

ANÁLISIS DE PATOLOGÍA A LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS DE LA
ESTRUCTURA # 3 EN LA CÁRCEL LA PICOTA UBICADA EN LA CIUDAD DE
BOGOTÁ.

DIEGO ALEJANDRO SEGURA FANDIÑO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS, BOGOTÁ
VICERRECTORÍA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
CONSTRUCCIÓN EN ARQUITECTURA E INGENIERÍA

2019

ANÁLISIS DE PATOLOGÍA A LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS DE LA
ESTRUCTURA # 3 EN LA CÁRCEL LA PICOTA UBICADA EN LA CIUDAD DE
BOGOTÁ.

DIEGO ALEJANDRO SEGURA FANDIÑO

PROYECTO DE GRADO

DIRECTOR DE PROYECTO

RODRIGO AVENDAÑO COLMENARES

ARQUITECTO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS, BOGOTÁ
VICERRECTORÍA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
CONSTRUCCIÓN EN ARQUITECTURA E INGENIERÍA

2019

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado con correcciones verificadas en el documento de cumplimiento con los requisitos exigidos por la Universidad Santo Tomas y el Grupo Académico para optar al título de Ingeniero en Construcción en Arquitectura e Ingeniería.

DIRECTOR

Firma del jurado

Firma del jurado

Septiembre 19 de 2019

DEDICATORIA

A mi hijo, por ayudarme, darme fuerzas y enseñarme a ser mejor cada día.

A mi esposa por estar siempre a mi lado.

Y a mi familia por brindarme su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco Dios, por haberme brindado la oportunidad de continuar mi formación profesional a través de la universidad Santo Tomas, así mismo, a los tutores por las orientaciones, comentarios y retroalimentación recibida, en especial al profesor Carlos Alejandro Riveros por su virtud para enseñar. A mis familiares por el apoyo incondicional, el ánimo y la fuerza que me brindaron para no desfallecer en el camino, esto con el fin de seguirme educando, aprendiendo y creciendo como ser humano.

RESUMEN

En el diseño como en la construcción de una obra civil es importante conocer todo su funcionamiento desde los inicios de la obra, pues esto conlleva a que en su utilización sea productiva. La necesidad de utilizar un recurso vital de la mejor manera posible sin ocasionar desperdicio de este como es el caso del agua, el mantenimiento de los sistemas hidrosanitarios como la buena manipulación de estos y capacitación al personal que se encuentre encargado del manejo de equipos hidráulicos para que estos funcionen de la mejor manera posible es una responsabilidad que se debe tomar como profesionales pues de esto y de un mantenimiento adecuado dependerá que los equipos que componen todo el sistema tengan una vida útil más duradera y minimizar costos de reparación en el sistema.

PALABRAS CLAVE:

Fluxómetro, Motobomba, Hidráulicos, Tubería PVC, Hidroflos, Válvulas, Registros, Reguladores de presión, Diafragma, Arrancadores.

ABSTRACT

In the design as in the construction of a civil work it is important to know all its operation from the beginning of the work, because this leads to its use being productive. The need to use a vital resource in the best possible way without causing waste of this as is the case of water, the maintenance of hydro sanitary systems such as the good handling of these and training of personnel that can handle the management of hydraulic equipment to that these work in the best possible way is a responsibility that must be taken as professionals because this and proper maintenance will depend on the equipment that makes up the entire system will have a longer lasting life and minimum repair costs in the system.

KEY WORDS:

Fluxometer, Motor pump, Hydraulic, PVC Pipe, Hydrofoils, Valves, Records, Pressure regulators, Diaphragm, Starters.

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	11
4. MARCO REFERENCIAL	21
4.1 Antecedentes.....	21
4.2. Marco Conceptual.....	23
4.3 Marco Teórico.....	24
5. INVESTIGACIÓN y ANÁLISIS	27
5.1. Instrumentos de Investigación.....	27
5.2. Análisis de datos variables.....	33
5.3. Evidencias de las fallas y patologías detectadas.....	35
5.4. Otros hallazgos.....	37
6. ACCIONES DE MITIGACIÓN Y ELIMINACIÓN DE FALLAS.....	40
6.1 Presupuesto.....	42
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	58
8. RECOMENDACIONES	59
9. BIBLIOGRAFÍA.....	60

LISTA DE TABLA

1.TABLA. VARIABLES PRIMARIAS.....	33
2.TABLA. VARIABLES SECUNDARIAS.	34
3. TABLA. NORMA NTC 1500 DE TUBERÍA.	37
4.TABLA. PRESUPUESTOS DUCTOS EXTERNOS.	42
5. TABLA. PRESUPUESTO CUARTO DE BOMBAS.....	53
6. TABLA. PRESUPUESTO TUBERÍA EXTERNA GUAYANA.	56

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PLANO Y VISUALIZACIÓN ESTRUCTURA # 3.....	18
FIGURA 2. PLANOS DE TUBERÍA HIDRÁULICA Y ACOMETIDAS.....	27
FIGURA 3. TANQUE ALMACENAMIENTO DE AGUA.....	29
FIGURA 4. SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO.....	30
FIGURA 5. CUARTO DE MOTO BOMBAS.....	31
FIGURA 6. DUCTOS VERTICALES INTERIOR Y EXTERIOR.....	32
FIGURA 7. ANCLAJE Y EPOXICO INADECUADO.....	35
FIGURA 8. FALLAS Y RUPTURAS POR PRESIÓN.....	36
FIGURA 9. DUCTOS INTERNOS ÁREAS COMUNALES.....	38
FIGURA 10. INSTALACIÓN ADECUADA DE TUBERÍAS.....	39
FIGURA 11. INSTALACIÓN INADECUADA DE TUBERÍA.....	39
FIGURA 12. VÁLVULAS DE PRESIÓN.....	41

INTRODUCCIÓN.

La arquitectura e ingeniería civil son carreras profesionales que se complementan en lo que edificaciones se refiere aunque son muy diferentes la arquitectura se encarga principalmente del diseño de la obra, la correcta distribución de los espacios y su ejecución, mientras que los ingenieros civiles realizan cálculos y procedimientos afines para garantizar la estabilidad y viabilidad estructural. Lo común es que la labor de arquitecto se vea más valorada por la gente que la del ingeniero civil esto se debe a que la labor del arquitecto es la que se ve tanto en el exterior como en el interior en la distribución de espacios, el arquitecto parte de la nada y diseña espacios que el cliente necesita en los límites de un periodo para hacerlos habitables y funcionales.

Ese profesional que ingenia la manera en que estarán dichos espacios interconectados e interrelacionados, el área que necesitan, su ventilación, confort, asoleamiento, texturas de sus interiores y exteriores, en pocas palabras diseñan el más mínimo detalle para que este espacio funcione para lo que fue planeado.

Para lograr lo anterior necesitara de un conocimiento profundo de las necesidades del propietario, investigación de los materiales que se utilizaran, el costo de los mismos, el clima de la localidad, el entorno urbano y arquitectura de los espacios que le rodean, así como también los códigos y reglamentos de la ciudad, comunidad y fraccionamiento que aplique, deberá conocer los estilos arquitectónicos desde el origen del hombre a los cuales así como los claros o vanos permitidos para evitar el encarecimiento del proyecto calcular la estructura y cimentación del edificio cuando los códigos y reglamentos se lo permitan.

Igual también propondrá los materiales a implementar en cuanto a las instalaciones y propondrá el diseño de interiores, generalmente y dependiendo del tamaño del proyecto recurrida a otros profesionales como ingenieros civiles, constructores, topógrafos,

diseñadores de interiores, soldadores, carpinteros etc. El ingeniero civil se dedica al diseño estructural de los edificios que proyecta el arquitecto y además puede diseñar puentes, carreteras, presas, etc. Estos profesionales se dedican más al diseño de las estructuras y no a su funcionamiento, conocemos las condiciones del terreno antisísmicas, huracanes y proponen refuerzos estructurales adicionales para asegurar la estabilidad del edificio, generalmente se enfocan más en estructuras grandes y pesadas como rascacielos, puentes colgantes con cargas vivas vehiculares y cualquier caso estructural por más complejo que sea.

Algunas de las áreas de la ingeniería civil los puertos y vías navegables caminos, puentes, ferrocarriles, obras hidráulicas, diques, canales, acueductos, obras de infraestructura, túneles, hidrología agrícola y fluvial, maquinas hidráulicas y aprovechamiento hidroeléctrico, ingeniería sanitaria, tratamiento de afluentes cloacas e industriales.

El ingeniero civil se dedica a estudiar detalladamente cada aspecto dentro de una estructura para darle funcionabilidad, economía y ahorro de tiempo, por ejemplo estudia las tuberías de un edificio, el sistema eléctrico, etc. El arquitecto diseña, el ingeniero civil estudia los espacios, el cálculo de estructuras es solo un dieciseisavo de lo que se hace, el ingeniero civil cuenta con una sólida base de conocimientos, valores, habilidades y actitudes para la planeación, diseño, construcción, supervisión, operación y mantenimiento de obras civiles y de infraestructura, con el fin de que puedan desempeñarse de manera efectiva en cualquier ámbito público, privado o de investigación atendiendo con calidad integridad y sustentabilidad las necesidades de la sociedad.

La ingeniería es la ciencia que incorpora conocimientos y aplica experiencias para que mediante diseños, modelos y técnicas se resuelvan problemas que afectan a la humanidad, la ingeniería civil es la rama de la ingeniería que aplica los conocimientos de física, química,

geología y la elaboración de infraestructuras principalmente edificios, obras hidráulicas y de transporte en general de gran tamaño y uso público.

Tiene también un fuerte componente organizativo que logra su aplicación en la administración del ámbito urbano principalmente y con frecuencia en el rural. No solo en lo referente a la construcción sino también en el mantenimiento, control y operación de lo construido, así como en la planificación de la vida de la vida humana en el ambiente de diseño.

Desde la ingeniería civil esto comprende planes de operación organización territorial tales como prevención de desastres, control de tráfico y transporte, manejo de recursos hidráulicos, servicios públicos, tratamiento de basuras y todas aquellas actividades que garanticen el bienestar de la humanidad, que desarrolla su vida sobre las obras civiles construidas y operadas por ingenieros y constructores.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1 Planteamiento del Problema.

