GOBERNACIÓN DE ARAUCA

CONSTRUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ANALISIS Y DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ACUEDUCTO DEL BARRIO COFAVI

JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA

INGENIERO CIVIL – ESPECIALISTA EN INGENIERIA HIDRAULICA Y AMBIENTAL

C.C 80.109.920

25202-143899 CND

DEPARTAMENTO DE ARAUCA
MUNICIPIO DE SARAVENA
MAYO 2026

TABLA DE CONTENIDO **1**
LISTA DE ILUSTRACIONES **3**
LISTA DE TABLAS **4**
INTRODUCCION **5**
1. ALCANCE 6
2. DESCRIPCION GENERAL 6
2.1. Estudios existentes 7
2.2. Ubicación geográfica municipio de Saravena 7
2.3. Ubicación del barrio El Cofavi 8
3. DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO 8
3.1. Descripción del sistema 8
3.2. Dotación neta 9
3.3. Porcentaje de perdidas 9
3.4. Dotación bruta 9
3.5. Caudal medio diario 9
3.6. Caudal maximo diario 9
3.7. Caudal maximo horario 10
3.8. Demanda en hidrantes 10
4. CHEQUEO DE LA RED EXISTENTE 10
4.1. Censo de usuarios del sector 11
4.2. Cálculo de caudales red existente 12
4.3. Escenarios de diseño red existente 16
4.4. Presiones de red Existente en punto de empalme 17
4.5. Modelación de la red de acueducto existente 18
5. PROPUESTA TÉCNICA DE REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA 23
6. CHEQUEO DE LA RED PROYECTADA 24
6.1. Cálculo de caudales 25
6.2. Escenarios de diseño red proyectada 29
6.3. Presiones de red Existente en punto de empalme 30
6.4. Modelación de la red de acueducto proyectada 30
7. ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS 33
CONCLUSIONES **35**

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización Municipio de Saravena 7

Ilustración 2. Ubicación del barrio El Cofavi en el Municipio de Saravena. ... 8

Ilustración 3. Plano de trazado red existente tramos de tubería red existente. 11

Ilustración 4. Diagrama de patrón de consumo 18

Ilustración 5. Ajuste de valores por defecto 19

Ilustración 6. Trazado de nodos y tubería 19

Ilustración 7. Cargue de Coeficientes de Consumo 20

Ilustración 8. Incorporación de Demanda base en cada Nodo 20

Ilustración 9. Modelación escenario 2 en EPANET red existente 21

Ilustración 10. Plano de trazado red existente tramos de tubería red proyectada 24

Ilustración 11. Trazado de nodos y tubería 30

Ilustración 12. Modelación escenario 2 en EPANET red existente 31

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo de Qmd por tramos de tubería red existente..... 12
Tabla 2. Repartición media de Qmd por nodos red existente..... 14
Tabla 3. Repartición media de Qmd por nodos red existente..... 15
Tabla 4. Escenarios de diseño por nodos red existente 16
Tabla 5. Datos de toma de presiones red existente..... 17
Tabla 6. Cálculo de Qmd por tramos de tubería red proyectada 25
Tabla 7. Repartición media de Qmd por nodos red proyectada..... 27
Tabla 8. Repartición media de Qmd por nodos red proyectada..... 28
Tabla 9. Escenarios de diseño por nodos red existente 29

INTRODUCCION

El municipio de Saravena, como uno de los principales centros urbanos del departamento de Arauca, ha experimentado un crecimiento demográfico sostenido en los últimos años, impulsado por dinámicas migratorias y sociales que han derivado en una expansión urbanística considerable. Este crecimiento exige que la infraestructura de servicios públicos evolucione al mismo ritmo para garantizar la calidad de vida de sus habitantes.

En este contexto, la Empresa de Servicios Públicos ECAAAS ESP, en articulación con la Administración Municipal y el Departamento de Arauca, tiene la responsabilidad de asegurar la eficiencia en la prestación del servicio de agua potable. Para ello, es imperativo que las redes de distribución no solo cumplan con la cobertura, sino con los lineamientos técnicos y normativos vigentes, especialmente lo estipulado en la Resolución 0330 de 2017 (RAS) y el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT).

El Barrio COFAVI cuenta actualmente con una red de acueducto que, debido al paso del tiempo y al crecimiento del sector, requiere una evaluación profunda frente a las nuevas necesidades técnicas. Por lo tanto, se hace necesario contrastar la infraestructura actual con una nueva propuesta de optimización de redes que mejore las condiciones de presión, caudal y la durabilidad del sistema.

El presente documento tiene como objetivo presentar el Análisis Comparativo y Diseño Hidráulico de la Red de Acueducto para el barrio COFAVI. Este informe detalla el estado de la red existente y justifica técnicamente la implementación de la nueva tubería proyectada.

1. ALCANCE

El presente proyecto contempla el análisis comparativo y el diseño de la red de distribución de acueducto para el barrio COFAVI, ubicado en el municipio de Saravena, Arauca. Este estudio se desarrolla con el fin de evaluar la suficiencia técnica de la infraestructura existente frente a la nueva red propuesta, tomando como base los puntos de conexión autorizados por la red de distribución de la empresa ECAAAS ESP.

El presente documento se enfoca en el dimensionamiento, trazado y contraste técnico de los materiales y diámetros de la red dentro del área delimitada del barrio COFAVI. El alcance incluye la verificación del cumplimiento normativo de la red proyectada respecto a la red actual, especialmente en lo referente a diámetros mínimos y presiones de servicio, sin incluir modificaciones o evaluaciones sobre el comportamiento hidráulico de la red matriz externa del municipio.

2. DESCRIPCION GENERAL

El diseño hidráulico para el barrio COFAVI se fundamenta en el cumplimiento de la Resolución 0330 de 2017 (RAS), la cual deroga y actualiza los criterios del RAS 2000, estableciendo las condiciones vigentes para el diseño, construcción y operación de sistemas de acueducto en Colombia.

A continuación, se describen los ejes centrales del diseño, contrastando la infraestructura Existente frente a la Propuesta:

- **Proyección de la Demanda**

  Se han realizado proyecciones de demanda considerando el crecimiento demográfico de Saravena y el uso de suelo específico del barrio COFAVI.

  - Red Existente: Calculada para una población menor, presenta diámetros insuficientes para el consumo actual.
  - Red Propuesta: Ajustada a una dotación neta máxima de 120 L/hab·día (según nivel de complejidad y clima cálido), garantizando el suministro para los próximos 25 años.

- **Presiones de Servicio (Rangos Normativos)**

  El diseño asegura que la red propuesta opere dentro de los límites legales, a diferencia de la red actual que presenta caídas de presión críticas:

  - Presión Mínima: Se garantiza un mínimo de 10 m.c.a. en el nodo más desfavorable (Art. 58, Res. 0330).
  - Presión Máxima: No excederá los 60 m.c.a. (según actualización de la norma de 2017) para proteger la integridad de las conexiones domiciliarias.

- **Dimensionamiento y Materialidad**

  Este es el punto de mayor contraste en el chequeo:

- Red Existente: Compuesta por materiales con alta rugosidad y diámetros que, en varios tramos, son inferiores a los 75 mm (3") exigidos por el Artículo 63 de la resolución vigente.
- Red Propuesta: Se proyecta en PVC Orientado (PVC-O) o PEAD, materiales que ofrecen menores pérdidas por fricción ($C=150$) y diámetros nominales que cumplen estrictamente con el mínimo urbano de 3".

- **Dispositivos de Control y Calidad**
  - Válvulas y Accesorios: La propuesta técnica incluye la instalación de válvulas de seccionamiento y purgas de aire/lodos, elementos ausentes o inoperativos en la red vieja, lo que facilitará el mantenimiento preventivo por parte de ECAAAS-ESP.
  - Estanqueidad: Al eliminar las fugas de la red vieja mediante uniones herméticas modernas, se garantiza el cumplimiento de la Resolución 2115 de 2007, evitando la entrada de contaminantes externos por presión negativa (succión) en la red.
- **Sostenibilidad y Operación**
  - El diseño propuesto busca reducir el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) en el barrio COFAVI. Mientras que la red existente representa un gasto constante en reparaciones de emergencia, la nueva red permite una gestión eficiente de la demanda y una detección de fugas más sencilla mediante la sectorización.

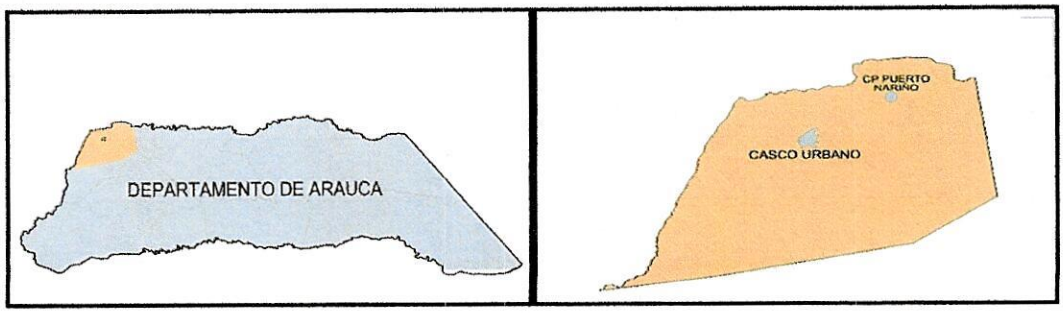
2.1. Estudios existentes

Como información base se cuenta con un levantamiento topográfico que incluye información altimétrica y planimétrica del terreno, acompañado de las respectivas cartas topográficas. Además, se dispone del diseño urbanístico del predio, el cual debe ser considerado al momento de definir el trazado de las redes de distribución.

2.2. Ubicación geográfica municipio de Saravena

El municipio de Saravena se encuentra ubicado en la región de la Orinoquía colombiana, al noroccidente del departamento de Arauca. Geográficamente, se sitúa entre los 6°46' y 7°00' de latitud norte, y entre los 71°41' y 72°06' de longitud oeste.

Ilustración 1. Localización Municipio de Saravena

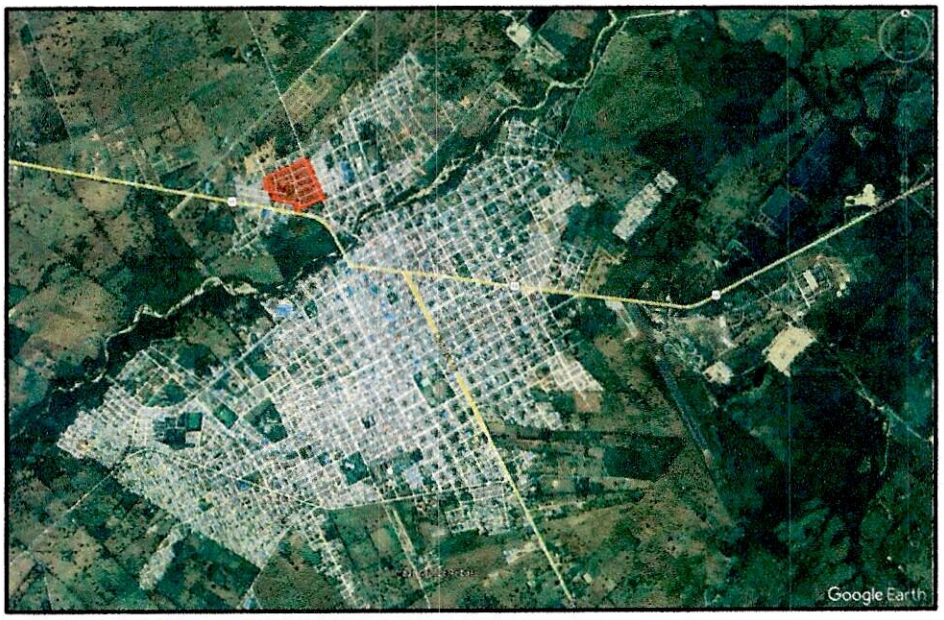


Fuente: Google

2.3. Ubicación del barrio El Cofavi

El barrio El Cofavi está ubicado en las coordenadas Longitud 71°52'54.36"O y Latitud 6°57'52.91" N, tal como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 2. Ubicación del barrio El Cofavi en el Municipio de Saravena.



