

**CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE LA AMPLIACIÓN-PTAR EL SALITRE CON  
EL FIN DE MITIGAR LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO BOGOTÁ**

**PRESENTADO POR  
JUAN CARLOS PINTO GUEVARA  
ID: 000239974**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2018**

**CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE LA AMPLIACIÓN-PTAR EL SALITRE CON  
EL FIN DE MITIGAR LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO BOGOTÁ**

**JUAN CARLOS PINTO GUEVARA**

**ID: 000239974**

**DIRECTOR ACADÉMICO**

**SERGIO MANUEL PINEDA VARGAS**

**Ingeniero Civil**

**DIRECTOR EMPRESARIAL**

**ANDRES JULIAN MONTERO PARDO**

**Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2018**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma Jurado N°1

---

Firma Jurado N°2

Bucaramanga, Noviembre de 2018

## DEDICATORIA

A mi madre María Rosario Guevara, por confiar en mí y apoyarme siempre, por darme la vida y ser la persona que soy hoy en día, por ti es que soy el profesional y te agradezco por darme todo a pesar de las circunstancias.

Mis hijos, Santiago y Sara que son la razón de mi esfuerzo y por lo cual me levanto todos los días. Son mi felicidad, mi alegría y mi voluntad.

Mi familia, que han sido un apoyo día a día y siempre se preocupa por mi bienestar.

A la madre mis hijos, Laura Vanessa Barbosa Suan, siempre me apoyaste en estos años y fuiste una inspiración para salir adelante, siempre serás el gran amor de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

De manera atenta agradezco al Ingeniero Sergio Manuel Pineda por ser mi director de tesis y al Ingeniero Andrés Montero por ser mi jefe y apoyarme en todas las fases de la práctica.

Al equipo del Consorcio IVK que fueron mis formadores durante el tiempo que estuve formando parte de la entidad. Aprendí muchísimo de todos y de sus profesiones y más aún que ahora soy mejor persona por haberlos conocido.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE IMÁGENES</b> .....	vii
<b>GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Objetivo General</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>7</b>
<b>3. GLOSARIO</b> .....	<b>9</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</b> .....	<b>14</b>
<b>5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>16</b>
<b>7. DESARROLLO DEL PLAN DEL TRABAJO</b> .....	<b>22</b>
<b>8. APORTE AL CONOCIMIENTO</b> .....	<b>29</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	<b>34</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>36</b>

## LISTA DE IMÁGENES

<b>Ilustración 1. Planta General</b> .....	<b>1</b>
<b>Ilustración 2. Planta futura</b> .....	<b>3</b>
<b>Ilustración 3. Avance de Obra</b> .....	<b>4</b>
<b>Ilustración 4. Informe de Avance Acumulado</b> .....	<b>5</b>
<b>Ilustración 5. Diagrama del Proceso de la Futura Planta</b> .....	<b>19</b>
<b>Ilustración 6. Programación General de Obra</b> .....	<b>23</b>
<b>Ilustración 7. Planos de Obra Civil</b> .....	<b>24</b>
<b>Ilustración 8. Cálculo de Volúmenes</b> .....	<b>24</b>
<b>Ilustración 9. Muestras en concreto de laboratorio según NTC-550</b> .....	<b>25</b>
<b>Ilustración 10. Ensayos de las muestras de concreto</b> .....	<b>26</b>
<b>Ilustración 11. Inspección de Obra (Armadura)</b> .....	<b>27</b>
<b>Ilustración 12. Inspección de Obra (Fundida Concreto)</b> .....	<b>27</b>
<b>Ilustración 13. Informe de Resultados</b> .....	<b>37</b>

**RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE LA AMPLIACIÓN-PTAR EL SALITRE CON EL FIN DE MITIGAR LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO BOGOTÁ

**AUTOR(ES):** JUAN CARLOS PINTO GUEVARA

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** SERGIO MANUEL PINEDA VARGAS

**RESUMEN**

El propósito de este documento fue realizar el apoyo a una entidad empresarial llamada IVK que tiene como función de ser gerente o prestar servicios de gerencia a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) en un proyecto que consiste en la expansión de la planta de tratamiento de aguas residuales el Salitre ubicada en Engativá una localidad de la ciudad de Bogotá. La entidad tiene como objetivo asegurar que el proyecto tenga un desarrollo óptimo en todas las fases y que sus costos sean los que el contratista pactó con el contratante. La empresa solicitó al practicante llevar un control de obra tanto en su programación como en el proceso constructivo; a su vez llevar el seguimiento de la cantidad y calidad de los insumos necesarios para realizar las actividades pertinentes. Para cumplir con estos requerimientos se tomaron todos los planos realizados por las entidades encargadas del diseño y se realizaron dibujos 3D que permitieron tener una idea de las actividades que por programación de obra se realizaron, por medio de esto se verifica la cantidad teórica por volumen; para supervisar la calidad se realizaron muestras de concreto estructural en un laboratorio siguiendo las instrucciones de la NTC(Norma Técnica Colombiana) y para el proceso constructivo se procedió con inspecciones en obra y se efectuaron las debidas recomendaciones antes y durante la realización de las actividades. Para transmitirlos al consorcio se presentaron diferentes tipos de archivos que, a manera de informe, indicaban el nombre de la actividad, la cantidad de obra o volumen correspondiente (mostrando un modelo de la actividad ejecutada), la calidad del concreto utilizado y las observaciones del proceso constructivo.

**PALABRAS CLAVE:**

Control de obra, Costos, Registros, Programación, Inspeccionar, Geometría.

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

**GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** CONSTRUCTION AND MANAGEMENT OF THE SALITRE WWTP EXTENSION IN ORDER TO REDUCE THE POLLUTION OF THE BOGOTÁ RIVER

**AUTHOR(S):** JUAN CARLOS PINTO GUEVARA

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** SERGIO MANUEL PINEDA VARGAS

**ABSTRACT**

The purpose of this document was to support a business entity called IVK that has the function of being manager or providing management services to the Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) in a project that consists of the expansion of the Salitre wastewater treatment plant located in Engativá, a town in the city of Bogotá. The entity's objective is to ensure that the project has optimum development in all phases and that its costs are those that the contractor agrees with the contractor. The company asked the practitioner to keep track of the work both in its programming and in the construction process; at the same time, it asked the practitioner to keep track of the quantity and quality of the inputs needed to carry out the relevant activities. In order to comply with these requirements, all the plans carried out by the entities in charge of the design were taken and 3D drawings were made that allowed to have an idea of the activities that were carried out through work programming, by means of this the theoretical quantity by volume is verified; in order to supervise the quality, samples of structural concrete were made in a laboratory following the instructions of the NTC (Colombian Technical Standard) and for the construction process, inspections were carried out on site and the due recommendations were made before and during the carrying out of the activities. In order to transmit them to the consortium, different types of files were presented which, in the form of a report, indicated the name of the activity, the quantity of work or corresponding volume (showing a model of the activity carried out), the quality of the concrete used and the observations of the construction process.

