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, CAMPO GRANDE PARTE ALTA DEL 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 CAMPO GRANDE 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 18

3. DIAGNÓSTICO ACUEDUCTO CAMPO GRANDE PARTE ALTA 19

3.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y CAPTACIONES 19

3.2. ADUCCIÓN 21

3.3. DESARENADOR 21

3.4. CONDUCCIÓN 22

3.5. PLANTA DE TRATAMIENTO 24

3.5.1. Módulo de retención y floculación. 24

3.5.2. Módulo de sedimentación acelerada e igualación 25

3.5.3. Módulo de filtración primaria 25

3.5.4. Módulo de filtración secundaria 26

3.5.5. Módulo de retrolavado 26

3.5.6. Módulo de lecho de secado 26

3.5.1. Tanque de almacenamiento 26

3.5.2. Red de distribución 28

3.5.3. Accesorios de la red 28

4. EVALUACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO 30

4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO 30

4.1.1. Dotación neta máxima 30

4.1.2. Dotación Bruta 31

4.1.3. Caudal medio diario 32

4.1.4. Caudales de diseño 32

4.1.1. Proyecciones de población 33

4.1.2. Caudal máximo diario 33

4.1.3. Caudal máximo horario 34

4.2. MODELO HIDRÁULICO DEL SISTEMA EXISTENTE 35

4.2.1. Línea de conducción 35

4.2.2. Red de distribución 38

4.2.1. Modelación Red de distribución 41

5. CONCLUSIÓN 48

6. ANEXO 50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del proyecto. 9
Figura 2. Fuente San Joaquín. 20
Figura 3. Ubicación de la Bocatoma San Joaquín. 23
Figura 4. Red de distribución existente Campo grande. 41
Figura 5. Modelo Epanet Campo Grande. 43
Figura 6. Modelo Epanet - Resultados Velocidades Campo Grande. 44
Figura 7. Modelo Epanet - Resultados Presiones Campo Grande. 45
Figura 8. Modelo Epanet – Sectorización de los resultados Presiones Campo Grande. 46

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. 13
Tabla 3. Proyección poblacional. 16
Tabla 2. Dotación Neta 31
Tabla 3. Caudales de Diseño 32
Tabla 4. Habitantes actuales del Acueducto 33

1. INTRODUCCIÓN.

El presente informe aborda el estudio detallado del sistema de acueducto de la vereda Campo Grande, localizada 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. Debido a estas condiciones, la infraestructura de acueducto enfrenta retos significativos en términos de captación, conducción, almacenamiento y distribución, lo que hace necesario evaluar con precisión su estado actual.

La realización del diagnóstico técnico del acueducto constituye una fase 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 esta 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 adecuado manejo del recurso hídrico.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar el estado actual del sistema de acueducto de la vereda Campo Grande, 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.

OBJETIVO ESPECIFICO

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

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO CAMPO GRANDE

ANTECEDENTES

El municipio de Briceño, situado en la provincia Occidental del departamento de Boyacá, fue constituido oficialmente mediante la Ordenanza N.° 14 de 1890 de la Asamblea Departamental. Aunque su estructura administrativa ha experimentado transformaciones desde finales del siglo XIX, Briceño ha mantenido una identidad territorial basada en sus veredas y asentamientos rurales, entre los cuales se encuentra Campo Grande. Estas zonas han sido históricamente fundamentales para el desarrollo agrícola, social y comunitario del municipio.

La vereda Campo Grande ha tenido un papel destacado en la configuración rural de Briceño debido a su ubicación estratégica, su vocación agropecuaria y la presencia de fuentes hídricas que han permitido el asentamiento de familias dedicadas a la agricultura de subsistencia y a la ganadería. A lo largo de los años, la comunidad ha gestionado de manera colectiva la construcción y operación de sistemas básicos de infraestructura, como vías veredales, redes de acueducto comunitario y espacios de encuentro social, lo cual evidencia una tradición organizativa sólida.

En términos de acceso al agua, la vereda ha dependido históricamente de captaciones naturales y pequeños sistemas locales administrados por juntas comunitarias. Estos sistemas surgieron en respuesta a las necesidades de abastecimiento que no eran cubiertas por redes municipales, lo que llevó a la implementación de acueductos de carácter rural, construidos de forma progresiva y con recursos limitados. Con el paso del tiempo, el incremento poblacional, el desgaste de la infraestructura y la aparición de nuevas exigencias normativas han generado la necesidad de evaluar y optimizar dichos sistemas.

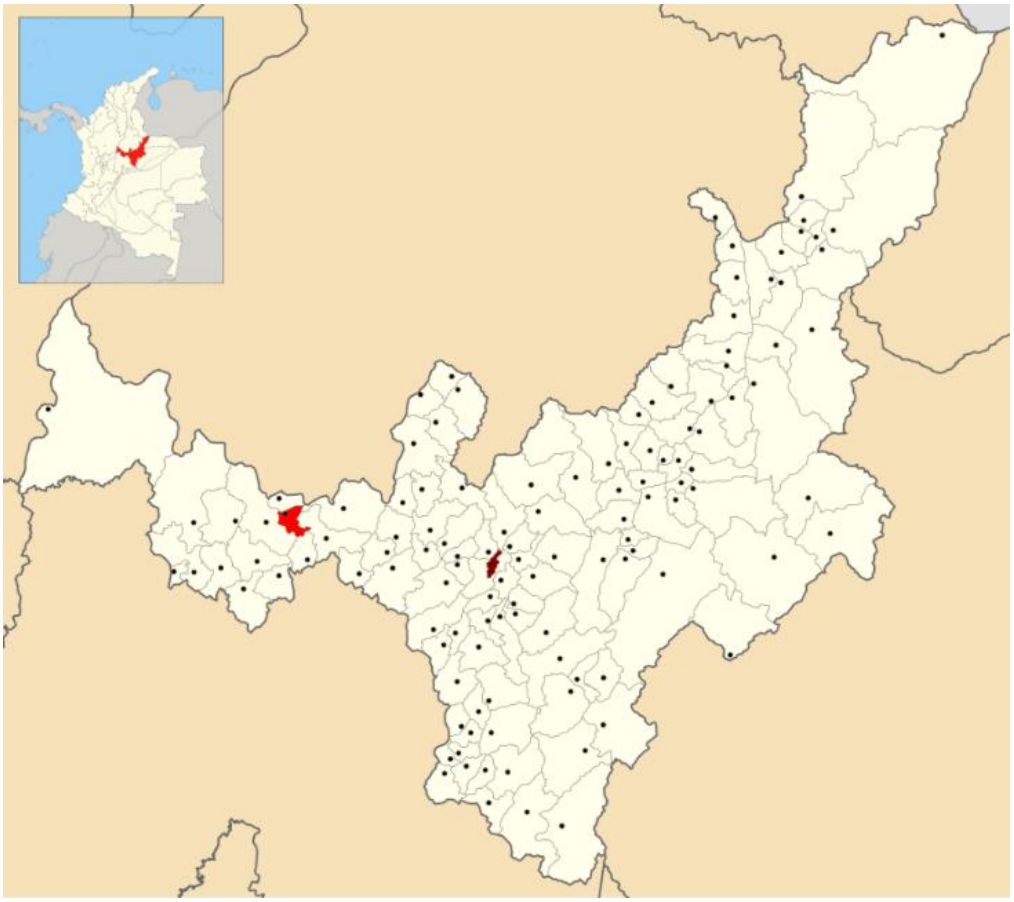
La historia de Campo Grande, marcada por procesos de autogestión y adaptación a las condiciones geográficas de la región, permite comprender el estado actual de su infraestructura y la importancia de realizar estudios técnicos detallados. Estos antecedentes justifican la necesidad de diagnosticar el sistema de acueducto existente, con el fin de garantizar que el servicio de abastecimiento de agua evolucione de acuerdo con los estándares modernos de calidad, continuidad y seguridad establecidos en la normativa vigente.

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 está 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 área son Campo Grande (1.230,42 ha), El Diamante (960,01 ha) y Tabor (870,26 ha). Esta división territorial refleja la estructura rural del municipio y la importancia de las veredas en la organización 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.

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, dentro de las cuales la vereda Campo Grande ocupa la mayor extensión territorial, desempeñando un papel relevante en el desarrollo agrícola y social del municipio.

GEOLOGÍA

La vereda Campo Grande, 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 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 relevantes para el funcionamiento del sistema de acueducto.

En menor proporción, la vereda Campo Grande 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.

Los 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 en el diseño de redes y estructuras de conducción para minimizar riesgos de erosión o deslizamiento en sectores críticos.

En conjunto, la geología de Campo Grande 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.

1.1. POBLACIÓN

1.1.1. Distribución espacial de la población

Según el Censo Nacional de Población realizado por el DANE en 1993, el municipio de Briceño contaba con un total de 2.840 habitantes, de los cuales 556 personas (19,58%) correspondían a la vereda Campo Grande. La población rural constituye la mayoría 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 Campo Grande, objeto de estudio en este informe, alberga alrededor de 217 habitantes, lo que representa aproximadamente el 9,5% de la población rural del municipio (sobre un total de 2.284 personas en el área rural). Esta distribución refleja la dispersión típica de las zonas rurales de Briceño, así como la concentración de habitantes en sectores con mejores condiciones para la

agricultura y la accesibilidad.

1.1.2. 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. 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

Año	Cabecera	Rural	Total
1993	424	2660	3084
1994	450	2591	3041
1995	458	2575	3033
1996	447	2534	2981
1997	451	2519	2970
1998	465	2488	2953
1999	472	2413	2885
2000	422	2383	2805
2001	457	2338	2795
2002	459	2306	2765
2003	434	2263	2697
2004	467	2219	2686
2005	451	2169	2620
2006	446	2133	2579
2007	467	2094	2561
2008	496	2047	2543
2009	494	2016	2510

Año	Cabecera	Rural	Total
2018	487	1711	2198
2019	492	1683	2175
2020	516	1729	2245
2021	527	1710	2237
2022	568	1706	2274
2023	600	1697	2297
2024	607	1710	2317
2025	604	1727	2331
2026	624	1736	2360
2027	624	1738	2362
2028	651	1744	2395
2029	655	1757	2412
2030	654	1772	2426
2031	668	1779	2447
2032	672	1781	2453
2033	660	1814	2474
2034	682	1819	2501
2035	686	1837	2523

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.

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 y el permiso de concesión de agua, en el año 2019 se registraron 80 usuarios, considerando un tamaño promedio del hogar de 4.0 personas por usuario, lo que corresponde a una población estimada de 320 habitantes. Para el año 2026, el número de usuarios proyectados asciende a 91, equivalentes a aproximadamente 364 habitantes.

Este comportamiento evidencia una tasa de crecimiento anual cercana al 2,40%, constituyéndose en un parámetro fundamental para la proyección de la demanda de agua potable y el adecuado dimensionamiento de la infraestructura del sistema de acueducto. Esta información resulta esencial 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:

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

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 los usuarios en la vereda Campo Grande.

AÑO	MÉTODO GEOMÉTRICO	MÉTODO ARITMÉTICO	MÉTODO EXPONENCIAL
2019	80	80	80
2020	82	82	82
2021	83	84	83
2022	85	86	84
2023	87	88	86
2024	88	89	88
2025	90	91	90
2026	91	93	91

AÑO	MÉTODO GEOMÉTRICO	MÉTODO ARITMÉTICO	MÉTODO EXPONENCIAL
2027	93	95	93
2028	94	97	95
2029	96	98	96
2030	98	100	98
2031	99	102	99
2032	101	104	101
2033	103	106	103
2034	104	106	104
2035	106	109	106
2036	108	111	108
2037	110	113	110
2038	111	116	111
2039	113	118	113
2040	115	120	115
2041	117	121	117
2042	118	122	118
2043	120	124	120
2044	121	125	121
2045	122	126	122
2046	123	127	123
2047	124	128	124
2048	125	129	125
2049	126	130	126
2050	127	131	127
2051	128	132	128

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.

1.1.3. 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.

2. DIAGNÓSTICO ACUEDUCTO CAMPO GRANDE PARTE ALTA

2.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO Y CAPTACIONES

La inspección de campo se realizó acompañados del señor Wilson Mateus, representante de la vereda, recorriéndose todos los componentes del sistema de acueducto, incluyendo la captación, el desarenador, la planta de tratamiento, el tanque de almacenamiento y las estructuras de control existentes. Este recorrido permitió la recopilación directa de información sobre el estado actual del sistema de acueducto y la identificación de los usuarios beneficiarios.

