



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Cali

**Mejoramiento de red de acueducto del corregimiento de la Leonera**

**MEJORAMIENTO DE ACUEDUCTO CORREGIMIENTO LA LEONERA, VALLE DEL  
CAUCA**

**JARY VALENTINA GAVIRIA**

**VICTOR MENDOZA CÓRDOBA**

**JUAN DAVID RODRIGUEZ**

**MARFY LICETH RODRIGUEZ**

**LAUREN SILVA GALLO**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA & CIENCIA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CALI, VALLE DEL CAUCA**

**2024**



**MEJORAMIENTO DE RED DE ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO DE LA LEONERA,  
MUNICIPIO DE CALI, VALLE DEL CAUCA**

**JARY VALENTINA GAVIRIA**

**VICTOR MENDOZA CÓRDOBA**

**JUAN DAVID RODRIGUEZ**

**MARFY LICETH RODRIGUEZ**

**LAUREN SILVA GALLO**

**PROPUESTA DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR**

**CESAR CAMILO CAÑÓN BARRIGA**

**INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA JAVERIANA CALI**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CALI, VALLE DEL CAUCA**

**2024**



**CONTENIDO**

Contenido	
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
1	8
1.1	9
2	11
3	13
4	14
4.1	14
4.2	14
5	15
5.1	15
5.1.1	15
5.1.2	15
5.1.3	16
5.1.4	16
5.1.5	17
6	18
6.1	18

6.2	18
6.2.1	19
6.3	19
6.3.1	19
6.3.2	21
6.4	28
7	30
7.1	30
7.1.1	31
<b>7.1.2</b>	32
7.1.3	34
7.1.4	36
7.2	36
8	46
9	48
9.1	52
10	53
10.1	54



10.2	55
10.3	56
10.4	58
10.5	62
10.6	64
10.7	65
10.8	66
10.9	69
11	73
12	81
12.1	81



## **RESUMEN**

El propósito de este documento es presentar la actualización de la red de acueducto en el corregimiento La Leonera de acuerdo a las restricciones que impone la falta de modernización de la red, así como en la corrección de las altas presiones que causan fugas en las tuberías.

Se recopila la información existente desde la ubicación de la bocatoma hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) construida en 2016, incluyendo desarenadores y tanques de almacenamiento hasta la red de distribución. Se hace hincapié en el proceso de tratamiento del agua y en la necesidad de mejorar la distribución a las viviendas.



## **INTRODUCCIÓN**

A pesar de los abundantes recursos hídricos de Colombia, la prestación de servicios de agua potable enfrenta desafíos importantes en algunas partes del país, particularmente en áreas rurales como el corregimiento de La Leonera, ubicado al oeste de la ciudad de Cali. A pesar de contar con una infraestructura de acueducto en funcionamiento, el problema no radica en la escasez de agua, sino en su exceso dentro del sistema. Esto genera altas presiones que comprometen la capacidad del acueducto para satisfacer adecuadamente las necesidades de la población.

En corregimiento La Leonera, los residentes enfrentan una situación compleja que requiere atención inmediata debido a una serie de desafíos interrelacionados que afectan profundamente la vida cotidiana de la comunidad. Existen problemas importantes con la infraestructura de acueducto, trazado de la red y el manejo de altas presiones que pueden crear fugas en las tuberías. Estos desafíos ponen en riesgo el acceso continuo y la calidad del suministro de agua potable para los residentes de La Leonera, lo que demuestra la necesidad urgente de mejorar la infraestructura existente, que incluye plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), así como la conducción y distribución.

No actualizar estas redes genera riesgos adicionales, como fugas, pérdida de presión y deterioro estructural, que pueden exacerbar aún más la situación y comprometer la seguridad y el bienestar de las comunidades. Identificar y gestionar el exceso de presión en los sistemas de tuberías se convierte en una prioridad clave para evitar daños mayores, destacando la importancia de implementar soluciones como válvulas de ruptura de presión y/o tanques para regular y controlar la presión del agua.



## **1 ANTECEDENTES**

La Leonera es un corregimiento ubicado en el occidente del municipio colombiano de Cali, el cual limita al norte con los corregimientos de Felidia y El Saladito y al sur con el corregimiento de Pinchidé. El corregimiento de la Leonera está compuesto por 4 veredas, La Leonera (cabecera), El Pato, El Porvenir y El Paují.

El corregimiento la Leonera posee actualmente 2000 habitantes. El acueducto ASOUSUARIOS la Leonera posee en sus registros 489 suscriptores para los cuales se estima un consumo de 10 L/s para todo el corregimiento y lograr un abastecimiento continuo en el corregimiento. El sistema de acueducto y alcantarillado trabaja con una fuente principal: La quebrada El Roble en zona de Parque Nacional Natural Farallones de Cali.

En los últimos años (2003-2009) La Secretaría de Salud Pública Municipal y el Comité Departamental de Cafetero han entregado obras a la comunidad, como la Construcción PTAP y Acueducto La Leonera, Construcción Alcantarillado y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas La Leonera, estas obras superan los 1.500 millones de pesos. Sin embargo, la PTAP en la actualidad no funciona, por lo que el acueducto realiza una desinfección por goteo cada día de por medio. También hay problemas como las altas presiones que generan fugas en la tubería, y 20 viviendas entre ellas, la escuela Jorge Eliecer Gaitán, conectadas directamente a la tubería de conducción previa a la desinfección por goteo, recibiendo el agua sin clorar, agua no apta para consumo humano.



## 1.1 Localización

La **Figura 1** presenta la localización del Área de Acueducto de la vereda La Leonera - Corregimiento Felidia. La zona de intervención se localiza en el Corregimiento de La Leonera, en las veredas Leonera Cabecera, El Paují, ubicadas al noroccidente del Distrito Especial de Santiago de Cali, sus coordenadas planas aproximadas en el sistema de referencia MAGNA SIRGAS CALI son: N873372, E1049592 y sus correspondientes coordenadas geográficas  $3^{\circ}27'3.54764''$  N,  $76^{\circ}37'52.71929''$  W.

El acceso al corregimiento La Leonera, desde el casco urbano del Distrito de Santiago de Cali, inicia en la portada al mar con coordenadas  $3^{\circ}27'13.46''$ N,  $76^{\circ}32'59.99''$ O, siguiendo por vía pavimentada hacia Buenaventura en aproximadamente 25 minutos (12 km.) hasta el cruce El Saladito con coordenadas  $3^{\circ}28'55.92''$ N,  $76^{\circ}36'24.11''$ O, cruzando a mano izquierda y luego derecha hasta el parque del corregimiento Felidia con coordenadas  $3^{\circ}28'3.79''$ N,  $76^{\circ}37'47.22''$ O en aproximadamente 20 minutos (8.5 km.), finalmente se dirige por vía a La Leonera hasta las oficinas de la Junta Administradora de Acueducto y Alcantarillado – JAAA contiguas a la cancha de fútbol de La Leonera con coordenadas  $3^{\circ}27'20.11''$ N,  $76^{\circ}38'10.26''$ O. en aproximadamente 20 minutos (8.5 km.)

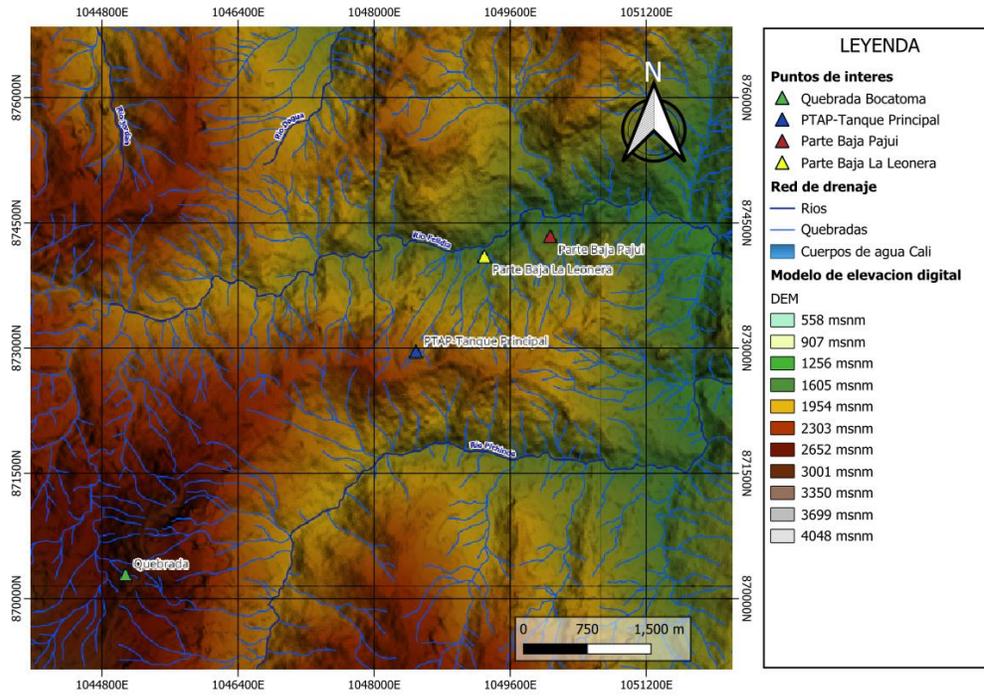


Figura 1. Localización específica de puntos de interés

Fuente: Elaboración propia

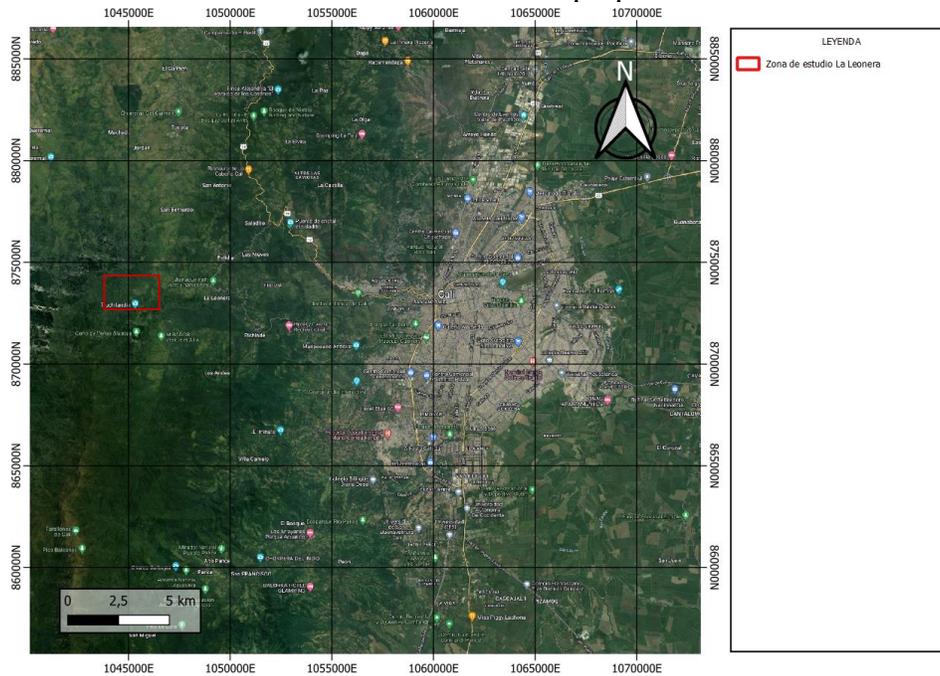


Figura 1.1 Localización general La Leonera

Fuente: Elaboración propia



## **2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el corregimiento de La Leonera, los habitantes se encuentran inmersos en una compleja situación que demanda atención inmediata. Esta problemática surge de una serie de desafíos interrelacionados que afectan profundamente la vida diaria de la comunidad, los cuales son:

- Gestión de las altas presiones que generan fugas en la tubería de conducción. Esta situación pone de manifiesto la urgencia de mejorar la infraestructura existente, la cual incluye una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y sistemas de conducción y distribución.
- La falta de actualización de estas redes conlleva riesgos como fugas, pérdida de presión y deterioro estructural, lo que compromete el acceso continuo y la calidad del suministro de agua potable para los residentes de La Leonera.
- La identificación y gestión de las presiones excesivas en el sistema de conducción se vuelve prioritaria para evitar daños mayores. En este sentido, la implementación de válvulas de quiebre de presión emerge como una solución viable para regular y controlar la presión del agua, reduciendo así el riesgo de daños estructurales y mejorando la eficiencia en la distribución.

En última instancia, estas medidas son cruciales para asegurar un suministro estable y seguro de agua potable a toda la comunidad de La Leonera, garantizando así su bienestar y calidad de vida.

Además, sería beneficioso incluir detalles sobre los impactos positivos que se esperan con la ejecución del proyecto de mejoramiento y aumento de cobertura de la red de acueducto. Entre estos



beneficios se destaca la significativa mejora en la calidad de vida de los habitantes del corregimiento de La Leonera, quienes tendrán acceso constante a agua potable segura y a un sistema de saneamiento adecuado. Esta mejora en los servicios básicos esenciales no sólo promoverá la salud y el bienestar de la comunidad, sino que también contribuirá a reducir drásticamente las enfermedades relacionadas con el agua, mejorando así la calidad de vida de todos los residentes.

Además, el proyecto tendrá un impacto positivo en el desarrollo económico y social del corregimiento. El acceso mejorado al agua potable y al saneamiento básico puede impulsar actividades económicas locales, fomentar el crecimiento de pequeñas empresas y mejorar las condiciones para la inversión y el desarrollo comunitario. Esto puede traducirse en una mejora general en el nivel de vida de la población y en una mayor equidad social dentro del corregimiento.

Por último, la ejecución de este proyecto contribuirá al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas, particularmente el Objetivo 6: "Agua Limpia y Saneamiento". Al mejorar el acceso a agua potable y saneamiento básico, el proyecto estará en línea con los esfuerzos globales para garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, lo que a su vez contribuirá a alcanzar otros ODS relacionados con la salud, la educación, la igualdad de género y el crecimiento económico sostenible.



### **3 JUSTIFICACIÓN**

La situación actual en el corregimiento de La Leonera demanda una intervención urgente debido a una serie de problemas que afectan directamente la calidad de vida de sus habitantes. Uno de los principales desafíos es la gestión de las altas presiones en las tuberías del sistema de acueducto, que ha llevado a la aparición de fisuras y fugas significativas. Estas fallas no solo ponen en riesgo la continuidad del suministro de agua potable, sino que también aumentan el desperdicio de un recurso vital, agravando aún más la situación de la comunidad.

La infraestructura actual, que incluye la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y los sistemas de conducción y distribución, muestra signos claros de deterioro debido a la falta de mantenimiento y actualización. Sin intervenciones adecuadas, la situación puede empeorar, comprometiendo aún más la capacidad del sistema para suministrar agua de manera segura y eficiente a la población cubierta por este acueducto.

Es importante implementar medidas que permitan regular y controlar la presión del agua en el sistema de conducción, lo que no solo reducirá el riesgo de daños estructurales, sino que también mejorará la eficiencia en la distribución del agua potable. Estas acciones son esenciales para asegurar un suministro continuo, estable y de calidad, garantizando así el bienestar de la comunidad de La Leonera.

Además, este proyecto es de vital importancia no solo para mejorar la calidad de vida de los residentes, sino también como parte de un requisito académico para la obtención del grado. La investigación y las soluciones propuestas en este estudio contribuirán significativamente a resolver un problema real y urgente.



## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Desarrollar soluciones adecuadas para optimizar el rendimiento del sistema de suministro de agua en el corregimiento de La Leonera, mediante el diseño e implementación de mejoras hidráulicas y estructurales, así como la elaboración de protocolos efectivos para la gestión y administración del recurso hídrico, garantizando un acceso continuo y de calidad al agua para los residentes.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Proponer un programa de mantenimiento y modernización de la red de tuberías y sistemas de conducción para reducir los riesgos de fugas, sobrepresión y deterioro estructural, asegurando un suministro continuo y confiable de agua potable.
- Realizar una evaluación detallada de la infraestructura de acueductos en el corregimiento de La Leonera para identificar áreas de deterioro y necesidades de actualización, con el fin de garantizar la demanda de la población
- Modelar un sistema de gestión de presión del agua (EPANET) para la red de distribución en La Leonera, que incluya la identificación de áreas con altas presiones, para prevenir daños en la infraestructura y garantizar un suministro de agua estable y seguro.



## **5 MARCO DE REFERENCIA**

### 5.1 Terminología

Una red hidráulica posee diferentes elementos de acuerdo con la geometría utilizada y la complejidad del sistema. Las redes a presión, sin importar su tipo ni su geometría, requieren de elementos físicos que permitan su implementación, tales como tuberías, conexiones o nudos, válvulas, fuentes de abastecimiento, bombas y emisores.

#### 5.1.1 Nudos

Las tuberías se ensamblan mediante conexiones o nudos, que además de unir las, permiten la extracción o inyección de agua en la red. Para dibujar un tramo de tubería, se requiere una conexión fuente (embalse) como punto inicial y una final (nudo). Las propiedades del nudo de conexión muestran sus datos de entrada, dentro de estos datos de entrada se especifica la elevación a la que se encuentra, un identificador del mismo y la demanda base que consume el nudo simulando el consumo de agua de una vivienda. Por otro lado, como datos de salida después de correr el modelo se obtienen datos como la cabeza de presión de agua en dicho nudo y altura total para elaboración de línea de energía.

#### 5.1.2 Tuberías

Las tuberías son los elementos vitales que permiten el transporte del agua dentro de una red hidráulica. En EPANET, estas tuberías se caracterizan por operar siempre a presión, donde el flujo del agua se rige por el principio del gradiente hidráulico. Es decir, el agua se desplaza desde puntos de mayor energía hacia puntos de menor energía.

EPANET se destaca por su capacidad para calcular las pérdidas de energía en las tuberías mediante tres métodos: Darcy-Weisbach, Hazen-Williams y Chezy-Manning. Esta versatilidad permite



simular con precisión el comportamiento hidráulico en una amplia variedad de tuberías, desde aquellas fabricadas en concreto o acero hasta las de PVC.