**KEYWORDS:**

Control of work, Quality, Costs, Records, Programming, Geometry.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plantas depuradoras o de tratamiento, es una obra hidráulica que permite a poblaciones depositar sus desechos por sistemas de redes de alcantarillado, y controlarlos por medio de un fluente que luego canalizan para pasarlos por estructuras especializadas en separar los materiales e impurezas del caudal que pasa por el proceso (Lizarazo & Orjuela, 2013). Al ser una solución directa para mitigar la contaminación de las poblaciones, también es directamente proporcional al incremento de la población que en estos lugares conviven. “El incremento de volúmenes cada vez mayores de agua residual en los núcleos urbanos e industriales del país, ha dado origen a diversos estudios sobre control y prevención de la contaminación tendientes a solucionar los crecientes problemas”. (Torres Caceres , 1994, pág. 1) No obstante, con el pasar del tiempo se necesita obras de más capacidad que satisfagan las necesidades que periódicamente van aumentando. Las plantas de tratamiento de aguas residuales es un tema cuyo interés se ha despertado en los últimos años (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez, 2012); por desgracia la importancia del tema es un fenómeno que hoy en día impacta el ambiente, la salud y por ende la calidad de vida de las personas. Las aguas residuales que transportan las redes de alcantarillado es la forma de llevar los desechos a las zonas de tratado y luego a los vertederos (Llanos, 2015). “Desde el punto de vista de las fuentes de generación, podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como instituciones públicas y establecimientos comerciales y pluviales”. (METCALF & EDDY, INC, 1995, pág. 1). Con el fin tratar estos residuos se necesitan estructuras que capten las aguas ya que si se permite que se estanque y acumule puede presentar contaminación y malos olores. “Puede definir como el conjunto de instalaciones que tienen por objeto la reducción de la contaminación de las aguas

residuales hasta límites aceptables hasta el cauce receptor”. (GOBIERNO DE ESPAÑA, 2007, pág. 3)



Ilustración 1. Planta General

Fuente: (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, 2016)

En la cuenca del RB habita el 20% de la población del país, incluyendo la ciudad de Bogotá (Red Voltaire, 2007). En ella se genera el 28% de la actividad socioeconómica nacional. Esta alta ocupación y actividad hacen que cerca de las tres cuartas partes de la extensión de la cuenca presenten, según datos de la CAR, conflictos por el uso del suelo. Estos conflictos se refieren a la incompatibilidad entre la aptitud natural de los suelos y el uso que se les está dando. Ninguna otra región de Colombia está sometida a una presión antrópica tan fuerte y ningún río del país y con seguridad muy pocos del mundo, están sometidos a una carga contaminante

tan grande y a unos impactos ambientales tan fuertes en comparación con su caudal y con su capacidad de autodepuración. (Monroy Saladen & Ospina Ortiz, 2014)

El siguiente informe describe actividades, experiencias y situaciones que el practicante integra realizando el aporte en el desarrollo del proyecto aplicando la metodología que permite mantener control del proceso constructivo, los insumos y la calidad de la obra. La planta de tratamiento de aguas residuales el salitre nace en el municipio de Engativá para tratar las aguas que provienen de los ríos Salitre, Torca y Jaboque para luego verter al río Bogotá. Bajo un caudal de diseño de  $4\text{m}^3/\text{s}$ ; se inicia el trabajo en 1997 y finalizan en el año 2000. Sin embargo, durante los años de funcionamiento se calculó que llegaban más de 450 toneladas de basura, por esa razón, la depuradora era insuficiente para mitigar la contaminación que llega al río Bogotá. El Congreso de la República permitió a la *CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA* abrir la licitación para ampliar la planta ya existente. En relación con lo anterior la expansión pretende tener como caudal de diseño promedio aproximado de  $8\text{m}^3/\text{s}$  y un caudal máximo de  $14\text{m}^3/\text{s}$  para tratar los residuos de exceso que la planta en funcionamiento no puede tratar. Como población de diseño se estimó para el año 2040, 3.548.829 personas en el centro y norte de Bogotá.



Ilustración 2. Planta Futura

Fuente: (Consortio IVK, 2018)

La metodología para el control en la construcción de la expansión se implementa porque el consorcio al que adjudicaron la gerencia del proyecto no tenía un registro preciso de las cuantías y calidades del proceso constructivo que la entidad contratista realizaba. El registro de las cantidades instaladas no era actualizado, por lo que se realizaban los pagos de las actividades en plazos largos o por el contrario se pagaba muy rápido con sobre costos. Además, por la medida del proyecto, se presentaron demasiados frentes se pretendía llevar una información de los insumos que se aplican a las diferentes labores. Por lo cual se dio la orden al practicante de realizar el monitoreo del desarrollo de las tareas previstas de acuerdo con la programación de obra.

Es la elaboración de un plan más detallado, en el que se integran las diferentes actividades específicas del proyecto. Estas actividades se ordenan de manera

sistemática, y se le asigna una duración y una fecha de inicio y terminación. También se establecen relaciones entre las diferentes actividades, y las posibles restricciones existentes entre unas y otras. (Rivera Esteban, 2015, pág. 8)



Ilustración 3. Avance de Obra

Fuente: (Consortio CEPS, 2018)

El objeto de llevar un control preciso es que no dependa de datos de otra entidad muchas veces no transmiten o no es explícito a la hora de comunicar lo que la gerencia necesita respecto de cantidad y calidad en las estructuras del proyecto. Las ventajas de esta metodología es que reporta las cantidades teóricas de todas las actividades por su fecha, tiempo, cantidad, calidad y permite compararlas con estos mismos ítems que del contratista.