El acueducto de la vereda Campo Grande, sector parte alta, se abastece principalmente de la Quebrada San Joaquín, ubicada en el municipio de Albania y conocida en la zona con el mismo nombre. La fuente se encuentra en la parte alta del sector, dentro del municipio de Briceño, con coordenadas geográficas: Norte = 1.022.623,433, Este = 1.126.031,874 y elevación Z = 2.289,989 msnm.

La protección de la fuente de abastecimiento es fundamental para garantizar tanto el caudal disponible como la calidad del agua. Por ello, se recomienda implementar un cerramiento adecuado que impida el acceso de personas no autorizadas y animales, así como minimizar la caída de ramas, hojas u otros residuos que puedan contaminar u obstruir el caudal.

El acceso al sector es limitado y presenta dificultades propias de la topografía montañosa de la zona, lo que requiere atención especial en el transporte de materiales y en el mantenimiento de las estructuras del acueducto. Garantizar la protección y el acceso seguro a la fuente es clave para la continuidad y eficiencia del sistema de suministro de agua en Campo Grande.

La captación del acueducto se ubicaba originalmente en la parte alta del sector; sin

embargo, actualmente no se encuentra operativa, ya que fue destruida por una fuerte crecida de la quebrada. La red de aducción hacia el desarenador está construida con tubería de PVC de 2 pulgadas.

Figura 2. Fuente San Joaquín.



Fuente: Diagnóstico construcción primera etapa de Briceño.

La bocatoma se encuentra en buen estado general, aunque requiere labores de mantenimiento y limpieza tanto en los muros como en la poceta de aquietamiento. Esta estructura cuenta con una caja de derivación donde se realiza el aforo del caudal; sin embargo, dicho aforo deberá actualizarse una vez se determine el caudal concesionado, de acuerdo con los requerimientos del sistema de acueducto. La bocatoma dispone además de un nicho para la instalación de la válvula de salida. La red de aducción hacia el desarenador está construida en tubería de PVC de 2 pulgadas y cuenta con un ducto de rebose.

El ducto que conecta la rejilla con la caja de derivación está conformado por una tubería en PVC de 4 pulgadas de diámetro. Este conducto presenta una contrapendiente, lo cual afecta el

funcionamiento adecuado de la captación y genera obstrucciones en el flujo. Según los aforos realizados en campo mediante el método volumétrico, el caudal disponible se estimó en aproximadamente 5,63 L/s. Es importante señalar que, de acuerdo con la comunidad, la fuente mantiene un caudal estable durante todo el año, con variaciones mínimas entre las temporadas de verano e invierno, lo que contribuye a garantizar la continuidad del suministro.

La rejilla presenta unas dimensiones externas de 0,60 m por 0,30 m y está compuesta por 28 varillas dispuestas en una sección interna de 0,50 m por 0,20 m. Las barras tienen un diámetro de ½ pulgada (12,70 mm) y una separación de 5,9 mm entre sí. El caudal máximo permitido a través de la rejilla es de 12,23 L/s.

2.2. ADUCCIÓN

La aducción del acueducto está construida en tubería de PVC de 2 pulgadas de diámetro, la cual se encuentra parcialmente enterrada a lo largo de la mayor parte de su recorrido hasta el desarenador. Un tramo de esta conducción, con una longitud de 226,69 metros, se encuentra enterrado a una profundidad aproximada de 0,4 metros en promedio. La infraestructura actual cumple con los requerimientos técnicos y de diseño para el caudal que transporta en la actualidad, garantizando un flujo adecuado del agua desde la fuente de captación hasta el sistema de tratamiento.

2.3. DESARENADOR

Debido a que la fuente de agua proviene de una quebrada, es necesario contar con una estructura desarenadora que permita remover sólidos y sedimentos presentes en el agua. Actualmente, el acueducto dispone de un desarenador construido en ladrillo y pañetado,

conformado por dos compartimientos: una cámara de aquietamiento y una caja de control ubicada en la salida. Esta estructura cumple la función de retener partículas sólidas antes de que el agua continúe hacia la planta de tratamiento.

El desarenador objeto de estudio corresponde a una caja con dos cámaras, divididas por un deflector de forma rectangular. La estructura se ubica en las coordenadas Norte 2,192,138.849 y Este 4,901,859.704. La llegada de agua a la estructura se realiza mediante un conducto de PVC de dos pulgadas de diámetro; no cuenta con válvula de ingreso ni con sistema de bypass. La estructura tiene un largo externo de 2,10 m, un ancho externo de 1,0 m y una altura interna libre de 0,75 m.

El desarenador se compone de dos cámaras separadas por un deflector que actúa como cámara de aquietamiento, enviando el flujo hacia la segunda cámara mediante un vertedero.

El sistema de lavado cuenta con dos ductos de PVC RDE 21 de tres pulgadas de diámetro, equipados con tapones hembra que se manipulan con llave para realizar el mantenimiento de la estructura. Además, posee un ducto de rebose de dos pulgadas de diámetro, actualmente obstruido con un tapón de madera que dirige el flujo hacia la segunda cámara. La salida de la estructura se encuentra a 0,50 m medidos desde la parte superior del muro y está instalada en un ducto de dos pulgadas de diámetro, sin válvula de salida.

2.4. CONDUCCIÓN

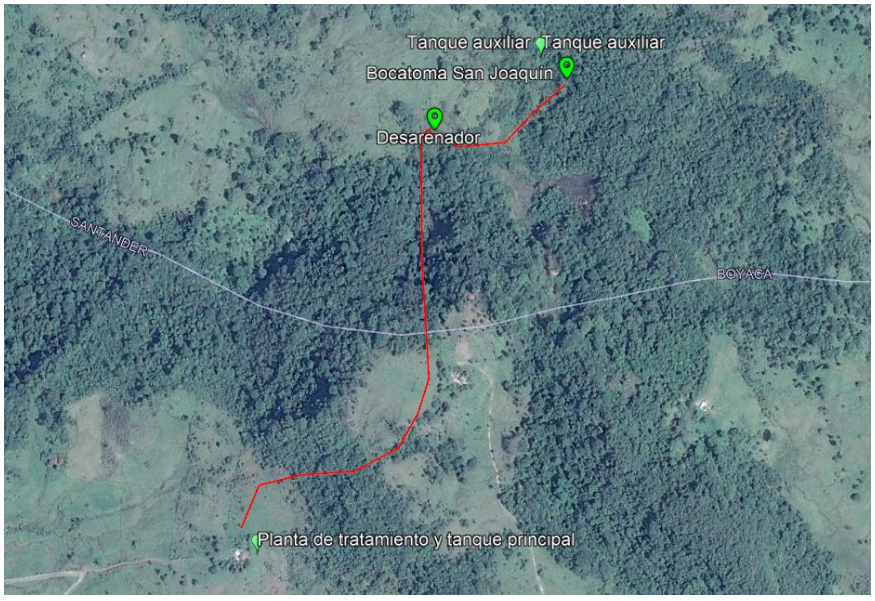
La red de conducción del acueducto de la parte alta de Campo Grande está conformada por tubería de PVC de 2 pulgadas. Sin embargo, su funcionamiento no es óptimo, debido a fallas en el terreno que han provocado el desprendimiento de tramos de tubería, generando interrupciones en el servicio. Adicionalmente, actualmente no se cuenta con un fontanero encargado del

mantenimiento y la supervisión periódica del sistema, lo que se refleja en la irregularidad del suministro en algunos sectores.

La conducción desde el desarenador existente hasta el sistema de tratamiento posee una longitud de aproximadamente 598 metros en tubería PVC RDE 21 de dos pulgadas, posteriormente se amplía a tres pulgadas por una longitud de 535 metro para finalmente reducirse a dos pulgadas durante una longitud de 28.10 metros antes de llegar al sistema de tratamiento.

Para evaluar las condiciones hidráulicas de la aducción y conducción se realiza la modelación, el caudal de diseño será de 4.0L/s teniendo en cuenta una conducción crítica del sistema, según el levantamiento realizado por la interventoría, se evidenció la inexistencia de válvulas de purga y ventosas en la red de aducción y conducción, requerimiento de la instalación de una purga en diámetro de tres pulgadas en las coordenadas Norte 2191961.373 Este 4901216.650.

Figura 3. Ubicación de la Bocatoma San Joaquín.



2.5. PLANTA DE TRATAMIENTO

Actualmente, el acueducto cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) compacta, que se encuentra en operación. Esta planta tiene como objetivo garantizar el suministro de agua segura y de calidad para la población, cumpliendo con los estándares sanitarios establecidos. Su funcionamiento permite la potabilización del agua mediante procesos eficientes de filtración, desinfección y control de parámetros fisicoquímicos, asegurando que el recurso hídrico cumpla con las normativas vigentes antes de su distribución.

La PTAP del acueducto de Campo Grande corresponde a un sistema modular construido en polietileno reforzado con fibra de vidrio (PRFV). La planta se ubica en las coordenadas Norte 2,191,676.928 y Este 4,901,856.571.

El caudal de diseño de la planta, según los manuales de funcionamiento proporcionados por el fabricante, es de 3,0 L/s. De acuerdo con la proyección de población, se estima un caudal máximo diario de 2,0 L/s, por lo que la planta está sobradamente capacitada para atender a la población horizonte. La PTAP se compone de cinco tanques y una unidad de lechos de secado, permitiendo un tratamiento integral del agua antes de su distribución.

2.5.1. Módulo de retención y floculación.

Este módulo se encarga de distribuir el agua por toda el área del primer compartimiento mediante difusores hidráulicos. El caudal pasa a través de un lecho de grava y sílice, el cual retiene sólidos de determinado tamaño. El flujo asciende hasta rebosar y caer en un segundo compartimiento, donde se adiciona coagulante mediante un dosificador por gravedad. A partir de este punto, se generan cambios en el gradiente de velocidad hasta llegar al sexto compartimiento.

En este primer tanque se realiza la adición del coagulante en el proceso conocido como mezcla rápida, cuyo objetivo es generar un alto gradiente de velocidad que disperse uniformemente el aditivo químico, promoviendo la formación de flóculos. De acuerdo con las características del agua y del sistema de tratamiento, se utiliza sulfato de aluminio como agente químico para los procesos de coagulación y floculación.

2.5.2. Módulo de sedimentación acelerada e igualación

Este tanque se encarga de sedimentar las partículas formadas como flóculos a consecuencia de la adición de coagulante, los cambios en el gradiente de velocidad y las cargas de las partículas, aumentando su eficiencia mediante paneles tipo colmena que favorecen un flujo ascensional. Además, contiene un compartimiento que regula el caudal que ingresa al filtro primario.

En este tanque también se realiza la estabilización del pH. Para ello, se dispone de un tanque dosificador de sustancia buffer con un volumen de 50 litros y una llave de regulación para la adición controlada del reactivo. Sin embargo, actualmente en este punto se está utilizando el tanque para la dosificación de desinfectante, lo que altera la función original del módulo y afecta la capacidad desinfectante requerida para el tratamiento adecuado del agua.

2.5.3. Módulo de filtración primaria

Este módulo contiene difusores hidráulicos en la parte inferior, encargados de distribuir uniformemente el flujo de agua sobre el área filtrante. El lecho filtrante está compuesto por una capa de grava de retención, seguida de capas de arena y antracita, que permiten remover partículas en suspensión. El tanque también cuenta con difusores para el retrolavado y una cámara de acumulación para el manejo y limpieza del lecho filtrante.

2.5.4. Módulo de filtración secundaria

Este módulo o tanque contiene difusores hidráulicos en la parte inferior, responsables de distribuir uniformemente el flujo de agua sobre el lecho filtrante, el cual está compuesto por una capa de grava, una capa de arena y otra de antracita. Además, el tanque está equipado con difusores de retrolavado y una cámara de acumulación. En este módulo también se incluye un tanque dosificador de cloro, que debe ubicarse obligatoriamente a la salida del filtro, donde el flujo tratado se dirige hacia el tanque de almacenamiento.

2.5.5. Módulo de retrolavado

Este módulo, con una estructura de dos compartimientos, cumple funciones duales: en el primer compartimiento recibe las aguas crudas, reteniendo y sedimentando las arenas; en el segundo compartimiento, mediante diferencias de presión y estática, suministra agua a los filtros primario y secundario para realizar su retrolavado.

2.5.6. 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.

2.5.1. Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento existente está construido en concreto reforzado y se ubica en las coordenadas Norte 2 191 676,928 y Este 4 900 856,571. De acuerdo con las mediciones realizadas durante un período de 24 horas, no se evidencian fugas ni pérdidas de volumen de agua. El tanque posee dimensiones internas de 6 m × 6,5 m × 1,8 m, con una altura útil de llenado de 1,7 m. En consecuencia, el volumen neto de almacenamiento corresponde a 66.300 litros.