Fuente: Google Earth Pro

3. DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO

3.1. Descripción del sistema

El proyecto consiste en la modernización y reposición de la red de acueducto del barrio COFAVI, con el fin de garantizar un suministro de agua potable eficiente y con las presiones adecuadas para la comunidad. La intervención se centra en la sustitución de la infraestructura actual, la cual está conformada por una tubería de 2" de diámetro, medida que resulta insuficiente para la demanda del sector y que se encuentra en incumplimiento técnico, dado que el Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017 establece que el diámetro interno real mínimo para redes de distribución en sectores urbanos no debe ser inferior a 75 mm (3").

Para corregir esta deficiencia, se ha diseñado una nueva red de tipo convencional que jerarquiza la distribución del caudal de manera eficiente. La propuesta técnica establece la instalación de una tubería principal de 6" de diámetro sobre la Carrera 36, en el tramo comprendido entre la Calle 34 y la Calle 37, la cual actuará como eje matriz para estabilizar las presiones en el sector. Para el resto de las calles del barrio, se proyecta el reemplazo de la tubería de 2" por conducciones de 3" de diámetro, garantizando que todo el sistema cumpla con el diámetro interno real mínimo legal. Este redimensionamiento integral no solo asegura la suficiencia hidráulica para el consumo doméstico y la operación de hidrantes, sino que optimiza la prestación del servicio por parte de la empresa ECAAAS-ESP al reducir las fallas por sobrepresión o diámetros insuficientes.

3.2. Dotación neta

La dotación neta máxima considerada para el diseño corresponde a 140 litros por habitante por día (L/hab/día), de acuerdo con lo establecido en la Tabla 1 de la Resolución 0330 de 2017, aplicable a zonas localizadas por debajo de los 1.000 metros sobre el nivel del mar. Para la estimación poblacional, se proyecta una ocupación promedio de 4 habitantes por vivienda, con base en el promedio de personas por hogar en la cabecera municipal, según datos del DANE.

3.3. Porcentaje de perdidas

De acuerdo con lo establecido en el numeral 2.7 del Título B de la segunda edición del RAS 2000, el porcentaje máximo admisible de pérdidas en el sistema no debe superar el 25%. Este valor será adoptado para la estimación de la dotación bruta en el presente diseño.

3.4. Dotación bruta

La dotación bruta se calculará de acuerdo con lo estipulado en el numeral 2.7 del Título B de la segunda edición del RAS 2000:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%_{Perdidas}}$$

$$d_{bruta} = \frac{140 \ {}^{L}/_{Hab}/_{dia}}{0.75} = 186.7 \ {}^{L}/_{Hab}/_{dia}$$

3.5. Caudal medio diario

Considerando la densidad poblacional definida en el numeral 2.2 del presente documento, correspondiente a 4 habitantes por vivienda, se emplea la siguiente expresión para estimar la población total del proyecto:

$$Qmd = \frac{Px d_{bruta}}{86400}$$

$$Qmd = \frac{(4 \ habitantes) x \frac{186.7 \ L}{Hab} /dia}{86400} = 0.0086 \ L/s$$

3.6. Caudal maximo diario

Para la determinación del Caudal Máximo Diario (QMD) se utiliza la siguiente expresión:

$$QMD = Qmd \ x \ K1$$

De acuerdo con lo establecido en el artículo 47, parágrafo 2 de la Resolución 0330 de 2017, para poblaciones menores a 12.500 habitantes se permite utilizar un valor máximo de $K1 = 1.3$. Dado que la población beneficiada con esta ampliación de redes se encuentra dentro de este rango, se adopta dicho valor.

$$QMD = \ 0.0086 \frac{L}{S} x \ 1.30 = 0.0112 \ L/s$$

3.7. Caudal maximo horario

Para la determinación del Caudal Máximo Horario (QMH) se aplica la siguiente expresión:

$$QMH = QMD\ x\ K2$$

Según el artículo 47, parágrafo 2 de la Resolución 0330 de 2017, para poblaciones menores a 12.500 habitantes se puede adoptar un valor máximo de $K2 = 1.6$. Considerando que la población beneficiada con la ampliación de redes se encuentra dentro de este rango, se utiliza dicho valor:

$$QMD = 0.0112 \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{s}} x\ 1.60 = 0.0179\ L/s$$

Por lo tanto, cada vivienda se estima con una demanda máxima horaria de aproximadamente 0,018 L/s.

3.8. Demanda en hidrantes

La provisión de hidrantes para el barrio COFAVI se rige por los artículos 70, 71 y 72 de la Resolución 0330 de 2017. De acuerdo con el parágrafo 1 del artículo 70, al tratarse de un sistema para una población de diseño menor a 12,500 habitantes, cada hidrante debe garantizar una capacidad mínima de 5 L/s. Así mismo, el parágrafo 4 del mismo artículo exige que en zonas residenciales unifamiliares se garantice la operación simultánea de al menos dos unidades para la atención de emergencias.

En la infraestructura actual del sector, se identifica un único hidrante ubicado en la Calle 36A con Carrera 19. Al contrastar esta existencia con el diseño proyectado, se evidencia la necesidad de reforzar el sistema para cumplir con el radio de cobertura de 150 metros establecido en el artículo 71, asegurando así la protección total del área del barrio.

El hidrante estará controlado por una válvula de compuerta, que permitirá su operación adecuada durante eventos de emergencia o mantenimiento.

Capacidad y Densidad: Considerando que la densidad poblacional del sector es inferior a 200 Hab/ha, y siguiendo lo estipulado en el artículo 72, el hidrante actual y los proyectados deben contar con un diámetro nominal mínimo de 3" (75 mm).

La demanda total de hidrantes para el proyecto es de 5 L/s.

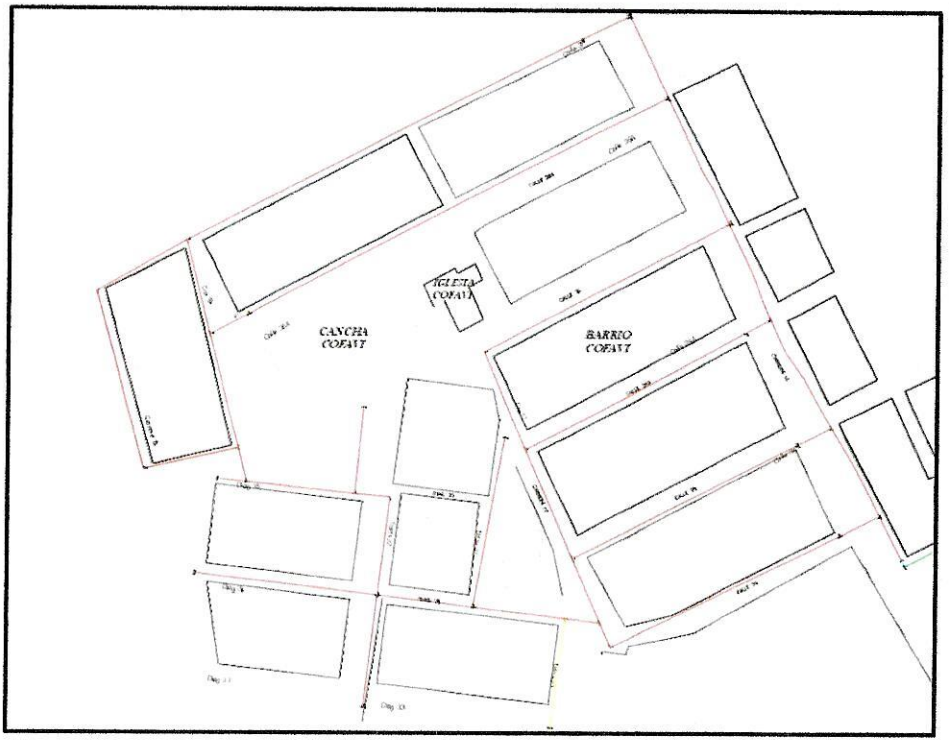
4. CHEQUEO DE LA RED EXISTENTE

Para el desarrollo del presente análisis, se ha procedido a realizar el modelamiento hidráulico del sistema actual de acueducto en el sector del barrio COFAVI. El objetivo de esta simulación es diagnosticar el comportamiento de las presiones y velocidades bajo las condiciones físicas de la infraestructura que opera hoy en día, para luego contrastarlas con la red proyectada.

La red existente se encuentra abastecida a través de una conexión a una tubería matriz de 6" de diámetro. A partir de este punto, la distribución interna del barrio está conformada en su totalidad por una red de 2" de diámetro en material PVC RDE 41, con una extensión total de 2.584,48 metros de tubería.

Este modelamiento inicial permite evidenciar las limitaciones técnicas del sistema actual, donde la combinación de un material con alto coeficiente de fricción (RDE 41) y un diámetro reducido de 2" —el cual incumple el mínimo de 3" exigido por el Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017— genera pérdidas de carga significativas. Estas condiciones impiden garantizar las presiones mínimas de servicio en los puntos más alejados de la red y limitan la capacidad de respuesta ante la demanda del sector.

Ilustración 3. Plano de trazado red existente tramos de tubería red existente



Fuente: Elaboración Propia – Plano de la red de acueducto

4.1. Censo de usuarios del sector

Para la determinación de la demanda hidráulica y el cálculo de caudales del proyecto, se realizó el levantamiento de las unidades habitacionales mediante el cruce de información técnica de la empresa ECAAAS E.S.P. Se tomó como base de datos institucional la georreferenciación de usuarios de acueducto que la empresa prestadora mantiene para la totalidad del municipio de Saravena.

A partir de esta base de datos, se realizó la delimitación y el filtrado de los suscriptores correspondientes al área de influencia del barrio COFAVI. Este proceso permitió identificar con precisión la ubicación de cada punto de servicio y la densidad habitacional de todo el sector intervenido, asegurando que el modelamiento hidráulico responda a la carga real de consumo y a la cobertura total de los usuarios actuales. A continuación, se presenta la visualización satelital de la zona de estudio, donde se contrastan los puntos de servicio georreferenciados:

Ilustración 4. Localización de usuarios y georreferenciación de suscriptores del barrio COFAVI



Fuente: ECAAAS E.S.P. / Google Earth.

4.2. Cálculo de caudales red existente

Para calcular el caudal asignado a cada nodo de la red de distribución, se empleó el método de Repartición Media, descrito en el Título B, numeral 7.5.3 del RAS 2000 (actualización 2015). Este procedimiento permite establecer los caudales de consumo en los diferentes tramos de la red, distribuyendo los flujos de manera lógica y proporcional a lo largo de la red.

Inicialmente, se determinan los caudales en cada tramo de conducción. Posteriormente, estos se asignan a los nodos extremos del tramo respectivo, distribuyéndolos equitativamente (50 % en cada nodo). Esta metodología facilita una estimación coherente del comportamiento hidráulico del sistema.