Dentro de los datos de entrada para cada tubería se encuentra el nodo de inicio y el nodo final, este debe tener un sentido (dirección), además se debe especificar características propias de la tubería como la longitud, el diámetro y rugosidad, adicionalmente, EPANET ofrece la posibilidad de considerar las pérdidas de energía ocasionadas por los accesorios presentes en la red. Para ello, el usuario debe proporcionar las constantes de los accesorios (Km) que se encuentran en el tramo de tubería simulado.

Como datos de salida se encuentra el caudal que circula por la tubería, la velocidad y pérdida unitaria.

### 5.1.3 Tanques

Los tanques poseen como datos de entrada variables como elevación a la que se encuentra, nivel de lámina de agua con la cual inicia el tanque dentro del tanque, el nivel máximo y mínimo de agua en el tanque y diámetro del tanque.

Como datos de salida se encuentra el caudal neto entrante al tanque y presión dentro del tanque.

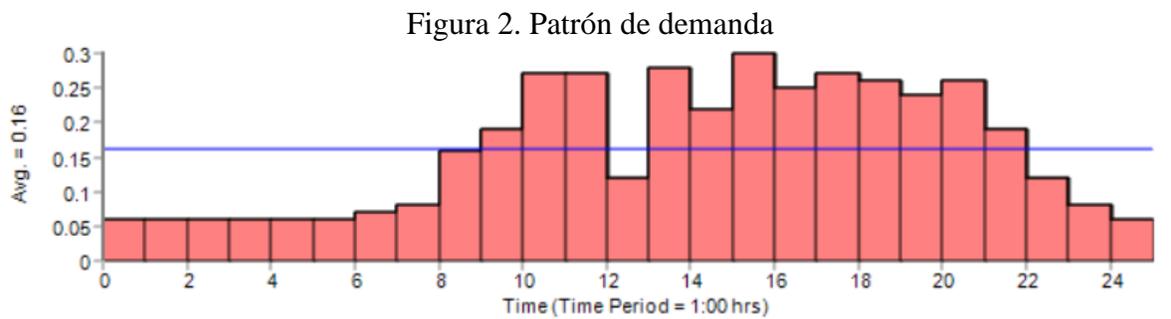
### 5.1.4 Válvulas

Válvulas reguladoras de presión que tienen como dato de entrada el diámetro de la tubería a la que va conectada y a su vez una consigna donde se especifica la presión deseada aguas debajo de la válvula, esta tiene 3 estados durante la simulación de manera automática, el primer estado es abierta si el caudal aguas arriba no excede la presión de la consigna, el segundo estado es activa, esta se traduce a que se encuentra parcialmente cerrada, está con el objetivo de reducir presiones cuando la consigna es

levemente superada y el tercer estado es cerrada, esta con el objetivo de reducir totalmente la presión que viene aguas arriba y estabilizar las presiones aguas abajo.

#### 5.1.5 Patrón de demanda de caudal

A cada nodo dentro del modelo que represente una casa se le asigna un patrón de demanda tomado del Instituto Universitario de Pereira que expone un patrón de demanda de caudal (L/s) de los suscriptores de un corregimiento similar con cuatro mil habitantes (Ver Figura 2).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos por Universidad Tecnológica de Pereira



## **6 METODOLOGÍA**

### **6.1 Enfoque metodológico**

En el presente estudio, se aborda la problemática del sistema hidráulico del Acueducto Comunitario Aso usuarios La Leonera, ubicado en el lugar de La Leonera, específicamente en la Vereda El Pato del corregimiento, que se abastece de la Quebrada el Roble en zona del Parque Nacional Natural Farallones de Cali. Para comprender y solucionar las dificultades técnicas presentadas en el sistema, se implementó una metodología que integra reuniones con los responsables del acueducto, recolección de datos en campo y modelado del sistema hidráulico utilizando la herramienta Epanet.

### **6.2 Modelo EPANET y análisis de datos**

Para la evaluación de la situación actual en la red de distribución del corregimiento La Leonera se opta por realizar la modelación en el software EPANET en su versión 2.2 con el objetivo de poder identificar aquellos tramos o puntos en donde la red de distribución se encuentre con altas o bajas presiones y determinar cambios en la red que se puedan implementar en una condición proyecto.

EPANET es un software que realiza simulaciones en período extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión, la metodología utilizada por el software calcula los caudales en las tuberías y alturas piezométricas en los nudos bajo la consideración de conservación de masa y energía. Las ecuaciones que se generan en el proceso son conocidas por su no linealidad, por lo cual se hace uso del método del gradiente para su solución.



### 6.2.1 Recopilación de información existente

- Cartografía base de la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca) a escala 1:25,000 consultada a través del geovisor de GeoCVC.
- Modelo de elevación digital (DEM por sus siglas en inglés), resolución 12.50 m del satélite ALOS PALSAR.
- Trazado de red de distribución de corregimiento la Leonera con distancias, elevaciones y perfiles.

## 6.3 Fases de la investigación

### 6.3.1 Diagnóstico de la zona de estudio

La metodología se inicia con una reunión virtual con representantes del Acueducto Comunitario Aso usuarios La Leonera, Yamile Muñoz (secretaria) y Alexis Retrepo (Fontanero), con el fin de comprender las necesidades técnicas del acueducto y establecer los principales desafíos a enfrentar. Durante esta reunión se identificaron diversas problemáticas, entre las que destacan las altas presiones que generan fisuras en la tubería de conducción (Ver Foto 1) donde la ubicación de dicha fractura se comentó que se ubica entre la zona de PTAP y la conducción, la falta de operatividad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), debido a las altas presiones, construida en 2016, y la necesidad de ampliar la red de distribución para abastecer a nuevas viviendas, incluida la Escuela de Primaria Jorge Eliecer Gaitan en la Vereda el Porvenir.

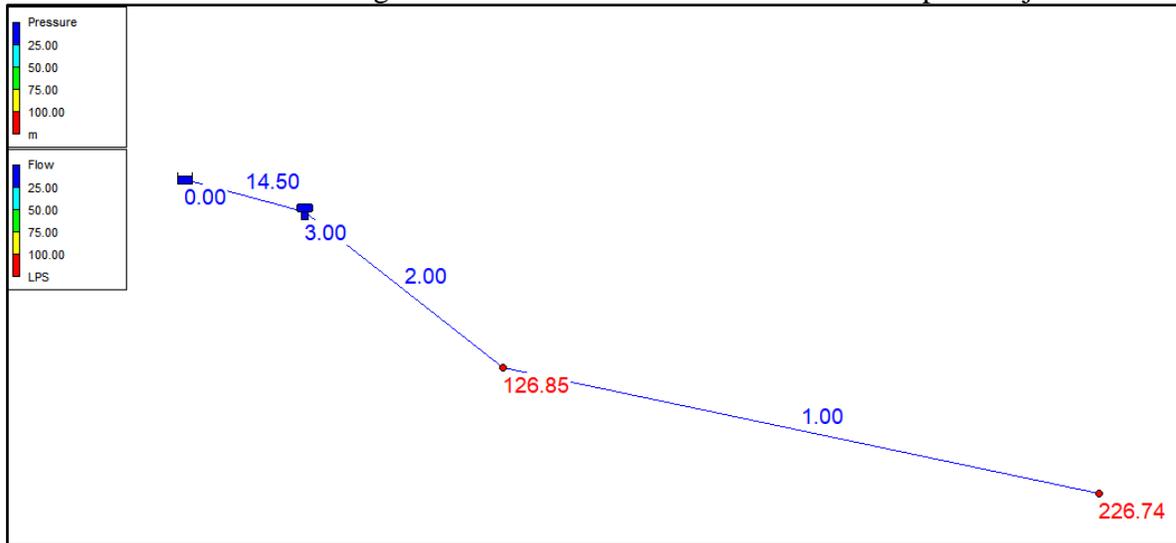
Foto 1. Fisura de Tubería por altas presiones



Fuente: ASOUSUARIOS LA LEONERA E.S.P

Además, se informaron las coordenadas de la PTAP ( $3^{\circ}26'50.1''\text{N } 76^{\circ}38'28.0''\text{W}$ ) y la Bocatoma ( $3^{\circ}25'23.1''\text{N } 76^{\circ}40'16.8''\text{W}$ ), para un primer modelo básico y así poder medir presiones teóricas (Ver Figura 3).

Figura 3. Modelo Pre-inicial de Bocatoma a parte baja de distribución.



Fuente: Elaboración propia

### 6.3.2 Recolección de datos e información

Posteriormente, se realizó una visita al lugar para la recolección de información de campo.

Durante esta visita asistieron 3 estudiantes de la universidad pontificia universidad javeriana junto con el docente a cargo el Profesor César Camilo Cañon (Ver Foto 2), se obtuvieron datos relevantes sobre el sistema de abastecimiento, incluyendo caudales, ubicación de infraestructuras clave, y condiciones de las instalaciones existentes. Se llevó a cabo una verificación de los caudales suministrados por el acueducto mediante consulta directa con la distribuidora y una prueba de medición adicional utilizando un balde y cronómetro confirmando que se está suministrando un caudal de aproximadamente 9.81 L/s.

Foto 2 Grupo de la Salida



Fuente: Elaboración propia

Además, se recibió documentación técnica proporcionada por el acueducto, incluyendo el manual de la PTAP (Ver Foto 7.2.1 y 7.2.2) y Esquema general de la Bocatoma (Ver Collage 7.2).

Collage 1. Esquema de Bocatoma



Bocatoma Lateral

Pre Desarenador

Desarenador

Fuente: Elaboración propia

Foto 3. Colador y Filtros Activos



Foto 4. Colador y Filtros Activos



Fuente: ASOUSUARIOS LA LEONERA E.S.P

Además de la información recopilada durante la visita, se proporcionó una tabla detallando las medidas de los tanques de almacenamiento existentes en el sistema (Ver Tabla 7.2). Durante la salida de campo, se visitó específicamente el tanque número 5 de los 7 tanques presentes en el sistema (Ver Foto 7.2.3 y Foto 7.2.4), con el fin de obtener datos precisos sobre su estado y funcionamiento.

<b>TANQUE</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>MEDIDAS</b>
0001	El Bosque	8*8*2.56mt = 164 m3
0002	Camino al Bosque	5*5*1.60mt = 40 m3
0003	Vía al Colegio ITA Farallones y HJC	2*2*1.60mt = 6.4 m3
0004	Quebrada Agua Bonita	3*3*1.80mt = 16.2 m3
0005	Finca- Tierra Virgen	5*5*2.00mt = 50 m3
0006	Finca la Esmeralda	5*5*2.00mt = 50 m3

Tabla 1. Listado de Tanques

Fuente: ASOUSUARIOS LA LEONERA E.S.P

Foto 5. Tanque N#5



Fuente: Elaboración propia

Foto 6. Tanque N#5 estado del Agua



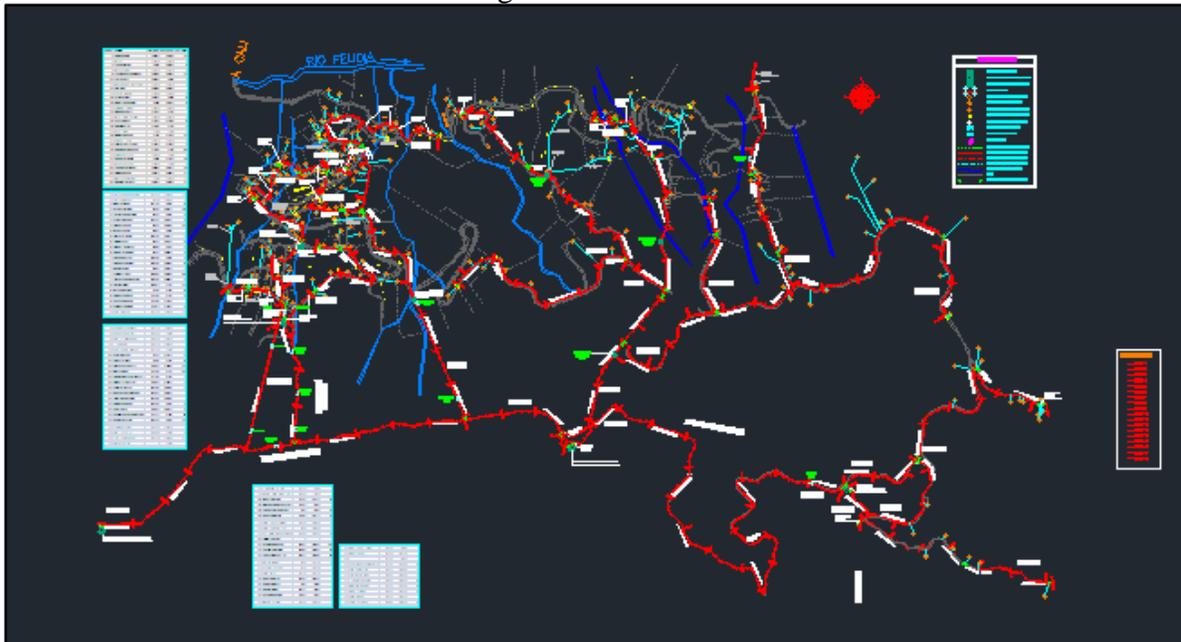
Almacenamiento

Agua al llegar

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se proporcionó un archivo de AutoCAD que representa la red hidráulica del sistema (Ver Figura 4), identificando a los usuarios conectados y demás elementos relevantes. Este modelo de AutoCAD estaba vinculado a una hoja de cálculo con las cotas de las conexiones de los usuarios, lo cual facilitará la posterior modelación en Epanet (Ver Figura 5).

Figura 4. AutoCAD de red hidráulica del sistema



Fuente: ASOUSUARIOS LA LEONERA E.S.P

Figura 5. Base de Datos de Suscriptores del Sistema

CASA N°	NOMBRE	COTA CASA	COTA INICIO	DIST TUBERIA
1	JAIR TORRES	1684.4	1687.5	18.6
2	RAMIRO MUÑOZ	1686.2	1687.8	10.8
3	OLGA LUCY A MAYA	1690.5	1687.8	11.2
4	JESUSA	1689.3	1690.9	3.4
5	LILIANA OSPINA	1693	1690.5	4.4
6	FELIZ PAEZ	1694.1	1690.7	7
7	MIRIAN MUÑOZ	1694.1	1691.4	7.7
8	LUIS FERNANDO MORENO	1690.9	1691.5	11.3
9	AMPARO HURTADO DE RIETO	1694.1	1691.9	7
10	TULIO PLAZA	1693.1	1692	7.5
11	LIDA PANTOJA	1691.7	1691.9	7.4
12	FRANCISCO CALVO LARGO	1691.7	1692.1	3.5
13	FELIX PAEZ	1691.8	1692.1	7
14	OLIVO LOPEZ	1692.9	1692.1	11.4
15	ADRIANA PATIÑO	1697.2	1697.9	3.5
16	NILSON PLAZAS	1693.3	1694	8.1
17	ANTONIO MOLINA	1697.4	1694.9	11.6
18	MARCELA FIGUEROA	1698	1697.3	6.9
19	SALVADOR GOMEZ	1700.9	1701	11.2
20	ARGEMIRO MUÑOZ	1702.7	1702.3	7.9
21	MARIELA ERAZO	1704.2	1704	2
22	MIRIAM DE MARQUEZ	1708.3	1711	4.3
23	MIGUEL ANGEL CAMPO	1709.3	1708.4	5.4
24	CECILIA MEJIA	1714.5	1710.6	9.6
25	AMPARO TERAN	1730	1724	9.1
26	IRMA GIRALDO	1725.8	1731	5.7
27	JUAN CARLOS HIDELGO	1715.9	1718	2.1
28	MARIA YEPEZ	1718	1720	6.5
29	GERARDO MUÑOZ	1718	1722.2	10.2
30	BENILDA LUCIO	1719.7	1721	11
31	OSCAR ZULUAGA	1740.1	1741.9	3.5



Fuente: ASOUSUARIOS LA LEONERA E.S.P

#### 6.4 Resultados

De acuerdo a las elevaciones suministradas en plano AC LEONERA RECORD MAR 2010 y al trazado de la red de distribución de La Leonera y El Pauji, fue posible realizar el modelo, teniendo en cuenta los datos de entrada para cada nodo, especificando elevaciones correspondientes para cada usuario y tanques; Para las tuberías se tuvo en cuenta los cambios de diámetro que se presentan a lo largo de toda la red, con sus respectivas distancias. Además, se tomaron en cuenta 6 tanques con sus respectivas dimensiones y localización que a pesar de que no todas las dimensiones de todos los tanques se encontraban el archivo Word suministrado, el plano ya contaba con las dimensiones de los tanques restantes.

A continuación, en la **Figura 6** se puede observar el resultado tras ejecutar el modelo, este resultado resalta las presiones para cada nodo de acuerdo al color de la leyenda (ver **Tabla 2**), de esta manera se identifican zonas de alta presión y se propone para una condición proyecto estructuras el control de altas presiones de acuerdo a un a matriz de decisión planteada en Título 8.2.

