Cartagena del Chairá, 15 Octubre 2025

Señores
Municipio de Cartagena del Chairá -Caquetá
Oficina de Planeación

Asunto: Donación del informe técnico "Diseño del sistema de acueducto para el municipio de Cartagena del Chairá"

Cordial saludo;

Yo, GERARDINO GALÍNDEZ CERÓN, ingeniero civil identificado con cédula de ciudadanía No. 12.238.383 de Pitalito, Huila, y titular de la matrícula profesional MP. 091037-0589031 CND, me permito dirigirme a ustedes con el fin de formalizar la donación del estudio técnico completo titulado:

"Diseño del sistema de acueducto para el municipio de Cartagena del Chairá"

Este documento comprende los cálculos hidráulicos, los planos en formato PDF y ACAD, así como todos los documentos relacionados, desarrollados bajo mi dirección profesional con base en datos recolectados in situ y considerando las condiciones del terreno local y los criterios técnicos pertinentes.

Asumo plena responsabilidad por la veracidad, calidad y rigurosidad de este diseño técnico dentro del marco de la normativa profesional vigente. No obstante, señalo que durante la ejecución o construcción del proyecto será indispensable cumplir estrictamente con las recomendaciones establecidas en el informe – tales como el tipo de tubería a emplear, pendientes, diámetros, materiales, espesores y demás especificaciones técnicas – de modo que el diseño funcione con eficiencia, durabilidad y seguridad.

Adjunto a la presente copia de mi tarjeta profesional como respaldo de mi legitimidad como profesional responsable.

Agradezco su atención y quedo atento para colaborar con cualquier aclaración o trámite adicional que consideren necesario.

Atentamente,

GERARDINO GALÍNDEZ CERÓN
Ingeniero Civil
C.C. 12.238.383 de Pitalito
MP. 091037-0589031 CND

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2022-1546476

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que GERARDINO GALINDEZ CERON, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 12238383, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 091037-0589031 CND desde el 06 de Octubre de 2021, otorgado(a) mediante Resolución Nacional R2021092970.

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

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

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

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los dos (02) días del mes de Septiembre del año dos mil veintidos (2022).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

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

MATRICULA PROFESIONAL

091037-0589031 CND

R2021092970

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

INGENIERIA CIVIL

GERARDINO GALINDEZ CERON

ID: 12238383

ESCUELA DE INGENIEROS MILITARES

DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO PARA EL MUNICIPIO DE CATAGENA DEL CHAIRÁ

ELABORADO POR:

GERARDINO GALÍNDEZ CERÓN

INGENIERO CIVIL

CARTAGENA DEL CHAIRÁ - CAQUETÁ, SEPTIEMBRE DEL 2025

INDICE

1. GENERALIDADES 5

1.1. CARACTERISTICAS DE LA LOCALIDAD 5

1.2. CLIMATOLOGÍA 5

1.3. ACCESO A LA LOCALIDAD 5

1.4. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS 6

1.5. RECURSOS DE LA COMUNIDAD 7

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 7

3. DISEÑO 8

3.1. PERIODO DE DISEÑO 8

3.2. DOTACIONES 9

3.2.1. DOTACIÓN NETA MÁXIMA 10

3.2.2. DOTACIÓN BRUTA 11

3.2.3. ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN 12

3.2.4. CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA 12

3.3. CAUDALES DE DEMANDA 13

3.3.1. CAUDAL MEDIO DIARIO (c.m.d.) 13

3.3.2. CAUDAL MÁXIMO DIARIO (C.M.D) 14

3.3.3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO (C.M.H) 15

3.4. DISEÑO DE RED 16

3.4.1. DIAMETRO DE TUBERIA Y VELOCIDAD DE DISEÑO 16

3.4.2. CÁLCULO DE PENDIENTE 18

3.4.3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN (PÉRDIDAS MAYORES) .. 19

3.4.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS MENORES (LOCALIZADAS) 21

3.4.5. PÉRDIDA TOTAL DEL SISTEMA 22

3.4.6. BALANCE DE ENERGÍA / PRESIÓN DISPONIBLE 23

3.4.7. CONCLUSIÓN DE DISEÑO 24

4. INFORMACIÓN DEL PROFESIONAL 27

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. ASIGNACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD. 8