Actualmente, el tanque no cuenta con sistemas de macromedición ni micromedición. Por lo anterior, el análisis se realizará con base en la población proyectada a abastecer. Para la elaboración de las curvas de demanda horaria, se emplearán datos promedio reportados en la literatura técnica.

El tanque se evaluará considerando el caudal medio diario (QMD) proyectado a 25 años, conforme a las normas vigentes (QMD de diseño = 2,0 L/s). Asimismo, se incluirá una sobredimensión del 15 % para la atención de eventos de incendio, según lo establecido en el artículo 81 de la Resolución 0330 de 2017, estimando un nivel de riesgo BAJO. El tanque de almacenamiento cuenta con tres tapas en concreto de 0,53 m × 0,90 m y un espesor de 0,07 m. El peso de estas tapas dificulta las actividades de mantenimiento, limpieza e inspección.

El sistema presenta una única salida del tanque, conformada por tuberías de ¾". Estos tres ductos alimentan los ramales de la red de distribución, los cuales continúan posteriormente con un ducto de 3" que reduce a 2". El ducto de lavado no cuenta con válvula de control y permanece sellado con un tapón hembra. El ducto de rebose se conecta a la red del antiguo acueducto mediante una tubería de 2". La tapa de la caja de válvulas está construida en concreto, lo que dificulta su manipulación para actividades de operación y control; sus dimensiones son 0,9 m × 0,9 m.

2.5.2. Red de distribución

La red de conducción del acueducto Campo Grande, sector parte alta, está conformada por tuberías de diferentes diámetros proyectadas desde el tanque de almacenamiento actual en tres sectores principales; sin embargo, hasta la fecha únicamente se ha construido un ramal con tubería de 1”, que abastece exclusivamente a un sector identificado en los planos del levantamiento anexo. La red presenta un funcionamiento deficiente debido a varios factores: en algunos sectores se han presentado fallas del terreno que han causado el desprendimiento y desplazamiento de tuberías, generando interrupciones frecuentes en el suministro; además, ciertos usuarios realizan conexiones directas mediante mangueras en los puntos que consideran accesibles, afectando la uniformidad y continuidad del servicio, provocando variaciones en la presión y en la cobertura de los distintos ramales según el número de usuarios conectados.

Adicionalmente, la red ha requerido múltiples reparaciones a lo largo del tiempo, tanto por roturas de tuberías ocasionadas por movimientos del terreno como por intervenciones humanas inadecuadas, incluyendo conexiones no autorizadas y deficiencias en la instalación original. Estas condiciones evidencian la necesidad de una evaluación integral de la red de distribución, que permita planificar mejoras estructurales, optimizar el suministro y garantizar un servicio más confiable y uniforme para todos los usuarios.

2.5.3. 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.

3. EVALUACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO

3.1. 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.

3.1.1. 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.

3.1.2. 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%.

$$D_{bruta} = 173{,}33\ L/hab * día$$

3.1.3. 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

3.1.4. 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

3.1.1. Proyecciones de población

En el presente capítulo se realiza la proyección de la población correspondiente a la construcción del acueducto de la vereda Campo Grande, 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 actuales del Acueducto veredal 2051.

VEREDA	NÚMERO DE USUARIOS	NUMERO DE HABITANTES
Campo Grande	128	397
Escuela	-	15
TOTAL	**128**	**412**

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 **412 habitantes**.

3.1.2. 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.

3.1.3. 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 - 2026

CAUDALES	VALOR (L/s)
Qmd	0.83
QMD	1.07
QMH	1.72

Para el diseño de la red de aducción y conducción se empleó un caudal máximo diario de 1.07 L/s. Por su parte, para el diseño de la red de distribución se utilizó el caudal máximo horario, correspondiente a 1.72 L/s.

3.2. 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.

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).

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

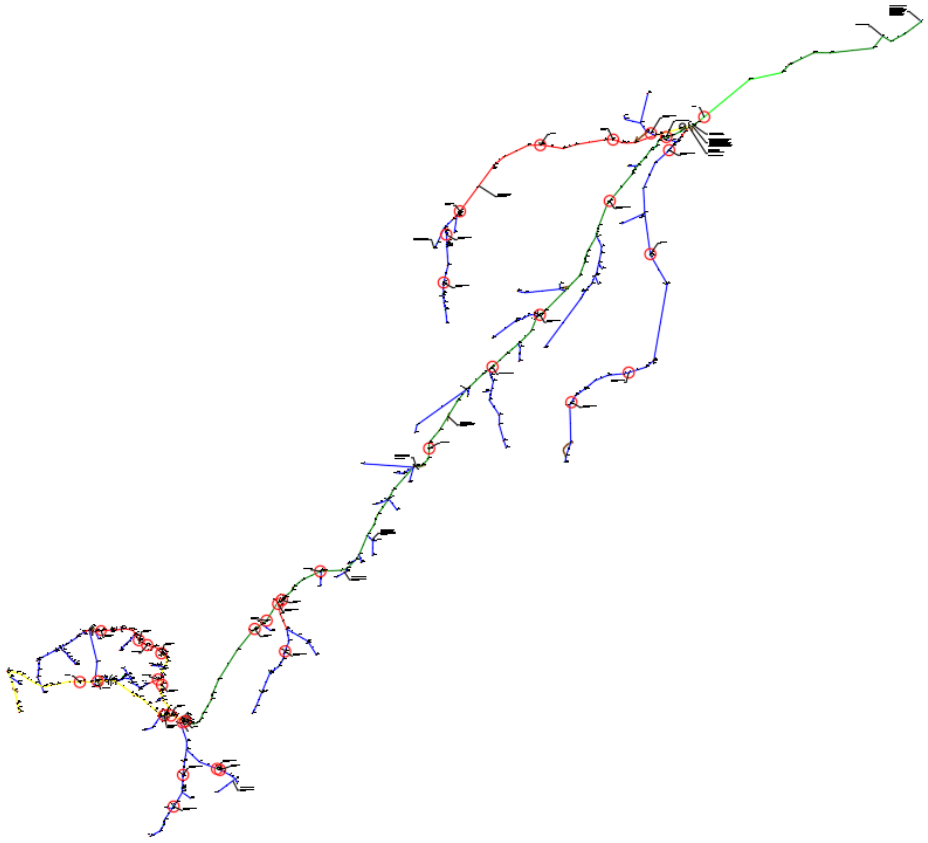
integral, es posible establecer las necesidades reales de la comunidad y formular un diseño de acueducto confiable, eficiente y acorde con las condiciones del entorno.

Como resultado del catastro en la vereda Campo Grande, 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 Campo Grande, 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 Campo Grande, 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 diversidad en los diámetros asegura que las presiones y caudales sean adecuados para todos los usuarios conectados al sistema.

Figura 4. Red de distribución existente Campo grande.



3.2.1. 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 0.0215 L/s, correspondiente al caudal máximo horario proyectado. Así mismo, se tiene un caudal medio diario de 0.0103 L/s y un caudal máximo diario de 0.0134 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.

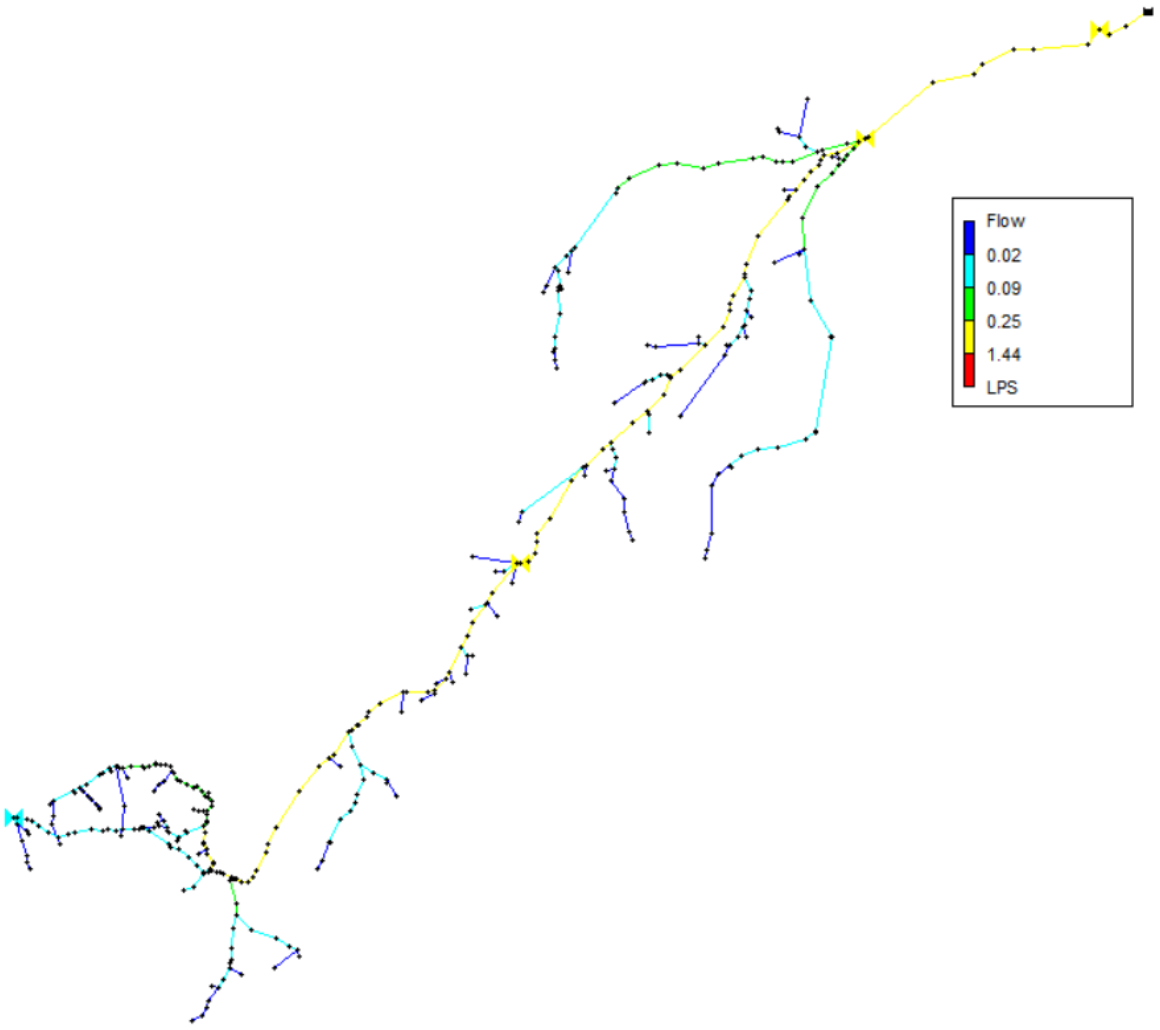
Tabla 10. Caudales de diseño por usuario.

	Qmd (L/s)	**QMD (L/s)**	**QMH (L/s)**
Caudal por usuario	0.0103	0.0134	0.0215

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.