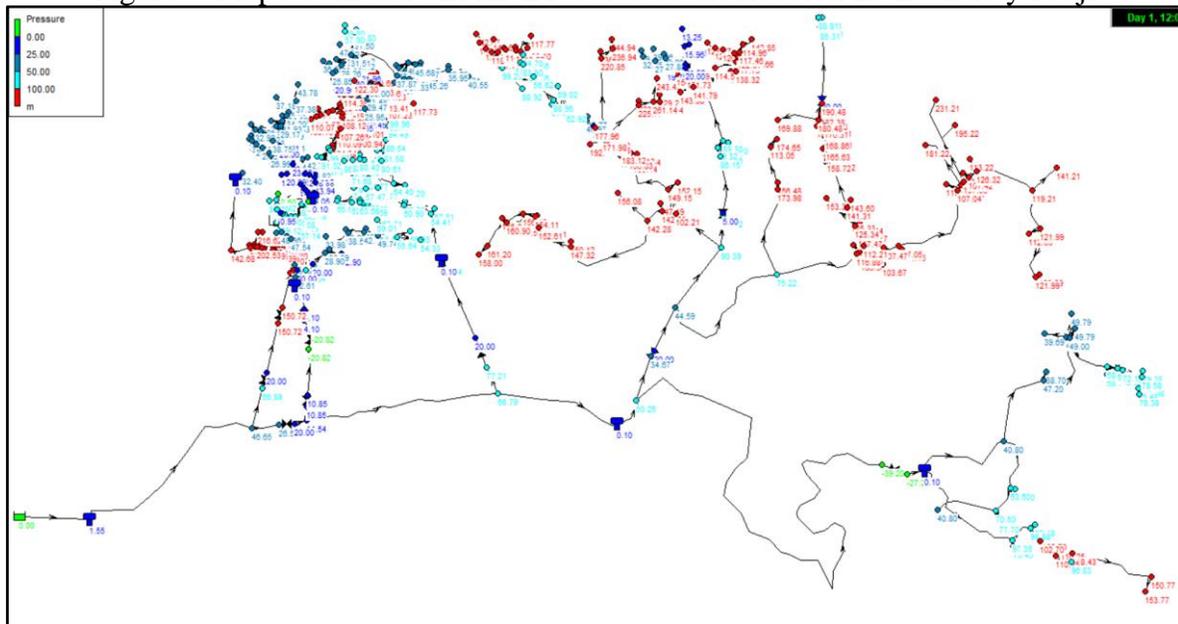
**Tabla 2. Leyenda de presiones EPANET**

<b>Rango</b>	<b>Color</b>
Presión < 25 mca	Azul
25 < Presión < 50 mca	Azul Cyan
50 < Presión < 75 mca	Verde
75 < Presión < 100 mca	Amarillo

Rango	Color
100 <= Presión	Rojo

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Mapa de modelo EPANET de red de distribución La Leonera y Paují



Fuente: Elaboración propia

Se observan de acuerdo a la **Figura 6** al menos 70 nodos con presiones mayores a 100 mca, se identifican entonces cuales son específicamente los puntos de interés de altas presiones y se considerarán cambios en la red de distribución para la solución de aquellas presiones elevadas. La simulación completa que abarca las 24 horas del patrón de demanda se encuentra en los anexos.



## **7 SOLUCIONES PLANTEADAS**

Debido a las sobrepresiones observadas a lo largo de la tubería y de la red de acueducto, se han evaluado a través del análisis del modelo en EPANET tres posibles soluciones:

1. Válvulas de regulación
2. Tanques de compensación
3. Sustitución de tuberías de ½" (Reducción de diámetro en la red)

### 7.1 Criterios evaluados

Nos enfrentamos a un desafío crítico relacionado con la infraestructura del acueducto en el corregimiento de La Leonera. Para abordar este problema de manera efectiva y determinar la solución óptima, se empleará una matriz de decisiones, que permitirá una evaluación comparativa y sistemática de las diversas alternativas propuestas. Las opciones se evaluarán utilizando una serie de criterios técnicos clave:

- a. **Eficiencia:** Este criterio evalúa la capacidad de cada alternativa para mitigar las sobrepresiones en la red de tuberías. Se considera la eficacia para mantener las presiones dentro de los rangos operativos seguros, evitando así fugas y daños estructurales.
- b. **Constructibilidad:** Este criterio evalúa la facilidad y viabilidad de construir e implementar cada alternativa dentro del entorno específico de la Leonera. Incluye la consideración de factores como la disponibilidad de materiales, las condiciones del terreno, la accesibilidad al sitio de construcción, la complejidad del proyecto y los posibles desafíos logísticos durante la ejecución.
- c. **Costo:** Este criterio evalúa el gasto total requerido para poner en práctica cada alternativa.

Teniendo en cuenta sus cantidades y el costo de las principales actividades requeridas para cada



alternativa, se busca identificar la opción que proporciones el mejor balance entre costo y beneficio.

- d. **Durabilidad:** Este criterio mide la capacidad de cada alternativa para resistir el desgaste, la corrosión y otros factores de deterioro a los largo del tiempo. Este criterio se analiza con el fin de asegurar que la solución planteada permanezca funcional y eficiente durante el mayor tiempo posible.
- e. **Mantenimiento:** Este criterio analiza los requerimientos de mantenimiento a lo largo del tiempo, así como la frecuencia y el costo del mantenimiento necesario para asegurar el funcionamiento continuo y eficiente del sistema.

#### 7.1.1 Válvulas de regulación

Para nuestra primera opción, se ha recopilado información acerca de su desempeño en los criterios evaluados, la cual se presenta a continuación:

- **Eficiencia:** Las válvulas de regulación son altamente eficientes para controlar y reducir sobrepresiones en la red de tuberías. Pueden ajustarse de manera precisa para mantener la presión dentro de los rangos operativos seguros, lo que previene fugas y daños estructurales. Además, permiten una regulación dinámica de la presión según las demandas del sistema, garantizando un funcionamiento estable y eficiente
- **Constructibilidad:** La instalación de válvulas de regulación es relativamente sencilla y puede integrarse con la infraestructura existente. Además, la accesibilidad al sitio y la simplicidad de la instalación hacen que la constructibilidad sea alta.
- **Costo:** Basándonos en las principales actividades necesarias para llevar a cabo su implementación como válvulas de control de presión de 4" (o menores diámetros), construcción



de cajas de inspección y protección y mano de obra, se han estimado el costo aproximado por unidad de esta alternativa como se muestra a continuación.

<b>I. MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	V. Unitario	Cantidad	Desperdicio	Valor Total
Valvulas de Proceso de 4"	UN	\$684.900	1		\$684.900
Mezcla de concreto 1:2:3 3100 PSI 210 MPa	M3	\$423.137	0,303		\$128.211
Acero refuerzo 6000 psi	KG	\$8.613	12		\$103.356
Malla electrosoldada d 6.54 mm 5x20 cm	M2	\$20.000	0,49		\$9.800
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$926.267</b>

<b>III. MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cant.	Honorarios	Honorarios + 70% Prestaciones	Rendimiento	Valor Total
Ayudantes	1	\$32.688	\$55.570	1,37	\$40.562
Oficial	1	\$52.538	\$89.315	1,37	\$65.193
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$105.755</b>

- **Durabilidad:** Las válvulas de regulación ofrecen una durabilidad considerable. Las válvulas están diseñadas para resistir la corrosión y el desgaste, y su vida útil puede extenderse significativamente con un mantenimiento regular y adecuado.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento de las válvulas de regulación es esencial para asegurar su funcionamiento continuo y eficiente. Requiere inspecciones periódicas, limpieza y ajustes para mantener su rendimiento óptimo. Aunque el mantenimiento regular puede implicar ciertos costos y recursos, es manejable y menos intensivo en comparación con otras soluciones.

#### 7.1.2 Tanques de compensación

- **Eficiencia:** son altamente eficientes en la gestión de líquidos. Su diseño optimizado y materiales avanzados maximizan el uso del espacio y aseguran resistencia a la corrosión y cambios de temperatura, prolongando su vida útil. Los sistemas de monitoreo y control precisos permiten



una gestión segura del nivel y calidad del contenido, previniendo pérdidas y garantizando la disponibilidad de recursos, lo que contribuye a la estabilidad y eficiencia del sistema general.

- **Constructibilidad:** La instalación de tanques de compensación puede variar desde sencilla hasta compleja dependiendo de varios factores. Para tanques más pequeñas y materiales como el polietileno, la instalación suele ser relativamente sencilla y rápida. Para tanques más grandes y materiales como el acero, la instalación puede ser más compuesta, requiriendo equipo especializado, preparación del sitio y cumplimiento de normativas específicas.
- **Costo:** Los costos aproximados para tanque de compensación adecuado para el acueducto, se han calculado con una dimensión por unidad de 1 m (alto) 3 m (ancho) 3 m (largo). Algunas de las principales descripciones que se tuvieron en cuenta para la determinación del costo, como concreto impermeabilizado, acero de refuerzo y suministro e instalación de cinta PVC, se presentan a continuación.

CAPITULO:	3.00	TANQUE DE COMPENSACIÓN				
ÍTEM:	3.10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TANQUE DE AGUA COLEMPAQUES CONICO 5000 LITROS NEGRO			UNIDAD:	UND
<b>I. EQUIPO</b>						
Descripción		Tarifa Hora	Rendimiento	Valor Unitario		
HERRAMIENTA MENOR		5%		\$ 123.00		
SUB-TOTAL						\$ 123.00
<b>II. MATERIALES EN OBRA</b>						
Descripción		Unidad	Precio Unit	Cantidad	Valor Unitario	
TANQUE DE AGUA COLEMPAQUES CONICO 5000 LITROS		UND	\$ 3,529,900.00	1.00	\$ 3,529,900.00	
SUB-TOTAL						\$ 3,529,900.00
<b>III. TRANSPORTES</b>						
Material	Vol-Pes-Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor Unitario	
SUB-TOTAL						\$ 0.00
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
Trabajador	Cantidad	Jornal	Pretaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unitario
OFICIAL	1	\$ 90,000.00	180%	\$ 162,000.00	110.00	\$ 1,473.00
AYUDANTE	1	\$ 60,000.00	180%	\$ 108,000.00	110.00	\$ 982.00
SUB-TOTAL						\$ 2,455.00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>\$ 3,532,478.00</b>

- **Durabilidad:** La vida útil de un tanque de compensación puede extenderse significativamente con un mantenimiento adecuado y condiciones operativas favorables.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento regular de un tanque de compensación incluye inspecciones visuales e instrumentales, limpieza interna y externa, protección contra la corrosión, reparaciones correctivas, monitoreo continuo, y documentación detallada. Estas prácticas aseguran la integridad estructural, la eficiencia operativa y la prolongación de la vida útil del tanque.

### 7.1.3 Sustitución de tuberías de ½”

- **Eficiencia:** El cambio de tuberías puede mejorar la eficiencia del sistema de distribución de agua al aumentar las pérdidas de energía, reducir la presión y reduce los costos y el tiempo asociados con el mantenimiento. Sin embargo, la eficiencia exacta del cambio de tuberías dependerá de varios factores, como el diseño y la calidad de las nuevas tuberías, la selección adecuada de



materiales y técnicas de instalación, y las condiciones específicas del sistema de distribución de agua.

- **Constructibilidad:** La constructibilidad del cambio de tuberías puede gestionarse de manera efectiva. Sin embargo, es importante reconocer que pueden surgir complicaciones que requieran atención y planificación adicionales durante la ejecución del proyecto.
- **Costo:** Recopilando algunas de las actividades y materiales más importantes a la hora de implementar esta alternativa, como excavación y retiro de la tubería existente, tubería PVC de 1/2", codos y otros elementos necesarios para la conducción y el reemplazo, se ha determinado un costo aproximado por metro lineal de tubería como se muestra a continuación.

<b>I. PREELIMINARES</b>					
Descripción	Unidad	V. Unitario	Cantidad	Desperdicio	Valor Total
Excavación tierra a mano	M3	\$11.200	1		\$11.200
Relleno	M3	\$10.000	1		\$10.000
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$21.200</b>

<b>II. MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	V. Unitario	Cantidad	Desperdicio	Valor Total
Tubería Biaxial 160 PSI PVC 1/2" PAVCO	ML	\$118.147	1		\$118.147
Codo 90 x 1/2 Presión	UND	\$400	0,3		\$120
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$118.267</b>

<b>III. MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cant.	Honorarios	Honorarios + 70% Prestaciones	Rendimiento	Valor Total
Ayudante	2	\$32.688	\$55.570	1,00	\$111.139
Oficial	1	\$52.538	\$89.315	1,00	\$89.315
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$200.454</b>

<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$339.921</b>
----------------------	------------------

- **Durabilidad:** El cambio de tuberías puede proporcionar una solución duradera y confiable para mejorar el sistema de distribución.



- **Mantenimiento:** Este criterio en cuanto al cambio de tuberías puede variar desde relativamente fácil hasta más complejo, dependiendo de los factores mencionados anteriormente. Sin embargo, independientemente del nivel de complejidad, el mantenimiento regular es fundamental para garantizar la eficiencia y la durabilidad a largo plazo del sistema de distribución de agua. Esto puede incluir la programación de inspecciones periódicas, la realización de reparaciones o actualizaciones según sea necesario, y el seguimiento de cualquier cambio en las condiciones del sistema a lo largo del tiempo.

#### 7.1.4 Matriz de decisión

Una vez obtenidos los resultados para cada alternativa, se han asignado puntajes de 1 a 5 (siendo 1 el menor) para cada una de ellas en los criterios evaluados, determinando con el puntaje total acumulado cual es la mejor opción, que como se puede observar en la tabla a continuación son las válvulas de regulación.

Elemento	Eficiencia	Constructibilidad	Costo	Durabilidad	Mantenimiento	Total
Porcentaje	20%	15%	20%	25%	20%	100%
Valvula reguladora	5	4	3,5	3	2	3,45
Tanque de almacenamiento	4	2	3	4	3	3,30
Tuberia 1/2"	4	3	1	3	4	3,00

#### 7.2 Modelación y/o justificación de alternativas

La alternativa número 3 (Tubería 1/2") hace referencia a una disminución en el diámetro de la red de distribución, esta disminución de diámetro se pretendía hacer de manera gradual en lo que se podría reconocer como la "Red Matriz" que cuenta con un diámetro de 4" (el diámetro más grande comparado con los diámetros con los que actualmente cuenta toda la red de distribución en general), a

partir de ella se ramifica la red en diámetros menores. El principio bajo el cual se fundamenta que esta reducción de diámetro gradual podría ayudar con el control de presiones se basa en el principio de Venturi, este explica que cuando hay una reducción en la sección transversal de la tubería el fluido se ve obligado a aumentar su velocidad (en el tramo de diámetro reducido), por consiguiente, recordando la conservación de la energía que bien comprende la ecuación de Bernoulli en sus 3 términos (energía de presión, energía cinética y energía potencial) la energía potencial que gradualmente se convierte en energía cinética se reduce para que la suma de energías que posee la ecuación (sistema) conserve la igualdad. Simplificando lo mencionado anteriormente a una menor escala se procede a realizar una modelación genérica de este principio, en la Figura 1 se observa un modelo hidráulico en EPANET que comprende todas las tuberías de igual diámetro en su sección transversal y la elevación de los nodos descendiendo metro a metro (en sentido izquierda a derecha -> Nodo 1= Elevación: 5 m, nodo 2 = Elevación: 4m, ...). Como resultado no se identifica una reducción en la presión en ninguno de los nodos aguas abajo del reservorio inicial.

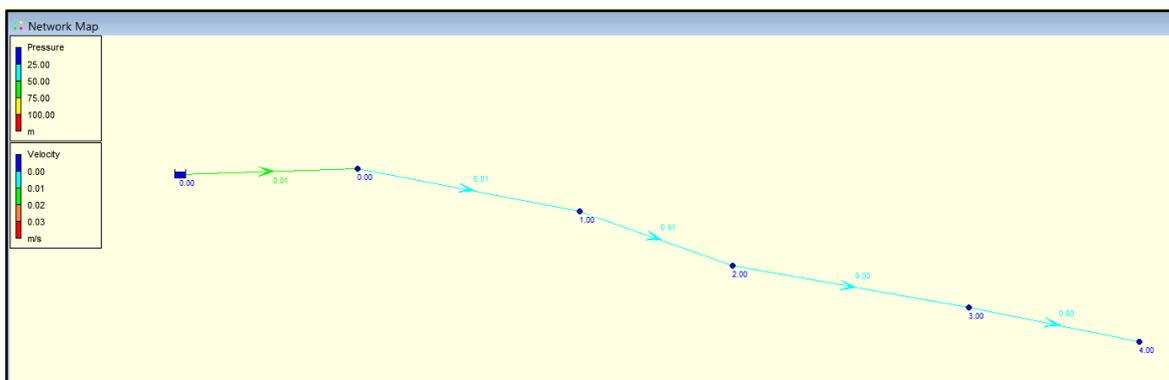


Figura 1. Presiones y velocidades (diámetros iguales). Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la Figura 2 se observa la misma topología de la red, conservando sus elevaciones, pero con la diferencia de que el diámetro se reduce gradualmente tramo a tramo aguas abajo del reservorio inicial, como resultado vemos reducción en la presión de los nodos, incluso un aumento en la velocidad del fluido (agua) en la tubería.

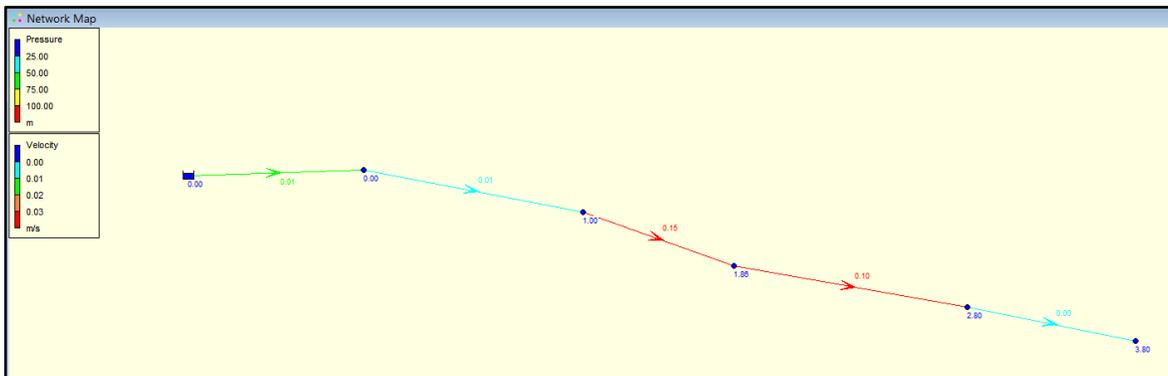


Figura 2. Presiones y velocidades (cambio de diámetro). Fuente: Elaboración propia.

En este orden de ideas, se considera que el cambio de diámetro gradual en la red matriz para su optimización y/o rehabilitación no es viable a nivel de costos y ejecución en comparación con alternativas más simples (estaciones reductoras de presión). Además de que técnicamente para reducir poco más de 200 mca únicamente con cambios de diámetro es una alternativa significativamente inviable.

Para la alternativa numero 2 (tanques de compensación) es una estructura que cuenta con bajo almacenamiento y permite el quiebre de presión. En este caso, en la Figura 3 se observa un mapa elaborado en EPANET con áreas relacionadas a un rango de elevaciones.