A continuación, se presentan los cálculos realizados para cada nodo:

Tabla 1. Cálculo de Qmd por tramos de tubería red existente

NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	DIAMETRO	LONGITUD	VIVIENDAS	Q UNIT (L/S)	GASTO MEDIO (L/S)
PUNTO DE CONEXIÓN	N2	TUB1	2"	4,73	0	0,0086	0,000
N2	N3	TUB2	2"	37,68	1	0,0086	0,009
N3	N4	TUB3	2"	53,93	14	0,0086	0,120
N4	N5	TUB4	2"	65,01	15	0,0086	0,129
N5	N6	TUB5	2"	54,29	8	0,0086	0,069
N6	N7	TUB6	2"	74,49	12	0,0086	0,103

NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	DIAMETRO	LONGITUD	VIVIENDAS	Q UNIT (L/S)	GASTO MEDIO (L/S)
N7	N8	TUB7	2"	48,11	12	0,0086	0,103
N3	N9	TUB8	2"	157,06	19	0,0086	0,163
N4	N11	TUB9	2"	152,19	30	0,0086	0,258
N5	N12	TUB10	2"	144,34	25	0,0086	0,215
N6	N13	TUB11	2"	143,22	26	0,0086	0,224
N9	N10	TUB12	2"	13,98	0	0,0086	0,000
N10	N11	TUB13	2"	37,26	2	0,0086	0,017
N11	N12	TUB14	2"	63,07	6	0,0086	0,052
N12	N13	TUB15	2"	55,50	5	0,0086	0,043
N14	N15	TUB16	2"	57,67	3	0,0086	0,026
N10	N14	TUB17	2"	18,42	0	0,0086	0,000
N14	N19	TUB18	2"	50,10	6	0,0086	0,052
N19	N18	TUB19	2"	92,81	7	0,0086	0,060
N19	N16	TUB20	2"	52,02	8	0,0086	0,069
N16	N17	TUB21	2"	61,00	3	0,0086	0,026
N16	N21	TUB22	2"	96,62	19	0,0086	0,163
N16	N20	TUB23	2"	52,33	5	0,0086	0,043
N20	N22	TUB24	2"	18,76	1	0,0086	0,009
N22	N23	TUB25	2"	46,76	0	0,0086	0,000
N22	N24	TUB26	2"	56,85	9	0,0086	0,077
N24	N25	TUB27	2"	15,94	2	0,0086	0,017
N24	N26	TUB28	2"	19,02	0	0,0086	0,000
N7	N28	TUB29	2"	246,77	40	0,0086	0,344
N28	N27	TUB30	2"	22,69	1	0,0086	0,009
N8	N29	TUB31	2"	260,24	33	0,0086	0,284
N26	N27	TUB32	2"	61,05	7	0,0086	0,060
N27	N29	TUB33	2"	50,37	4	0,0086	0,034
N26	N30	TUB34	2"	50,74	2	0,0086	0,017
N29	N31	TUB35	2"	53,38	0	0,0086	0,000
N30	N31	TUB36	2"	96,12	24	0,0086	0,206
				2584,48	**349**		**3,0014**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Repartición media de Qmd por nodos red existente

ESTUDIO DE DOTACIONES PARA URBANISMOS																		
NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	GASTO MEDIO (L/S)	PUNTO DE CONEXIÓN	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15
PUNTO DE CONEXIÓN	N2	TUB1	0,000	0,000	0,000													
N2	N3	TUB2	0,009		0,004	0,004												
N3	N4	TUB3	0,120			0,060	0,060											
N4	N5	TUB4	0,129				0,065	0,065										
N5	N6	TUB5	0,069					0,034	0,034									
N6	N7	TUB6	0,103						0,052	0,052								
N7	N8	TUB7	0,103							0,052	0,052							
N3	N9	TUB8	0,163			0,082						0,082						
N4	N11	TUB9	0,258				0,129							0,129				
N5	N12	TUB10	0,215					0,108							0,108			
N6	N13	TUB11	0,224						0,112							0,112		
N9	N10	TUB12	0,000									0,000	0,000					
N10	N11	TUB13	0,017										0,009	0,009				
N11	N12	TUB14	0,052											0,026	0,026			
N12	N13	TUB15	0,043												0,022	0,022		
N14	N15	TUB16	0,026														0,013	0,013
N10	N14	TUB17	0,000										0,000				0,000	
N14	N19	TUB18	0,052														0,026	
N19	N18	TUB19	0,060															
N19	N16	TUB20	0,069															
N16	N17	TUB21	0,026															
N16	N21	TUB22	0,163															
N16	N20	TUB23	0,043															
N20	N22	TUB24	0,009															
N22	N23	TUB25	0,000															
N22	N24	TUB26	0,077															
N24	N25	TUB27	0,017															
N24	N26	TUB28	0,000															
N7	N28	TUB29	0,344							0,172								
N28	N27	TUB30	0,009															
N8	N29	TUB31	0,284								0,142							
N26	N27	TUB32	0,060															
N27	N29	TUB33	0,034															
N26	N30	TUB34	0,017															
N29	N31	TUB35	0,000															
N30	N31	TUB36	0,206															
			3,0014	-	**0,004**	**0,146**	**0,254**	**0,206**	**0,198**	**0,275**	**0,194**	**0,082**	**0,009**	**0,163**	**0,155**	**0,133**	**0,039**	**0,013**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Repartición media de Qmd por nodos red existente

ESTUDIO DE DOTACIONES PARA URBANISMOS																		
NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	GASTO MEDIO (L/S)	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	N24	N25	N26	N27	N28	N29	N30	N31
PUNTO DE CONEXIÓN	N2	TUB1	0,000																
N2	N3	TUB2	0,009																
N3	N4	TUB3	0,120																
N4	N5	TUB4	0,129																
N5	N6	TUB5	0,069																
N6	N7	TUB6	0,103																
N7	N8	TUB7	0,103																
N3	N9	TUB8	0,163																
N4	N11	TUB9	0,258																
N5	N12	TUB10	0,215																
N6	N13	TUB11	0,224																
N9	N10	TUB12	0,000																
N10	N11	TUB13	0,017																
N11	N12	TUB14	0,052																
N12	N13	TUB15	0,043																
N14	N15	TUB16	0,026																
N10	N14	TUB17	0,000																
N14	N19	TUB18	0,052				0,026												
N19	N18	TUB19	0,060			0,030	0,030												
N19	N16	TUB20	0,069	0,034			0,034												
N16	N17	TUB21	0,026	0,013	0,013														
N16	N21	TUB22	0,163	0,082					0,082										
N16	N20	TUB23	0,043	0,022				0,022											
N20	N22	TUB24	0,009					0,004		0,004									
N22	N23	TUB25	0,000							0,000	0,000								
N22	N24	TUB26	0,077							0,039		0,039							
N24	N25	TUB27	0,017									0,009	0,009						
N24	N26	TUB28	0,000									0,000		0,000					
N7	N28	TUB29	0,344													0,172			
N28	N27	TUB30	0,009												0,004	0,004			
N8	N29	TUB31	0,284														0,142		
N26	N27	TUB32	0,060											0,030	0,030				
N27	N29	TUB33	0,034												0,017		0,017		
N26	N30	TUB34	0,017											0,009				0,009	
N29	N31	TUB35	0,000														0,000		0,000
N30	N31	TUB36	0,206															0,103	0,103
			3,0014	**0,1505**	**0,0129**	**0,0301**	**0,0903**	**0,0258**	**0,0817**	**0,043**	**-**	**0,0473**	**0,0086**	**0,0387**	**0,0516**	**0,1763**	**0,1591**	**0,1118**	**0,1032**

Fuente: Elaboración propia

4.3. Escenarios de diseño red existente

De acuerdo con lo establecido en el Título B, numeral 7.5.8 del RAS 2000 (actualización 2015), así como en la Resolución 0330 de 2017 y la Resolución 799 de 2021, se realizará la modelación de la red de acueducto diseñada considerando los siguientes tres escenarios operativos:

- Flujo permanente correspondiente al caudal medio diario (Qmd) durante la etapa inicial de operación del proyecto.
- Caudal máximo horario (QMH), tanto para las condiciones actuales como para el horizonte del período de diseño.
- Demanda por incendio, atendida por la operación simultánea de dos hidrantes, conforme a la normativa vigente.

Tabla 4. Escenarios de diseño por nodos red existente

	1 modelación		2 modelación		3 modelación
NODO	Qmd (L/S)	QMD (L/S)	QMH (L/S)	Q adicional Hidrante (L/S)	Q Contra Incendios (L/S)
PUNTO DE CONEXIÓN	-	-	-	-	-
N2	0,004	0,006	0,009	-	0,009
N3	0,146	0,190	0,304	-	0,304
N4	0,254	0,330	0,528	-	0,528
N5	0,206	0,268	0,429	-	0,429
N6	0,198	0,257	0,411	-	0,411
N7	0,275	0,358	0,572	-	0,572
N8	0,194	0,252	0,402	-	0,402
N9	0,082	0,106	0,170	-	0,170
N10	0,009	0,011	0,018	-	0,018
N11	0,163	0,212	0,340	-	0,340
N12	0,155	0,201	0,322	-	0,322
N13	0,133	0,173	0,277	-	0,277
N14	0,039	0,050	0,080	-	0,080
N15	0,013	0,017	0,027	-	0,027
N16	0,151	0,196	0,313	-	0,313
N17	0,013	0,017	0,027	-	0,027
N18	0,030	0,039	0,063	-	0,063
N19	0,090	0,117	0,188	-	0,188
N20	0,026	0,034	0,054	-	0,054
N21	0,082	0,106	0,170	-	0,170
N22	0,043	0,056	0,089	-	0,089
N23	0,000	-	-	-	-
N24	0,047	0,061	0,098	-	0,098
N25	0,009	0,011	0,018	-	0,018
N26	0,039	0,050	0,080	-	0,080
N27	0,052	0,067	0,107	-	0,107
N28	0,176	0,229	0,367	5,00	5,367
N29	0,159	0,207	0,331	-	0,331
N30	0,112	0,145	0,233	-	0,233
N31	0,103	0,134	0,215	-	0,215
	3,001	3,902	6,243	5,00	11,243

Fuente: Elaboración propia

4.4. Presiones de red Existente en punto de empalme

La empresa ECAAAS E.S.P., como prestadora del servicio en el municipio de Saravena, realizó una serie de mediciones de presión en el punto de empalme con la red existente en la carrera 36 con calle 34 para determinar la viabilidad hidráulica del nuevo diseño. Estas pruebas se llevaron a cabo en horarios estratégicos para evaluar el comportamiento de la red bajo distintas condiciones de demanda, registrando datos a las 7:00 AM, 10:00 AM, 12:00 PM, 3:00 PM, 7:00 PM y 2:00 AM.