Con la operación del establecimiento penitenciario se viene evidenciando en la estructura tres del complejo “La Picota” fugas (Desperdicio) de agua potable por agotamiento de los materiales como: Fisuras en tubería PVC de 6” a 1/2” en ductos internos y externos en los diversos niveles de la estructura dado que cada piso se compone de dos patios subdivididos en dos pisos, cada una con 28 celdas con servicios de sanitario y lavamanos con obturadores temporales o de programación hidráulica.

El suministro de agua se hace por bombeo ya que el tanque principal es subterráneo, debido a esto la posición del tanque y la distribución del agua para toda la estructura no permiten que este suministro sea por gravedad o de repartición directa sino que se haga por bombeo con motobombas bajo presión; las cuales actúan con temporizadores para el suministro casi continuo del agua. Debido a este funcionamiento y a las fugas de agua en la tubería PVC se presentan fallas en el sistema de motobombas trabajando al vacío y haciendo que el sistema de control eléctrico no funcione automáticamente, por el mal funcionamiento del sistema hidráulico y la mala manipulación del personal encargado.

Por el ordenamiento jurídico colombiano ya que por norma constitucional no se puede negar el suministro de agua continuo por ser este un derecho fundamental. De esta forma el diseño debe ser adecuado para el cumplimiento de normas de orden constitucional, requiriendo modificaciones en cuanto a la entrada y salida del suministro de agua al tanque principal y de esta manera poder abastecer de agua a la población de internos de manera ininterrumpida; De esto se desprende que al tener que suministrar más agua en horas más prolongadas se presenten fallas en las tuberías por la alta presión y la poca drenabilidad en las mismas lo que nos lleva a plantear el problema, bajo las siguientes características:

Se realiza una modificación en la tubería principal de entrada al tanque de suministro en el cual se instala una acometida de dos tubos de 6", ya que en el diseño solo se contaba con un ingreso de agua por una tubería de 3". Cabe resaltar que esta no daba abasto para suplir las necesidades del personal.

El diseño se realizó con (4) motobombas (3) de 60 HP y (1) de 40 HP con su respectivo sistema hidroflos las cuales trabajan en serie, pero sus chequeos cortina. Son deficientes y presentan fallas de cierre pues como es lógico al igual por la mala manipulación de las motobombas donde no se purgan o se drenan las tuberías ocurre el conocido cabeceo o golpe de ariete en la tubería lo cual rompe las uniones, codos y otros accesorios.

Igualmente se presenta una fricción alta lo cual en tiempos más prolongados fatigan el interior del tubo haciéndolo perder los recubrimientos internos, lo cual causa fatiga prematura en el material ocurriendo sesgados o deformación del tubo y por consiguiente su ruptura, esto por los cortes para minimizar desperdicios de agua, al prender y apagar las motobombas y cerrar registros las tuberías quedan con una prolongada cantidad de aire y agua sin que se drene esta.

Otros aspectos son la falta de mantenimiento preventivo al sistema de tuberías y anclajes exteriores las uniones y codos, así como los registros de control y a los resortes de los push o temporalizadores del agua, empaques de llaves, detección de goteos y rompimiento de tubos por fatiga en el uso, así como la mala manipulación quedan los usuarios. Ya que algunos usuarios utilizan estas tuberías para esconder elementos prohibidos.

Igualmente el medio ambiente, bajas temperaturas o elevadas temperaturas hacen que se cristalicen las tuberías ocasionando rupturas por fricción o elevadas presiones internas.

1.2 Justificación.

El agua como recurso natural requiere de la mayor protección y racionalización lo que de por sí exige minimizar el gasto innecesario de agua debido a factores que pueden llegarse a mitigar para dar mejor utilización a este recurso vital, también para dar soluciones al personal de internos en cuanto que tengan el suministro de agua todo el día pero que esta sea en las condiciones adecuadas teniendo unos sistemas hidráulicos eficientes. La protección del consumo, la racionalización del uso y el cuidado real de las cantidades obliga al mantenimiento de los sistemas hídricos y la tubería para así poder minimizar gastos de mantenimiento y aumentar su durabilidad, así mismo Dar soluciones inmediatas en cuanto a la rotura de tubería por presiones del agua o por acumulación de aire por los cortes que se deben hacer por las pérdidas de agua que en estos momentos se presentan en la estructura.

Como también el observar en qué estado se encuentra la tubería de la estructura en los diferentes patios, mantenimiento periódico que se le debe hacer a las motobombas y visualizar en qué estado se encuentra el tanque de almacenamiento de agua, de la misma manera se debe prever si este tanque requiere algún tipo de mantenimiento. La investigación se centra en la solución de las fugas de agua por las tuberías defectuosas por el agotamiento del material o por encontrarse está a la intemperie como también el solucionar las fugas por los sistemas hidrosanitarios de cada pabellón y celdas.

1.3 Formulación del Problema.

¿Qué acciones se deben desplegar para mitigar los efectos nocivos identificados en la red de tuberías de la estructura tres del complejo carcelario “la Picota”?

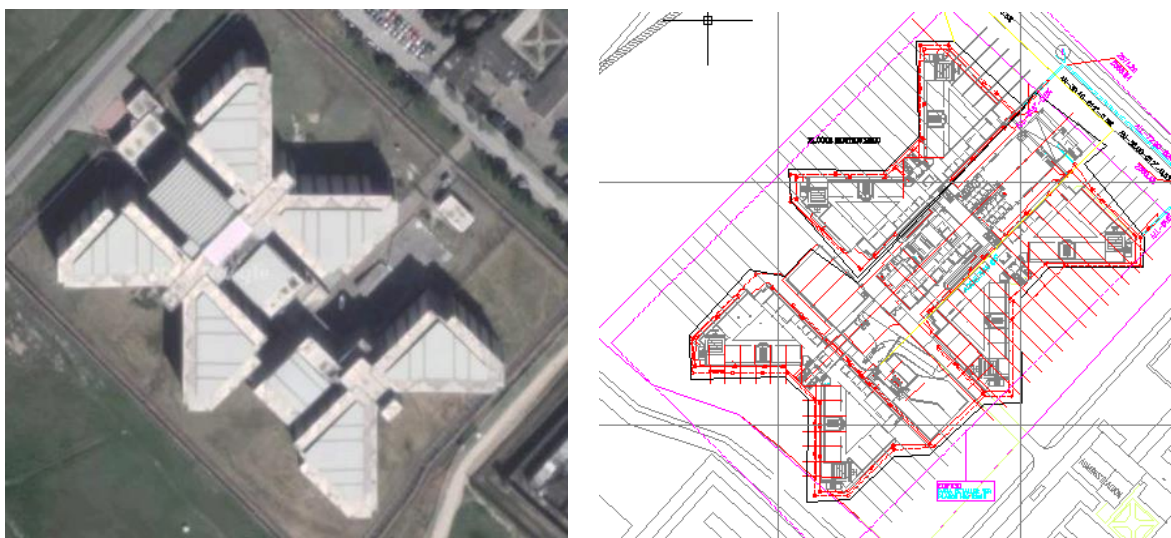
2. MÉTODO Y CARACTERIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Desarrollo del proceso investigativo.

En el desarrollo del proceso investigativo se empieza por la realización de acciones que nos enfocan al observar que se debe tener un mejoramiento de vías de suministro del agua a la población reclusa teniendo presente los sistemas que se usan en lo hidráulico, observando por qué este suministro no es continuo, se da por lapsos durante el día lo que lleva a un manejo no adecuado de los sistemas de bombeo.

Se recopila toda la información que se cree que es la más adecuada o la que se necesita para poder plasmarla en la investigación y que esta tenga una solución razonable para poder lograr que la investigación puede proyectarse y ejecutarse para dar soluciones que sirvan de beneficio para la población que necesita de una u otra forma se solucione su problemática para una mejor convivencia. Resaltando también que con la proyección de la investigación se minimizaran gastos de mantenimiento, como proteger un recurso ambiental de primera necesidad como lo es **EL AGUA**.

Figura 1. Plano y visualización estructura # 3.



Fuente: Imagen tomada de google max, plano tomado de archivo INPEC.

La estructura a intervenir cuenta con un tanque de almacenamiento de agua de aproximadamente de dos millones de litros, un cuarto de motobombas, (8) torres las cuales cada una cuenta con 15 ductos de aproximadamente 30 mts de altura por donde sube la tubería de suministro de agua potable, tuberías de aguas servidas y 945 metros lineales de tubería subterránea de 12", 6" y 4".

La necesidad de mejoramiento se da principalmente por el deterioro que se evidencia en la tubería, en el tanque de almacenamiento, el sistema hidráulico de las motobombas y el control eléctrico del mismo.

Cabe resaltar que el funcionamiento de estos sistemas es relativamente nuevo puesto que la edificación solo lleva en servicio 8 años. Es necesario la pronta intervención a cada uno de estos sistemas pues se corre el riesgo de dejar de suministrar el agua potable a la población carcelaria.

2. Formulación de Hipótesis.

- La combinación de pegas en tubería genera problemas en el manejo de presiones pues este sistema maneja pegas soldadas, uniones mecánicas y roscadas.
- El cambio abrupto de secciones en tramos muy cortos produce problemas de fisuras en las tuberías.
- Las tuberías de PVC producen roturas por presión.
- Las vibraciones en los sistemas de conducción contribuyen al despegue o ruptura en las tuberías ya que su anclaje está mal diseñado.
- En el diseño al dejar la tubería a la intemperie sin un recubrimiento epoxico adecuado esta procede a cristalizarse.
- Falta de bypass el cual nos serviría para la regulación de la presión y el caudal o también para dejar por fuera de servicio un tramo si se llegara a presentar algún daño.
- Muchos tramos de tubería utilizada en la ejecución de la obra no cumplen la norma ICONTEC NTC 1500.
- La falta de mantenimiento al sistema hidráulico de las motobombas y el sistema de control eléctrico hacen que se eleve la presión en la tubería.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General.

- Analizar las causas de las lesiones físicas, químicas y mecánicas que se presentan en las instalaciones hidráulicas de la Cárcel la Picota localizada en la ciudad de Bogotá.

3.2 Objetivos Específicos.

- Documentar el estado del arte propio de sistemas hidráulicos en edificaciones de más de 4 pisos.
- Recopilar información histórica y específica de patologías encontradas en sistemas hidráulicos.
- Efectuar una inspección a los sistemas hidráulicos de la edificación para evaluar su desempeño.
- Observar los procesos patológicos de la tubería y establecer mecanismos de seguimiento.
- Formular un plan de mantenimiento que mitigue las deficiencias detectadas.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Antecedentes.

