PROYECTO: "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACION Y CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE ACUEDUCTO EN EL MUNICIPIO DE BRICEÑO BOYACÁ"

ESTUDIO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EXISTENTE, PALOBLANCO EN EL MUNICIPIO DE BRICEÑO

JUAN LUIS BELTRÁN BELTRÁN
ING CIVIL
Esp. Gestión Integrada del Recurso Hídrico
MP 68202 – 266082 STD

BRICEÑO, BOYACÁ
NOVIEMBRE 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN. 5

1. OBJETIVOS 6

1.1. OBJETIVO GENERAL 6

1.2. OBJETIVO ESPECIFICO 6

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO PALO BLANCO 7

2.1. ANTECEDENTES 7

2.2. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN 8

2.2.1. Límites geográficos y división política 11

2.3. GEOLOGÍA 11

2.1. POBLACIÓN 12

2.1.1. Distribución espacial de la población 12

2.1.2. Tasa de crecimiento poblacional 13

2.1.3. Densidad de población 17

3. DIAGNÓSTICO ACUEDUCTO CAMPO GRANDE PARTE ALTA 19

3.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y CAPTACIONES 19

3.2. ADUCCIÓN 21

3.3. DESARENADOR 22

3.4. CONDUCCIÓN 24

3.5. PLANTA DE TRATAMIENTO 25

3.5.1. Módulo de retención y floculación. 26

3.5.2. Módulo de sedimentación acelerada e igualación 26

3.5.3. Módulo de filtración primaria 27

3.5.4. Módulo de filtración secundaria 27

3.5.5. Módulo de retrolavado 28

3.5.6. Módulo de lecho de secado 28

3.5.1. Tanque de almacenamiento 29

3.5.2. Caja de derivación 30

3.5.3. Red de distribución 30

3.5.4. Accesorios de la red 31

4. EVALUACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO 32

4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO 32

4.1.1. Dotación neta máxima 32

4.1.2. Dotación Bruta 33

4.1.3. Caudales de diseño 34

4.1.1. Proyecciones de población 34

4.1.2. Caudal máximo diario 35

4.1.3. Caudal máximo horario 36

4.2. MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA EXISTENTE 37

4.2.1. Línea de conducción 37

4.2.2. Red de distribución 40

5. CONCLUSIÓN 49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del proyecto. 9
Figura 2. Fuente Quebrada La Jordán. 20
Figura 3. Ubicación de la Bocatoma San Joaquín. 25
Figura 4. Red de distribución existente Paloblanco. 42
Figura 5. Modelo Epanet Paloblanco. 44
Figura 6. Modelo Epanet - Resultados Velocidades Paloblanco. 45
Figura 7. Modelo Epanet - Resultados Presiones Paloblanco. 46
Figura 7. Modelo Epanet – Sectorización de los resultados Presiones Paloblanco. 47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. División Administrativa de municipio de Briceño. 10
Tabla 2. Distribución del municipio de Briceño por extensión territorial y área de residencia... 10
Tabla 3. Datos Censos poblacionales nacionales para Briceño Boyacá. 14
Tabla 3. Proyección poblacional. 16
Tabla 4. Dotación Neta 32
Tabla 5. Caudales de Diseño 34
Tabla 6. Habitantes actuales del Acueducto 35

1. INTRODUCCIÓN.

El presente informe aborda el estudio detallado del sistema de acueducto de la vereda Palo Blanco, ubicada en el municipio de Briceño, departamento de Boyacá. Esta zona rural se caracteriza por una topografía montañosa y una población dispersa que depende en gran medida de sistemas comunitarios para el abastecimiento de agua potable. Estas condiciones generan desafíos importantes en la infraestructura de acueducto, especialmente en los procesos de captación, conducción, almacenamiento y distribución.

La realización del diagnóstico técnico del acueducto constituye una etapa fundamental dentro del proceso de planificación y mejora del servicio. Este tipo de estudios permite identificar fallas estructurales, pérdidas de agua, deficiencias en la calidad del recurso, limitaciones en la capacidad instalada y riesgos asociados a la operación del sistema. Contar con información confiable facilita la toma de decisiones y la formulación de alternativas de solución que garanticen un suministro eficiente, seguro y sostenible para la comunidad beneficiaria.

Asimismo, el diagnóstico y los posteriores estudios y diseños de optimización se desarrollan bajo el marco de la normativa vigente en materia de servicios públicos domiciliarios, calidad del agua potable e infraestructura hidráulica. El cumplimiento de estos requerimientos legales y técnicos —entre ellos los establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), las normas de potabilidad y los lineamientos ambientales— asegura que las intervenciones propuestas se ajusten a los estándares nacionales, contribuyendo a la protección de la salud pública y al manejo sostenible del recurso hídrico.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar el estado actual del sistema de acueducto de la vereda Palo Blanco, en el municipio de Briceño, Boyacá, como parte del proyecto "Estudios y diseños para la optimización y construcción de sistemas de acueducto en el municipio de Briceño, Boyacá". Este diagnóstico se realizará en concordancia con la Resolución 0330 de 2017 y demás normativas vigentes aplicables, con el fin de generar información técnica precisa que soporte su adecuada formulación, diseño y posterior ejecución.

1.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Recopilar y analizar la información disponible en documentos técnicos, registros operativos y estudios previos relacionados con la infraestructura existente y su funcionamiento en la vereda Palo Blanco.

- Estimar la capacidad máxima teórica de transporte de la línea de aducción actual, así como evaluar las velocidades, presiones y condiciones hidráulicas presentes y futuras en la red de distribución, incluyendo el cálculo de la capacidad de almacenamiento requerida.

- Identificar las falencias del sistema en términos de infraestructura, operación y cumplimiento normativo, y proponer de manera preliminar las acciones necesarias para su optimización y adecuación a los estándares técnicos vigentes.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO PALO BLANCO

2.1. ANTECEDENTES

El municipio de Briceño, ubicado en la provincia Occidental del departamento de Boyacá, fue constituido oficialmente mediante la Ordenanza N.° 14 de 1890 de la Asamblea Departamental. A pesar de las transformaciones administrativas ocurridas desde finales del siglo XIX, Briceño ha conservado una identidad territorial basada en sus veredas y asentamientos rurales, entre los cuales se encuentra Palo Blanco. Estas zonas han sido históricamente relevantes para el desarrollo agrícola, social y comunitario del municipio.

La vereda Palo Blanco se ha caracterizado por su ubicación estratégica, vocación agropecuaria y disponibilidad de fuentes hídricas que han permitido el asentamiento de familias dedicadas a la agricultura de subsistencia y la ganadería. La comunidad ha gestionado de manera colectiva la construcción y operación de infraestructura básica, incluyendo vías veredales, redes de acueducto comunitario y espacios de encuentro social, evidenciando una tradición organizativa sólida.

En cuanto al abastecimiento de agua, la vereda ha dependido históricamente de captaciones naturales y pequeños sistemas locales administrados por juntas comunitarias. Estos sistemas surgieron para satisfacer necesidades que no eran cubiertas por la red municipal y se implementaron de manera progresiva con recursos limitados. Con el tiempo, el crecimiento poblacional, el desgaste de la infraestructura y la aparición de nuevas exigencias normativas han generado la necesidad de evaluar y optimizar los sistemas existentes.

La historia de Palo Blanco, marcada por procesos de autogestión y adaptación a su

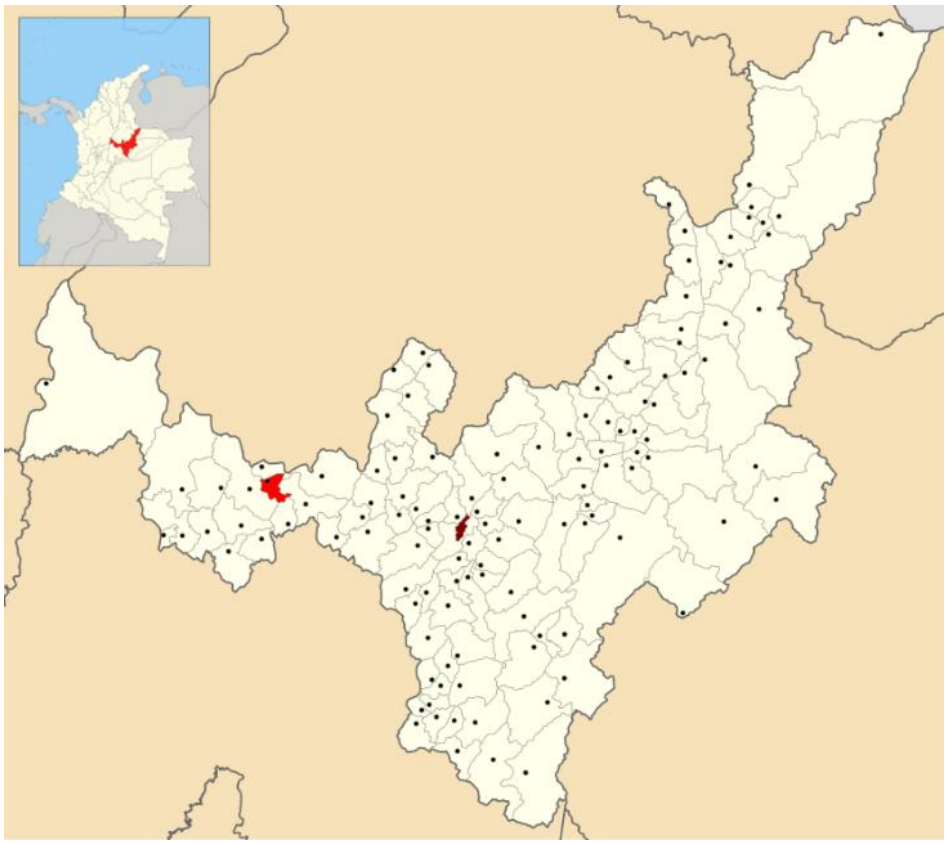
topografía montañosa, permite comprender el estado actual de su infraestructura y resalta la importancia de realizar estudios técnicos detallados. Estos antecedentes justifican el diagnóstico del sistema de acueducto existente, con el fin de garantizar que el suministro de agua evolucione de acuerdo con los estándares modernos de calidad, continuidad y seguridad establecidos en la normativa vigente.

2.2. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN

El municipio de Briceño se encuentra en la Provincia de Occidente del departamento de Boyacá. Su cabecera municipal está ubicada a una latitud de 5° 41’ 38’’ norte y 73° 55’ 35’’ de longitud oeste, aproximadamente a 150 km de la ciudad de Tunja y a 41 km del municipio de Chiquinquirá. Esta posición geográfica lo sitúa en un corredor estratégico que conecta varios municipios de la región occidental del departamento.

Briceño limita al norte con los municipios de Tununguá y Albania (departamento de Santander); al sur con Caldas y Pauna; al oriente con Saboyá y Chiquinquirá; y al occidente nuevamente con Pauna. Hace parte de la Provincia de Occidente, conformada por los municipios de Otanche, San Pablo de Borbur, Pauna, Briceño, Tununguá, Maripí, Coper, Muzo, La Victoria, Quípama y Puerto Boyacá. De acuerdo con la Ley 99 de 1993, el territorio del municipio se encuentra bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ).

Figura 1. Localización general del proyecto.



Fuente: EOT, 2000

El municipio cuenta con una extensión total de 6.803,58 hectáreas y se encuentra dividido políticamente en 13 veredas: Buenavista, Campo Grande, Centro, Cucaita, El Diamante, Media Luna, Minachal, Moray, Palo Blanco, Santa Isabel, Tabor, Tarpeya y Yopos. Entre ellas, las de mayor extensión son Campo Grande (1.230,42 ha), El Diamante (960,01 ha) y Tabor (870,26 ha), mientras que la vereda objeto de estudio, Palo Blanco, ocupa 742,22 ha. Esta organización territorial refleja la estructura rural del municipio y evidencia la relevancia de las veredas en la conformación social, productiva y administrativa del territorio.

Tabla 1. División Administrativa de municipio de Briceño.

VEREDA	ÁREA (Has)	PORCENTAJE
Buenavista	284.67	4.18
Campo Grande	1230.42	18.08
Centro	243.71	3.58
Cucaíta	187.55	2.76
El Diamante	960.01	14.11
Media Luna	203.26	2.99
Minachal	570.59	8.39
Moray	687.82	10.11
Palo Blanco	741.22	10.89
Santa Isabel	263.46	3.87
Tabor	870.26	12.79
Tarpeya	220.19	3.24
Yopos	340.42	5.00
TOTAL	**6803.58**	**100.00**

Fuente: ESTUDIO, 2000.

En términos institucionales, Briceño pertenece al círculo notarial de Pauna, a la oficina seccional de registro y al circuito judicial de Chiquinquirá. Asimismo, hace parte de la circunscripción electoral del departamento de Boyacá, lo que determina su organización político-administrativa y su relación con las entidades departamentales y nacionales.

Tabla 2. Distribución del municipio de Briceño por extensión territorial y área de residencia.

Municipio	Extensión urbana		Extensión rural		Extensión total	
	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje	Extensión	Porcentaje
Briceño	0.1203	0.25%	47.6777	99.75%	47.798	100%

Según la Subdirección de Geografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el municipio de Briceño cuenta con una extensión territorial de 47,798 km², de los cuales 0,1203 km² corresponden al área urbana y 47,798 km² al área rural, representando el 0,25% y el 99,75% de la

superficie total del municipio, respectivamente.

2.2.1. Límites geográficos y división política

El municipio limita al norte con Tununguá y Albania; al sur con Caldas y Pauna; al oriente con Saboyá y Chiquinquirá; y al occidente con Pauna. Su división política está conformada por trece veredas, entre las cuales la vereda Palo Blanco, se encuentra al sur del centro poblado de Briceño y se destaca por su relevancia en la dinámica agrícola, social y comunitaria del municipio.

2.3. GEOLOGÍA

La vereda Palo Blanco, dentro del municipio de Briceño, se encuentra principalmente sobre la Formación Tablazo, compuesta por calizas y margas fosilíferas, con estratos que varían en espesor desde 0,5 hasta 140 m. Esta unidad presenta una topografía levemente ondulada, con algunas áreas de relieve más pronunciado, y corresponde a depósitos de edad Aptiano Superior a Albiano Inferior. La litología de esta formación, formada por calizas y lutitas, influye directamente en la permeabilidad del terreno y en la disponibilidad de agua subterránea, aspectos fundamentales para el funcionamiento del sistema de acueducto.

En menor proporción, la vereda Palo Blanco presenta afloramientos dispersos de la Formación Simití, integrada por lutitas negras con intercalaciones de calizas y areniscas arcillosas. Esta unidad evidencia ambientes de sedimentación marina con condiciones reductoras, lo que se refleja en la textura y composición de los suelos, afectando el manejo de la infraestructura hidráulica y la construcción de obras de captación.

os depósitos cuaternarios recientes, aunque limitados, se localizan en zonas de pendiente más pronunciada dentro de la vereda, producto del transporte gravitacional de materiales sueltos.

Estos depósitos, aunque de menor extensión, requieren atención especial en el diseño de redes y estructuras de conducción para minimizar riesgos de erosión o deslizamiento en sectores críticos.

En conjunto, la geología de Palo Blanco determina las características del subsuelo, la estabilidad del terreno y las condiciones de captación y almacenamiento de agua. Comprender estas formaciones es fundamental para planificar adecuadamente la optimización del acueducto, garantizando que las intervenciones sean sostenibles, seguras y adaptadas a las particularidades geológicas de la vereda.

2.1. POBLACIÓN

2.1.1. Distribución espacial de la población

Según el Censo Nacional de Población realizado por el DANE en 1993, el municipio de Briceño contaba con 2.840 habitantes, de los cuales 272 personas (11,91%) correspondían a la vereda Palo Blanco. La población rural representa la mayoría del municipio y se concentra principalmente en las áreas cercanas a la Quebrada Guayabal y en los alrededores de la cabecera municipal, debido a que estas zonas ofrecen mejores condiciones de fertilidad del suelo, clima y accesibilidad.

Entre las veredas rurales, la mayor densidad poblacional se observa en Tarpeya, Tabor, Palo Blanco y Moray, las cuales concentran aproximadamente el 80,42% de la población rural. La vereda Palo Blanco, objeto de estudio en este informe, alberga alrededor de 272 habitantes, lo que representa aproximadamente el 11,91% de la población rural del municipio. Esta distribución refleja la dispersión característica de las zonas rurales de Briceño y la concentración de habitantes en sectores con mejores condiciones para la agricultura y el acceso a servicios básicos.