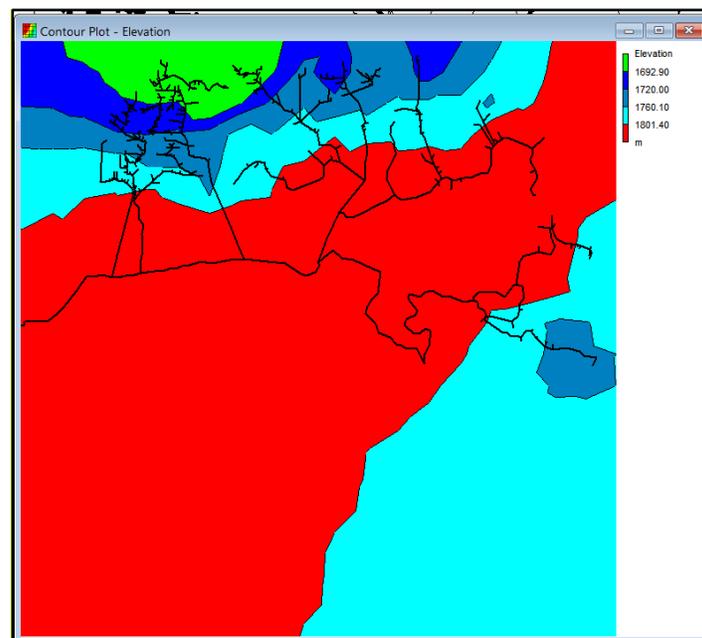


Figura 3. Mapa de elevaciones. Fuente: Elaboración propia.

Los puntos claves para la localización de los tanques de compensación entonces irá en función del mapa de elevaciones e irán ubicados en aquellos puntos que se identifique que el sistema no llegue a más de 50 mca con la flexibilidad de trasladar un poco el tanque de compensación para no afectar edificaciones que queden cercanas al tanque y puedan quedar con presión menor a la establecida en el RAS.

El dimensionamiento de los tanques de compensación tuvo en cuenta que el volumen útil deberá ser el 25 % de la demanda media diaria de la zona servida por el mismo. Teniendo eso en cuenta, se estima un ponderado de usuarios por cada zona servida por el tanque (aproximadamente 30 usuarios zona) dando como resultado un tanque de al menos 4.1 m<sup>3</sup>, cabe recalcar que la naturaleza de los tanques no es el almacenamiento y está enfocado a romper cabezas de presión mayores a los 60 mca.

De acuerdo a la modelación hidráulica realizada en EPANET que implementa en el sistema los tanques de compensación, se identifica una mejoría satisfactoria en la presión de todo el sistema, a continuación, en la Figura 4 se muestra un mapa de presiones en la hora 13 del periodo extendido.

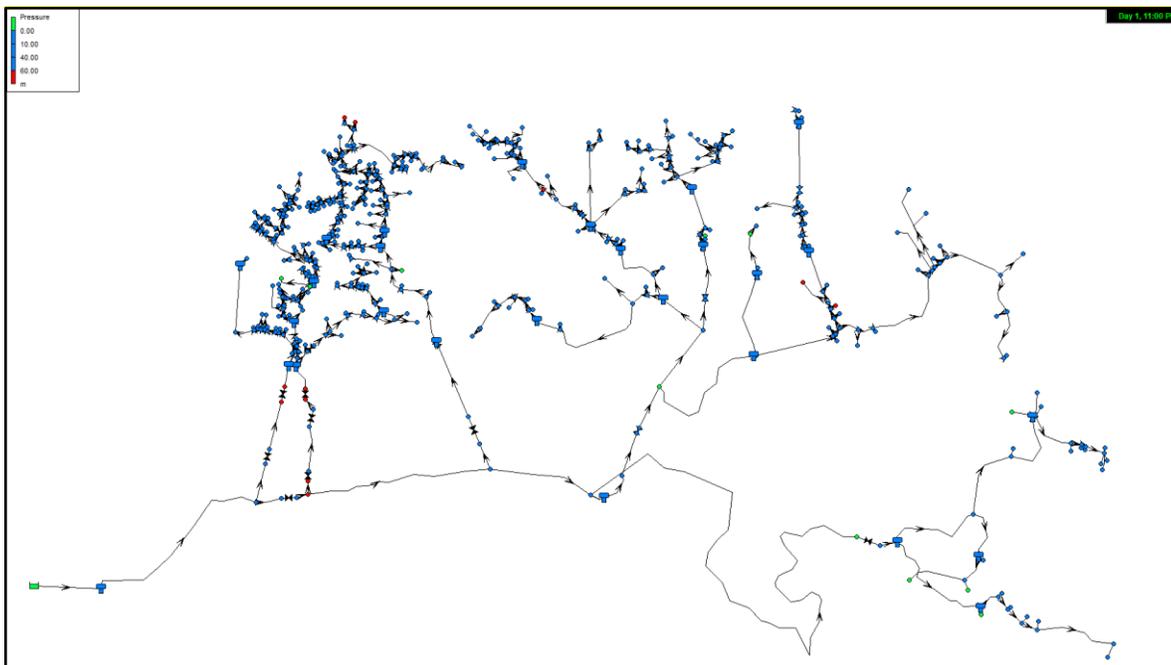


Figura 4. Mapa de presiones (Modelo con tanques de compensación) EPANET. Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificada una localización óptima de los tanques de compensación en la red, se suministra dentro de los entregables, el modelo hidráulico y en archivo shape la localización de los puntos específicos para la localización de los mismos. A continuación, es presentado un mapa de la localización específica de los tanques.

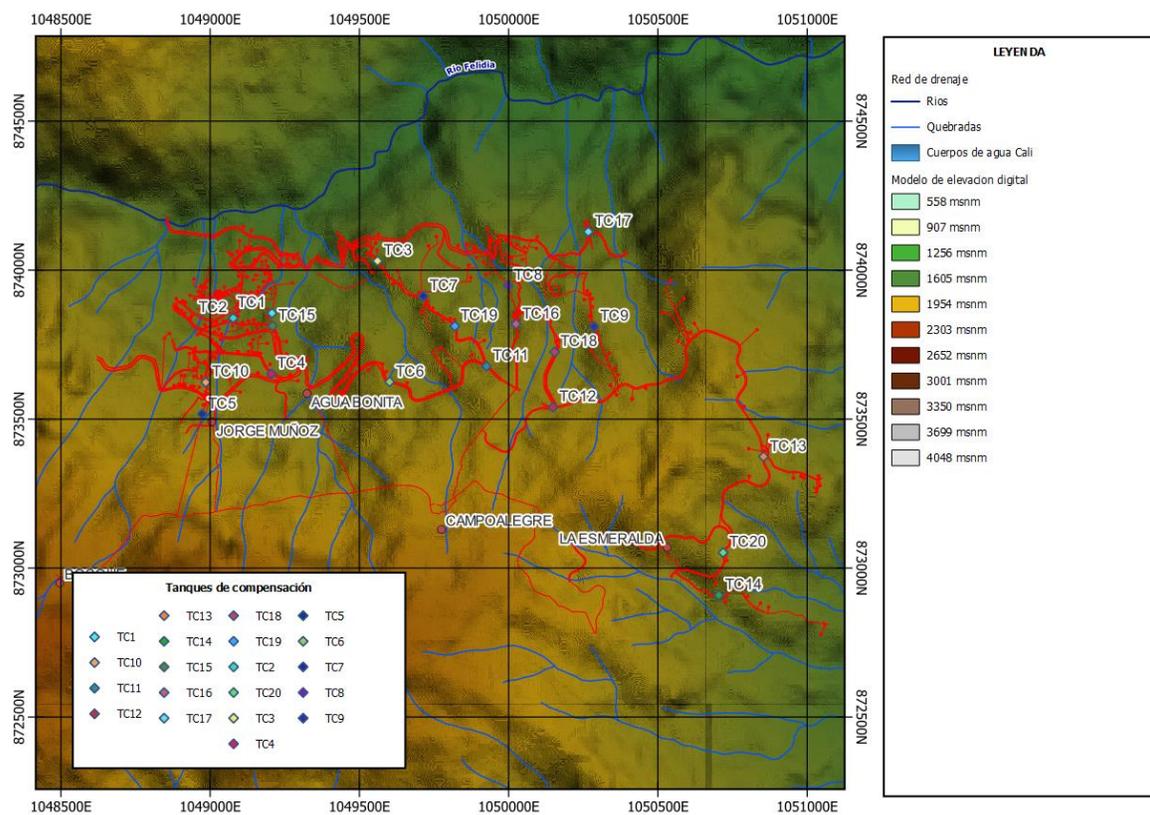


Figura 5. Mapa de tanques de compensación. Fuente: Elaboración propia.

También se da a conocer una tabla de coordenadas en metros de cada tanque que tienen como sistema de referencia Magna Sirgas 3115 Colombia West Zone. En caso de que se desee una



visualización desde el servicio de Google Maps es necesario convertir las coordenadas al sistema EPSG

4326 WGS 84 en grados, minutos y segundos.

<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
TC1	1049209	873855
TC10	1048987	873623
TC11	1049924	873677
TC12	1050147	873540
TC13	1050853	873374
TC14	1050703	872908
TC15	1049211	873812
TC16	1050023	873819
TC17	1050266	874129
TC18	1050153	873725
TC19	1049818	873812
TC2	1049079	873839
TC20	1050717	873051
TC3	1049559	874031
TC4	1049207	873652
TC5	1048975	873517
TC6	1049600	873625
TC7	1049713	873912
TC8	1049997	873948
TC9	1050284	873811

Tabla 1. Coordenadas tanques de compensación. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la modelación hidráulica realizada en EPANET que implementa en el sistema las estaciones reductoras de presión de las alternativas, se identifica una mejoría satisfactoria en la presión de todo el sistema, a continuación, en la Figura 6 se muestra un mapa de presiones en la hora 13 del periodo extendido.

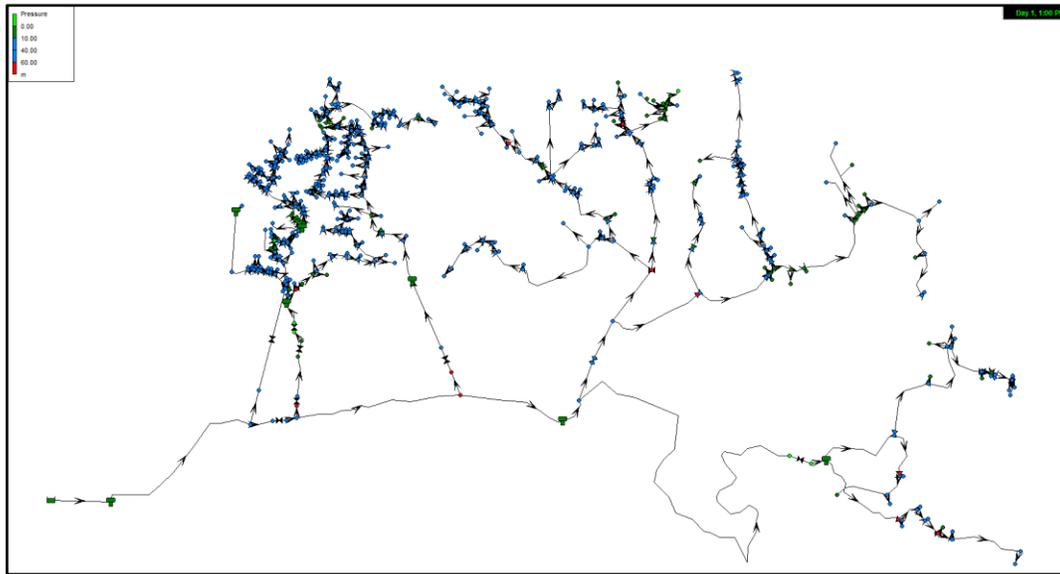


Figura 6. Mapa de presiones (Modelo con ERP) EPANET. Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificada una localización óptima de las ERP en la red, se suministra dentro de los entregables, el modelo hidráulico y en archivo shape la localización de los puntos específicos para la localización de las mismas. A continuación, es presentado un mapa de la localización específica para las ERP (el prefijo NV hace referencia a nuevas válvulas reductoras de presión).

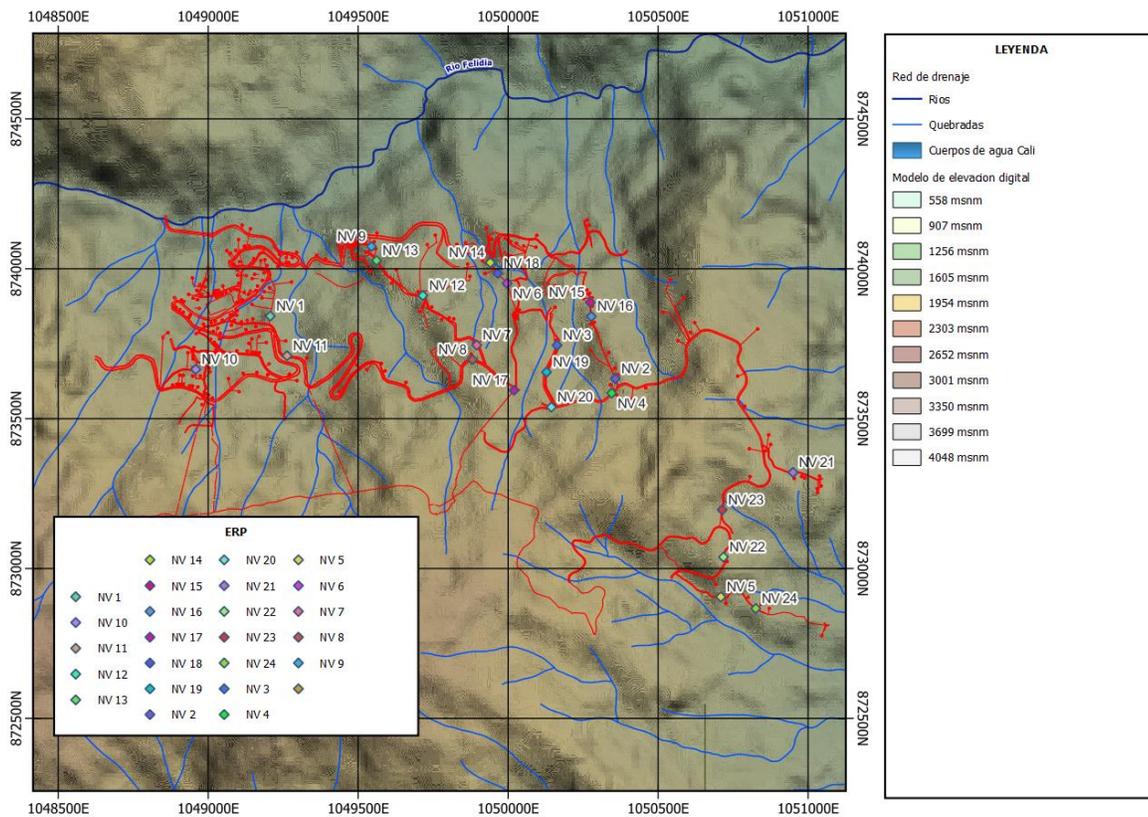


Figura 7. Mapa de ERP. Fuente: Elaboración propia.

También se da a conocer una tabla de coordenadas en metros de cada ERP que tienen como sistema de referencia Magna Sirgas 3115 Colombia West Zone. En caso de que se desee una visualización desde el servicio de Google Maps es necesario convertir las coordenadas al sistema EPSG 4326 WGS 84 en grados, minutos y segundos.

ID	X	Y
NV 1	1.049.206.404	873.842.975
NV 2	1.050.356.895	873.634.098
NV 3	1.050.162.459	873.745.721
NV 4	1.050.344.444	873585.67
NV 5	1.050.708.342	872.906.229
NV 6	1049995.676	873951.956



<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
NV 7	1049894.766	873746.228
NV 8	1049880.288	873697.727
NV 9	1049543.656	874075.142
NV 10	1048957.984	873665.152
NV 11	1049262.451	873710.468
NV 12	1049714.952	873911.527
NV 13	1049560.692	874028.254
NV 14	1049939.864	874021.305
NV 15	1050273.072	873888.769
NV 16	1050276.761	873841.636
NV 17	1050018.768	873595.225
NV 18	1049964.621	873985.255
NV 19	1050127.271	873655.997
NV 20	1050143.566	873539.341
NV 21	1050949.107	873321.451
NV 22	1050717.174	873039.135
NV 23	1050712.830	873196.363
NV 24	1050824.825	872867.533

**Tabla 2. Coordenadas de ERP. Fuente: Elaboración propia.**

En un contexto completo analizando las alternativas, no necesariamente se debe implementar un solo tipo de estructura para dar solución a la red de distribución y se puede tener en cuenta la implementación de ambas alternativas (tanques de compensación y ERP)

De acuerdo a lo observado en las modelaciones anteriormente ilustradas, se observaron velocidades mayores en la red mayores a 2.5 m/s en el ramal principal (diámetro de 4" línea 2, línea 6, línea 8, línea 16, línea 17; Según se denominan en el plano en AutoCAD suministrado) y se recomienda un aumento de diámetro en las líneas mencionadas a 6" para bajar las velocidades a 2.5 m/s.

En respuesta a la sugerencia del aprovechamiento de altas cabezas de presión para la obtención de energía eléctrica por parte de las sugerencias del evaluador; El artículo 103 del RAS resolución 0799 del año 2021 establece la necesidad de aprovechar las altas cabezas de presión únicamente al ingreso del



sistema de potabilización, para el caso de este proyecto las altas cabezas de presión en su aducción y conducción ya han sido controladas con VRP tal como lo expresa el documento suministrado “Manual de operación y mantenimiento PTAP para el corregimiento La Leonera”.

Por último, aclarar que, aunque la presentación de este proyecto en general únicamente contempla las ramas de la ingeniería civil como la hidráulica, estructuras y parcialmente la gestión de proyectos por el presupuesto presentado, se considera un estudio de prefactibilidad que permite reconocer si el corregimiento se puede permitir la inversión de recursos y tiempo en la realización del mismo identificando desafíos y oportunidades. Se recomienda hacer un estudio de factibilidad que involucre otras ramas de la ingeniería como la geotecnia y demás ramas que requiera el proyecto en su totalidad, de esta forma reducir la incertidumbre en la toma de decisiones en la inversión de tiempo y recursos.