TABLA 2. PERIODO DE DISEÑO DE ACUERDO AL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA. 9

TABLA 3. DOTACIÓN NETA MÁXIMA POR HABITANTE SEGÚN LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA 10

TABLA 4. B.2.5 - COEFICIENTE DE CONSUMO MÁXIMO DIARIO, K1, SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA 14

TABLA 5. B.2.6 - COEFICIENTE DE CONSUMO MÁXIMO HORARIO, K2, SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA Y EL TIPO DE RED DE DISTRIBUCIÓN 15

TABLA 6. CÁLCULO DE DIÁMETROS DE TUBERÍA EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD 18

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. UBICACIÓN GENERAL DEL SISTEMA. 6

ILUSTRACIÓN 2. ESQUEMA GENERAL SISTEMA DE ACUEDUCTO. 26

1. GENERALIDADES

1.1.CARACTERISTICAS DE LA LOCALIDAD

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento del Caquetá, en el municipio de Cartagena del Chairá, localizado al nororiente del departamento. Su cabecera está situada sobre la margen derecha del río Caguán, a una altitud aproximada de 280 m s.n.m. Limita con los municipios de San Vicente del Caguán, El Paujil, La Montañita, Solano y Puerto Rico. La economía del municipio es principalmente agropecuaria, destacándose la ganadería y cultivos como el plátano, yuca, maíz y cacao.

1.2.CLIMATOLOGÍA

El municipio presenta un clima cálido húmedo, con temperaturas promedio entre 25 °C y 28 °C, alta humedad relativa y precipitaciones anuales que oscilan entre 3.000 y 4.000 mm. Estas condiciones corresponden a la zona de selva húmeda tropical de la Amazonía colombiana.

1.3.ACCESO A LA LOCALIDAD

El acceso a Cartagena del Chairá se realiza principalmente por vía fluvial a través del río Caguán, que conecta con San Vicente del Caguán y otros municipios ribereños. Terrestremente, se llega desde Florencia, capital

departamental, por carretera en un recorrido aproximado de 140 km, de los cuales algunos tramos se encuentran en regular estado, especialmente en temporada de lluvias. También existen conexiones por vía aérea mediante un aeródromo de carácter local.

