



**Pasantía en apoyo y monitoreo de procesos de mejoramiento y mantenimiento de las  
redes de abastecimiento de agua potable en edificaciones realizados por  
SERVICOLOMBIA ING SAS.**

**Juan Sebastian Simmonds Tenorio**

Código: 10481715238

**Universidad Antonio Nariño**

Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

Programa Ingeniería Civil

Bogotá 2022



**Pasantía en apoyo y monitoreo de procesos de mejoramiento y mantenimiento de las  
redes de abastecimiento de agua potable en edificaciones realizados por  
SERVICOLOMBIA ING SAS.**

**Juan Sebastian Simmonds Tenorio**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Civil**

Directora:

Ingeniera: Alexandra Morales

**Universidad Antonio Nariño**

Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

Programa Ingeniería Civil

Bogotá 2022



## NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado: **Pasantía en apoyo y monitoreo de procesos de mejoramiento y mantenimiento de las redes de abastecimiento de agua potable en edificaciones realizados por SERVICOLOMBIA ING SAS.,**  
Cumple con los requisitos para optar  
Al título de **Ingeniero civil.**

---

Firma del Tutor

---

Firma Jurado

---

Firma Jurado

Bogotá, noviembre del 2022.

## Dedicatoria

*Este logro va dedicado a todas aquellas personas que han intervenido en cualquier sentido en mi formación tanto profesional como personal y a quienes me han acompañado durante este proceso*

*A mi amada abuela María Helena Simmonds, quien desde el cielo me acompaña y espero se sienta orgullosa de la persona que educó y que soy hoy gracias a sus enseñanzas y consejos que con tanto cariño pudo ofrecerme.*

*A mi madre, Carolina Tenorio quien con su carácter, valentía y energía inagotable ha demostrado que con esfuerzo y dedicación es posible conseguir lo que te propones.*

*A mi compañera sentimental Andrea Villadiego por su apoyo y grata compañía en los últimos años enseñándome lo que es el verdadero amor.*

*A mi padre Jorge Simmonds por el esfuerzo y dedicación que representan formar a un caballero con principios y educación.*

*A los docentes que adquirieron un compromiso y lo cumplieron a cabalidad aportando sus conocimientos y estrategias de desarrollo en las distintas áreas del conocimiento.*

*A mi familia, en quienes siempre he tenido un apoyo emocional y quienes me han brindado sus consejos y cariño desinteresadamente.*

*A todos, los quiero mucho.*

## **Agradecimientos**

Primeramente, quiero agradecer a mi madre Carolina Tenorio, ya que sin su apoyo, valentía y compromiso nunca hubiese podido dar este gran paso, a mi compañera de vida y aventuras Andrea Villadiego, quien con su carisma y alegría siempre me ha brindado su incondicional apoyo emocional en todo momento y sin importar las adversidades, a mi padre Jorge Simmonds, quien a pesar de las dificultades siempre ha estado dispuesto a brindarme su absoluto apoyo, a Elkin Meza, por brindarme la oportunidad de realizar el proceso de pasantía en su empresa, por su paciencia, y colaboración ofrecida en los últimos años y a todos aquellos que directa o indirectamente intervinieron a lo largo de este proceso de manera positiva, a los compañeros y docentes, en especial a la directora del presente proyecto, la ingeniera Alexandra Morales quien aportó de manera efectiva para su apropiada ejecución.

## Tabla de contenido

1. Introducción.....	9
2. Resumen .....	11
3. Abstract.....	12
4. Objetivos.....	13
<b>4.1 Objetivo General</b> .....	13
<b>4.2 Objetivos Específicos</b> .....	13
5. Marco Conceptual.....	14
<b>5.1 Información de la Empresa</b> .....	14
<b>5.2 Planeación y ejecución de actividades</b> .....	16
<b>5.3 Condiciones y Principios Generales del Agua Potable.</b> .....	18
<b>5.4 Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en Edificaciones</b> .....	19
<b>5.5 Afectaciones Frecuentes</b> .....	22
6. Metodología.....	28
7. Resultados y Análisis de los Resultados.....	30
8. Conclusiones.....	51
9. Recomendaciones .....	53
10. Referencias Bibliográficas.....	55
11. Lista de Figuras .....	59



## 1. Introducción

SERVICOLOMBIA ING SAS es una empresa nacional constituida en mayo del año 2014 como sociedad por acciones simplificadas la cual desarrolla actividades relacionadas con el campo de la ingeniería, consultoría técnica y el mantenimiento preventivo o correctivo de sistemas de abastecimiento de agua potable asistidos por bombeo en la ciudad de Bogotá y municipios aledaños, gracias a la experiencia obtenida en los distintos proyectos desarrollados a lo largo de su trayectoria ha sido posible generar un alto grado de confianza y seguridad entre sus clientes, aportando así a la consolidación y expansión de la compañía.

Con esta pasantía se pretende analizar y dar a conocer algunas de las afectaciones que se presentan con mayor frecuencia en los sistemas de abastecimiento de agua potable asistidos por bombeo en edificaciones, como la contaminación o pérdida de la calidad del agua debido al contacto con elementos afectados por la oxidación, corrosión e incrustaciones, afecciones propias de los elementos metálicos y los cuales son usualmente utilizados en este tipo de sistemas, además del tiempo de retención hidráulico presentado en los tanques de almacenamiento, que al no contar con un apropiado proceso de impermeabilización el agua almacenada puede entrar en contacto con superficies u otros elementos ajenos al sistema y ocasionar la pérdida de los parámetros que la definen como potable.

Como parte de los objetivos se propuso realizar el acompañamiento en las actividades de mantenimiento y reparación de los sistemas de distribución de agua potable asistidos por

bombeo en edificaciones desarrollando actividades como la programación y organización de las tareas de mejoramiento de dichos sistemas, la metodología se basó en tres fases principales como lo son el reconocimiento de las afectaciones presentadas en los sistemas de suministro de agua potable asistidos por bombeo, seguido por la presentación de las propuestas de mejoramiento de dichas afectaciones previamente identificadas y por último el desarrollo e implementación de dichas actividades de mejoramiento, todo con el único propósito de mejorar las condiciones de abastecimiento de agua potable en términos de calidad y cantidad.

El proceso de la presente pasantía fue de gran provecho para el pasante académico gracias a la experiencia obtenida durante la ejecución de los proyectos y la interacción obtenida con personal experto en las actividades desarrolladas aportando conocimientos y habilidades útiles para la formación profesional, además de brindar una conveniente inserción al campo laboral ofreciendo así la oportunidad de aplicar y fortalecer ciertos conceptos técnicos adquiridos a lo largo de la formación académica y útiles para la futura ejecución de actividades y la apropiada solución de problemas de manera eficiente.

## 2. Resumen

Con el fin de poder aplicar los conocimientos obtenidos en la universidad Antonio Nariño se realizó la pasantía en la empresa SERVICOLOMBIA ING SAS, realizando actividades como el apoyo y monitoreo de los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo en las edificaciones que presentan un contrato de servicios con dicha empresa, el trabajo realizado se basó en la evaluación de las afectaciones presentadas en los sistemas de abastecimiento asistidos por bombeo y en cómo pueden llegar a influir en la calidad del agua suministrada a los residentes de aquellas edificaciones, teniendo en cuenta los parámetros sugeridos para la conservación de la calidad del agua dispuesta para el consumo humano.