El resumen de los datos obtenidos es el siguiente:

Tabla 5. Datos de toma de presiones red existente

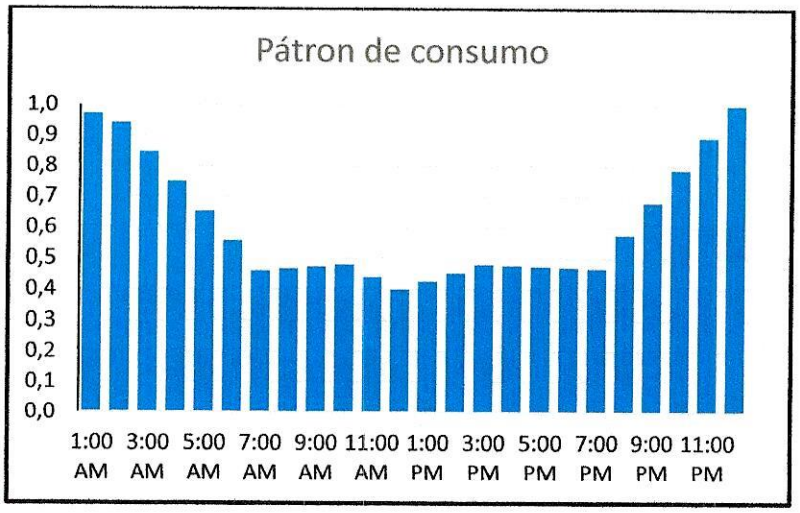
PRESIONES EN PSI								
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	PROMEDIO
7:00 AM	20,00	21,00	20,00	22,00	18,00	20,00	21,00	20,29
10:00 AM	22,00	20,00	22,00	21,00	20,00	22,00	21,00	21,14
12:00 PM	16,00	20,00	18,00	18,00	16,00	20,00	15,00	17,57
3:00 PM	20,00	21,00	21,00	20,00	21,00	24,00	21,00	21,14
7:00 PM	22,00	20,00	21,00	22,00	20,00	18,00	21,00	20,57
2:00 AM	41,00	41,00	41,00	44,00	41,00	41,00	41,00	41,43
PRESIONES EN m.c.a								PROMEDIO
7:00 AM	14,08	14,78	14,08	15,49	12,67	14,08	14,78	14,28
10:00 AM	15,49	14,08	15,49	14,78	14,08	15,49	14,78	14,88
12:00 PM	11,26	14,08	12,67	12,67	11,26	14,08	10,56	12,37
3:00 PM	14,08	14,78	14,78	14,08	14,78	16,90	14,78	14,88
7:00 PM	15,49	14,08	14,78	15,49	14,08	12,67	14,78	14,48
2:00 AM	28,86	28,86	28,86	30,98	28,86	28,86	28,86	29,17
Coeficientes de consumo								PROMEDIO
7:00 AM	0,45	0,48	0,45	0,50	0,41	0,45	0,48	0,46
10:00 AM	0,50	0,45	0,50	0,48	0,45	0,50	0,48	0,48
12:00 PM	0,36	0,45	0,41	0,41	0,36	0,45	0,34	0,40
3:00 PM	0,45	0,48	0,48	0,45	0,48	0,55	0,48	0,48
7:00 PM	0,50	0,45	0,48	0,50	0,45	0,41	0,48	0,47
2:00 AM	0,93	0,93	0,93	1,00	0,93	0,93	0,93	0,94

Fuente: Elaboración propia

Para cada una de las horas, se obtuvo el promedio de las presiones medidas durante los días que se tomaron lecturas, y con dicha presión en el punto de empalme a la red existente se realizó la modelación teniendo en cuenta el escenario 2 mencionado en el punto 4.2 del presente documento.

Teniendo en cuenta lo anterior, se elaboró un patrón de consumo que se representa en el siguiente diagrama.

Ilustración 5. Diagrama de patrón de consumo



Fuente: Elaboración propia

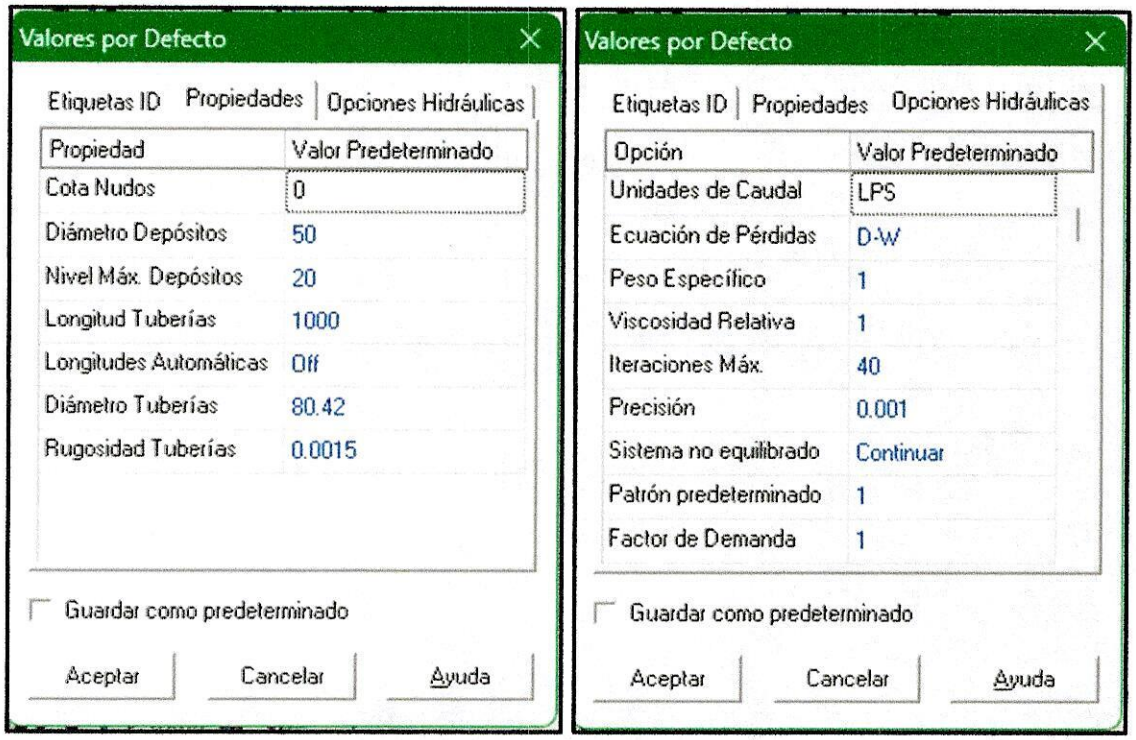
De acuerdo al artículo 61 de la resolución 0330 de 2017, la presión mínima de la red no debe ser inferior a 15 m.c.a, sin embargo, también se debe tener en cuenta lo enunciado en el parágrafo 1 del mismo artículo: *"El área a abastecer con una presión dinámica inferior puede corresponder hasta el 10% del área total, siempre que la presión mínima sea superior o. igual a 8 m.c.a para poblaciones de diseño de menos de 12.500 habitantes y de 12 m.c.a para poblaciones de diseño mayor a 12.500 habitantes.*

Se puede abastecer con una presión dinámica hasta el 5% del área total, siempre que la presión mínima sea superior o igual a 5 m.c.a para poblaciones de diseño de menos de 12.500 habitantes y de 10 m.c.a para poblaciones de diseño mayor a 12.500 habitantes.".

4.5. Modelación de la red de acueducto existente

Inicialmente se requiere ajustar los valores por defecto del programa EPANET, con el fin de garantizar que la modelación arroje información confiable.

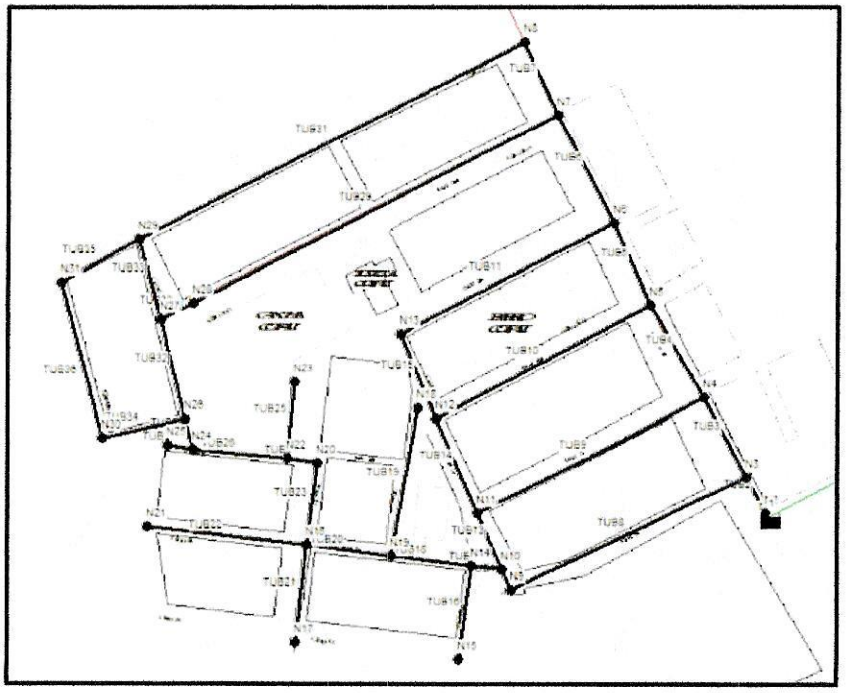
Ilustración 6. Ajuste de valores por defecto



Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

Luego procedemos a cargar la plantilla del trazado preliminar para poder dibujar los nodos y tuberías, con el fin de asignar cotas, longitudes, diámetros, y consumos.

Ilustración 7. Trazado de nodos y tubería

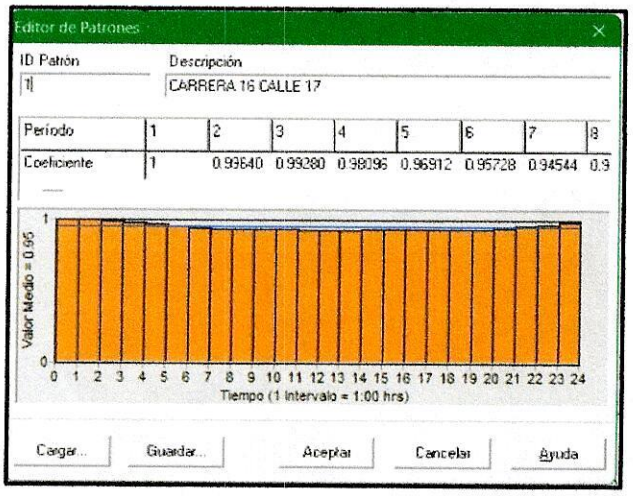


Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

Partiendo del estudio de presiones ejecutado en el punto de empalme, se procedió a realizar un recalculo estratégico del patrón de consumo del sector. En esta etapa, se tomó la cota topográfica del punto de conexión como nivel de referencia base para estabilizar las variaciones de demanda.

Bajo este criterio, el patrón de consumo fue normalizado e ingresado a la modelación hidráulica en términos de porcentajes de demanda horaria, tomando como eje de cálculo la carga hidrostática disponible en dicha cota. Este ajuste permite que el modelo simule de manera más realista el comportamiento de la red, asegurando que las fluctuaciones de consumo se distribuyan proporcionalmente a la energía potencial del sistema en el punto de entrada al barrio COFAVI.

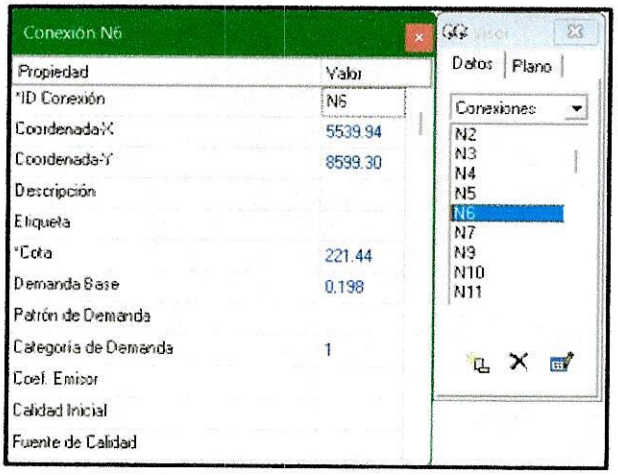
Ilustración 8. Cargue de Coeficientes de Consumo



Fuente: EPANET – Modelación Hidráulica

Se procede a incorporar la información de gasto medio en cada uno de los nodos calculados anteriormente.