La construcción de proyectos de infraestructura tiene la particularidad de involucrar distintas empresas subcontratadas, con las cuales se tiene que manejar una buena comunicación. En las dos vías se sincroniza de la mejor manera, ya que cada persona tiene diferentes perspectivas, formas y gustos de ver las cosas. Es también importante que los tiempos se manejen bien entre todos los involucrados en el proyecto de construcción, ya que muchos sub-contratistas dependen de que se termine el trabajo de otros para empezar a trabajar. (Rivera Esteban, 2015, pág. 13)

AVANCE DE LOTES DE CONTROL EN OBRA CIVIL		%ACUMULADO FISICO
<b>01.</b>	<b>LOTE No. 1 ADECUACIÓN DEL PREDIO</b>	
01.01	MOVIMIENTOS DE TIERRA + EXCAVACIONES LOCALIZADAS	83.44%
01.02	MOVILIZACION DEL CONTRATISTA	97.48%
01.03	MOVIMIENTOS DE TIERRA (PARQUE REGIONAL)	97.00%
<b>02.</b>	<b>LOTE No.2 OBRAS DE ADUCCION, TRATAMIENTO PRELIMINAR Y PRIMARIO</b>	
02.01	ESTRUCTURA DE ENTRADA	55.00%
02.02	CLARIFICADORES PRIMARIOS No.57.1 a No.57.6 y OTRAS ESTRUCTURAS	89.00%
02.03	ESTRUCTURA DE REGULACION Y MEDIDA DE CAUDAL No.85 (Pilotes)	83.00%
<b>03.</b>	<b>LOTE No.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO Y DESINFECCION</b>	
03.01	TANQUES DE AIREACIÓN No.60.1 a No.60.6	63.00%
03.02	CLARIFICADORES SECUNDARIOS No. 64.1 a 64.12 y OTRAS ESTRUCTURAS	57.00%
03.03	EDIFICIO DE SOPLADORES No.61 (Pilotes)	100.00%
03.03	TANQUE DE CONTACTO DE CLORO No.77 (Pilotes)	100.00%
<b>04.</b>	<b>LOTE No.4 ESPESAMIENTO Y DESHIDRATACIÓN DE LODOS</b>	
04.01	EDIFICIO DE ESPESAMIENTO Y DESHIDRATACION DE LODOS (Pilotes)	30.00%
04.02	EDIFICIOS DE CALEFACCION DE LODOS No.91.1 y No.91.2 (Pilotes)	100.00%
<b>05.</b>	<b>LOTE No. 5 ESTABILIZACION DE LODOS Y RECUPERACION DE ENERGIA</b>	
05.01	DIGESTORES ANAEROBICOS No.72.1 a No.72.8 (Pilotes)	71.00%
05.02	EDIFICIO DE COGENERACION Y RECUPACION DE CALOR No.71 (Pilotes)	100.00%
05.03	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LODOS DIGERIDOS No.93 (Pilotes)	100.00%
<b>06.</b>	<b>LOTE No. 6 INFRAESTRUCTURA PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	
06.01	EDIFICIO DE GERENCIA DEL PROYECTO No.82 y EDIFICIO CAMPAMENTO No.103	100.00%
<b>07.</b>	<b>LOTE No.7 SISTEMAS AUXILIARES</b>	
07.01	SUBESTACION DE ALTA TENSION No.97 (Obra Civil)	10.00%

Ilustración 4. Informe de Avance Acumulado

Fuente: (Consortio CEPS, 2018)

Para llevar a cabo cada reporte de las actividades se tiene que tener un conocimiento muy claro de los usos de los diferentes tipos de concreto (una vez comprobada su calidad en el laboratorio), la importancia de ser metódico en el control no por su grado de importancia para la ciudad de Bogotá si no por la

magnitud y la singularidad de las estructuras que la conforman. Su asignación a los diferentes frentes, cálculo de sus secciones el volumen teórico correspondiente a cada actividad y por último la inspección y verificación cuando se esté realizando. A manera de informe se transmite al gerente de la entidad y encargados los resultados, observaciones, correcciones y conclusiones de las actividades asignadas acopiadas.

De todas estas actividades realizadas se lleva memorias de todos los aciertos y desaciertos para tomarlos como experiencias en los siguientes informes demostrando así un progreso periódico que le permita entregar cada vez una información más concisa y precisa de las tareas conferidas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- Ayudar en la construcción de la planta de tratamiento, controlar el material tanto en la calidad como en la cantidad, participar de las distintas actividades que se presenten durante el tiempo previsto de la práctica para futuros proyectos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Verificar las cantidades de obra teórico de acuerdo a los planos preestablecidos con el fin de compararlos con la cantidad que se funden por las actividades de obra.
- Apoyar las actividades de vertimiento de concreto en las distintas estructuras y verificar que se estén realizando de acuerdo con lo establecido por la gerencia.
- Inspeccionar el material de trabajo con el fin de reconocer su calidad para así verificar si está en óptimas condiciones para ser puesta al servicio del proyecto.
- Mantener actualizado las cantidades y calidades de concreto de obra con el fin de llevar el seguimiento de las distintas entidades que llevan este seguimiento y que haya un acuerdo del material utilizado en los distintos procesos constructivos.

- Realizar informes de las actividades inspeccionadas por su cantidad y calidad, para presentarlos a la gerencia.

### 3. GLOSARIO

Digestor: el digestor es básicamente es un cilindro o contenedor sellado, por donde entran las materias a tratar, convenientemente humedecidas. Dentro no hay oxígeno y las bacterias anaerobias se multiplican y procesan la materia orgánica, produciendo gas metano.

Lodos Activados Convencionales: es un proceso de biomasa en suspensión que previamente se generó por microorganismos contenidos en un tanque aerobio o tanque de aireación con el fin de acumularse. Realizando un proceso de adsorción, floculación y oxidación adquieren peso, se sedimentan y se recirculan por un sistema separándolos del agua y así purificarse.

Planta de tratamiento: el propósito principal del tratamiento del agua residual es remover el material contaminante, orgánico e inorgánico, el cual puede estar en forma de partículas en suspensión y/o disueltas, con objeto de alcanzar una calidad de agua requerida por la normativa de descarga o por el tipo de reutilización la que se destinará. (Noyola, Morgan-Sagastume, & Güereca, 2013)

Bombeo: la acción de succionar y extraer agua empleando una máquina para transportarla y darle un uso específico.

Espeadores: es un proceso permite la deshidratación de los lodos para acumularlos. Pasan por el sistema de una planta de tratamiento y con calor indirecto evapora el líquido contenido.

Programación de obra: LA programación de la obra es el resultado de la planificación del proyecto y en ella se detallan todas las tareas necesarias para concluir el proyecto en los plazos previstos a igual que las duraciones, los inicio y fin de cada tarea y los recursos y costos de cada actividad.