Con los resultados obtenidos durante el proceso fue posible conocer la importancia que representa realizar un apropiado mantenimiento preventivo además de notificar oportunamente ante cualquier anomalía observada, con el propósito de mejorar la durabilidad y condiciones de abastecimiento del agua potable en edificaciones.

### 3. Abstract

In order to be able to apply the knowledge obtained at the Antonio Nariño University, an internship was carried out at SERVICOLOMBIA ING SAS, performing activities such as support and monitoring of the pump-assisted drinking water distribution systems in the buildings that have a service contract with the company, the work performed was based on the evaluation of the affectations presented in the supply systems assisted by pumping and how they can influence the quality of the water supplied to the residents of those buildings, taking into account the parameters suggested for the conservation of the quality of the water available for human consumption.

With the results obtained during the process, it was possible to know the importance of performing proper preventive maintenance and timely notification of any anomaly observed, in order to improve the durability and conditions of drinking water supply in buildings.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo General**

Desarrollar la pasantía de ingeniería civil en la empresa SERVICOLOMBIA ING SAS. apoyando en el diagnóstico, reparación y sustitución de elementos propios de los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo en edificaciones

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Efectuar el acompañamiento en las actividades de mantenimiento y reparación de los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo.
- Programar y controlar las actividades de reemplazo de los elementos que componen los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo con el propósito de corregir las afectaciones a las que están sometidos dichos elementos.
- Realizar un análisis de la posible variación de la calidad del agua teniendo en cuenta el estado en el que se encuentren los materiales que componen los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable propias de las unidades residenciales y comerciales.
- Solicitar los materiales, equipos y recursos humanos necesarios para la apropiada realización de las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo.

## 5. Marco Conceptual

### 5.1 Información de la Empresa

La empresa SERVICOLOMBIA ING S.A.S. se encuentra registrada ante la Cámara de Comercio de Bogotá con matrícula No: 02457982, como una empresa constituida como Sociedad Por Acciones Simplificadas, fundada el 26 de mayo del 2014 en la ciudad de Bogotá D.C., dedicada a ofrecer servicios relacionados con la arquitectura e ingeniería, consultoría técnica, construcción de obras civiles, mantenimiento y reparación especializados de sistemas de presión de agua potable. Ofrece sus servicios en la ciudad de Bogotá y municipios perimetrales tales como chía y Zipaquirá, destacándose por su compromiso, cumplimiento y adecuada organización en la realización de sus proyectos.

A continuación, presentaremos conceptos como la misión, la visión y demás información relevante de la empresa en cuestión.

- ***Misión:***

Nuestro objetivo en SERVICOLOMBIA ING SAS, es brindar a nuestros clientes soluciones rápidas y eficaces a sus necesidades aportando para ello nuestra gran experiencia y los mejores profesionales generando así soluciones integrales en ingeniería, a nivel comercial, industrial y residencial en todo el territorio nacional. Nuestra infraestructura física y organizativa nos permite entregar a nuestros clientes los mejores servicios a los precios más acordes del mercado. (SERVICOLOMBIA ING SAS, 2014)

- **Visión:**

Queremos consolidarnos como la principal empresa de servicios y soluciones técnicas del país siendo pioneros en brindar soluciones industriales, comerciales y residenciales, queriendo contribuir de esta manera con el bienestar de la población colombiana en general. (SERVICOLOMBIA ING SAS, 2014)

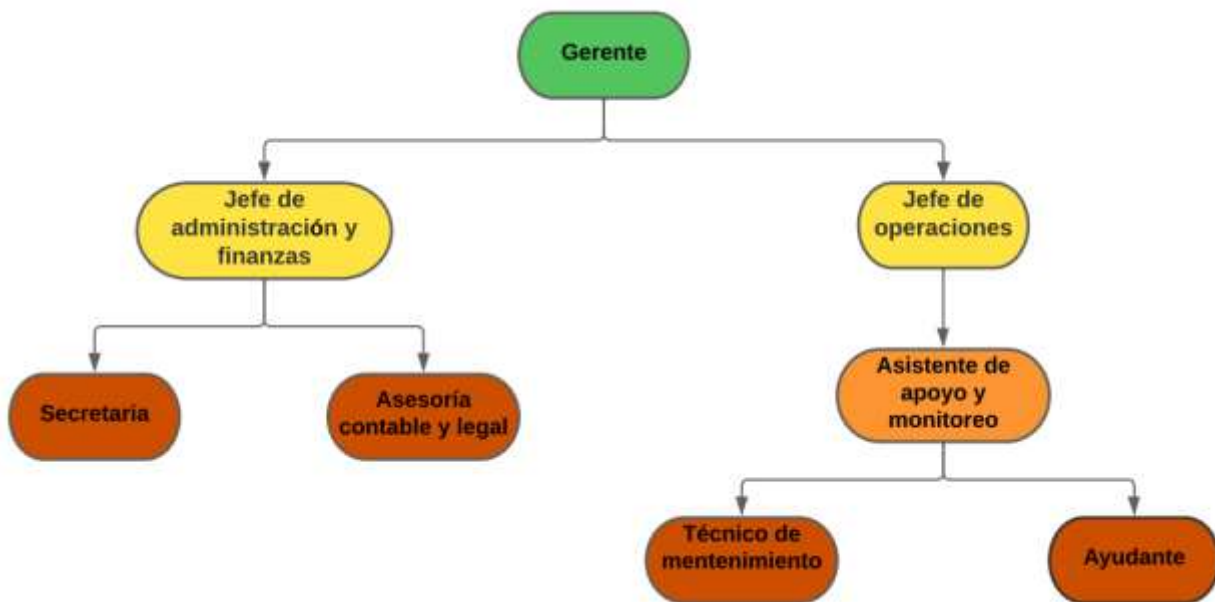
- **Organigrama:**

“Los organigramas son la representación gráfica de la estructura orgánica de una empresa u organización que refleja, en forma esquemática, la posición de las áreas que la integran, sus niveles jerárquicos, líneas de autoridad y de asesoría”.

(Thompson, 2009, P.2)

**Figura 1.**

*Organigrama SERVICOLOMBIA ING SAS.*



Fuente: (SERVICOLOMBIA ING SAS, 2014)

## 5.2 Planeación y ejecución de actividades

- *Planeación de Actividades:*

Puede entenderse por planeación de actividades aquella etapa de un proyecto en la que se organizan las ideas para posteriormente plasmarlas durante el desarrollo del proceso, siempre en busca de alcanzar el objetivo de manera exitosa dando cumplimiento a lo planteado en términos de tiempo y calidad.

La naturaleza de la planificación nos permite entender que esta es una actividad a-priori que se debe desarrollar antes de ejecutar cualquier tarea; sin el concurso de ella sería más fácil equivocarnos y aumentar los riesgos de no conseguir los objetivos que se pretenden. La planificación se convierte en una actividad necesaria, puesto que precede a la definición de presupuestos, entendiendo un presupuesto como la materialización económica de las actividades programadas.