La tubería en una edificación es un tema de interés para la construcción e ingeniería en cada una de las etapas de los procesos constructivos, e incluso como tema de estudio para la evolución de nuevas tecnologías y desarrollos de interés en la materia, de ahí que se encuentren disponibles documentos relacionados con el problema detectado y que merecen ser tomados en consideración como antecedentes previos:

Estudio técnico sobre la rotura de tubos de presión de PVC: En este trabajo se aborda el estudio de los desperfectos ocasionados en tubería de presión de PVC. En estas tuberías son relativamente frecuentes los desperfectos y fallos que suelen originarse en las mismas. Así como los graves problemas que de los mismos se pueden derivar. En ocasiones estos fallos están ocasionados por una incorrecta manipulación o puesta en obra, y otras veces son debido a producidos en el proceso de conformación del tubo. En esta investigación se realiza un estudio técnico sobre la rotura de una tubería de presión de pvc utilizada para canalización de agua potable tras su puesta en servicio, y estando en todo momento sometidas a unas condiciones de presión y temperatura que no sobrepasan las nominales de trabajo. El estudio del origen de los defectos a través de un correcto procedimiento de análisis de fallos, puede conducir al esclarecimiento de las causas que originan la rotura. Este estudio técnico se llevó a cabo en base a la solicitud de una empresa aseguradora para tratar de esclarecer las causas que originaron la rotura de unas tuberías de presión de PVC utilizadas para la canalización de agua potable en edificios de nueva construcción (ley 38/1999; R. D.1027/2007). La rotura y desperfectos se detectaron en las pruebas preliminares antes de su puesta en servicio, lo que contribuyó a minimizar los costes de reparación ocasionados por tales anomalías. No obstante, los costes finales fueron elevados puesto que se optó por sustituir todas las canalizaciones realizadas con las partidas de tubos defectuosos (Díaz-Parralejo, A.; Sánchez-González, J.; gallego-Núñez, A.; Guiberteau, F. 2009)

Efecto de la presión sobre las fugas de agua en un sistema de tubería simple: Este proyecto de investigación “estudio del efecto de la presión en una red de distribución sobre las fugas de agua, utilizando una red de experimentación en laboratorios” y en él se analizan las relaciones entre las sobrepresión generada por el transigente hidráulico originado por el cierre rápido de una válvula y las fugas inducidas mediante orificios en un sistema experimental de tuberías. El ensayo se concentra en describir las alteraciones en la onda de presión cuando se presentan fugas en un sistema de tuberías simple. Para ello, se analizan los resultados obtenidos en un montaje experimental y se comparan las ondas obtenidas con y sin fuga, en condiciones similares de caudal. Se observó que existe un decaimiento en las presiones máximas en el sistema al comparar las presiones en los sistemas con fuga y sin fuga. Comparando los resultados obtenidos para el ensayo con fugas y sin fugas se observa una mayor atenuación de la onda ante la presencia de fugas. Diferentes autores se han concentrado en estudiar las fugas en sistemas de tuberías. La diferencia entre la cantidad de agua que sale de una planta de tratamiento al sistema de distribución y el agua que es registrada por los sistemas de medición en los usuarios es conocida como pérdidas de agua. El control de dichas pérdidas es parte importante de un programa de uso eficiente del agua, pues ellas pueden constituir un sobre costo importante para las empresas prestadoras del servicio de suministro de agua. (Montoya, Montoya, 2012).

Metodología de análisis estadístico de roturas en redes de distribución de agua: Esta investigación se basa en una metodología de análisis estadístico de rotura de tubería en redes de distribución de agua potable, que analiza la relación entre las roturas y la presión de agua y que propone la implantación de una gestión de presiones que reduzca el número de roturas que se producen en dichas redes. Las redes de distribución de agua se deterioran y una de sus graves consecuencias es la aparición de roturas frecuentes en sus tuberías. Las roturas llevan asociados elevados costes sociales, económicos y medio ambientales y es por ello por lo que las compañías gestoras del agua tratan de reducirlas en la medida de lo posible. Las redes de distribución de agua se pueden dividir en zonas o sectores que faciliten su control y que

pueden ser independientes o aislarse mediante válvulas, como ocurre en las redes de países más desarrollados, o pueden estar intercomunicados hidráulicamente. La implantación de una gestión de presiones suele llevarse a cabo a través de las válvulas reductoras de presión (VPR), que se instalan en las cabeceras de estos sectores y que controlan la presión aguas debajo de la misma (Martínez Codina, Ángela, 2015).

4.2. Marco Conceptual.

Instalaciones hidrosanitarias: es el conjunto de las instalaciones hidráulicas y las instalaciones sanitarias, las cuales tienen por objetivo una mayor conformidad para el residente que en este caso habite el lugar.

Hídricos: los recursos hídricos son el cuerpo de agua que existe en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas, estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida.

Patología de instalaciones hidráulicas: Sucesos de padecimientos que puede sufrir las instalaciones hidráulicas y tubería en una edificación ya sea por sobrepresiones interiores, tracciones y compresiones debido a dilataciones, corrosión e incrustación terrenos o atmosferas agresivas pueden causar corrosión en las instalaciones, estrangulamiento de la sección debido a la precipitación de sales disueltas o errores de cálculo por ejemplo por un mal cálculo del espesor o en la sección de la tubería.

Tuberías PVC: El pvc significa cloruro de polivinilo y es un plástico blanco rígido el cual se usa para la conducción de agua potable en edificaciones e industrias.

Golpe de ariete. Esto se denomina al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado cuando el fluido del caudal es modificado bruscamente. En otras palabras el golpe de ariete se puede presentar en una tubería que conduzca un líquido hasta el tope, cuando se tiene frenado o una aceleración en el flujo.

Sistema automatización: Sistema compuesto por bombas y un tanque el cual adiciona y aumenta la presión del agua con una velocidad constante creando siempre la misma presión dependiendo la cantidad y fuerza que se requieran.

Fluxor. Llave temporizada de cierre automático que al ser abierta es capaz de proporcionar un caudal de agua abundante en un breve periodo de tiempo, que se emplea para sustituir el depósito de descarga en los inodoros y otros aparatos empleados en servicio de uso público.

4.3 Marco Teórico.

Como en casi todos los estudios sobre patología, se inicia con los errores más habituales en el dimensionamiento y diseño de las conducciones, para pasar posteriormente a los casos de patología real más característicos. No siempre los errores se traducen en roturas ni patologías. Por una parte están los coeficientes de seguridad que se emplean en el dimensionamiento de los materiales, los coeficientes de incertidumbre aplicados a las cargas que pueden actuar o la respuesta del terreno que suele ser mejor de lo previsto. Por otro lado están “los milagros”, sucesos (léase hechos, cálculos, dimensionamientos o diseños) tremendos que inexplicablemente no han creado una catástrofe. Algunos errores de dimensionamiento no causan patología porque la inexactitud, el error de planteamiento o las hipótesis de diseño son en exceso del lado de la seguridad. En este caso no suelen considerarse errores sino criterios avalados por la experiencia o extrapolados de ella. En cualquier caso, el resultado es que no crean patología, aunque técnicamente podrían ser optimizarles.

De esta forma se reconocen las siguientes lesiones según Acosta García:

Lesiones formales son aquellas producidas por acciones físicas en los tramos de tuberías. Actualmente, son lesiones menos comunes, dada la previsión en la ejecución de las instalaciones hidrosanitarias, pero son notablemente más graves, dado que las lesiones formales se producen de forma casi inmediata, evitando la posibilidad de reacción. Las lesiones formales más comunes son: Erosión de las tuberías debido a la corriente líquida, Roturas, Golpe de Ariete y Cavitación.

Lesiones sustanciales: son aquellas producidas por acciones químicas de determinadas sustancias en los tramos de tuberías. Son las lesiones más habituales, y probablemente menos predecibles, aunque la solución a las mismas suele ser sencilla. Las lesiones sustanciales más comunes son: Corrosión o Agregación o depósito de interno de materias extrañas.

Lesiones derivadas en otros elementos constructivos: son aquellas que generan las lesiones de las conducciones sobre otros puntos. Son lesiones provocadas por una lesión anterior de la propia tubería. Por ello, para repararla, siempre hay que actuar previamente sobre la patología inicial. Las lesiones derivadas más comunes son: Humedades accidentales y Daños en albañilería.

En el mismo sentido se han desarrollado significativos avances en la identificación de patologías, a continuación se presentan las más relevantes según XXXX:

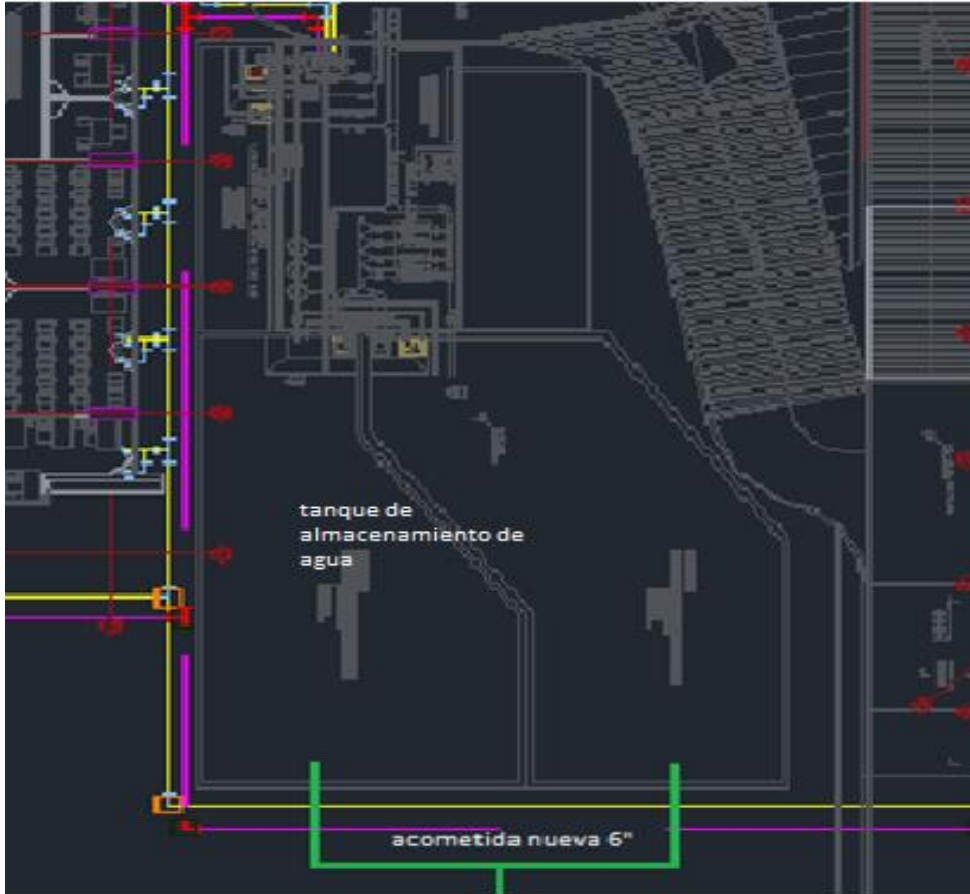
Aire en el interior de las tuberías: Este problema puede ser de diseño o de operación, pero en caso de darse crea unas patologías muy espectaculares con explosiones incluidas. Sabemos que existen 3 funciones específicas de las ventosas: llenado, vaciado y purga de la conducción