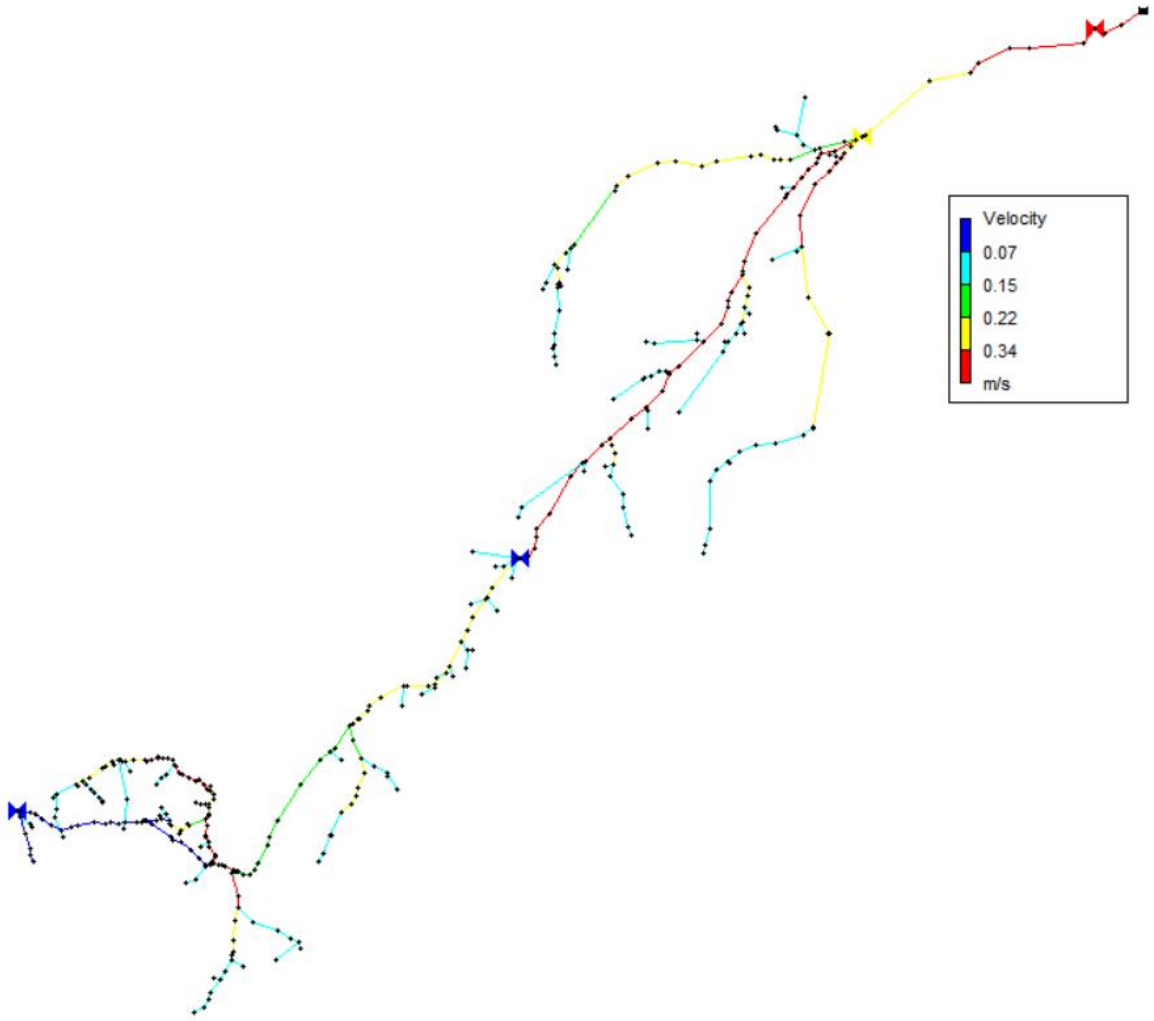
Para este estudio, se adoptó una modelación en estado estático, dado que no se disponen de registros horarios de consumo, lo que permite evaluar el comportamiento del sistema bajo la demanda máxima proyectada. La modelación incluye todas las estructuras existentes, los diámetros de tubería instalados 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 Campo Grande.



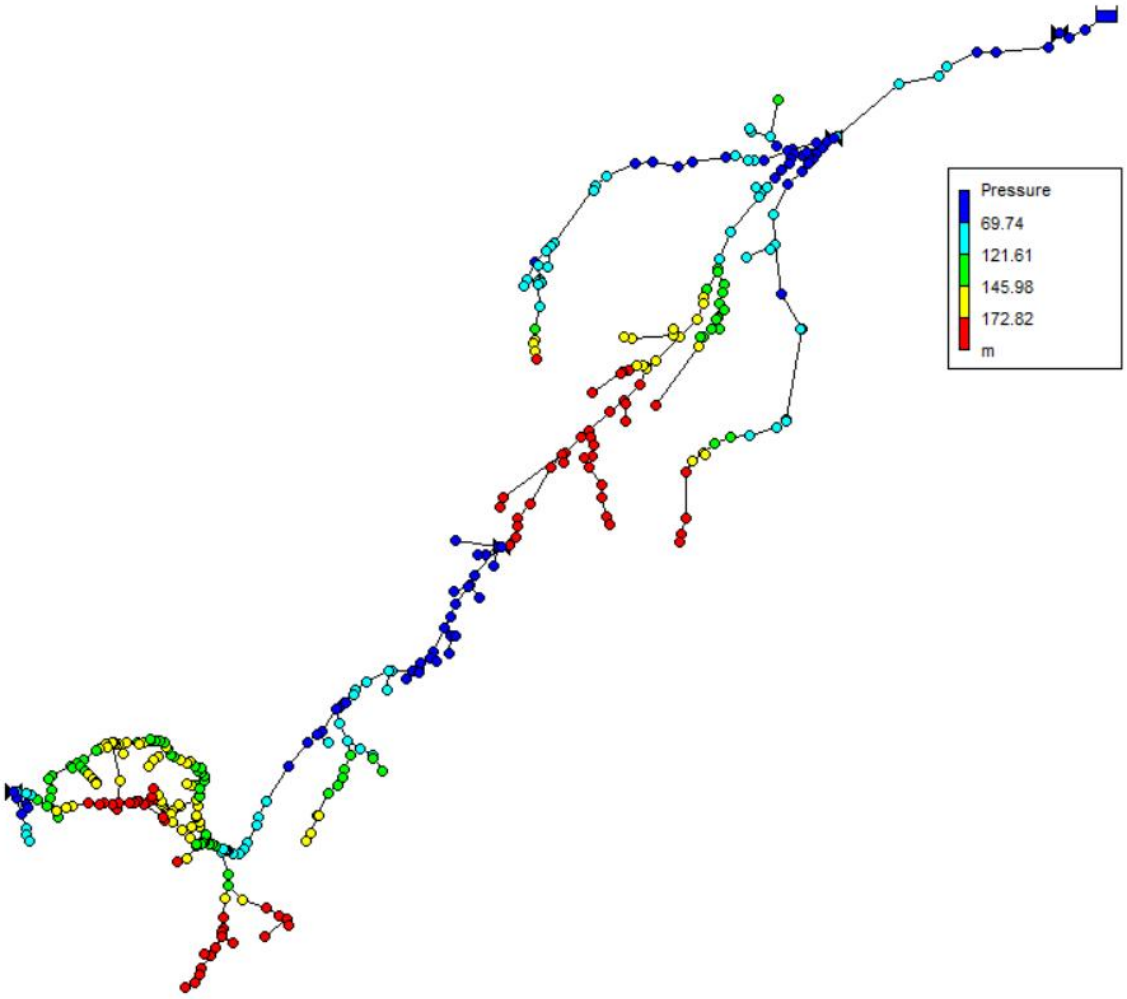
Las velocidades actuales del flujo en la red de Campo Grande oscilan entre 0,5 m/s y 2,0 m/s, siendo estos los valores predominantes. Estas condiciones permiten un transporte eficiente del agua, minimizando riesgos de sedimentación y pérdidas de presión a lo largo de los distintos tramos de la red. A continuación, se presentan los resultados detallados de las velocidades registradas en cada nodo y tubería del sistema.

Figura 6. Modelo Epanet - Resultados Velocidades Campo Grande.



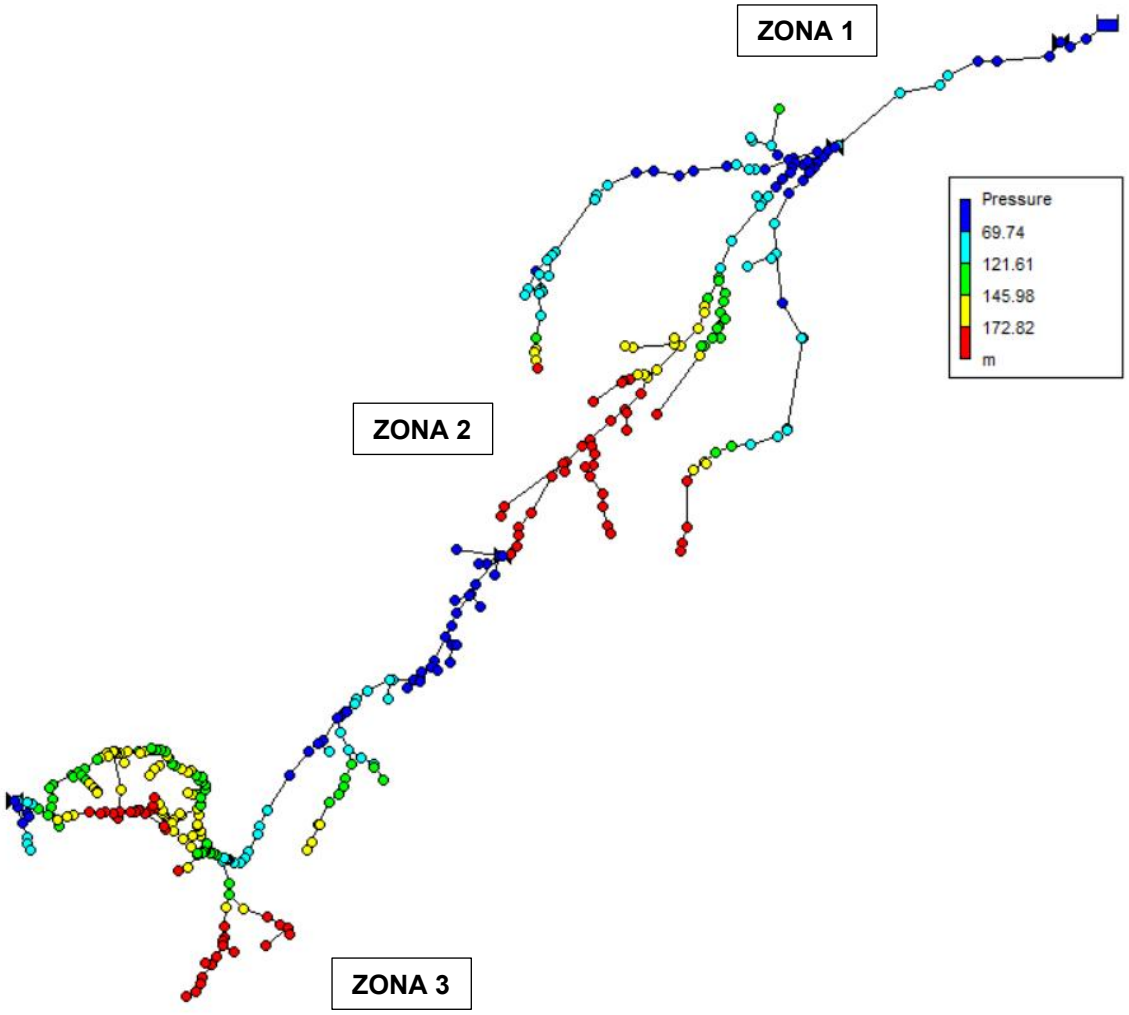
En relación con las presiones, conforme a la normativa vigente, la red debe mantener un valor mínimo de 8 mca y no superar los 60 mca, permitiéndose que únicamente hasta un 5% de la zona atendida pueda aproximarse al límite máximo. Este análisis permite evaluar la conformidad de la red con los rangos exigidos y detectar tramos donde sean necesarios ajustes para mejorar la eficiencia y uniformidad de la distribución. A continuación, se presentan los resultados del estudio de presiones.

Figura 7. Modelo Epanet - Resultados Presiones Campo Grande.



El análisis técnico integral de la red evidencia la cobertura del sistema, sus características hidráulicas y la interdependencia entre 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 Campo Grande.*



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 la Zona 2 y Zona 3 debido a los cambios de topografía.

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 mantener condiciones hidráulicas seguras y uniformes en todo el sistema. Esta evaluación proporciona información clave para implementar acciones orientadas a garantizar la eficiencia, sostenibilidad y continuidad del servicio de acueducto en la vereda Campo Grande, asegurando que la prestación del recurso cumpla con los estándares técnicos y normativos vigentes.

CONCLUSIÓN

- El análisis demográfico evidencia que el crecimiento poblacional del centro poblado de Campo Grande es lento y tiende a estabilizarse en el mediano y largo plazo. Esta condición indica que las proyecciones de demanda hídrica no presentarán incrementos significativos, lo que permite enfocar la planificación de obras en la optimización operativa, la eficiencia hidráulica, la reducción de pérdidas y la correcta gestión de la infraestructura existente. La estabilidad poblacional reduce la presión sobre la red y permite priorizar intervenciones orientadas a mejorar la operación y mantenimiento del sistema de acueducto.

- En relación con la infraestructura de captación, la bocatoma presenta condiciones visuales favorables; sin embargo, es necesario realizar ensayos de resistencia del concreto para verificar su integridad estructural conforme a los requisitos normativos. Se recomienda la instalación de un polisombra sobre la poceta de aquietamiento para reducir la entrada de material vegetal y sólidos gruesos en la fase inicial del sistema. La caja de derivación y aforo deberá ser intervenida para garantizar que el caudal captado se ajuste estrictamente al caudal concesionado, con retorno controlado del excedente al cauce natural. Además, se sugiere reemplazar las tapas de concreto por tapas metálicas livianas y de cierre seguro, e instalar una válvula de salida para un mejor control del flujo captado.

