	ML	83.00	10,100.0	838,300.0
Motor-reductor 7.5 HP trifasico	GL	1.00	1,000,000.0	1,000,000.0
Puente metalico con baranda	GL	1.00	1,400,000.0	1,400,000.0
Aspa giratoria	GL	1.00	1,600,000.0	1,600,000.0
Tubería Galvanizada de 2" (invernadero)	ML	110.00	24,915.0	2,740,650.0
Intalación de tubería PVC Sanitaria 1/2"	ML	2.00	10,484.0	20,968.0
Intalación de tubería PVC Sanitaria 4"	ML	180.00	46,740.0	8,413,200.0
Instalación Tubería PVC Sanitaria 2"	ML	14.00	23,730.0	332,220.0
Carbón Activado	KG	4472.00	5,538.0	24,765,936.0
Grava de soporte para filtro	M3	7.40	51,167.0	378,635.8
Arena para medio filtrante	M3	10.10	50,417.0	509,211.7
Instalacion de Bomba	GL	1.00	1,257,415.0	1,257,415.0

**COSTO TOTAL** 83,862,772.8

Fuente: Autor de proyecto.

Tabla 9. Presupuesto para caudal de diseño 5.0 lts.



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO

PRESUPUESTO (Caudal de diseño 5.0 lts)				
ITEM:	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	V. TOTAL
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	133.25	366,379.0	48,820,001.8
Concreto reforzado para tapas	M3	39.13	350,032.0	13,696,752.2
Acero de refuerzo	KG	6595.00	3,787.0	24,975,265.0
Instalación de valvula de 4"	UN	10.00	259,415.0	2,594,150.0
Instalación de polietileno para invernadero	ML	140.00	10,100.0	1,414,000.0
Motor-reductor 7.5 HP trifasico	GL	1.00	1,000,000.0	1,000,000.0
Puente metalico con baranda	GL	1.00	1,400,000.0	1,400,000.0
Aspa giratoria	GL	1.00	1,600,000.0	1,600,000.0
Tubería Galvanizada de 2" (invernadero)	ML	126.00	24,915.0	3,139,290.0
Intalación de tubería PVC Sanitaria 1/2"	ML	4.00	10,484.0	41,936.0
Intalación de tubería PVC Sanitaria 4"	ML	190.00	46,740.0	8,880,600.0
Instalación Tubería PVC Sanitaria 2"	ML	18.00	23,730.0	427,140.0
Carbón Activado	KG	22230.00	5,538.0	123,109,740.0
Grava de soporte para filtro	M3	37.12	51,167.0	1,899,319.0
Arena para medio filtrante	M3	50.40	50,417.0	2,541,016.8
Instalacion de Bomba	GL	1.00	1,257,415.0	1,257,415.0

**COSTO TOTAL** 236,796,625.8

Fuente: Autor de proyecto.

## 7. CONCLUSIONES

Por medio del análisis de los resultados de las muestras de agua, se concluye que la PTAR propuesta remueve los contaminantes presentes en ella, cumpliendo los requerimientos exigidos por las normas Colombianas para la reutilización de aguas.

Teniendo en cuenta el análisis de costos se concluye la viabilidad de construir una planta de tratamiento de aguas servidas con fines de reutilización en estaciones de servicio que no cuentan con un abastecimiento continuo.

Para la realización de este proyecto se escoge una estación de servicio con un caudal de 0.1 litros por segundo obteniéndose resultados satisfactorios, teniendo en cuenta que algunas estaciones de servicio presentan un consumo de agua mayor se realizo un análisis de costos aproximado que da la viabilidad del sistema hasta un caudal 1.0 lts por el aumento en el volumen de lavado de los lechos filtrantes.

Se elige este sistema de tratamiento de aguas residuales debido a su simplicidad para la construcción, operación y mantenimiento. Lo que implica bajos costos en capacitación de personal y mantenimiento de las instalaciones.

El porcentaje de remoción obtenido por medio de la planta piloto fue de 82.35% de eficiencia de DBO, de un 86.28 % en la remoción de DQO, 97.31% en la remoción de sólidos suspendidos totales, el contenido de fenoles en el efluente fue menor de 0.02 mg fenol/L, los detergentes 1.9 mg LAS/L, los coliformes totales  $23 \times 10^2$  NMP/ml y los coliformes fecales en  $4 \times 10^2$  NMP/ml.

Se diseña un filtro dual con lecho filtrante de carbón activado y arena debido a la presencia de hidrocarburos y fenoles en las aguas residuales a tratar, teniendo en cuenta que el carbón activado constituye un excelente material para la remoción de dichos contaminantes por adsorción.

## **8. RECOMENDACIONES**

Realizar periódicamente la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales efluentes del sistema, con el fin de corroborar que la eficiencia del tratamiento no haya disminuido por debajo de los límites establecidos por la norma vigente.

Llevar a cabo una inspección visual del efluente de filtro para verificar la eficiencia de este proceso. En caso de presentar deficiencia se debe realizar de inmediato el lavado del filtro.

Debido a que los lodos provenientes de los lechos de secado son desechos peligrosos, se recomienda que su disposición final se realice por incineración y esta actividad debe ser ejecutada por una entidad especializada en el tema.

Teniendo en cuenta que el modelo propuesto de lecho de secado de lodos, se basa en datos empíricos y que la eficiencia del lecho puede variar dependiendo de las condiciones del clima presentes en la zona, se aconseja dado el caso de que se presentes tiempos de secado muy altos (más de 20 días) elaborar un tratamiento previo al secado de lodos, como por ejemplo adicionar coagulantes químicos.

## BIBLIOGRAFÍA

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUAS POTABLES Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS-2000. Secciones II. Título E. Tratamiento de aguas residuales.

AS, Norma Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 Tomo 2, Título C, Bogotá: ASI.1998.

JORGE ARBOLEDA VALENCIA; "Teoría y práctica de la purificación del agua"; Tomo 2; Colombia; 2000.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales: teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2004.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación de Agua. 3 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2005.

Manual de tratamiento de Aguas Negras. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. 1997.

R. S. RAMALHO. "Tratamiento de aguas residuales", Faculty of Science and engineering Laval University, Quebec Canada.

FAIR, Gordon. GEYER, John. OKUN, Daniel. Abastecimiento de Aguas y Remoción de Aguas Residuales. 1 ed. México: Limusa 1968.87 p.

METCALF AND EDDY, Ingeniería de aguas residuales, Tratamiento, vertido y reutilización. Mc Graw, 1995.

GÓMEZ SÁNCHEZ, Jorge E. Plantas de tratamiento para agua potable. Teoría y diseño. Universidad Industrial de Santander, 2003.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1594. (1984).

HERRERA, A. A Eliminación de lodos de una EDAR. Tesis de maestría. Universidad de Madrid. 2003.

MORRÓN, Cesar. Plantas de tratamiento por filtración lenta. Diseño operación y mantenimiento. Intemediante Technology Developrment group, Peru 1999.

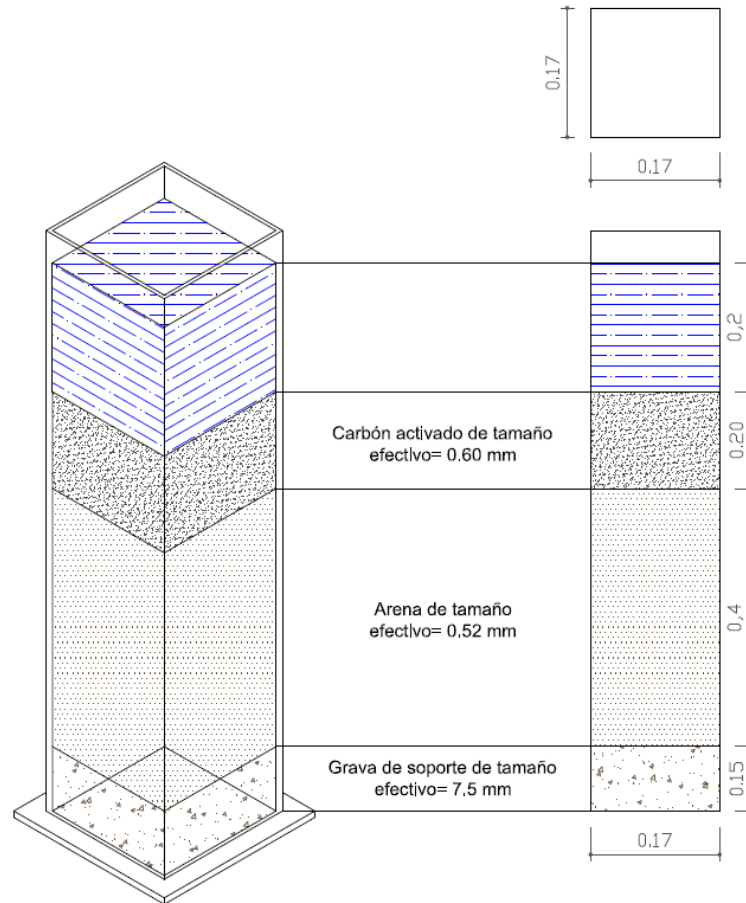
MORENO, Wilson. Tratamiento y disposición de los sólidos procedentes de la recuperación de las aguas residuales. Tesis de grado. Universidad industrial de Santander. Bucaramanga, 1996.

STREETER L, Víctor. Mecánica de Fluidos. 4 ed. McGRAW- HILL 1972.

## **ANEXOS**

## ANEXA A. DISEÑO DE PLANTA PILOTO

Figura 9. Esquema de planta piloto.