2.1.2. Tasa de crecimiento poblacional

Para estimar la proyección de la población del municipio, es fundamental considerar los datos demográficos oficiales obtenidos a partir de los censos del DANE. Este análisis se realiza siguiendo las directrices del Título B del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2010), utilizado como referencia para el diseño de sistemas de acueducto y alcantarillado, y en concordancia con los principios normativos establecidos por la Resolución 0330 de 2017. La tasa de crecimiento poblacional anual constituye un parámetro clave para planificar la expansión de los servicios públicos y garantizar su cobertura futura, permitiendo proyectar de manera técnica la demanda de agua y saneamiento en función del incremento poblacional.

La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(T_{uc}-T_{ci})}} - 1$$

Donde:

- r: Tasa de crecimiento anual en forma decimal.
- P_{uc}: Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).
- P_{ci}: Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).
- T_{uc}: Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.
- T_{ci}: Año correspondiente al censo inicial con información.

Los datos de censos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) se

presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 3. Datos Censos poblacionales nacionales para Briceño Boyacá.

Año	Cabecera	Rural	Total	Año	Cabecera	Rural	Total
1985	376	2957	3333	2010	486	1989	2475
1986	380	2942	3322	2011	486	1960	2446
1987	384	2895	3279	2012	484	1939	2423
1988	396	2864	3260	2013	469	1912	2381
1989	409	2808	3217	2014	472	1887	2359
1990	440	2783	3223	2015	484	1837	2321
1991	440	2739	3179	2016	485	1739	2224
1992	418	2726	3144	2017	486	1714	2200
1993	424	2660	3084	2018	487	1711	2198
1994	450	2591	3041	2019	492	1683	2175
1995	458	2575	3033	2020	516	1729	2245
1996	447	2534	2981	2021	527	1710	2237
1997	451	2519	2970	2022	568	1706	2274
1998	465	2488	2953	2023	600	1697	2297
1999	472	2413	2885	2024	607	1710	2317
2000	422	2383	2805	2025	604	1727	2331
2001	457	2338	2795	2026	624	1736	2360
2002	459	2306	2765	2027	624	1738	2362
2003	434	2263	2697	2028	651	1744	2395
2004	467	2219	2686	2029	655	1757	2412
2005	451	2169	2620	2030	654	1772	2426
2006	446	2133	2579	2031	668	1779	2447
2007	467	2094	2561	2032	672	1781	2453
2008	496	2047	2543	2033	660	1814	2474
2009	494	2016	2510	2034	682	1819	2501
				2035	686	1837	2523

La tasa de crecimiento poblacional según datos de censos DANE: La tasa de crecimiento en el área rural según el análisis de datos proporcionados por el DANE tiende a disminuir (r=-0.02897).

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(T_{uc}-T_{ci})}} - 1 = -0.028972391$$

Según la información suministrada por la Junta de Acueducto, bajo la supervisión del fontanero, en el año 2019 se registró una población de diseño de 344 habitantes, correspondiente a 111 usuarios, considerando un tamaño promedio del hogar de 4.0 personas por usuario. Para el año 2026, el número de usuarios aumentó a 120, estimándose una población total de aproximadamente 480 habitantes.

Este comportamiento refleja una tasa de crecimiento anual del 2,40%, la cual se constituye en un parámetro fundamental para proyectar la demanda de agua potable y dimensionar adecuadamente la infraestructura del sistema de acueducto. Esta información resulta clave para la planificación de inversiones en la red de distribución, la programación de mantenimientos y la garantía de un servicio sostenible y eficiente en el mediano y largo plazo.

La tasa de crecimiento en base a usuarios reales del acueducto:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(T_{uc}-T_{ci})}} - 1 = 0.024041146$$

Para el análisis de las estructuras del sistema de acueducto, se realiza un balance considerando dos tasas de crecimiento: la tasa poblacional real y la tasa asociada al desarrollo del

servicio. Se reconoce que el crecimiento de la población está influenciado no solo por la expansión del acueducto, sino también por factores demográficos como la natalidad, mortalidad y migración del municipio. Por lo tanto, para efectos del presente análisis, se adopta una tasa de crecimiento final de +1,0%, que permite proyectar de manera más realista la demanda futura del servicio.

Con base en esta tasa, se procede a evaluar los diferentes métodos de proyección poblacional descritos en el Título B del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2010), incluyendo los métodos geométrico, aritmético y exponencial. Este análisis permite determinar la población horizonte y, a partir de ella, dimensionar correctamente la infraestructura del sistema, garantizando su eficiencia, sostenibilidad y capacidad para atender la demanda proyectada en los próximos años.

Tabla 4. Proyección de usuarios en la vereda Palo Blanco.

AÑO	MÉTODO GEOMÉTRICO	MÉTODO ARITMÉTICO	MÉTODO EXPONENCIAL
2019	111	111	111
2020	113	114	113
2021	114	117	114
2022	115	120	115
2023	116	123	116
2024	117	125	117
2025	118	128	118
2026	120	131	120
2027	121	134	121
2028	122	137	122
2029	123	139	123
2030	124	142	124
2031	126	145	126
2032	127	148	127
2033	128	151	128
2034	129	153	129

AÑO	MÉTODO GEOMÉTRICO	MÉTODO ARITMÉTICO	MÉTODO EXPONENCIAL
2035	131	156	131
2036	132	159	132
2037	133	162	133
2038	135	165	135
2039	136	167	136
2040	137	170	137
2041	139	173	139
2042	140	176	140
2043	141	179	142
2044	143	181	143
2045	145	183	144
2046	147	185	145
2047	149	187	146
2048	151	189	147
2049	153	191	148
2050	155	193	149
2051	157	195	150

De acuerdo con las características de la zona, los datos promedio de incorporación de nuevos usuarios por año, la tasa de crecimiento poblacional del municipio y el estado actual del sistema de acueducto se ha optado por utilizar el método geométrico para la determinación de la población. Este método es adecuado dado que asume un crecimiento sostenido de la población, asociado a una dinámica económica activa que impulsa un desarrollo apreciable en la zona.

2.1.3. Densidad de población

En el municipio de Briceño, la densidad de población promedio es de aproximadamente 52 habitantes por kilómetro cuadrado. Esto refleja una concentración relativamente moderada, con mayor densidad en la cabecera municipal y una población más dispersa en las veredas rurales. Aunque la mayoría de la población se encuentra en el área rural, la densidad urbana es notablemente superior debido a la concentración de servicios, infraestructura y accesibilidad.

La distribución de la población indica que, si bien los habitantes están dispersos en el territorio rural, existen núcleos con mayor concentración que coinciden con las zonas agrícolas más productivas y de fácil acceso. Este patrón de densidad poblacional tiene implicaciones directas en la planificación de infraestructura básica, como los sistemas de acueducto y saneamiento, ya que permite identificar las áreas con mayor demanda de servicios y priorizar la cobertura en sectores estratégicos, como la vereda Campo Grande.

3. DIAGNÓSTICO ACUEDUCTO CAMPO GRANDE PARTE ALTA

3.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y CAPTACIONES

El acueducto de la vereda se abastece actualmente de la quebrada La Jordán, una fuente de agua superficial con pendiente media y flujo predominantemente turbulento debido a la velocidad del agua. Esta quebrada pertenece a una cuenca de tipo dendrítico, caracterizada por su ramificación irregular. La Jordán recibe aportes de varios cuerpos de agua menores que conforman la quebrada Agua Blanca, y posteriormente se une con la quebrada Grande, dando origen a la quebrada Sabamá. Al recibir además los aportes de las quebradas Nacupay, Laguna Verde y Guayabal, se forma el río Piedras, que luego se une con la quebrada La Venta, formando el río Ibacapi, el cual desemboca finalmente en el río Minero, perteneciente a la gran cuenca del río Magdalena.

Según aforos realizados en campo mediante el método del flotador, se estimó un caudal aproximado de 282 L/s. La comunidad reporta que esta fuente mantiene un caudal relativamente estable, sin grandes variaciones entre las épocas de verano e invierno; sin embargo, ocasionalmente se presentan crecientes súbitos, evidenciadas en los taludes del canal de agua.

El sitio destinado a la captación y construcción de la bocatoma se localiza en las siguientes coordenadas: Norte 1.116.968,408; Este 1.019.532,107; Altura 1.815 msnm. La zona próxima a la fuente carece de cerramiento perimetral, pero se encuentra cubierta por vegetación característica de la región, lo que contribuye a la protección ambiental del acuífero. La protección de la fuente es esencial, ya que no solo garantiza el caudal disponible, sino también la calidad del agua. Por esta razón, se recomienda implementar un cerramiento adecuado que impida el acceso de personas

y animales y minimice la caída de ramas y hojas que puedan contaminar u obstruir el flujo de agua.

El acceso al sector de captación desde la vía principal es relativamente sencillo, aunque el cauce de la quebrada presenta quiebres y cambios de dirección propios de la topografía local. La captación del acueducto se realizará mediante una bocatoma de fondo equipada con una rejilla de caudal, la cual dirige el flujo hacia una estructura de control mediante tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro, asegurando la conducción eficiente del agua hacia el sistema de distribución.

Figura 2. Fuente Quebrada La Jordán.



Fuente: Diagnóstico construcción primera etapa de Briceño.

La bocatoma actual del acueducto se realiza mediante una conexión improvisada, anclada con rocas del entorno, que se beneficia del caudal de la quebrada La Jordán, ubicada en las coordenadas MAGNA-SIRGAS: Norte 2.182.120,407; Este 4.900.232,309. Por otra parte, la bocatoma construida aprovecha el caudal de la quebrada Grande y se encuentra en las coordenadas MAGNA-SIRGAS: Norte 2.183.112,988; Este 4.899.962,063.

En el caso de la bocatoma del acueducto de Palo Blanco, la aducción se realiza mediante una manguera de 2 pulgadas calibre 60, instalada entre el medio rocoso de la quebrada La Jordán. Este conducto se extiende hasta la caja de derivación de la bocatoma construida, la cual actualmente no se encuentra en funcionamiento.

La bocatoma construida presenta un estado de deterioro total, con destrucción de las aletas y ausencia de rejilla. Además, el curso de la quebrada ha cambiado debido a la dinámica geológica de la región, lo que afecta su funcionalidad. Por estas razones, se recomienda la construcción de una nueva bocatoma en un tramo de corriente con mayor caudal y condiciones estables.

Por su parte, la caja de derivación de la bocatoma se encuentra en buen estado. Esta estructura recibe la manguera proveniente de la toma improvisada, funcionando como una cámara de quiebre, controlando el flujo hacia el sistema de aducción.

3.2. ADUCCIÓN

La aducción del acueducto de Palo Blanco se realiza mediante tubería de 3 pulgadas de diámetro a lo largo de aproximadamente 200 metros, parcialmente enterrada en la mayoría de su recorrido hasta llegar al Tanque Desarenador, estructura diseñada para cumplir con los requerimientos técnicos y ambientales de la obra. La aducción se define como el conjunto de elementos y operaciones que permiten transportar el agua desde los puntos de captación hasta el punto de tratamiento. En el caso del acueducto de Palo Blanco, se utiliza una manguera de 2 pulgadas de diámetro para conducir el flujo hacia el desarenador, considerado la primera estructura de tratamiento por gravedad.

El análisis de la aducción se realiza por tramos. El primer tramo comprende la instalación

de manguera de 2 pulgadas desde la toma de agua improvisada hasta el puente ubicado en las coordenadas MAGNA-SIRGAS: Norte 2.182.536,243; Este 4.900.312,662, con una longitud aproximada de 460 metros. La totalidad de este tramo se encuentra de manera superficial, salvo en los puntos donde cruza la vía. En el cruce sobre la quebrada Grande, deberá proyectarse un viaducto o soporte tipo vuelo, ya que la línea de aducción actual carece de anclajes y guaya para sostener su peso sobre la fuente de agua superficial.

El segundo tramo comprende la instalación de manguera de 2 pulgadas desde el puente hasta la bocatoma construida, la cual actualmente no se encuentra en funcionamiento. Este tramo tiene una longitud aproximada de 720 metros, durante los cuales se observa desgaste de la red y daños continuos debido al mantenimiento de la vía que conduce al casco urbano de Briceño. Este tramo se encuentra entre las coordenadas Norte 2.182.706,464; Este 4.900.218,825 y Norte 2.182.792,295; Este 4.900.170,247, sumando un total de 100 metros que, según recomendaciones del fontanero, deben reemplazarse mediante instalación más profunda.

El tercer y último tramo comprende la instalación de manguera de 2 pulgadas desde la bocatoma construida hasta el desarenador, con una longitud aproximada de 210 metros, completamente enterrada. En este trayecto se encuentra una cámara de quiebre ubicada en las coordenadas Norte 2.183.162,546; Este 4.899.930,478, la cual se encuentra en buen estado y cumple correctamente su función. Esta estructura requiere mantenimiento, limpieza y la correcta ubicación de los registros de entrada, salida y by-pass para garantizar su operatividad.

3.3. DESARENADOR

El desarenador es un componente del sistema de acueducto diseñado para la remoción de

arenas y sólidos en suspensión mediante un proceso de sedimentación. Su funcionamiento se basa en la reducción de la velocidad del agua y de las turbulencias, lo que permite que los sólidos transportados se depositen en el fondo, desde donde deben ser retirados periódicamente (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

El desarenador objeto de estudio corresponde a un modelo convencional de flujo horizontal con forma rectangular alargada, ubicado en las coordenadas MAGNA-SIRGAS: Norte 2.183.293,034; Este 4.899.875,328, dentro del predio donde se encuentra la planta de tratamiento de agua potable (PTAP). La llegada del agua a la estructura se realiza inicialmente mediante una manguera de 2 pulgadas, que luego se conecta a tubería de PVC antes de ingresar a la caja de entrada, equipada con una válvula de bola plástica de conexión lisa del mismo diámetro.

El desarenador carece de una zona de aquietamiento independiente; la pérdida de energía se desarrolla en la zona de entrada, con una longitud de 1,40 m y un ancho de 1,0 m. En esta sección, el flujo choca contra la pantalla de entrada, descendiendo rápidamente y sedimentando inicialmente los sólidos más gruesos. La zona de sedimentación tiene una longitud de 2,0 m, ancho de 1,0 m y profundidad útil de 1,60 m, donde se depositan las partículas restantes. La tolva de lodos, inclinada aproximadamente un 8% hacia la tubería de lavado, posee una longitud de 4,10 m, ancho de 1,0 m y profundidad promedio de 0,15 m, permitiendo la acumulación de sedimentos para su posterior evacuación.

La salida del desarenador está compuesta por una pantalla sumergida y un ducto regulado mediante una válvula de bola plástica de 2 pulgadas, ubicada en una caja independiente. El sistema de lavado cuenta con un ducto en PVC TDE 21 de 2 pulgadas con tapón macho, que se manipula

mediante llave para realizar el mantenimiento de la estructura.

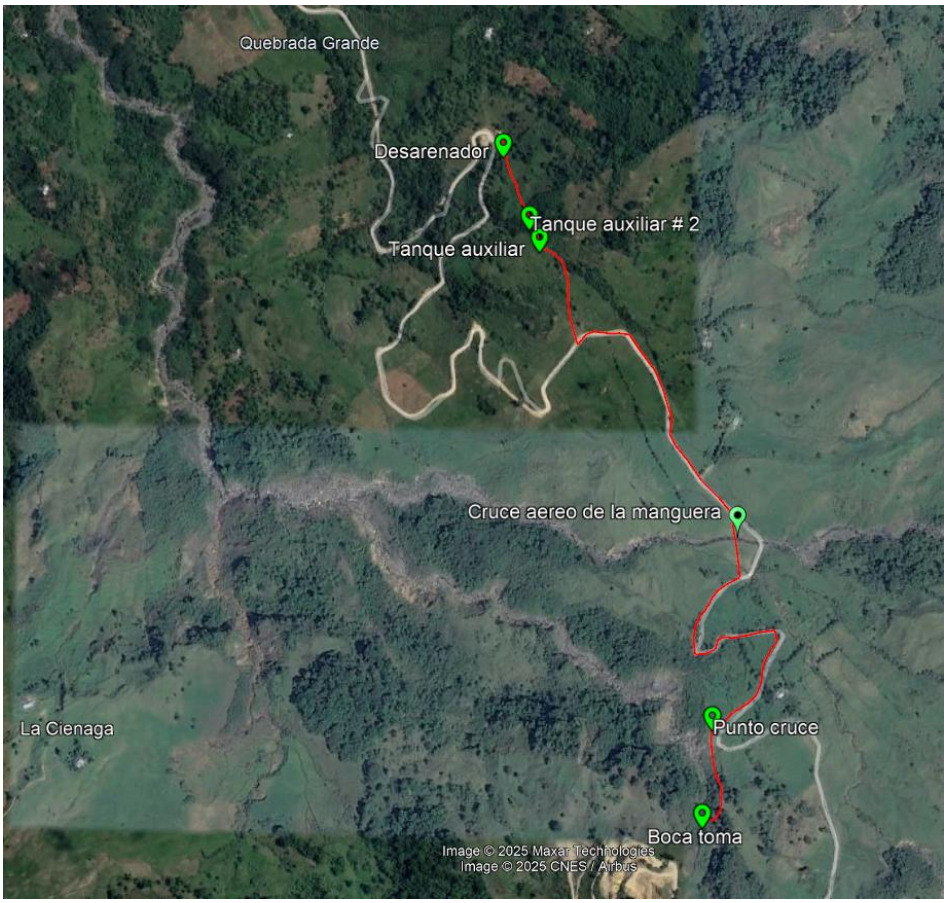
En conclusión, la estructura existente posee dimensiones superiores a las óptimas requeridas para el caudal de diseño, asegurando un adecuado proceso de sedimentación y cumpliendo con los parámetros mínimos normativos establecidos en la Resolución 0330 de 2017.