## **8 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS DE CAJA ERP**

Dado que el sistema continua con el suministro de agua es importante que al momento de la instalación de las ERP el flujo del agua sea suspendido para poder llevar a cabo la instalación de la obra, en este punto será importante identificar las válvulas de cierre más cercanas aguas arriba y abajo de la zona de instalación de la ERP, drenar el agua que se encuentra en la zona de la construcción con la válvula de purga que se encuentre entre las dos válvulas de cierre o hidrante más cercano, en la medida de lo posible se considera necesaria una evacuación adecuada del agua, por lo tanto se propone drenar el agua a la red de alcantarillado a partir de un pozo húmedo y ayuda de una bomba sumergible.



Se debe dejar una escalera de paso sobre la tubería que permita de manera segura la operación e inspección de la ERP además de la tapa para el respectivo acceso a la caja.

Las paredes de los muros deben estar a más de 1 m de cualquier unión de tubería para facilitar la operación de la red dentro de la caja y las válvulas deberán tener una altura libre mayor o igual a 1.8 m. En la tabla a continuación se encuentran las dimensiones de la caja para la ERP, donde dependiendo del diámetro de las tuberías se determinarán entonces las dimensiones de longitud y ancho interno con las que deberá contar la caja.

<b>Diámetro nominal de tubería</b>		<b>Longitud Interna</b>	<b>Ancho Interno</b>
<b>Pulgadas</b>	<b>mm</b>	<b>m</b>	<b>m</b>
≤16	≤400	2,0	2,0
≤20	≤500	2,0	2,1
≤24	≤600	2,0	2,2
≤30	≤750	2,4	2,4
≤36	≤900	2,4	2,6
≤42	≤1000	2,4	2,8

Fuente: EAAB – ESP.

Una vez realizada la excavación y/o relleno para la cimentación de la caja es importante que el contratista verifique que el estrato de apoyo de la cimentación esté de acuerdo con las especificaciones técnicas además de verificar si el diseño de la geometría o las condiciones estructurales y geotécnicas se mantienen para cada caja de cada VRP propuesta.



La resistencia de concreto para las cajas debe ser como mínimo 4000 psi (28 MPa) con tamaño máximo de agregado de 3/8”.

Las escaleras de acceso deben ser resistentes a la corrosión y abrasión, estas pueden ser en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) o polipropileno y acero.

Los espesores de las paredes y placas deben estar en función de las luces libres y la altura con la que se diseñen las cajas. Si la luz y la altura libre son iguales o menores a 3.5 m los espesores mínimos de los muros y las placas deben ser de 0.2 m, en caso contrario los espesores deberán de ser como mínimo de 0.25 m.

El concreto de los muros de las cajas deberá ser fundido después de colocar exactamente en su lugar las tuberías y demás accesorios.

No se considera indispensable la construcción de pedestales que permitan soporte a la tubería dentro de la caja debido a que no se consideran diámetros superiores a 8 pulgadas.

## **9 ESTACION REGULADORA DE PRESION (ERP)**

La necesidad de implementar estaciones reguladoras de presión en el sistema de acueducto se da principalmente por los cambios topográficos que generan grandes cabezas de presión.

Una estación reductora de presión debe soportar los fenómenos físicos que se presentan a consecuencia de tener un líquido (agua) en permanente movimiento a través de ella, tales como: acumulación de aire, transporte de sedimentos y materiales pétreos, y de cualquiera otra índole que se introduzca en la tubería, principalmente cuando se presentan daños como red estallada, cavitación y golpe de ariete.



Debe, así mismo, tener una configuración tal, que sea posible hacer mantenimiento preventivo o correctivo sin que ello signifique dejar a la comunidad usuaria sin servicio. De acuerdo con el artículo 77 del RAS resolución 0799 del año 2021 los anclajes son necesarios para estabilizar las fuerzas actuantes en una tubería que permanece en contacto con la cámara (muros) donde será instalada, pues la tubería estará sometida a fuerzas hidrostáticas e hidrodinámicas generando empujes laterales y verticales.

Los principales elementos mecánicos que la conforman son: dos válvulas de guarda (cortina) por cada línea de la red que contenga una válvula reductora de presión; una o más válvulas reductoras de presión; un filtro aguas arriba de la válvula reductora de presión; uniones de desmontaje; pasamuros; dos ventosas: una aguas arriba y otra aguas abajo de la válvula reductora de presión; un by-pass con una válvula de globo y, cuando exista una sola línea de red con válvula reductora de presión, dos válvulas de Compuerta debidamente colocadas a lado y lado de la válvula de globo; dos tomas de presión con mangueras y un manómetro en cada una de ellas, y una caja metálica para contener los dos manómetros.

A continuación, es presentado un esquema general de la estación reguladora de presión que consta de dos ramales regulados (con VRP), los diámetros de estas válvulas serán del mismo con el que viene la red aguas arriba de donde sea instalada y no será necesario una reducción de diámetro en ninguna ERP,

por otro lado, el diámetro del segundo ramal (by-pass) deberá ser siempre menor al del ramal principal.

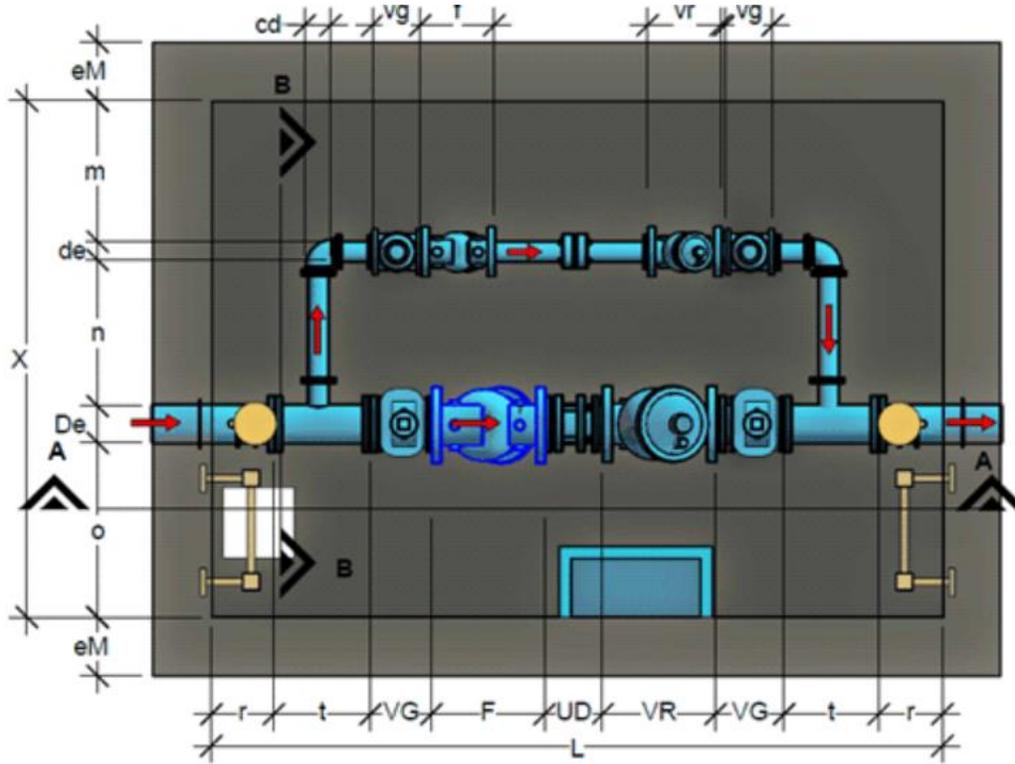


Figura 18. Esquema general de ERP.

A continuación, es explicado a detalle cada elemento de la ERP con todos los accesorios correspondientes para un correcto desempeño hidráulico de la red.



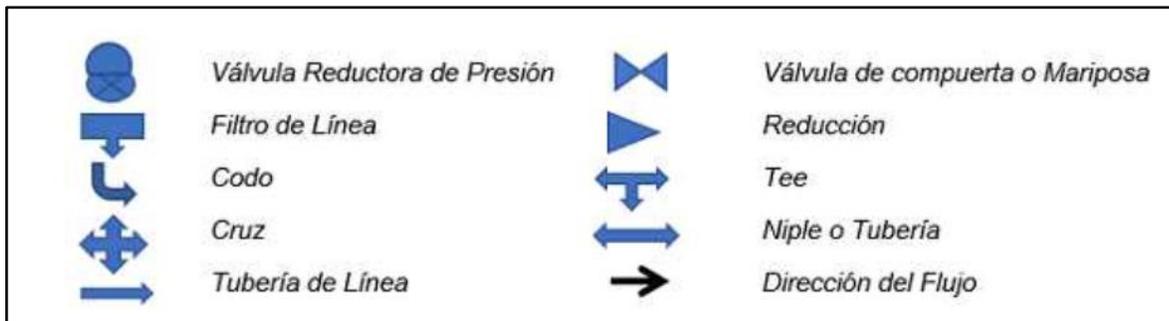


Figura 19. Accesorios ERP.

Fuente: EAAB -ESP

La tabla a continuación determina todos los coeficientes de pérdidas locales por la presencia de accesorios en la ERP.

ACCESORIO	Km	Cant.	$\Sigma$ Km	Cant.	$\Sigma$ Km
Tee - Flujo Bifurcado (Ag Ar)	1,5	1	1,5	1	1,5
Tee - Salida a 90° (Ag Ar)	1,8	0	0,0	0	0,0
Tee - Flujo Directo (Ag Ar)	0,6	0	0,0	0	0,0
Contracción (Ag Ar)	0,3	1	0,3	1	0,3
Codo - Suave de 90° - Bridado (Ag Ar)	0,4	1	0,4	1	0,4
Filtro:	5,0	1	5,0	1	5,0
Válvula de Cortina Abierta (Ag Ar)	0,2	1	0,2	1	0,2
Válvula de Control Hidráulico tipo Globo	6,0	1	6,0	1	6,0
Válvula de Control Hidráulico tipo "Y"	4,0	0	0,0	0	0,0
Válvula de Cortina Abierta (Ag Ab)	0,2	1	0,2	1	0,2
Codo - Suave de 90° - Bridado (Ag Ab)	0,4	1	0,4	1	0,4
Expansión (Ag Ab)	0,6	1	0,6	1	0,6
Tee - Flujo Bifurcado (Ag Ab)	1,5	1	1,5	1	1,5
Tee - Salida a 90° (Ag Ab)	1,8	0	0,0	0	0,0
Tee - Flujo Directo (Ag Ab)	0,6	0	0,0	0	0,0
( $\Sigma$ Km)			16,1		16,1



### 9.1 Derivación de By-pass

Utilizada para control de presiones aguas arriba y abajo de las válvulas mayores o igual a 16 pulg, aunque este no es el caso, también se deben instalar con el objetivo de poder continuar con el suministro de agua en caso de que se requiera mantenimiento de medidores de caudal y otros instrumentos. En el proceso de habilitar el paso de agua por el by-pass se deberá:

- Abrir válvula de guarda
- Abrir válvula de globo
- Permitir que la tubería se llene a ambos lados de la válvula principal (VRP)
- Abrir válvula principal (VRP)
- Cerrar válvula de globo

## 10 DISEÑO ESTRUCTURAL DE CAJA PARA INSTALACIÓN DE VRP

Se ha seleccionado una Válvula Reguladora de presión GAER PN16 (Ver Foto 7) o similares en el mercado colombiano. Esta elección se fundamenta en la capacidad de la misma para resistir las máximas cabezas de presión de agua que se están generando en el modelo, las cuales alcanzan los 149.15 mca. (Ver Figura 9).



Válvula GAER

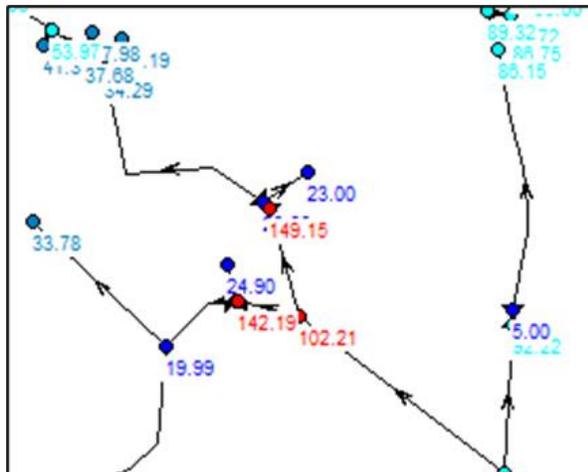


Figura 9. Máximas Presiones de modelo

Foto 7.

El objetivo del proyecto es implementar un sistema de doble válvula para garantizar la seguridad y evitar posibles daños en el sistema hidráulico. La implementación de este sistema redundante implica la necesidad de construir una caja de inspección de válvulas (ver Foto 8), la cual será una estructura en concreto con acero de refuerzo.

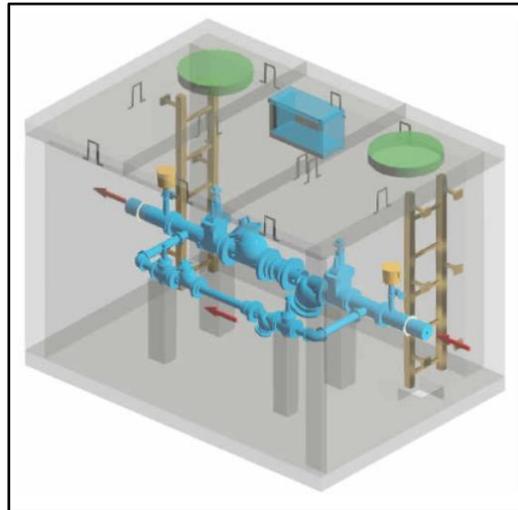


Foto 8. Caja para ERP. Tomado de: EAAB – ESP

Para la correcta ejecución de esta estructura, es fundamental realizar el cálculo de resistencias y cuantías de acero, conforme a lo estipulado por la Norma de Sismo Resistencia NSR-10 y la EAAB – ESP. Dicha normativa exige que todos los elementos de concreto cumplan con los parámetros establecidos para asegurar la integridad y durabilidad de la estructura, en la siguiente sección del informe, se procederá con el diseño detallado de la caja de inspección de válvulas, incluyendo todos los cálculos necesarios para garantizar que la estructura cumpla con los requisitos normativos y proporcione un rendimiento óptimo bajo las condiciones de presión máxima.

#### 10.1 Especificaciones de Diseño

Siguiendo la normativa NSR-10. A continuación, se presentan las características y parámetros considerados para el diseño estructural. Se ha definido la ocupación o uso del sistema como "almacenamiento", ya que este tipo de uso es adecuado cuando se trabaja con agua. La columna de agua de presión considerada es de 149.15 metros. Para la resistencia de concreto se ha decidido utilizar un

concreto con una resistencia de 21.0 MPa para garantizar la seguridad y durabilidad de la estructura, además de ser la mínima resistencia del concreto avalada por la norma.

La resistencia del acero seleccionada para el proyecto es de 420 MPa, lo cual proporciona la capacidad necesaria para soportar las cargas esperadas. Además, se han determinado las cuantías de refuerzo de acero específicas para los distintos elementos estructurales: la cuantía de columnas es del 2.5%, la cuantía balanceada ( $\rho_b$ ) es de 0.0213, la cuantía de vigas es de 0.0106 y la cuantía de viguetas es de 0.0085. Estas cuantías se calculan en función a las fórmulas planteadas por la norma NSR-10 Título C que aseguran que cada componente de la estructura tenga el refuerzo adecuado para soportar las cargas y esfuerzos a los que estará sometido.

<b>Especificaciones de Diseño</b>	
<i>Ocupacion o Uso</i>	<b>Almacenamiento</b>
<i>Columna de Agua de presion (m)</i>	<b>230.45 m</b>
<i>Resistencia Concreto Sugerido ( f'c )</i>	<b>2.3 MPa</b>
<i>Resistencia Concreto ( f'c )</i>	<b>21.0 MPa</b>
<i>Resistencia Acero ( fy )</i>	<b>420 MPa</b>
<i>Cuantia Columnas</i>	<b>2.5%</b>
<i>Cuantia Balanceada ( <math>\rho_b</math> )</i>	<b>0.0213</b>
<i>Cuantia Vigas</i>	<b>0.0106</b>
<i>Cuantia Viguetas</i>	<b>0.0085</b>

Tabla 3. Especificaciones de diseño tomado de Fuente: Propia

## 10.2 Avalúo de Cargas Losa Aligerada

Para el diseño de la losa aligerada de la caja de inspección de válvulas, se han determinado los parámetros de carga, los cuales se seleccionaron de acuerdo con el Título B de la NSR-10, que

especifica las cargas vivas y muertas. Estas cargas se basan en el Título B.3.4.1 para cargas vivas y en el Título B.4.2 y Título B.3.4.2 para cargas muertas, incluyendo el peso propio.

La carga muerta sobreimpuesta mínima por metro cuadrado considera varios componentes esenciales. La carga de peso propio es de 1.20 KN/m<sup>2</sup>, mientras que los muros aportan una carga adicional de 3.50 KN/m<sup>2</sup>. A esto se suman las cargas de alistado y ductos, que son de 0.50 KN/m<sup>2</sup> y 0.25 KN/m<sup>2</sup> respectivamente. Al combinar estos elementos, la carga muerta sobreimpuesta total asciende a 5.45 KN/m<sup>2</sup>. En cuanto a la carga viva mínima uniformemente distribuida, se ha considerado una carga de 5.00 KN/m<sup>2</sup> para el almacenamiento liviano.

<b>Avaluó de Cargas Losa</b>	
<b>Carga Muerta sobreimpuesta mínima por m<sup>2</sup></b>	
<i>Carga de peso propio</i>	<b>1.20 KN/m<sup>2</sup></b>
<i>Muros</i>	<b>3.50 KN/m<sup>2</sup></b>
<i>Alistado</i>	<b>0.50 KN/m<sup>2</sup></b>
<i>Ductos</i>	<b>0.25 KN/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga Muerta Sobreimpuesta</b>	<b>5.45 KN/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga Viva mínima uniformemente Dis. por m<sup>2</sup></b>	
<i>Almacenamiento Liviano</i>	<b>5.00 KN/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga Viva Sobreimpuesta</b>	<b>5.00 KN/m<sup>2</sup></b>

Tabla 4. Avaluó de Cargas tomado de Fuente: Propia

### 10.3 Predimensionamiento de Muro y Losa

En el Predimensionamiento de muros y losas, se han considerado los siguientes resultados, basados en las normativas de la NSR-10 y algunos supuestos para asegurar una buena maniobrabilidad del sistema.