Fuente: Autor de proyecto.

Para encontrar la altura de la lámina de agua utilizaremos la ecuación de Bernoulli con las siguientes propiedades:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + gh_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + gh_2 + h_{per}$$

Presión inicial y final:  $P_1 = P_2 = \text{atm}$

Densidad del fluido =  $\rho = 1.0 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$

Condiciones geométricas:

Velocidad inicial de flujo =  $v_1$

Caudal inicial = 0.1 lps para una área de 1.80 m<sup>2</sup>

$$v = \frac{Q}{Area} = \frac{0.1}{1.80} = 0.056 \frac{mm}{seg}$$

Pero para efectos de cálculo se tomara como cero, ya que la altura inicial será constante.

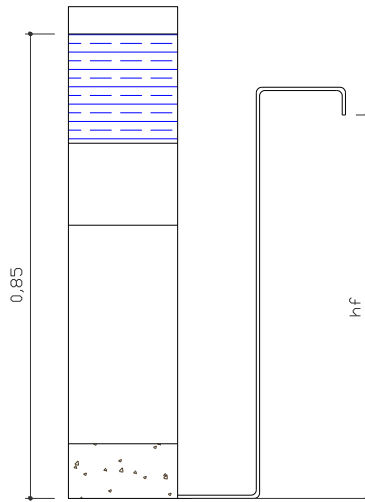
Velocidad final de flujo =  $v_2$

Caudal inicial =  $1.606 \times 10^{-3}$  lps para una área de 0.0289 m<sup>2</sup>

$$v_2 = \frac{Q}{Area} = \frac{1.606 \times 10^{-6}}{0.0289} = 0.056 \frac{mm}{seg}$$

Altura inicial:  $h_1 = 0.75$  m

Figura 10. Esquema de planta piloto.



Fuente: Autor de proyecto.

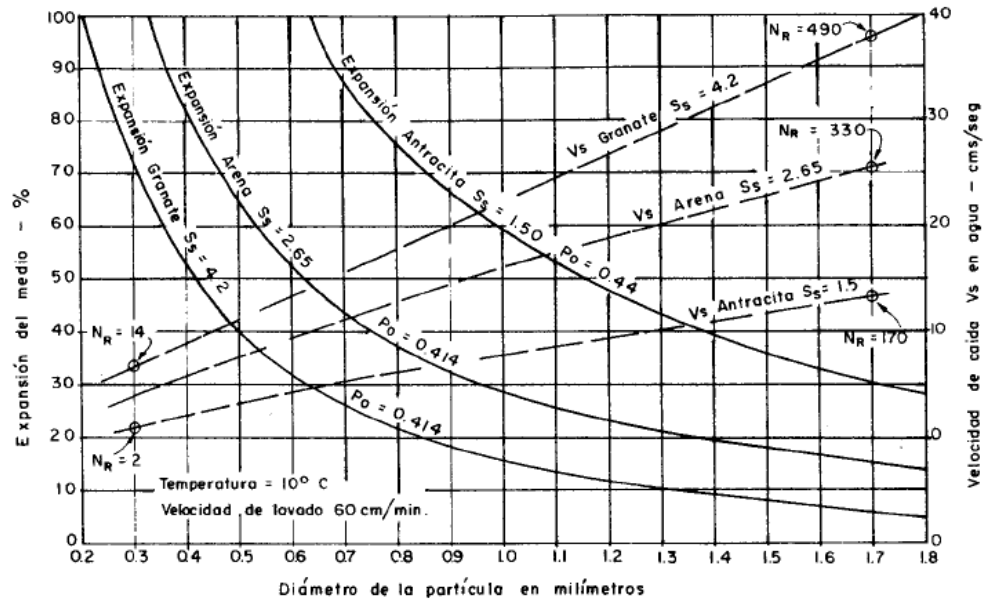
Perdida totales: 0.03 metro aproximadamente

Calculas la altura final:  $h_f = 0.70$  vamos a tomar 0.73 en la practica

### VELOCIDAD DE LAVADO.

Utilizaremos para el lavado de filtro de arena y antracita una velocidad de 1cm/seg. Para calcular la expansión de los medios de cada lecho utilizaremos la siguiente grafica

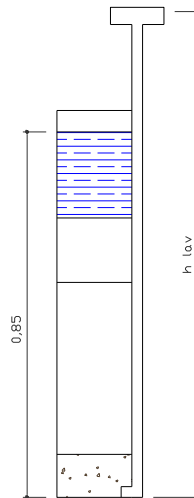
Figura 11. Grafica de expansión vs diámetro de partículas.



Luego que determinemos la granulometría exacta calcularemos que material ira en la parte de arriba y cual en la parte de abajo (mas expansible en la parte superior)

### ALTURA MÍNIMA DE LAVADO.

Figura 12. Esquema de filtro con altura de lavado.



Fuente: Autor de proyecto.

Para el cálculo de la altura inicial del agua que se va utilizar para el lavado del filtro que produzca la expansión necesaria para que los sólidos atrapados en el filtro

puedan ser removidos sin pérdida de material filtrante debemos conocer las pérdidas que se presentarían:

**Perdidas en lecho filtrante:**

**Para arena:**

$$Hf_{\text{arena}} = f \frac{L\gamma}{g} \nu \frac{(1-P_o)^2}{P_o^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2$$

Donde

Coeficiente de Kozeny :  $f = 5.00$  (constante experimental y adicional libro de Jorge Arboleda)

Altura de lecho:  $L = 40.00$  cm

Gravedad:  $g = 981$  cm/s<sup>2</sup>

Viscosidad cinemática:  $\nu = 1.00E-2$  cm<sup>2</sup> /s

Porosidad:  $P_o = 0.32$

Coeficiente de esfericidad:  $C_e = 0.95$  (Para partículas casi esféricas)

Diámetro de la arena:  $D_c = 0.052$  cm

Velocidad de filtración:  $V = 0.5$  cm/s

Perdida:  $H_f = 212.2$  cm

**Para carbón activado:**

$$Hf_{\text{carbón activado}} = f \frac{L\gamma}{g} \nu \frac{(1-P_o)^2}{P_o^3} \left[ \frac{6}{C_e D_c} \right]^2$$

Donde

Coeficiente de Kozeny :  $f = 5.00$  (constante experimental y adicional libro de Jorge Arboleda)

Altura de lecho:  $L = 20.00$  cm

Gravedad:  $g = 981$  cm/s<sup>2</sup>

Viscosidad cinemática:  $\nu = 1.00E-2$  cm<sup>2</sup> /s

Porosidad:  $P_o = 0.36$

Coeficiente de esfericidad:  $C_e = 0.50$  (Para partículas casi esféricas)

Diámetro de carbón activado:  $D_c = 0.06$  cm

Velocidad de filtración:  $V = 0.5 \text{ cm/s}$

Perdida:  $H_f = 91.3 \text{ cm}$

**Para grava:**

La pérdida de carga en la capa de soporte de grava se puede calcular con la siguiente expresión:

$$h_G = \frac{L_G V}{3}$$

Espesor de lecho de grava:  $L_G = 0.10 \text{ m}$

Velocidad de filtración:  $V = 1.0 \text{ cm/s}$

Perdida:  $H_G = 0.020 \text{ cm}$

Pérdida total en el lecho filtrante:  $303.54 \text{ cm}$

Para encontrar la altura de la lámina de agua utilizaremos la ecuación de Bernoulli con las siguientes propiedades:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + gh_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + gh_2 + h_{per}$$

Presión inicial y final:  $P_1 = P_2 = \text{atm}$

Densidad del fluido =  $\rho = 1.0 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$

Condiciones geométricas:

Velocidad inicial de flujo =  $v_1 = 0$

Pero para efectos de cálculo la tomaremos como cero porque vamos a dejar la altura inicial constante.

Velocidad final de flujo =  $v_2$

Velocidad va a ser constante de  $1 \text{ cm/seg}$  entonces necesitaremos un caudal de:

$$Q = \text{Area} * v_2 = 0.36 * 10 = 3.60 \text{ lps}$$

Altura inicial:  $h_1 = 0.85 \text{ m}$

Pérdida total =  $160 \text{ cm}$

Calculamos altura inicial:  $3.854 \text{ metros}$

## ANEXO B. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PLANTA PILOTO



Fotografía 1. Estación de servicio yerbabuena.



Fotografía 2. Muestras de agua afluyente y efluente de filtro



Fotografía 3. Supervisión por parte de funcionario de CAS.



Fotografía 4. Aforo realizado.



Fotografía 5. Planta existente.



Fotografía 6. Planta piloto.