Ilustración 9. Incorporación de Demanda base en cada Nodo

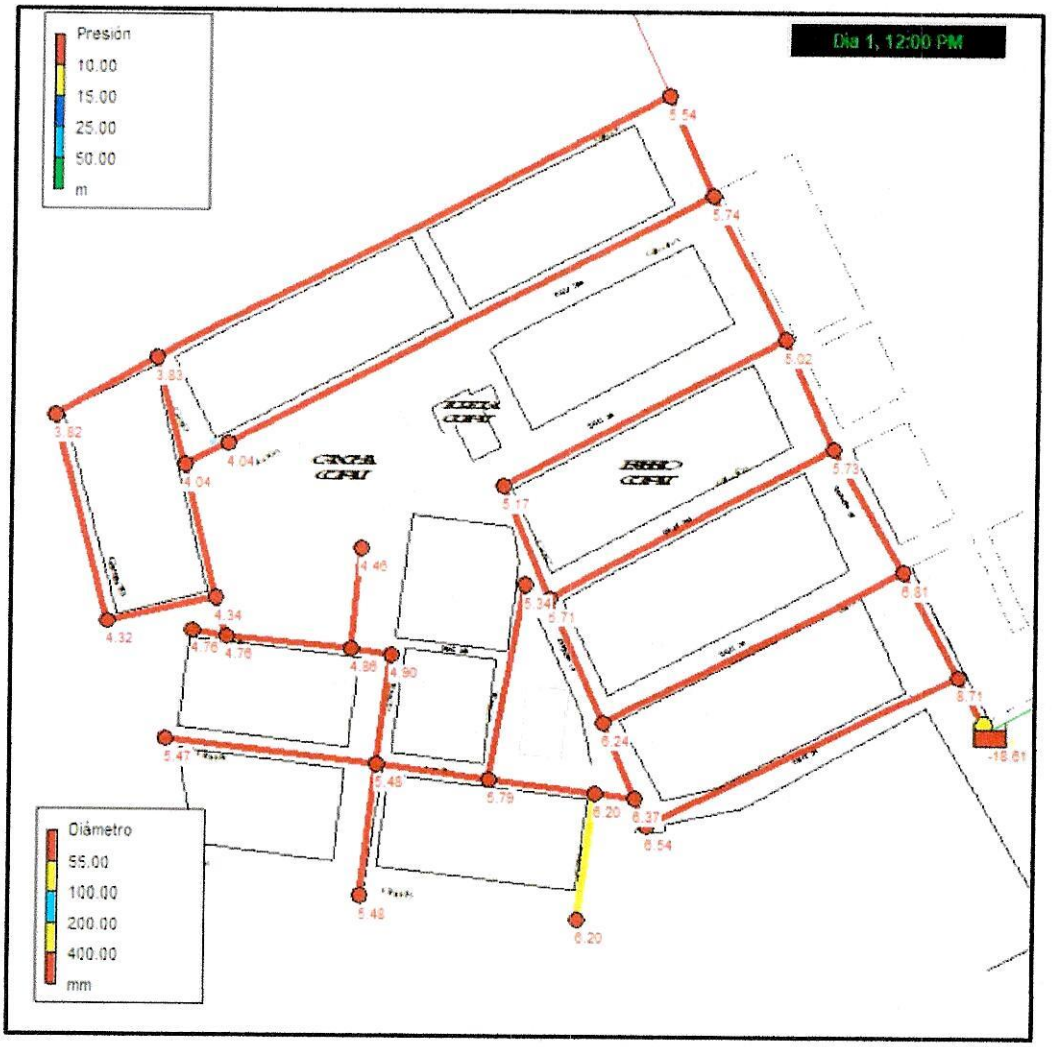


Fuente: EPANET – Modelación Hidráulica

De acuerdo con la demanda calculada en los nodos y las características del proyecto (Longitud de tuberías, Cotas), se realizó la simulación mediante el software EPANET, el cual incorpora dentro de sus cálculos el método del gradiente, tal cual lo menciona la RES 0330 de 2017 en su artículo 57.

Se realizó una modelación para cada escenario y para cada una de las horas en las que se tomaron las mediciones de presión. A continuación, se presenta un ejemplo de la modelación en la hora más desfavorable (12:00 pm), mientras que las de todos los escenarios se incluirán como anexos en el presente informe.

Ilustración 10. Modelación escenario 2 en EPANET red existente



Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

A partir de los resultados obtenidos en la modelación de la infraestructura actual, representados en la cartografía hidráulica del barrio COFAVI, se puede evidenciar que las presiones en los nodos se encuentran críticamente por debajo de los niveles exigidos por la normativa nacional. Como se observa en el mapa de presiones para

el periodo de las 12:00 PM, la mayoría de los puntos de entrega registran valores que oscilan entre 3.82 m.c.a. y 6.81 m.c.a., cifras que no alcanzan el mínimo de 10 m.c.a. establecido en el Reglamento Técnico del Sector.

Esta deficiencia es una consecuencia directa del uso de tuberías de 2" (55 mm externos), las cuales, además de sufrir altas pérdidas de energía por fricción, contravienen lo estipulado en el Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017, que exige un diámetro interno real mínimo de 75 mm para garantizar la suficiencia del sistema en sectores urbanos.

4.6. Resultados de la modelación de la red existente

Debido a la magnitud de los datos procesados en la simulación, el reporte técnico completo de todos los nodos y tramos durante las 24 horas del día se encuentra disponible para su consulta en los Anexos del informe.

No obstante, con el fin de ilustrar el estado crítico del sistema actual, se presenta a continuación un extracto de los resultados de presión en los nodos para el periodo de las 12:00 PM. Como se observa en la siguiente tabla, a excepción del nodo de entrada (N2), la totalidad de los puntos de entrega registran presiones deficitarias que oscilan entre 3.82 m.c.a. y 8.71 m.c.a., valores que se encuentran drásticamente por debajo del mínimo de 10 m.c.a. establecido en la normativa.

Ilustración 11. Resultados de nudos a las 12:00 Hrs – Escenario de Red Existente.

Resultados de Nudo en 12:00 Hrs:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
N2	0.01	232.55	12.02	0.00
N3	0.28	229.30	8.71	0.00
N4	0.49	227.52	6.81	0.00
N5	0.40	226.77	5.73	0.00
N6	0.38	226.46	5.02	0.00
N7	0.53	225.97	5.74	0.00
N9	0.16	227.13	6.54	0.00
N10	0.02	226.96	6.37	0.00
N11	0.31	226.95	6.24	0.00
N12	0.30	226.75	5.71	0.00
N13	0.26	226.61	5.17	0.00
N14	0.08	226.79	6.20	0.00
N15	0.03	226.79	6.20	0.00
N16	0.29	226.07	5.48	0.00
N17	0.03	226.07	5.48	0.00
N18	0.06	226.38	5.34	0.00
N19	0.17	226.38	5.79	0.00
N20	0.05	225.94	4.90	0.00
N21	0.16	226.06	5.47	0.00
N22	0.08	225.90	4.86	0.00
N23	0.00	225.90	4.46	0.00
N24	0.09	225.80	4.76	0.00
N25	0.02	225.80	4.76	0.00
N26	0.08	225.78	4.34	0.00
N27	0.10	225.77	4.04	0.00
N28	0.34	225.77	4.04	0.00
N29	0.31	225.76	3.83	0.00
N30	0.22	225.76	4.32	0.00
N31	0.20	225.75	3.82	0.00
N8	0.00	225.94	5.54	0.00

Fuente: Elaboración propia en EPANET

5. PROPUESTA TÉCNICA DE REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA

Ante el diagnóstico de subpresión identificado en la red actual, el cual compromete la calidad del servicio y anula la capacidad de respuesta frente a emergencias e incendios, se plantea como solución técnica necesaria el rediseño integral del sistema de distribución para el barrio COFAVI.

Esta propuesta de optimización se fundamenta en la proyección de una nueva red, sustituyendo la infraestructura obsoleta por conducciones en PVC de 6" y 3" de diámetro. El objetivo primordial de este redimensionamiento es normalizar los niveles de presión en todos los nodos de consumo, garantizando el cumplimiento estricto del Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017 respecto al diámetro mínimo permitido. Con la implementación de este nuevo esquema hidráulico, se asegura una distribución eficiente de los caudales y se dota al sector de una infraestructura

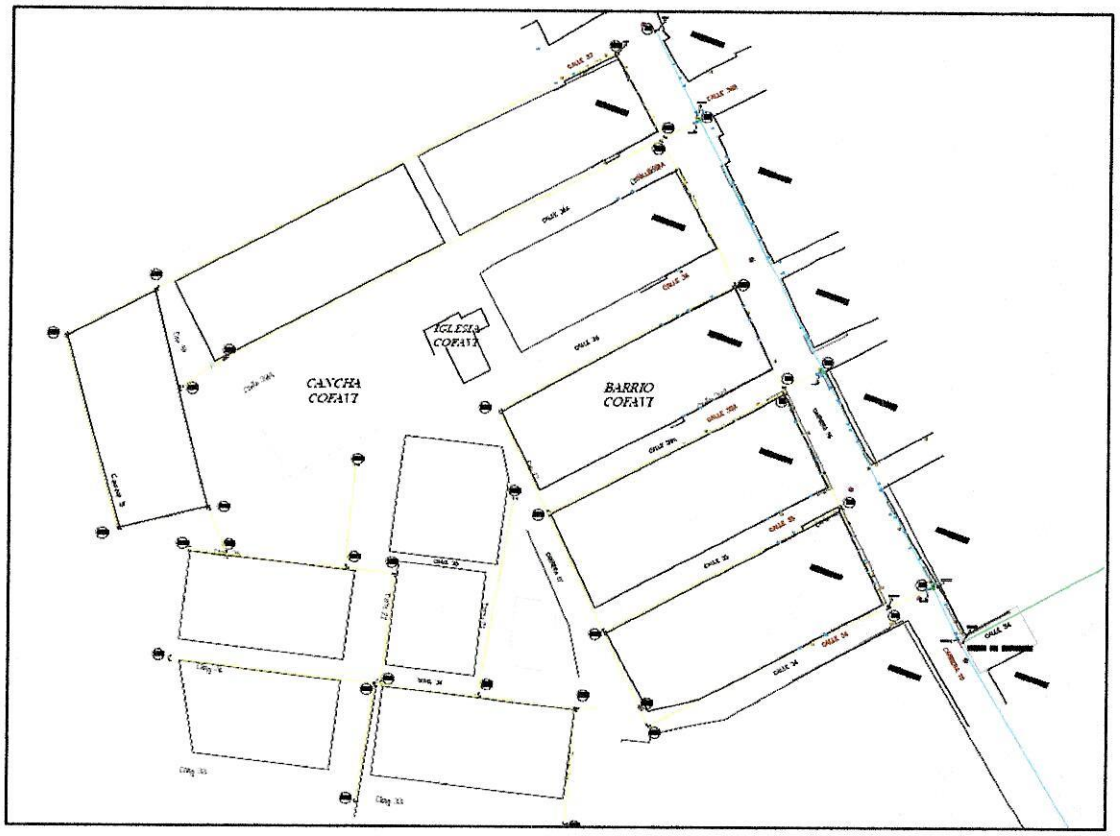
resiliente, capaz de satisfacer la demanda actual y futura en beneficio directo de la comunidad.

6. CHEQUEO DE LA RED PROYECTADA

Como solución a las deficiencias identificadas, se ha desarrollado la modelación de la red de acueducto proyectada para el barrio COFAVI, bajo el Escenario 2. El objetivo de esta simulación es validar la efectividad del redimensionamiento propuesto y asegurar que el sistema cumpla con los estándares de presión, velocidad y cobertura exigidos por la normativa vigente.

La nueva configuración de la red sustituye los tramos de 2" por una estructura jerarquizada que utiliza la Carrera 36, entre las Calles 34 y 37, como eje principal de distribución mediante tubería de 6" de diámetro. El resto de la red interna del barrio se ha proyectado en tubería de 3", garantizando en la totalidad del sistema el cumplimiento del diámetro interno real mínimo de 75 mm establecido en el Artículo 63 de la Resolución 0330 de 2017.

Ilustración 12. Plano de trazado red existente tramos de tubería red proyectada



Fuente: Elaboración Propia – Plano de la red de acueducto

6.1. Cálculo de caudales

Para garantizar una comparación técnica justa y precisa entre ambos escenarios, la metodología empleada para el cálculo de caudales en la red proyectada fue exactamente la misma que se utilizó en la red existente.