en servicio. Pues bien, para evitar problemas con el aire en el interior de la tubería solamente tenemos que ser conscientes de las tres funciones anteriores, recalcando lo siguiente: a) El llenado ha de ser LENTO, a ser posible desde los puntos bajos y con las ventosas operativas. Se han producido roturas en el propio llenado al no estar las ventosas abiertas. b) El vaciado también ha de ser lento pero aún es más importante que, de nuevo, las ventosas estén ABIERTAS. Con desniveles fuertes se han producido colapsos de la tubería por no tener las ventosas abiertas. También con desniveles altos hay que pensar en disponer varios desagües a distintos niveles y preparar un protocolo de vaciado. El peligro en este caso es el causado por la salida de un chorro de agua a gran velocidad. Y c) Para la purga de la instalación, todos sabemos que han de instalarse las ventosas en todos los puntos altos, y por eso no hace falta recalcarlo, sin embargo, es necesario considerar la colocación de ventosas en el trazado a distancias máximas de 300 ó 400 m, aunque el trazado sea claramente pendiente y mucho más si el trazado es plano. En estos dos últimos casos causa estupor y sorpresa la rotura de la tubería, con explosión incluida, el mismo día de la prueba hidráulica.

Esfuerzos ovalizantes: Se trata de una de las patologías más espectaculares. La tubería rígida debe su nombre especialmente a que cuando es cargada es capaz de absorber los esfuerzos sin apenas deformación. Por este motivo la sección se comprueba a esfuerzos axiales y de flexión. Cuando se superan los esfuerzos de diseño se producen las fisuras y roturas.

La patología clásica de tubería flexible: viene motivada casi siempre por errores de dimensionamiento y de diseño, siendo la más común la provocada por colapso, ya sea por depresión interior o bien por carga crítica de pandeo debido a un nivel freático elevado y un relleno flojo.

Patología por deterioro Todas las tuberías tienen sus problemas específicos de durabilidad; afortunadamente, cada vez son menores los problemas asociados a patologías de este tipo, y cada vez son mejores los comportamientos de los materiales, mejores revestimientos, más compacidad de los hormigones, se emplean sistemas de protecciones pasivas y activas, y disminuye claramente el porcentaje de problemas de esta índole.



Fuente: Información del área de mantenimiento del COMEB la picota de Bogotá.

La información recolectada es con el fin de analizar los planos de toda la planta hidráulica de la estructura, identificando cada uno de los elementos de objeto de investigación como los son: Tanques de almacenamiento de agua, cuarto de bombas, tubería subterránea y tubería ductos verticales.

Se analizar como primera medida las acometidas de ingreso a los tanques que se observa en el diseño los tanques, esta contaban con una acometida de 3", la cual era insuficiente para su llenado y posterior distribución, porque no suplía la demanda de consumo. Por esta razón se ejecuta una acometida nueva de 6" para cada tanque, haciendo una mejora en el sistema de bombeo.

De igual forma se verifica el recorrido de la tubería de presión desde el tanque de almacenamiento de agua hasta el pie de cada torre, donde se observa que la tubería de salida es de hierro de 12” hasta el pie de las primeras torres donde se dividen en ramales reducidos a 6”, en los cuales se distribuye al ducto con una Tee de unión mecánica y reducida a 4” hasta donde empieza el ducto vertical. Se realizan pruebas de campo sobre el suministro de agua a nivel de toda la estructura para revisar desde el tanque principal el recorrido, fricción y suministro del líquido, de la siguiente forma:

Figura 3. Tanque Almacenamiento de Agua.



Fuente: Fotografías de elaboración propia de sistema hidráulico.

Se dreno el tanque principal con el objeto de limpiar toda su superficie interna de igual forma sacar los sedimentos de barro y otros que se solidifican cuando el agua se pone en reposo ya que no se bombea hasta que el tanque este lleno, después del drenaje y su respectiva limpieza con compresores a presión 1000m³ por segundo se entra a revisar si hay filtraciones en las paredes del tanque, observando que clase de mantenimiento se debe realizar, ya sea

preventivo y correctivo con el fin de minimizar su deterioro, corrigiendo igualmente las fallas que este viene presentando.

Figura 4. Sistema de Control Eléctrico.



Fuente: Fotografías de elaboración propia de sistema hidráulico.

Se hace trabajo de campo el cuarto del sistema de control eléctrico y se evidencia que presenta mala manipulación ya que el sistema no funciona automáticamente por las siguientes características.

Se presenta desorden en el cableado.

Los arrancadores suaves se encuentran sulfatados.

De los cuatro (4) contactares solo se encuentran en funcionamiento dos (2).

El sistema es puesto en funcionamiento de forma manual.

Figura 5. Cuarto de Moto Bombas.



Fuente: Fotografías de elaboración propia de sistema hidráulico.

Se observa en el sistema en serie de las motobombas y los sistemas de hidroflos mínimas fugas de agua, el no cierre de cheques cortina dejando el ingreso de aire a la tubería, presentan fallas 2 motobombas por falta de mantenimiento, el diafragma o regulador de presión en su manómetro no muestra la respectiva presión, algunos registros no sellan y en un 30 % de la tubería se encuentra con oxido y corrosión.

Figura 6. Ductos Verticales Interior y Exterior.



Fuente: Fotografías de elaboración propia de sistema hidráulico.

Al realizar el recorrido por los ductos verticales evidenciando que estos poseen una altura aproximada de 30 metros, se detalla que por los mismos se encuentra la tubería de agua potable, donde en el pie del ducto sale una Tee de 4" y se distribuyen dos ramales reducidos a 2", como de aguas servidas con una tubería de 4". A demás se observa que la tubería no cuenta con adecuados anclajes, no presenta un recubrimiento epoxico, fugas en accesorios y uniones, sustancias contaminantes, deterioro de la estructura metálica exterior.

Cabe resaltar que la tubería de agua potable que viene de 2" presenta reducción a 1¼", 1", ¾" y ½" y esta es la que más presenta problema por encontrarse a la intemperie.

Igualmente podemos ver que en los ductos la tubería no cuenta con la norma NTC 1500 (Código Colombiano de Fontanería). Ya que esto nos indica que la tubería instalada de agua potable o agua residual verticalmente en ductos de compartimiento debe tener una distancia entre ellas de 20 cm de distancia.

5.2. Análisis de datos variables.

En un primer paso se analiza las variables explicativas que describen los parámetros físicos de los diferentes tramos de tubería. Estas variables son: la edad de las mismas, el material y el diámetro. Puesto que presentan una relación evidente de la ocurrencia de rupturas de tuberías, se denomina este grupo como variables explicativas principales.

1.Tabla. Variables Primarias.

Diámetro	Se toma como variable explicativa el diámetro nominal de la tubería.
Año de instalación	Mediante este parámetro se tiene en cuenta la edad de las tuberías.
Material	Puesto que existe una gran variedad de tipos de tuberías se analiza específicamente la influencia de material constituyente. Se realiza una clasificación de los materiales en la red a analizar.

Fuente: Elaboración Propia.

2.Tabla. Variables Secundarias.

Factores Internos	Se entiende por factores internos aquellos que van ligados a las variables que definen el comportamiento hidráulico dentro de cada una de las tuberías de la red.
Factores ambientales	Dentro de este grupo se incluyen aquellas variables que dependen de las propiedades y características físicas de las tuberías como el entorno en que se encuentran instaladas.

Fuente: Elaboración propia.

Las tuberías son una parte fundamental en el transporte de fluidos; fluidos con funciones de enfriamientos, alimentación, potencia entre otras cosas, sin embargo estas unidades están bajo problemas dinámicos de factor destructivos, los cuales en muchas ocasiones no tuvieron lugar en el análisis de diseño.

La dificultad de entender estos problemas se remonta a frecuencias forzadas excitadoras, capaces de fatigar las tuberías. Estas frecuencias pueden inducir a la tubería en resonancia, excitación de frecuencias naturales impedimento del desplazamiento térmico, vibraciones inducidas por vórtices (VIV) y altas vibraciones en uniones.

Vibro technology se apoya en normas internacionales para validar los análisis, una de las normas aplicadas es “Allowable piping vibration llevels ASME PAPER 76- PET-18” e “ISO 10816-8:2014” la cual determina un rango permisible para vibración de tuberías. Además nos apoyamos en la curva de wohler para el análisis de fatiga y software para el análisis dinámico de esfuerzos en tuberías.

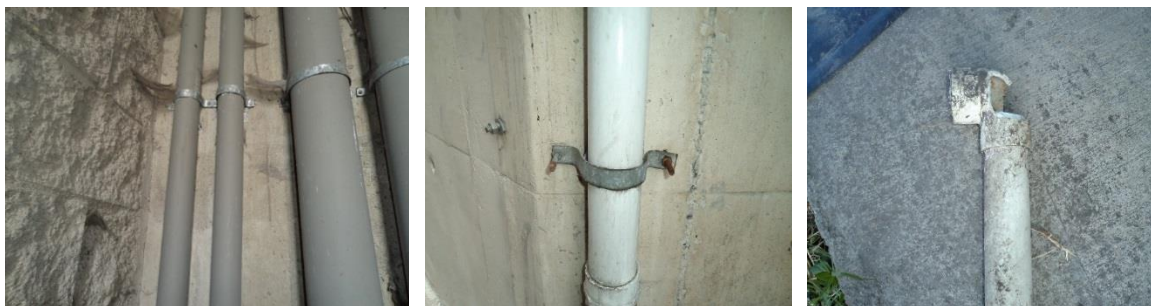
La presión de trabajo, es la máxima presión estática para instalaciones “a gravedad” o dinámica para impulsiones que habrá de soportar la tubería en condiciones normales de trabajo sin tener en cuenta los movimientos transitorios (golpe de ariete).