(Terrazas, 2011, P.9)

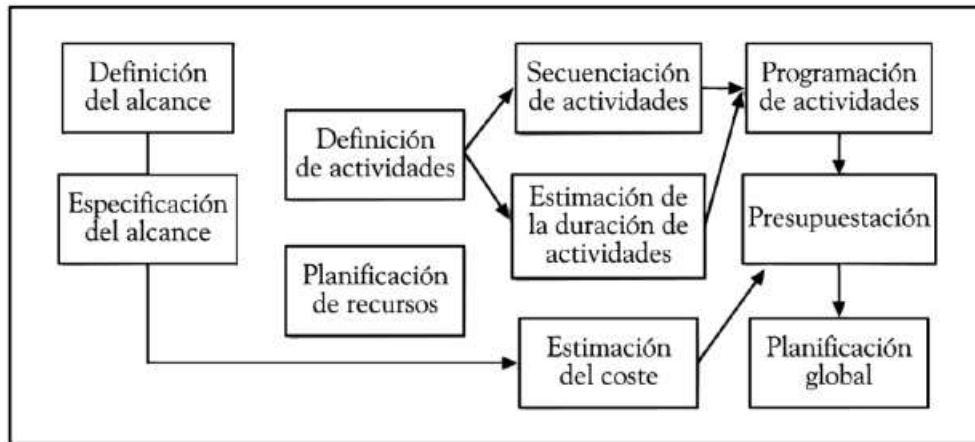
La planeación que determina el curso de acción a seguir, la operación que es la traducción del plan a los hechos concretos, y el seguimiento y control que corresponde a la verificación de que lo ejecutado esté en armonía con lo planeado, de lo cual puede resultar la revisión de los planes y la corrección de las acciones.

(Miranda, P.26)



**Figura 2.**

*Elementos a tener en cuenta en la planificación organizativa de proyectos.*



Fuente: Gestión de proyectos, 2006, P.23.

- ***Programación de Actividades:***

La programación de actividades, es aquél proceso subsecuente a la planificación y que tiende a concretar las operaciones, definiendo dónde y cuándo se van a realizar. La programación es un proceso que se convierte en la materialización de la planificación, por tanto, es la herramienta ejecutora de la planificación. (Terrazas, 2011, P.9)

- ***Supervisión:***

“La supervisión es responsable de que el tiempo de ejecución y la calidad correspondan con los planeados; y es corresponsable junto con el personal administrativo de la empresa de ejercer el control de los costos”. (Solís, Romel G. 2004, P.55)

- ***Control y Seguimiento:***

Se entiende por seguimiento la observación, registro y sistematización de la realización de las actividades y tareas de un proyecto, en términos de los recursos utilizados, metas cumplidas, así como los tiempos y el presupuesto previsto. Por otro

lado, el control, hace referencia a la observación de los productos, resultados, efectos o impactos para verificar el cumplimiento de propósitos de tiempo, calidad y presupuesto, con el fin de tomar decisiones encaminadas al cumplimiento de los objetivos tanto sociales como económicos, que genera el proyecto en la comunidad beneficiaria.

(Miranda, P.4)

- ***Riesgos Laborales:***

Situación de trabajo caracterizada por la presencia simultánea de una serie de factores de riesgo. Precisando más, se puede decir que es el conjunto específico de factores de riesgo al que puede asignarse un solo nivel de exposición y un único nivel de consecuencias. Por tanto, llamaremos situación de riesgo a aquellas situaciones de trabajo en la que, por estar presentes algunos factores de riesgo, el riesgo no puede considerarse controlado. (Collado, 2008, P.94)

### **5.3 Condiciones y Principios Generales del Agua Potable.**

Es indispensable conocer las características del agua a consumir y sus parámetros de potabilidad, es por ello que en las Guías para la calidad del agua potable podemos encontrar sus especificaciones y sus valores de referencia correspondientes a sustancias químicas cuya presencia en el agua de consumo puede afectar la salud de los consumidores (Organización Mundial de la Salud [OMS]):

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio.

El agua de consumo inocua (agua potable), según se define en las guías no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda la vida. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. (p.11).

Según el decreto 1575 (2007) las características físicas, químicas y microbiológicas, que puedan afectar directa o indirectamente la salud humana, así como los criterios y valores máximos aceptables que debe cumplir el agua para el consumo humano, serán determinados por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Capítulo 2. Artículo 3. P.2)

#### **5.4 Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en Edificaciones**

Los sistemas de abastecimiento de agua potable en edificaciones permiten una distribución eficiente del líquido entre los sistemas de almacenamiento y el suscriptor del servicio en óptimas condiciones en lo que respecta en términos de calidad y cantidad.

De acuerdo con la tercera actualización de la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 cuando la presión de agua en el tubo principal público o en el suministro de agua individual no es suficiente para suministrar las presiones y cantidades mínimas especificadas por esta norma, el suministro debe suplementarse con un tanque de agua elevado, un sistema de refuerzo de presión hidroneumático o una bomba de refuerzo de presión de agua. (Icontec, 2017, Numeral 7.6.5.1. P.107)

- ***Sistemas de Abastecimiento directos***

Los sistemas de abastecimiento de agua directos son aquellos en los que todos los aparatos sanitarios de la comunidad reciben el agua directamente de la red principal sin necesidad de emplear equipos para el aumento de la presión del fluido, esto sujeto a las características del sistema de distribución en las cuales usualmente se realiza la distribución aprovechando las propiedades de la gravedad.

- ***Sistemas de Abastecimiento indirectos***

Por su parte, los sistemas de abastecimiento de agua indirectos son aquellos en los cuales las condiciones de distribución del fluido no cumplen con los parámetros necesarios para su apropiado suministro por lo cual se hace necesaria la implementación de equipos que suministren energía adicional a la conducción del fluido con el propósito de garantizar la correcta prestación del servicio a las comunidades que así lo requieran.

Una de las alternativas para este tipo de sistemas indirectos requiere la implementación de un tanque cisterna y uno elevado, en este sistema se realiza la captación del agua potable en el tanque cisterna, desde el cual por medio de motobombas se transporta el líquido al tanque elevado para posteriormente ser distribuido a los usuarios por gravedad.

Otra variante de este sistema de distribución de agua potable consiste en la implementación de sistemas hidroneumáticos, los cuales tienen como propósito justamente suministrar energía adicional a la conducción del fluido por medio de motobombas y tanques hidroneumáticos los cuales funcionan bajo el principio de compresibilidad del aire contenido en recipientes herméticos.

- ***Sistemas de Abastecimiento Apoyados por Bombeo:***

Los sistemas de abastecimiento apoyados por bombeo son requeridos en aquellos casos en los que la presión de suministro de la red matriz no es suficiente para abastecer a la comunidad, por lo cual se hace uso de equipos que suministren energía adicional como motobombas para así compensar la falta de presión o caudal y proporcionar un servicio idóneo en todos los aspectos y a toda la comunidad.

Basándonos en la tercera edición del Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de la Norma Técnico Colombiana NTC 1500, cuando la presión de agua en la red de suministro u otras fuentes de suministro de agua sean insuficientes para proveer presión de flujo a la salida de los aparatos como se requiere en los criterios de diseño del sistema de distribución de agua y la capacidad requerida en la tubería de salida para el suministro al aparato, se debe instalar un sistema de refuerzo de presión de agua, en el sistema de suministro de agua de la edificación. (Icontec, 2017, P.108)

- ***Mantenimiento de las Redes de Distribución de agua potable:***

Las actividades de mantenimiento y reparación de los sistemas de presión de agua potable y sus respectivas redes de distribución en edificaciones buscan sobre cualquier otro objetivo una adecuada y continua distribución del recurso hídrico a cada uno de los suscriptores, para poder garantizar un apropiado suministro del fluido y de los requerimientos de los usuarios en términos de caudal y presión dando cumplimiento al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) #6 Agua limpia y saneamiento aprobado en 2015 por la ONU (Organización de las Naciones Unidas) y en donde se manifiesta la

importancia vital del saneamiento, la higiene y un acceso adecuado a agua limpia para prevenir y contener enfermedades, es allí donde toma importancia el conocimiento de los materiales de los cuales está compuesta dicha red de distribución y su adecuada selección.