Al mantener constantes los parámetros de población y consumo en ambas modelaciones, los resultados demuestran que la mejora en las presiones se debe exclusivamente al cambio de los diámetros de 2" por la nueva infraestructura de 6" y 3", asegurando así que el sistema responda eficientemente a la demanda real del barrio COFAVI.

Tabla 6. Cálculo de Qmd por tramos de tubería red proyectada

NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	DIAMETRO	LONGITUD	VIVIENDAS	Q UNIT (L/S)	GASTO MEDIO (L/S)
PUNTO DE CONEXIÓN	N2	TUB1	6"	29,71	0	0,0086	0,000
N2	N3	TUB2	6"	115,53	19	0,0086	0,163
N3	N4	TUB3	6"	131,78	13	0,0086	0,112
N2	N6	TUB4	3"	23,49	0	0,0086	0,000
N6	N7	TUB5	3"	52,90	5	0,0086	0,043
N7	N9	TUB6	3"	61,59	6	0,0086	0,052
N9	N8	TUB7	3"	1,87	0	0,0086	0,000
N3	N8	TUB8	3"	20,96	0	0,0086	0,000
N8	N10	TUB9	3"	53,22	5	0,0086	0,043
N10	N12	TUB10	3"	76,73	4	0,0086	0,034
N4	N11	TUB11	3"	18,76	0	0,0086	0,000
N11	N13	TUB12	3"	47,34	6	0,0086	0,052
N11	N12	TUB13	3"	1,92	0	0,0086	0,000
N6	N14	TUB14	3"	125,86	17	0,0086	0,146
N7	N16	TUB15	3"	126,08	30	0,0086	0,258
N9	N17	TUB16	3"	124,82	26	0,0086	0,224
N10	N18	TUB17	3"	124,53	25	0,0086	0,215
N14	N15	TUB18	3"	9,44	2	0,0086	0,017
N15	N16	TUB19	3"	39,60	2	0,0086	0,017
N16	N17	TUB20	3"	62,07	6	0,0086	0,052
N17	N18	TUB21	3"	55,06	5	0,0086	0,043
N19	N20	TUB22	3"	53,40	3	0,0086	0,026
N20	N22	TUB23	3"	46,69	6	0,0086	0,052
N22	N21	TUB24	3"	92,28	7	0,0086	0,060
N23	N37	TUB25	3"	56,01	3	0,0086	0,026
N22	N24	TUB26	3"	46,05	8	0,0086	0,069
N24	N25	TUB27	3"	52,16	5	0,0086	0,043
N37	N28	TUB28	3"	96,62	19	0,0086	0,163
N25	N26	TUB29	3"	23,22	1	0,0086	0,009
N26	N27	TUB30	3"	46,76	0	0,0086	0,000
N26	N29	TUB31	3"	55,67	9	0,0086	0,077
N29	N33	TUB32	3"	17,97	2	0,0086	0,017
N29	N30	TUB33	3"	23,08	0	0,0086	0,000
N12	N36	TUB34	3"	227,97	40	0,0086	0,344
N36	N31	TUB35	3"	24,86	1	0,0086	0,009
N13	N32	TUB36	3"	242,40	33	0,0086	0,284
N30	N31	TUB37	3"	59,27	7	0,0086	0,060
N31	N32	TUB38	3"	47,94	4	0,0086	0,034
N30	N34	TUB39	3"	43,84	2	0,0086	0,017
N32	N35	TUB40	3"	48,02	0	0,0086	0,000
N34	N35	TUB41	3"	96,18	24	0,0086	0,206

N4	N5	TUB42	6"	48,08	4	0,0086	0,034
N15	N20	TUB43	3"	30,02	0	0,0086	0,000
N24	N37	TUB44	3"	2,62	0	0,0086	0,000
				2784,37	**349**		**3,001**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Repartición media de Qmd por nodos red proyectada

NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	GASTO MEDIO (L/S)	PUNTO DE CONEXIÓN	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18
PUNTO DE CONEXIÓN	N2	TUB1	0,000	0,000	0,000																
N2	N3	TUB2	0,163		0,082	0,082															
N3	N4	TUB3	0,112			0,056	0,056														
N2	N6	TUB4	0,000		0,000				0,000												
N6	N7	TUB5	0,043						0,022	0,022											
N7	N9	TUB6	0,052							0,026		0,026									
N9	N8	TUB7	0,000								0,000	0,000									
N3	N8	TUB8	0,000			0,000					0,000										
N8	N10	TUB9	0,043								0,022		0,022								
N10	N12	TUB10	0,034										0,017		0,017						
N4	N11	TUB11	0,000				0,000							0,000							
N11	N13	TUB12	0,052											0,026		0,026					
N11	N12	TUB13	0,000											0,000	0,000						
N6	N14	TUB14	0,146						0,073								0,073				
N7	N16	TUB15	0,258							0,129									0,129		
N9	N17	TUB16	0,224									0,112								0,112	
N10	N18	TUB17	0,215										0,108								0,108
N14	N15	TUB18	0,017														0,009	0,009			
N15	N16	TUB19	0,017															0,009	0,009		
N16	N17	TUB20	0,052																0,026	0,026	
N17	N18	TUB21	0,043																	0,022	0,022
N19	N20	TUB22	0,026																		
N20	N22	TUB23	0,052																		
N22	N21	TUB24	0,060																		
N23	N37	TUB25	0,026																		
N22	N24	TUB26	0,069																		
N24	N25	TUB27	0,043																		
N37	N28	TUB28	0,163																		
N25	N26	TUB29	0,009																		
N26	N27	TUB30	0,000																		
N26	N29	TUB31	0,077																		
N29	N33	TUB32	0,017																		
N29	N30	TUB33	0,000																		
N12	N36	TUB34	0,344												0,172						
N36	N31	TUB35	0,009																		
N13	N32	TUB36	0,284													0,142					
N30	N31	TUB37	0,060																		
N31	N32	TUB38	0,034																		
N30	N34	TUB39	0,017																		
N32	N35	TUB40	0,000																		
N34	N35	TUB41	0,206																		
N4	N5	TUB42	0,034				0,017	0,017													
N15	N20	TUB43	0,000															0,000			
N24	N37	TUB44	0,000																		
			3,001	-	0,082	0,138	0,073	0,017	0,095	0,176	0,022	0,138	0,146	0,026	0,189	0,168	0,082	0,017	0,163	0,159	0,129

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Repartición media de Qmd por nodos red proyectada

NODOS INICIAL	NODO FINAL	TRAMO	GASTO MEDIO (L/S)	N19	N20	N21	N22	N23	N24	N25	N26	N27	N28	N29	N30	N31	N32	N33	N34	N35	N36	N37
PUNTO DE CONEXIÓN	N2	TUB1	0,000																			
N2	N3	TUB2	0,163																			
N3	N4	TUB3	0,112																			
N2	N6	TUB4	0,000																			
N6	N7	TUB5	0,043																			
N7	N9	TUB6	0,052																			
N9	N8	TUB7	0,000																			
N3	N8	TUB8	0,000																			
N8	N10	TUB9	0,043																			
N10	N12	TUB10	0,034																			
N4	N11	TUB11	0,000																			
N11	N13	TUB12	0,052																			
N11	N12	TUB13	0,000																			
N6	N14	TUB14	0,146																			
N7	N16	TUB15	0,258																			
N9	N17	TUB16	0,224																			
N10	N18	TUB17	0,215																			
N14	N15	TUB18	0,017																			
N15	N16	TUB19	0,017																			
N16	N17	TUB20	0,052																			
N17	N18	TUB21	0,043																			
N19	N20	TUB22	0,026	0,013	0,013																	
N20	N22	TUB23	0,052		0,026		0,026															
N22	N21	TUB24	0,060			0,030	0,030															
N23	N37	TUB25	0,026					0,013														
N22	N24	TUB26	0,069				0,034		0,034													0,013
N24	N25	TUB27	0,043						0,022	0,022												
N37	N28	TUB28	0,163										0,082									
N25	N26	TUB29	0,009							0,004	0,004											0,082
N26	N27	TUB30	0,000								0,000	0,000										
N26	N29	TUB31	0,077								0,039			0,039								
N29	N33	TUB32	0,017											0,009				0,009				
N29	N30	TUB33	0,000											0,000	0,000							
N12	N36	TUB34	0,344																		0,172	
N36	N31	TUB35	0,009													0,004					0,004	
N13	N32	TUB36	0,284														0,142					
N30	N31	TUB37	0,060												0,030	0,030						
N31	N32	TUB38	0,034													0,017	0,017					
N30	N34	TUB39	0,017												0,009				0,009			
N32	N35	TUB40	0,000														0,000			0,000		
N34	N35	TUB41	0,206																0,103	0,103		
N4	N5	TUB42	0,034																			
N15	N20	TUB43	0,000		0,000																	
N24	N37	TUB44	0,000						0,000													0,000
			3,001	0,013	0,039	0,030	0,090	0,013	0,056	0,026	0,043	-	0,082	0,047	0,039	0,052	0,159	0,009	0,112	0,103	0,176	0,095

Fuente: Elaboración propia

6.2. Escenarios de diseño red proyectada

De acuerdo con lo establecido en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, específicamente en el Título B, numeral 7.5.8, así como en lo dispuesto en la Resolución 0330 de 2017 y la Resolución 799 de 2021, la modelación hidráulica de la red de acueducto proyectada se realizará empleando la misma metodología aplicada para la red existente, con el fin de evaluar su comportamiento hidráulico bajo diferentes condiciones de operación.

Tabla 9. Escenarios de diseño por nodos red existente

	1 Modelación		2 Modelación		3 Modelación
NODO	Qmd (L/S)	QMD (L/S)	QMH (L/S)	Q adicional Hidrante (L/S)	Q Contra Incendios (L/S)
PUNTO DE CONEXIÓN	-	-	-	-	-
N2	0,082	0,106	0,170	-	0,170
N3	0,138	0,179	0,286	-	0,286
N4	0,073	0,095	0,152	-	0,152
N5	0,017	0,022	0,036	-	0,036
N6	0,095	0,123	0,197	-	0,197
N7	0,176	0,229	0,367	-	0,367
N8	0,022	0,028	0,045	-	0,045
N9	0,138	0,179	0,286	-	0,286
N10	0,146	0,190	0,304	-	0,304
N11	0,026	0,034	0,054	-	0,054
N12	0,189	0,246	0,394	-	0,394
N13	0,168	0,218	0,349	-	0,349
N14	0,082	0,106	0,170	-	0,170
N15	0,017	0,022	0,036	-	0,036
N16	0,163	0,212	0,340	-	0,340
N17	0,159	0,207	0,331	-	0,331
N18	0,129	0,168	0,268	-	0,268
N19	0,013	0,017	0,027	-	0,027
N20	0,039	0,050	0,080	-	0,080
N21	0,030	0,039	0,063	-	0,063
N22	0,090	0,117	0,188	-	0,188
N23	0,013	0,017	0,027	-	0,027
N24	0,056	0,073	0,116	-	0,116
N25	0,026	0,034	0,054	-	0,054
N26	0,043	0,056	0,089	-	0,089
N27	-	-	-	-	-
N28	0,082	0,106	0,170	-	0,170
N29	0,047	0,061	0,098	-	0,098
N30	0,039	0,050	0,080	-	0,080
N31	0,052	0,067	0,107	-	0,107
N32	0,159	0,207	0,331	-	0,331
N33	0,009	0,011	0,018	-	0,018
N34	0,112	0,145	0,233	-	0,233
N35	0,103	0,134	0,215	-	0,215
N36	0,176	0,229	0,367	5,00	5,367
N37	0,095	0,123	0,197	-	0,197
	3,001	**3,902**	**6,243**	**5,000**	**11,243**