3.4. CONDUCCIÓN

La red de conducción del acueducto de Palo Blanco se encuentra conformada principalmente por dos tramos. El primer tramo, de aproximadamente 50 metros, conduce el agua desde el Tanque Desarenador hasta la planta de tratamiento de agua potable (PTAP). El segundo tramo, de mayor longitud, aproximadamente 1.000 metros, transporta el agua desde la PTAP hasta el tanque de almacenamiento.

La conducción entre la PTAP y el tanque de almacenamiento se realiza mediante tubería de PVC de presión de 2 pulgadas de diámetro. Dentro de este tramo, se identifica un segmento de aproximadamente 150 metros de tubería instalado de manera superficial. Aunque actualmente esta tubería se encuentra protegida con una manguera, se recomienda su instalación enterrada, cumpliendo con los lineamientos normativos establecidos por la Resolución 0799 de 2022, con una profundidad mínima de 1 metro medida desde la rasante hasta la cota clave de la tubería. Esta medida asegura la protección de la tubería frente a daños mecánicos, exposición al sol y variaciones térmicas, garantizando la durabilidad y eficiencia del sistema de conducción.

Figura 3. Ubicación de la Bocatoma San Joaquín.



3.5. PLANTA DE TRATAMIENTO

La PTAP del acueducto de Palo Blanco corresponde actualmente a un sistema modular construido en polietileno reforzado con fibra de vidrio (PRFV), ubicado en las coordenadas MAGNA-SIRGAS: Norte 2.183.307,837; Este 4.899.879,115.

El caudal de diseño de la planta, según los manuales de operación proporcionados por el fabricante, es de 1,50 L/s. La PTAP está conformada por cinco tanques y una unidad de lechos de secado, cuyos componentes y funciones se describen a continuación:

3.5.1. Módulo de retención y floculación.

El módulo de retención y floculación se encarga de distribuir el agua de manera uniforme mediante difusores hidráulicos a lo largo del primer compartimento, el cual cuenta con un lecho de grava y sílice que retiene sólidos de determinado tamaño. El flujo asciende hasta rebosar y caer en un segundo compartimento, donde se realiza la adición de coagulante mediante un dosificador por gravedad. A lo largo del sistema, se generan gradientes de velocidad progresivos que permiten la formación y consolidación del flóculo, hasta llegar al sexto compartimento.

En este primer tanque se efectúa la mezcla rápida, etapa del proceso en la que se busca un alto gradiente de velocidad para dispersar de manera uniforme el coagulante y favorecer la formación del flóculo. Durante la visita inicial no se encontró el contenedor del agente químico. Para el tratamiento del agua en este sistema se utiliza sulfato de aluminio como coagulante y floculante, acorde con las características del agua y el diseño del proceso de tratamiento.

3.5.2. Módulo de sedimentación acelerada e igualación

El módulo de sedimentación acelerada e igualación tiene como función principal la sedimentación de las partículas formadas como flóculos, resultantes de la adición de coagulante, los gradientes de velocidad y las cargas de las partículas. La eficiencia del proceso se incrementa mediante paneles tipo colmena, que favorecen un flujo ascensional uniforme y optimizan la retención de sólidos.

Adicionalmente, este módulo incluye un compartimento de igualación encargado de regular el caudal que ingresa al filtro primario, garantizando un flujo constante y estable hacia las etapas posteriores de tratamiento.

En este tanque también se realiza la estabilización del pH del agua. Para ello, se dispone de un tanque dosificador de sustancia buffer con capacidad de 50 litros, equipado con una llave de regulación que permite controlar la adición del reactivo de manera precisa.

3.5.3. Módulo de filtración primaria

El módulo de filtración primaria está diseñado para remover partículas en suspensión presentes en el agua mediante un proceso de filtración por lecho múltiple. En la parte inferior del tanque se encuentran difusores hidráulicos, que distribuyen uniformemente el flujo de agua sobre el área filtrante, asegurando una cobertura homogénea del lecho.

El lecho filtrante está compuesto por una capa de grava de retención seguida de capas de arena y antracita, que trabajan en conjunto para retener sólidos y mejorar la calidad del agua. Adicionalmente, el tanque cuenta con difusores para el retrolavado y una cámara de acumulación, que facilita el manejo y limpieza periódica del lecho filtrante, garantizando un desempeño eficiente y prolongando la vida útil del sistema.

3.5.4. Módulo de filtración secundaria

El módulo de filtración secundaria está diseñado para garantizar la eliminación final de partículas en suspensión y la dosificación adecuada de desinfectante en el agua tratada. Al igual que en el módulo de filtración primaria, el tanque cuenta con difusores hidráulicos en la parte inferior, que distribuyen uniformemente el flujo sobre el lecho filtrante, compuesto por capas de grava, arena y antracita.

Este módulo incluye un tanque dosificador de desinfectante, con un volumen específico y una manguera interna que permite regular un flujo homogéneo del químico. En su salida, dispone

de una llave de apertura y cierre y tuberías perforadas que aseguran la liberación controlada del desinfectante, garantizando un residual de cloro libre adecuado en el agua tratada. Como desinfectante se utiliza hipoclorito de calcio granulado, cumpliendo con los estándares de potabilidad y desinfección.

3.5.5. Módulo de retrolavado

El módulo de retrolavado cuenta con una estructura de dos compartimientos y cumple funciones duales. En el primer compartimiento, recibe el agua cruda, reteniendo y sedimentando las arenas presentes. En el segundo compartimiento, mediante diferencias de presión y principios de estática de fluidos, suministra agua a los filtros primario y secundario para realizar el retrolavado, asegurando la limpieza y eficiencia del lecho filtrante.

Actualmente, la conexión de suministro de agua a este módulo se realiza desde la entrada de la PTAP. Esta ubicación no garantiza un abasto adecuado, lo que genera fallas en el funcionamiento del retrolavado de los filtros. Por lo tanto, se recomienda reubicar la conexión para mejorar la eficiencia del módulo y asegurar un flujo suficiente para la operación de retrolavado de los filtros.

3.5.6. Módulo de lecho de secado

Esta estructura recibe las aguas de lavado de todas las unidades de tratamiento y está diseñada para retener lodos y evacuar las aguas residuales filtradas. El módulo cuenta con capas de grava, arena y antracita que facilitan la retención de lodos y permiten la infiltración del agua contenida en ellos.

Además, con el objetivo de evaluar el funcionamiento de la PTAP existente, que opera mediante

un tren de tratamiento convencional sin inclusión de aireación, se realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua tratada. Los resultados de este análisis se presentan a continuación.

3.5.1. Tanque de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento y compensación son depósitos cuya función principal es almacenar agua y equilibrar las variaciones entre el caudal de entrada y el consumo normal de los suscriptores a lo largo del día. El propósito esencial de los tanques de compensación es atender los picos de demanda, permitiendo la recuperación del volumen durante las horas de bajo consumo para garantizar el suministro en los periodos de máxima demanda.

Por su parte, los tanques de almacenamiento, además de cumplir la función de compensación, aseguran una reserva adicional para cubrir la demanda durante un periodo específico en caso de fallas en la red matriz (Título B, RAS 2010).

El tanque de almacenamiento existente, construido en concreto reforzado, se ubica en las coordenadas Norte 2 183 725.475 y Este 4 899 300.998. Según las inspecciones visuales, la estructura no presenta fugas y, en general, se encuentra en buen estado. Sus dimensiones internas son 2.5 m × 2.5 m × 2.6 m, con una altura útil de llenado de 2.4 m, lo que se traduce en un volumen neto almacenado de 15 000 litros.

Para realizar el análisis hidráulico del tanque existente se requiere un registro de demandas; sin embargo, debido a la ausencia de macro y micro medición, el análisis se desarrollará con base en la población proyectada a abastecer. Las curvas de demanda horaria se construirán utilizando datos promedio reportados en la literatura.

El tanque se evaluará empleando el caudal máximo diario (QMD) a 25 años, según lo establecido en la normativa vigente (QMD de diseño = 1.49 L/s). Adicionalmente, se considerará una sobredimensión del 15% para la atención de incendios, de acuerdo con el artículo 81 de la Resolución 0330 de 2017, asumiendo un riesgo bajo.

Dado que el volumen actual disponible es de 15.0 m³, se considera que el almacenamiento es insuficiente. Se requieren al menos 52.37 m³ adicionales para garantizar el almacenamiento y la compensación del consumo normal de la población, sin incluir las necesidades de atención de incendios. En caso de contemplarlas, el volumen adicional requerido aumentaría a 62.48 m³.

3.5.2. Caja de derivación

La caja de derivación corresponde a una cámara de caída desde la cual se desprenden los ramales principales de la red de distribución y una acometida domiciliaria. A esta estructura ingresa un ducto de dos pulgadas proveniente del tanque de almacenamiento, equipado con una válvula de globo plástica del mismo diámetro. La caja cuenta con un flotador que regula el flujo y evita reboses, el cual, al momento de la inspección, se encontraba en adecuado funcionamiento. Desde la caja salen cuatro efluentes: tres ductos de una pulgada que alimentan los ramales de la red de distribución y un ducto de media pulgada destinado al abastecimiento de la vivienda del usuario Alberto Peña. Cada uno de los cuatro efluentes dispone de una válvula de bola independiente para el control y manejo del flujo en cada ramal.

3.5.3. Red de distribución

La red de distribución está conformada por el conjunto de tuberías encargadas de suministrar agua potable a los consumidores de la localidad. Esta red se compone de tuberías

principales y tuberías de relleno: las primeras distribuyen el agua hacia las distintas zonas de la población, mientras que las segundas permiten realizar las conexiones domiciliarias (López, 2000). El caudal de diseño para la red corresponde al caudal máximo horario. Según el artículo 61 de la Resolución 0330 de 2017 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio), la presión dinámica mínima en la red de distribución debe ser de 10 m.c.a. para sistemas que abastecen poblaciones de hasta 12.500 habitantes. En estos casos, hasta un 10% del área total puede presentar presiones inferiores, siempre que no sean menores a 8 m.c.a. Para poblaciones mayores a 12.500 habitantes, la presión dinámica mínima permitida es de 12 m.c.a., mientras que la presión dinámica mínima exigida en el resto del sistema no puede ser inferior a 15 m.c.a.

3.5.4. Accesorios de la red

Los accesorios de una red de distribución incluyen elementos como uniones, codos, tees, reducciones, válvulas y anclajes, entre otros, que permiten el control, la conexión y el mantenimiento adecuado del sistema. En la red del acueducto Campo Grande, no se cuenta con accesorios fundamentales como cajas de control ni registros de red, lo que limita la operación y supervisión eficiente del sistema. Esta carencia se debe, en gran medida, a la falta de planificación y optimización de la red durante su diseño e instalación, afectando su funcionalidad y la capacidad de respuesta ante fallas o mantenimientos.

4. EVALUACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO

4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

En el diagnóstico se estableció un período de diseño con el fin de evaluar el sistema hidráulico y determinar el estado actual del acueducto. Para ello, se consideraron los requisitos y parámetros técnicos que deben cumplir los diseños hidráulicos de acueductos rurales, de acuerdo con la Resolución 030 de 2017 y su actualización vigente. El período de diseño adoptado para este análisis es de 25 años, asegurando que las estructuras y componentes del sistema sean adecuadas para el suministro sostenible y eficiente de agua durante este tiempo.

4.1.1. Dotación neta máxima

La Dotación es la asignación de agua que se le hace a un habitante usuario de un sistema de acueducto. La Demanda total de agua se obtiene multiplicando la población que va a ser servida por la dotación, por tal razón la evaluación de la dotación es tan importante como la proyección de la población. La Dotación es el consumo de una localidad expresada en Lts / hab – Dia. Que comprende básicamente: Consumo doméstico, pérdidas y desperdicios.

La Dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto y según la reglamentación vigente depende de la altura sobre el nivel del mar de la zona de estudio establecido en la resolución 0330 de 2017.

Tabla 5. Dotación Neta

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (Lt/hb-dia)
> 2000 m.s.n.m	120

1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Se adopta una dotación neta de 130 L/habitante·día, considerando que el municipio de Briceño se encuentra a una altitud de 1,340 msnm. Esta dotación se establece teniendo en cuenta los criterios de consumo de agua en zonas rurales, el clima, la altitud y las necesidades básicas de la población, incluyendo consumo doméstico, higiene personal y otras actividades domésticas habituales.

4.1.2. Dotación Bruta

La Dotación bruta, es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas que ocurren en el sistema de acueducto. La dotación bruta para cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto, indistintamente del nivel de complejidad, se debe calcular conforme a la siguiente ecuación.

$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{(1 - \%p)}$	Ecuación 1

Dónde:

D bruta: Dotación bruta.

D neta: Dotación neta.

%p: Pérdidas técnicas máximas admisibles.

El porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles en la ecuación anterior no deberá superar el 25%.

$$D_{bruta} = 173{,}33\ L/hab * día$$

4.1.3. Caudal medio diario

El caudal medio diario (Qmd) corresponde al caudal estimado para la población proyectada, considerando la dotación bruta establecida para el sistema. Este valor representa el promedio de los consumos diarios durante un periodo de un año y se determina mediante la ecuación definida en el Título B del RAS, empleada para el cálculo de la demanda básica de agua potable.

$Q_{md} = \frac{p * d_{bruta}}{86400}$	Ecuación 2

4.1.4. Caudales de diseño

Los caudales de diseño de cada uno de los componentes del sistema de acueducto, según las variaciones diarias y horarias que pueden presentar, se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 6. Caudales de Diseño

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación Fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de distribución	QMH

4.1.1. Proyecciones de población

En el presente capítulo se realiza la proyección de la población correspondiente a la construcción del acueducto de la vereda Palo Blanco, en el municipio de Briceño. Para el diseño del sistema de acueducto, se utiliza información proporcionada por la comunidad de las veredas,

así como datos recopilados en campo, los cuales se presentan a continuación.

Tabla 7. Habitantes proyectados para el acueducto veredal 2051.

VEREDA	NÚMERO DE USUARIOS	NUMERO DE HABITANTES
Palo Blanco	157	487
Escuela Palo Blanco	-	10
TOTAL	**157**	**497**

Según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (2015–2016) del DANE, el tamaño promedio del hogar (TPH) en las zonas rurales del país es de 3.1 personas por vivienda. Para el presente estudio, se adopta este mismo valor como referencia. Con base en ello, la población estimada para el diagnóstico para el año 2051 es de **497 habitantes**.

4.1.2. Caudal máximo diario

Corresponde a la demanda máxima en un lapso de 24 horas durante un periodo de análisis de un año.

$QMD = K_1 * Qmd$	Ecuación 3

Dónde:

QMD: Caudal Máximo Diario.

K_1: Coeficiente Consumo Máximo Diario igual a 1.3.

Qmd: Caudal medio Diario.

El Coeficiente de consumo máximo diario, se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un periodo mínimo de un año. En caso de sistemas nuevos, el coeficiente de consumo máximo diario K1, para poblaciones menores o iguales a 12.5000 habitantes, el coeficiente de consumo máximo diario no

es superior a 1.3.

4.1.3. Caudal máximo horario

Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un periodo de un año. Se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación.