Fotografía 7. Proceso de retro lavado

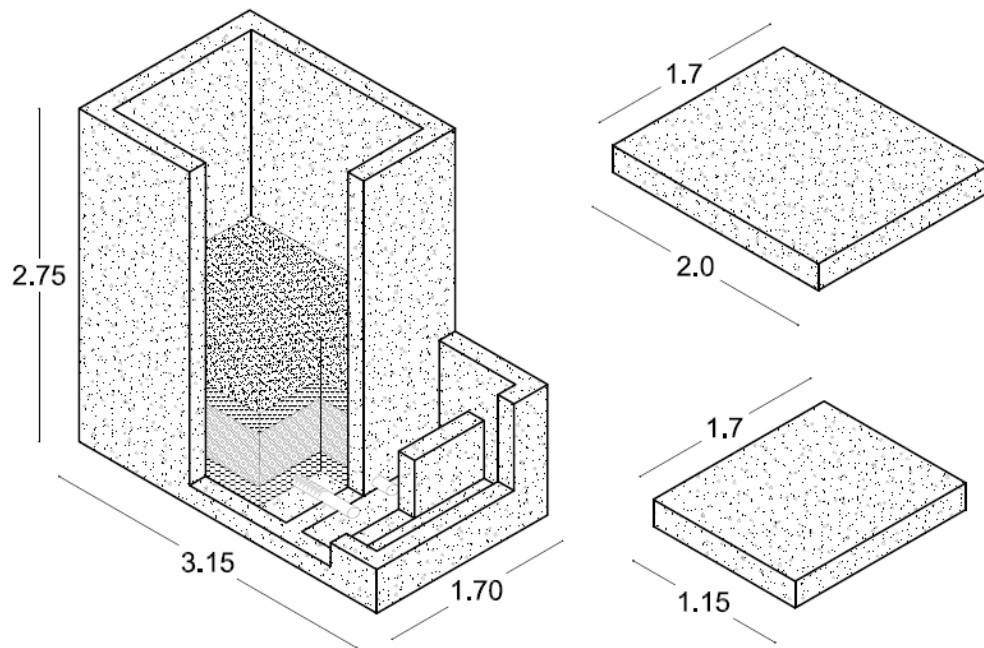
## ANEXO C. DISEÑO ESTRUCTURAL

Se realizara un diseño simplificado en cada estructura (tanques, espesador, lecho de secado y filtro) analizando elementos por separado, este procedimiento suele dar como resultado armaduras excesivas. Sin embargo, en tanques pequeños la cantidad de refuerzo se ve dominada por la cuantía mínima por retracción de fraguado y variación de temperatura la cual según la NSR-98 Capitulo C.20 Tabla C.20-1 es igual a 0.0028.

### DISEÑO ESTRUCTURAL DEL FILTRO.

Se diseño un sistema de filtrado en un tanque rectangular en concreto reforzado (ver anexos), que llevara en su interior un capa de grava de 15 cm, una capa de arena de 40 cm, una capa de carbón activado de 20 cm y una altura de agua de 20 cm inicialmente ya que esta capa alcanzará a subir hasta 1,50 m a causa del taponamiento del filtro, las medidas del tanque para el filtro.

Figura 13. Esquema de filtro propuesto.



Fuente: Autor de proyecto.

Tabla 10. Propiedades de materiales para la construcción del filtro.

<b>MATERIALES</b>		
$\gamma$ concreto	2.40	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$ agua	1.00	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$ arena	1.80	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$ grava	1.60	Ton/m <sup>3</sup>
$f_c$	21	MPa
$f_y$	420	MPa
L filtro	3.15	m
B filtro	1.7	m
H filtro	2.75	m
Espesor (todos)	0.25	cm
d	0.18	cm

Fuente: Autor de proyecto.

### **Diseño estructural de la placa de fondo.**

La placa de fondo se encuentra empotrada en todo su contorno y como el depósito está apoyada directamente sobre el suelo, la placa de fondo actúa simultáneamente como la fundación del estanque, y se esta se diseña para soportar todas las reacciones del suelo debidas al peso propio del depósito y las sobrecargas aplicadas sobre él, pero sin tener en cuenta el peso propio de la placa de fondo ni el agua contenida dentro del depósito, ya que estas cargas son resistidas directamente por el suelo bajo la fundación, sin provocar corte ni flexión, se analizara un tramo de losa de ancho 1.0 metro la cual se encuentra empotrada en sus esquinas.

$$\text{Peso propio paredes} = 2.7 * 0.25 * 2 * 2.4 * (1.7 + 2.0) = 11.98 \text{ ton}$$

$$U = 1.4 * \frac{(11.98)}{(2.0 * 1.7)} = 4.93 \text{ ton/m}^2$$

$$Mu^- = \frac{U * L^2}{12} = \frac{4.93 * 2.0^2}{12} = 1.64 \text{ ton/m}$$

$$Mu = \phi * \rho * b * fy * d^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{fy}{fc} \right) \right]$$

$$16.4 * 10^6 = 0.9 * \rho * 1000 * 420 * 180^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{420}{21} \right) \right]$$

$$\rho = 0.0014$$

$$\rho < \rho_{min}$$

Analizando la cuantía obtenida para el momento mayor vemos que está por debajo de la cuantía mínima requerida por la NSR-98 Capitulo C.20 Tabla C.20-1 que es igual a 0.0028, por la tanto no hay necesidad de calcular las cuantías para los otros momentos entonces asumiremos esta cuantía como la requerida para nuestros cálculos.

$$As = \rho_{min} * b * d = 0.0028 * 100 * 18\text{cm} = 5.04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una barra # 3 cada 14 cm en ambas direcciones y en ambas caras.

### **Chequeo a cortante**

El cortante a una distancia d de la cara del apoyo se calculo mediante el programa SAP 2000 y es igual a:

$$Vu = -3.34 \text{ Ton}$$

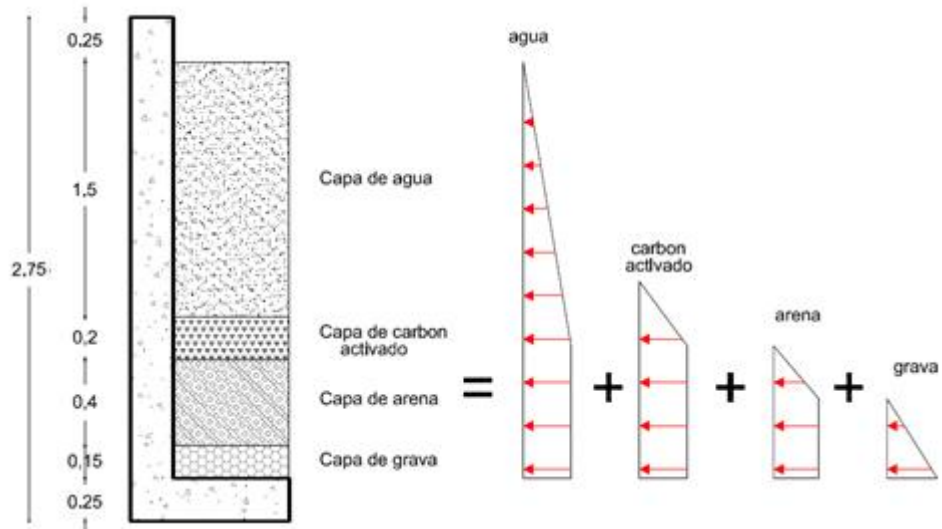
$$v_u = \frac{Vu}{bd} = \frac{3.34 * 1000}{100 * 18\text{cm}} = 1.85 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi_{vc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210\text{Kg/cm}^2} = 6.53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} > 1.85 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ OK}$$

### **Diseño estructural de las losas de las paredes.**

Las losas de las paredes del filtro funcionan igual que las paredes del tanque de almacenamiento, pero estas paredes presentan una distribución de esfuerzos diferentes debido a los materiales que contiene, la altura de agua se considerara la mas critica que es de 1.5 m, la configuración de cargas se presenta en la siguiente:

Figura 14. Diagrama de fuerza sobre muros de tanque del filtro.



Fuente: Autor de proyecto.

El momento en la base se calcula mediante el programa SAP 2000 y es igual a:

$$Mu = 1.62 \text{ ton/m}$$

$$Mu \text{ mayorado} = 1.7 * 1.62 = 2.75 \text{ ton/m}$$

$$Mu = \phi * \rho * b * fy * d^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{fy}{fc} \right) \right]$$

$$27.5 * 10^6 = 0.9 * \rho * 1000 * 420 * 180^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{420}{21} \right) \right]$$

$$\rho = 0.0023$$

$$\rho < \rho_{min}$$

$$As = \rho * b * d = 0.0028 * 100 * 18\text{cm} = 5.04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una barra # 3 cada 14 cm en la cara interna.

Para el resto de refuerzo se colocara el Asmin.

$$As = \rho_{min} * b * d = 0.0028 * 100 * 18\text{cm} = 5.04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una barra # 3 cada 14 cm.

### Chequeo a cortante

El cortante a una distancia d de la cara del apoyo se calculo mediante el programa SAP 2000 y es igual a:

$$V_u = -2.76 \text{ Ton}$$
$$v_u = \frac{V_u}{bd} = \frac{2.76 * 1000}{100 * 18\text{cm}} = 1.53 \text{ Kg/cm}^2$$
$$\phi_{vc} = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{210\text{Kg/cm}^2} = 6.53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} > 1.53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ OK}$$