De Sousa et al. (2010) indican que de acuerdo a la composición química de los materiales empleados es posible determinar si pueden influir en la conservación de la calidad del agua potable, los valores de referencia correspondientes a las sustancias químicas cuya presencia en el agua de consumo puede afectar la salud son especificados por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en la Guía para la calidad del agua potable.

## **5.5 Afectaciones Frecuentes**

- ***Tanque de almacenamiento de agua potable:***

Todos los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo deben contar con mínimo un tanque disponible para el almacenamiento del agua que posteriormente será distribuida entre los usuarios, estos tanques deben contar con ciertas características con el fin de evitar la contaminación del agua almacenada, algunos de los problemas más recurrentes en este tipo de sistemas consiste justamente en el desgaste o pérdida de las capas de impermeabilizante y en la ausencia de un oportuno lavado y desinfección por lo cual se considera indispensable realizarle un apropiado y frecuente mantenimiento.

Basándonos en la Guía de mantenimiento preventivo de las redes hidrosanitarias de la Universidad Industrial de Santander (2009), para llevar a cabo la limpieza de los tanques es necesario cerrar la llave de ingreso del agua al tanque y vaciar parcialmente el tanque,

dejando cierta cantidad de agua. Con un cepillo y jabón en polvo se remueven las suciedades de las paredes y pisos del tanque utilizando el agua que quedo en él. Luego se vacía el agua y se deja ingresar agua limpia iniciando el procedimiento las veces que sea necesario dependiendo del estado de limpieza del tanque. (P.3)

- ***Materiales:***

Los materiales que componen las redes de distribución de agua potable y sus accesorios juegan un papel indispensable debido a que una elección inapropiada de alguno de dichos elementos puede ocasionar la contaminación del agua suministrada.

Una serie de cambios físicos ocurren en las redes de agua potable producto del envejecimiento, los que pueden ir desde las típicas fugas (producto del desgaste natural del material, corrosión, eventos sísmicos, expansión del suelo, etc.) hasta cambios en el diámetro y en la rugosidad asociados a la calidad del agua transportada. Estos cambios pueden alterar los patrones de flujo, los tiempos de llegada al final de la red o el gasto de energía (Shahzad & James, 2002).

La resolución 0115 del 16 de febrero de 2018 reglamenta los requisitos técnicos mínimos asociados con la composición química de los materiales y, la estandarización de la información mínima sobre los requisitos técnicos que deben tener presente los prestadores de servicios públicos domiciliarios, constructores y urbanizadores, con el fin de garantizar la calidad del servicio, para los tubos de acueducto y sus accesorios, integrantes en su conjunto de los sistemas de conducción y distribución de agua para consumo humano y para los tubos y accesorios integrantes en su conjunto de los sistemas de conexión, recolección y transporte final (P. 1).

La posibilidad de contaminación del agua está asociada a factores como la corrosión o las incrustaciones presentes en algunos de los elementos metálicos de la red de distribución.

Teniendo en cuenta las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 (2017), el material de las tuberías para distribución hidráulica además de cumplir con la NTC 539, también debe cumplir con por lo menos una de las normas indicadas a continuación.

### Figura 3.

*Especificaciones y normas técnicas sobre tuberías.*

Material	Norma
Tubería de bronce	ASTM B43
Tubería plástica de poli (cloruro de vinilo) clorado (CPVC)	NTC 1062; ASTM F441; ASTM F442; CSA B137.6
Tubería de cobre o aleación de cobre	NTC 3944; ASTM B302
Tubo de cobre o aleación de cobre (Tipo K, WK, L, WL, M o WM)	NTC 3655; ASTM B88; ASTM B251; ASTM B447
Tubería plástica polietileno reticulado (PEX)	ASTM F876; ASTM F877; CSA B137.5
Tubería plástica polietileno reticulado/ aluminio/ polietileno reticulado (PEX-AL-PEX)	ASTM F 1281; ASTM F 2262, CAN/CSA B137.10M
Polietileno reticulado aluminio/ polietileno de alta densidad (PEX-AL-HDPE)	ASTM F1986
Tubería de hierro dúctil	AWWA C151/A21.51; AWWA C115/A21,15
Tubería de polietileno/ aluminio/ polietileno (PE-AL-PE)	NTC 5276
Tubo o tubería de plástico de polipropileno (PP)	ASTM F2389; CSA B137.11; NTC 4897-2
Tubería de acero inoxidable (Tipo 304/304L)	ASTM A312; ASTM A778
Tubería de acero inoxidable (Tipo 316/316L)	ASTM A312; ASTM A778

Adaptado de: NTC 1500, (2017). Tubería para distribución hidráulica. (P. 98).

- **Corrosión:**

La corrosión es una de las principales causas del deterioro de los materiales metálicos, su presencia se da gracias a la alteración de la composición química del material.



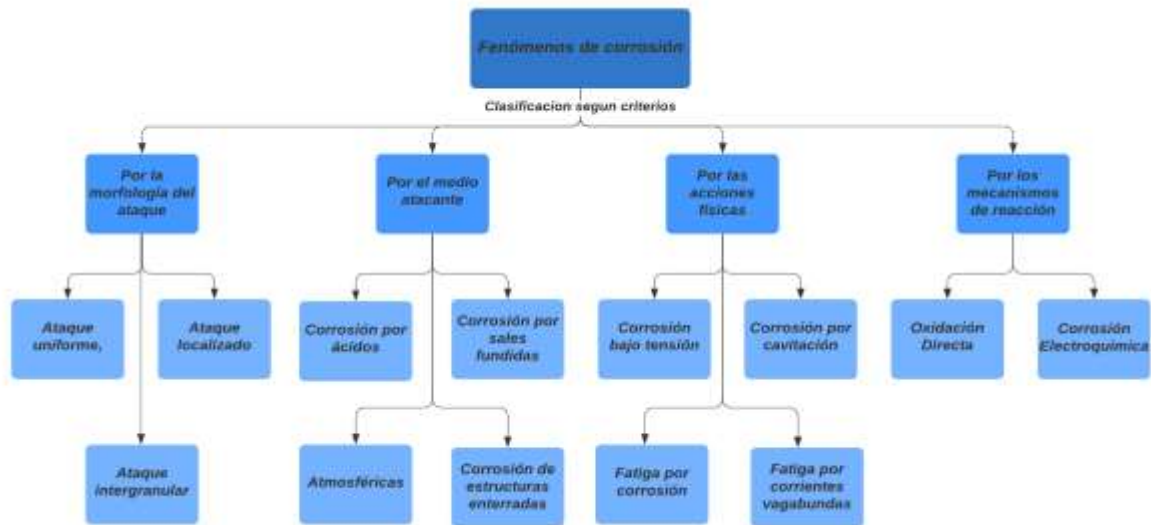
El contacto entre el agua conducida y las tuberías de conducción con casos presentes de corrosión afectan negativamente la calidad del agua a distribuir gracias al hierro que se libera en forma de partículas férricas a partir de aquellos puntos afectados por la corrosión (Chen et al., 2016).