$QMH = K_2 * QMD$	Ecuación 4

Dónde:

QMH: Caudal Máximo Horario.

K_2: Coeficiente Consumo Máximo Horario igual a 1.3.

El coeficiente de consumo máximo horario puede calcularse como la relación entre el caudal máximo horario QMH y el QMD, registrado durante un periodo mínimo de un año, sin incluir los días que ocurran fallas relevantes en el servicio. En caso de sistemas nuevos, el coeficiente de consumo máximo diario K2, para poblaciones menores o iguales a 12.5000 habitantes, el coeficiente de consumo máximo diario no es superior a 1.3.

Tabla 8. Caudales de diseño – 2051.

CAUDALES	VALOR (L/s)
Qmd	1.00
QMD	1.30
QMH	2.07

Para el diseño de la red de aducción y conducción se empleó un caudal máximo diario de 2.07 L/s. Por su parte, para el diseño de la red de distribución se utilizó el caudal máximo horario, correspondiente a 1.30 L/s.

4.2. MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA EXISTENTE

Para el diseño de la alternativa del acueducto se emplearon los datos y conceptos presentados en el capítulo anterior, considerando además la ubicación de los usuarios registrada mediante el levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio para cada una de las viviendas. De acuerdo con la tabla anterior, el caudal máximo diario proyectado a 25 años es de 0.58 L/s. Este caudal será utilizado para el diseño de las diferentes estructuras que conforman el sistema de acueducto, tales como la bocatoma, el desarenador, la red de conducción, la planta de tratamiento y el tanque de almacenamiento.

4.2.1. Línea de conducción

La línea de conducción se extiende desde la bocatoma hasta el desarenador y posteriormente hasta el tanque de almacenamiento. Para el cálculo hidráulico de la tubería se utiliza la fórmula de Darcy–Weisbach, una de las expresiones más empleadas en el diseño de sistemas de conducción. El coeficiente de fricción de Darcy se determinó mediante el modelo de Colebrook–White, el cual permite obtener una estimación precisa del comportamiento del flujo tanto en régimen laminar como turbulento, al considerar de manera explícita parámetros como la rugosidad relativa de la tubería y el número de Reynolds.

El uso combinado de estos modelos es adecuado para tuberías fabricadas en distintos materiales y ofrece una representación confiable del comportamiento hidráulico en condiciones reales de operación. La formulación empleada para las pérdidas de energía por fricción se presenta a continuación:

$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \quad : \quad h_k = K\frac{V^2}{2g}$	Ecuación 5

Dónde:

hf: Pérdida de energía (m.c.a).

f: factor de fricción de Darcy-Weisbach (adimensional).

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

V: Velocidad del fluido (m).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2Log\left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.71} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$$ Ecuación 6

Dónde:

f: factor de fricción de Darcy-Weisbach (-).

ε: rugosidad de la tubería (m).

D: Diámetro de la tubería (m).

Re: Número de Reynolds (-).

De acuerdo con el diseño de la red de conducción y el perfil del terreno, se requiere la instalación de dos (2) válvulas de purga de Ø 2”, las cuales se ubicarán dentro de una caja en mampostería con dimensiones de 0,60 × 0,60 m.

En cuanto a las pérdidas de energía por cambios de dirección fueron calculadas a partir de la siguiente ecuación, a partir de la cual fue estimada las longitudes equivalentes agregadas en el modelo hidráulico. Las longitudes hidráulicas representan la distancia efectiva que recorre el agua en una tubería o sistema de conducción, considerando tanto la longitud física del tramo como la longitud equivalente por pérdidas localizadas (como codos, válvulas o entradas). Estas se utilizan en fórmulas de pérdida de energía, como la de Darcy-Weisbach, para calcular con mayor precisión

las pérdidas por fricción en el sistema.

$h_k = K\frac{V^2}{2g}$	Ecuación 7

Dónde:

h_k: Pérdida de energía (m.c.a).

K: Constante de fricción (adimensional).

V: Velocidad del fluido (m).

Las pérdidas acumuladas de un tramo i se calculan con la siguiente ecuación.

$$Hf_{acom\,i} = Hf_{acom\,i-1} + Hf_{(f+acc)i} \qquad [m]$$

Tabla 9. *Longitudes equivalentes para múltiples accesorios hidráulicos.*

DIAMETRO D mm	pulg.	Codo 90° Radio largo	Codo 90° Radio medio	Codo 90° Radio corto	Codo 45°	Entrada normal	Entrada de Borda	Válvula de compuerta abierta	Válvula tipo globo abierta	Válvula de ángulo abierta	Té paso directo	Té salida lateral	Té salida bilateral	Válvula de pie	Salida de Tubería	Válvula de retención tipo liviana	Válvula de retención tipo pesado
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

Para determinar las longitudes equivalentes de algunos accesorios que no tienen este valor establecido, se empleará la siguiente ecuación. Es una forma empírica que se utiliza para convertir

la pérdida de presión de un accesorio (codo, válvula, etc.) en una longitud equivalente, facilitando los cálculos de pérdida de carga total.

$L_e = (K_1 * Ø * K_2)(\frac{120}{C})^{1.85}$	Ecuación 8

Dónde:

L_e: Longitud equivalente del accesorio (m).

K_1: Coeficiente empírico según el tipo de accesorio (adimensional).

Ø: Diámetro nominal interno de la tubería (mm).

K_2: Otro coeficiente empírico asociado al tipo de accesorio (m).

C: Coeficiente de rugosidad de Hazel Williams (adimensional).

4.2.2. Red de distribución

En las áreas rurales con población dispersa, donde los usuarios se encuentran distantes entre sí, es común la implementación de redes abiertas tipo “espina de pescado”, debido a su facilidad de adaptación al terreno y a su capacidad para garantizar que el agua llegue a cada vivienda. El diagnóstico incluye la revisión del trazado de estas redes, verificando que la topografía permita mantener presiones adecuadas y evitar pérdidas excesivas de carga o zonas sin servicio.

Como parte del diagnóstico, se analizan también aspectos hidráulicos fundamentales, tales como caudales, presiones y comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de demanda. Para ello se aplican herramientas de modelación hidráulica, como EPANET 2.0, que permiten simular el funcionamiento de la red y detectar puntos críticos. En este proceso se consideran elementos como el levantamiento topográfico, las características del material de las tuberías, los coeficientes de rugosidad, los accesorios instalados y las estructuras hidráulicas proyectadas.

De igual manera, el diagnóstico incluye la evaluación de los mecanismos de medición y control del sistema. La instalación de micromedidores en las viviendas permite obtener información real sobre los consumos unitarios y facilita la identificación de usos ineficientes o posibles fugas internas. Este componente es esencial para promover el uso racional del agua y asegurar que la infraestructura opere sin vulnerar la continuidad y calidad del servicio para los demás usuarios.

Finalmente, el trazado de la red y la ubicación de los usuarios se revisan teniendo en cuenta el acceso a las viviendas y la topografía del sector. Como parte del proceso diagnóstico, se define la ubicación estratégica de válvulas en las líneas principales, con el fin de regular el suministro, facilitar labores de mantenimiento y mejorar la sectorización del sistema. Gracias a este análisis integral, es posible establecer las necesidades reales de la comunidad y formular un diseño de acueducto confiable, eficiente y acorde con las condiciones del entorno.

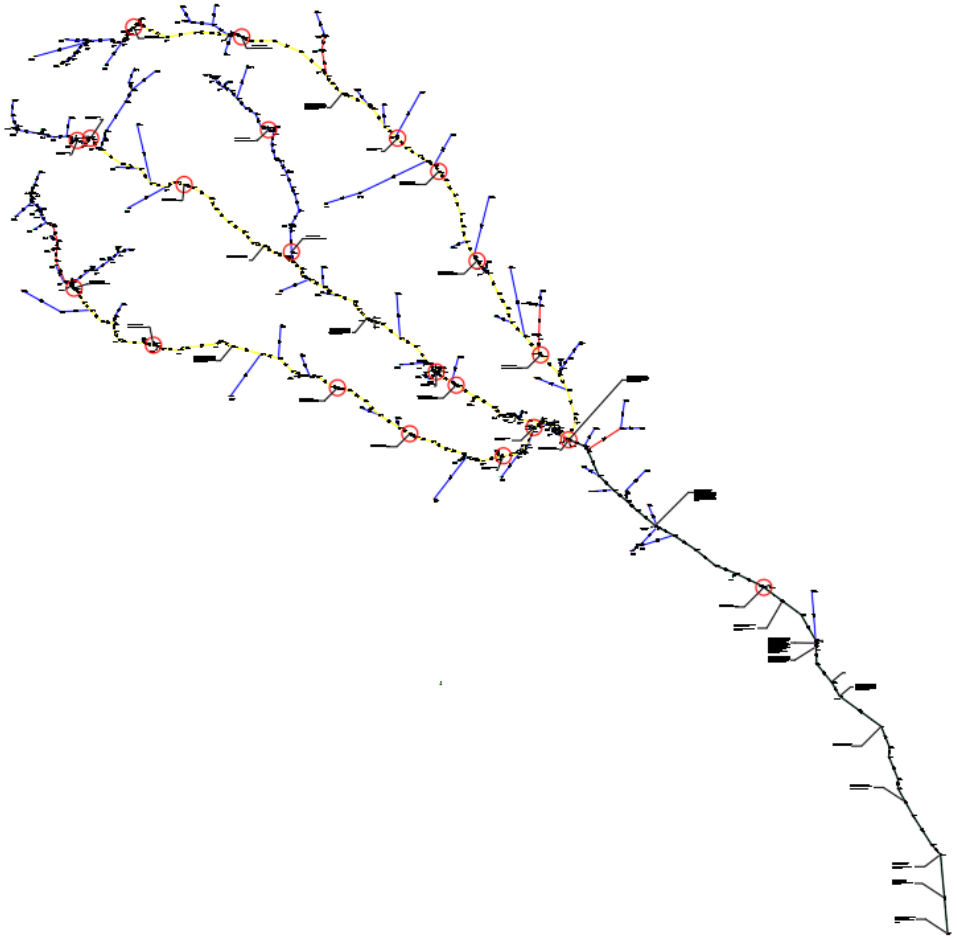
Como resultado del catastro en la vereda Paloblanco, se consolidó la información de los suscriptores del sistema de acueducto en una base de datos integral mediante el modelo GBD en ArcGIS. Esta consolidación permite visualizar la cobertura del servicio, las características de cada predio y la ubicación de los suscriptores, constituyendo un insumo técnico fundamental para la planificación del sistema. A continuación, se presenta el mapa en ArcGIS que ilustra la distribución de los suscriptores en Paloblanco, así como la **red de distribución del acueducto**, proporcionando una visión del alcance del sistema.

En la siguiente figura se presenta la red de acueducto de la vereda Paloblanco, desde la bocatoma principal hasta cada uno de los puntos correspondientes a los usuarios suscritos. Este

esquema permite identificar de manera clara la distribución del servicio, la interconexión entre los predios y los sectores con mayor concentración de usuarios, constituyendo un insumo fundamental para el diagnóstico, la planificación, operación y mantenimiento del sistema.

La red está compuesta por tuberías de diferentes diámetros, aproximadamente 1/2”, 3/4”, 1”, 2” y 3”, lo que permite atender de manera eficiente la variabilidad de la demanda de agua según la ubicación y tamaño de los predios. Esta diversificación en los diámetros asegura que las presiones y caudales sean adecuados para todos los usuarios conectados al sistema.

Figura 4. Red de distribución existente Paloblanco.



4.2.3. Modelación Red de distribución

En la modelación de la red de acueducto actual se dividió el caudal requerido por los usuarios inscritos actualmente, de esta forma se le asignó un caudal de 0.0187 L/s, correspondiente al caudal máximo horario proyectado. Así mismo, se tiene un caudal medio diario de 0.0089 L/s y un caudal máximo diario de 0.0117 L/s. Estos valores se establecen de acuerdo con los lineamientos técnicos del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, Título B, 2010) y la Resolución 0330 de 2017, que regulan los criterios de dimensionamiento, operación y control de los sistemas de acueducto.

Tabla 10. Caudales de diseño por usuario.

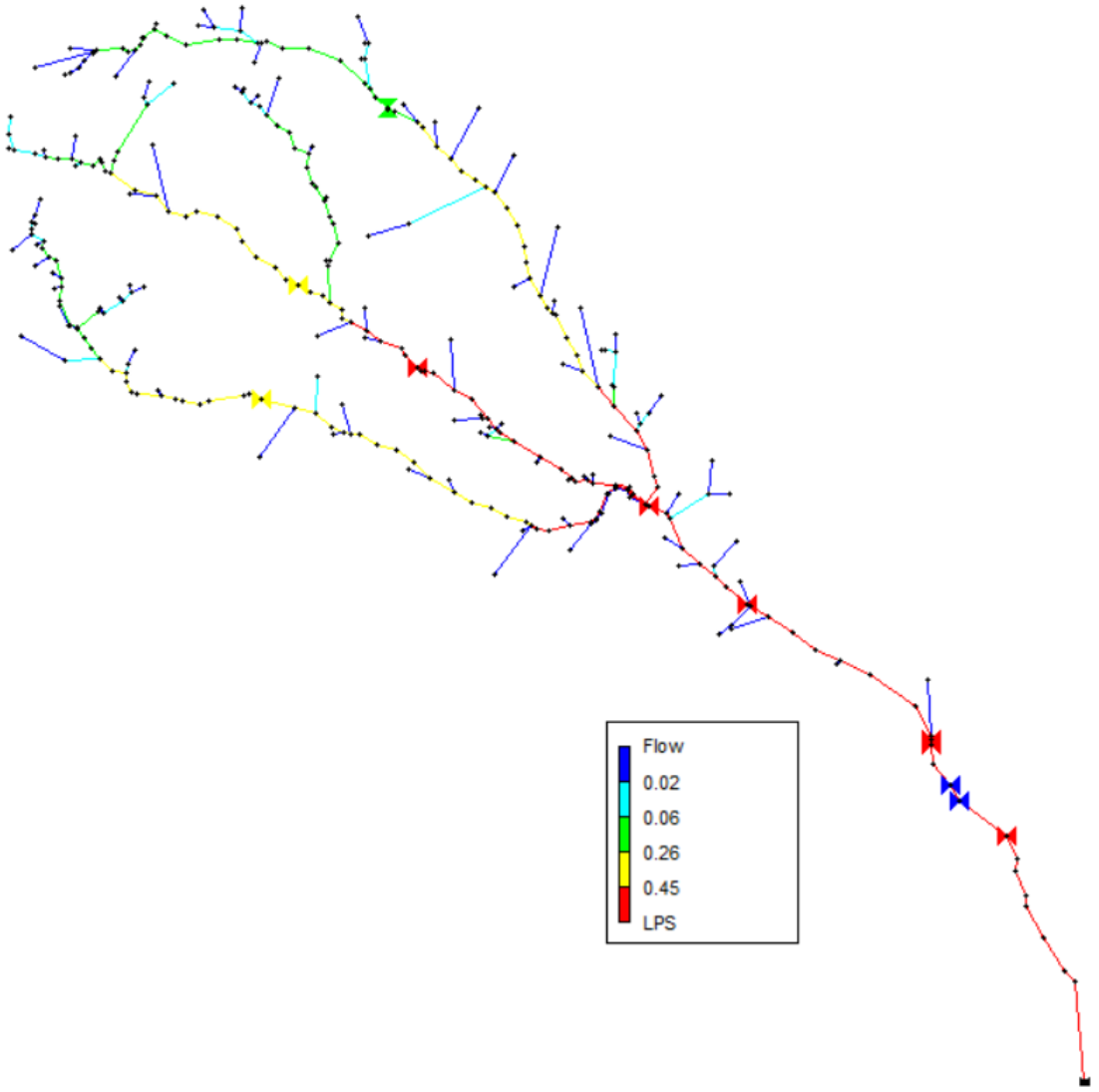
	Qmd (L/s)	**QMD (L/s)**	**QMH (L/s)**
Caudal por usuario	0.0089	0.0117	0.0187

La modelación hidráulica se realizó utilizando el software EPANET, ampliamente reconocido para el análisis de sistemas de distribución de agua potable. Esta herramienta permite simular el comportamiento de la red en términos de presiones, caudales, velocidades y pérdidas de carga, facilitando la identificación de zonas críticas y la optimización del sistema.