### **Diseño estructural de las tapas del filtro.**

La placa de la tapa esta simplemente apoyada en todo el perímetro exterior del tanque y se analizara un tramo de losa de ancho 1.0 metro que se encuentra simplemente apoyada en sus extremos y que soporta su propio peso

$$\rho_{\min} = 0.002$$

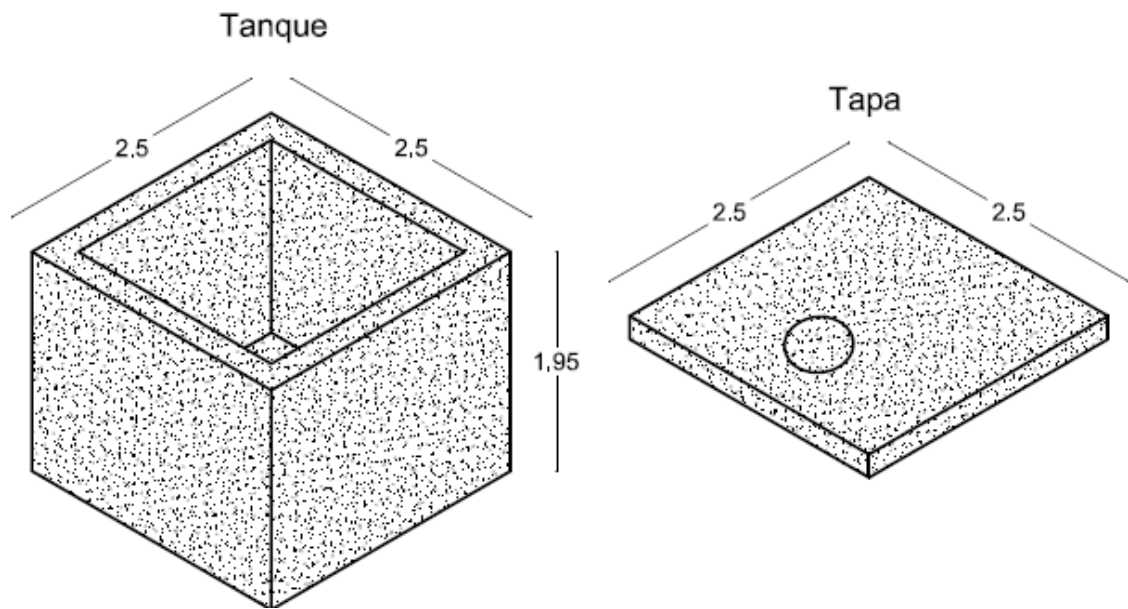
$$A_s = \rho_{\min} * b * d = 0.002 \cdot 100 \cdot 18\text{cm} = 3.6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una barra # 3 cada 20 cm en ambas direcciones y en ambas caras.

### **DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.**

Se diseño un tanque rectangular superficial en concreto reforzado con capacidad para almacenar 6 m<sup>3</sup> de agua (ver anexos), el cual va a contener el líquido que se ha tratado previamente en el filtro y el cual se va a reutilizar en la actividad de lavado de autos, las medidas del tanque se presentan en la figura 15.

Figura 15. Esquema de tanque de almacenamiento.



Fuente: Autor de proyecto.

Las propiedades de los materiales empleados son:

Figura 16. Propiedades de materiales para la construcción del tanque de almacenamiento.

Tabla 11. Propiedades de materiales de tanque de almacenamiento.

<b>MATERIALES</b>		
$\gamma$ concreto	2.40	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$ agua	1.0	Ton/m <sup>3</sup>
$f_c$	21	MPa
$f_y$	420	MPa
L tanque	2.5	m
B tanque	2.5	m
H tanque	1.95	m
Espesor (todos)	0.25	cm
d	0.18	cm
L tapa	2.5	m
B tapa	2.5	m

Fuente: Autor de proyecto.

## Diseño estructural de la placa de fondo.

La placa de fondo funciona de la misma forma que la placa de fondo del filtro, por lo tanto se diseñara igual.

$$\text{Peso propio paredes} = 1.7 * 0.25 * 2.5 * 4 * 2.4 = 10.2 \text{ ton}$$

$$\text{Peso propio tapa} = 0.25 * 2.5 * 2.5 * 2.4 = 3.75 \text{ ton}$$

$$U = 1.4 * (10.2 + 3.75) / (2.5 * 2.5) = 3.12 \text{ ton/m}^2$$

$$Mu^- = \frac{U * L^2}{12} = \frac{3.12 * 2.5^2}{12} = 1.62 \text{ ton/m}$$

$$Mu = \phi * \rho * b * fy * d^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{fy}{fc} \right) \right]$$

$$16.2 * 10^6 = 0.9 * \rho * 1000 * 420 * 180^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{420}{21} \right) \right]$$

$$\rho = 0.0013$$

$$\rho < \rho_{min}$$

Analizando la cuantía obtenida para el momento mayor vemos que esta por debajo de la cuantía mínima requerida por la NSR-98 Capitulo C.20 Tabla C.20-1 que es igual a 0.0028, por lo tanto no hay necesidad de calcular las cuantías para los otros momentos entonces asumiremos esta cuantía como la requerida para nuestros cálculos.

$$As = \rho_{min} * b * d = 0.0028 * 100 * 18 \text{ cm} = 5.04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una barra # 3 cada 14 cm en ambas direcciones y en ambas caras.

## Chequeo a cortante

El cortante a una distancia d de la cara del apoyo se calculo mediante el programa SAP 2000 y es igual a:

$$Vu = -2.18 \text{ Ton}$$

$$vu = \frac{Vu}{bd} = \frac{2.18 * 1000}{100 * 18 \text{ cm}} = 1.21 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi vc = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210 \text{ Kg/cm}^2} = 6.53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} > 1.21 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ OK}$$

### Diseño estructural de la tapa del tanque.

La placa de la tapa esta simplemente apoyada en todo el perímetro exterior del tanque y se analizara un tramo de losa de ancho 1.0 metro que se encuentra simplemente apoyada en sus extremos y que soporta su propio peso.

$$\text{Peso propio tapa} = 0.25 * 2.4 = 0.6 \text{ ton/m}^2$$

$$U = 1.4 * (0.6) = 0.84 \text{ ton/m}^2$$

$$Mu^- = \frac{U * L^2}{8} = \frac{0.84 * 2.5^2}{8} = 0.66 \text{ ton/m}$$

$$Mu = \phi * \rho * b * fy * d^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{fy}{fc} \right) \right]$$

$$6.6 * 10^6 = 0.9 * \rho * 1000 * 420 * 180^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{420}{21} \right) \right]$$

$$\rho = 0.00054$$

$$\rho < \rho_{min}$$

$$As = \rho_{min} * b * d = 0.002 * 100 * 18 \text{ cm} = 3.6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una barra # 3 cada 20 cm en ambas direcciones y en ambas caras.

### Chequeo a cortante

El cortante a una distancia d de la cara del apoyo se calculo mediante el programa SAP 2000 y es igual a:

$$Vu = -0.57 \text{ Ton}$$

$$vu = \frac{Vu}{bd} = \frac{0.57 * 1000}{100 * 18 \text{ cm}} = 0.32 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi vc = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210 \text{ Kg/cm}^2} = 6.53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} > 0.32 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ OK}$$

### Diseño estructural de las losas de las paredes.

Las losas de las paredes se encuentran empotradas en 3 lados y libres en su borde superior, se analizara un tramo de losa de ancho 1.0 metro que se encuentra empotrada en su base a la losa de fondo y el otro extremo libre la cual

debe soportar el empuje ejercido por el agua almacenada, teniendo en cuenta que la tapa del tanque está descansando sobre estas losas debería tenerse en cuenta el peso de la tapa para el diseño de la misma, pero según *María Graciela Fratelli – Diseño de estructuras de concreto*, estos esfuerzos producidos por la tapa se pueden despreciar, con excepción de depósitos de paredes muy esbeltas, con  $H > 4.8\text{m}$  o en depósitos donde actué una fuerte sobrecarga a la placa.

$$\text{Reaccion en la base } (q) = \text{Hagua} * \square \text{yagua}/2 = 0.85 \text{ ton}$$

$$(q) = 1.7 * 1/2 = 0.85 \text{ ton}$$

$$U = 1.7 * (0.85) = 1.45 \text{ ton}$$

$$Mu = \frac{U * L}{3} = \frac{1.45 * 1.7}{3} = 0.82 \text{ ton/m}$$

$$Mu = \phi * \rho * b * fy * d^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{fy}{fc} \right) \right]$$

$$8.2 * 10^6 = 0.9 * \rho * 1000 * 420 * 180^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{420}{21} \right) \right]$$

$$\rho = 0.00067$$

$$\rho < \rho_{min}$$

$$As = \rho_{min} * b * d = 0.0028 * 100 * 18\text{cm} = 5.04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una barra # 3 cada 14 cm en ambas direcciones y en ambas caras.

### Chequeo a cortante

El cortante a una distancia d de la cara del apoyo se calculo mediante el programa SAP 2000 y es igual a:

$$Vu = -1.2 \text{ Ton}$$

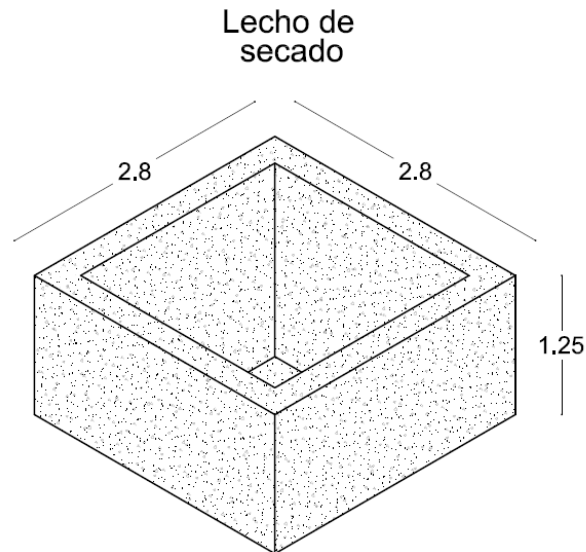
$$vu = \frac{Vu}{bd} = \frac{1.2 * 1000}{100 * 18\text{cm}} = 0.66 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi_{vc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{\frac{210\text{Kg}}{\text{cm}^2}} = 6.53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} > 0.66 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ O.K}$$

## DISEÑO ESTRUCTURAL DEL LECHO DE SECADO.

Se diseño un lecho de secado rectangular superficial en concreto reforzado (ver anexos), el cual va a servir para expandir los lodos provenientes del espesador de lodos para su posterior secado, el lecho de secado contiene una capa de grava de 30 cm, una capa de arena de 20 cm y la capa de lodos que será de 30 cm al comienzo aproximadamente, las medidas del tanque se presentan en la figura 17.