Traslapo: cubrir parcialmente una cosa con otra

Afluente: arroyo o río secundario que lleva sus aguas a otro mayor o principal.

Tanques de aireación: reactor o tanque donde inyectan oxígeno por unas válvulas.

Espeador de lodos: tanques que están equipados con rodillos de rotación vertical, que crea micro canales en el lodo para un mejor escurrido.

Cámaras de Reparto: en las plantas de tratamiento es la cámara que parte equitativamente el caudal a las diferentes etapas del proceso.

Dosificación: administración de insumos o regulación para suministrar a algo o hacer un producto.

Arqueta: una arqueta es un pequeño depósito utilizado para recibir, enlazar y distribuir canalizaciones o conductos subterráneos; suelen estar enterradas y tienen

una tapa en la parte superior para poder registrarlas y limpiar su interior de impurezas.

Box Couvert: los Box Couverts, son elementos de gran tamaño elaborados en concreto reforzado los cuales pueden ser prefabricados, estos componen un sistema modular en el que cada parte se conecta con el otro para formar un túnel, Cada elemento se empalma con el otro a través de un espigo, el cual lleva incorporado un sellante bituminoso, que al estar sometido a presión forma un sello hidráulico hermético.

Gasómetro: es un contenedor el cual termina el lodo deshidratado por los Espesadores que al estar a temperatura corporal (35°C) generan metano o biogás que puede ser utilizado como combustible para abastecer zonas urbanas o la misma energía de la planta.

Armadura de Refuerzo: en la construcción se utiliza para la durabilidad del concreto que se va a fundir sobre él y también para soportar los esfuerzos de tracción que tiene que soportar la estructura.

Bombeo: la acción de succionar y extraer agua empleando una máquina para transportarla y darle un uso específico.

Calefacción de lodos: tanque que se utiliza para un proceso de ciclo con los digestores el cual necesita estar a estar a cierta de temperatura para que prolifere cierto tipo de bacteria que descomponga los lodos y para ese esta máquina calienta los lodos para el proceso biológico.

Concreto: compuesto constituido por cemento, arena, grava y agua el cual, al secarse y fraguarse, gana una gran resistencia para los esfuerzos de compresión.

Concreto reforzado: el concreto reforzado es el más popular y desarrollado estos materiales, ya que aprovecha en forma muy eficiente las características de resistencia en compresión, durabilidad, resistencia al fuego y maleabilidad del concreto, junto con las de alta resistencia en tensión y ductilidad del acero, para formar un material compuesto que reúne muchas de las ventajas de ambos materiales componentes. (ARQHYS.com, 2018)

Gerencia: persona o conjunto de personas que se encargan de dirigir, gestionar o administrar una sociedad, empresa u otra entidad.

Interventoría: persona o grupo de personas que inspeccionan, verifican y autorizan el debido procedimiento dentro de un proyecto con el fin que se haga con legalidad.

Consultoría: empresa dedicada asesorar empresas en asuntos de marketing, la organización y la parte legal.

Hidráulica: la hidráulica es la rama de la física que estudia el comportamiento de los líquidos en función de sus propiedades específicas.

Bacterias: se trata de un microorganismo unicelular procarionte que puede provocar enfermedades, fermentaciones o putrefacción en los seres vivos o materias orgánicas.

Lodos: el tratamiento de los lodos producido en las plantas de tratamiento de aguas residuales, durante su proceso, en las fases, primario, secundario y terciario, involucra una combinación de procesos físico, químico y biológico. En la fase primaria, se pueden separar del agua servida componentes fluctuantes, basura arrastrada por el flujo del agua servida y arena. Los lodos están formados por sustancias contaminantes y peligrosas para la salud, por ese motivo los lodos deben ser tratados. Los lodos extraídos de los procesos de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales tienen un contenido en sólido que varía entre el 0.25 y el 12% de su peso. Los lodos separados de las aguas residuales deben ser estabilizados, espesados y desinfectados, antes de llevarlos a su disposición final.

Experiencia: conocimiento que se adquiere por realizar un trabajo o haberlo visto una o varias veces.

Adjudicar: declarar que una cosa pertenece alguien o conferirle algo a alguien por méritos.

Sedimentación: la sedimentación es el proceso por el cual los materiales son transportados por distintos agentes (escorrentía, glaciares, viento) y procedentes de la erosión y la meteorización de las rocas son depositados, pasando a ser sedimentos.

Efluente: líquido residual producto de un proceso.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La Unión Temporal IVK está conformada por tres empresas de ingeniería con gran experiencia en el sector de la ingeniería de agua y, específicamente, en la depuración de aguas residuales.

La empresa que lidera la Unión Temporal IVK es **YNYPSA INFORMES Y PROYECTOS S.A. SUCURSAL EN COLOMBIA**. En el año 2011 la empresa española YNYPSA INFORMES Y PROYECTOS S.A. creó una sucursal en Colombia para incrementar el grado de internacionalización de sus proyectos aprovechando sus más de 40 años de experiencia en todos los sectores de la ingeniería, arquitectura, Project management y proyectos llaves en mano. En estos últimos años la empresa Sucursal ha conseguido diversos contratos mediante alianzas con empresas colombianas y clientes públicos: INVIAS, ANI, FONADE, Findeter, etc.

La segunda empresa que forma parte de la Unión Temporal IVK es **VAICO INGENIEROS CONSULTORES S.A**, empresa española de consultoría e ingeniería especializada en temas hidráulicos y de tratamientos de agua y depuración. La empresa fue creada en 1993 por profesionales con más de veinte años de experiencia en el Proyecto, Construcción y Dirección de Obras Civiles. Surgió con la intención de prestar al sector público y privado la colaboración, necesaria encaminada a la realización de Estudios y Proyectos Medioambientales, Asistencia Técnica, Dirección de obra, etc. Entre sus clientes encuentran los principales entes públicos de España (Ministerios, Comunidades Autónomas, Empresas Públicas de Agua, Confederaciones Hidrográficas, etc. También cuenta con numerosos clientes

en el sector privado con una amplia plantilla de personal técnico especializado formada por Ingenieros, Delineantes Proyectistas, todos ellos con experiencia contrastada a lo largo de su desarrollo profesional que avalan la calidad del trabajo realizado.