Para este estudio, se adoptó una modelación en estado estático, dado que no se disponen de registros horarios de consumo, lo que permite evaluar el comportamiento del sistema bajo la demanda máxima proyectada. La modelación incluye todas las estructuras existentes, los diámetros de tubería instalados y los puntos de conexión de los usuarios, constituyendo un insumo técnico esencial para la planificación, operación, mantenimiento y toma de decisiones estratégicas en la gestión del acueducto.

A continuación, se presenta el análisis de los nodos y las redes existentes, evaluados conforme a las condiciones y criterios normativos establecidos.

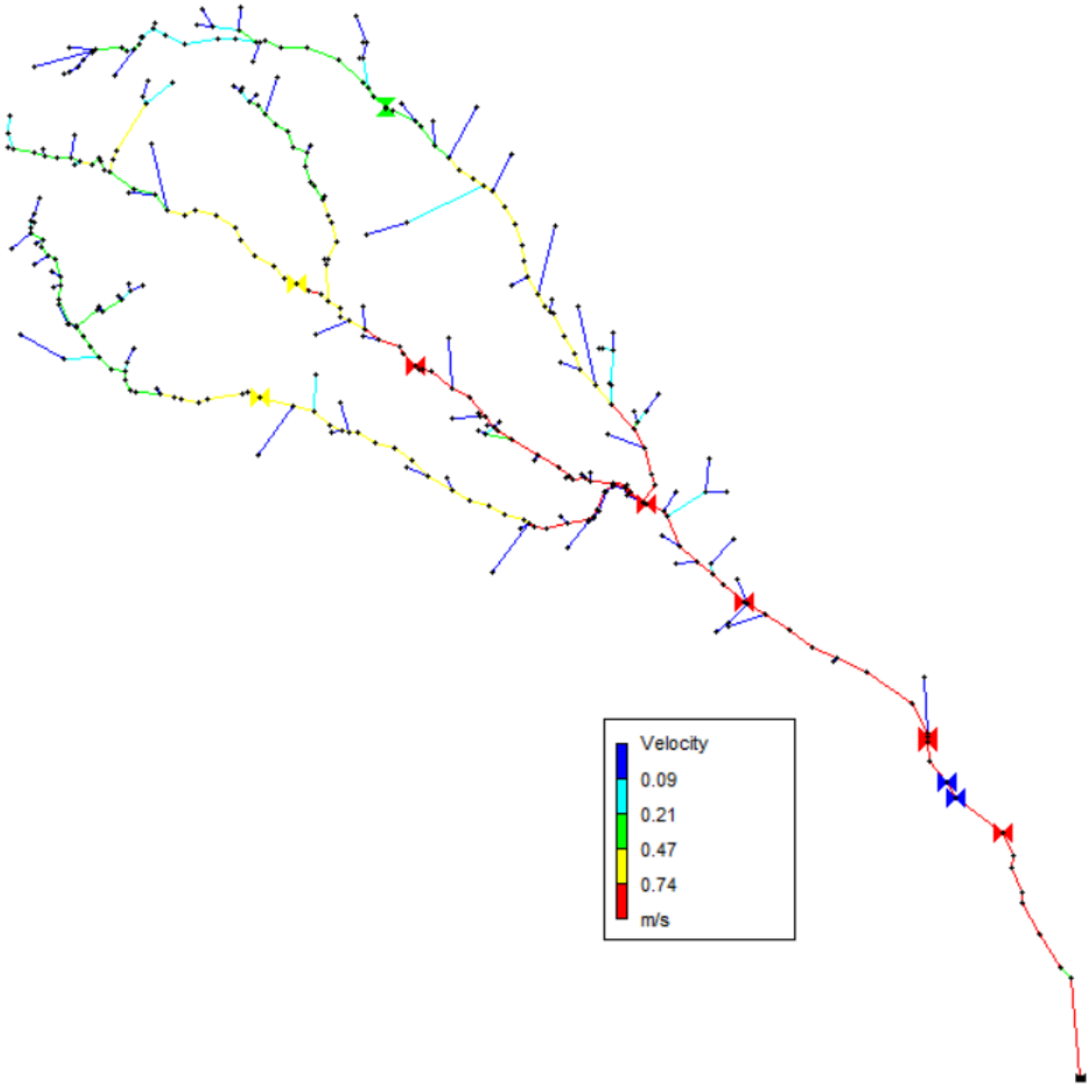
Figura 5. Modelo Epanet Paloblanco.



Las velocidades actuales del flujo en la red varían entre 0,5 m/s y 2,0 m/s, siendo estos los valores más frecuentes. Estas condiciones permiten un transporte eficiente del agua, reduciendo el riesgo de sedimentación y pérdidas de presión en los tramos de la red. A continuación, se presentan

los resultados detallados de las velocidades registradas en los distintos nodos y tuberías del sistema.

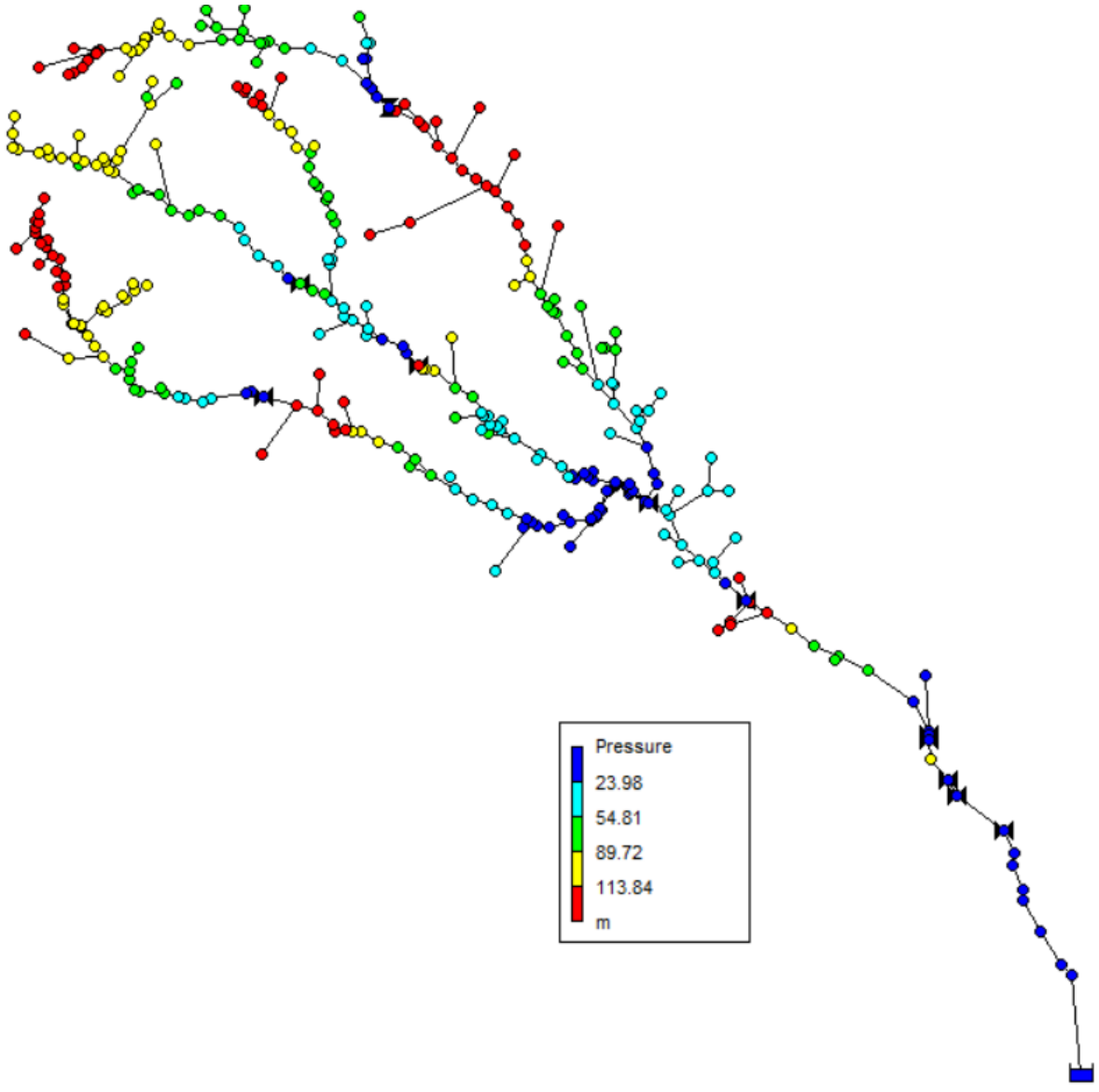
Figura 6. Modelo Epanet - Resultados Velocidades Paloblanco.



En cuanto a las presiones, según la normativa vigente, la red debe garantizar un valor mínimo de 8 mca y no superar los 60 mca, permitiéndose que únicamente hasta un 5% de la zona

atendida pueda acercarse al valor máximo. La información obtenida permite evaluar si la red cumple con los rangos establecidos y detectar tramos donde se requieran ajustes para optimizar la operación. A continuación, se presentan los resultados del análisis de presiones.

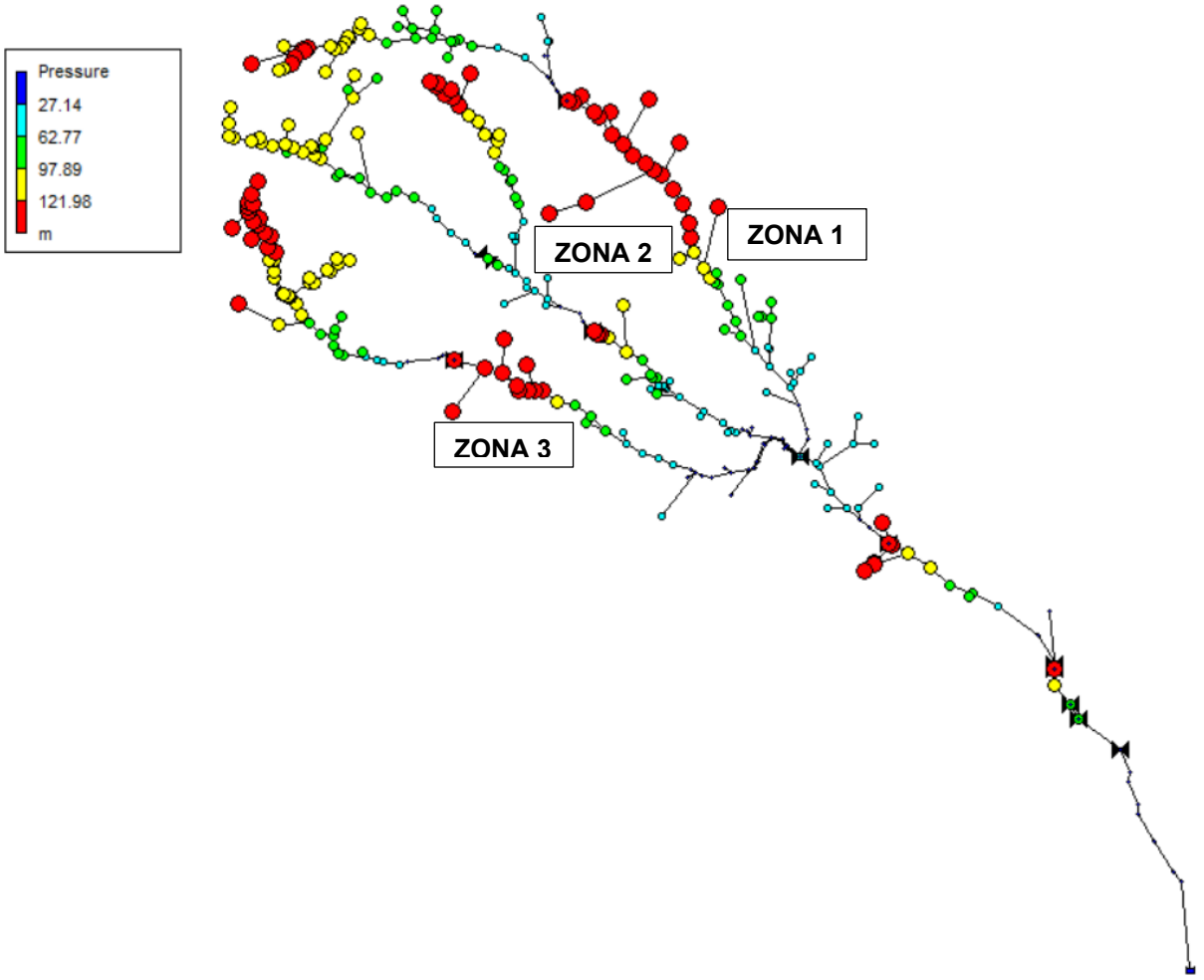
Figura 7. Modelo Epanet - Resultados Presiones Paloblanco.



El análisis técnico integral de la red evidencia la cobertura del sistema, sus características

hidráulicas y la interdependencia de los distintos tramos, constituyendo una base sólida para identificar necesidades de mantenimiento, ajustes en los diámetros de tubería y estrategias de optimización operativa.

Figura 8. Modelo Epanet – Sectorización de los resultados Presiones Paloblanco.



En la figura anterior se presentan los resultados de la sectorización por presiones. Se han identificado varias zonas con presiones elevadas, por lo que se recomienda instalar válvulas reguladoras de presión (PRV) para controlar las presiones en los nodos. Se propone priorizar la

colocación de PRV en las ramificaciones señaladas como Zona 1, Zona 2 y Zona 3.

Como medida prioritaria en este diagnóstico, las PRV deben instalarse inicialmente en las zonas identificadas. Adicionalmente, se recomienda incorporar válvulas de ventosa en las zonas altas para facilitar la expulsión de aire y válvulas de purga en las zonas bajas para el vaciado y mantenimiento. La ubicación final, el tipo y el dimensionamiento de estas válvulas se definirán y optimizarán en la siguiente etapa del diseño del sistema de acueducto.

Durante la modelación se detectaron presiones elevadas en algunos sectores de la red; por lo tanto, se recomienda la instalación de válvulas reguladoras de presión para garantizar condiciones hidráulicas seguras y uniformes. Esta evaluación permite establecer acciones concretas orientadas a garantizar la eficiencia, sostenibilidad y continuidad del servicio de acueducto en la vereda Paloblanco, asegurando que la prestación del recurso cumpla con los estándares técnicos y normativos vigentes.

5. CONCLUSIÓN

- El diagnóstico evidencia que, aunque Briceño presenta una tasa de crecimiento poblacional negativa según el IDEAM, la incorporación de nuevos usuarios permite proyectar un crecimiento del 1.0% anual, alcanzando una población de 382 en el año 2026. Con una dotación de 130 L/hab·día, se determinaron caudales de diseño de 0.766 L/s (Qmd), 0.996 L/s (QMD) y 1.295 L/s (QMH).

- La quebrada La Jordán, fuente actual de abastecimiento, posee un caudal suficiente y estable; sin embargo, presenta contaminación microbiológica atribuida a actividades pecuarias en la ribera, lo que exige implementar medidas de protección. La antigua bocatoma de la quebrada Grande se encuentra fuera de servicio, por lo que se recomienda consolidar la captación directa en el punto actualmente utilizado, dadas las condiciones topográficas y de seguridad hidráulica.

- La red de aducción requiere intervenciones significativas: enterramiento de tramos superficiales, reposición de segmentos deteriorados y construcción de un viaducto en el cruce sobre la quebrada Grande. El desarenador, aunque estructuralmente adecuado, necesita drenajes, sistema de by-pass, válvula de lavado y sustitución de tapas para garantizar un mantenimiento eficiente.

- La PTAP modular de PRFV tiene capacidad suficiente, pero su operación es deficiente, generando incumplimientos frente a la Resolución 2115 de 2007. Es indispensable reubicar el dosificador de coagulante, establecer curvas de dosificación y cloración, dotar de equipos básicos de laboratorio, instalar puntos de muestreo y corregir la falta de presión en el sistema

de retrolavado. Si la remoción de hierro sigue siendo insuficiente pese a estas mejoras, se deberá incorporar una torre de aireación.

- Se recomienda instalar sistemas de macromedición en la entrada y salida de la PTAP, proteger o enterrar la conducción hacia el tanque de almacenamiento y ampliar el volumen de almacenamiento en al menos 53 m³ para garantizar una adecuada regulación del servicio.