Es por ello que se considera de vital importancia realizar una adecuada selección, manejo y mantenimiento de los materiales o elementos utilizados en los sistemas de distribución de agua potable conformados por tuberías metálicas ya que al no tener las consideraciones adecuadas pueden verse afectadas por este fenómeno lo cual también conlleva a un deterioro de la calidad del agua a distribuir.

Según González (1984), “Los fenómenos de corrosión pueden clasificarse de acuerdo con muy variados criterios” (p.130), en la figura 4, podemos observar la clasificación de los fenómenos de corrosión en función de los factores de afectación.

**Figura 4.**

*Clasificación según criterios de los fenómenos de corrosión.*



Adaptado de: González, (2021).

Es común que a pesar de que el agua suministrada por la empresa de acueducto cumple con los estándares de potabilidad no precisamente va a presentar las mismas condiciones en el punto de abastecimiento final gracias al tiempo de retención hidráulico que se presenta usualmente en estos sistemas, generando un mayor tiempo de contacto entre el agua y los elementos afectados por la corrosión (Chen et al., 2016).

Lo cual nuevamente nos permite demostrar la importancia del buen manejo y selección de los materiales utilizados en este tipo de actividad debido a que la corrosividad de dichos materiales puede repercutir en problemas económicos e hidráulicos gracias a las filtraciones que se puedan presentar generando también en muchos casos sobrecostos en la operación de bombeo (Swietlik et al., 2012).

- ***Incrustaciones:***

Las incrustaciones en las tuberías de distribución de agua potable además de afectar directamente la calidad del agua transportada gracias a la contaminación por la liberación de partículas férricas, puede también ocasionar problemas de obstrucción de la línea de flujo al verse disminuida su área útil por la acumulación de material inorgánico.

Medina V, Luis F. Et al. (2008). Las incrustaciones son un serio problema causado por la dureza del agua; siendo definidas también en términos generales como un fenómeno de depositación de minerales sobre la superficie interna de las tuberías que transportan agua. Estas tuberías, se van obstruyendo lentamente por el paso del agua dura incrustante tanto fría como caliente y siendo necesaria para su formación sólo una variación sobre la temperatura original del agua que circula a través de ellas. [Tesis Universidad Central de Venezuela]

## 6. Metodología

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, la metodología empleada se dividió en tres fases las cuales se complementaron entre si construyendo de esta manera un plan de acción organizado y efectivo al momento de su implementación.

### **Fase 1:** Actividades de reconocimiento

- Reconocimiento de políticas de la empresa y manejo de las actividades a desarrollar.
- Acompañamiento de las actividades de mantenimiento a los sistemas de distribución de agua potable contratados con SERVICOLOMBIA ING SAS.
- Identificación de las variables presentadas en los sistemas de distribución de agua potable.

**Fase 2:** Presentación de propuestas de mejoramiento de las actividades de mantenimiento desempeñadas y de los sistemas de distribución existentes.

- Estudio de mejoramiento de los sistemas de distribución existentes y de las actividades de mantenimiento realizadas.
- Presentación de propuestas de mejoramiento.
- Elaboración del plan de acción.

**Fase 3:** Desarrollo de las actividades propuestas.

- Desarrollo de las actividades propuestas para el mejoramiento de las actividades de mantenimiento desempeñadas en los sistemas de distribución analizados.

- Presentación de problemáticas y actividades de mejoramiento.
- Análisis de los resultados obtenidos durante el proceso.
- Presentación de los resultados obtenidos.

## 7. Resultados y Análisis de los Resultados

De acuerdo con la metodología propuesta para el desarrollo de esta pasantía serán presentados los resultados obtenidos en cada una de las fases mencionadas en el apartado anterior.

### ***Actividades de reconocimiento:***

En la fase de reconocimiento fue posible conocer factores como la estructura organizativa de la empresa, su misión, su visión y demás aspectos relevantes e importantes al momento del desarrollo de las actividades.

El pasante realizó también el debido acompañamiento en las actividades de mantenimiento y reparación de manera parcial o total de los elementos que componen los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo, en donde fue posible identificar ciertas afectaciones presentes en los elementos que componen dichos sistemas, especialmente en los elementos metálicos, en donde frecuentemente se evidencian daños relacionados con la oxidación, corrosión e incrustaciones, afectaciones propias de dichos materiales y que pueden influir en el deterioro de la calidad del agua suministrada; también fue posible evidenciar en algunos casos la inexistencia o pérdida de las capas de impermeabilizante de los tanques de almacenamiento de agua potable además de la evidente ausencia de un apropiado lavado y desinfección de los mismos lo cual como se estipula en artículo 10 del decreto 1575 de 2007 debe realizarse como mínimo cada seis meses.

***Presentación de propuestas de mejoramiento:***

En esta fase el pasante presentó las propuestas de mejoramiento de las actividades o afectaciones identificadas previamente en la fase de reconocimiento.

- Además del reporte de mantenimiento utilizado por SERVICOLOMBIA ING SAS para el control de las actividades desarrolladas en cada una de las edificaciones el pasante propuso el diseño e implementación de un formato de control de mantenimientos y reparaciones de los sistemas de distribución de agua potable de aquellas edificaciones que tienen contrato con la empresa, en el cual se busca tener registro de la información de los equipos y las características de su funcionamiento, además de registrar la fecha de los mantenimientos realizados junto con las respectivas observaciones y/o recomendaciones. Este formato debe encontrarse siempre en el cuarto dispuesto para los equipos hidroneumáticos con el fin de tener siempre acceso a dicha información y conocer la frecuencia con la que se desarrollan dichas actividades.

- Otra de las propuestas presentadas por el pasante fue la de la realización e implementación de un cronograma para las actividades de cambio total o parcial de las tuberías y accesorios de los sistemas de distribución de agua potable en el cual se sugieren los tiempos de desarrollo necesarios para cada una de las etapas del proyecto, esto con el fin de orientar tanto al equipo de trabajo como al cliente sobre cada una de las etapas y sus tiempos de elaboración precisando así los tiempos requeridos y las fechas estimadas de entrega de las actividades a realizar.

- En cuanto a las afectaciones identificadas en las visitas realizadas en la fase de reconocimiento el pasante sugirió realizar la debida intervención a los sistemas en donde se consideró necesario gracias a las afectaciones encontradas.

Una de las intervenciones sugeridas fue considerada entre la gerencia de la empresa SERVICOLOMBIA ING SAS y la administración del edificio residencial Nogal 77, en donde se pudo evidenciar un avanzado estado de deterioro de la tubería de impulsión y algunos de sus componentes en donde se encontraron casos críticos de corrosión lo cual como se mencionó anteriormente puede provocar la obstrucción del flujo y la contaminación el fluido suministrado debido a la composición de dichos elementos, en consecuencia se sugirió realizar el cambio total de la tubería antes mencionada y los accesorios visualmente afectados.