La tercera empresa que conforma la Unión Temporal IVK es **K2 INGENIERÍA** empresa creada en 1999 en Colombia reuniendo la experiencia de profesionales en las áreas técnicas de ambiental, ingeniería civil, telecomunicaciones, electrónica y mecánica con el fin de ofrecer un portafolio integral de ingeniería en el mercado nacional. En la división de la ingeniería, brinda servicios de consultorías especializadas, auditorías, asesorías e interventorías medioambientales, gerenciamiento ambiental y diseño de Sistemas de Vigilancia Ambiental (SVA). Por otra parte, la división de Monitoreos de K2 cuenta con amplia experiencia en la ejecución de proyectos que contemplan medición de calidad del aire, emisiones, aguas, ruido y meteorología, en los principales sectores económicos del país y cuenta con un Laboratorio Ambiental acreditado por el IDEAM bajo los lineamientos de la norma NTC- ISO/IEC 17025.

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Bogotá es la ciudad que tiene más problemas de basuras y que las entidades sanitarias no tienen las instalaciones para suplir todo lo que generan. La población genera 7 mil toneladas de residuos sólidos anualmente en el núcleo urbano y por medio del alcantarillado, se transportan en un millón treinta y siete mil metros cúbicos. La planta de tratamiento que está en funcionamiento tratan las aguas residuales de 7 de las 20 localidades de Bogotá. En promedio en la PTAR SALITRE se separan 2 toneladas de desechos diario y las causas de la gran cantidad de basura informada por la CAR:

- a. Uso irresponsable del sistema de alcantarillado.
- b. Inadecuada gestión de residuos en las viviendas y establecimientos comerciales.

A la planta en funcionamiento al no tener capacidad para tomar este caudal, solamente llegan a la planta 345 millones de litros de agua diario lo que hay un déficit de mucha agua por tratar.

El proyecto es La Expansión de la PTAR SALITRE en Bogotá el cual con el convenio 171 del 26 de junio del 2017 el cual busca “aunar esfuerzos para contribuir al logro del saneamiento del río Bogotá” y ordena a la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca) dar orden a este convenio.

Este proyecto en fase de expansión busca aumentar el caudal de diseño y también cambiar el tipo de tratamiento que la anterior planta tenía. Pasando de un caudal de diseño de 4.0 m<sup>3</sup>/s a 7.0 m<sup>3</sup>/s y un caudal máximo de 26 m<sup>3</sup> para tener en cuenta la precipitación que llega al colector aumentando la captación para verter un mayor caudal tratado. También se piensa hacer un tratamiento más completo el cual consiste en tener mayor área de proceso y disminuyendo la cantidad de químicos. Aparte añade un tratamiento secundario que permite tratar el agua a niveles más complejos y que dé como resultado un agua mejor tratada.

Al mejorar el caudal a 7m<sup>3</sup>/s puede captar 605 millones de litros de agua más las aguas que la fase inicial no puede. También por su sistema se verterán en mejores condiciones al río Bogotá (lodos activados). Su misión como proyecto es reducir los niveles de carga contaminante a tal punto que se puede asegurar la reutilización del agua tratada para actividades agrícolas y pecuarias.

La PTAR existente cuenta con un pre-tratamiento que es básico para extraer todo el material de tamaño considerable que no permita a la estructura que mantiene el sistema funcionando correctamente. Luego pasa a un tratamiento primario el cual “una porción de sólidos y materia orgánica suspendida es removida del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio.” (Noyola, Morgan-Sagastume, & Güereca, 2013, pág. 12) El cual pasan del pre-tratamiento y que es más difícil decantar y acumular.

La PTAR en su expansión planeó aparte de su tratamiento primario un sistema secundario que “Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos” (Noyola, Morgan-Sagastume, & Güereca, 2013, pág. 13) con un reactor biológico y un ambiente que

permite formar bacterias que a su vez reúnen el material en flóculos y siguiente a eso se pasan a unos decantadores que permite sacar los fangos en depuradores más grandes que los primarios especializados en este tipo de residuos.

El tratamiento de la expansión pretende ser la siguiente:



Como se ve en el esquema de la CAR se ve un proceso de la planta más complejo y que abarca mayor caudal aparte que cambia el tipo de proceso. Al contar con un reactor biológico elimina el proceso químico de los decantadores primarios el cual para la plata existente es un mantenimiento muy costoso y con resultados menos favorables que el segundo tratamiento.

La clasificación del método de tratamiento de aguas residuales es:

Pre-tratamiento de las Aguas Residuales: “Se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia puede provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares”.

Tratamiento primario de las aguas residuales: “En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como tamizado y la sedimentación”. El efluente resultante tiene materia orgánica y demanda biológica de oxígeno alta.

Tratamiento secundario convencional: Esta principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte de tratamiento secundario. Se define como la combinación de diferentes procesos normalmente empleados para la eliminación de estos constituyentes. (METCALF & EDDY, INC, 1995, pág. 145)

Por consiguiente, en la parte civil se encarga de realizar cada uno de las estructuras en concreto de alta resistencia que cumpla para las cargas de los volúmenes de agua, que cumpla con las normas de calidad preestablecidas. Cumplir, acatarlas en los tiempos establecidos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. La CAR abrió la licitación por 430 millones de dólares para la realización de la expansión de la planta existente lo cual exigió adjudicar la construcción y la gerencia por aparte. Se formó dos consorcios para estas tareas. Uno para el contratista que se llama Consorcio PTAR Salitre (CEPS) y otro la gerencia llamado Consorcio IVK.

## 7. DESARROLLO DEL PLAN DEL TRABAJO

Las actividades competentes al desarrollo de la práctica descritas en el plan de trabajo se realizaron para cumplir a cabalidad las exigencias impuestas por la empresa. Mes a mes se efectuó una secuencia de labores que tiene el fin de informar a la gerencia todo lo ejecutado por el contratista y su eficiencia. La idea era llevar referencia exhaustiva y concisa del consumo de concreto estructural de las tareas culminadas, la calidad, el proceso constructivo tanto de la armadura como de la fundida de hormigón, realizar modelos que permitan tener la referencia puntual de lo realizado mientras que se calculan datos teóricos correspondientes que permitan comparar con la información que el contratista entrega y finalmente aprobar los pagos.