- En la conducción hacia la planta de tratamiento, se identifican variaciones de diámetro debido a ampliaciones y reducciones sucesivas, generando aceleración y desaceleración del flujo, turbulencias localizadas, erosión interna, sedimentación y pérdidas de carga adicionales. La

modelación hidráulica no evidenció afectaciones significativas para las condiciones actuales, pero se recomienda estandarizar diámetros en futuros proyectos. Se constata la ausencia de una caja de válvulas en el punto de ingreso a la PTAP y la derivación hacia la red antigua, por lo que se sugiere construir una caja con tapa metálica removible y sistema de cierre seguro para garantizar maniobras de aislamiento y control operativo.

- Finalmente, el sistema carece de dispositivos de macromedición, por lo que se recomienda instalar medidores electromagnéticos o ultrasónicos en entrada y salida de la PTAP para evaluar pérdidas y eficiencia hidráulica. En las redes de distribución, el modelo hidráulico evidencia presiones que superan los límites máximos permitidos por normativa. Por esta razón, se recomienda la instalación de válvulas reguladoras de presión en los tramos críticos, asegurando la protección de la red y el correcto suministro a los usuarios. Adicionalmente, se deben mantener válvulas de purga y ventosas ubicadas estratégicamente según gradientes hidráulicos y presencia de bolsas de aire. Todas las tuberías de la red son de PVC, por lo que estas intervenciones deben considerar la resistencia y durabilidad del material para garantizar la eficiencia, sostenibilidad y continuidad del servicio de acueducto en la vereda Campo Grande.

ANEXO

- Resultados del modelo de Epanet para los nudos hidráulicos del acueducto veredal de Campo Grande.

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-1	2029.0	0.000	2044.3	15.3
Junc J-2	2023.1	0.000	2043.7	20.6
Junc J-3	1990.8	0.000	2013.3	22.5
Junc J-4	1965.9	0.000	2011.8	45.8
Junc J-5	1958.5	0.000	2011.2	52.6
Junc J-6	1940.3	0.000	2010.2	69.7
Junc J-7	1922.5	0.000	2009.8	87.1
Junc J-8	1913.0	0.000	2009.6	96.4
Junc J-9	1905.3	0.000	2009.3	103.7
Junc J-10	1891.6	0.000	1913.8	22.1
Junc J-11	1880.7	0.000	1913.6	32.8
Junc J-12	1868.0	0.000	1913.0	44.9
Junc J-13	1864.1	0.000	1913.0	48.8
Junc ESTELASANCHEZ	1861.3	0.016	1912.9	51.6
Junc J-15	1862.1	0.000	1912.5	50.2
Junc J-16	1858.9	0.000	1911.7	52.7
Junc J-17	1848.0	0.000	1910.2	62.1
Junc J-18	1833.1	0.000	1907.7	74.4
Junc J-19	1832.2	0.000	1905.4	73.1
Junc MARINACUBIDES	1805.3	0.016	1905.4	99.8
Junc BRICEIDASANCHEZ	1826.8	0.016	1905.4	78.4
Junc J-23	1846.4	0.000	1904.1	57.6
Junc J-24	1826.7	0.000	1902.7	75.8
Junc LILIACASTILLO	1826.0	0.016	1902.7	76.5
Junc J-26	1798.7	0.000	1901.4	102.4
Junc FLORBENITEZ	1798.4	0.016	1901.4	102.7
Junc J-28	1792.0	0.000	1901.3	109.1
Junc J-30	1780.0	0.000	1901.0	120.8
Junc J-31	1760.1	0.000	1900.8	140.4
Junc J-32	1755.5	0.000	1900.6	144.8
Junc J-33	1743.7	0.000	1900.5	156.5
Junc EDIMERPEÑA	1743.7	0.016	1900.5	156.5
Junc J-35	1733.8	0.000	1900.5	166.3
Junc J-36	1716.9	0.000	1900.4	183.2
Junc J-37	1703.0	0.000	1900.3	196.9

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-38	1702.3	0.000	1900.2	197.6
Junc EMILSERAMOS	1701.5	0.016	1900.2	198.3
Junc J-40	1887.0	0.000	1914.0	26.9
Junc J-41	1863.1	0.000	1913.7	50.5
Junc J-42	1858.9	0.000	1913.7	54.7
Junc J-43	1859.1	0.000	1913.6	54.4
Junc J-44	1834.5	0.000	1913.5	78.8
Junc ANGELSANCHEZ	1786.1	0.016	1913.4	127.0
Junc J-46	1819.2	0.000	1913.4	94.0
Junc GRISELIOBENITEZ	1819.8	0.016	1913.4	93.4
Junc J-50	1843.9	0.000	1913.6	69.5
Junc J-51	1843.4	0.000	1913.4	69.8
Junc J-52	1840.9	0.000	1913.2	72.2
Junc J-53	1837.6	0.000	1913.0	75.2
Junc J-54	1844.3	0.000	1912.8	68.3
Junc J-55	1847.7	0.000	1912.2	64.4
Junc J-56	1850.7	0.000	1911.9	61.1
Junc J-57	1860.3	0.000	1911.4	50.9
Junc J-58	1850.2	0.000	1911.0	60.7
Junc J-59	1834.6	0.000	1910.4	75.7
Junc J-60	1836.1	0.000	1910.1	73.8
Junc FLORENCIORAMOS	1832.8	0.016	1910.1	77.2
Junc J-62	1839.0	0.000	1909.1	69.9
Junc J-63	1837.1	0.000	1909.0	71.8
Junc J-64	1834.3	0.000	1909.0	74.5
Junc ANIBALLAITON	1818.0	0.016	1909.0	90.8
Junc J-66	1838.9	0.000	1908.5	69.4
Junc J-67	1832.7	0.000	1908.4	75.5
Junc J-68	1816.1	0.000	1908.1	91.7
Junc J-69	1814.0	0.000	1908.0	93.8
Junc SEGUNDOLAITON	1809.8	0.016	1908.0	98.0
Junc J-71	1810.9	0.000	1908.0	96.9
Junc J-72	1789.8	0.000	1907.8	117.7
Junc J-73	1771.1	0.000	1907.5	136.2
Junc J-74	1756.4	0.000	1907.4	150.7
Junc VICTORCUBIDES	1756.3	0.016	1907.4	150.8
Junc J-76	1744.7	0.000	1907.4	162.4
Junc J-77	1733.5	0.016	1907.4	173.5
Junc PEDROORTIZ2	1727.0	0.016	1907.5	180.1

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-79	1834.0	0.000	1908.4	74.3
Junc CAJAREPARTICION	1828.5	0.016	1908.4	79.8
Junc J-81	1870.6	0.000	1913.6	42.9
Junc J-82	1859.0	0.000	1913.3	54.2
Junc J-83	1855.1	0.000	1913.2	57.9
Junc J-84	1854.4	0.000	1913.0	58.5
Junc J-85	1848.7	0.000	1912.9	64.1
Junc J-86	1844.2	0.000	1912.6	68.3
Junc J-87	1839.0	0.000	1912.4	73.2
Junc J-88	1832.7	0.000	1912.2	79.3
Junc J-89	1828.9	0.000	1912.1	83.0
Junc J-90	1807.2	0.000	1911.2	103.7
Junc J-91	1794.2	0.000	1910.6	116.2
Junc J-92	1788.4	0.000	1910.4	121.8
Junc J-93	1788.3	0.000	1910.4	121.8
Junc J-94	1767.1	0.000	1910.0	142.6
Junc J-95	1763.3	0.000	1909.8	146.3
Junc J-96	1762.1	0.000	1909.7	147.4
Junc J-97	1759.8	0.000	1909.4	149.4
Junc J-98	1748.5	0.000	1908.4	159.6
Junc J-99	1747.7	0.000	1908.2	160.2
Junc J-100	1747.9	0.000	1908.2	160.0
Junc J-101	1728.9	0.000	1908.0	178.8
Junc J-102	1714.5	0.000	1907.7	192.8
Junc J-103	1702.6	0.000	1907.4	204.4
Junc J-104	1702.6	0.000	1907.0	204.0
Junc J-105	1697.1	0.000	1906.9	209.4
Junc J-106	1682.8	0.000	1906.6	223.3
Junc J-107	1680.2	0.000	1906.5	225.9
Junc J-108	1673.8	0.000	1906.3	232.1
Junc J-109	1662.0	0.000	1905.8	243.3
Junc J-110	1660.6	0.000	1905.6	244.5
Junc J-111	1658.8	0.000	1905.5	246.2
Junc J-112	1666.0	0.000	1905.3	238.8
Junc J-113	1672.0	0.000	1905.2	232.8
Junc INESSANCHEZ	1834.7	0.016	1912.3	77.5
Junc J-116	1784.3	0.000	1909.9	125.4
Junc J-117	1778.3	0.000	1909.6	131.0
Junc J-118	1770.5	0.000	1909.1	138.3

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc VALERIAVERANO	1770.6	0.016	1909.1	138.2
Junc J-120	1765.1	0.000	1908.9	143.5
Junc J-121	1765.0	0.000	1908.8	143.5
Junc JORGEBECERRA	1766.6	0.016	1908.8	141.9
Junc J-123	1764.9	0.000	1908.7	143.5
Junc J-124	1763.7	0.000	1908.6	144.6
Junc WILLIAMVARGAS	1763.7	0.016	1908.6	144.6
Junc J-126	1760.4	0.000	1908.6	147.9
Junc MANUELPEDRAZA	1732.2	0.016	1908.4	175.8
Junc J-131	1760.1	0.000	1909.0	148.6
Junc J-132	1759.0	0.000	1908.9	149.7
Junc DANILOCUBIDES	1757.9	0.016	1908.9	150.7
Junc J-134	1751.7	0.000	1908.8	156.8
Junc EUSTACIONPOVEDA	1753.5	0.016	1908.8	155.0
Junc J-136	1745.1	0.000	1908.2	162.7
Junc J-137	1742.0	0.000	1908.1	165.8
Junc J-138	1733.3	0.000	1908.0	174.4
Junc J-139	1727.9	0.000	1908.0	179.7
Junc BRICEIDAPEÑA	1725.8	0.016	1908.0	181.8
Junc WILSONRIVERA	1724.9	0.016	1907.9	182.6
Junc J-142	1713.5	0.000	1907.6	193.7
Junc J-144	1695.8	0.000	1906.9	210.6
Junc J-145	1692.7	0.000	1906.7	213.6
Junc FLORVERANO	1683.0	0.016	1906.5	223.0
Junc EDILSACASTILLO	1681.0	0.016	1906.4	225.0
Junc J-148	1672.5	0.000	1906.4	233.4
Junc J-149	1655.5	0.000	1906.4	250.3
Junc J-150	1658.8	0.000	1906.3	247.1
Junc J-151	1655.5	0.000	1906.3	250.3
Junc IRENEPEDROZA	1658.5	0.016	1906.3	247.3
Junc MANUELTINJACA	1680.7	0.016	1906.5	225.4
Junc CARMENCUBIDES	1668.9	0.016	1905.8	236.4
Junc FERNEYMEISA	1666.5	0.016	1905.8	238.8
Junc JOSECASTILLO	1663.1	0.016	1671.0	7.9
Junc DELFINARAMOS	1668.8	0.016	1670.9	2.2
Junc ESCUELAMEDIALUNA	1664.6	0.016	1670.9	6.3
Junc MILTONCASTILLO2	1654.3	0.016	1670.4	16.1
Junc J-160	1659.9	0.000	1670.7	10.7
Junc J-161	1650.5	0.000	1670.6	20.0