La luz crítica se ha asumido en 150 cm para proporcionar suficiente espacio y maniobrabilidad dentro de la estructura. Esta luz representa la distancia libre entre los apoyos o los elementos estructurales principales.

En cuanto a la altura mínima de las vigas, se han considerado dos valores. La altura mínima sugerida es de 15.7 cm, basada en las prácticas de diseño común que aseguran la integridad estructural bajo cargas normales. Sin embargo, la normativa NSR-10 sugiere una fórmula la cual determina una altura mínima de 18.8 cm para garantizar que las vigas puedan soportar adecuadamente las cargas y esfuerzos a los que estarán sometidas, sin embargo, si esta altura es inferior a 25 cm, entonces se toma como altura mínima 25 cm, por lo cual se ha decidido que la altura de las vigas será de 25 cm.

La loseta, que es el componente de concreto que forma la superficie superior de la losa, tendrá una altura de 5 cm el cual es el mínimo. Las viguetas, que son elementos longitudinales que refuerzan la losa, tendrán una base de 10 cm el cual es mínimo establecido en la norma.

En cuanto a la separación de las viguetas, se ha calculado una separación teórica de 62.5 cm. Sin embargo, se ha ajustado esta separación a 65 cm para facilitar la construcción y asegurar una distribución uniforme de las cargas. La separación libre entre viguetas, conocida como CC (centro a centro), será de 55 cm, lo que permitirá una adecuada distribución de las cargas y mejorará la rigidez de la losa aligerada.

Estos parámetros y cálculos aseguran que el diseño de la losa y los muros cumpla con los requisitos normativos de la NSR-10, proporcionando la resistencia y durabilidad necesarias para la

estructura. Además, se ha tenido en cuenta la practicidad constructiva y la maniobrabilidad dentro del sistema, asegurando que la estructura sea funcional y segura.

<b>Predimensionamiento de Muro</b>	
<i>Luz Critica</i>	<b>150 cm</b>
<i>Altura Min Vigas Sugerida (h minima)</i>	<b>5.3 cm</b>
<i>Altura Min Vigas NCR-10 (h minima)</i>	<b>9.4 cm</b>
<i>Altura Vigas Escogida (h losa)</i>	<b>25 cm</b>
<i>Altura de Loseta</i>	<b>5 cm</b>
<i>Base Vigueta</i>	<b>10 cm</b>
<i>Separación Viguetas Teorica (S)</i>	<b>62.5 cm</b>
<i>Separación Viguetas (S)</i>	<b>65 cm</b>
<i>Separación Libre Viguetas (CC)</i>	<b>55 cm</b>

Tabla 5. Redimensionamiento de caja tomado de Fuente: Propia

#### 10.4 Fuerza horizontal equivalente

Las fuerzas horizontales se refieren a las cargas laterales generadas por la acción sísmica sobre una estructura. Estas fuerzas son el resultado de la aceleración producida por un sismo y actúan en sentido horizontal, generando sollicitaciones en los elementos estructurales.

La norma (NSR-10) establece que las fuerzas horizontales deben ser consideradas en el diseño estructural para garantizar la resistencia y estabilidad de la edificación durante un evento sísmico. Entonces es necesario determinar los factores adicionales requeridos para el cálculo de las fuerzas horizontales por piso. La norma establece que los movimientos sísmicos se caracterizan mediante los coeficientes de aceleración pico efectiva ( $A_a$ ) y velocidad pico efectiva ( $A_v$ ). Estos coeficientes se determinan a partir de una microzonificación sísmica específica para la ubicación del proyecto, en este



caso, la ciudad de Cali. Según dicha microzonificación, la amenaza sísmica en Yumbo se clasifica como alta, lo que resulta en valores de  $A_a$  y  $A_v$  de 0.25 cada uno, que se establecen en el estudio de suelos de este mismo proyecto.

De ahí pasamos a determinar el coeficiente de importancia, el cual es de 1 debido a que es una casa residencial no muy grande la que se está trabajando en este proyecto, de ahí pasamos a calcular el espectro de aceleración con la siguiente ecuación:

$$S_a = 2,5 * A_a * F_a * I$$

El cual nos dio un resultado de 0,8125, siguiendo a eso nos dirigimos de nuevo a la norma para hallar los valores de Alpha y  $C_t$ , los cuales se sacan de la siguiente tabla teniendo en cuenta que nuestro proyecto presenta unos pórticos de concreto reforzado, por lo que miramos el primer apartado:

**Tabla A.4.2-1**  
Valor de los parámetros  $C_t$  y  $\alpha$  para el cálculo del período aproximado  $T_a$

Sistema estructural de resistencia sísmica	$C_t$	$\alpha$
Pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.047	0.9
Pórticos resistentes a momentos de acero estructural que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas y que no están limitados o adheridos a componentes más rígidos, estructurales o no estructurales, que limiten los desplazamientos horizontales al verse sometidos a las fuerzas sísmicas.	0.072	0.8
Pórticos arriostrados de acero estructural con diagonales excéntricas restringidas a pandeo.	0.073	0.75
Todos los otros sistemas estructurales basados en muros de rigidez similar o mayor a la de muros de concreto o mampostería	0.049	0.75
Alternativamente, para estructuras que tengan muros estructurales de concreto reforzado o mampostería estructural, pueden emplearse los siguientes parámetros $C_t$ y $\alpha$ , donde $C_w$ se calcula utilizando la ecuación A.4.2-4.	$\frac{0.0062}{\sqrt{C_w}}$	1.00

Tabla No. 121 :Valor de los parámetros de  $C_t$  y Alpha NSR-10 CAP A.4.2-1.



De ahí calculamos el periodo aproximado, el cual se calcula con la siguiente formula:

$$T_a = C_t * 14,5^\alpha$$

El cual nos dio un valor de  $T_a=0,522$ , ya con ello y lo demás calculado anteriormente, se procedió a calcular el  $T_c$  el cual presenta la siguiente formula:

$$T_c = 0,48 * \frac{A_v * F_v}{A_a * F_a}$$

En el cual nos dio el resultado de  $T_c=0,702$

Gracias al programa, una vez modelado con respecto a los TC y TL, con el programa, calculamos las reacciones en la base ( $S_x$ ;  $S_y$ ) las cuales se ven evidenciadas en la siguiente tabla:

**PARAMETROS DE ESPECTRO DE RESPUESTA**



**E** Response Spectrum Function - Colombia NSR-10

Function Name: 

Function Damping Ratio:

**Parameters**

Effective Peak Acceleration,  $A_a$ :

Effective Peak Velocity,  $A_v$ :

Reduced Effective Peak Acceleration,  $A_e$ :

Eff. Peak Accel. for Damage Threshold,  $A_d$ :

Group of Use:

Amplification Factor for Acceleration,  $F_a$ :

Amplification Factor for Velocity,  $F_v$ :

**Define Function**

Period	Acceleration
0	0.8125
0.1	0.8125
0.2	0.8125
0.3	0.8125
0.4	0.8125
0.5	0.8125

**Plot Options**

Linear X - Linear Y

Linear X - Log Y

Log X - Linear Y

Log X - Log Y

**Function Graph**

## PARAMETROS DE MASA DE EDIFICACION $1CM + 0.25CV$

**E** Mass Source Data

Mass Source Name:

**Mass Source**

Element Self Mass

Additional Mass

Specified Load Patterns

Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:

This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:

This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

**Mass Multipliers for Load Patterns**

Load Pattern	Multiplier
c.V	0.25
c.V	0.25

**Mass Options**

Include Lateral Mass

Include Vertical Mass

Lump Lateral Mass at Story Levels



TABLE: Base Reactions												
Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	X	Y	Z
				kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	m	m	m
Sx	LinRespSpec	Max		2764.1754	378.4745	0.00002917	2709.1466	19709.1377	10668.723	0	0	-1.5
Sy	LinRespSpec	Max		440.2655	2764.1724	0.000008855	19598.6257	3152.0008	31909.5744	0	0	-1.5
Peso Sismico	Combination			-7.296E-07	0	4252.5513	14140.1728	-40794.1331	0.000004113	0	0	-1.5

Según la norma, estos valores de cortante debemos llevarla a que sean al menos las fuerzas horizontal equivalente  $V(t)$ , por ende, debemos sacar factores de corrección para cada cortante (x, y) los cuales fueron calculados realizando la respectiva división del valor de cortante sobre  $F_x$  y  $F_y$  calculados en ETABS respectivamente, estos valores de sismo deben cumplir la ecuación de:

$$Vb = 0.8 Sa * g * W$$

## 10.5 Cálculo de Carga Última

Para calcular la carga última en el elemento, primero necesitamos entender los conceptos básicos del diseño estructural. La carga última se calcula considerando los efectos combinados de las cargas muertas (peso propio de la estructura) y las cargas vivas (cargas externas como ocupantes, mobiliario, etc.).

- Cargas Muertas (CM): Son las cargas permanentes que actúan sobre la estructura. En este caso, se refiere al peso propio del muro y otros elementos estructurales.
- Cargas Vivas (CV): Son las cargas variables que actúan sobre la estructura, como el tráfico peatonal, muebles, equipos, etc.



El combo crítico mencionado consiste en una combinación de estas cargas, multiplicadas por sus respectivos factores de seguridad (1.2 para CM y 1.6 para CV), para obtener la última carga. El cálculo de la carga última, expresada en kilo newtons por metro (kN/m), se realiza sumando la carga muerta y la carga viva multiplicada por sus respectivos factores. Además, se determina el momento último ( $M_u$ ), que es el momento resistente máximo que puede soportar el elemento tomando un  $\phi$  de 0.9.

La base precisa ( $B$  precisa) se calcula teniendo en cuenta las cuantías de acero necesarias para garantizar la resistencia estructural, para ilustrarlo de manera muy simplificada, supongamos que tenemos un muro principal borde con una carga última ( $W_u$ ) de 32.03 kN/m y un momento último ( $M_u$ ) de 28.33 kNm. Además, se tiene una base estándar ( $B$ ) de 25 cm. Para simplificar, supongamos que las cuantías de acero requeridas ya se han calculado y se han determinado en 2.5%. Si la cuantía es del 2.5%, esto significa que 2.5 cm de cada 100 cm de la sección transversal estarán ocupados por acero. Por lo tanto, necesitamos ajustar la base estándar (25 cm) para incluir estos 2.5 cm adicionales de acero. Entonces, la base precisa del muro sería de 27.5 cm para acomodar el refuerzo de acero necesario y garantizar la resistencia estructural requerida.

<b>Calculo de Carga Ultima</b>							
<b>Elemento</b>	<b>Piso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ancho Aferente</b>	<b>Carga Ultima (<math>W_u</math>)</b>	<b>Momento Ultimo (<math>M_u</math>)</b>	<b>B precisa</b>	<b>Base (B)</b>
Muro Principal Borde (Eje 1 & Eje 2)	1	Normal	1.50 m	32.03 KN/m	28.33 KNm	22.34 cm	25 cm

Tabla 6. Carga Última tomado de Fuente: Propia

### 10.6 Chequeo de derivas

Pasamos con las derivas, que son los desplazamientos horizontales que ocurren en pisos consecutivos debido a las cargas sísmicas. Según las especificaciones del Título A de la normativa sismo resistente (NSR-10), estas mediciones, conocidas como derivas, representan el desplazamiento horizontal entre dos puntos de la estructura con respecto a una línea vertical. En el caso de estructuras de concreto reforzado, se establece un límite máximo de 1% para la deriva entre pisos consecutivos.

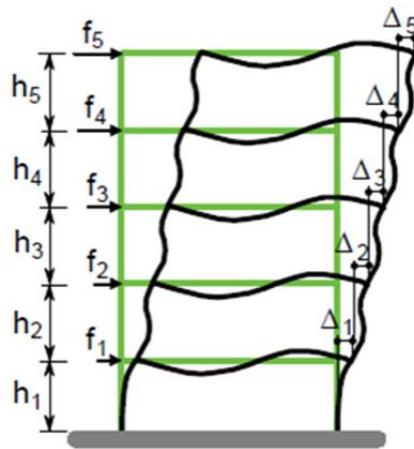


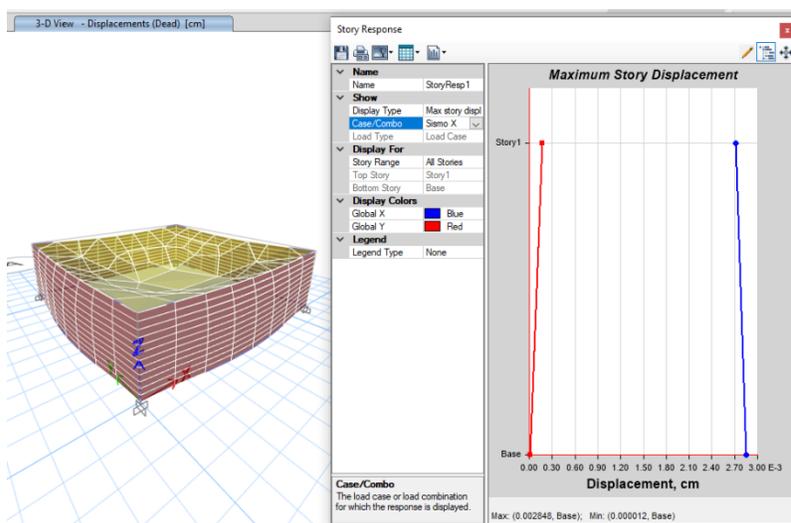
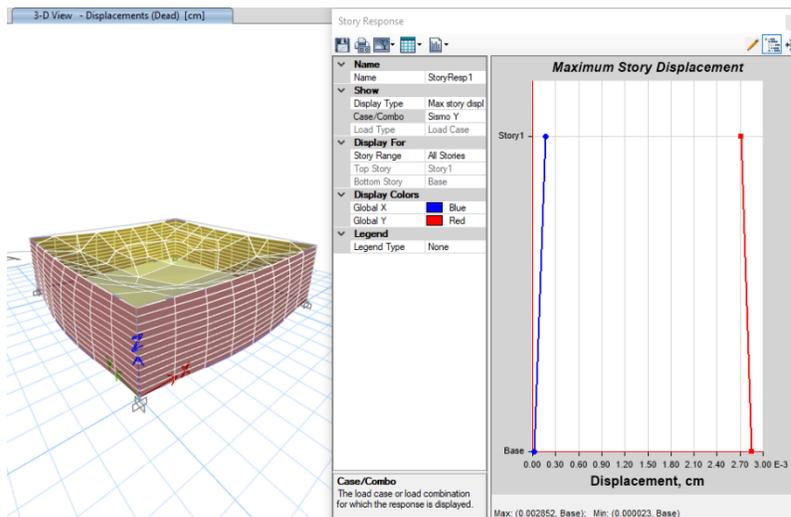
Figura No. 1 : Desplazamiento y deriva de una edificación

Para llevar a cabo esta evaluación, utilizamos el software Etabs, el cual nos permite obtener los desplazamientos relativos de cada nodo de la estructura, especialmente en el eje local "y". Este proceso se considera como el primer chequeo necesario antes de iniciar el diseño de la edificación, ya que nos brinda información crucial sobre la respuesta estructural frente a las cargas sísmicas y nos ayuda a

identificar posibles fallas o ajustes requeridos en el diseño para garantizar la estabilidad y seguridad del edificio.

Si este chequeo no se cumple, es necesario aumentar la rigidez de la estructura lo suficiente para reducir el desplazamiento horizontal, es decir, se deben implementar materiales de mayor resistencia, aumentar las dimensiones de los elementos verticales como columnas o muros, y en casos extremos, agregar nuevos elementos verticales.

### 10.7 Desplazamientos por sismo



De acuerdo con los datos arrojados por el software podemos evidenciar en la columna Drift porcentajes de derivas mayores a 1%, aunque no se sugiere realizar cambios al respecto por lo requerido.

### 10.8 Diseño Flexión Viga

El proceso de diseño por flexión de la viga en los ejes 1-2 ha sido llevado a cabo mediante un enfoque riguroso y detallado como parte del proyecto de grado en Ingeniería Civil. Se empleó un modelo tridimensional en Etabs para simular el comportamiento estructural, considerando las condiciones de carga y las características geométricas de la estructura. Para complementar la comprensión del análisis estructural, se adjuntan las siguientes imágenes:

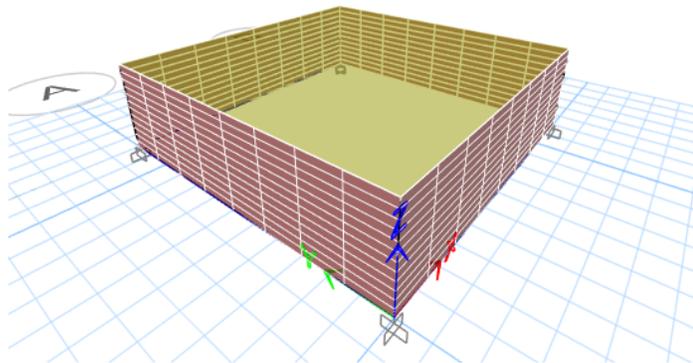


Figura 10. Modelo ETABS. Fuente: Propia

La primera muestra el modelo tridimensional desarrollado en Etabs, considerando las especificaciones geométricas del tramo A-B.

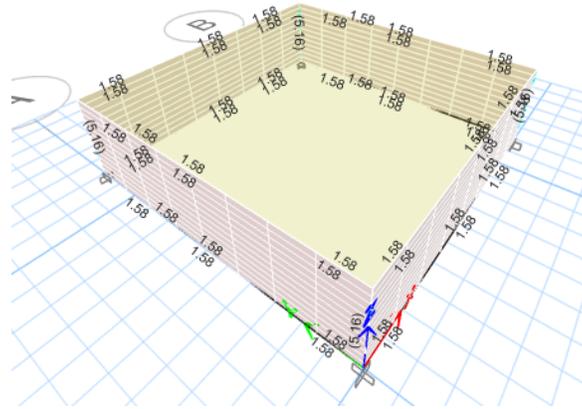


Figura 11. Modelo ETABS. Fuente: Propia

La segunda representa el modelo estructural con los aceros calculados por Etabs, mostrando la distribución y disposición de los refuerzos de acero necesarios para garantizar la resistencia y seguridad estructural.