Actividad	MES 1			MES 2			MES 3			MES 4		
1	■			■			■			■		
2	■	■		■	■		■	■		■	■	
3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5			■			■			■			■
6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8										■	■	■

Tabla 1. Cronograma de Actividades

Fuente: Propia

Para ese motivo se realizaron las siguientes actividades:



- Para cada actividad correspondiente se realiza una verificación de los planos su geometría (concreto), estructura (refuerzo) y calcular el volumen teórico:

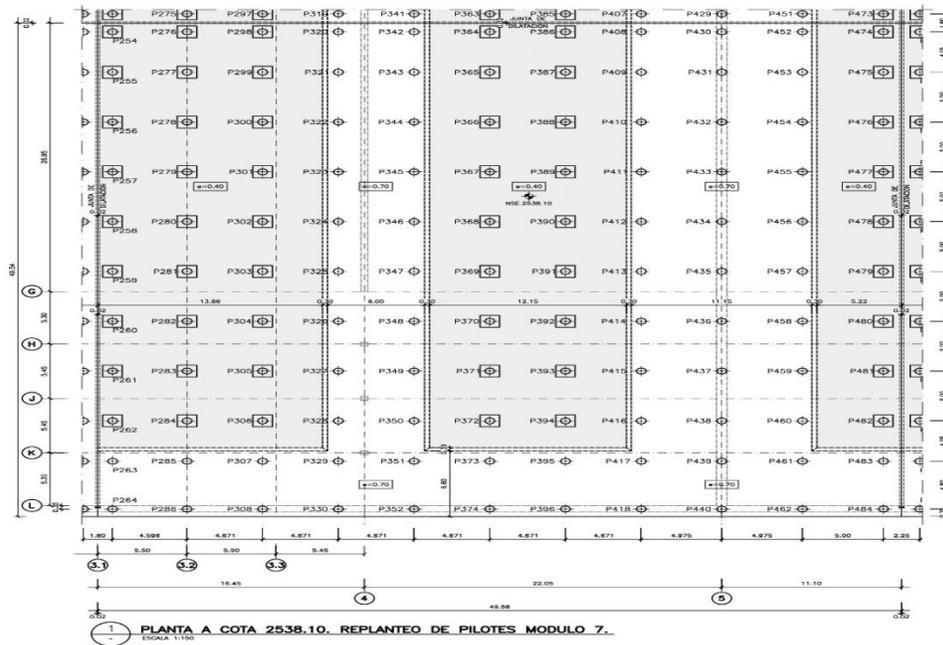


Ilustración 7. Planos de Obra Civil

Fuente: (Consortio CEPS, 2018)

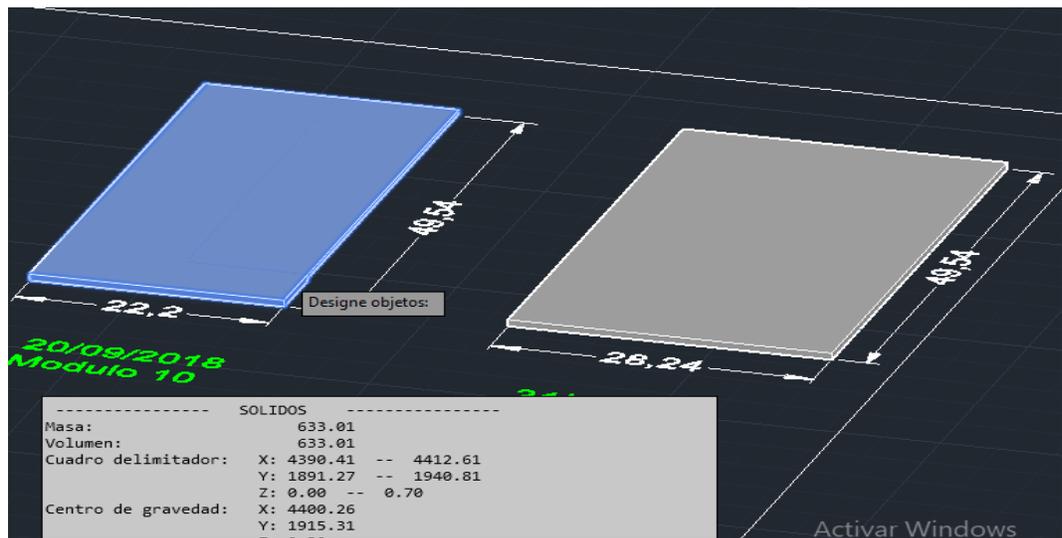


Ilustración 8. Cálculo de Volúmenes

Fuente: Propia

3. Luego se verifica el concreto correspondiente para cada actividad y se realizan las muestras de concreto que el contratista haya pedido a la entidad que suministra el concreto por medio de la *NORMA TECNICA COLOMBIANA (NTC 550)*:



Ilustración 9. Muestras en Concreto de Laboratorio Según NTC-550

Fuente: Propia

4. Luego, las muestras son mandas a una entidad subcontratista acreditada que realizan los ensayos (*NTC-673*) dando los resultados a los 28 días de haber terminado la muestra:

N° MUESTRA	FECHA TOMA	FECHA ROTURA	N° DE CILINDROS	DIAS	REMISIÓN	LOCALIZACIÓN DEL ELEMENTO	RESISTENCIA DISEÑO	ESFUERZO (PSI)	PROMEDIO (PSI)	%	REFERENCIA MUESTRA
155	17/08/2018	14/09/2018	3	28	144031401	Losa de fondo-módulo 3	5000	9074	8941	179	Muestra 2078
								8931			
								8817			
156	21/08/2018	18/09/2018	3	28	144222947	Muro tanque de aireación	5000	7664	7482	150	muestra 2116
								7331			
								7452			
157	22/08/2018	19/09/2018	3	28	144312224	Muro 1A sección 1	5000	9180	9042	181	muestra 2124
								8959			
								8988			
158	24/08/2018	21/09/2018	3	28	144431653	Losa de fondo-módulo 3	5000	8515	8501	170	muestra 2151
								8632			
								8357			
159	3/09/2018	11/09/2018	3	28	144934784	18 placa vertedero 57-5	5000	8041	7929	159	muestra 2243
								7816			
								7930			
160	4/09/2018	21/09/2018	3	28	144975146	Seccion 1 muro L3	5000	7073	7219	144	muestra 2250
								7383			
								7200			
161	5/09/2018	31/09/2018	3	28	145041532	Losa de fondo, módulo 9	5000	6704	6816	136	muestra 2268
								6934			
								6810			
162	6/09/2018	4/10/2018	3	28	145123619	12 losa de fondo 64-9	5000	7838	7732	155	muestra 2277
								7637			
								7721			

#### Ilustración 10. Ensayos de las Muestras de Concreto.

Fuente: Concresestados S.A.S

5. Se inspecciona en obra el proceso constructivo:



Ilustración 11. Inspección de Obra (Armadura)