Figura 17. Esquema de lecho de secado.



Fuente: Autor de proyecto.

Las propiedades de los materiales empleados son:

Tabla 12. Propiedades de materiales de lecho de secado.

MATERIALES		
$\gamma$ concreto	2.40	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$ lodos	1.01	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$ arena	1.80	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$ grava	1.60	Ton/m <sup>3</sup>
$f_c$	21	MPa
$f_y$	420	MPa
L lecho	2.8	m
B lecho	2.8	m
H lecho	1.25	m
Espesor (todos)	0.25	cm
d	0.18	cm

Fuente: Autor de proyecto.

### Diseño estructural de la placa de fondo.

La placa de fondo funciona de la misma forma que la placa de fondo del tanque de almacenamiento así que se diseñara igual y no se entrara en detalles en sus especificaciones.

$$\text{Peso propio paredes} = 1.05 * 0.25 * 2.55 * 4 * 2.4 = 6.42 \text{ ton}$$

$$U = 1.4 * \frac{(6.42)}{(2.8 * 2.8)} = 1.14 \text{ ton/m}^2$$

$$Mu^- = \frac{U * L^2}{12} = \frac{1.14 * 2.8^2}{12} = 0.74 \text{ ton/m}$$

$$Mu = \phi * \rho * b * fy * d^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{fy}{fc} \right) \right]$$

$$7.4 * 10^6 = 0.9 * \rho * 1000 * 420 * 180^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{420}{21} \right) \right]$$

$$\rho = 0.0006$$

$$\rho < \rho_{min}$$

Analizando la cuantía obtenida para el momento mayor vemos que esta por debajo de la cuantía mínima requerida por la NSR-98 Capitulo C.20 Tabla C.20-1 que es igual a 0.0028, por la tanto no hay necesidad de calcular las cuantías para los otros momentos entonces asumiremos esta cuantía como la requerida para nuestros cálculos.

$$As = \rho_{min} * b * d = 0.0028 * 100 * 18 \text{ cm} = 5.04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una barra # 3 cada 14 cm en ambas direcciones y en ambas caras.

### Chequeo a cortante

El cortante a una distancia d de la cara del apoyo se calculo mediante el programa SAP 2000 y es igual a:

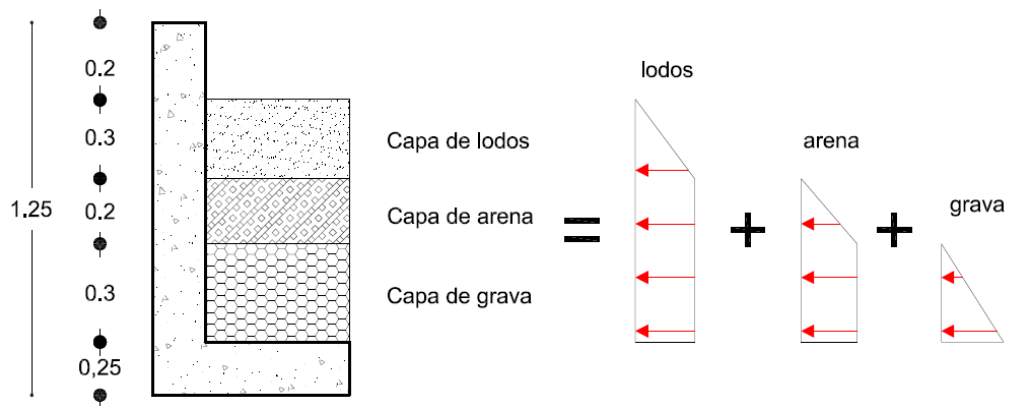
$$Vu = -1.19 \text{ Ton}$$
$$vu = \frac{Vu}{bd} = \frac{1.19 * 1000}{100 * 18 \text{ cm}} = 0.66 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi_{vc} = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{210 \text{Kg/cm}^2} = 6.53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} > 0.66 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ OK}$$

### Diseño estructural de las losas de las paredes.

Las losas de las paredes del lecho de secado funcionan igual que las paredes del tanque de almacenamiento, pero estas paredes presentan una distribución de esfuerzos diferentes debido a los materiales que contiene, esta configuración se presenta en la siguiente figura 18:

Figura 18. Esquema de tanque de almacenamiento.



Fuente: Autor de proyecto.

El momento en la base se haya mediante el programa SAP 2000 y es igual a:

$$Mu = 0.39 \text{ ton/m}$$

$$Mu \text{ mayorado} = 1.7 * 0.39 = 0.66 \text{ ton/m}$$

$$Mu = \phi * \rho * b * fy * d^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{fy}{fc} \right) \right]$$

$$6.2 * 10^6 = 0.9 * \rho * 1000 * 420 * 180^2 * \left[ 1 - 0.59 * \rho * \left( \frac{420}{21} \right) \right]$$

$$\rho = 0.00053$$

$$\rho < \rho_{min}$$

$$As = \rho_{min} * b * d = 0.0028 * 100 * 18 \text{cm} = 5.04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una barra # 3 cada 14 cm en ambas direcciones y en ambas caras.

### Chequeo a cortante

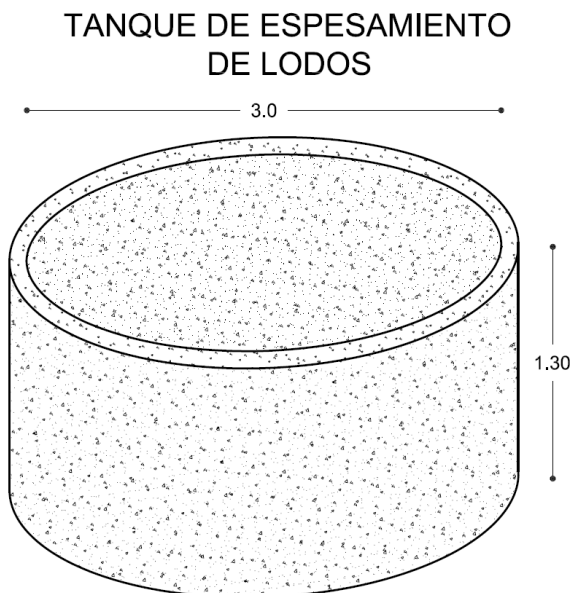
El cortante a una distancia  $d$  de la cara del apoyo se calculo mediante el programa SAP 2000 y es igual a:

$$Vu = -1.18 \text{ Ton}$$
$$vu = \frac{Vu}{bd} = \frac{1.18 * 1000}{100 * 18\text{cm}} = 0.65 \text{ Kg/cm}^2$$
$$\phi vc = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{210\text{Kg/cm}^2} = 6.53 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} > 0.65 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \text{ OK}$$

### DISEÑO ESTRUCTURAL TANQUE DE ESPESAMIENTO.

Se diseño un tanque circular superficial en concreto reforzado (ver anexos), con una capacidad para almacenar  $9.23 \text{ m}^3$  de agua y con el objetivo de espesar el agua provenientes del lavado del filtro, las medidas del tanque se presentan en la figura 19.

Figura 19. Esquema de tanque de almacenamiento.



Fuente: Autor de proyecto.

NOTA: Los espesores de todas las paredes y de la losa del fondo son de 20 cm.  
Las propiedades de los materiales empleados son:

Tabla 13. Propiedades de materiales de tanque de espesamiento de lodos.

MATERIALES		
$\gamma$ concreto	2.40	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$ lodos	1.01	Ton/m <sup>3</sup>
fc	21	MPa
fy	420	MPa
R lecho	1.50	m
H lecho	1.30	m
Espesor (todos)	0.25	cm
d	0.18	cm

Fuente: Autor de proyecto.

### Diseño estructural de muros.

Se cheque el espesor de la placa en función del fisuramiento debida a la tracción debido la tracción.

$$t = 0.05h + 0.001r = 0.05 * 1.3 + 0.001 * 1.5 = 0.08 < 0.2 \text{ O.K}$$

Las fuerzas axiales anulares máximas de producen en general en el tercio inferior y su valor se calcula en función de coeficiente K.

$$K = \frac{1.3h}{\sqrt{r * t}} = \frac{1.3 * 1.3}{\sqrt{1.5 * 0.2}} = 3.08$$

Tabla 14. Valores de profundidad critica.

z/h	K	2.00	3.00	5.00	8.00	10.00	20.00	25.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.10
2.00	0.10	0.20	0.20	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
3.00	0.14	0.28	0.29	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
4.00	0.15	0.32	0.38	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
5.00	0.14	<b>0.33</b>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
6.00	0.12	0.30	0.55	0.58	0.60	0.60	0.60	0.60
7.00	0.09	0.23	0.50	0.62	0.70	0.70	0.70	0.70
8.00	0.05	0.14	0.36	0.54	0.80	0.80	0.82	0.82
9.00	0.02	0.05	0.15	0.28	0.87	0.87	0.90	0.90
10.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Diseño de estructura de concreto armado. María Graciela Fratelli.

Se deduce que la fuerza anular máxima de tracción es a una profundidad de 0.33.