De los conceptos anteriores surge el concepto de clase de una tubería, como la presión máxima en régimen permanente de servicio (impulsiones), o en condiciones estáticas (instalaciones a gravedad) que el fabricante de la misma garantizara que puede soportar. Obviamente debe cumplirse que la clase debe ser igual o superior a la presión trabajo.

5.3.Evidencias de las fallas y patologías detectadas.

Atendiendo los procedimientos para la investigación y como parte del trabajo de campo realizado, se encontraron una serie de fallas y patologías que se documentan a continuación:

Figura 7. Anclaje y Epoxico inadecuado.



Fuente: Fotografías de elaboración propia de sistema hidráulico.

Se evidencia en las imágenes que la tubería presenta cristalización, malos anclajes, recubriendo no adecuado para poder evitar la cristalización del cuerpo del tubo y tubería sin ningún tipo de recubrimiento epoxico.

Todas las tuberías que estén sujetas a corrosión, erosión o daño mecánico deben ser protegidas (NTC1500).

Figura 8. Fallas y Rupturas por Presión.



Fuente: Fotografías de elaboración propia de sistema hidráulico.

En las imágenes se observa que al realizar pruebas de presión de 100 a 135 psi las tuberías presentan ruptura tanto en los accesorios como en las uniones y cuerpos de la tubería. Evidenciando que la calidad del material es deficiente y no es acorde para el sistema hidráulico, esta presenta en muchos de sus tramos una marca que no se encuentra reconocida como también en sus accesorios (TIGRE). En la figura de la Tee de 4" su resistencia a la presión debería ser mayor y no haber ocasionado ruptura a la presión que está ejerciendo el líquido.

Las vibraciones que se ocasionan en el sistema son por falta de un anclaje adecuado, este debe tener suficiente resistencia para soportar el peso de la tubería y su contenido, además debe estar aislada de material incompatible como lo indica la norma NTC 1500.

De la misma manera los colgadores para la tubería no deben ser menores que los especificados en la siguiente tabla.

3. Tabla. Norma NTC 1500 de Tubería.

Diámetro nominal de tubería		Diámetro de la varilla	
mm	Pulgadas	mm	Pulgadas
13 - 102	1/2 - 4	9,5	3/8
127 - 203	5 - 8	12,7	1/2
254 - 305	10 - 12	15,9	5/8

Fuente: Tomado NTC 1500 (código colombiano de fontanería).

En el diseño como en la ejecución del sistema no se tuvieron presentes estos diámetros de la tubería para realizar los anclajes pues solo se observan que son anclajes de ¼” en la tubería de presión.

5.4. Otros hallazgos.

Se investiga el problema que se presenta en la estructura tres de la cárcel la picota en lo concerniente a la pérdida de agua en el momento del suministro tanto en tuberías por rotura frecuentemente como también en los sistemas hidráulicos que se encuentran en cada pabellón debido al empleo de un sistema no acorde para la edificación por la manipulación a la que se enfrenta, se investiga la forma de trabajo de campo observando durante un periodo prolongado los mayores daños que se causan en el momento del suministro de agua tanto en la parte interna (pabellones, celdas, baños comunitarios), donde se observa el daño en los sistemas hidráulicos los cuales tienen el push los cuales en un numero amplio de celdas y baños no hacen el cierre adecuado causando un desperdicio de agua injustificado.

Figura 9. Ductos Internos Áreas Comunes.



Fuente: Fotografías de elaboración propia de sistema hidráulico.

También se halla en el trabajo de campo por la parte externa de cada pabellón o bloque donde va la tubería anclada a los muros de concreto que esta tubería presenta un deterioro bastante fuerte por estar ubicada en lugares muy expuestos a los agentes ambientales igualmente tubería colgada sin ningún tipo de soporte la cual al recibir la presión del agua inmediatamente se rompe por la fuerza con que esta llega, al no tener un suministro de agua continuo cada vez que las motobombas se apagan y se prenden para el bombeo de agua la tubería hace un retorno de aire que se encuentra con la presión subiendo del agua que hace estallar muchas veces la tubería.

La norma NTC 1500, nos dice que la tubería de suministro de agua debe estar instalada a una distancia mínima de 0.30m a partir del diámetro exterior del tubo, tanto lateral como verticalmente por encima de la tubería de desagüe.

Figura 10. Instalación adecuada de tuberías.

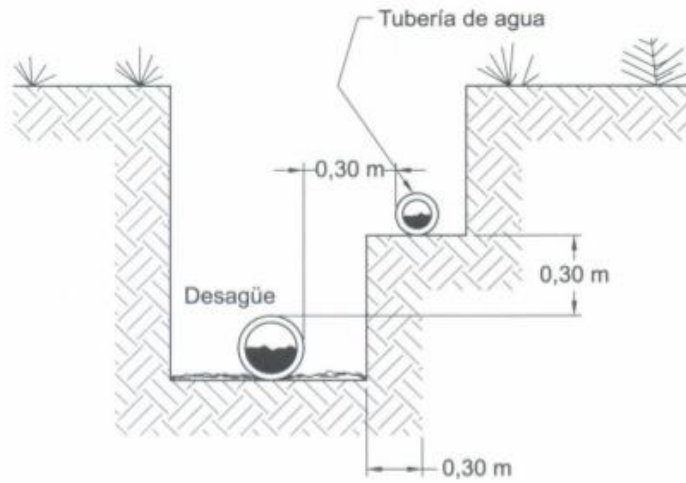
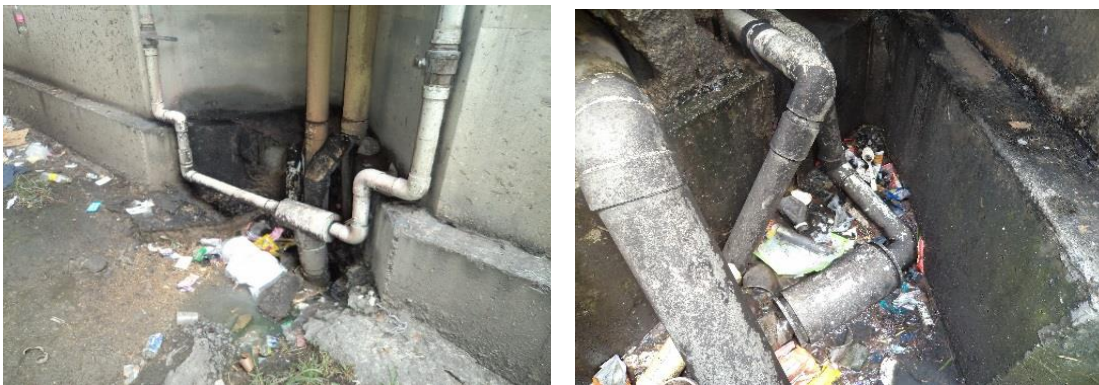


Figura 2. Separación mínima entre la tubería de desagüe y la tubería de suministro de agua

Fuente: Normas NTC 1500 (2004).

Figura 11. Instalación Inadecuada de tubería.



Fuente: Fotografías de elaboración propia de sistema hidráulico.

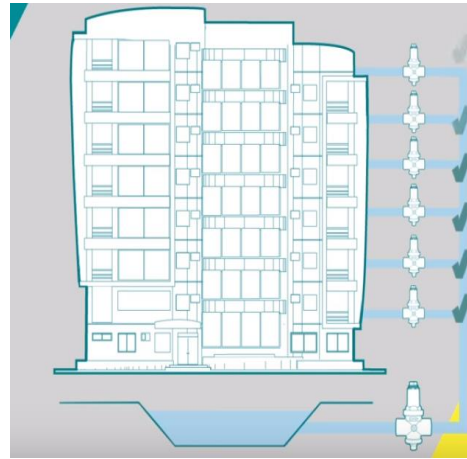
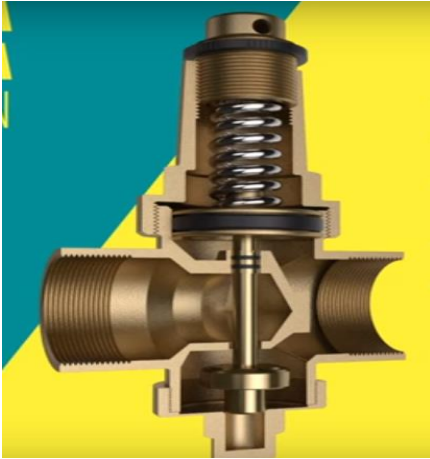
Según lo indicado en la norma NTC 1500 mencionada anteriormente nos damos cuenta que las imágenes expuestas no cumple con la norma, ya que no tiene la separación requerida para tal fin. Como igualmente, la tubería subterránea no se encuentra atracada en concreto y no cuenta con un lecho firme ni protegida contra la corrosión.

6. ACCIONES DE MITIGACIÓN Y ELIMINACIÓN DE FALLAS.

Para mitigar el mal funcionamiento del sistema hidráulico de la estructura N° 3 del COMEB la picota se deben realizar las siguientes acciones:

- Cambio de tubería de presión y aguas servidas.
- Recubrimiento epoxico adecuado a la tubería de los ductos verticales.
- Mantenimiento correctivo en el sistema de motobombas y sistema control eléctrico.
- Sellamiento e impermeabilización del tanque de almacenamiento de agua.
- Capacitación a personal encargado sobre el adecuado funcionamiento del sistema hidráulico.
- Implementar los elementos y materiales adecuados como las válvulas reguladoras de presión en cada piso.

Figura 12. Válvulas de presión.



Fuente: Tomada de www.grival.co.

Las características de estas válvulas es que permiten una entrada máxima hasta 362 psi, su cuerpo y componentes internos son en latón, posee un sistema de compensación de presión que minimiza la variación en la presión de salida, posee presión de salida ajustable y sistema operativo a pistón, esencial para sistemas que trabajan con sistemas de motobombas.