Fuente: Propia



Ilustración 12. Inspección de Obra (Fundida Concreto)

Fuente: Propia

6. Se realiza un informe de todas las actividades realizadas durante un período de tiempo y también se tiene en cuenta los cálculos que la entidad contratista realizó para que el consorcio saque las respectivas conclusiones y observaciones:

01 al 31 de Septiembre	CEPS	IVK	IVK	Diferencia
Frente/Tipo de concreto	m <sup>3</sup> suministrados	Resumen Teórico(m <sup>3</sup> )	Resumen de campo(m <sup>3</sup> )	Desfase (m <sup>3</sup> )
Tanques de airación/ Concreto de limpieza 2000 psi	172,00	180,00	172,00	-8,00
Tanques de airación/ Concreto 5000 psi	7.053,00	6.935,00	7.053,00	118,00
Edificio sopladores/ Concreto 4500 psi	438,50	440,38	438,50	-1,88
Digestores y decantador secundarios/ Concreto de limpieza	722,25	700,15	722,25	22,10
Decantadores secundarios/ Concreto 5000 psi	4.446,50	4.370,00	4.446,50	76,50
Decantadores primarios/ Concreto 5000 psi	53,00	48,00	53,00	5,00
Pilotaje regulación de caudal/ Concreto 5000 psi	773,75	773,75	773,75	0,00
Pretratamiento/Concreto limpieza 2000 psi	36,50	40,00	36,50	-3,50
Pretratamiento/Concreto 5000 psi	656,75	670,00	656,75	-13,25
Box Culvert Prefabricados/ Concreto 5000 psi	621,00	600,50	621,00	20,50
Digestores / concreto de limpieza 2000 psi	10,50	12,00	10,50	-1,50
Prueba nucleo digestores/Concreto 4500 psi	15,00	16,00	15,00	-1,00
Pilotaje digestores/ concreto 4500 psi	3.329,25	3.200,15	3.329,25	129,10
Pilotaje edificio de lodos/concreto 4500 psi	1.079,00	1.022,00	1.079,00	57,00
Pilotaje edificio de cloro/ concreto 4500 psi	1.285,50	1.237,00	1.285,50	48,50
Obras adecuaciones/ concreto de limpieza 2000 psi	32,00	25,00	32,00	7,00

Ilustración 13. Informe de Resultados

Fuente: Propia

Los cumplimientos de las actividades que se realizaron tal como aparece en el cronograma se hicieron satisfactoriamente recopilando la información de acuerdo a los informes expedidor por el CONSORCIO PTAR SALITRE

## 8. APORTE AL CONOCIMIENTO

La experiencia que tomé al cabo del tiempo que he estado en la obra ha sido gratificante, ya que a pesar del claro proceso que debo realizar en la obra, hay muchas otras disciplinas de las cuales tengo la posibilidad de estar presente mientras realizan la actividad. Realmente es una fortuna. Me da la noción de cómo se realiza realmente una obra, compartir, escuchar las experiencias de personas que llevan muchos años y de la cual todo lo que dicen es para tenerlo en cuenta al iniciar la vida del ingeniero civil. Ver como se aplica el conocimiento teórico a la práctica es de gran experiencia por que ver materializado las destrezas, conocimientos y esfuerzos es lo que hace crecer como profesional.

La metodología que pude aportar a las actividades asignadas por la empresa fue darle de manera más gráfica todo el proceso que se va realizando desde el momento que aparece la programación. Por medio del programa de dibujo AutoCAD realizó cada una de las diferentes secciones que forman la estructura desde la manera como la piensa abarcar el contratista, es decir, ellos toman la decisión de seccionarla por cantidades que después poco a poco lo van fundiendo y formando, de esa manera le puedo indicar al consorcio exactamente qué día del mes realizaron la actividad y cuál es su volumen teórico correspondiente.

En resumen, aprendido a mejorar mis habilidades en el manejo de software, al principio haciéndolo a un ritmo de aprendiz, pero poco a poco mejorando. El manejo

de un grupo que a pesar de la gran experiencia que pueda tener estar seguro de que las indicaciones que uno corrigen son las mejores para el proyecto, a realizar informe cada vez más claro y mejor informado. Tener criterio para realizar observaciones y conclusiones dentro de una entidad que confía en los resultados de mis informes.

Los conceptos utilizados en la metodología que se aporta al consorcio se basan en una programación de obra que sea ordenada y eventualmente reduzcan imprevistos que perjudiquen el desarrollo normal del proyecto. Al realizar la práctica en la entidad interventora se sobreentiende que la función fundamental es de verificar que lo pactado por el contratista se cumpla a cabalidad y por ende realizar funciones afines. El consorcio IVK al encargarse de la gerencia tiene como necesidad estar informado de todos los aspectos técnicos, sociales y legales.

Para la parte enfocada a la ingeniería civil que es la interventoría, hace referencia a la construcción de la planta de tratamiento. La función de la interventoría es la validación de todos los documentos contractuales para coordinar la vigilancia, control y colaboración durante la ejecución, al contratista para que cumpla a cabalidad todas las especificaciones técnicas, administrativas, y todas las normas que fueron pactadas por el dueño (Propietario) de la obra y el contratista, relacionados con costos, duración y calidad de los materiales a utilizar en la obra y a la aplicación de normas vigentes en el momento de su realización. (Maldonado Contreras, 2000, págs. 22-23)

El resultado de la metodología de control es de realizar los objetivos y tareas asignadas con el que enfoque que le permita a la entidad responsable de la gerencia tener la dirección, inspección y constancia, aprobar todas las actividades que el contratista culmina. La experiencia que se obtiene a través de todos los procesos

es de importancia porque permiten ejecutar mejor el proceso a través del tiempo ya que repercute en el objeto de proyecto (costo, tiempo y calidad). Por eso cada uno de estos aspectos se debe analizar con atención ya que pueden generar pérdidas, atrasos que afecten la obra como tal. Por tanto, es necesario tener clara la comunicación de las entidades que se encargan de volver los materiales necesarios en productos terminados acorde a las exigencias del contratante. Los programadores durante la planeación y ejecución del proceso constructivo tienen un orden establecido de acuerdo con los plazos pactados por las partes pero que tienen también ciertas características para que estas puedan ser entregadas y aprobadas. Las actividades del proceso constructivo son de gran importancia, ya que generan los gastos más críticos y por ende es esencial verificar minuciosamente todos los ítems que conforman cada tarea.