- En la red de distribución de Paloblanco, es necesario realizar mejoras significativas. Se recomienda instalar tapas metálicas con cierre de seguridad en las cajas de válvulas, integrar registros de ingreso y colocar válvulas de purga y ventosas de acuerdo con la normativa vigente. Además, debido a que el modelo hidráulico evidencia presiones superiores a los límites permitidos por la normativa, se aconseja la instalación de válvulas reguladoras de presión en los tramos críticos para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema. Todas las tuberías de la red son de material PVC, por lo que las acciones deben considerar las características de resistencia y durabilidad de este material. Finalmente, se aconseja reemplazar todas las tapas de concreto por metálicas y construir nichos seguros para la protección de válvulas y accesorios, asegurando la continuidad, sostenibilidad y cumplimiento normativo del servicio.

6. ANEXO

- Resultados del modelo de Epanet Paloblanco para los nudos hidráulicos.

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-1	1955.3	0.000	0	1949.6	-5.7
Junc J-2	1954.1	0.000	0	1949.5	-4.6
Junc J-3	1952.7	0.000	0	1947.5	-5.2
Junc J-4	1943.6	0.000	0	1945.6	2.0
Junc J-5	1942.5	0.000	0	1945.0	2.5
Junc J-6	1936.3	0.000	0	1943.5	7.2
Junc J-7	1935.1	0.000	0	1943.0	7.9
Junc J-9	1822.6	0.000	0	1923.8	101.0
Junc J-10	1770.2	0.000	0	1793.3	23.1
Junc J-18	1732.9	0.000	0	1790.4	57.4
Junc J-19	1715.0	0.000	0	1788.7	73.6
Junc J-21	1697.5	0.000	0	1787.4	89.7
Junc J-22	1678.0	0.000	0	1785.9	107.7
Junc J-23	1667.7	0.000	0	1784.4	116.5
Junc J-25	1665.4	0.000	0	1783.4	117.8
Junc J-26	1660.2	0.000	0	1783.3	122.9
Junc J-29	1650.7	0.000	0	1663.1	12.3
Junc GUSTAVOVALLARES	1787.1	0.019	0.02	1795.0	7.8
Junc LUISMORENO	1661.7	0.019	0.02	1784.3	122.4
Junc YASMINMORENO	1658.7	0.019	0.02	1783.3	124.3
Junc ARTUROLEMUS	1715.9	0.019	0.02	1788.7	72.7
Junc ANAPEÑA	1650.4	0.019	0.02	1783.3	132.6
Junc J-36	1638.2	0.000	0	1662.3	24.0
Junc EVELIOGALLEGO	1635.0	0.019	0.02	1662.2	27.2
Junc VICTORGALLEGO	1628.2	0.019	0.02	1662.1	33.8
Junc J-39	1630.5	0.000	0	1661.4	30.9
Junc PUREZAWALTEROS	1628.7	0.019	0.02	1661.3	32.5
Junc J-42	1624.8	0.000	0	1660.2	35.4
Junc LUISGALLEGO	1620.4	0.019	0.02	1660.2	39.7
Junc J-44	1616.5	0.000	0	1658.8	42.2
Junc DINAELRAMIREZ	1608.5	0.019	0.02	1658.5	49.9
Junc BLANCACAÑON	1609.2	0.019	0.02	1658.4	49.1
Junc NELICAÑÓN	1606.5	0.019	0.02	1658.4	51.8
Junc J-48	1616.3	0.000	0	1658.5	42.1
Junc EDELMIRAPEÑA	1609.2	0.019	0.02	1658.4	49.1

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-50	1605.6	0.000	0	1614.8	9.1
Junc J-51	1600.9	0.000	0	1613.5	12.6
Junc J-52	1589.1	0.000	0	1609.9	20.7
Junc GRISELDINOHERNANDEZ	1569.3	0.019	0.02	1609.7	40.4
Junc J-54	1578.3	0.000	0	1607.0	28.7
Junc J-55	1578.0	0.000	0	1606.8	28.8
Junc CIROHERNANDEZ	1573.0	0.019	0.02	1606.8	33.8
Junc LOTECOMUNAL	1577.0	0.019	0.02	1606.6	29.5
Junc LEONELCAÑON	1573.4	0.019	0.02	1606.6	33.1
Junc J-59	1559.0	0.000	0	1603.7	44.6
Junc J-60	1555.8	0.000	0	1603.5	47.6
Junc AMANDAFIGUEREDO	1552.6	0.019	0.02	1603.5	50.7
Junc J-62	1537.6	0.000	0	1603.3	65.5
Junc FLORVALLARES	1536.4	0.019	0.02	1603.2	66.6
Junc JULIODAZA	1534.1	0.019	0.02	1603.2	69.0
Junc ROSARIOPARRA	1532.0	0.019	0.02	1603.1	71.0
Junc J-66	1548.3	0.000	0	1601.8	53.4
Junc ELIECERVALLARES	1512.7	0.019	0.02	1601.5	88.7
Junc J-68	1530.4	0.000	0	1600.0	69.5
Junc AVILIODAZA	1527.8	0.019	0.02	1600.0	72.0
Junc J-70	1523.5	0.000	0	1598.9	75.3
Junc J-71	1516.6	0.000	0	1597.6	80.9
Junc J-72	1510.8	0.000	0	1595.9	85.0
Junc J-73	1509.4	0.000	0	1595.6	86.0
Junc J-74	1507.2	0.000	0	1595.2	87.8
Junc FAMILIARAMOS	1509.8	0.019	0.02	1595.6	85.6
Junc J-76	1504.4	0.000	0	1594.3	89.6
Junc HERNANDOWALTEROS	1471.9	0.019	0.02	1594.0	121.9
Junc J-78	1495.8	0.000	0	1593.1	97.1
Junc EPARTIOFIGUEREDO	1490.4	0.019	0.02	1593.0	102.4
Junc J-80	1482.4	0.000	0	1592.2	109.6
Junc J-81	1462.6	0.000	0	1591.4	128.6
Junc J-82	1456.6	0.000	0	1590.3	133.4
Junc J-83	1449.9	0.000	0	1589.3	139.1
Junc J-84	1441.2	0.000	0	1588.2	146.7
Junc PEDROCAÑON	1419.3	0.019	0.02	1588.0	168.4
Junc J-86	1436.0	0.000	0	1587.7	151.3
Junc CRISANTOVIRGUEZ	1419.4	0.019	0.02	1586.5	166.8
Junc CIROVIRGUEZ	1416.0	0.019	0.02	1586.4	170.0

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-89	1427.5	0.000	0	1587.2	159.4
Junc J-90	1419.0	0.000	0	1586.6	167.2
Junc J-91	1419.4	0.000	0	1585.9	166.2
Junc LUZRAMOS	1382.3	0.019	0.02	1585.7	203.0
Junc J-93	1411.3	0.000	0	1585.3	173.7
Junc LUZGALLEGO	1397.1	0.019	0.02	1585.2	187.7
Junc J-95	1396.8	0.000	0	1584.5	187.3
Junc J-96	1390.8	0.000	0	1584.3	193.1
Junc MARINAVIRGUEZ	1377.8	0.019	0.02	1584.2	206.0
Junc J-98	1376.4	0.000	0	1583.6	206.8
Junc J-99	1368.6	0.000	0	1370.4	1.8
Junc J-100	1361.7	0.000	0	1370.1	8.4
Junc J-101	1349.7	0.000	0	1370.0	20.3
Junc HUGORAMIREZ	1349.7	0.019	0.02	1370.0	20.3
Junc J-103	1342.3	0.000	0	1370.0	27.7
Junc PABLOQUIROGA	1342.3	0.012	0.01	1370.0	27.7
Junc YURANIMARIN	1312.6	0.012	0.01	1369.9	57.2
Junc J-106	1359.1	0.000	0	1369.9	10.8
Junc J-107	1335.9	0.000	0	1369.3	33.3
Junc J-108	1314.8	0.000	0	1368.6	53.7
Junc J-109	1301.9	0.000	0	1368.1	66.1
Junc J-110	1297.9	0.000	0	1367.8	69.7
Junc J-111	1296.0	0.000	0	1367.7	71.5
Junc J-112	1295.4	0.000	0	1367.6	72.1
Junc LUCIAGONZALEZ	1301.3	0.019	0.02	1367.6	66.2
Junc J-114	1286.5	0.000	0	1367.0	80.4
Junc PAULAPEÑA	1292.8	0.019	0.02	1367.0	74.0
Junc J-116	1284.3	0.000	0	1366.8	82.4
Junc CLEMENTEBAUTISTA	1282.3	0.019	0.02	1366.7	84.2
Junc HECTORRAMIREZ2	1282.9	0.019	0.03	1361.1	78.1
Junc J-119	1284.2	0.000	0	1367.4	83.1
Junc J-120	1283.9	0.000	0	1367.3	83.3
Junc J-121	1273.6	0.000	0	1367.0	93.2
Junc J-122	1266.5	0.000	0	1366.8	100.1
Junc J-123	1264.4	0.000	0	1366.7	102.0
Junc ISMAELPEÑA	1264.9	0.019	0.02	1366.7	101.6
Junc J-125	1260.5	0.000	0	1366.6	105.8
Junc ADELAPEÑA	1260.6	0.019	0.02	1366.6	105.7
Junc J-127	1258.4	0.000	0	1366.5	108.0

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-128	1258.1	0.000	0	1366.4	108.1
Junc J-129	1255.6	0.000	0	1366.3	110.5
Junc DELIAPEÑA	1256.0	0.019	0.02	1366.3	110.1
Junc J-131	1253.4	0.000	0	1366.0	112.5
Junc J-132	1244.3	0.000	0	1365.0	120.5
Junc LUISOLEGARIO	1246.1	0.019	0.02	1364.9	118.5
Junc J-134	1244.9	0.000	0	1364.8	119.7
Junc MARTHAPEÑA	1245.0	0.019	0.02	1364.8	119.6
Junc RUBENRAMIREZ	1243.7	0.019	0.02	1364.6	120.7
Junc J-137	1245.1	0.000	0	1364.8	119.5
Junc J-138	1245.2	0.000	0	1364.8	119.4
Junc J-139	1246.5	0.000	0	1364.7	118.0
Junc JOSÉCONTRERAS	1247.2	0.019	0.02	1364.7	117.2
Junc J-141	1603.0	0.000	0	1617.4	14.4
Junc J-142	1600.4	0.000	0	1617.4	17.0
Junc J-143	1596.2	0.000	0	1617.4	21.2
Junc J-144	1591.9	0.000	0	1617.3	25.4
Junc J-145	1595.5	0.000	0	1617.3	21.8
Junc J-146	1597.1	0.000	0	1617.3	20.1
Junc J-147	1598.3	0.000	0	1617.2	18.9
Junc ALBERTOPEÑA	1606.1	0.019	0.02	1617.1	11.0
Junc J-149	1603.0	0.000	0	1615.8	12.7
Junc J-150	1600.4	0.000	0	1615.0	14.7
Junc J-151	1596.2	0.000	0	1613.9	17.7
Junc J-152	1591.9	0.000	0	1612.9	21.0
Junc J-153	1595.5	0.000	0	1611.2	15.7
Junc J-154	1597.1	0.000	0	1610.4	13.3
Junc J-155	1598.3	0.000	0	1609.7	11.4
Junc J-156	1599.1	0.000	0	1607.8	8.7
Junc ODALINDALEMUS	1596.4	0.019	0.02	1607.7	11.3
Junc J-158	1597.3	0.000	0	1605.9	8.6
Junc J-159	1588.7	0.000	0	1603.8	15.0
Junc J-160	1586.0	0.000	0	1602.9	16.9
Junc ROSENBERTORTIZ	1583.2	0.019	0.02	1602.9	19.7
Junc ALIRIOPEÑA	1563.4	0.019	0.02	1602.7	39.2
Junc J-163	1585.3	0.000	0	1602.2	16.9
Junc J-164	1576.1	0.000	0	1600.4	24.2
Junc J-165	1560.7	0.000	0	1598.9	38.2
Junc J-166	1556.4	0.000	0	1597.5	41.0

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-167	1546.6	0.000	0	1595.9	49.2
Junc PRIMITIVOCORREA	1545.9	0.019	0.02	1595.9	49.9
Junc J-169	1538.7	0.000	0	1593.9	55.1
Junc LUCINDARAMOS	1527.3	0.019	0.02	1593.8	66.4
Junc J-171	1527.8	0.000	0	1592.5	64.5
Junc J-172	1507.0	0.000	0	1591.0	83.9
Junc J-173	1491.9	0.000	0	1589.8	97.7
Junc J-174	1479.9	0.000	0	1588.4	108.3
Junc J-175	1475.6	0.000	0	1587.9	112.0
Junc WILMERPINEDA2	1451.2	0.019	0.03	1585.2	133.8
Junc J-177	1471.3	0.000	0	1587.4	115.9
Junc ENRIQUEVILLAMIL	1467.8	0.019	0.02	1587.4	119.4
Junc J-179	1460.5	0.000	0	1586.6	125.9
Junc J-180	1442.4	0.000	0	1585.5	142.8
Junc J-182	1433.2	0.000	0	1584.5	151.1
Junc ISABELLEON	1429.4	0.019	0.02	1584.3	154.6
Junc J-184	1410.2	0.000	0	1414.3	4.1
Junc J-185	1409.6	0.000	0	1414.0	4.4
Junc J-186	1388.5	0.000	0	1412.5	24.0
Junc J-187	1384.2	0.000	0	1412.2	27.9
Junc J-188	1371.5	0.000	0	1411.4	39.9
Junc J-189	1365.5	0.000	0	1411.1	45.5
Junc J-190	1355.5	0.000	0	1410.4	54.8
Junc FREDYVALERO	1349.6	0.019	0.02	1410.4	60.7
Junc J-192	1340.6	0.000	0	1409.5	68.8
Junc J-193	1338.0	0.000	0	1409.3	71.1
Junc J-194	1332.5	0.000	0	1408.9	76.3
Junc J-195	1331.4	0.000	0	1408.5	77.0
Junc MARINACASTRO	1327.6	0.019	0.02	1408.5	80.7
Junc CARLOSALARCON	1323.6	0.019	0.02	1408.4	84.7
Junc J-198	1322.1	0.000	0	1408.1	85.8
Junc J-199	1317.2	0.000	0	1407.6	90.2
Junc PEDROANTONIO	1308.8	0.019	0.02	1407.3	98.3
Junc MAYERLYANTONIO	1285.2	0.019	0.02	1407.1	121.6
Junc J-202	1310.7	0.000	0	1407.3	96.3
Junc J-203	1305.8	0.000	0	1407.0	101.0
Junc J-204	1299.8	0.000	0	1406.7	106.7
Junc J-205	1299.4	0.000	0	1406.7	107.1
Junc J-206	1300.5	0.000	0	1405.5	104.8

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-207	1299.5	0.000	0	1406.7	106.9
Junc J-208	1298.0	0.000	0	1405.2	107.1
Junc CERAFINRAMOS	1298.1	0.019	0.02	1405.2	106.9
Junc J-210	1301.1	0.000	0	1404.7	103.4
Junc VIRGINIAGONZALEZ	1297.4	0.019	0.02	1404.6	107.1
Junc J-212	1299.4	0.000	0	1404.5	104.9
Junc MARTINJIMENEZ	1297.9	0.019	0.02	1404.5	106.4
Junc MANUELALARCON	1302.5	0.019	0.02	1404.5	101.8
Junc J-215	1300.3	0.000	0	1406.6	106.1
Junc PEDROCASTRO	1293.9	0.019	0.02	1406.6	112.5
Junc J-217	1300.1	0.000	0	1406.4	106.1
Junc J-218	1291.5	0.000	0	1405.6	113.8
Junc J-219	1288.1	0.000	0	1405.2	116.9
Junc NELSONALFONSO	1290.0	0.019	0.02	1405.2	114.9
Junc J-221	1285.0	0.000	0	1405.0	119.7
Junc CIROJIMENEZ	1287.4	0.019	0.02	1404.9	117.3
Junc J-223	1283.7	0.000	0	1404.6	120.7
Junc J-224	1281.2	0.000	0	1404.5	123.0
Junc PABLOALARCON	1286.1	0.019	0.02	1404.4	118.1
Junc J-226	1282.2	0.000	0	1404.0	121.5
Junc J-227	1280.2	0.000	0	1403.7	123.3
Junc ROGELIODIAZ	1280.9	0.019	0.02	1403.7	122.5
Junc J-229	1280.3	0.000	0	1403.3	122.8
Junc GUILLERMOGONZALEZ	1280.0	0.019	0.02	1403.2	123.0
Junc J-231	1280.0	0.000	0	1403.3	123.0
Junc J-232	1279.5	0.000	0	1403.2	123.5
Junc SAMUELCUELLAR	1279.6	0.019	0.02	1403.2	123.4
Junc J-234	1279.5	0.000	0	1403.2	123.5
Junc ANADELIAJIMENEZ	1278.4	0.019	0.02	1403.1	124.5
Junc J-236	1603.0	0.000	0	1614.2	11.2
Junc J-237	1600.4	0.000	0	1612.9	12.5
Junc J-238	1596.2	0.000	0	1610.8	14.6
Junc J-239	1587.8	0.000	0	1606.5	18.6
Junc EDILBERTOVALLARES	1586.7	0.019	0.02	1606.4	19.7
Junc J-241	1586.3	0.000	0	1605.4	19.1
Junc ESCUELAPALOBLANCO	1584.6	0.019	0.02	1605.4	20.7
Junc J-243	1581.8	0.000	0	1603.4	21.6
Junc J-244	1580.8	0.000	0	1602.5	21.7
Junc ARVEYCORTES	1578.0	0.019	0.02	1602.5	24.4