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-162	1650.1	0.000	1670.6	20.4
Junc J-163	1636.3	0.000	1670.4	34.0
Junc J-164	1629.9	0.000	1670.2	40.2
Junc J-165	1625.8	0.000	1670.1	44.2
Junc J-166	1616.6	0.000	1669.9	53.2
Junc J-167	1614.6	0.000	1669.8	55.1
Junc J-168	1610.1	0.000	1669.7	59.5
Junc J-169	1604.0	0.000	1669.7	65.6
Junc J-170	1589.4	0.000	1669.5	80.0
Junc J-171	1587.3	0.000	1669.5	82.0
Junc J-172	1590.1	0.000	1669.3	79.1
Junc J-173	1591.5	0.000	1669.2	77.5
Junc J-174	1596.2	0.000	1669.2	72.8
Junc J-175	1606.8	0.000	1669.1	62.2
Junc J-176	1609.4	0.000	1669.1	59.6
Junc J-177	1604.5	0.000	1669.0	64.4
Junc J-178	1601.3	0.000	1668.9	67.5
Junc J-179	1606.0	0.000	1668.9	62.8
Junc J-180	1610.6	0.000	1668.8	58.1
Junc J-181	1610.5	0.000	1668.7	58.1
Junc J-182	1590.7	0.000	1668.5	77.6
Junc J-183	1585.5	0.000	1668.4	82.7
Junc J-184	1577.0	0.000	1668.4	91.1
Junc J-185	1574.1	0.000	1668.3	94.0
Junc J-186	1571.4	0.000	1668.2	96.6
Junc J-187	1571.4	0.000	1668.2	96.6
Junc J-188	1559.7	0.000	1668.2	108.3
Junc J-189	1561.5	0.000	1668.1	106.4
Junc J-190	1563.5	0.000	1668.1	104.4
Junc J-191	1563.3	0.000	1668.1	104.6
Junc J-192	1556.5	0.000	1668.1	111.4
Junc MISAELRAMOS	1646.4	0.016	1670.5	24.1
Junc J-195	1624.7	0.000	1670.0	45.2
Junc RAMIROGARCIA	1622.8	0.016	1670.0	47.1
Junc LEOVICELDOPANQUEVA	1625.5	0.016	1670.0	44.4
Junc ANAGILMATRUJILLO	1616.3	0.016	1669.9	53.4
Junc VERONICACARVAJAL	1610.7	0.016	1669.8	58.9
Junc J-200	1606.7	0.000	1669.7	62.9
Junc MARCOSVILLAMIL	1601.9	0.016	1669.7	67.7

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc LUISALFREDOGARCIA	1586.1	0.016	1669.4	83.2
Junc J-204	1582.7	0.000	1668.8	85.9
Junc J-205	1556.3	0.000	1668.5	112.1
Junc J-206	1560.5	0.000	1668.4	107.7
Junc J-207	1547.6	0.000	1668.3	120.5
Junc EDIMERSANCHEZ	1545.4	0.016	1668.3	122.6
Junc AGUSTINVALERO	1541.0	0.016	1668.2	126.9
Junc J-210	1546.4	0.000	1668.2	121.6
Junc J-211	1538.7	0.000	1667.9	129.0
Junc J-212	1527.8	0.000	1667.7	139.7
Junc J-213	1526.8	0.000	1667.5	140.4
Junc J-214	1523.6	0.000	1667.3	143.4
Junc ROMELIATORRES	1523.7	0.016	1667.3	143.3
Junc J-216	1508.4	0.000	1667.0	158.3
Junc AMADEOORTIZ	1507.2	0.016	1667.0	159.5
Junc J-219	1496.6	0.000	1667.0	170.0
Junc SEGUNDOREYES	1494.3	0.016	1666.9	172.3
Junc J-221	1556.4	0.000	1668.0	111.4
Junc J-222	1540.1	0.000	1666.3	125.9
Junc J-223	1524.8	0.000	1665.5	140.5
Junc J-224	1499.7	0.000	1665.3	165.3
Junc J-225	1455.3	0.000	1665.1	209.3
Junc J-226	1457.2	0.000	1664.9	207.3
Junc J-227	1460.2	0.000	1664.8	204.3
Junc CLODOMIROORTIZ	1460.9	0.016	1664.8	203.5
Junc MARCOSPEÑA	1439.8	0.016	1664.8	224.5
Junc J-230	1507.4	0.000	1665.0	157.3
Junc GILBERTWILCHEZ	1507.3	0.016	1665.0	157.4
Junc J-232	1490.8	0.000	1664.6	173.5
Junc J-233	1470.1	0.000	1664.4	193.9
Junc J-234	1469.2	0.000	1664.3	194.8
Junc J-235	1464.2	0.000	1664.2	199.6
Junc FAUSTINOHERNANDEZ	1447.3	0.016	1664.2	216.5
Junc J-237	1438.4	0.000	1664.1	225.2
Junc J-238	1430.3	0.000	1664.0	233.2
Junc TERESAWILCHES	1426.6	0.016	1664.0	236.9
Junc J-240	1413.2	0.000	1664.0	250.2
Junc J-241	1405.7	0.000	1663.9	257.8
Junc J-242	1387.7	0.000	1663.9	275.7

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc DIDIMOCOBOS	1388.3	0.016	1663.9	275.0
Junc ANAROSATORRES	1575.5	0.016	1668.8	93.1
Junc BRIGIDATORRES	1606.7	0.016	1669.1	62.3
Junc J-246	1555.1	0.000	1668.1	112.7
Junc J-247	1540.7	0.000	1667.5	126.6
Junc J-248	1538.5	0.000	1667.2	128.5
Junc J-249	1541.3	0.000	1667.0	125.4
Junc J-250	1536.6	0.000	1666.5	129.7
Junc J-251	1537.2	0.000	1666.4	128.9
Junc J-252	1527.1	0.000	1666.1	138.7
Junc J-253	1528.5	0.000	1665.9	137.2
Junc J-254	1512.1	0.000	1665.4	153.1
Junc J-255	1513.0	0.000	1665.2	151.9
Junc J-256	1512.2	0.000	1664.9	152.4
Junc J-257	1511.5	0.000	1664.8	153.0
Junc J-258	1507.7	0.000	1664.4	156.4
Junc J-259	1511.1	0.000	1664.1	152.7
Junc J-260	1518.3	0.000	1663.9	145.3
Junc J-261	1525.3	0.000	1663.7	138.2
Junc J-262	1525.7	0.000	1663.7	137.7
Junc J-263	1527.5	0.000	1663.6	135.8
Junc J-264	1529.4	0.000	1663.5	133.8
Junc J-265	1531.7	0.000	1663.4	131.5
Junc J-266	1532.5	0.000	1663.4	130.6
Junc URIASWILCHES	1510.0	0.016	1665.2	154.9
Junc LEOVICELDOPARRA	1517.8	0.016	1663.9	145.8
Junc J-269	1522.6	0.000	1663.7	140.8
Junc J-270	1514.6	0.000	1663.7	148.8
Junc OMARTIJO	1511.6	0.016	1663.7	151.7
Junc ALEJANDROACOSTA	1526.2	0.016	1663.7	137.3
Junc YOLIMAMARTINEZ	1532.4	0.016	1663.4	130.8
Junc J-274	1529.4	0.000	1663.1	133.4
Junc J-275	1512.9	0.000	1662.7	149.5
Junc J-276	1511.5	0.000	1662.6	150.8
Junc J-277	1508.0	0.000	1662.1	153.8
Junc J-278	1516.8	0.000	1661.9	144.8
Junc J-279	1519.9	0.000	1661.6	141.5
Junc J-280	1516.2	0.000	1661.3	144.7
Junc J-281	1514.6	0.000	1661.1	146.3

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-282	1519.1	0.000	1660.9	141.5
Junc J-283	1517.4	0.000	1660.7	143.0
Junc J-284	1515.7	0.000	1660.5	144.5
Junc J-285	1514.8	0.000	1660.2	145.1
Junc J-286	1509.4	0.000	1660.0	150.3
Junc J-287	1513.7	0.000	1659.8	145.8
Junc J-288	1505.1	0.000	1659.5	154.1
Junc J-289	1507.1	0.000	1659.3	151.8
Junc J-290	1506.4	0.000	1659.2	152.5
Junc J-291	1507.6	0.000	1659.1	151.3
Junc J-292	1509.3	0.000	1659.1	149.5
Junc J-293	1511.4	0.000	1659.0	147.3
Junc J-294	1507.6	0.000	1661.1	153.2
Junc J-295	1506.9	0.000	1661.1	153.8
Junc MIGUELPARRA	1506.3	0.016	1661.1	154.5
Junc CARLOSPEDROZA	1516.3	0.016	1660.2	143.7
Junc ALEJANDROPARRA	1511.0	0.016	1659.8	148.5
Junc ROGELIOPARRA	1505.5	0.016	1659.2	153.4
Junc J-301	1489.5	0.000	1659.0	169.1
Junc OMARHERRERA	1483.4	0.016	1658.9	175.2
Junc ISIDROPARRA	1511.3	0.016	1659.0	147.3
Junc J-305	1512.4	0.000	1658.7	146.0
Junc J-306	1514.4	0.000	1658.6	143.9
Junc J-307	1518.7	0.000	1658.0	139.1
Junc J-308	1524.6	0.000	1657.7	132.9
Junc J-309	1527.1	0.000	1657.6	130.3
Junc AULALIACAMACHO	1526.5	0.016	1657.6	130.9
Junc J-311	1534.7	0.000	1657.4	122.5
Junc ALFONSOORTIZ	1534.0	0.016	1657.4	123.1
Junc J-313	1525.2	0.000	1657.4	131.9
Junc J-314	1524.6	0.000	1657.3	132.4
Junc JAIMETINJACA	1512.9	0.016	1657.3	144.1
Junc J-316	1522.4	0.000	1657.7	135.0
Junc J-317	1518.4	0.000	1657.7	139.1
Junc J-318	1510.4	0.000	1657.7	147.0
Junc J-319	1506.5	0.000	1657.7	150.9
Junc J-320	1505.1	0.000	1657.7	152.3
Junc EPIMENIOPARRA	1508.8	0.016	1657.7	148.6
Junc J-322	1505.1	0.000	1663.8	158.4

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc CUSTODIAIBAÑES	1504.8	0.016	1663.8	158.6
Junc J-324	1502.0	0.000	1663.5	161.2
Junc FLORESMINDATIJO	1498.8	0.016	1663.5	164.4
Junc J-326	1496.3	0.000	1663.3	166.7
Junc ROMELTIJO	1496.5	0.016	1663.3	166.4
Junc J-328	1495.4	0.000	1663.2	167.4
Junc J-329	1488.9	0.000	1663.2	174.0
Junc J-330	1485.2	0.000	1663.2	177.7
Junc J-331	1483.9	0.000	1663.2	179.0
Junc J-332	1481.8	0.000	1663.2	181.0
Junc ELMERWILCHES2	1484.7	0.016	1666.2	181.2
Junc J-334	1493.4	0.000	1663.2	169.4
Junc WILSONTIJO	1488.4	0.016	1663.1	174.4
Junc EDILMACORDOBA	1489.9	0.016	1663.1	172.9
Junc J-338	1536.7	0.000	1666.5	129.6
Junc J-339	1536.1	0.000	1666.5	130.1
Junc J-340	1535.7	0.000	1666.4	130.5
Junc J-341	1512.9	0.000	1666.3	153.1
Junc J-343	1536.3	0.000	1666.5	130.0
Junc J-344	1508.1	0.000	1666.5	158.1
Junc J-345	1493.3	0.000	1666.5	172.8
Junc J-346	1494.9	0.000	1666.5	171.2
Junc J-347	1493.0	0.000	1666.5	173.1
Junc J-348	1491.2	0.000	1666.5	175.0
Junc J-349	1483.6	0.000	1666.5	182.5
Junc J-350	1481.6	0.000	1666.5	184.5
Junc J-351	1481.8	0.000	1666.5	184.3
Junc J-352	1483.8	0.000	1666.5	182.3
Junc J-353	1485.0	0.000	1666.5	181.1
Junc J-354	1484.1	0.000	1666.5	182.0
Junc J-355	1480.7	0.000	1666.4	185.3
Junc J-356	1476.7	0.000	1666.4	189.4
Junc J-357	1488.6	0.000	1666.4	177.5
Junc J-358	1497.7	0.000	1666.4	168.4
Junc J-359	1505.7	0.000	1666.4	160.4
Junc J-360	1518.7	0.000	1666.4	147.4
Junc J-361	1528.4	0.000	1666.4	137.7
Junc J-362	1537.6	0.000	1666.4	128.5
Junc J-363	1554.0	0.000	1666.4	112.2

Nudo	Elevación (m)	Base Demanda (L/s)	Carga piezométrica (mca)	Presión (mca)
Junc J-364	1555.4	0.000	1666.4	110.8
Junc J-365	1573.1	0.000	1666.4	93.1
Junc J-366	1562.3	0.000	1577.1	14.7
Junc J-367	1531.4	0.000	1577.0	45.5
Junc J-368	1506.7	0.000	1577.0	70.2
Junc J-369	1502.4	0.000	1577.0	74.5
Junc EMPALMEREDANTIGUA	1491.2	0.016	1577.0	85.7
Junc J-371	1550.8	0.000	1577.0	26.2
Junc ALIRIOCARVAJAL	1543.6	0.016	1577.0	33.4
Junc J-374	1912.0	0.000	1914.1	2.1
Junc J-376	1670.7	0.000	1671.1	0.3
Junc 809-A	2013.8	0.000	2043.5	29.6
Junc 809-B	2013.8	0.000	2013.8	0.0
Junc 813-A	1914.1	0.000	2009.1	94.7
Junc 813-B	1914.1	0.000	1914.1	0.0
Junc 822-A	1671.1	0.000	1905.1	233.6
Junc 822-B	1671.1	0.000	1671.1	0.0
Junc 831-A	1577.1	0.000	1666.4	89.1
Junc 831-B	1577.1	0.000	1577.1	0.0
Junc N1	1664.6	0.016	1670.9	6.3
Resvr Bocatoma	2045.0	#N/A	2045.0	0.0

- Resultados del modelo de Epanet para las tuberías del acueducto veredal de Campo Grande.