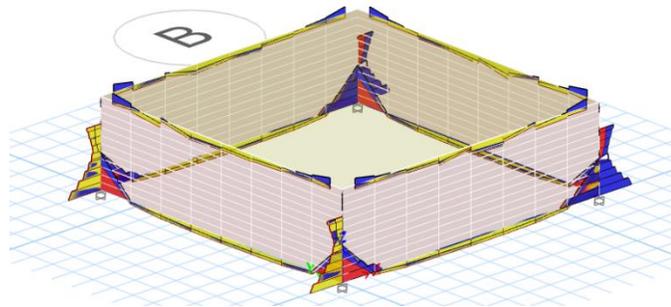


Figura 12. Modelo ETABS. Fuente: Propia



La tercera presenta un gráfico de momentos generado a partir del análisis estructural realizado en Etabs, proporcionando una representación visual de los momentos últimos en el tramo A-B, y facilitando la identificación de las zonas críticas que requieren refuerzo adicional. Estas imágenes proporcionan una comprensión más completa y visual del proceso de diseño por flexión de la viga, complementando la información presentada en el informe.

Inicialmente, se realizaron Pre-dimensionamiento preliminares, estableciendo una luz crítica de 300 cm, un espesor de losa aligerada de 25 cm y un espesor de muros de 25 cm. Este modelo se sometió a análisis de carga utilizando los combos de carga crítica especificados por las normativas pertinentes, con factores de carga de 1.2 para las cargas muertas y 1.6 para las cargas vivas, lo que permitió obtener los momentos últimos en el borde y en el centro del tramo A-B, parámetros críticos para el diseño por flexión de la viga. Con los resultados obtenidos del análisis estructural, se procedió al cálculo de los aceros necesarios para garantizar la resistencia y seguridad estructural requerida.

Los momentos últimos obtenidos fueron de 3.4000 kN en el centro y 2.8500 kN en el borde del tramo A-B. Se calculó la resistencia nominal ( $R_n$ ), la cuantía de acero ( $\rho$ ) y el área de acero requerida ( $A_s$  requerido), utilizando las fórmulas y criterios de diseño establecidos por las normativas de ingeniería estructural. Inicialmente se planteó emplear la cuantía mínima, sin embargo, los cálculos no chequearon con la mina, por consiguiente, se determinó que la resistencia requerida podría ser cubierta con 2 barras de acero del tipo #4.

Sin embargo, tras un análisis más detallado y considerando la idoneidad del tipo de barra, se decidió agregar una malla electrosoldada de 5 mm para proporcionar la resistencia necesaria de manera

más eficiente y económica. El cálculo detallado incluyó parámetros como el diámetro (D) y la separación (S) de las barras de acero, verificando que se cumplieran las condiciones de diseño requeridas para garantizar la integridad estructural y la seguridad del sistema. Finalmente, se evaluó el momento resistente nominal ( $\phi M_n$ ) y el Índice de Seguridad Estructural (ISE), confirmando que el diseño propuesto cumple con los criterios de resistencia y seguridad.

<b>Diseño Flexion Viga Eje 1-2</b>	
<i>Tramo</i>	<b>A-B</b>
<i>Mu Centro [kN]</i>	<b>3.4000</b>
<i>Mu Borde [kN]</i>	<b>2.8500</b>
<i>Rn [Mpa]</i>	<b>0.4186</b>
<i>Cuantia <math>\rho</math></i>	<b>0.0010</b>
<i>Cuantia minima</i>	<b>NO CHEQUEA</b>
<i>As requerido [cm<sup>2</sup>]</i>	
<i>Varilla seleccionada</i>	<b>#4</b>
<i>Numero de barras</i>	<b>2</b>
<i>As suministrado [cm<sup>2</sup>]</i>	<b>2.5800</b>
<i>D [cm]</i>	<b>1.2700</b>
<i>S [cm]</i>	<b>17.4600</b>
<i>Separacion minima</i>	<b>CHEQUEA</b>
<i>a [cm]</i>	<b>2.4282</b>
<i>c [cm]</i>	<b>2.8567</b>
<i>et</i>	<b>0.0170</b>
<i><math>\phi M_n</math> [kN-m]</i>	<b>30.1088</b>
<i>ISE</i>	<b>0.1129</b>

Tabla 7. Diseño Flexión tomado de Fuente: Propia

## 10.9 Especificaciones Técnicas y Planos

El resumen de las dimensiones calculadas para el dimensionamiento de la caja de inspección de la válvula incluye una luz crítica de 150 cm, una altura de losa aligerada de 25 cm, una altura de muros de 120 cm y un espesor de muros de 12 cm. Estas dimensiones son fundamentales para el diseño detallado

y la elaboración de los planos de la caja de inspección, asegurando que cumpla con los requisitos de resistencia y funcionalidad necesarios para su correcto funcionamiento en el proyecto de ingeniería civil.

<b>Dimensionamiento de Caja de Inspección de Valvula</b>	
<i>Luz Critica</i>	<b>150 cm</b>
<i>Altura de Losa Masisa</i>	<b>25 cm</b>
<i>Altura Muros</i>	<b>120 cm</b>
<i>Espesor Muros</i>	<b>25 cm</b>

Tabla 8. Dimensionamiento de caja tomado de Fuente: Propia

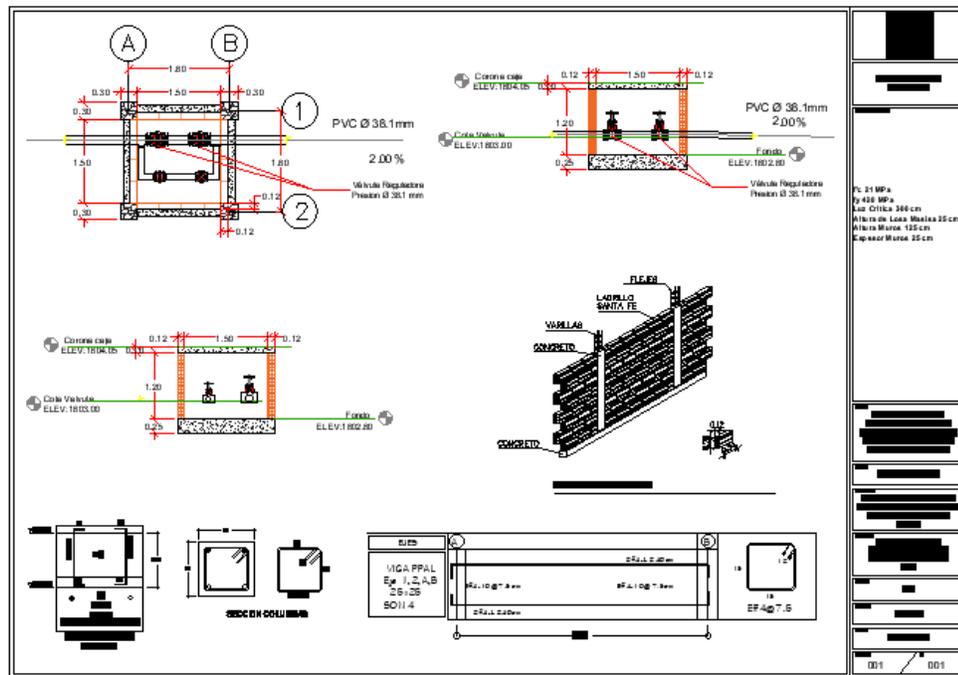


Figura 13. Planos de Caja de inspección Fuente: Propia

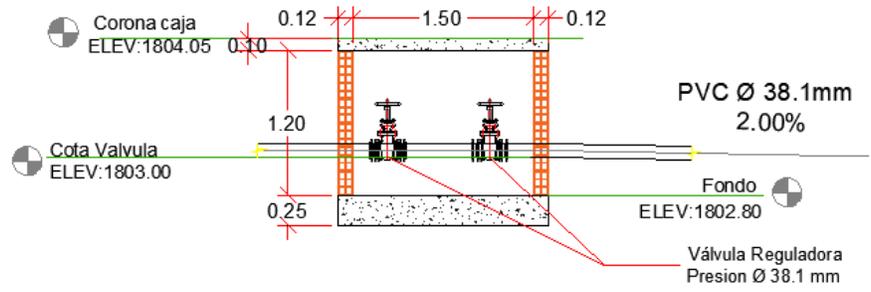


Figura 14 Vista Frontal de Caja de inspección Fuente: Propia

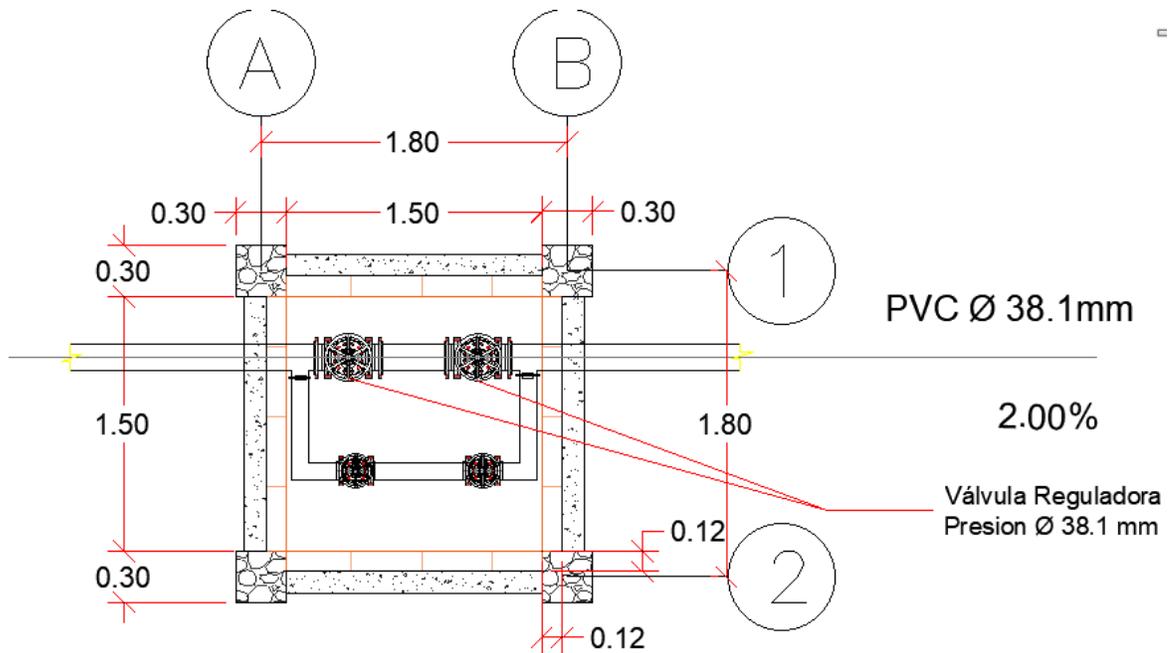


Figura 15 Vista Planta de Caja de inspección Fuente: Propia

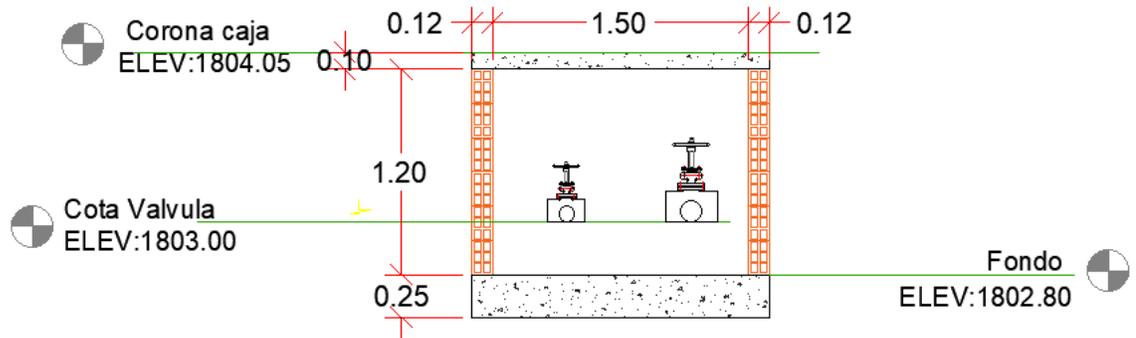


Figura 16 Vista Lateral de Caja de inspección Fuente: Propia

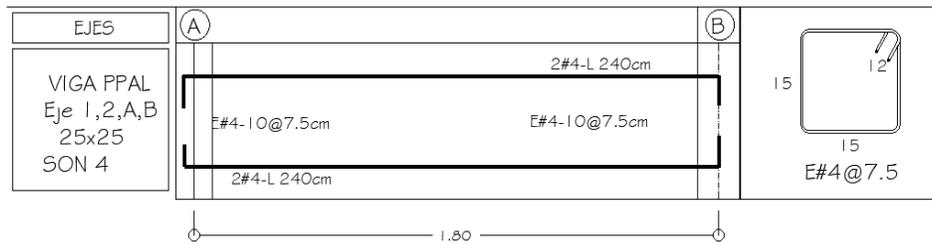


Figura 17. Despiece de Viga Fuente: Propia

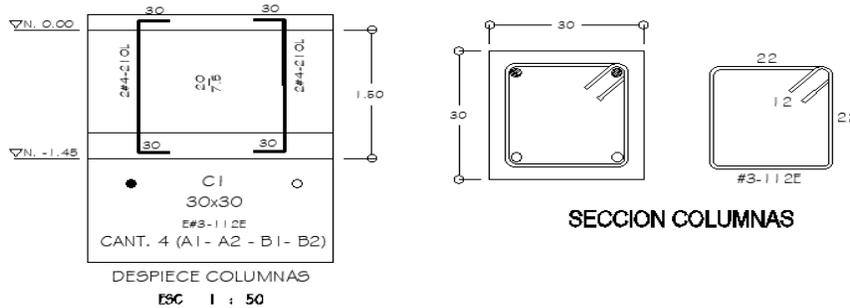


Figura 18. Despiece de Columna Fuente: Propia



En la Figura 19 se demuestra como la VRP permite la reducción de presiones a partir de la fórmula de perdidas locales que, dependiendo del grado de abertura varia, permitiendo mayor o menor regulación de la presión. Para esta demostración fue necesaria la velocidad de flujo en la tubería, por lo tanto, a partir de los datos de entrada (tomados de planos suministrados) como diámetro, material y pendiente fue posible encontrar la velocidad de flujo e incluso chequear el diseño realizado en estudios previos al actual, se aclara que únicamente se tomó en cuenta la tubería de Tanque De Almacenamiento 1 a Tanque De Almacenamiento 2 ya que es la que mayor pendiente tiene y se considera la más crítica en comparación con el resto de tubería pertenecientes a la red.

### **11 PRESUPUESTO**

La ejecución del proyecto se desarrollará en diciembre del 2024. Una vez finalizados los estudios de diseño, se procederá a la licitación de las obras, donde se seleccionará a la empresa constructora que se encargará de llevar a cabo los trabajos. El presupuesto del proyecto fue elaborado meticulosamente, considerando cada fase de la obra y los recursos necesarios para su ejecución. Se empleó un enfoque integral que abarca desde las actividades preliminares hasta la instalación de sistemas específicos, garantizando que cada aspecto esté adecuadamente presupuestado y justificado.

Para la confección del presupuesto, se utilizó el método de Análisis de Precios Unitarios (APU), que desglosa las actividades en términos de materiales, mano de obra, maquinaria y herramientas. Este enfoque permite una precisión en la estimación de costos y asegura que cada actividad refleje fielmente los recursos necesarios. Los APUs se complementaron con estudios de mercado y cotizaciones actuales para asegurar la exactitud de los precios.