Se calcula los esfuerzos a tracción en el anillo que se analiza, donde se presenta el esfuerzo máximo:

$$N = \gamma \cdot u \cdot h \cdot k = 0.33 * 1010 * 1.5 * 3.08 = 1539.8 \cong 1540 \text{ kg}$$

Se calcula  $A_s$ :

$$A_s = \frac{2N}{0.9F_y} = \frac{2 * 1540}{0.9 * 4200} = 0.820 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$A_s$  mínimo:

$$A_s = 0.0028 * 18 * 100 = 5.04 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \geq 0.82 \text{ Se coloca } A_s \text{ minimo}$$

Colocar una barra # 3 cada 14 cm en ambas direcciones y en ambas caras.

## ANEXO D. PLANILLA DE MONITOREO

<b>MONITOREO ARM MUNICIPIO DE Málaga Sder.</b>												
<b>Ing Arthur Rueda Orduz</b> <b>cc: 91.506.716 B-manga</b>		<b>Muestras Tomadas con fines de estudio de Vertimientos, Para</b>  <b>Practicar los Siguietes Analisis:</b> Mtra No 1 Afluente: SST DBO 5 Mtra No 2 Efluente PTAR: SST DBO 5. tensoactivos-fenoles Mtra No 3 Efluente Filtro: Tensoactivos.coliformes tot-Fenoles						VoBo: C.A.S. (Málaga)..  VoBo: C.A.S. (Málaga)..  <b>Fecha Inicio: Mierc 12 Agos 10:00 am</b> <b>Fecha Term. Mierc 12 Agost 12:00 m</b> Pagina 1 de 1				
		<b>Ing Hector Torres Ortiz</b> <b>cc: 13.930.230 Málaga</b> <b>Responsables de la Toma</b>										
		<b>HORA</b> <b>PTAR EDS YERBABUENA, San José de Miranda Sder</b>										
	Muestra No	T°C	M.S	M.C	Cantidad (ml)	Muestra No	T°C	M.S	M.C	M.I	mtra No	
09:30	1	21.3	x	X	200				X		Mtra Zona Industrial	
10:00	1	22.2	x		200							
10:18	1	22.8	x		200							
10:40	1	22.1	x		200							
11:10	1	22.4	x		200							
09:40	2	20.1	x		250							
10:30	2	20.9	x		250							
11:15	2	20.8	x		250							
11:50	2	21.0	x		250							
09:50	3	25.1	x		250							
10:25	3	25.3	x		250							
11:20	3	25.2	x		250							
12:00	3	25.4	x	250								

-Las Muestras Compuestas Corresponden a :  
 Mezcla de muestras simples

## ANEXO E. RESULTADOS DE LABORATORIO

ACREDITADO ISO 17025 RESOLUCION 0184 DE 2005

LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE AGUAS RESIDUALES	PÁG. 1/1
REPORTE DE RESULTADOS DE ENSAYO F-5.10-01	

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
---------------------------

CLIENTE: EDS. YERBABUENA MÁLAGA	
CÓDIGO: 588	CÓDIGO: 589
FUENTE: AFLUENTE 3TAR	FUENTE: EFLUENTE FILTRO
FECHA DE RECEPCION: 13-08-09	FECHA DE RECEPCION: 13-08-09
FECHA DE REPORTE: 25-08-09	FECHA DE REPORTE: 25-08-09

ANÁLISIS	UNIDADES	VALOR		Incertidumbre	MÉTODO
		588	589		
DQO	mg O <sub>2</sub> / L	319.6	56.4	2.7	5220-B
DBO	mg O <sub>2</sub> / L	186.2	25.54	2.7	5220-B
Sólidos suspendidos totales	mg Sólidos susp / L	453.6	12.2	16	2540-D
Detergentes	mg LAS / L	3.8	1.9	---	5520-B
Fenoles	mg Fenol/l	0.98	<0.02	---	5530-C
Coliformes totales*	NMP/ml	2400*10 <sup>4</sup>	23*10 <sup>4</sup>	---	REQUERIDO EN PLACA
Coliformes fecales*	NMP/ml	1100*10 <sup>4</sup>	4*10 <sup>4</sup>	---	REQUERIDO EN PLACA

\*Parámetro Subcontratado  
 DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno ND: No Detectable

EL MONITOREO FUE REALIZADO POR EL CLIENTE

CLAUDIA SOFIA QUINTERO DUQUE  
 Coordinadora Laboratorio de Aguas Residuales

"Los resultados reportados corresponden únicamente a las muestras analizadas"  
 " El contenido del reporte no se puede reproducir parcialmente solo en forma total previa autorización del Laboratorio de Aguas Residuales".

## **ANEXO F. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO

PRESUPUESTO				
ITEM:	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
<b>TANQUE PARA FILTRO</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	6.54	366,379.0	2,396,118.7
Concreto reforzado para tapas	M3	1.34	350,032.0	469,042.9
Acero de refuerzo	KG	355.00	3,787.0	1,344,385.0
Instalación de valvula de 4"	UN	3.00	259,415.0	778,245.0
Carbón Activado	KG	470.00	5,538.0	2,602,860.0
Grava de soporte para filtro	M3	0.27	51,167.0	13,815.1
Arena para medio filtrante	M3	0.72	50,417.0	36,300.2
<b>TOTAL</b>				<b>7,840,766.9</b>
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	5.38	366,379.0	1,971,119.0
Concreto reforzado para tapas	M3	1.56	350,032.0	546,049.9
Acero de refuerzo	KG	347.00	3,787.0	1,314,089.0
<b>TOTAL</b>				<b>3,831,257.9</b>
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA RETROLAVADO</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	4	366,379.0	1,465,516.0
Concreto reforzado para tapas	M3	1.16	350,032.0	406,037.1
Acero de refuerzo	KG	233.00	3,787.0	882,371.0
<b>TOTAL</b>				<b>2,753,924.1</b>
<b>LECHO DE SECADOS</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	4.51	366,379.0	1,652,369.3
Acero de refuerzo	KG	203	3,787.0	768,761.0
Arena para medio filtrante	M3	1.06	50,417.0	53,442.0
Grava de soporte para filtro	M3	1.6	51,167.0	81,867.2
<b>TOTAL</b>				<b>2,556,439.5</b>
<b>ESPESADOR DE LODOS</b>				
Concreto reforzado imp. 21 Mpa	M3	5.96	366,379.0	2,183,618.8
Acero de refuerzo	KG	270	3,787.0	1,022,490.0
Motor-reductor 7.5 HP trifasico	GL	1.00	1,000,000.0	1,000,000.0
Aspa giratoria	GL	1.00	1,600,000.0	1,600,000.0
Puente metalico con baranda	GL	1.00	1,400,000.0	1,400,000.0
<b>TOTAL</b>				<b>7,206,108.8</b>
<b>INVERNADERO</b>				
Instalación de polietileno para invernadero	ML	30.00	10,100.0	303,000.0
Tubería Galvanizada de 1 1/2" (invernadero)	ML	66.00	24,915.0	1,644,390.0
<b>TOTAL</b>				<b>1,947,390.0</b>
<b>OTROS</b>				
Intalación de tubería PVC Sanitaria 1/2"	ML	1.00	10,484.0	10,484.0
Intalación de tubería PVC Sanitaria 4"	ML	95.00	46,740.0	4,440,300.0
Instalación Tubería PVC Sanitaria 2"	ML	10.00	23,730.0	237,300.0
Instalacion de Bomba	GL	1.00	1,257,415.0	1,257,415.0
<b>TOTAL</b>				<b>5,945,499.0</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>31,881,386.3</b>



<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Acero de refuerzo PDR-60	<b>KG</b>

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DLA	10.00	\$ 2.000.00	\$ 200.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 200.00</b>
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 200.00</b>

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
252	ACERO PDR-60	KG	1.000	\$ 2.900.00	\$ 2.900.00
250	ALAMBRE NEGRO	KG	0.050	\$ 3.800.00	\$ 190.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					<b>\$ 3.090.00</b>
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				5.00%	<b>\$ 154.50</b>
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					<b>\$ 3.244.50</b>
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 3,245.00</b>

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
355	OFICIAL	1.00	DLA	179.00	75.00%	\$ 35.000.00	\$ 342.18
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							<b>\$ 342.18</b>
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							<b>\$ 342.00</b>
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 3,787.00</b>



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO

<b>CAPITULO:</b>						<b>UNIDAD</b>	
<b>ITEM:</b>	Arenas para medio filtrante					M3	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>REND.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
1	HERRAMIENTA MENOR	DIA	2.00	\$ 2,000.00	\$ 1,000.00		
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00		
<b>II. MATERIALES</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>VR. UNIT.</b>	<b>VR. PARCIAL</b>		
245	ARENA FINA	M3	1.000	30000.000	\$ 30,000.00		
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 30,000.00		
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>					5.00%		
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 31,500.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 31,500.00		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>KM.</b>	<b>PRECIO/KM</b>	<b>VR. PARCIAL</b>	
27	TRANSPORTES VARIOS	1.00	m3	20	750	\$ 15,000.00	
<b>SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					\$ 15,000.00		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>					\$ 15,000.00		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
<b>No. ART.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>RDTO.</b>	<b>% PREST.</b>	<b>P.UNIT</b>	<b>VR. PARCIAL</b>
19	AYUDANTE	1.00	DIA	15.00	75.00%	\$ 25,000.00	\$ 2,916.67
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					\$ 2,916.67		
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>					\$ 2,917.00		
<b>TOTAL</b>						<b>\$ 50,417.00</b>	



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO

<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Carbón Activado	<b>KG</b>

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DIA	10.00	\$ 2,000.00	\$ 200.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 200.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 200.00