- Por otro lado en el edificio de apartamentos Altos de Belmonte I se pudo evidenciar que al igual que en el caso anterior la tubería no presenta las condiciones apropiadas para la distribución de agua potable debido a la presencia de óxido y corrosión en la línea de distribución principal además de presentar perforaciones, con lo cual se puede deducir que su estructura interna presenta deterioro, motivo por el cual el pasante sugirió realizar el respectivo cambio con el fin de mejorar principalmente las condiciones de distribución en términos de cantidad y calidad del fluido suministrado.

- Otro de los edificios en donde se pudo evidenciar deterioro y afectación en el sistema de tuberías fue en el edificio Nipón Center, en donde se encontraron afectaciones relacionadas nuevamente con perforaciones y la corrosión de los elementos metálicos del sistema de distribución de agua potable, específicamente en las tuberías de impulsión por lo cual se presentó la propuesta de realizar el mantenimiento correctivo de dichos ductos con el propósito de mejorar las condiciones de distribución de agua potable.

- En otra visita realizada como parte del mantenimiento preventivo mensual al sistema de distribución de agua potable asistido por bombeo del edificio residencial



Akasha 106, se pudo evidenciar la pérdida de la capa de material impermeabilizante de las paredes del tanque de almacenamiento de agua potable, con lo cual el pasante presentó a la administración del edificio la propuesta de mejoramiento basada en la impermeabilización de dicho tanque en busca de mejorar las condiciones de almacenamiento conservando de manera apropiada la calidad del agua captada y suministrada.

- Otra de las problemáticas observadas en la etapa de identificación se relaciona con la ausencia de un frecuente lavado de los tanques de almacenamiento del agua potable suministrada por el acueducto y almacenada para su posterior distribución entre los habitantes de las edificaciones, dicha afectación fue encontrada en edificios como Reserva la Colina en donde como se mencionó anteriormente fue evidente la falta de un apropiado lavado y su respectiva desinfección, además se encontró que la capa de impermeabilizante presenta deterioro, se sugirió a la administración del edificio realizar la debida intervención pero debió posponerse por factores externos.

***Desarrollo de las actividades propuestas:***


Como se propuso en la metodología la última de las etapas a desarrollar es la de la implementación o desarrollo de las propuestas realizadas por el pasante a la gerencia de la empresa y a las respectivas administraciones de los edificios en donde se evidenciaron falencias o afectaciones en los sistemas de distribución o almacenamiento del agua potable.

- *Formato de control de mantenimientos y reparaciones de los sistemas de distribución de agua potable.*

Dicho formato fue diseñado e implementado en los edificios con los que se tiene activo un contrato de mantenimiento preventivo, en este se debe registrar la información de los equipos existentes en cada uno de los cuartos de máquinas como la marca, el modelo y la serie de cada uno con el fin de una rápida identificación, además de datos técnicos como el número de líneas activas (fases), la tensión o voltaje de operación, la intensidad de la corriente eléctrica medida en amperios y la presión de operación del sistema registrada en PSI.

### Figura 5.

*Formato de control de mantenimientos y reparaciones de los sistemas de distribución de agua potable.*

CONTROL DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES					SERVICIO ELÉCTRICO (SUI S.A.) NIT:900739819-5 TEL:3142837260				
CLIENTE:									
# DE EQUIPO	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE	# FASES	VOLTAJE	AMPERAJE	PRESIÓN DE OPERACIÓN	FUNCIÓN
FECHA DE MANTENIMIENTO		CONCEPTO MANTENIMIENTO			TÉCNICO			NUMERO DE REPORTE	
OBSERVACIONES:									
FECHA DE MANTENIMIENTO		CONCEPTO MANTENIMIENTO			TÉCNICO			NUMERO DE REPORTE	
OBSERVACIONES:									

Fuente: Elaboración propia.

- *Cronograma para las actividades de cambio total de las tuberías y accesorios de los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo.*

El cronograma sugerido para este tipo de actividad fue diseñado y elaborado por el pasante teniendo en consideración los tiempos empleados para cada una de las actividades registradas de acuerdo con lo experimentado en proyectos anteriores y diseñado para ser implementado en los próximos proyectos.

**Figura 6.**

*Cronograma para las actividades de cambio total de las tuberías y accesorios de los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo.*

CRONOGRAMA PARA CAMBIOS DE TUBERÍA											
ACTIVIDAD	DÍA										
	1	2	AP	AP+1	AP+2	AP+3	AP+4	AP+5	AP+6	AP+7	AP+8
Graficación del sistema	■										
Despiece de los elementos	■										
Realizar listado de material requerido	■										
Solicitar la cotización del material requerido		■									
Realizar la cotización del proyecto		■									
Presentar cotización del proyecto		■									
Aprobación de la propuesta			■								
Fabricación y pre alistamiento del material				■	■	■					
Recepción y revisión del material							■				
Pre armado								■			
Instalación									■		
Revisión y ajustes										■	
Aplicación de pintura											■
Entrega final											■

\*AP: Aprobación de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

- *Cambio total de la tubería de impulsión y los accesorios visualmente afectados del edificio Nogal 77.*

Luego de ser aprobada la propuesta del cambio de la tubería por las evidentes afectaciones encontradas se procedió a realizar la debida intervención dando como resultado el reemplazo total de la tubería de impulsión del sistema de distribución de agua potable asistido por bombeo, la evidencia de dichas afectaciones y del proceso realizado se pueden observar en las siguientes imágenes.

**Figura 7.**

*Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nogal 77 afectada por la corrosión.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8.**

*Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nogal 77 afectada por la corrosión, previo a la sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 9.**

*Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nogal 77 afectada por la corrosión, en proceso de sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 10.**

*Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nogal 77 posterior a la sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

- *Cambio total de la tubería de impulsión y los accesorios visualmente afectados del edificio Altos de Belmonte I.*

Para el caso específico del edificio Altos de Belmonte I en donde se presentaban afectaciones relacionadas con fugas provocadas por perforaciones gracias a un estado crítico de corrosión e incrustaciones fue necesario intervenir una sección de la tubería en la cual se presentaban perforaciones y evidentes casos de corrosión.

En las siguientes imágenes podemos observar su estado previo y posterior a la intervención.

**Figura 11.**

*Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I, previo a la sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 12.**

*Flauta del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I afectada por la corrosión.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 13.**

*Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I afectada por la corrosión.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 14.**

*Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I, en proceso de sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 15.**

*Flauta del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I afectada por incrustaciones.*



Fuente: Elaboración propia



**Figura 16.**

*Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I en proceso de sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 17.**

*Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I posterior a la sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

- *Cambio total de la tubería de impulsión y los accesorios visualmente afectados del edificio Nipón Center.*

En las figuras de la 18 a la 22 se presentan las evidencias del cambio total de la tubería de impulsión y los accesorios en los que previamente se identificaron afectaciones relacionadas con la corrosión e incrustaciones del edificio de oficinas Nipón Center.

**Figura 18.**

*Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center previo a la sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 19.**

*Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center afectada por la corrosión.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 20.**

*Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center en proceso de sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 21.**

*Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center en proceso de sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 22.**

*Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center posterior a la sustitución.*



Fuente: Elaboración propia

- *Impermeabilización tanque de almacenamiento de agua potable en el edificio*

### *Akasha 106*

La propuesta de realizar el proceso de impermeabilización del tanque de almacenamiento de agua potable fue presentada por el pasante a la administración del edificio quienes se encargaron de evaluar y aprobar la realización de dichas actividades, en las siguientes imágenes podemos observar el estado en el que se encontraba y el resultado final después de realizada la intervención.