**11.1 Caja de Estación Reguladora de Presión (ERP)**

SEGUNDA ENTREGA TRABAJO DE GRADO PRESUPUESTO DE OBRA INTERVENCIÓN DE ACUEDUCTO					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	M2	84	\$1,989.00	\$167,076.00
1.2	EXCAVACIONES MECANICA EN MATERIAL COMÚN SECO H< = 2.5M	M3	116.64	\$6,890.00	\$803,649.60
1.3	RETIRO DE MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN INCLUYE CARGUE MECANICA Y COSTOS DE DISPOSICIÓN A SITIO AUTORIZADO	M3	116.64	\$6,493.00	\$757,343.52
	<b>Sub-total</b>				<b>\$1,560,993.12</b>
<b>2</b>	<b>RELLENOS</b>				
2.1	RELLENO CON MATERIAL DE SITIO INCLUYE COMPACTACIÓN	M3	25.5	\$20,080.00	\$512,040.00
	<b>Sub-total</b>				<b>\$512,040.00</b>
<b>3</b>	<b>CONCRETOS Y REFUERZO</b>				
3.1	CONCRETO PARA CAJAS 3000PSI	M3	66.24	\$281,820.00	\$18,667,756.80
3.2	MORTERO DE PEGA 2200PSI	M3	1,296.00	\$235,200.00	\$304,819.20
3.3	MALLA ELECTROSOLDADA ESPECIAL 5mm 1.50x3.50	KG	1049.76	\$3,500.00	\$3,674,160.00
3.4	MALLA ELECTROSOLDADA ESPECIAL 5mm 1.80x3.50	KG	1259.52	\$3,500.00	\$4,408,320.00
3.5	ACERO CORRUGADO FIGURADO DE 1/2"	KG	2170.98	\$3,600.00	\$7,815,528.00
3.5	ACERO CORRUGADO RECTO DE 1/2"	KG	667.92	\$3,600.00	\$2,404,512.00
3.7	M.O CONCRETO Y ARMADO DE ACERO				
	<b>Sub-total</b>				<b>\$37,275,096.00</b>

<b>4</b>	<b>INSTALACIÓN DE VALVULAS Y ACCESORIOS</b>				
4.1	NIPLE PASAMUROS HD EXT. LISO L=0.50M (CON ANGULO DE ANCLAJE) 36"	UND	24	\$1,006,931.00	\$24,166,344.00
4.2	CODO PVC 90° C X C D=2"	UND	24	\$14,900.00	\$357,600.00
4.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TAPA EN LÁMINA ALFAJOR 2.5MM 1X3MTS	UND	72	\$317,700.00	\$22,874,400.00
	<b>Sub-total</b>				<b>\$47,398,344.00</b>
<b>5</b>	<b>INSTALACIÓN TUBERIAS</b>				
5.1	INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC PRESIÓN UP RDE 21 D=1"	ML	33.3	\$11,125.00	\$370,462.50
5.2	INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC PRESIÓN UP RDE 21 D=1 1/2"	ML	40.7	\$11,999.00	\$488,359.30
5.3	INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC PRESIÓN UP RDE 21 D=2"	ML	14.8	\$12,386.00	\$183,312.80
	<b>Sub-total</b>				<b>\$1,042,134.60</b>
<b>6</b>	<b>SUMINISTRO VALVULAS, TUBERIAS Y ACCESORIO CAJA</b>				
6.1	SUMINISTRO DE TUBERIA PVC PRESIÓN UP RDE 21 L=11.1M, D=1"	ML	33.3	\$5,316.67	\$177,045.00
6.2	SUMINISTRO DE TUBERIA PVC PRESIÓN UP RDE 21 L= 27M, D=1 1/2"	ML	40.7	\$14,900.00	\$606,430.00
6.3	SUMINISTRO DE TUBERIA PVC PRESIÓN UP RDE 21 L= 27M, D=2"	ML	14.8	\$16,650.00	\$246,420.00
6.4	VALVULA REDUCTORA DE PRESION PRE AJUSTABLES	UND	24	\$366,101.00	\$8,786,424.00
6.5	UNIÓN DE REPARACIÓN PVC PRESIÓN 1 1/2"	UND	19	\$1,230.44	\$23,378.36
6.6	UNIÓN DE REPARACIÓN PVC PRESIÓN 2"	UND	15	\$2,015.91	\$30,238.65
	<b>Sub-total</b>				<b>\$9,869,936.010</b>

<b>7</b>	<b>SUMINISTRO DE LADRILLOS</b>				
7.1	LADRILLOS 24*9*12 ENTEROS	UND	1575.428571	\$1,081.00	\$ 1,703,038.29
7.2	LADRILLOS 24*9*12 MITAD	UND	548.5714286	\$1,405.30	\$ 770,907.43
	<b>Sub-total</b>				<b>\$2,473,945.714</b>
	<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>				<b>\$100,132,489.444</b>



**11.2 Tanques de compensación**

CAPITULO:	1.00	PRELIMINARES				
ÍTEM:	1.10	LOCALIZACION Y REPLANTEO			UNIDAD:	M3
<b>I. EQUIPO</b>						
Descripción		Tarifa Hora	Rendimiento	Valor Unitario		
HERRAMIENTA MENOR		5%		\$ 123.00		
SUB-TOTAL						\$ 123.00
<b>II. MATERIALES EN OBRA</b>						
Descripción		Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Valor Unitario	
SUB-TOTAL						\$ 0.00
<b>III. TRANSPORTES</b>						
Material	Vol-Pes-Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor Unitario	
SUB-TOTAL						\$ 0.00
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
Trabajador	Cantidad	Jornal	Pretaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unitario
OFICIAL	1	\$ 90,000.00	180%	\$ 162,000.00	110.00	\$ 1,473.00
AYUDANTE	1	\$ 60,000.00	180%	\$ 108,000.00	110.00	\$ 982.00
SUB-TOTAL						\$ 2,455.00
TOTAL COSTO DIRECTO						\$ 2,578.00

CAPITULO:	2.00	RELLENOS				
ÍTEM:	2.10	RELLENO CON MATERIAL DE SITIO INCLUYE COMPACTACIÓN			UNIDAD:	M3
<b>I. EQUIPO</b>						
Descripción		Tarifa Hora	Rendimiento	Valor Unitario		
HERRAMIENTA MENOR		5%		\$ 123.00		
VIBROCOMPACTADOR		\$ 110,000	15.000	\$ 7,333.00		
RETROEXCAVADORA DE LLANTAS		\$ 125,000.00	20.000	\$ 6,250.00		
SUB-TOTAL						\$ 123.00
<b>II. MATERIALES EN OBRA</b>						
Descripción		Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Valor Unitario	
SUB-TOTAL						\$ 0.00
<b>III. TRANSPORTES</b>						
Material	Vol-Pes-Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor Unitario	
SUB-TOTAL						\$ 0.00
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
Trabajador	Cantidad	Jornal	Pretaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unitario
OFICIAL	1	\$ 90,000.00	180%	\$ 162,000.00	110.00	\$ 1,473.00
AYUDANTE	1	\$ 60,000.00	180%	\$ 108,000.00	110.00	\$ 982.00
SUB-TOTAL						\$ 2,455.00
TOTAL COSTO DIRECTO						\$ 2,578.00



CAPITULO:	3.00	TANQUE DE COMPENSACIÓN				
ITEM:	3.10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TANQUE DE AGUA COLEMPAQUES CONICO 5000 LITROS NEGRO	UNIDAD:	UND		
<b>I. EQUIPO</b>						
Descripción		Tarifa Hora	Rendimiento	Valor Unitario		
HERRAMIENTA MENOR		5%		\$ 123.00		
SUB-TOTAL				\$ 123.00		
<b>II. MATERIALES EN OBRA</b>						
Descripción		Unidad	Precio Unit.	Cantidad	Valor Unitario	
TANQUE DE AGUA COLEMPAQUES CONICO 5000 LITROS		UND	\$ 3,529,900.00	1.00	\$ 3,529,900.00	
SUB-TOTAL				\$ 3,529,900.00		
<b>III. TRANSPORTES</b>						
Material	Vol-Pes-Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor Unitario	
SUB-TOTAL				\$ 0.00		
<b>IV. MANO DE OBRA</b>						
Trabajador	Cantidad	Jornal	Pretaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor Unitario
OFICIAL	1	\$ 90,000.00	180%	\$ 162,000.00	110.00	\$ 1,473.00
AYUDANTE	1	\$ 60,000.00	180%	\$ 108,000.00	110.00	\$ 982.00
SUB-TOTAL				\$ 2,455.00		
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 3,532,478.00		

ENTREGA FINAL					
PRESUPUESTO DE OBRA INTERVENCIÓN DE ACUEDUCTO					
TANQUES DE COMPENSACION					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	M3	205.27	\$2,578.00	\$529,190.35
1.2	EXCAVACIONES MECANICA Y RETIRO EN MATERIAL COMÚN SECO H< = 2.5M	M3	205.27	\$38,497.00	\$7,902,343.25
	<b>Sub-total</b>				<b>\$7,902,343.25</b>
<b>2</b>	<b>RELLENOS</b>				
2.1	RELLENO CON MATERIAL DE SITIO INCLUYE COMPACTACIÓN	M3	21	\$2,578.00	\$54,138.00
	<b>Sub-total</b>				<b>\$54,138.00</b>
<b>3</b>	<b>TANQUE DE COMPENSACIÓN</b>				
3.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TANQUE DE AGUA COLEMPAQUES CONICO 5000 LITROS	M3	20	\$3,532,478.00	\$70,649,560.00
	<b>Sub-total</b>				<b>\$70,649,560.00</b>
<b>4</b>	<b>INSTALACIÓN DE VALVULAS Y ACCESORIOS</b>				
4.1	VALVULA DE BOLA 2"	UND	20	\$44,500.00	\$890,000.00
4.2	VALVULA DE MARIPOSA 2"	UND	20	\$52,000.00	\$1,040,000.00
4.3	CODO PVC 90° C X C D=2"	UND	20	\$14,900.00	\$298,000.00
	<b>Sub-total</b>				<b>\$2,228,000.00</b>
<b>5</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULAS, TUBERIAS Y ACCESORIO CAJA</b>				
5.2	SUMINISTRO DE TUBERIA PVC PRESIÓN UP RDE 21 L= 27M, D=1 1/2"	ML	20	\$14,900.00	\$298,000.00
5.3	SUMINISTRO DE TUBERIA PVC PRESIÓN UP RDE 21 L= 27M, D=2"	ML	20	\$16,650.00	\$333,000.00
5.4	UNIÓN DE REPARACIÓN PVC PRESIÓN 1 1/2"	UND	19	\$1,230.44	\$23,378.36
5.5	UNIÓN DE REPARACIÓN PVC PRESIÓN 2"	UND	15	\$2,015.91	\$30,238.65
	<b>Sub-total</b>				<b>\$684,617.010</b>
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>					<b>\$81,518,658.258</b>



Los presupuestos ofrecen una visión clara y detallada del costo total del proyecto para cada una de las alternativas, respaldado por análisis minuciosos y datos actualizados, proporcionando una base sólida para la gestión financiera y la ejecución del proyecto.

## **12 CRONOGRAMA**

### **12.1 Caja de Estación Reguladora de Presión (ERP)**

La ejecución del proyecto se desarrollará en diciembre del 2024. Una vez finalizados los estudios de diseño, se procederá a la licitación de las obras, donde se seleccionará a la empresa constructora que se encargará de llevar a cabo los trabajos. Los trabajos de construcción comenzarán con la preparación del terreno y la excavación de las zanjas para la instalación de las tuberías. Posteriormente, se

construirán las cámaras de las válvulas rompe presión, siguiendo las especificaciones técnicas establecidas en el proyecto.

A medida que avancen las obras, se realizará un seguimiento riguroso de las mismas para garantizar que se cumplan los plazos y los estándares de calidad establecidos. Al finalizar la construcción, se llevarán a cabo pruebas hidráulicas para verificar el correcto funcionamiento del sistema. Si los resultados de las pruebas son satisfactorios, se procederá a la puesta en marcha definitiva del sistema, lo que permitirá mejorar significativamente la eficiencia y la seguridad del suministro de agua en la zona.

De manera más detalla el cronograma quedaría de la siguiente manera, el proyecto comenzará el 1 de diciembre de 2024 con la gestión de permisos y licencias, incluyendo la solicitud y aprobación de



licencias ambientales y la revisión del diseño por parte de las entidades reguladoras, lo cual tomará aproximadamente 20 días. Paralelamente, se realizará la etapa preliminar, que incluye la localización y replanteo del terreno, seguida de las excavaciones mecánicas y la disposición del material, actividades previstas para completarse en un lapso de 13 días. Posteriormente, se procederá con los trabajos de relleno y compactación, programados para finalizar el 19 de diciembre de 2024. La construcción de las cajas rompe-presión, compuesta por el refuerzo y armado de acero, el vaciado de concreto y los acabados, se ejecutará desde el 20 de diciembre de 2024 hasta el 23 de enero de 2025. Simultáneamente, se avanzará con la instalación de las tuberías y válvulas rompe-presión entre el 24 de enero y el 3 de marzo de 2025, asegurando que estas estructuras reduzcan la presión en el sistema de gravedad. Finalmente, se realizarán pruebas hidráulicas, ajustes finales y la entrega oficial del proyecto, actividades que concluirán el 19 de marzo de 2025. Este cronograma permite una ejecución eficiente,



priorizando el inicio de las obras críticas antes de la temporada de lluvias, garantizando así el cumplimiento de los plazos establecidos.

Fase	Actividad	Duración	Inicio	Fin	Personal
<b>0. Gestión de Permisos y Licencias</b>	Solicitud y aprobación de licencias y permisos ambientales	20 días	1-dic-24	20-dic-24	1 Ingeniero Residente, 1 Asesor Jurídico
	Revisión del diseño por entidades reguladoras	10 días	11-dic-24	20-dic-24	1 Ingeniero Supervisor
<b>1. Preliminares</b>	Localización y replanteo	3 días	1-dic-24	3-dic-24	1 Ingeniero, 2 Topógrafos
	Excavación mecánica y disposición de material	10 días	4-dic-24	13-dic-24	1 Operador, 2 Ayudantes, 1 Camión
<b>2. Rellenos</b>	Relleno y compactación con material de sitio	5 días	14-dic-24	19-dic-24	1 Operador, 2 Ayudantes, 1 Compactador
<b>3. Construcción de Cajas</b>	Refuerzo y amado de acero para cajas	10 días	20-dic-24	30-dic-24	1 Maestro de Obra, 2 Ayudantes
	Colocación de concreto en cajas	15 días	2-ene-25	18-ene-25	1 Maestro de Obra, 2 Ayudantes
	Acabados de cajas rompe-presión	5 días	19-ene-25	23-ene-25	1 Maestro de Obra, 2 Ayudantes
<b>4. Instalación de Tuberías y Accesorios</b>	Instalación de tuberías PVC	20 días	24-ene-25	12-feb-25	1 Técnico en Instalaciones, 2 Ayudantes
	Instalación de válvulas rompe-presión	15 días	13-feb-25	3-mar-25	1 Técnico en Instalaciones, 2 Ayudantes
<b>5. Pruebas y Ajustes Finales</b>	Pruebas hidráulicas y ajustes	10 días	4-mar-25	14-mar-25	1 Ingeniero Hidráulico, 1 Técnico
	Entrega final	5 días	15-mar-25	19-mar-25	1 Ingeniero Supervisor

## 12.2 Tanques de compensación

La ejecución del proyecto se desarrollará en diciembre del 2024. Una vez finalizados los estudios de diseño, se procederá a la licitación de las obras, donde se seleccionará a la empresa constructora que se encargará de llevar a cabo los trabajos. Los trabajos de construcción comenzarán con la preparación del terreno y la excavación de las zanjas para la instalación de las tuberías. Posteriormente, se construirán las cámaras de las válvulas rompe presión, siguiendo las especificaciones técnicas establecidas en el proyecto.



A medida que avancen las obras, se realizará un seguimiento riguroso de las mismas para garantizar que se cumplan los plazos y los estándares de calidad establecidos. Al finalizar la construcción, se llevarán a cabo pruebas hidráulicas para verificar el correcto funcionamiento del sistema. Si los resultados de las pruebas son satisfactorios, se procederá a la puesta en marcha definitiva del sistema, lo que permitirá mejorar significativamente la eficiencia y la seguridad del suministro de agua en la zona.

De manera más detallada, el cronograma quedará de la siguiente manera: el proyecto comenzará el 1 de diciembre de 2024 con la gestión de permisos y licencias, incluyendo la solicitud y aprobación de licencias ambientales y la revisión del diseño por parte de las entidades reguladoras, lo cual tomará aproximadamente 20 días. Paralelamente, se realizará la etapa preliminar, que incluye la localización y replanteo del terreno, seguida de las excavaciones mecánicas y la disposición del material, actividades previstas para completarse en un lapso de 13 días.

Posteriormente, se procederá con los trabajos de relleno y compactación, programados para finalizar el 19 de diciembre de 2024. La construcción de las cajas rompe-presión, compuesta por el refuerzo y armado de acero, el vaciado de concreto y los acabados, se ejecutará desde el 20 de diciembre de 2024 hasta el 23 de enero de 2025. Simultáneamente, se avanzará con la instalación de las tuberías y válvulas rompe-presión entre el 24 de enero y el 3 de marzo de 2025, asegurando que estas estructuras reduzcan la presión en el sistema de gravedad. Finalmente, se realizarán pruebas hidráulicas, ajustes finales y la entrega oficial del proyecto, actividades que concluirán el 19 de marzo de 2025. Este cronograma permite una ejecución eficiente, priorizando el inicio de las obras críticas antes de la temporada de lluvias, garantizando así el cumplimiento de los plazos establecidos.



Fase	Actividad	Duración	Inicio	Fin	Personal
<b>0. Gestión de Permisos y Licencias</b>	Solicitud y aprobación de licencias y permisos ambientales	20 días	1-dic-24	20-dic-24	1 Ingeniero Residente, 1 Asesor Jurídico
	Revisión del diseño por entidades reguladoras	10 días	11-dic-24	20-dic-24	1 Ingeniero Supervisor
<b>1. Preliminares</b>	Localización y replanteo	3 días	1-dic-24	3-dic-24	1 Ingeniero, 2 Topógrafos
	Excavación mecánica y disposición de material	10 días	4-dic-24	13-dic-24	1 Operador, 2 Ayudantes, 1 Camión
<b>2. Rellenos</b>	Relleno y compactación con material de sitio	5 días	14-dic-24	19-dic-24	1 Operador, 2 Ayudantes, 1 Compactador
<b>3. Instalación tanque de compensación</b>	suministro e instalacion de tanque de agua colempaques conico 5000 litros negros	20 días	19-dic-24	9-ene-25	1 Maestro de Obra, 2 Ayudantes
<b>4. Instalación de Tuberías y Accesorios</b>	Instalación de valvulas de entrada y salida	20 días	9-ene-25	30-ene-25	1 Técnico en Instalaciones, 2 Ayudantes
	Instalación de codos PVC 90 cxc 2"	15 días	30-ene-25	15-feb-25	1 Técnico en Instalaciones, 2 Ayudantes
<b>5. Pruebas y Ajustes Finales</b>	Pruebas hidráulicas y ajustes	10 días	15-feb-25	25-feb-25	1 Ingeniero Hidráulico, 1 Técnico
	Entrega final	5 días	25-feb-25	2-mar-25	1 Ingeniero Supervisor

### 13 CONCLUSIONES

Se realizó la evaluación de presiones actual con un modelo en EPANET especificando diámetros de tubería, elevaciones de cada nodo y válvulas, a partir de la identificación de zonas de sobre presión se evaluó 3 diferentes alternativas para mitigar las sobre presiones identificadas con 5 diferentes criterios y a partir de una matriz de decisión se decidió implementar válvulas reguladoras de presión que permitan la rehabilitación de la red de distribución del corregimiento La Leonera en Valle del Cauca.

#### 13.1 Recomendaciones adicionales para correcto funcionamiento de la red de acueducto

A partir de la revisión de perfiles en la planimetría suministrada, no se tiene certeza de la existencia de válvula ventosa en la primer parte de la red porque no se encuentra ilustrada, por lo tanto, se recomienda localizar válvula ventosa en el perfil identificado como Línea 16 (conducción tanque principal a distribución) al menos en dos puntos clave donde se identifica cambios de pendientes de al



menos 45 grados en la vertical, estos puntos son aproximadamente en

las abscisas K0 + 880 y K1+ 260. El objetivo de la instalación de estas válvulas es:

- Mejor de la eficiencia hidráulica
- Prevención de golpe de ariete
- Protección de la integridad de la tubería