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-246	1573.0	0.000	0	1599.8	26.7
Junc J-247	1558.6	0.000	0	1596.2	37.5
Junc MARCOELIFIGUEREDO	1559.0	0.019	0.02	1596.1	37.0
Junc J-249	1541.2	0.000	0	1591.6	50.3
Junc EUTIMIOFIGUEREDO2	1532.0	0.019	0.03	1589.6	57.5
Junc J-251	1541.8	0.000	0	1589.7	47.9
Junc J-252	1542.0	0.000	0	1589.4	47.3
Junc PEDROFIGUEREDO	1539.8	0.019	0.02	1589.4	49.5
Junc ERARDOFIGUEREDO	1542.9	0.019	0.02	1589.5	46.5
Junc J-256	1542.0	0.000	0	1589.1	47.0
Junc MARILUZPARRA	1541.9	0.019	0.02	1589.1	47.1
Junc J-258	1537.3	0.000	0	1587.7	50.3
Junc J-259	1536.5	0.000	0	1587.7	51.0
Junc ILMAFIGUEREDO	1535.7	0.019	0.02	1587.6	51.9
Junc ANAYIBERPARRA	1530.8	0.019	0.02	1587.6	56.7
Junc J-262	1522.6	0.000	0	1585.3	62.6
Junc J-263	1497.8	0.000	0	1583.3	85.3
Junc YIMICASTILLO	1476.9	0.019	0.02	1583.2	106.1
Junc J-265	1477.8	0.000	0	1580.9	103.0
Junc J-266	1467.7	0.000	0	1580.2	112.3
Junc J-267	1470.1	0.000	0	1579.8	109.5
Junc J-268	1453.4	0.000	0	1461.4	7.9
Junc J-269	1447.9	0.000	0	1460.5	12.6
Junc J-270	1435.4	0.000	0	1458.5	23.1
Junc FRANCISCOSANCHEZ	1428.8	0.019	0.02	1458.5	29.6
Junc J-272	1429.2	0.000	0	1457.1	27.9
Junc RODRIGOCHAPARRO	1420.0	0.019	0.02	1457.0	36.9
Junc J-274	1416.5	0.000	0	1455.6	39.0
Junc LUISPEÑA	1408.2	0.019	0.02	1455.5	47.2
Junc J-276	1411.2	0.000	0	1455.0	43.7
Junc J-277	1409.8	0.000	0	1454.3	44.4
Junc J-278	1399.7	0.000	0	1453.2	53.4
Junc J-279	1394.2	0.000	0	1452.8	58.5
Junc J-280	1396.2	0.000	0	1449.1	52.7
Junc J-281	1394.5	0.000	0	1448.4	53.8
Junc CARLOSAMON	1394.2	0.019	0.02	1448.4	54.0
Junc J-283	1397.9	0.000	0	1446.8	48.8
Junc J-284	1386.2	0.000	0	1445.0	58.7
Junc J-285	1379.5	0.000	0	1444.2	64.6

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-286	1370.0	0.000	0	1442.7	72.5
Junc WILLIAMHURTADO	1372.6	0.019	0.02	1442.6	69.9
Junc J-288	1362.6	0.000	0	1441.7	78.9
Junc J-289	1359.1	0.000	0	1441.3	82.1
Junc J-290	1353.1	0.000	0	1440.2	87.0
Junc J-291	1350.8	0.000	0	1439.3	88.3
Junc DAMIANMORENO	1349.3	0.019	0.02	1439.3	89.8
Junc J-293	1344.0	0.000	0	1438.6	94.5
Junc J-294	1339.2	0.000	0	1437.9	98.5
Junc J-295	1334.0	0.000	0	1437.3	103.2
Junc J-296	1323.7	0.000	0	1436.7	112.8
Junc DIOSELINAGONZALEZ	1316.1	0.019	0.02	1436.5	120.3
Junc J-298	1319.4	0.000	0	1436.4	116.7
Junc J-299	1317.5	0.000	0	1436.1	118.4
Junc MOISESGONZALEZ	1316.9	0.019	0.02	1436.1	118.9
Junc J-301	1313.9	0.000	0	1436.0	121.8
Junc ARIELVERA	1312.6	0.019	0.02	1436.0	123.2
Junc FLORHURTADO	1309.5	0.019	0.02	1436.0	126.2
Junc J-304	1388.6	0.000	0	1445.8	57.1
Junc J-305	1372.1	0.000	0	1375.3	3.2
Junc J-306	1349.7	0.000	0	1374.6	24.9
Junc J-307	1344.9	0.000	0	1373.8	28.9
Junc J-308	1337.1	0.000	0	1373.0	35.9
Junc J-309	1329.1	0.000	0	1372.5	43.3
Junc J-310	1311.3	0.000	0	1371.6	60.2
Junc J-311	1303.8	0.000	0	1370.7	66.8
Junc J-312	1298.5	0.000	0	1370.3	71.7
Junc PEDROSOLANO2	1295.0	0.019	0.03	1365.1	70.0
Junc J-314	1291.8	0.000	0	1369.6	77.7
Junc BENEDICTAJIMENEZ	1270.3	0.019	0.02	1369.4	98.9
Junc J-316	1283.8	0.000	0	1368.9	84.9
Junc WALDINOPARRA	1281.7	0.019	0.02	1368.8	87.0
Junc J-318	1279.9	0.000	0	1368.2	88.2
Junc J-319	1272.6	0.000	0	1367.3	94.5
Junc PABLOPEÑA	1274.8	0.019	0.02	1365.6	90.6
Junc MARIAPEÑA	1266.9	0.019	0.02	1364.5	97.5
Junc VERTILDEJIMENEZ2	1260.5	0.019	0.03	1361.4	100.6
Junc LUISFORERO	1273.6	0.019	0.02	1361.3	87.5
Junc ACENCIONFORERO	1266.7	0.019	0.02	1361.2	94.4

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-327	1271.7	0.000	0	1367.1	95.2
Junc J-328	1264.7	0.000	0	1366.9	101.9
Junc J-329	1264.5	0.000	0	1366.8	102.1
Junc J-330	1270.7	0.000	0	1366.5	95.6
Junc J-331	1270.8	0.000	0	1365.2	94.2
Junc J-333	1265.0	0.000	0	1364.5	99.3
Junc NORVERTOCASRILLO	1260.8	0.019	0.02	1364.5	103.5
Junc J-335	1264.2	0.000	0	1363.9	99.5
Junc J-336	1262.4	0.000	0	1363.5	100.9
Junc BLANCAMARTINEZ	1262.4	0.019	0.02	1363.5	100.9
Junc J-338	1260.7	0.000	0	1363.3	102.4
Junc EDWINSANDOVAL2	1258.0	0.019	0.03	1362.5	104.3
Junc J-340	1258.1	0.000	0	1362.8	104.5
Junc FANYSARATE	1258.1	0.019	0.02	1362.8	104.5
Junc J-342	1257.6	0.000	0	1362.7	104.9
Junc J-344	1616.5	0.000	0	1617.5	1.0
Junc J-345	1794.2	0.000	0	1795.1	0.9
Junc 789-A	1930.1	0.000	0	1942.1	12.0
Junc 789-B	1930.1	0.000	0	1930.1	0.0
Junc 791-A	1844.7	0.000	0	1925.9	81.0
Junc 791-B	1844.7	0.000	0	1844.7	0.0
Junc 792-A	1832.8	0.000	0	1925.1	92.2
Junc 792-B	1832.8	0.000	0	1832.8	0.0
Junc 802-A	1664.3	0.000	0	1783.3	118.7
Junc 802-B	1664.3	0.000	0	1664.3	0.0
Junc 805-A	1617.5	0.000	0	1657.7	40.1
Junc 805-B	1617.5	0.000	0	1617.5	0.0
Junc 813-B	1370.8	0.000	0	1583.5	212.2
Junc 816-B	1462.7	0.000	0	1462.7	0.0
Junc 819-A4	1382.1	0.000	0	1382.1	0.0
Junc 819-B2	1382.1	0.000	0	1438.7	56.5
Junc 822-A	1414.8	0.000	0	1583.1	168.0
Junc 822-B	1414.8	0.000	0	1414.8	0.0
Junc 829-A	1795.2	0.000	0	1799.8	4.6
Junc 829-B	1795.2	0.000	0	1795.2	0.0
Junc 832-A	1799.8	0.000	0	1922.8	122.8
Junc 832-B	1799.8	0.000	0	1799.8	0.0
Junc N1	1415.2	0.019	0.02	1587.9	172.4
Junc N2	1282.7	0.019	0.02	1366.8	83.9

Nudo	Elevation (m)	Base Demanda (L/s)	Demanda	Carga piezometrica (mca)	Presión (mca)
Junc 813-AB	1370.8	0.000	0	1370.8	0.0
Junc 816-AB	1462.7	0.000	0	1579.3	116.4
Resvr BOCATOMA	1957.0	#N/A	-2.08	1957.0	0.0

- Resultados del modelo de Epanet Paloblanco para las tuberías.

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria	Factor de fricción
Pipe P-1	460	54.58	2.08	0.89	16.07	0.022
Pipe P-2	24.92	80.42	2.08	0.41	2.91	0.027
Pipe P-3	125.93	54.58	2.08	0.89	16.37	0.022
Pipe P-4	112.86	54.58	2.08	0.89	16.41	0.022
Pipe P-5	36.11	54.58	2.08	0.89	17.38	0.024
Pipe P-6	90.63	54.58	2.08	0.89	16.53	0.022
Pipe P-7	30	54.58	2.08	0.89	17.68	0.024
Pipe P-21	181.17	54.58	2.06	0.88	15.98	0.022
Pipe P-22	103.54	54.58	2.06	0.88	16.19	0.022
Pipe P-24	83.37	54.58	2.04	0.87	16.04	0.023
Pipe P-25	93.65	54.58	2.04	0.87	15.98	0.022
Pipe P-26	90.73	54.58	2.04	0.87	15.99	0.022
Pipe P-28	64.88	54.58	2.02	0.87	15.94	0.023
Pipe P-29	82.45	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-35	123.85	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-36	46.65	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-37	15.68	16.6	0.02	0.09	1.06	0.046
Pipe P-38	89.66	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-39	48.36	54.58	1.99	0.85	15.66	0.023
Pipe P-40	35.13	16.6	0.04	0.17	2.97	0.032
Pipe P-41	107.01	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-42	63.1	54.58	1.95	0.83	14.92	0.023
Pipe P-43	65.43	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-44	77.35	54.58	1.93	0.83	14.53	0.023
Pipe P-45	68.51	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-46	104.94	54.58	1.91	0.82	14.13	0.023
Pipe P-47	142	21.81	0.06	0.15	1.93	0.037
Pipe P-48	70.2	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-49	104.4	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-50	15	54.58	1.86	0.79	15.74	0.027
Pipe P-51	77.97	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-57	30.22	28.48	0.6	0.95	42.04	0.026
Pipe P-58	89.79	28.48	0.6	0.95	40.75	0.025
Pipe P-59	124.75	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-60	73.34	28.48	0.58	0.92	38.66	0.026
Pipe P-61	22.02	16.6	0.06	0.26	8.52	0.041
Pipe P-62	33.28	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria	Factor de fricción
Pipe P-63	66.08	16.6	0.04	0.17	2.94	0.032
Pipe P-64	68.37	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-65	103.39	28.48	0.53	0.83	32.11	0.026
Pipe P-66	60.89	21.81	0.07	0.2	3.79	0.041
Pipe P-67	6.71	16.6	0.02	0.09	1.11	0.048
Pipe P-68	109.89	21.81	0.06	0.15	1.93	0.037
Pipe P-69	56.15	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-70	33.29	16.6	0.04	0.17	2.96	0.032
Pipe P-71	14.03	16.6	0.02	0.09	1.06	0.046
Pipe P-72	77.16	28.48	0.45	0.71	24.59	0.027
Pipe P-73	255.3	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-74	77.16	28.48	0.44	0.68	22.82	0.027
Pipe P-75	60.12	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-76	52.35	28.48	0.42	0.65	21.29	0.028
Pipe P-77	61.93	28.48	0.42	0.65	21.2	0.028
Pipe P-78	80.23	28.48	0.42	0.65	21.1	0.028
Pipe P-79	14.54	28.48	0.42	0.65	22.66	0.03
Pipe P-80	20	28.48	0.4	0.62	20.41	0.029
Pipe P-81	36.29	16.6	0.02	0.09	1.04	0.046
Pipe P-82	47.41	28.48	0.4	0.62	19.67	0.028
Pipe P-83	222.82	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-84	63.8	28.48	0.38	0.6	17.94	0.028
Pipe P-85	56.6	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-86	57.79	28.48	0.36	0.57	16.44	0.029
Pipe P-87	47.42	28.48	0.36	0.57	16.52	0.029
Pipe P-88	67	28.48	0.36	0.57	16.39	0.029
Pipe P-89	61.4	28.48	0.36	0.57	16.42	0.029
Pipe P-90	66.85	28.48	0.36	0.57	16.39	0.029
Pipe P-91	130.15	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-92	32.35	28.48	0.34	0.54	15.22	0.03
Pipe P-93	402.54	16.6	0.04	0.17	2.91	0.032
Pipe P-94	132.34	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-95	36.51	28.48	0.3	0.48	12.36	0.03
Pipe P-96	52.97	28.48	0.3	0.48	12.23	0.03
Pipe P-97	55.51	28.48	0.3	0.48	12.22	0.03
Pipe P-98	184.05	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-99	54.88	28.48	0.29	0.45	10.93	0.03
Pipe P-100	78.67	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-101	78.74	28.48	0.27	0.42	9.65	0.031
Pipe P-102	22.87	28.48	0.27	0.42	10	0.032