### **Figura 23.**

*Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 con afectación en la capa de impermeabilizante.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 24.**

*Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 con afectación en la capa de impermeabilizante.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 25.**

*Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 con afectación en la capa de impermeabilizante.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 26.**

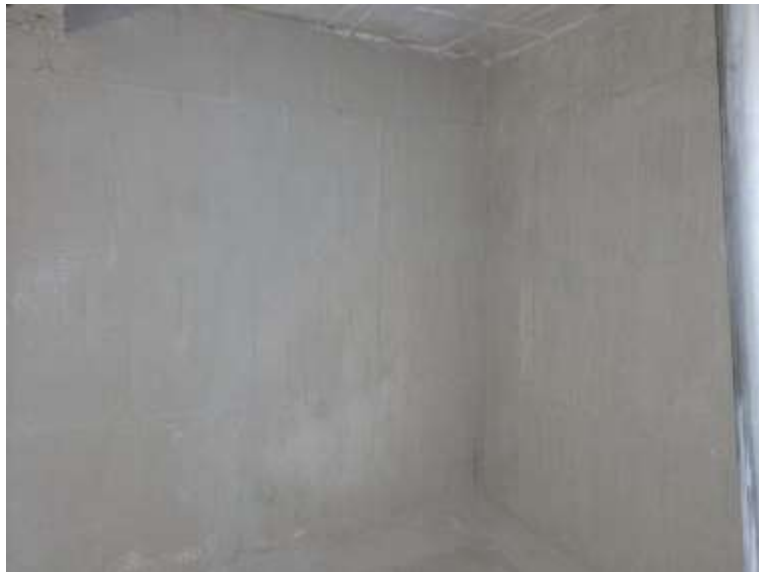
*Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 con afectación en la capa de impermeabilizante.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 27.**

*Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 posterior al proceso de impermeabilización.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 28.**

*Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 posterior al proceso de impermeabilización.*



Fuente: Elaboración propia

- *Lavado y desinfección del tanque de almacenamiento de agua potable en el edificio Reserva la Colina.*

Como se expuso en el apartado anterior, la falta de un apropiado y oportuno lavado y respectiva desinfección de los tanques de almacenamiento de agua potable es una de las falencias que se presentan frecuentemente en este tipo de sistemas de distribución, razón por la cual, luego de ser identificada e informada la afectación se procedió a realizar el debido lavado.



**Figura 29.**

*Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Reserva de la Colina previo al proceso de lavado.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 30.**

*Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Reserva de la Colina posterior al proceso de lavado.*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 31.**

*Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Reserva de la Colina posterior al proceso de lavado.*



Fuente: Elaboración propia

## 8. Conclusiones

En este proyecto se realizó el apoyo y monitoreo en procesos de mejoramiento y mantenimiento de las redes de abastecimiento de agua potable en edificaciones realizados por SERVICOLOMBIA ING SAS., en calidad de pasante de ingeniería civil y con una duración de 4 meses, la cual se basó en el acompañamiento y supervisión de las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo con el fin de identificar las afectaciones que se presentan con mayor regularidad en los sistemas de distribución de agua potable en edificaciones, a continuación se presentan las principales conclusiones obtenidas.

- Se realizó el debido apoyo y acompañamiento de las actividades de mejoramiento y mantenimiento de las redes de distribución de agua potable tal y como se planteó en la metodología, ofreciendo un apoyo técnico en el desarrollo de las actividades, siempre en busca de dar cumplimiento a los objetivos planteados.
- En el transcurso de la pasantía fue posible identificar los sistemas de abastecimiento de agua potable que presentaban algún tipo de anomalía que pudiese afectar la apropiada distribución y se les informó a las personas encargadas acerca de la necesidad de intervenir según sea el caso, como el reemplazo de tuberías o accesorios, lavado y/o impermeabilización de los tanques de almacenamiento de agua potable. En aquellos casos en los que fue aprobada la propuesta se realizó la debida intervención en pro del mejoramiento del suministro del agua potable.
- Se realizó la reparación y sustitución de elementos propios de los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo en edificaciones con evidentes síntomas de deterioro o afectaciones que podrían ocasionar algún percance.

- De acuerdo con los resultados obtenidos es posible concluir que la mayor parte de las afectaciones presentadas en los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo se pueden prevenir o combatir si se tiene en consideración los materiales de los elementos que lo componen y si se realiza un adecuado y oportuno mantenimiento preventivo de los componentes del sistema.
- La experiencia obtenida en la realización de esta pasantía aportó elementos muy importantes para la evolución del estudiante como la introducción al campo laboral, complementando y poniendo en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación académica.

## 9. Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa realizar campañas de capacitación técnica del personal en las distintas áreas del conocimiento que tienen protagonismo en los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo, ya que a pesar de que con la inducción impartida por parte de la empresa se ofrecen conceptos y estrategias clave para el desarrollo de las actividades o la solución de posibles contratiempos los campos del saber que intervienen en este tipo de sistemas son bastante amplios, con esto lo que se busca es optimizar y ampliar el catálogo de los servicios ofrecidos además de contribuir al crecimiento de la empresa.
- Se le sugiere a la empresa realizar campañas de difusión y concientización a los administradores y residentes de las edificaciones, con el fin de dar a conocer los cuidados que se deben tener en cuenta en los sistemas de distribución de agua potable y la importancia de realizar un apropiado mantenimiento preventivo considerando las recomendaciones dadas por el personal encargado de realizar dichos mantenimientos.
- Se recomienda a los administradores coordinar inspecciones periódicas a los sistemas de abastecimiento de agua potable y los elementos que lo componen como tuberías, accesorios, tanques de almacenamiento entre otros con el fin de verificar el correcto funcionamiento y evitar posibles irregularidades que puedan recaer en afectaciones de mayor envergadura.
- Se aconseja a la empresa seguir ofertando vacantes para pasantes académicos ya que se puede considerar una oportunidad única para la inserción de estos al campo

laboral además de proporcionar la oportunidad de aplicar y fortalecer los conceptos técnicos adquiridos durante la formación académica, y de esta manera ofrecer a la empresa personal con capacidades para la solución de problemas.

- Sugerir a los administradores de las edificaciones realizar un apropiado seguimiento al registro y control de las actividades e intervenciones realizadas a los equipos o sistema en general y atender las observaciones notificadas por el personal encargado para garantizar siempre un servicio de distribución de agua potable inocuo.