6.1 Presupuesto.

4.Tabla. Presupuestos Ductos Externos.

ESTRUCTURA III					
DUCTOS EXTERNOS ESTRUCTURA III.					
ÍTEM	ACTIVIDAD	UND	V. UNITARIO	CTD. TOTAL	V. TOTAL
1	Sellado de puntos hidráulicos existentes de 1/2" a 1,1/2" en pared o piso, incluyendo la demolición en el área aferente a la salida del punto, el corte de la tubería para garantizar que no sobresalga posterior al sellado, instalación de tapón soldado, reparación de demolición con concreto con gravilla fina f'c=3000, cargue, retiro, disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental.	u	\$ 12.347	172	\$ 2.123.684
2	Demolición manual y retiro de puntos sanitarios existentes de 2" a 4" en pared o piso, incluyendo la demolición de la superficie en el recorrido del punto incluyendo una longitud hasta de 1,50 m, corte de la tubería, instalación de tapón soldado, reparación de demolición con concreto con gravilla fina f'c=3000, cargue, retiro, disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental.	u	\$ 46.790	3780	\$ 176.866.200

3	Retiro manual de tubería potable, sanitaria, y/o de ventilación de diámetros desde 1/2" hasta 2" y que se encuentre bajo tierra o superpuesta sobre esta sin fijación. En caso de encontrarse en buen estado y ser reutilizable se transportará y se almacenará en la bodega que disponga el director del establecimiento para los elementos reutilizables, de lo contrario se realizará cargue, retiro, disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental. NO incluye ningún movimiento de tierras (ni excavaciones, ni rellenos, etc.).	m	\$	2.692	5766,79	\$	15.524.199
4	Retiro manual de tubería potable, sanitaria, y/o de ventilación de diámetros desde 2,1/2" hasta 6" y que se encuentre bajo tierra o superpuesta sobre esta sin fijación. En caso de encontrarse en buen estado y ser reutilizable se transportará y se almacenará en la bodega que disponga el director del establecimiento para los elementos reutilizables, de lo contrario se realizará cargue, retiro, disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental. NO incluye ningún movimiento de tierras (ni excavaciones, ni rellenos, etc.).	m	\$	4.306	1152	\$	4.960.512
5	Desmonte manual de tubería potable, sanitaria, y/o de ventilación de diámetros desde 2,1/2" hasta 4" y que se encuentre descolgada y/o por fuera de muro y/o a la vista. En caso de encontrarse en buen estado y ser reutilizable se transportará y se almacenará en la bodega que disponga el director del establecimiento para los elementos reutilizables, de lo contrario se realizará cargue, retiro, disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental.	m	\$	6.406	8055,08	\$	51.600.842

6	Desmante manual completo de Grifería tipo push para lavamanos de empotrar en muro ejecutado por fachada y en trabajo descolgado en alturas, ejecutando la demolición necesaria, desmante del fluxómetro actual y todas sus piezas. El contratista suministrara además del equipo requerido y normativo el personal técnico certificado para trabajo en alturas superior a 10 m. Incluye embalaje con polietileno de burbuja y recubrimiento final con láminas de cartón corrugado respectivamente amarradas con zuncho, transporte y proceso de almacenamiento hasta la bodega que disponga el director del establecimiento para los elementos reutilizables, limpieza y retiro de escombros menores.	u	\$ 50.712	1144	\$ 58.014.528
7	Desmante manual completo de Grifería válvula de descarga antivandálica alta presión para sanitario, ejecutando la demolición necesaria, desmante del fluxómetro actual y todas sus piezas. Incluye embalaje con polietileno de burbuja y recubrimiento final con láminas de cartón corrugado respectivamente amarradas con zuncho, transporte y proceso de almacenamiento hasta la bodega que disponga el director del establecimiento para los elementos reutilizables, limpieza y retiro de escombros menores.	u	\$ 42.258	238	\$ 10.057.404
8	Suministro, fabricación y montaje de estructura metálica para Cubierta y complementarios. Incluye implementos para trabajos en altura, perfilería, pernos de anclaje, tornillería, soldadura, anticorrosivo, pintura de acabado mezcla especial fabricada y aplicada en taller, relacionados y complementarios (a todo costo). Perfilería según diseño. El precio por kg YA incluye la injerencia de soldaduras y tornillería, por lo que NO deben contemplarse como kg adicional en la sumatoria.	kg	\$ 7.982,00	16620	\$ 132.660.840

9	Tubería PVCP 1/2" RDE 9, instalada en alturas mayores a 10,00 m. Incluye suministro, instalación, uniones codos té y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye regata ni resane, ni accesorios especiales como té dobles, bridas de conexión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios. El contratista suministrara además del equipo requerido y normativo el personal técnico certificado para trabajo en alturas.	m	\$	16.536	1157,31	\$	19.137.278
10	Tubería PVCP 3/4" RDE 11, instalada en alturas mayores a 10,00 m. Incluye suministro, instalación, uniones codos té y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye regata ni resane, ni accesorios especiales como té dobles, bridas de conexión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios. El contratista suministrara además del equipo requerido y normativo el personal técnico certificado para trabajo en alturas.	m	\$	20.158	47,238	\$	952.224
11	Tubería PVCP 1" RDE 13,5, instalada en alturas mayores a 10,00 m. Incluye suministro, regata y resane, instalación, uniones codos té y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye accesorios especiales como té dobles, bridas de conexión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios. El contratista suministrara además del equipo requerido y normativo el personal técnico certificado para trabajo en alturas.	m	\$	24.305	116,28	\$	2.826.185
12	Tubería PVCP 1,1/4" RDE 21, instalada en alturas mayores a 10,00 m. Incluye suministro, instalación, uniones codos té y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye regata ni resane, ni accesorios especiales como té dobles, bridas de conexión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios. El contratista	m	\$	30.382	346,4	\$	10.524.325

	suministrara además del equipo requerido y normativo el personal técnico certificado para trabajo en alturas.				
13	Tubería PVC 1,1/4" RDE 21, instalada subterránea y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye suministro, regata y resane, instalación, uniones codos té y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye accesorios especiales como té dobles, bridas de conexión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios.	m	\$ 25.319	550,88	\$ 13.947.731
14	Tubería PVC 2" RDE 21, instalada en alturas mayores a 10,00 m. Incluye suministro, instalación, uniones codos té y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye regata ni resane, ni accesorios especiales como té dobles, bridas de conexión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios. El contratista suministrara además del equipo requerido y normativo el personal técnico certificado para trabajo en alturas.	m	\$ 30.600	3674,7	\$ 112.445.820
15	Suministro e Instalacion de TEE PVC 4", incluye dos buje soldados 4" a 2" a nivel de piso, no incluye limpieza del lugar de instalacion, ni regatas ni resanes, ni accesorios especiales	u	\$ 176.188	64	\$ 11.276.032
16	Punto AF Lavamanos PVC 1/2", tubular vertical / paral hasta 1,50 m, instalado subterráneo y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye cámara de aire, tubería, accesorios, complementarios, regata y resane. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE	u	\$ 31.762	418	\$ 13.276.516

	EL PRIMER ACCESORIO DE CAMBIO DE DIRECCIÓN HORIZONTAL A VERTICAL.				
17	Punto AF Llave Manguera PVCP 1/2", tubular vertical / paral hasta 1,50 m, instalado subterráneo y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye cámara de aire, tubería, accesorios, complementarios, regata y resane. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE EL PRIMER ACCESORIO DE CAMBIO DE DIRECCIÓN HORIZONTAL A VERTICAL.	u	\$ 31.762	718	\$ 22.805.116
18	Punto AF y control para nuevo sistema de descarga de sanitarios antivandálicos, tubular vertical / paral hasta 1,50 m, instalado en alturas mayores a 10,00 m. Incluye suministro y ejecución, dos (2) universales PVCP ø.=1", cuatro (4) codos 90° PVCP ø.=1", una (1) válvula PVC de soldar 150 psi ø.=1", 2,00m de tubería PVCP RDE 21 ø.=1", dos (2) abrazaderas para anclaje a muro, todo el conjunto según detalle.	u	\$ 116.149	362	\$ 42.045.938
19	Tubería PVCS 3", instalada subterránea y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye suministro, instalación, uniones codos té s yes y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye accesorios especiales como yes dobles, bridas de conexión, juntas de expansión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios.	m	\$ 30.792	2583,5	\$ 79.551.132

20	Tubería PVCS 3", instalada en alturas mayores a 10,00 m. Incluye suministro, regata y resane, instalación, uniones codos tés yes y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye accesorios especiales como yes dobles, bridas de conexión, juntas de expansión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios. El contratista suministrara además del equipo requerido y normativo el personal técnico certificado para trabajo en alturas.	m	\$	33.563	1614,62	\$	54.191.491
21	Tubería PVCS 4", instalada en alturas mayores a 10,00 m. Incluye suministro, regata y resane, instalación, uniones codos tés yes y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye accesorios especiales como yes dobles, bridas de conexión, juntas de expansión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios. El contratista suministrara además del equipo requerido y normativo el personal técnico certificado para trabajo en alturas.	m	\$	45.415	2668	\$	121.167.220
22	Tubería PVCS 6", instalada subterránea y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye suministro, instalación, uniones codos tés yes y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye accesorios especiales como yes dobles, bridas de conexión, juntas de expansión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios.	m	\$	74.557	1087	\$	81.043.459
23	Tubería PVCL 3", instalada subterránea y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye suministro, instalación, uniones codos tés yes y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye accesorios especiales como yes dobles, bridas de conexión, juntas de expansión, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios.	m	\$	29.720	1896,13	\$	56.352.984
24	Suministro e instalación de Junta de expansión 4" para tubería sanitaria.	u	\$	35.291	96	\$	3.387.936