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-2	79.14	54.58	0.01	1.32	0.56	7.34	0.025
Pipe P-5	226.7	54.58	0.01	1.32	0.56	7.17	0.024
Pipe P-6	89.02	54.58	0.01	1.32	0.56	7.31	0.025
Pipe P-7	144.34	54.58	0.01	1.32	0.56	7.22	0.024
Pipe P-8	55.58	54.58	0.01	1.32	0.56	7.45	0.025
Pipe P-9	176.91	80.42	0.01	-1.32	0.26	1.13	0.026
Pipe P-10	357.6	80.42	0.01	1.32	0.26	1.12	0.026
Pipe P-13	39.31	21.81	0.01	0.11	0.3	7.73	0.036
Pipe P-14	24.75	16.6	0.01	0.11	0.52	28.47	0.034
Pipe P-15	21.9	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-16	32	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-17	29.72	16.6	0.01	0.1	0.45	21.67	0.035
Pipe P-18	43.33	16.6	0.01	0.1	0.45	21.53	0.035
Pipe P-19	87.22	16.6	0.01	0.1	0.45	21.38	0.035
Pipe P-20	145.99	16.6	0.01	0.1	0.45	21.32	0.035
Pipe P-21	130.81	16.6	0.01	0.1	0.45	21.33	0.035
Pipe P-22	135.5	16.6	0.01	-0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-23	29.17	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-24	163.63	16.6	0.01	0.06	0.3	10.6	0.039
Pipe P-25	175.26	16.6	0.01	0.06	0.3	10.6	0.039
Pipe P-26	3	16.6	0.01	0.02	0.07	0.99	0.058
Pipe P-27	274.43	16.6	0.01	0.05	0.22	6.26	0.041
Pipe P-28	5	16.6	0.01	0.02	0.07	0.98	0.058
Pipe P-29	53.71	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.03
Pipe P-30	119.34	16.6	0.01	0.03	0.15	2	0.029
Pipe P-31	85.79	16.6	0.01	0.03	0.15	2	0.029
Pipe P-32	74.64	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.029
Pipe P-33	63.545	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.029
Pipe P-34	5	16.6	0.01	0.02	0.07	0.98	0.058
Pipe P-35	63.545	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-36	56.75	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-37	200.5	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-38	74.12	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-39	33.11	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.053
Pipe P-41	107.51	28.48	0.01	0.13	0.2	2.72	0.037
Pipe P-42	25.9	28.48	0.01	0.13	0.2	2.8	0.038
Pipe P-43	51.34	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.03

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-44	53.83	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.03
Pipe P-45	160.29	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-46	80.71	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-49	18.69	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-50	109.81	28.48	0.01	0.1	0.15	1.67	0.04
Pipe P-51	42.04	21.81	0.01	0.1	0.26	5.92	0.038
Pipe P-52	25.34	21.81	0.01	0.1	0.26	5.99	0.038
Pipe P-53	56.46	21.81	0.01	0.1	0.26	5.89	0.038
Pipe P-54	43.92	21.81	0.01	0.1	0.26	5.92	0.038
Pipe P-55	123.34	21.81	0.01	0.1	0.26	5.85	0.037
Pipe P-56	68.85	21.81	0.01	0.1	0.26	5.88	0.038
Pipe P-57	113.21	21.81	0.01	0.1	0.26	5.86	0.037
Pipe P-58	73.5	21.81	0.01	0.1	0.26	5.88	0.038
Pipe P-59	142.81	21.81	0.01	0.1	0.26	5.85	0.037
Pipe P-60	61.05	21.81	0.01	0.1	0.26	5.89	0.038
Pipe P-61	310.95	21.81	0.01	0.08	0.22	4.27	0.039
Pipe P-62	17.11	21.81	0.01	0.08	0.22	4.44	0.041
Pipe P-63	34.05	21.81	0.01	0.06	0.17	2.9	0.042
Pipe P-64	22.37	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-65	93.58	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-66	62.33	16.6	0.01	0.06	0.3	10.66	0.039
Pipe P-67	19.615	16.6	0.01	0.05	0.22	6.41	0.042
Pipe P-68	63.94	16.6	0.01	0.05	0.22	6.29	0.041
Pipe P-69	8.853	16.6	0.01	0.05	0.22	6.62	0.043
Pipe P-70	11.03	16.6	0.01	0.03	0.15	2.12	0.031
Pipe P-71	97.5	16.6	0.01	0.03	0.15	2	0.029
Pipe P-72	99.94	16.6	0.01	0.03	0.15	2	0.029
Pipe P-73	49.55	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.03
Pipe P-74	50.13	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-75	35.09	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.053
Pipe P-77	14.54	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-78	14.38	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-79	89.4	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-80	30.75	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-82	55.73	54.58	0.01	1.08	0.46	5.19	0.026
Pipe P-83	25.86	54.58	0.01	1.08	0.46	5.48	0.028
Pipe P-84	26.785	54.58	0.01	1.08	0.46	5.46	0.028
Pipe P-85	39.38	54.58	0.01	1.08	0.46	5.29	0.027
Pipe P-86	48.97	54.58	0.01	1.08	0.46	5.22	0.026

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-87	52.5	54.58	0.01	1.08	0.46	5.21	0.026
Pipe P-88	36.96	54.58	0.01	1.06	0.45	5.17	0.027
Pipe P-89	20.696	54.58	0.01	1.06	0.45	5.46	0.028
Pipe P-90	198.65	54.58	0.01	1.06	0.45	4.88	0.025
Pipe P-91	126.46	54.58	0.01	1.06	0.45	4.92	0.026
Pipe P-92	41.03	54.58	0.01	1.06	0.45	5.14	0.027
Pipe P-93	12.66	54.58	0.01	1.06	0.45	5.88	0.031
Pipe P-94	95.06	54.58	0.01	1	0.43	4.43	0.026
Pipe P-95	32.13	54.58	0.01	1	0.43	4.67	0.028
Pipe P-96	31.24	54.58	0.01	1	0.43	4.69	0.028
Pipe P-97	72.86	54.58	0.01	1	0.43	4.47	0.026
Pipe P-99	45.21	54.58	0.01	0.97	0.41	4.31	0.027
Pipe P-100	6.38	54.58	0.01	0.93	0.4	5.44	0.037
Pipe P-101	52.08	54.58	0.01	0.93	0.4	4.03	0.027
Pipe P-102	93.887	54.58	0.01	0.93	0.4	3.94	0.027
Pipe P-103	83.13	54.58	0.01	0.9	0.39	3.72	0.027
Pipe P-104	120.04	54.58	0.01	0.9	0.39	3.68	0.027
Pipe P-105	27.06	54.58	0.01	0.85	0.36	3.59	0.029
Pipe P-106	117.44	54.58	0.01	0.85	0.36	3.34	0.027
Pipe P-107	17.28	54.58	0.01	0.84	0.36	3.64	0.03
Pipe P-108	73.43	54.58	0.01	0.8	0.34	3.05	0.028
Pipe P-109	182.39	54.58	0.01	0.8	0.34	2.99	0.027
Pipe P-110	86.45	54.58	0.01	0.8	0.34	3.04	0.027
Pipe P-111	34.16	54.58	0.01	0.8	0.34	3.17	0.029
Pipe P-112	49.55	54.58	0.01	0.8	0.34	3.1	0.028
Pipe P-113	48.51	54.58	0.01	0.8	0.34	3.11	0.028
Pipe P-115	50.45	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-116	57.87	16.6	0.01	0.06	0.3	10.67	0.039
Pipe P-117	37.72	16.6	0.01	0.06	0.3	10.72	0.039
Pipe P-118	53.49	16.6	0.01	0.06	0.3	10.68	0.039
Pipe P-119	34.81	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-120	61.14	16.6	0.01	0.05	0.22	6.3	0.041
Pipe P-121	8.67	16.6	0.01	0.05	0.22	6.63	0.043
Pipe P-122	44.47	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-123	47.22	16.6	0.01	0.03	0.15	2.02	0.03
Pipe P-124	49.2	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.03
Pipe P-125	17.44	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-126	44.52	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-127	321.46	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-128	109.09	54.58	0.01	1	0.43	4.42	0.026
Pipe P-129	150.38	54.58	0.01	0.97	0.41	4.14	0.026
Pipe P-130	24.3	16.6	0.01	0.03	0.15	2.05	0.03
Pipe P-131	27.91	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-132	182.65	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-133	39.49	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-134	22.12	16.6	0.01	0.03	0.15	2.05	0.03
Pipe P-135	28.65	16.6	0.01	0.03	0.15	2.04	0.03
Pipe P-136	36.06	16.6	0.01	0.03	0.15	2.03	0.03
Pipe P-137	28.17	16.6	0.01	0.03	0.15	2.04	0.03
Pipe P-138	14.74	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-139	162.62	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-140	18.76	16.6	0.01	0.03	0.15	2	0.03
Pipe P-141	71.84	16.6	0.01	0.03	0.15	1.94	0.029
Pipe P-142	31.28	16.6	0.01	0.05	0.22	6.35	0.041
Pipe P-143	34.66	16.6	0.01	0.05	0.22	6.34	0.041
Pipe P-144	45.85	16.6	0.01	0.05	0.22	6.32	0.041
Pipe P-145	32.57	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-146	53.87	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-147	94.82	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-148	50.02	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-149	88.8	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-150	38.28	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-151	43.17	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-152	317.95	16.6	0.01	0.03	0.15	1.99	0.029
Pipe P-153	44.09	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-156	35.65	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-159	51.27	54.58	0.01	0.74	0.32	2.67	0.029
Pipe P-160	7.46	54.58	0.01	0.72	0.31	3.29	0.037
Pipe P-161	93.6	54.58	0.01	0.69	0.3	2.33	0.028
Pipe P-162	62.58	54.58	0.01	0.69	0.3	2.36	0.029
Pipe P-163	59.71	54.58	0.01	0.69	0.3	2.36	0.029
Pipe P-164	110.53	54.58	0.01	0.66	0.28	2.13	0.029
Pipe P-165	34.2	54.58	0.01	0.64	0.28	2.14	0.03
Pipe P-166	62.53	54.58	0.01	0.63	0.27	1.99	0.029
Pipe P-167	32.52	54.58	0.01	0.61	0.26	1.96	0.031
Pipe P-168	91.1	54.58	0.01	0.61	0.26	1.87	0.029
Pipe P-169	12.34	54.58	0.01	0.61	0.26	2.2	0.034
Pipe P-170	110.01	54.58	0.01	0.6	0.25	1.78	0.029

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-171	58.23	54.58	0.01	0.6	0.25	1.81	0.03
Pipe P-172	22.62	54.58	0.01	0.6	0.25	1.93	0.032
Pipe P-173	53.76	54.58	0.01	0.6	0.25	1.82	0.03
Pipe P-174	30.19	54.58	0.01	0.58	0.25	1.79	0.031
Pipe P-175	13.7	54.58	0.01	0.58	0.25	1.96	0.034
Pipe P-176	118.98	54.58	0.01	0.5	0.21	1.3	0.031
Pipe P-177	26.897	54.58	0.01	0.5	0.21	1.39	0.033
Pipe P-178	54.63	54.58	0.01	0.48	0.21	1.26	0.032
Pipe P-179	134.41	54.58	0.01	0.48	0.21	1.23	0.031
Pipe P-180	184.58	54.58	0.01	0.48	0.21	1.22	0.031
Pipe P-181	76.97	54.58	0.01	0.48	0.21	1.24	0.031
Pipe P-182	36.43	54.58	0.01	0.48	0.21	1.29	0.032
Pipe P-183	84.04	54.58	0.01	0.48	0.21	1.24	0.031
Pipe P-184	34.83	54.58	0.01	0.48	0.21	1.29	0.032
Pipe P-185	26.16	54.58	0.01	0.48	0.21	1.32	0.033
Pipe P-186	34.45	54.58	0.01	0.48	0.21	1.29	0.032
Pipe P-187	20.56	54.58	0.01	0.48	0.21	1.35	0.034
Pipe P-188	7.4	54.58	0.01	0.48	0.21	1.57	0.039
Pipe P-189	8.04	54.58	0.01	0.39	0.17	1.06	0.041
Pipe P-190	8.79	54.58	0.01	0.39	0.17	1.02	0.04
Pipe P-191	72.32	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-192	69.56	16.6	0.01	0.03	0.15	1.94	0.029
Pipe P-193	39.74	16.6	0.01	0.03	0.15	2.02	0.03
Pipe P-194	76.48	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-195	20.5	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-196	43.61	16.6	0.01	-0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-197	42.352	16.6	0.01	-0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-198	14.3	16.6	0.01	0.02	0.07	0.92	0.054
Pipe P-199	61.88	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-201	67.2	21.81	0.01	0.08	0.22	4.31	0.04
Pipe P-202	83.22	21.81	0.01	0.08	0.22	4.3	0.04
Pipe P-203	68.44	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.029
Pipe P-204	59.99	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.029
Pipe P-205	11.46	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-206	81.49	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-207	66	16.6	0.01	0.05	0.22	6.29	0.041
Pipe P-208	69.26	16.6	0.01	0.05	0.22	6.29	0.041
Pipe P-209	34.42	16.6	0.01	0.05	0.22	6.34	0.041
Pipe P-210	44.83	16.6	0.01	0.05	0.22	6.32	0.041