## 10. Referencias Bibliográficas

- Collado Luis, Santiago. (2008). *Prevención de Riesgos Laborales: Principios y Marco Normativo*. Revista de Dirección y Administración de Empresas. Numero 15. Recuperado de la web el 10 de Septiembre de 2022, de [05.indd \(ehu.es\)](#)
- De Sousa, C., Correia, A. y Colmenares, M. (2010). *Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control*. Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 50(2), 187-196. Recuperado de la web el 10 de abril de 2021, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482010000200003](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482010000200003)
- González Fernández, J. A. (1984). *Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión*. Consejo superior de investigaciones científicas. Recuperado de la web el 11 de abril de 2021, de <https://pdfcoffee.com/teoria-y-practica-de-la-lucha-contra-la-corrosion-b-3-pdf-free.html>
- Ideaspropias Editorial. (2006) *Gestión de proyectos. Elementos básicos a tener en cuenta como punto de partida para realizar efizcamente su Proyecto*. Primera Edicion, Recuperado de la web el 10 de Septiembre de 2022, de [Gestión de proyectos: Elementos básicos a tener en cuenta como punto de ... - Lorena Casal Otero - Google Libros](#)
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2017). *Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, Norma Técnica Colombiana - NTC 1500*. Recuperado de la web el 19 de octubre de 2022, de [https://www.academia.edu/43438063/NTC\\_1500\\_codigo\\_de\\_fontaneria\\_colombiano](https://www.academia.edu/43438063/NTC_1500_codigo_de_fontaneria_colombiano)

Li, M., Liu, Z., Chen, Y. & Hai, Y. (2016). *Characteristics of iron corrosion scales and water quality variations drinking water distribution systems of different pipe materials*. Water research, 106(1), 593-603, Recuperado de la web el 11 de abril de 2021, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135416307977?via%3Dihub#ack0010>

Li, M., Wang, y., Liu, Z., Sha, Y., Korshin, G. V. & Chen, Y. (2020). *Metal-relase potential from iron corrosion scales under stagnant and active flow, and varying water quality conditions*. Water research, 175(1), 1-12, Recuperado de la web el 11 de abril de 2021, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135420302116>

Medina V., Luis F., Zea A., Luis A. (2008). *Determinación de los parámetros físico-químicos que favorecen la formación de incrustaciones en superficies de hierro, simulando el comportamiento de aguas de producción*. [Tesis]. Universidad Central de Venezuela. Recuperado de la web el 11 de abril de 2021 de <http://saber.ucv.ve/handle/10872/16515>

Ministerio de la protección social. (2007). *Decreto 1575 de 2007*. Recuperado de la web el 01 de octubre de 2022, de [https://oab.ambientebogota.gov.co/?post\\_type=d1m\\_download&p=3774](https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=d1m_download&p=3774)

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2017). *Resolución 501 de 2017*. Recuperado de la web el 01 de marzo de 2021, de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70805&dt=S>



Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2018). *Resolución 0115 de 2018*. Recuperado de la web el 22 de septiembre de 2022, de

<https://www.minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0115-2018>

Miranda, Juan José. *Gestión de Proyectos. Identificación – Formulación -Evaluación financiera-Económica-Social-Ambiental*. Cuarta Edición. Recuperado de la web el 10 de Septiembre de 2022, de [CUARTA EDICIÓN GESTIÓN DE PROYECTOS \(wordpress.com\)](#)

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de la web el 01 de marzo de 2021, de

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Organización Mundial de la Salud (OMS). *Guías para la calidad del agua potable*. Recuperado de la web el 10 de abril de 2021, de

[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/)

Shahzad, A., & James, W. (2002). *Loss in Carrying Capacity of Water Mains due to Encrustation and Biofouling, and Application to Walkerton, Ontario*. Journal of Water Management Modeling, Recuperado de la web el 6 de octubre de 2022, de

<https://doi.org/10.14796/JWMM.R208-19>

Solís, Romel G. (2004). *La supervisión de obra*. Universidad autónoma de Yucatán México. Recuperado de la web el 12 de septiembre de 2022, de

<https://www.redalyc.org/pdf/467/46780106.pdf>

Swietlik, J., Raczyk, U., Piszora, P., Nawrocki, J. (2011). *Corrosion in drinking water pipes: The importance of green rusts*. Water research, 46(1), 1-10, Recuperado de la web el 2 de mayo de 2021, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313541100604X>

Terrazas Pastor, Rafael. (2011). *Planificación y programación de operaciones. Conceptos de planificación y programación*. Departamento de Administración, Economía y Finanzas. ISSN- 1994-3733. Número 28. Recuperado de la web el 10 de Septiembre de 2022, de [Maquetación 1 \(scielo.org.bo\)](http://scielo.org.bo)

Thompson, I. (2009). *Tipos de organigramas*. Recuperado de la web el 10 de septiembre de 2022, de <https://www.academia.edu/download/55140673/organigrama.pdf>

Universidad Industrial de Santander. (2009). Proceso de recursos físicos subproceso de mantenimiento físico. *Guía de mantenimiento preventivo red hidrosanitaria*. Resolución N°239. Versión 02. Recuperado de la web el 10 de septiembre de 2022, de <https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/RECURSOS%20FISICOS/GUIAS/GRF.17.pdf>

## 11. Lista de Figuras

Figura 1. <i>Organigrama SERVICOLOMBIA ING SAS</i> .....	15
Figura 2. <i>Elementos a tener en cuenta en la planificación organizativa de proyectos</i> .....	17
Figura 3. <i>Especificaciones y normas técnicas sobre tuberías</i> .....	24
Figura 4. <i>Clasificación según criterios de los fenómenos de corrosión</i> .....	26
Figura 5. <i>Formato de control de mantenimientos y reparaciones de los sistemas de distribución de agua potable</i> .....	34
Figura 6. <i>Cronograma para las actividades de cambio total de las tuberías y accesorios de los sistemas de distribución de agua potable asistidos por bombeo</i> .....	35
Figura 7. <i>Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nogal 77 afectada por la corrosión</i> .....	36
Figura 8. <i>Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nogal 77 afectada por la corrosión, previo a la sustitución</i> .....	36
Figura 9. <i>Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nogal 77 afectada por la corrosión, en proceso de sustitución</i> .....	37
Figura 10. <i>Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nogal 77 posterior a la sustitución</i> .....	37

Figura 11. <i>Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I, previo a la sustitución</i> .....	38
Figura 12. <i>Flauta del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I afectada por la corrosión</i> .....	39
Figura 13. <i>Tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I afectada por la corrosión</i> .....	39
Figura 14. <i>Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I, en proceso de sustitución</i> .....	40
Figura 15. <i>Flauta del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I afectada por incrustaciones</i> .....	40
Figura 16. <i>Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I en proceso de sustitución</i> .....	41
Figura 17. <i>Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Altos de Belmonte I posterior a la sustitución</i> .....	41
Figura 18. <i>Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center previo a la sustitución</i> .....	42
Figura 19. <i>Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center afectada por la corrosión</i> .....	43
Figura 20. <i>Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center en proceso de sustitución</i> .....	43

Figura 21. <i>Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center en proceso de sustitución</i> .....	44
Figura 22. <i>Flauta y tubería de impulsión del sistema hidroneumático del edificio Nipón Center posterior a la sustitución</i> .....	44
Figura 23. <i>Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 con afectación en la capa de impermeabilizante</i> .....	45
Figura 24. <i>Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 con afectación en la capa de impermeabilizante</i> .....	46
Figura 25. <i>Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 con afectación en la capa de impermeabilizante</i> .....	46
Figura 26. <i>Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 con afectación en la capa de impermeabilizante</i> .....	47
Figura 27. <i>Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 posterior al proceso de impermeabilización</i> .....	47
Figura 28. <i>Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Akasha 106 posterior al proceso de impermeabilización</i> .....	48
Figura 29. <i>Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Reserva de la Colina previo al proceso de lavado</i> .....	49
Figura 30. <i>Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Reserva de la Colina posterior al proceso de lavado</i> .....	49

Figura 31. *Tanque de almacenamiento de agua potable del edificio Reserva de la Colina posterior al proceso de lavado* .....50