25	Punto San. Lavamanos PVCS 2", instalado subterráneo y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye tubería, accesorios, complementarios, regata y resane. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE EL PRIMER ACCESORIO DE DERIVACIÓN DEL RAMAL COLECTOR HORIZONTAL.	u	\$ 50.808	336	\$ 17.071.488
26	Punto San. Lavaplatos / poceta / vertedero PVCS 2", instalado subterráneo y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye tubería, accesorios, complementarios, regata y resane. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE EL PRIMER ACCESORIO DE DERIVACIÓN DEL RAMAL COLECTOR HORIZONTAL.	u	\$ 50.808	226	\$ 11.482.608
27	Suministro e instalación de Sifon tipo P para lavamanos antivandalico incluye tubería PVCS 2", instalada en alturas menores a 2,00 m, Incluye tubería, accesorios, complementarios, regata y resane.	u	\$ 43.593	882	\$ 38.449.026
28	Suministro e instalación de Punto Sanitario de tanque PVCS 3", instalada en alturas mayores a 10,00 m. Incluye suministro. Incluye tubería, accesorios, complementarios, regata y resane. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE EL PRIMER ACCESORIO DE DERIVACIÓN DEL RAMAL COLECTOR HORIZONTAL.	u	\$ 73.168	828	\$ 60.583.104
29	Suministro e Instalación de Punto Sifón de piso PVCS 2", instalada en alturas mayores a 10,00 m, . Incluye tubería, accesorios, complementarios, regata y resane. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE EL PRIMER ACCESORIO DE DERIVACIÓN DEL RAMAL COLECTOR HORIZONTAL.	u	\$ 75.182	256	\$ 19.246.592
30	Punto San. Sanitario de tanque PVCS 4", instalado subterráneo y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m, instalado subterráneo y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye tubería, accesorios, complementarios, regata y resane. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE EL PRIMER ACCESORIO DE DERIVACIÓN DEL RAMAL COLECTOR HORIZONTAL.	u	\$ 72.513	312	\$ 22.624.056

31	Punto San. Sifón de piso PVCS 3", instalado subterráneo y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m, instalado subterráneo y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye tubería, accesorios, complementarios, regata y resane. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE EL PRIMER ACCESORIO DE DERIVACIÓN DEL RAMAL COLECTOR HORIZONTAL.	u	\$ 55.294	112	\$ 6.192.928
32	Mantenimiento correctivo de puntos de desagüe en material PVCS ø.=3", instalado subterráneo y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m, incluyendo los cambios de la tubería dañada, los accesorios de unión, cambios de dirección, derivaciones, reducciones, y cualquier otro accesorio requerido, cortes necesarios, andamiaje para trabajos en altura, y cualquier otro requerido para su correcto mantenimiento y puesta en funcionamiento. NO incluye abrazaderas, ni pinturas. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE EL PRIMER ACCESORIO DE DERIVACIÓN DEL RAMAL COLECTOR HORIZONTAL.	u	\$ 30.411	14	\$ 425.754
33	Mantenimiento correctivo de puntos de desagüe en material PVCS ø.=4", instalado en alturas mayores a 10,00 m, incluyendo los cambios de la tubería dañada, los accesorios de unión, cambios de dirección, derivaciones, reducciones, y cualquier otro accesorio requerido, cortes necesarios, andamiaje para trabajos en altura, y cualquier otro requerido para su correcto mantenimiento y puesta en funcionamiento. NO incluye abrazaderas, ni pinturas. EL PUNTO ESTA CONTEMPLADO DESDE EL PRIMER ACCESORIO DE DERIVACIÓN DEL RAMAL COLECTOR HORIZONTAL.	u	\$ 43.508	21	\$ 913.668
34	Pase en muro de mampostería de arcilla espesor entre 15 y 20 cm, para paso de tubería de diámetro entre 2" y 4". Incluye apertura y posterior resane con mortero en ambas caras del muro dando acabado a la vista. Incluye cargue, retiro y disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental.	u	\$ 32.299	26	\$ 839.774

35	Abrazadera tipo U 1,1/4" - 2" en lámina galvanizada cal 16 x 1". Incluye suministro e instalación, chazo multiuso roscado y esparrago 3/8", implementos para trabajos en altura.	u	\$ 10.659	1556	\$ 16.585.404
36	Abrazadera tipo U 2,1/2" - 4" en lámina galvanizada cal 16 x 1". Incluye suministro e instalación, chazo multiuso roscado y esparrago 3/8", implementos para trabajos en altura.	u	\$ 13.432	816	\$ 10.960.512
37	Abrazadera tipo U 4,1/2" - 6" en lámina galvanizada cal 16 x 1". Incluye suministro e instalación, chazo multiuso roscado y esparrago 1/4", implementos para trabajos en altura.	u	\$ 20.090	320	\$ 6.428.800
38	Válvula cheque tipo Cortina / horizontal en bronce 2", presión de trabajo 150 PSI, roscas NPT, sello metálico, tipo HICC de HELBERT o equivalente de igual calidad o superior. Incluye suministro, instalación, sellante líquido para las roscas, universal y los dos (2) adaptadores macho laterales en PVCP.	u	\$ 284.427	805	\$ 228.963.735
39	Aseo manual general final contemplando la limpieza con ácido muriático (clorhídrico) para lavar y descurtir tanto muros y pisos en concreto y/o arcilla de las manchas de cemento mortero y otros, protegiendo las carpinterías durante el proceso, retiro de impurezas superficiales de los muros con gratas (cepillos) metálicas y de nylon, lijado (en caso de requerirse), lavando y restregando los pisos, limpiando la ventanería interna y externamente, retirando posibles escombros menores restantes en ductos y otros, enjuague y limpieza final con agua a presión, y cualquier otra actividad necesaria para garantizar la entrega en total limpieza de los sitios trabajados durante la obra. Incluye implementos para trabajos en alturas. El pago por m2 será medido en la planta del área construida e intervenida.	m2	\$ 7.147	9231,3	\$ 65.976.101
40	Aplicación de pintura anticorrosiva alquídica sobre lámina metálica llena cubriendo una sola cara, aplicada en dos (2) capas. Incluye limpieza y preparación de la superficie.	m2	\$ 14.336,00	7680	\$ 110.100.480

41	Esmalte sintético alquídico a base de aceite sobre lámina metálica llena cubriendo una sola cara, con ancho/desarrollo = 10 cm, tres (3) capas aplicadas con pistola, incluye preparación de superficie y diluyente.	m	\$ 9.242,00	51552	\$ 476.443.584
42	Desmante de estructura metalica de fachada por secciones de 2,00x 2,00 mts, cortes con pulidora y trasiego para alturas desde 1,50 hasta 30 mt incluye cargue, retiro y disposicion de escombros a sitio aprobada por la autoridad ambiental o el establecimiento	u	\$ 12.200,00	216	\$ 2.635.200
43	Suministro e instalación de valvula sanitario tipo push con escudo y empaques completos, entrada en 1 1/4", instalada al exterior, en alturas mayores a 10 mt, incluye extensor de sistema tipo push, niples, universales y demas accesorios necesarios para su instalacion.	u	\$ 411.927	246	\$ 101.334.042
44	Trasiego de materiales en forma horizontal, cargue y descargue de material en sitios aprobados para trabajos y retiro de los mismos por autoridades ambientales, incluye lonas de cargue, material de amarre y transposte como carretillas, baldes y demas accesorios para su adecuado transporte de punto de acopio a destino final.	m	\$ 39.000	89	\$ 3.471.000
45	Montaje de estructura metalica de fachada por secciones, asenso a alturas mayores de 1,50mt, hasta 30 mt incluye cargue y anclaje de las mismas.	u	\$ 16.100	156	\$ 2.511.600
				TOTAL	\$ 2.299.979.052

Fuente: Elaboración propia con hoja de calculo Excel.

5. Tabla. Presupuesto Cuarto de Bombas.

ITEM	DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	A - Cantidad	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL
ESTRUCTURA III - CUARTO DE BOMBAS					
1	Demolición manual y retiro de la impermeabilización existente y de su respectivo alistado de superficie (indiferente del espesor y composición). Incluye cargue, retiro, disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental.	m2	1682,5	\$ 7.537,00	\$ 12.681.002,50
2	Sello de junta de construcción en Tanques de reserva de agua con producto adhesivo elastomérico y respectivo imprimante; imprimación con adhesivo epóxico bicomponente, libre de solventes, tipo Sikadur 32 Primer o equivalente de igual calidad o superior; sellado con masilla elástica bicomponente a base de poliuretano, de curado químico, de uso en ambientes en inmersión, de textura tixotrópica (pasta), tipo Sikaflex-2c NS de SIKA (prod.importado) o equivalente de igual calidad o superior. Incluye suministro, preparación y limpieza de las superficies, instalación / aplicación.	m	765,42	\$ 7.824,00	\$ 5.988.646,08
3	Puente de adherencia de concreto fresco a concreto endurecido con producto de adhesión epóxica de alto rendimiento, resistente a la humedad, con adherencia a superficies húmedas, forma barrera de vapor, alta resistencia mecánica, libre de solventes, mezcla resultado de dos componentes, tipo Sikadur-32 Hi-	m2	1682,5	\$ 47.646,00	\$ 80.164.395,00