Siendo parte del objeto del contrato, se debe poseer la totalidad de las cantidades de obras de las diferentes actividades, con su respectivo precio unitario, para cuando se vaya a hacer mediciones de las mismas, se confronten y se tengan claridad de los porcentajes ejecutados con respecto al programa y así obtener la información real de cómo se encuentra el avance. (Maldonado Contreras, 2000, pág. 60)

La metodología empieza teniendo en cuenta la programación de todas las obras y de acuerdo a los planos se establece la sección que se va a fundir. El contratista al saber el volumen el cual va a fundir, hace el pedido a la empresa encargada de suministrar el concreto. El contratista por norma necesita muestras de todos los concretos para verificar su resistencia. Según el tipo de concreto se decide hacer los ensayos de resistencia a la compresión

- Concreto estructural de 5000 psi o 35 Mpa.
- Concreto tremie para cimentaciones de 4500 psi o 31 Mpa.
- Concreto de limpieza de 2000 psi o 14 Mpa.

Para ello saca dependiendo el pedido cada 40 m<sup>3</sup> independiente de la cantidad. El consorcio de la gerencia para llevar un punto de comparación también realiza las muestras, pero es por la sección y tipo de estructura que se va fundir ya que se cuenta con el suficiente concreto necesario para hacer la misma cantidad. Luego, al tener claro la sección que se piensa ejecutar se realiza un modelo a 3D del dibujo que representa la figura ya ejecutada y que permite tener un volumen teórico que sea el punto de partida y se toma registro para realizar el informe. Al saber cuánto es la cantidad también se tiene en cuenta las pérdidas que se puedan presentar. Una vez con la persona expertas en procesos constructivos se revisa el plano de refuerzos de la sección correspondiente para después inspeccionar en campo la fundida (recubrimiento, equipos, esperas, traslajos, ganchos, estribos, diámetro de las barras, juntas de dilatación, maquinaria, juntas de construcción, espesores adecuados, accesos, espadines, sellos, formaletas, amarres, boquillas, llanas, limpieza del sector y la seguridad del personal). Por último, se verifica con el ingeniero residente y el operario de la mixer, autobomba o estacionaria; la cantidad de concreto real que se suministró.

Los informes que se presentaron a la gerencia fueron de gran aporte para el Consorcio indicando a la junta donde hay sobregasto de insumos teniendo referencia las cantidades ideales de todas las actividades realizadas. De manera ordenada y concisa se entregaron con el fin de realizar análisis a las cuantías

utilizadas mensualmente en la obra y mandar las observaciones correspondientes a los encargados del proceso constructivo.

## 9. CONCLUSIONES

El resultado de estos esfuerzos fue permitirle a la empresa tener informes que le indiquen los gastos, la calidad, los avances y el proceso que se lleva de la programación de obra establecida. Tener una relación más directa con el personal profesional de obra con el que se pudo trabajar de mejor manera y que fue beneficioso para las partes ya que ellos necesitan la aprobación de la gerencia para los pagos de las actividades ejecutadas y la gerencia que informe directamente al contratante.

Se creció como profesional y se adquirió la experiencia de trabajo para futuros proyectos como también la manera de expresarse dentro de un proyecto de construcción. También se aprendió de distintas actividades dentro una planta de tratamiento ya que no es común ver o más aún estar dentro del proyecto y cuál es su finalidad.

Las expectativas que se tenía al afrontar un proyecto de tal magnitud siendo una mega obra hidráulica para ayudar al medio ambiente del impacto de los residuos de las residencias del centro y norte de Bogotá fue mejor de las proyectadas ya que, se aprende a ser consciente de los problemas que conlleva una sociedad para luego transmitirlos a las personas el uso razonable del agua, pero también de las basuras que terminan en las plantas de tratamiento.

Aparte del conocimiento que se adquirió de las diferentes actividades también se creció como persona. Saber que el conocimiento es algo que te beneficia y que te hace tener mejor calidad de vida como también la humildad y el esfuerzo que hay que tener en la vida laboral que pueda hacerte destacar y que te tengan en cuenta en futuros proyectos.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- ARQHYS.com, E. d. (20 de 08 de 2018). *Concreto Reforzado*. Obtenido de ARQHYS: <https://www.arqhys.com/construccion/reforzado-concreto.html>
- Consorcio CEPS. (2018). *Informe de Avance de Obra mes de Septiembre*. Bogotá.
- Consorcio IVK. (2018). *Informe Administrativo Mensual Mes de Febrero*. Bogotá.
- CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. (2016). *Presentación PTAR SALITRE*. Bogotá.
- Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutierrez, O. (21 de noviembre de 2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, VII(2), 52-73. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- GOBIERNO DE ESPAÑA. (2007). *XXV CURSO SOBRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EXPLOTACIÓN DE ESTACIONES DEPURADORAS* (Vol. I). Madrid.
- Lizarazo, J., & Orjuela, M. (2013). *SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>
- Llanos, E. (2015). *Tratamiento y uso de aguas residuales: Una estrategia para el futuro del saneamiento*. Obtenido de PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CAÑAVERALEJO-PTAR C SANTIAGO DE CALI: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal43/planta.pdf>
- Maldonado Contreras, J. A. (2000). *MANUAL GUIA DE INTERVENTORÍA DE OBRA*. Bucaramanga, Santander, Colombia: (Sic) Editorial Ltda.
- METCALF & EDDY, INC. (1995). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACIÓN* (Vol. I). Madrid, España: McGraw-Hill.
- Monroy Saladen, V., & Ospina Ortiz, R. E. (2014). *Un modelo de externalidades y derechos de propiedad para reducir la polución del rio Bogotá*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Monroy, V., & Ospina, R. (2014). *UN MODELO DE EXTERNALIDADES Y DERECHOS DE PROPIEDAD PARA REDUCIR LA POLUCIÓN DEL RÍO BOGOTÁ*. Obtenido de PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/14933/MonroySaladenVivianRosario2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Noyola, A., Morgan-Sagastume, J. M., & Güereca, L. P. (2013). *SELECCIÓN DE TECNOLOGIAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES*. MEXICO D.C: UNAM.

Red Voltaire. (21 de abril de 2007). *El Bogotá, ¿un río de nadie?* Obtenido de <http://www.voltairenet.org/article147380.html>

Rivera Esteban, V. M. (2015). *Programación, Planificación y Control de Obras de Infraestructura Civil, En la República de Guatemala*(Tesis Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Torres Caceres , E. (1994). *PROYECTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA REUSO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA*(Tesis de Postgrado). Marín.