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
248	CARBON ACTIVADO PARA FILTRO	KG	1.000	5000.000	\$ 5,000.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 5,000.00
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				5.00%	\$ 250.00
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 5,250.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 5,250.00

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
19	AYUDANTE	1.00	DIA	500.00	75.00%	\$ 25,000.00	\$ 87.50
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							\$ 87.50
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							\$ 88.00
<b>TOTAL</b>							\$ 5,538.00



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACION EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES DE SERVICIO

<b>CAPITULO</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Concreto reforzado para tapas	M3

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DLA	0.25	\$ 2,000.00	\$ 8,000.00
2	MEZCLADORA DE CONCRETO	HR	1.20	\$ 12,000.00	\$ 10,000.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 18,000.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 18,000.00

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
243	CEMENTO GRIS	KG	420.000	\$ 400.00	\$ 168,000.00
244	ARENA DE RIO	M3	0.670	\$ 35,000.00	\$ 23,450.00
246	TRITURADO DE 3/4"	M3	0.670	\$ 55,000.00	\$ 36,850.00
247	AGUA	LT	250.000	\$ 12.00	\$ 3,000.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 231,300.00
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				5.00%	\$ 11,565.00
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 242,865.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 242,865.00

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
						\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
352	MAESTRO+OFICIAL+AYUDANTE	1.00	DLA	2.10	75.00%	\$ 107,000.00	\$ 89,166.67
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							\$ 89,166.67
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							\$ 89,167.00
<b>TOTAL</b>							\$ 350,032.00



<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Concreto reforzado imp. 21 Mpa	<b>M3</b>

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DIA	0.25	\$ 2,000.00	\$ 8,000.00
2	MEZCLADORA DE CONCRETO	HR	0.80	\$ 12,000.00	\$ 15,000.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 23,000.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 23,000.00

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
243	CEMENTO GRIS	KG	420.000	\$ 400.00	\$ 168,000.00
244	ARENA DE RIO	M3	0.670	\$ 35,000.00	\$ 23,450.00
246	TRITURADO DE 3/4"	M3	0.670	\$ 55,000.00	\$ 36,850.00
247	AGÜA	LT	250.000	\$ 12.00	\$ 3,000.00
402	PLASTOCRETO DM	KG	1.750	\$ 6,175.00	\$ 10,806.25
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 242,106.25
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>					5.00%
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 254,211.56
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 254,212.00

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CAN	UNI	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
352	MAESTRO+OFICIAL+AYUDANTE	1.00	DIA	2.10	75.00%	\$ 107,000.00	\$ 89,166.67
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							\$ 89,166.67
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							\$ 89,167.00
<b>TOTAL</b>							\$ 366,379.00

<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Grava de soporte para filtro	M3

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DIA	2.00	\$ 2,000.00	\$ 1,000.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
246	GRAVA PARA FILTROS	M3	1.000	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 45,000.00
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				5.00%	\$ 2,250.00
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 47,250.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 47,250.00

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P. UNIT	VR. PARCIAL
19	AYUDANTE	1.00	DIA	15.00	75.00%	\$ 25,000.00	\$ 2,916.67
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							\$ 2,916.67
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							\$ 2,917.00
<b>TOTAL</b>							\$ 51,167.00



<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Instalación de polietileno para invernadero	ML

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DLA	2.00	\$ 2,000.00	\$ 1,000.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
405	Polietileno de baja densidad (Cibre 6)	ML	1.000	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 5,000.00
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				5.00%	\$ 250.00
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 5,250.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 5,250.00

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
356	AYUDANTE	1.00	DLA	10.00	75.00%	\$ 22,000.00	\$ 3,850.00
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							\$ 3,850.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							\$ 3,850.00
<b>TOTAL</b>							\$ 10,100.00



<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Instalación Tubería PVC Sanitaria 1/2"	ML

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DIA	4.00	\$ 2,000.00	\$ 500.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 500.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 500.00

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
54	TUBERIAS PRESION EXT.LISO RDE 9 D=1/2"	ML	1.000	\$ 2,923.00	\$ 2,923.00
361	Adhesivo Novafort	UND	0.050	\$ 57,400.00	\$ 2,870.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 5,793.00
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				5.00%	\$ 289.65
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 6,082.65
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 6,083.00

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
352	MAESTRO+OFICIAL+AYUDANTE	1.00	DIA	48.00	75.00%	\$ 107,000.00	\$ 3,901.04
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							\$ 3,901.04
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							\$ 3,901.00

<b>TOTAL</b>		\$ 10,484.00
--------------	--	--------------

<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Instalación Tubería PVC Sanitaria 2"	<b>ML</b>

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DIA	2.00	\$ 2,000.00	\$ 1,000.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
63	TUBERIAS PRESION EXT.LISO RDE 21 D=2"	ML	1.000	\$ 10,672.00	\$ 10,672.00
361	Adhesivo Novafort	UND	0.050	\$ 57,400.00	\$ 2,870.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 13,542.00
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				3.00%	\$ 677.10
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 14,219.10
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 14,219.00

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P. UNIT	VR. PARCIAL
352	MAESTRO+OFICIAL+AYUDANTE	1.00	DIA	22.00	75.00%	\$ 107,000.00	\$ 8,511.36
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							\$ 8,511.36
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							\$ 8,511.00

<b>TOTAL</b>		\$ 23,730.00
--------------	--	--------------



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO

CAPITULO:						UNIDAD	
ITEM:		Instalación Tubería PVC Sanitaria 4"				ML	
<b>I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>							
No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL		
1	HERRAMIENTA MENOR	DIA	5.00	\$ 2,000.00	\$ 400.00		
SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 400.00		
VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS					\$ 400.00		
<b>II. MATERIALES</b>							
No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL		
66	TUBERIAS PRESION EXT.LISO RDE 21 D=4"	ML	1.000	\$ 37,548.00	\$ 37,548.00		
361	Adhesivo Novafort	UND	0.050	\$ 57,400.00	\$ 2,870.00		
SUBTOTAL SIN DESPERDICIO					\$ 40,418.00		
FACTOR DE DESPERDICIO				5.00%	\$ 2,020.90		
SUBTOTAL DE MATERIALES					\$ 42,438.90		
VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS					\$ 42,439.00		
<b>III. TRANSPORTE</b>							
No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL	
SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00	
VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE						\$ 0.00	
<b>IV. MANO DE OBRA</b>							
No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
352	MAESTRO+OFICIAL+AYUDANTE	1.00	DIA	48.00	75.00%	\$ 107,000.00	\$ 3,901.04
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$ 3,901.04
VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA							\$ 3,901.00
TOTAL							\$ 46,740.00



<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Instalación Tubería Galvanizada 1 1/2" invernadero	<b>ML</b>

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DLA	4.00	\$ 2,000.00	\$ 500.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 500.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 500.00

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
403	Tubo galvanizado de 1 1/2"	ML	1.000	\$ 16,666.67	\$ 16,666.67
361	Adhesivo Novafort	UND	0.050	\$ 57,400.00	\$ 2,870.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 19,536.67
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				5.00%	\$ 976.83
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 20,513.50
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 20,514.00

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
352	MAESTRO+OFICIAL+AYUDANTE	1.00	DLA	48.00	75.00%	\$ 107,000.00	\$ 3,901.04
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							\$ 3,901.04
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							\$ 3,901.00
<b>TOTAL</b>							\$ 24,915.00



TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN  
EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES  
DE SERVICIO

<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Instalación Válvula de 4"	<b>ML</b>

**I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DIA	4.00	\$ 2,000.00	\$ 500.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 500.00</b>
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					<b>\$ 500.00</b>

**II. MATERIALES**

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
295	VALVULA TIPO BOLA PVC 4"	UND	1.000	\$ 240,000.00	\$ 240,000.00
361	Adhesivo Novafort	UND	0.050	\$ 57,400.00	\$ 2,870.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					<b>\$ 242,870.00</b>
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				5.00%	<b>\$ 12,143.50</b>
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					<b>\$ 255,013.50</b>
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					<b>\$ 255,014.00</b>

**III. TRANSPORTE**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						<b>\$ 0.00</b>

**IV. MANO DE OBRA**

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
352	MAESTRO+OFICIAL+AYUDANTE	1.00	DIA	48.00	75.00%	\$ 107,000.00	\$ 3,901.04
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							<b>\$ 3,901.04</b>
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							<b>\$ 3,901.00</b>
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 259,415.00</b>

<b>CAPITULO:</b>		<b>UNIDAD</b>
<b>ITEM:</b>	Instalacion de Bomba	<b>GL</b>

#### I. EQUIPOS/HERRAMIENTAS

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	REND.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	HERRAMIENTA MENOR	DIA	2.00	\$ 2,000.00	\$ 1,000.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</b>					\$ 1,000.00

#### II. MATERIALES

No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
160	BOMBA DE AGUA -WB 30 XT		1.000	\$ 1,200,000.00	\$ 1,200,000.00
162	PEGANTE	GL	0.016	\$ 53,400.00	\$ 827.70
163	ACCESORIOS	UND	2.000	\$ 15,030.00	\$ 30,160.00
164	LIMPIADOR	UND	2.000	\$ 2,204.00	\$ 4,408.00
<b>SUBTOTAL SIN DESPERDICIO</b>					\$ 1,235,395.70
<b>FACTOR DE DESPERDICIO</b>				5.00%	\$ 1,769.79
<b>SUBTOTAL DE MATERIALES</b>					\$ 1,237,165.49
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MATERIALES E INSUMOS</b>					\$ 1,237,165.00