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-211	52.49	16.6	0.01	0.05	0.22	6.31	0.041
Pipe P-212	3.6	16.6	0.01	0.02	0.07	0.99	0.058
Pipe P-213	111.8	16.6	0.01	0.03	0.15	2	0.029
Pipe P-214	3.4	16.6	0.01	0.02	0.07	1.01	0.059
Pipe P-216	37.62	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-217	84.48	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-218	23.22	21.81	0.01	0.1	0.26	6.01	0.038
Pipe P-219	101.65	16.6	0.01	0.1	0.45	21.36	0.035
Pipe P-220	42.65	16.6	0.01	0.1	0.45	21.54	0.035
Pipe P-221	93.09	16.6	0.01	0.03	0.15	2	0.029
Pipe P-222	109.82	16.6	0.01	0.03	0.15	2	0.029
Pipe P-223	64.82	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.029
Pipe P-224	35.8	16.6	0.01	0.03	0.15	2.03	0.03
Pipe P-225	27	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-226	119.8	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-227	60.39	16.6	0.01	0.06	0.3	10.66	0.039
Pipe P-228	3	16.6	0.01	0.02	0.07	0.99	0.058
Pipe P-229	83.4439	16.6	0.01	0.05	0.22	6.28	0.041
Pipe P-230	54.25	16.6	0.01	0.05	0.22	6.3	0.041
Pipe P-231	7.75	16.6	0.01	0.05	0.22	6.66	0.043
Pipe P-232	21.5	16.6	0.01	0.05	0.22	6.4	0.042
Pipe P-233	52.98	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-234	62.42	16.6	0.01	0.03	0.15	2.01	0.029
Pipe P-235	36.98	16.6	0.01	0.03	0.15	2.03	0.03
Pipe P-236	30.41	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-237	72.95	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-238	28.243	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-239	38.1	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.053
Pipe P-240	53.8	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-241	60.27	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-242	6	16.6	0.01	0.02	0.07	0.94	0.055
Pipe P-243	2.55	28.48	0.01	0.39	0.61	27.61	0.042
Pipe P-244	34.15	28.48	0.01	0.39	0.61	18.88	0.029
Pipe P-245	15.61	28.48	0.01	0.39	0.61	19.72	0.03
Pipe P-246	12.58	28.48	0.01	0.39	0.61	20.09	0.031
Pipe P-247	27.02	28.48	0.01	0.39	0.61	19.07	0.029
Pipe P-248	10.86	28.48	0.01	0.32	0.51	14.75	0.032
Pipe P-249	24.1	28.48	0.01	0.32	0.51	13.91	0.03
Pipe P-250	12.32	28.48	0.01	0.32	0.51	14.57	0.032

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-251	42.47	28.48	0.01	0.32	0.51	13.61	0.03
Pipe P-252	19.16	28.48	0.01	0.32	0.51	14.08	0.031
Pipe P-253	24.36	28.48	0.01	0.31	0.48	12.7	0.031
Pipe P-254	10.71	28.48	0.01	0.31	0.48	13.48	0.033
Pipe P-255	37.1	28.48	0.01	0.31	0.48	12.48	0.03
Pipe P-256	31.91	28.48	0.01	0.31	0.48	12.55	0.03
Pipe P-257	24.2	28.48	0.01	0.23	0.35	7.42	0.033
Pipe P-258	27.83	28.48	0.01	0.21	0.33	6.48	0.033
Pipe P-259	11.28	28.48	0.01	0.19	0.3	5.96	0.036
Pipe P-260	32.89	28.48	0.01	0.18	0.28	4.81	0.035
Pipe P-261	19.39	28.48	0.01	0.18	0.28	4.93	0.036
Pipe P-262	20.11	28.48	0.01	0.18	0.28	4.91	0.035
Pipe P-263	14.42	28.48	0.01	0.16	0.25	4.24	0.037
Pipe P-264	81.85	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-265	37.82	16.6	0.01	-0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-266	10.13	16.6	0.01	-0.02	0.07	0.93	0.054
Pipe P-267	15.87	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-268	19.66	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-269	27.32	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-270	3.4	16.6	0.01	0.02	0.07	1.01	0.059
Pipe P-271	16.82	16.6	0.01	-0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-272	22.24	21.81	0.01	0.16	0.43	14.6	0.034
Pipe P-273	27.71	21.81	0.01	0.16	0.43	14.49	0.033
Pipe P-274	14.33	21.81	0.01	0.16	0.43	14.9	0.034
Pipe P-275	34.87	21.81	0.01	0.16	0.43	14.4	0.033
Pipe P-276	23.89	21.81	0.01	0.16	0.43	14.56	0.033
Pipe P-277	17.09	21.81	0.01	0.16	0.43	14.77	0.034
Pipe P-278	31.56	21.81	0.01	0.16	0.43	14.44	0.033
Pipe P-279	11.4	21.81	0.01	0.16	0.43	15.12	0.035
Pipe P-280	21.05	21.81	0.01	0.15	0.39	12.17	0.035
Pipe P-281	23.23	21.81	0.01	0.15	0.39	12.13	0.034
Pipe P-282	19.2	21.81	0.01	0.15	0.39	12.22	0.035
Pipe P-283	23.52	21.81	0.01	0.15	0.39	12.12	0.034
Pipe P-284	30.69	21.81	0.01	0.13	0.35	9.8	0.035
Pipe P-285	26.15	21.81	0.01	0.13	0.35	9.84	0.035
Pipe P-286	46.77	21.81	0.01	0.11	0.3	7.71	0.036
Pipe P-287	40.04	21.81	0.01	0.11	0.3	7.73	0.036
Pipe P-288	13.93	21.81	0.01	0.1	0.26	6.13	0.039
Pipe P-289	13.4	21.81	0.01	0.1	0.26	6.14	0.039

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-290	9.93	21.81	0.01	0.1	0.26	6.26	0.04
Pipe P-291	29.51	21.81	0.01	0.08	0.22	4.36	0.04
Pipe P-292	54.64	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-293	22.13	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-294	35.52	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-295	12.32	16.6	0.01	0.02	0.07	0.92	0.054
Pipe P-296	9.32	16.6	0.01	0.02	0.07	0.93	0.054
Pipe P-297	44.08	16.6	0.01	-0.02	0.07	0.89	0.053
Pipe P-298	174.61	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-299	132.55	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-300	13.67	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.054
Pipe P-301	32.17	16.6	0.01	0.06	0.3	10.75	0.039
Pipe P-302	15.03	16.6	0.01	0.06	0.3	10.95	0.04
Pipe P-303	67.98	16.6	0.01	0.06	0.3	10.65	0.039
Pipe P-304	34.71	16.6	0.01	0.06	0.3	10.73	0.039
Pipe P-305	29.03	16.6	0.01	0.05	0.22	6.36	0.041
Pipe P-306	8.58	16.6	0.01	0.02	0.07	0.94	0.055
Pipe P-307	94.85	16.6	0.01	0.03	0.15	2	0.029
Pipe P-308	14.89	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-309	60.41	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-310	23.5	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-311	87.92	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-312	22.36	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-313	29.46	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-314	22.28	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-315	27.15	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-316	18.55	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-317	8.52	16.6	0.01	0.02	0.07	0.93	0.054
Pipe P-318	78.54	21.81	0.01	0.08	0.22	4.3	0.04
Pipe P-319	12.14	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-320	35.55	16.6	0.01	0.06	0.3	10.73	0.039
Pipe P-321	14.33	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.054
Pipe P-322	47.13	16.6	0.01	0.05	0.22	6.31	0.041
Pipe P-323	8.93	16.6	0.01	0.02	0.07	0.93	0.055
Pipe P-324	22.63	16.6	0.01	0.03	0.15	2.05	0.03
Pipe P-325	38	16.6	0.01	0	0	0	0
Pipe P-326	23.23	16.6	0.01	0	0	0	0
Pipe P-327	37.55	16.6	0.01	0	0	0	0
Pipe P-328	20.59	16.6	0.01	0	0	0	0

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-330	28.22	16.6	0.01	0.03	0.15	2.04	0.03
Pipe P-331	24.27	16.6	0.01	0.02	0.07	0.9	0.053
Pipe P-332	40.34	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-334	10.34	16.6	0.01	0.03	0.15	2.06	0.031
Pipe P-335	24.84	16.6	0.01	0.03	0.15	1.98	0.03
Pipe P-336	66.55	16.6	0.01	0.03	0.15	1.94	0.029
Pipe P-337	44.54	16.6	0.01	0.03	0.15	1.95	0.03
Pipe P-338	3.05	28.48	0.01	0.06	0.1	0.78	0.043
Pipe P-339	29.74	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.046
Pipe P-340	40.2	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-341	45.75	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-342	56.38	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-343	30.8167	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-344	18.93	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.046
Pipe P-345	101.54	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-346	28.14	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-347	10.25	28.48	0.01	0.03	0.05	0.23	0.051
Pipe P-348	22.97	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-349	47.67	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.046
Pipe P-350	27.4	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-351	35.903	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.046
Pipe P-352	26.75	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.046
Pipe P-353	48.8	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-354	68.05	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-355	30.75	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.046
Pipe P-356	41.43	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-357	45.73	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-358	47.06	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.046
Pipe P-359	35.8	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-360	28.08	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.046
Pipe P-361	40.753	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe P-364	72.61	28.48	0.01	0.02	0.03	0.1	0.089
Pipe P-365	41.5	28.48	0.01	0.02	0.03	0.1	0.091
Pipe P-366	49.25	28.48	0.01	0.02	0.03	0.1	0.09
Pipe P-367	30.35	28.48	0.01	0.02	0.03	0.1	0.09
Pipe P-368	49.61	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-369	16.9	16.6	0.01	0.02	0.07	0.91	0.053
Pipe P-372	39.93	54.58	0.01	1.32	0.56	7.6	0.026
Pipe P-373	81.72	54.58	0.01	1.32	0.56	7.33	0.025

Nudo	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida unitaria (-)	Factor de fricción (-)
Pipe P-374	28.1	54.58	0.01	1.32	0.56	7.82	0.026
Pipe P-375	1	80.42	0.01	1.32	0.26	5.51	0.129
Pipe P-376	50.83	21.81	0.01	0.11	0.3	7.7	0.036
Pipe P-377	117.4	54.58	0.01	1.08	0.46	5.06	0.026
Pipe P-378	65.26	28.48	0.01	0.13	0.2	2.74	0.037
Pipe P-379	107.62	54.58	0.01	1.32	0.56	7.27	0.024
Pipe P-380	42.87	54.58	0.01	0.8	0.34	3.13	0.028
Pipe P-381	1	54.58	0.01	0.8	0.34	10.57	0.096
Pipe P-384	63.88	16.6	0.01	0.03	0.15	1.95	0.029
Pipe P-385	161.57	54.58	0.01	0.74	0.32	2.59	0.028
Pipe P-386	82.79	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Pipe P-387	6.65	28.48	0.01	0.03	0.05	0.22	0.049
Pipe P-388	28.57	28.48	0.01	0.03	0.05	0.21	0.045
Pipe T1	261.3	16.6	0.01	0.02	0.07	0.89	0.052
Valve Desarenador	#N/A	54.58	#N/A	1.32	0.56	29.51	0
Valve Tanquedealmacenamiento	#N/A	80.42	#N/A	1.32	0.26	94.55	0
Valve Cámaradequiebre	#N/A	152.4	#N/A	0.8	0.04	233.11	0
Valve PRV-4	#N/A	152.4	#N/A	0.03	0	88.64	0