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria	Factor de fricción
Pipe P-103	73.41	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-104	82.6	28.48	0.25	0.39	8.49	0.031
Pipe P-107	32.37	28.48	0.25	0.39	8.68	0.032
Pipe P-108	93.77	21.81	0.04	0.11	0.91	0.029
Pipe P-109	4	16.6	-0.02	0.09	1.15	0.05
Pipe P-110	54.77	21.81	0.02	0.06	0.45	0.046
Pipe P-111	4	16.6	0.01	0.06	0.71	0.074
Pipe P-112	103.4	16.6	0.01	0.06	0.66	0.069
Pipe P-113	26.38	28.48	0.21	0.32	6.27	0.034
Pipe P-114	107.02	28.48	0.21	0.32	6.08	0.033
Pipe P-115	105.69	28.48	0.21	0.32	6.08	0.033
Pipe P-116	82.86	28.48	0.21	0.32	6.1	0.033
Pipe P-117	56.37	28.48	-0.21	0.32	6.14	0.033
Pipe P-118	16.01	28.48	0.21	0.32	6.44	0.035
Pipe P-119	10	28.48	0.19	0.29	5.66	0.037
Pipe P-120	64.51	16.6	-0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-121	69.54	16.6	0.06	0.26	8.38	0.041
Pipe P-122	71.04	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-123	79.59	16.6	0.04	0.17	2.93	0.032
Pipe P-124	66.95	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-125	32.96	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-126	71.44	28.48	-0.13	0.21	2.8	0.037
Pipe P-127	54.25	28.48	-0.13	0.21	2.81	0.037
Pipe P-128	109.54	28.48	0.13	0.21	2.79	0.037
Pipe P-129	72.27	28.48	0.13	0.21	2.8	0.037
Pipe P-130	31.16	28.48	0.13	0.21	2.85	0.038
Pipe P-131	15.62	16.6	0.02	0.09	1.06	0.046
Pipe P-132	48.98	28.48	0.11	0.18	2.16	0.039
Pipe P-133	6	16.6	0.02	0.09	1.12	0.049
Pipe P-134	24.27	28.48	0.09	0.15	1.61	0.042
Pipe P-135	20.22	21.81	0.09	0.25	5.68	0.039
Pipe P-136	25.99	21.81	0.07	0.2	3.84	0.041
Pipe P-137	101.87	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-138	20.35	16.6	0.07	0.35	13.98	0.038
Pipe P-139	77.76	16.6	0.07	0.35	13.7	0.037
Pipe P-140	85.45	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-141	17.56	16.6	0.06	0.26	8.57	0.042
Pipe P-142	7.76	16.6	0.02	0.09	1.09	0.048
Pipe P-143	186.81	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-144	40.24	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria	Factor de fricción
Pipe P-145	24.9	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-146	31.16	16.6	0.02	0.09	1.04	0.046
Pipe P-147	20.86	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-149	23.77	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-150	37.54	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-151	32.68	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-152	58.09	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-153	25.92	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-154	23.91	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-155	104.55	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-157	23.77	28.48	0.5	0.79	30.53	0.028
Pipe P-158	37.54	28.48	0.5	0.79	29.91	0.027
Pipe P-159	32.68	28.48	0.5	0.79	30.07	0.027
Pipe P-160	58.09	28.48	0.5	0.79	29.53	0.027
Pipe P-161	25.92	28.48	0.5	0.79	30.39	0.027
Pipe P-162	23.91	28.48	0.5	0.79	30.52	0.028
Pipe P-163	65.5	28.48	0.5	0.79	29.45	0.027
Pipe P-164	27.77	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-165	68.33	28.48	0.48	0.76	27.5	0.027
Pipe P-166	77.9	28.48	0.48	0.76	27.43	0.027
Pipe P-167	29.39	28.48	0.48	0.76	28.23	0.027
Pipe P-168	31.64	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-169	194.5	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-170	29.39	28.48	0.45	0.7	24.44	0.028
Pipe P-171	77.9	28.48	0.45	0.7	23.77	0.027
Pipe P-172	59.22	28.48	0.45	0.7	23.9	0.027
Pipe P-173	61.25	28.48	0.45	0.7	23.88	0.027
Pipe P-174	66.66	28.48	0.45	0.7	23.84	0.027
Pipe P-175	39.01	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-176	90.74	28.48	0.43	0.67	21.98	0.027
Pipe P-177	73.68	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-178	70.4	28.48	0.41	0.64	20.38	0.028
Pipe P-179	70.56	28.48	0.41	0.64	20.38	0.028
Pipe P-180	61.01	28.48	0.41	0.64	20.44	0.028
Pipe P-181	65.25	28.48	0.41	0.64	20.41	0.028
Pipe P-182	26.85	28.48	0.41	0.64	21	0.029
Pipe P-184	23.93	28.48	0.39	0.61	19.44	0.029
Pipe P-185	31.92	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-186	44.48	28.48	0.37	0.58	17.38	0.029
Pipe P-187	68.49	28.48	0.37	0.58	17.21	0.028

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria	Factor de fricción
Pipe P-188	117	16.6	0.03	0.16	2.32	0.03
Pipe P-189	66	28.48	0.34	0.53	14.5	0.029
Pipe P-190	190.63	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-193	18.38	28.48	0.32	0.5	13.75	0.031
Pipe P-194	118.92	28.48	0.32	0.5	13	0.029
Pipe P-195	24.31	28.48	0.32	0.5	13.54	0.03
Pipe P-196	57.53	28.48	0.32	0.5	13.15	0.03
Pipe P-197	22.26	28.48	0.32	0.5	13.59	0.031
Pipe P-198	49.27	28.48	0.32	0.5	13.2	0.03
Pipe P-199	21.89	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-200	81.88	28.48	0.3	0.47	11.74	0.03
Pipe P-201	16.44	28.48	0.3	0.47	12.45	0.032
Pipe P-202	32.19	28.48	0.3	0.47	12.01	0.03
Pipe P-203	28.79	28.48	0.3	0.47	12.07	0.031
Pipe P-204	28.05	16.6	0.04	0.17	2.98	0.033
Pipe P-205	50.93	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-206	48.49	28.48	0.26	0.41	9.39	0.031
Pipe P-207	54.3	28.48	0.26	0.41	9.36	0.031
Pipe P-208	108.68	16.6	0.04	0.17	2.93	0.032
Pipe P-209	160.77	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-210	42.26	28.48	0.22	0.35	7.19	0.032
Pipe P-211	41.88	28.48	0.22	0.35	7.19	0.032
Pipe P-212	34.53	28.48	0.22	0.35	7.24	0.033
Pipe P-213	0.89	21.81	0.22	0.6	51.34	0.061
Pipe P-214	87.9	16.6	0.07	0.35	13.69	0.037
Pipe P-215	1.22	21.81	0.15	0.4	20.86	0.056
Pipe P-216	18.01	16.6	0.07	0.35	14.03	0.038
Pipe P-217	23.02	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-218	68.56	16.6	0.06	0.26	8.38	0.041
Pipe P-219	13.11	16.6	0.02	0.09	1.07	0.047
Pipe P-220	38.72	16.6	0.04	0.17	2.96	0.032
Pipe P-221	24.91	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-222	41.61	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-223	24.82	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-224	69.46	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-225	24.82	21.81	0.13	0.35	10.1	0.035
Pipe P-226	83.48	21.81	0.13	0.35	9.87	0.034
Pipe P-227	40.39	21.81	0.13	0.35	9.97	0.035
Pipe P-228	18.98	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-229	29.34	21.81	0.11	0.3	7.69	0.037

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria	Factor de fricción
Pipe P-230	32.38	16.6	0.02	0.09	1.04	0.046
Pipe P-231	61.05	21.81	0.09	0.25	5.55	0.038
Pipe P-232	24.56	21.81	0.09	0.25	5.65	0.039
Pipe P-233	52.08	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-234	33.05	16.6	0.07	0.35	13.83	0.038
Pipe P-235	24.17	16.6	0.07	0.35	13.93	0.038
Pipe P-236	24.25	16.6	0.02	0.09	1.04	0.046
Pipe P-237	42.78	16.6	0.06	0.26	8.42	0.041
Pipe P-238	78.99	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-239	16.92	16.6	0.04	0.17	3.03	0.033
Pipe P-240	20.04	16.6	0.04	0.17	3	0.033
Pipe P-241	15.7	16.6	0.02	0.09	1.06	0.046
Pipe P-242	26.04	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-243	54.75	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-245	23.77	28.48	0.71	1.12	57.58	0.026
Pipe P-246	37.54	28.48	0.71	1.12	56.32	0.025
Pipe P-247	77.9	28.48	0.71	1.12	55.19	0.025
Pipe P-248	29.05	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-249	18.41	28.48	0.69	1.09	55.84	0.026
Pipe P-250	13.88	16.6	0.02	0.09	1.06	0.046
Pipe P-251	39.1	28.48	0.68	1.06	51.04	0.025
Pipe P-252	16.74	28.48	0.68	1.06	53.55	0.027
Pipe P-253	12.72	16.6	0.02	0.09	1.06	0.047
Pipe P-254	57.17	28.48	0.66	1.03	47.97	0.025
Pipe P-255	76.35	28.48	0.66	1.03	47.66	0.025
Pipe P-256	19.83	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-257	101.83	28.48	0.64	1	45.05	0.025
Pipe P-258	97.59	16.6	0.09	0.44	20.5	0.035
Pipe P-259	53.77	28.48	0.54	0.85	34.25	0.026
Pipe P-260	7.55	28.48	0.54	0.85	39.68	0.03
Pipe P-261	25.9	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-262	34.65	16.6	-0.04	0.19	4.06	0.036
Pipe P-263	28.72	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-264	7.49	28.48	0.57	0.89	42.78	0.03
Pipe P-265	19.12	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-266	39.9	28.48	0.55	0.86	35.02	0.026
Pipe P-267	16.73	16.6	0.04	0.17	3.02	0.033
Pipe P-268	9.31	16.6	0.02	0.09	1.09	0.048
Pipe P-269	89.46	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-270	79.24	28.48	0.51	0.8	30.35	0.026

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria	Factor de fricción
Pipe P-271	64.58	28.48	0.51	0.8	30.47	0.026
Pipe P-272	160.32	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-273	85.13	28.48	0.49	0.77	28.37	0.027
Pipe P-274	26.29	28.48	0.49	0.77	29.39	0.028
Pipe P-275	11.97	28.48	0.49	0.77	31.16	0.029
Pipe P-278	29.84	28.48	0.49	0.77	29.21	0.027
Pipe P-279	68.73	28.48	0.49	0.77	28.47	0.027
Pipe P-280	52.05	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-281	54.09	28.48	0.47	0.74	26.72	0.027
Pipe P-282	75.67	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-283	57.85	28.48	0.45	0.71	24.83	0.027
Pipe P-284	114.6	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-285	27.82	28.48	0.44	0.68	23.62	0.028
Pipe P-286	27.9	28.48	0.44	0.68	23.62	0.028
Pipe P-287	49	28.48	0.44	0.68	23.14	0.028
Pipe P-288	31.9	28.48	0.31	0.48	12.49	0.03
Pipe P-289	114.63	16.6	0.13	0.6	36.09	0.032
Pipe P-290	18.3	16.6	0.13	0.6	37.18	0.033
Pipe P-291	9.98	16.6	0.02	0.09	1.07	0.047
Pipe P-292	57.8	16.6	0.11	0.52	27.72	0.034
Pipe P-293	65.08	16.6	0.11	0.52	27.69	0.034
Pipe P-294	27.8	16.6	0.11	0.52	28.05	0.034
Pipe P-295	55.57	16.6	0.11	0.52	27.74	0.034
Pipe P-296	8.9	16.6	0.02	0.09	1.07	0.047
Pipe P-297	47.23	16.6	0.09	0.43	20.24	0.035
Pipe P-298	17.59	16.6	0.09	0.43	20.68	0.036
Pipe P-299	53.78	16.6	0.09	0.43	20.21	0.035
Pipe P-300	47.26	16.6	0.09	0.43	20.24	0.035
Pipe P-301	21.67	16.6	0.02	0.09	1.04	0.046
Pipe P-302	49.69	16.6	0.07	0.35	13.76	0.038
Pipe P-303	50.91	16.6	0.07	0.35	13.75	0.038
Pipe P-304	41.35	16.6	0.07	0.35	13.79	0.038
Pipe P-305	48.64	16.6	0.07	0.35	13.76	0.038
Pipe P-306	118.8	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-307	35	16.6	0.06	0.26	8.44	0.041
Pipe P-308	30.58	16.6	0.06	0.26	8.46	0.041
Pipe P-309	27.69	16.6	0.02	0.09	1.04	0.046
Pipe P-310	40.46	16.6	0.04	0.17	2.96	0.032
Pipe P-311	11.11	16.6	0.02	0.09	1.07	0.047
Pipe P-312	28.36	16.6	0.02	0.09	1.04	0.046

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria	Factor de fricción
Pipe P-313	42.42	16.6	0.31	1.41	164.38	0.027
Pipe P-316	52.57	28.48	0.31	0.48	12.3	0.03
Pipe P-317	67.62	28.48	0.31	0.48	12.24	0.03
Pipe P-318	63.9	28.48	0.31	0.48	12.25	0.03
Pipe P-319	43.91	28.48	0.31	0.48	12.36	0.03
Pipe P-320	74.16	28.48	0.31	0.48	12.22	0.03
Pipe P-321	69	28.48	0.31	0.48	12.23	0.03
Pipe P-322	36.71	28.48	0.31	0.48	12.43	0.03
Pipe P-324	56.43	28.48	0.31	0.48	12.28	0.03
Pipe P-325	213.39	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-326	63.43	28.48	0.29	0.45	10.97	0.03
Pipe P-327	84.37	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-328	70.22	28.48	0.27	0.42	9.73	0.031
Pipe P-329	90	28.48	0.27	0.42	9.69	0.031
Pipe P-330	40.1	16.6	0.14	0.66	42.87	0.032
Pipe P-331	31.59	16.6	0.12	0.58	33.7	0.033
Pipe P-332	126.9	16.6	0.11	0.49	25.01	0.034
Pipe P-334	108.29	16.6	0.03	0.16	2.32	0.03
Pipe P-335	28.55	16.6	0.04	0.17	2.98	0.033
Pipe P-336	54.04	16.6	0.02	0.09	1.04	0.045
Pipe P-337	20.11	21.81	0.12	0.33	9.36	0.036
Pipe P-338	31.38	21.81	0.12	0.33	9.23	0.035
Pipe P-339	9.4	21.81	0.12	0.33	9.77	0.038
Pipe P-340	32.86	21.81	0.12	0.33	9.23	0.035
Pipe P-341	37.69	16.6	0.12	0.58	33.6	0.033
Pipe P-342	25.58	16.6	0.03	0.16	2.37	0.031
Pipe P-343	33.59	16.6	0.09	0.42	19.21	0.036
Pipe P-344	71.71	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-345	46.4	16.6	0.07	0.33	12.82	0.038
Pipe P-346	32.39	16.6	0.07	0.33	12.89	0.038
Pipe P-347	16.75	16.6	0.02	0.09	1.06	0.046
Pipe P-348	30.85	16.6	0.05	0.24	7.69	0.042
Pipe P-349	64.82	16.6	0.05	0.24	7.63	0.041
Pipe P-351	18.52	16.6	0.02	0.09	1.05	0.046
Pipe P-352	52.69	16.6	0.03	0.16	2.33	0.03
Pipe P-353	57.79	16.6	0.03	0.16	2.33	0.03
Pipe P-379	50	54.58	2.08	0.89	16.99	0.023
Pipe P-380	256	54.58	2.08	0.89	16.16	0.022
Pipe P-387	6	54.58	1.99	0.85	14.68	0.022
Pipe P-388	86.69	54.58	1.99	0.85	14.69	0.022

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Perdida unitaria	Factor de fricción
Pipe P-389	62.38	54.58	1.84	0.79	13.41	0.023
Pipe P-390	0.5	54.58	1.84	0.79	12.5	0.022
Pipe P-391	67.67	28.48	0.6	0.95	40.1	0.025
Pipe P-392	58.67	28.48	0.71	1.12	55.54	0.025
Pipe P-393	58.67	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-394	58.67	28.48	0.5	0.79	29.52	0.027
Pipe P-401	108.05	28.48	0.32	0.5	12.87	0.029
Pipe P-402	41.53	28.48	0.32	0.5	13.26	0.03
Pipe P-404	186.44	16.6	0.02	0.09	1.03	0.045
Pipe P-405	114.86	54.58	2.06	0.88	16.14	0.022
Pipe P-407	1	54.58	2.08	0.89	67.42	0.091
Pipe P-408	60.72	54.58	2.08	0.89	15.96	0.022
Pipe P-409	12	80.42	2.08	0.41	2.48	0.023
Pipe T1	49	54.58	2.08	0.89	15.96	0.022
Pipe T2	83.91	54.58	2.08	0.89	15.96	0.022
Pipe T3	85.19	28.48	0.02	0.03	0.12	0.077
Pipe T4	17.47	28.48	0.49	0.77	27.91	0.026
Pipe T5	47.58	28.48	0.49	0.77	27.91	0.026
Pipe T6	44.18	16.6	0.31	1.41	161.31	0.026
Pipe T7	42.25	16.6	0.31	1.41	161.32	0.026
Pipe T9	18.81	28.48	0.25	0.39	8.37	0.031
Pipe T10	52.72	28.48	0.25	0.39	8.37	0.031
Valve CANECA	#N/A	54.58	2.08	0.89	12.05	0
Valve CAJADEBOCATOMA	#N/A	54.58	0	0	81.17	0
Valve CÁMARADEQUIEBRE	#N/A	54.58	0	0	92.34	0
Valve TANQUEDEALMACENAMIENTO	#N/A	54.58	1.99	0.85	118.97	0
Valve CAJADEDERIVACIÓN	#N/A	54.58	1.84	0.79	40.19	0
Valve CÁMARADEQUIEBRE4	#N/A	28.48	0.32	0.5	168.28	0
Valve PTAP	#N/A	54.58	2.08	0.89	4.58	0
Valve DESARENADOR	#N/A	54.58	2.08	0.89	123	0
Valve V1	#N/A	28	0.31	0.5	56.6	0
Valve CAMARADEQUIEBRE	#N/A	28	0.25	0.4	212.63	0
Valve CAMARADEQUIEBRE1	#N/A	28	0.49	0.8	116.61	0