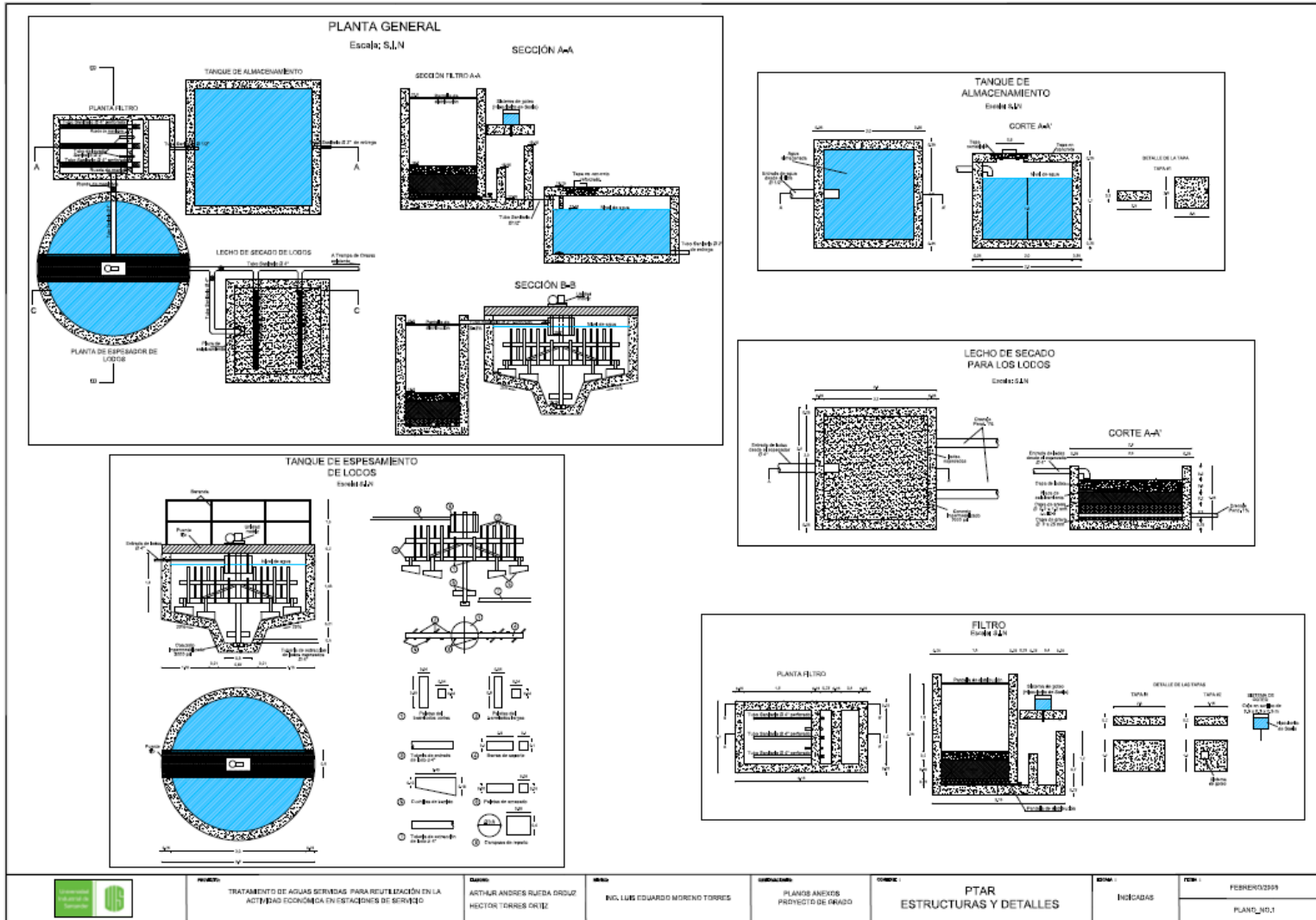
#### III. TRANSPORTE

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	KM.	PRECIO/KM	VR. PARCIAL
<b>SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL TRANSPORTE</b>						\$ 0.00

#### IV. MANO DE OBRA

No. ART.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	RDTO.	% PREST.	P.UNIT	VR. PARCIAL
356	AYUDANTE	1.00	DIA	2.00	75.00%	\$ 22,000.00	\$ 19,250.00
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>							\$ 19,250.00
<b>VALOR REDONDEADO SUBTOTAL DE MANO DE OBRA</b>							\$ 19,250.00
<b>TOTAL</b>							\$ 1,257,415.00

## **ANEXO G. PLANOS**



PROYECTO: TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES DE SERVIDOR

DISEÑO: ARTHUR ANDRÉS RUEDA DROUZ  
HECTOR TORRES ORTIZ

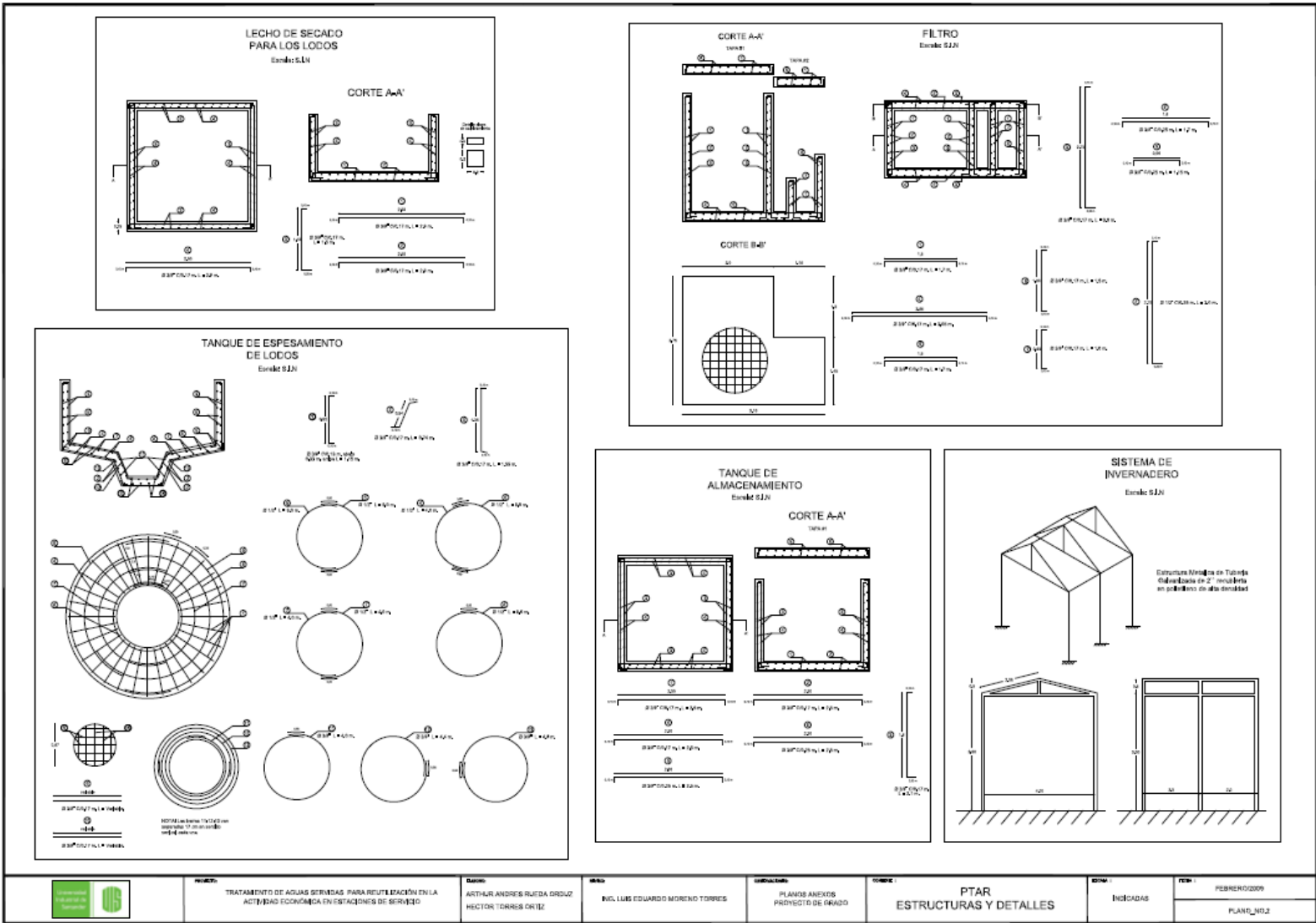
CLIENTE: INGLUIS EDUARDO MORENO TORRES

CONTRATANTE: PLANOS ANEXOS  
PROYECTO DE IRAGUÉ

CONTRATO: PTAR  
ESTRUCTURAS Y DETALLES

ESTADO: INICIADAS

FECHA: FEBRERO 2008  
PLANO 10.1



	<b>PROYECTO:</b> TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA REUTILIZACIÓN EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN ESTACIONES DE SERVIDO.	<b>DISEÑO:</b> ARTHUR ANDRÉS RUEDA ORDÓZ HECTOR TORRES ORTIZ	<b>CLIENTE:</b> ING. LUIS EDUARDO MORENO TORRES	<b>CONTRATANTE:</b> PLANES ANEXOS PROYECTO DE GRUPO	<b>OTRO:</b> PTAR ESTRUCTURAS Y DETALLES	<b>NOTAS:</b> NOTAS	<b>FECHA:</b> FEBRERO 2009 PLAN_002
--	--	--	--	---	--	------------------------	---