Fuente: Elaboración propia

6.3. Presiones de red Existente en punto de empalme

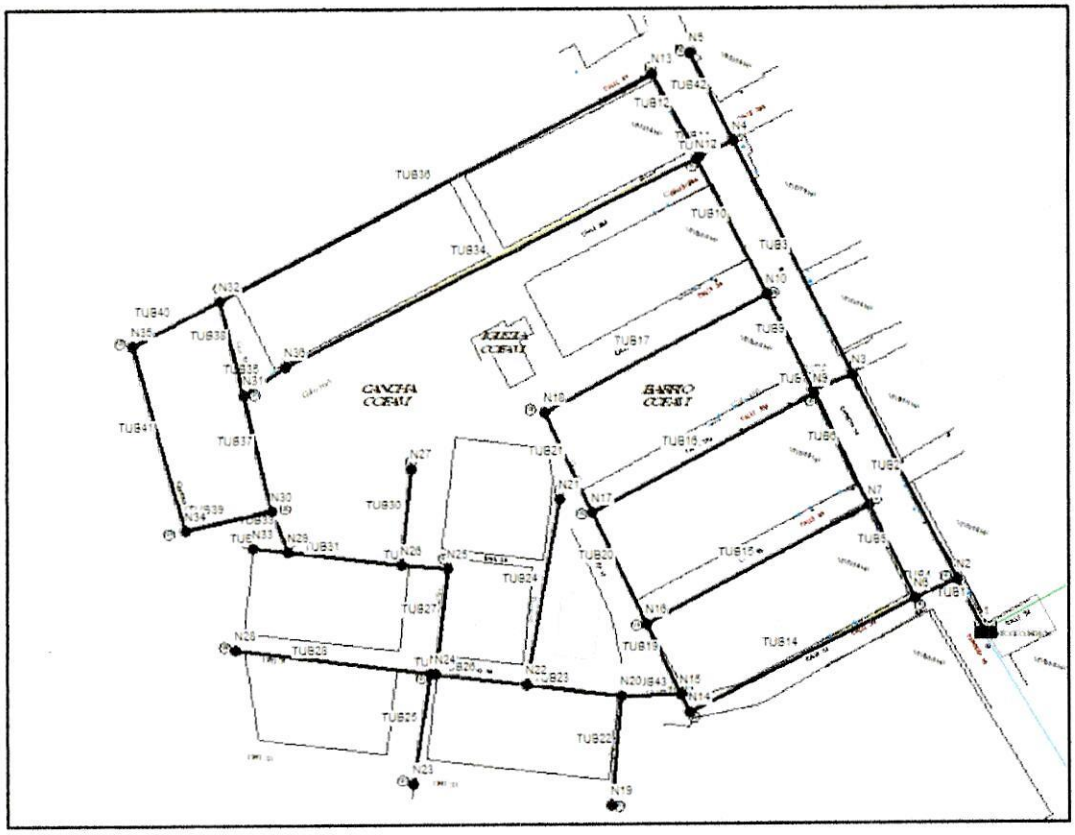
Para la modelación hidráulica de la red de acueducto proyectada, se adoptó la misma metodología descrita anteriormente para la red existente, utilizando las presiones registradas en el punto de empalme ubicado en la carrera 36 con calle 34, medidas por la Empresa Comunitaria de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Saravena ECAAAS E.S.P. Dichas presiones se emplearon como condición de frontera en el nodo de conexión con el sistema existente, manteniendo el mismo patrón de consumo horario definido previamente.

Adicionalmente, se tuvo en cuenta que la tubería existente en el punto de empalme corresponde a un diámetro de 6", por lo cual, en el diseño de la red proyectada, el diámetro máximo adoptado para las tuberías es igualmente de 6", garantizando la compatibilidad hidráulica con la infraestructura existente.

6.4. Modelación de la red de acueducto proyectada

Se carga la plantilla del trazado preliminar para poder dibujar los nodos y tuberías, con el fin de asignar longitudes, diámetros, y consumos.

Ilustración 13. Trazado de nodos y tubería

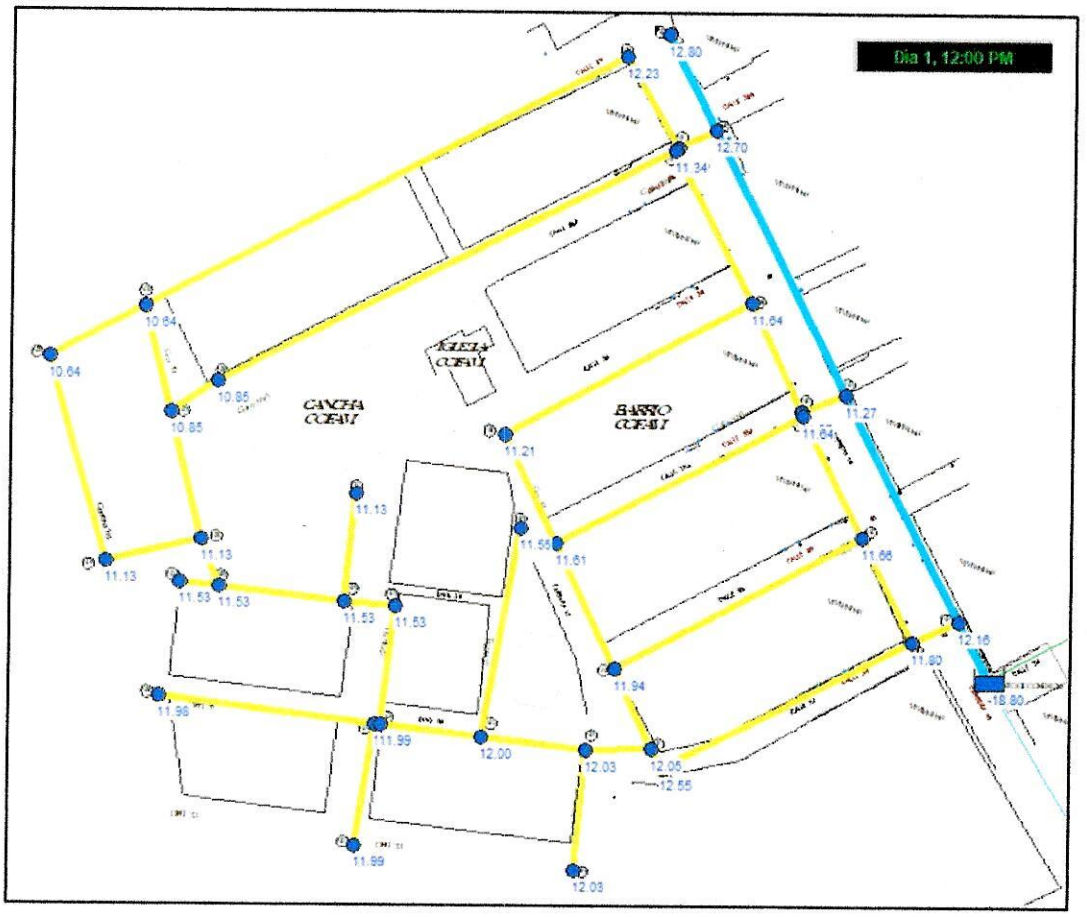


Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

Se realizó una modelación para cada escenario y para cada una de las horas en las que se tomaron las mediciones de presión. A continuación, se presenta un ejemplo

de la modelación en la hora más desfavorable (12:00 pm), mientras que las de todos los escenarios se incluirán como anexos en el presente informe.

Ilustración 14. Modelación escenario 2 en EPANET red existente



Fuente: EPANET – Modelación hidráulica

Al realizar la modelación con la nueva infraestructura de 6" y 3", los resultados evidencian una mejora sustancial y un cumplimiento total de la normativa vigente. Como se observa en la cartografía para el periodo de las 12:00 PM, las presiones en todos los nodos del barrio COFAVI se han estabilizado, registrando valores que oscilan entre 10.65 m.c.a. y 12.78 m.c.a.

Este cambio garantiza que el 100% de la red supere el mínimo de 10 m.c.a. exigido por la Resolución 0330 de 2017. El incremento en los diámetros y la optimización del trazado permitieron reducir las pérdidas de energía, logrando presiones uniformes incluso en los puntos más alejados del empalme. Con este diseño, el sistema no solo cumple con el estándar legal, sino que asegura la capacidad necesaria para la conexión de acometidas domiciliarias y el correcto funcionamiento de los hidrantes proyectados.

6.5. Resultados de la modelación de la red existente

Debido a la extensión de los datos generados por el modelo, el reporte técnico detallado que contempla el comportamiento del sistema durante las 24 horas del día se encuentra disponible en los Anexos de este documento.

A continuación, se presenta un extracto de los resultados obtenidos para la Red Proyectada en el periodo de máxima demanda (12:00 PM). En esta tabla se evidencia que, con la implementación de los nuevos diámetros, todos los nodos del sector registran presiones superiores a los 10 m.c.a. exigidos por la normativa, garantizando así la eficiencia y calidad del servicio en el barrio COFAVI:

CONCLUSIONES

Tras el análisis técnico y el modelamiento hidráulico realizados, se concluye que la red proyectada para el barrio COFAVI constituye la solución definitiva a las deficiencias históricas del sector. Este diseño se ajusta de manera rigurosa a los parámetros de ubicación en espacio público y servidumbres establecidos en la Resolución 0330 de 2017, y garantiza una funcionalidad técnica superior, al haber superado satisfactoriamente todos los escenarios de simulación normativa.

La configuración propuesta contempla la sustitución integral de los 2.584,48 metros de red de 2", la cual se encontraba en condición de incumplimiento, por una infraestructura en PVC RDE 21. El sistema se estructura mediante un eje matriz de 6" sobre la Carrera 36, complementado con una red de distribución secundaria de 3", asegurando así el cumplimiento del diámetro interno real mínimo de 75 mm exigido en el Artículo 63 de la normativa vigente.

En términos hidráulicos, el impacto es significativo. Mientras la red existente operaba con presiones críticas de apenas 3,82 m.c.a., la nueva infraestructura permite estabilizar el servicio en todos los nodos de consumo, alcanzando presiones superiores a los 10 m.c.a. No obstante, es importante precisar que el desempeño del sistema proyectado depende directamente de las condiciones de presión en el punto de empalme operado por ECAAAS E.S.P., por lo que la estabilidad de la red matriz de 6" que abastece el sector resulta determinante para garantizar los estándares de calidad.

En este contexto, el reemplazo de la tubería de 2" por diámetros de 6" y 3" se consolida como la única alternativa técnicamente viable para normalizar la prestación del servicio. Este redimensionamiento no solo optimiza las presiones a nivel domiciliario, sino que también proporciona la capacidad hidráulica necesaria para la operación de hidrantes contra incendios. Como medida complementaria de resiliencia ante eventuales mantenimientos o contingencias en la red matriz, se recomienda que cada unidad habitacional disponga de un sistema de almacenamiento mínimo de 1.000 litros, garantizando así la continuidad y autonomía del suministro de agua potable para la comunidad de COFAVI.



JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA
INGENIERO CIVIL – ESPECIALISTA EN INGENIERIA HIDRAULICA Y AMBIENTAL
C.C 80.109.920
25202-143899 CND

MEMORIA DE CALCULO DE CANTIDADES

TRAMOS	NODO INICIAL - NODO FINAL		DIAMETRO (")	LONGITUD DE TUBERIA (ML)
TUB1	PUNTO DE CONEXIÓN	N2	6	29,71
TUB2	N2	N3	6	118,55
TUB3	N4	N5	6	48,08
TUB4	N2	N6	3	23,48
TUB5	N6	N7	3	53,51
TUB6	N7	N8	3	64,64
TUB7	N41	N12	3	29,54
TUB8	N40	N13	3	30,53
TUB9	N38	N14	3	29,12
TUB10	N6	N9	3	34,28
TUB11	N7	N10	3	33,72
TUB12	N42	N11	3	33,43
TUB41	N3	N4	6	128,73
TUB43	N38	N39	3	47,87
TUB44	N8	N42	3	1,20
TUB45	N3	N8	3	20,85
TUB46	N42	N41	3	54,33
TUB47	N41	N40	3	74,44
TUB48	N4	N39	3	19,87
TUB49	N39	N40	3	1,12
		TOTAL		877,00

LOCALIZACION	ACCESORIOS							
	TEE EN PVC 3"	TEE EN PVC 6" REDUCIDA A 3"	CODO DE GRAN RADIO DE PVC DE 3" A 90°	TEE EN PVC 6" REDUCIDA A 4"	VALVULA 3"	VALVULA 6"	TAPON EN PVC 6"	REDUCCION EN PVC 3" A 2"
PUNTO DE CONEXIÓN				1		1		
N2		1			1			
N3		1			1			
N4		1			1	1		
N5							1	
N6	1							
N7	1							
N8	1							
N9								1
N10								1
N11								1
N12								1
N13								1
N14								1
N38			1					
N39	1							
N40	1							
N41	1							
N42	1							
TOTALES (UNDS)	7	3	1	1	3	2	1	6

EXCAVACION		
	3"	6"
LONGITUD	551,93	325,07
PROFUNDIDAD	1,00	1,00
ANCHO	0,60	0,60
VOLUMEN DE EXCAVACION	**331,16**	**195,04**
TOTAL	**526,20**	

ARENA		
	3"	6"
LONGITUD	551,93	325,07
ALTURA	0,40	0,40
ANCHO	0,60	0,60
VOLUMEN DE ARENA	**132,46**	**78,017**
TOTAL	**210,48**	

Menos vol tuberia

RELLENO COMPACTADO		
	3"	6"
EXCAVACION	331,16	195,04
ARENA	132,46	78,02
VOLUMEN DE RELLENO	**198,69**	**117,03**
TOTAL	**315,72**	

TABLA DE CANTIDADES		
DESCRIPCION	**UNIDAD**	**CANTIDAD**
Tubo PVC 3"	Tubo	95
Tubo PVC 6"	Tubo	55
TEE EN PVC 3"	Unidad	7
TEE EN PVC 6" REDUCIDA A 3"	Unidad	3
CODO DE GRAN RADIO DE PVC DE 3" A 90°	Unidad	1
TEE EN PVC 6" REDUCIDA A 4"	Unidad	1
VALVULA 3"	Unidad	3
VALVULA 6"	Unidad	2
TAPON EN PVC 6"	Unidad	1
REDUCCION EN PVC 3" A 2"	Unidad	6

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA**, identificado con cédula de ciudadanía 80.109.920 de Bogotá, en calidad de Ingeniero Civil de profesión con Matricula Profesional No. 25202-143899 CND, certifico que realicé y a la vez dono a título gratuito a la Gobernación de Arauca el documento ANALISIS Y DISEÑO HIDRÁULICO para el proyecto "CONSTRUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA" a ejecutarse en jurisdicción del municipio de Saravena, Departamento de Arauca, de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes a la fecha.

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos al Departamento de Arauca.

La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Para los fines pertinentes, anexo:

- Copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional
- Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios (profesionales)
- Copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los nueve (09) días del mes de junio de 2026.

Atentamente,

Nombre: **JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA** Firma:

Profesión: **INGENIERO CIVIL** Nº C.c.: **80.109.920**

Matrícula Profesional No 25202-143899 CND

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA**, identificado con cédula de ciudadanía 80.109.920 de Bogotá, en calidad de Ingeniero Civil de profesión con Matricula Profesional No. 25202-143899 CND, certifico que realicé el documento ANALISIS Y DISEÑO HIDRÁULICO para el proyecto "CONSTRUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

Por lo anterior, manifiesto que asumo toda responsabilidad referente al ANALISIS Y DISEÑO HIDRÁULICO realizadas de dicho proyecto, y exonero al Departamento de Arauca, de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente estudio, SIEMPRE Y CUANDO se cumpla a cabalidad la totalidad del proyecto propuesto.

Declaro así mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pueda deducirse, exonerando al Departamento de Arauca de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por el Departamento no constituye una aprobación al estudio y/o diseño, sino una verificación del cumplimiento de las normas aplicables.

Se expide a los nueve (09) días del mes de junio de 2026.

Atentamente,

Nombre: **JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA** Firma:

Profesión: **INGENIERO CIVIL** Nº C.c.: **80.109.920**

Matrícula

Profesional No 25202-143899 CND

TARJETA DE MATRICULA PROFESIONAL


REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA

MATRICULA PROFESIONAL No.

25202143899CND

INGENIERO CIVIL

DE FECHA 21/06/2007

JAIRO ALEXANDER

BARRAGAN MENDOZA

C.C. 80109920

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

PRESIDENTE DEL CONSEJO

CERTIFICADO DE VIGENCIA Y ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4534855

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JAIRO ALEXANDER BARRAGAN MENDOZA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 80109920, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-143899 desde el 21 de Junio de 2007, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 341.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

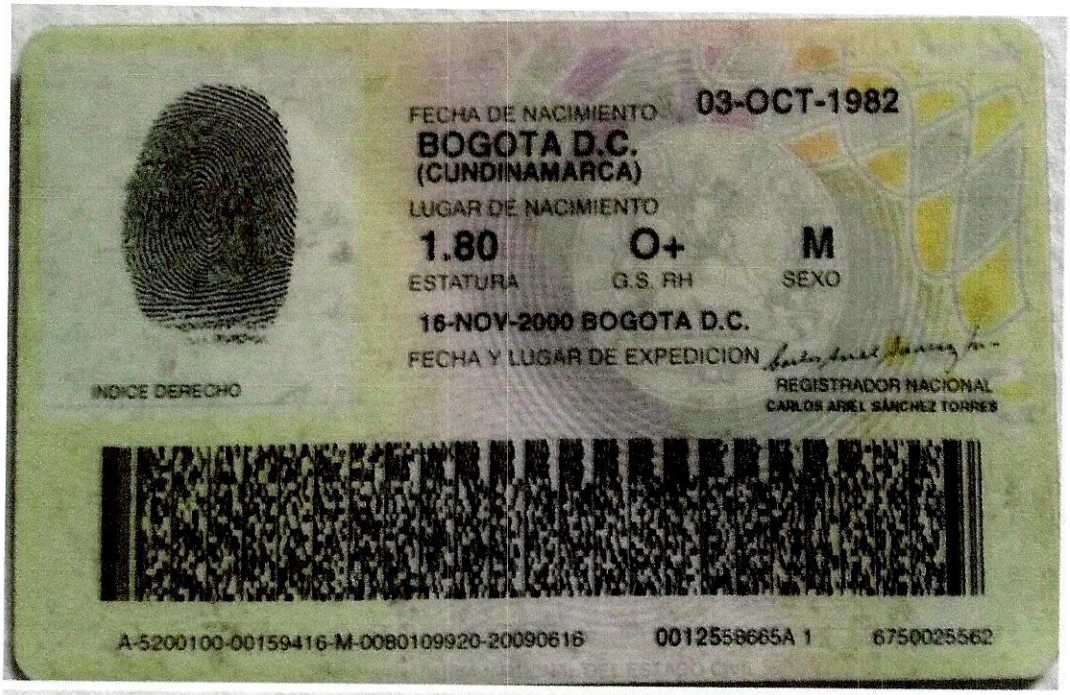
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los dieciocho (18) días del mes de Junio del año dos mil veintiseis (2026).

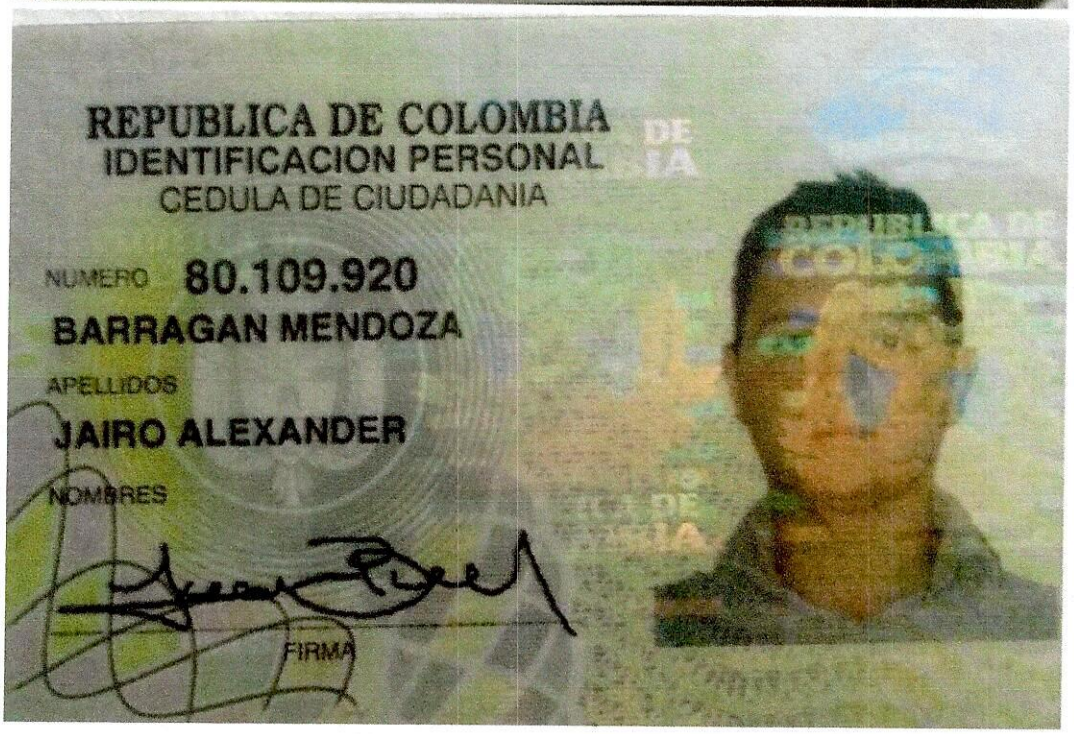
Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Micrositc/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CÉDULA DE CIUDADANÍA





LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE

EN ATENCIÓN A QUE

Jairo Alexánder Barragán Mendoza

C.C. 80'109.920 de Bogotá, D.C.

HA CURSADO TODOS LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS POR LA UNIVERSIDAD Y LAS DISPOSICIONES LEGALES PARA OPTAR EL GRADO UNIVERSITARIO EN LA FACULTAD DE

Ingeniería Civil

LE OTORGA
EN NOMBRE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA
Y POR AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

26 ABR. 2007

EL TÍTULO DE **Ingeniero Civil**

EN FE DE LO CUAL FIRMAMOS Y SELLAMOS ESTE DIPLOMA EN
BOGOTÁ, D.C. A LOS 20 DÍAS DEL MES DE abril AÑO DE 2007

Folio 3415
Libro 3

"CONSTRUCCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional

La Universidad Nacional de Colombia

Teniendo en cuenta que

Jairo Alexander Barragán Mendoza

C.C. 80.109.920 de Bogotá

cumplió satisfactoriamente todos los requisitos académicos reglamentarios del Plan de Estudios de Posgrado, le confiere el Título de

Especialista en Ingeniería Hidráulica y Ambiental

En la ciudad de Manizales, a los 14 días del mes de septiembre de 2018

Decanatura de Facultad | Rectoría | Secretaría General

Registro n.° 1706, Folio 14 del Libro de Diplomas n.° 3
de la Sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura

54145