	Mod LPL de SIKA o equivalente de igual calidad o superior. Incluye preparación de la superficie (limpieza y abusardado en caso de requerirse), suministro y aplicación.				
4	Lavado y desinfección de tanque de reserva de agua potable, de dimensiones entre 250,1 m3 y 500,0 m3. Incluye entrega de certificado del trabajo realizado indicando el procedimiento ejecutado y el producto químico utilizado para la desinfección.	u	1	\$ 317.607,00	\$ 317.607,00
5	Lavado y desinfección de tanque de reserva de agua potable, de dimensiones entre 750,1 m3 y 1000,0 m3. Incluye entrega de certificado del trabajo realizado indicando el procedimiento ejecutado y el producto químico utilizado para la desinfección.	u	2	\$ 619.065,00	\$ 1.238.130,00
6	Mantenimiento de tapa existente de acceso a tanques de almacenamiento, medidas 1,00x1,00 m, fabricadas con tipología de marco y/o contramarco en ángulo y superficie en lámina de acero tipo alfajor, contemplando el tratamiento a la totalidad de los elementos que la componen y cualquier otro elemento metálico relacionado. Incluye la demolición necesaria para el desmonte evitando la contaminación del agua, limpieza y preparación de la superficie, lijado, masillado, reposición de bisagras tipo pistón donde requiera, aplicación de dos (2) capas de anticorrosivo alquídico y acabado final en esmalte sintético alquídico aplicado en tres (3) capas con pistola sobre la totalidad de las caras de los elementos, corte en contorno con pulidora protegiendo el vano dejador por la tapa evitando la contaminación del agua y	u	3	\$ 121.078,00	\$ 363.234,00

	dejando contorno regular para acabado, reinstalación de la tapa, y cinta de resane en mortero quemado en la totalidad del contorno dando un acabado arquitectónico visto a la reparación.				
7	Alistado de superficie con mortero impermeabilizado integralmente para tanque 1:4 h.=4 cm promedio alistado + pendiente.	m2	1682,5	\$ 24.100,00	\$ 40.548.250,00
8	Impermeabilización con sistema de membrana de poliurea pura bicomponente aplicada con pistola pulverizadora de alta presión en caliente, apto para uso en elementos de contención constante de agua, idóneo para estar en contacto con agua potable; primera capa con imprimante epóxico polímero bicomponente, tipo Sikafloor 156 CO de SIKA o equivalente de igual calidad o superior, aplicando 0,3 kg/m2; segunda capa con arenas de cuarzo mejorando la resistencia mecánica, tipo Sikadur 510 Neutro de SIKA o equivalente, aplicando 1,5 kg/m2; tercera capa con poliurea tipo Sikalastic-841 ST de SIKA o equivalente, aplicando varias capas hasta lograr 2,0 mm de espesor final. Incluye suministro y aplicación de todo el sistema, y limpieza de la superficie.	m2	1682,5	\$ 129.823,00	\$ 218.427.197,50
9	Suministro e instalación de equipo de presión potable, compuesto por cuatro electrobombas de 40 HP cada una, tanque hidroacumulador de 500 mlt con membrana, tablero de control alterno automático, variador de velocidad por bomba y accesorios de conexión, flotador eléctrico en tanques, cambio de	u	1	\$ 193.159.412,00	\$ 193.159.412,00

	valvulas de cheque y de paso de tanques a equipo y demas elementos para su adecado funcionamiento.				
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				\$ 552.887.874,08

Fuente: Elaboración propia con hoja de calculo Excel.

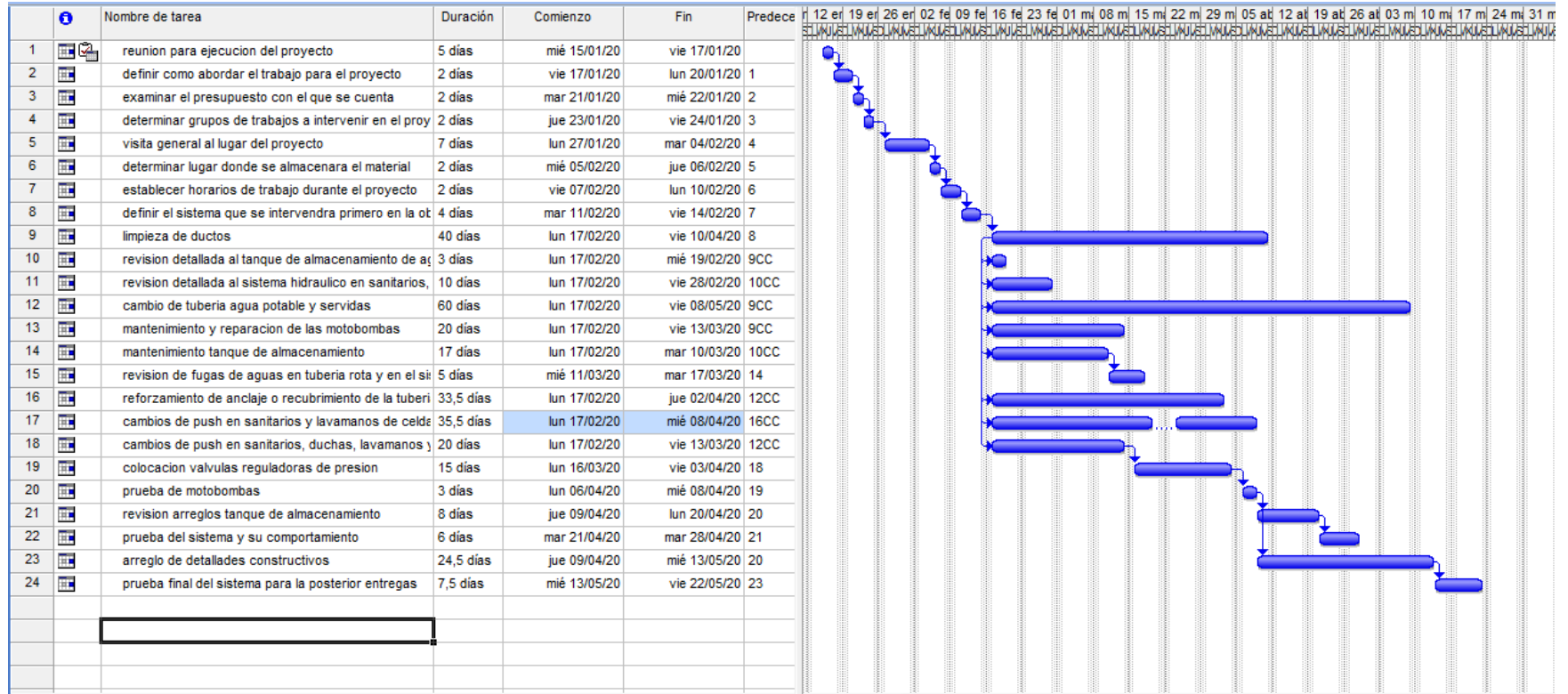
6. Tabla. Presupuesto Tubería Externa Guayana.

ITEM	DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	A - Cantidad	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL
ESTRUCTURA III - TUBERIA EXTERNA GUAYANA					
1	Demolición manual de cimientos en concreto ciclópeo (indiferente de la resistencia y/o proporción). Incluye apuntalamientos técnicos y cualquier otra tarea de soporte provisional según solicitud de carga y comportamiento en sitio, compresores neumáticos, cargue, retiro, disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental. NO incluye excavaciones. El pago por m3 será medido en la figura original demolida, NO en el volumen retirado en la volqueta (el ítem ya incluye porcentaje de expansión).	m3	2,00	\$ 129.310	\$ 258.620,00
2	Descapote manual de capa vegetal h.prom≤30 cm. Incluye cargue, retiro, disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental.	m2	9,24	\$ 19.160	\$ 177.038,40

3	Excavación manual en material común h.<=2,00m. Incluye entibado en ambos costados, cargue, retiro, disposición de escombros a sitio aprobado por la autoridad ambiental.	m3	15,00	\$ 67.480	\$ 1.012.200,00
3	Concreto pobre de limpieza /solado e.= 5 cm f'c=2000 PSI.	m2	23,34	\$ 21.874	\$ 510.539,16
4	Dados en concreto f'c=3000 PSI. Incluye porcentaje de formaletería ordinaria para los sitios donde no se funda contra terreno. NO incluye aceros.	m3	2,05	\$ 542.978	\$ 1.113.104,90
5	Relleno manual con recebo B-200. Incluye extendido, humedecimiento y compactación.	m3	3,00	\$ 92.727	\$ 278.181,00
6	Cunexión Tubería PVCP 8" RDE 21, instalada subterránea y/o a nivel y/o en alturas hasta 10,00 m. Incluye suministro, instalación, uniones, codos, tee, bridas de conexión y demás accesorios para el correcto tendido y funcionamiento de la tubería. NO incluye regata ni resane, ni accesorios especiales como tés dobles, u similares que excedan de manera considerable el costo de los accesorios ordinarios.	m	5,00	\$ 2.089.151	\$ 10.445.755,00
7	Atraque en concreto para tubería de 8". NO incluye hierro	m3	1,50	\$ 617.440	\$ 926.160,00
8	Suministro e instalacion de conexión en tubería en polipropileno de alta densidad 200mm NP10 con tee reducida a160 mm NP10, para conexión a registro de hidrante, incluye uniones por electrofusion y termofusion, bridas, portabridas y niples, todo para su correcta ejecucion.	UN	1,00	\$ 8.302.711	\$ 8.302.711,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 23.024.309,46

Fuente: Elaboración propia con hoja de cálculo Excel.

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.



Fuente: Elaboración propia con software Project 2007.

8. RECOMENDACIONES

Realizar mantenimiento correctivo de forma inmediata al tanque de almacenamiento de agua para evitar daños mayores.

Mantenimiento correctivo del sistema hidráulico del cuarto de motobombas.

Cambio total de la tubería de presión de los ductos verticales y tubería de aguas servidas.

Recubrimiento de la tubería que se encuentra por la parte externa y mantenimiento correctivo a su anclaje.

Concientizar al director del establecimiento para que se realicen los trámites correspondientes para ejecutar los hallazgos encontrados, con esto poder minimizar el desperdicio de agua que se viene presentando a la población.

Implementar el uso de bypass o válvulas de regulación de presión para poder controlar las presiones y los caudales y poder evitar golpe de ariete.

Sustituir el uso de accesorios de unión mecánica utilizando solamente accesorios que sean soldados o roscados.

9. BIBLIOGRAFÍA.

Díaz-Parralejo, A.; Sánchez-González, J.; gallego-Núñez, A.; Guiberteau, F. (2009). XIII congreso internacional de ingeniería de proyectos. Estudio técnico sobre la rotura de tubos de presión pvc. Recuperado el 03 de octubre del 2018 de https://www.aepro.com/files/congresos/2009badajoz/ciip09_0511_0517.2501.pdf.

Montoya, L (mayo 2012) revista ingenierías universidad de Medellín, revista virtual, pag.1. Recuperado el 03 de octubre del 2018 de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v11n20/v11n20a07.pdf>.

Martínez, C, Ángela (2015) metodología de análisis estadístico de roturas en redes de distribución de agua, recuperado el 03 de octubre de 2018.

ICONTEC, (2004) NTC 1500 código colombiano de fontanería, segunda actualización. Recuperado de <https://es.slideshare.net/farnebar70/ntc-1500-cdigo-colombiano-de-fontaneria>.

GRIVAL. (2019) Portafolio de productos. Recuperado el 01 de enero de 2019 de <http://www.grival.com>.

PAVCO. (2018) Portafolio de productos. Recuperado el 20 de marzo de 2019 de <http://www.pavco.com.co>.

GERFOR. (2018) Portafolio de productos. Recuperado el 10 de enero de 2018
<https://www.paginasamarillas.com.co/empresas/pvc-gerfor/bogota-15597964>.