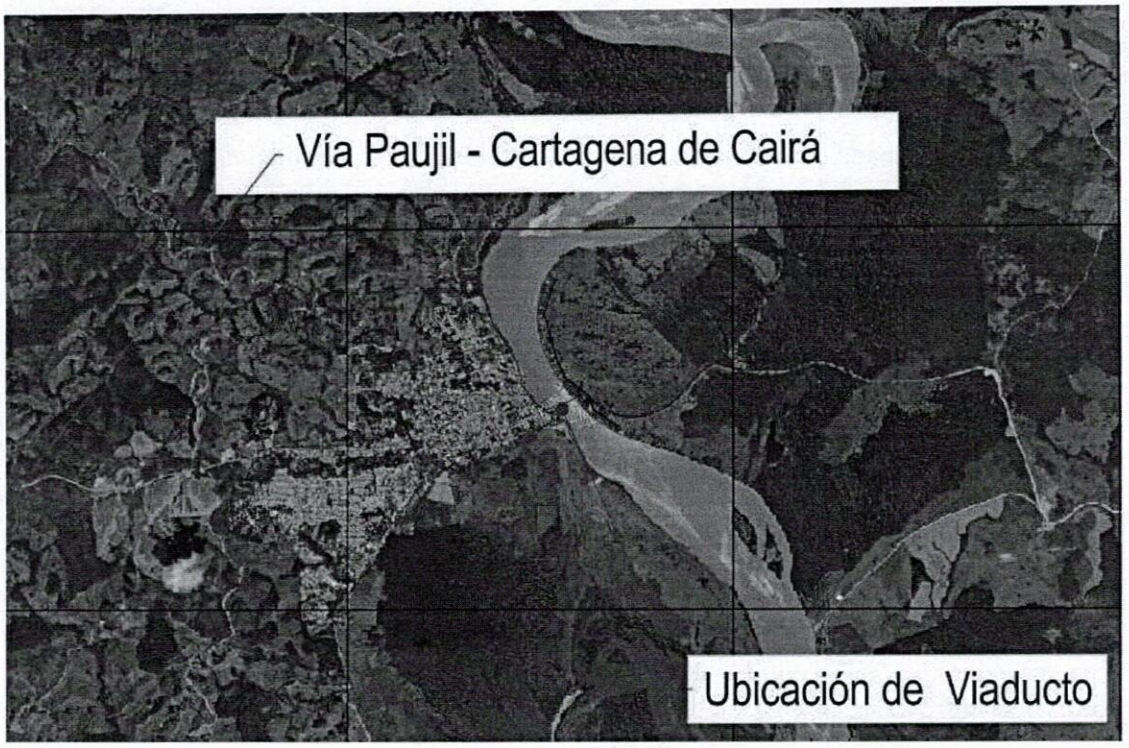

Ilustración 1. Ubicación general del sistema.

1.4.ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

La zona a intervenir con el proyecto de acueducto corresponde a un sector del municipio de Cartagena del Chairá – Caquetá, conformado por un total de 20 viviendas. Considerando un promedio de 5 habitantes por vivienda, la

población directa a beneficiar se estima en 100 personas.

Adicionalmente, el sistema de acueducto está diseñado para extender el servicio a las viviendas localizadas en la margen opuesta del municipio, cruzando el río Caguán, garantizando así el abastecimiento de agua potable a toda la comunidad vinculada al proyecto.

1.5.RECURSOS DE LA COMUNIDAD

La población beneficiaria pertenece en su mayoría a estratos socioeconómicos bajos, con actividades productivas relacionadas principalmente con la agricultura de subsistencia, la pesca artesanal en el río Caguán y el comercio local.

La implementación del sistema de acueducto contribuirá de manera significativa al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad, asegurando la disponibilidad de agua potable tanto para las viviendas del sector inicial como para aquellas situadas al otro lado del río Caguán.

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se llevó a cabo el levantamiento topográfico por JHON FAIBER CAMAYO BENAVIDES, con numero de cedula 1.083.910.153, y numero de matrícula profesional 01-15045 CPNT, topógrafo del municipio de Pitalito – Huila, mediante

el cual se determinaron con precisión los niveles del terreno y se estableció el límite del cuerpo de agua en el área de estudio.

3. DISEÑO

Para este diseño se toma como base las especificaciones ajustadas al sistema de acueductos y apoyado en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico R.A.S. – 2000 y la resolución 0330 del 8 de julio del 2017. Para lo cual se clasificó el sistema con un nivel de complejidad **BAJA**.

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (1) (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios(2)
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Notas : (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.
(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

Tabla 1. Asignación del nivel de complejidad.

3.1.PERIODO DE DISEÑO

Para el caso de las obras de captación de agua superficial, los periodos máximos de diseño que se deben utilizar, se especifican en la siguiente tabla:

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de diseño
Bajo	15 años
Medio	20 años
Medio alto	25 años
Alto	30 años

Tabla 2. Periodo de diseño de acuerdo al nivel de complejidad del sistema.

Como se define que el nivel de complejidad es Bajo, por la cantidad de habitantes de esa zona se estima un periodo de diseño de 15 años.

3.2.DOTACIONES

Se determina una dotación para la población a servir, bajo el principio de que el acueducto es diseñado para el consumo y uso humano, con unos parámetros racionales; para esta dotación se tienen en cuenta los diferentes usos del agua, consumo doméstico, uso residencial etc., con estos parámetros y características de la zona determinamos la dotación neta la cual depende del nivel de complejidad del sistema.

Según el **ARTÍCULO 43. Dotación neta máxima.** La dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En todos los casos, se

deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la Tabla 1:

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m s. n. m.	120
1000 - 2000 m s. n. m.	130
< 1000 m s. n. m.	140

Tabla 3. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

3.2.1. DOTACIÓN NETA MÁXIMA

Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

Siempre que existan datos de consumo histórico confiables para el municipio o distrito, la dotación neta máxima a utilizar en el diseño de un nuevo sistema de acueducto o la ampliación del sistema existente debe basarse en dichos datos.

Dotación neta = 140 L/hab.día

3.2.2. 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 ocurran en el sistema de acueducto.

La dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto, indistintamente del nivel de complejidad, se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:

Dbruta = Dneta / (1 - %p)

Donde:

- Dbruta: dotación bruta
- Dneta: dotación neta
- %p: pérdidas técnicas máximas admisibles

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

Dotación Bruta = Dneta / (1 - 25%)

Dotación Bruta = 140 / (1 - 25%)

Dotación Bruta = 186.6 lt/hab.–día

3.2.3. ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN

En el área de estudio se identifican **20 viviendas existentes**, que representan núcleos familiares independientes. Asumiendo un promedio de **5 personas por vivienda**, se estima una población actual de **100 habitantes** para dicha zona. Esta población de referencia servirá como punto de partida para la proyección del crecimiento demográfico, la estimación de dotaciones y la determinación de los caudales de demanda (medio diario, máximo diario y horario) necesarios para dimensionar el sistema de acueducto de forma adecuada y acorde con los criterios técnicos vigentes.

Pa = 5 * Nfamilias

Pa = 5 * 20

Pa=100 Hab.

3.2.4. CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA

Para el presente diseño se asume como método de proyección el crecimiento geométrico, fundamentados en las características sociales de la zona del proyecto y en concordancia con el modelo de conjunto residencial y su población beneficiada.

Pf = Pa * (1 + r)^n

Pf = Población Futura

Po = Población Actual

r = Taza de crecimiento

n = periodo de diseño

Para efectos del presente diseño y en cumplimiento de normas técnicas se asume una taza de crecimiento de 1% y se calcula para un periodo de diseño de 15 años.

En este orden de ideas tenemos:

Pf = 100 * (1 + 0.01)^15

Pf = 116 habitantes.

3.3.CAUDALES DE DEMANDA

3.3.1. CAUDAL MEDIO DIARIO (c.m.d.)

$$c.m.d. = \frac{Pf * Dbruta}{86400}$$

Pf = Población furuta = 116 habitantes

d bruta = 186 lt/hab.-día

$$c.m.d. = \frac{116\ hab * 186 Lt/hab * día}{86400} = 0.2506 Lt/s$$

$$\boldsymbol{c.m.d. = 0.2506 Lt/s}$$

3.3.2. CAUDAL MÁXIMO DIARIO (C.M.D)

Consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año.

Se reconoce lo descrito en la resolución 0330 del 8 de junio del 2017 donde dice que, para poblaciones menores de 2.500 habitantes, al período de diseño, en ningún caso el factor k1 será superior a 1.3, ni el factor k2 superior a 1.6.

C.M.D = c.m.d*k1;

k1= Coeficiente de consumo máximo diario (RAS−2000)

En caso de sistemas nuevos, el coeficiente de consumo máximo diario, K1, depende del nivel de complejidad del sistema como se establece en la siguiente tabla:

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario - k_1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	**1.20**
Alto	1.20

Tabla 4. B.2.5 - Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el Nivel de Complejidad del Sistema

C.M.D = 0.2506 Lt/s * 1.3

C.M.D = 0.325 Lt/s

3.3.3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO (C.M.H)

Es el consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio.

C.M.H.=C.M.D. * k2

K2= Coeficiente de consumo máximo horario

En el caso de sistemas de acueductos nuevos, el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k2, es función del nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución, según se establece en la siguiente tabla:

Nivel de complejidad del sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio alto	1.50	1.45	**1.40**
Alto	1.50	1.45	1.40

Tabla 5. B.2.6 - Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución.

C.M.H = 0.325 Lt/s * 1.6

C.M.H = 0.52 Lt/s

3.4.DISEÑO DE RED

3.4.1. DIAMETRO DE TUBERIA Y VELOCIDAD DE DISEÑO

En el diseño de redes de acueducto, la elección del diámetro de la tubería es una decisión fundamental, ya que condiciona el comportamiento hidráulico, las pérdidas por fricción, las presiones disponibles en los puntos de consumo y el costo de instalación. Para dimensionar correctamente, se debe partir de un caudal de diseño representativo y definir una velocidad adecuada que equilibre entre eficiencia hidráulica y economía estructural.

Para el proyecto en cuestión, aunque el cálculo más alto hallado en la etapa de demanda es un Caudal Máximo Horario (C.M.H.) de 0,521 L/s, por criterios de precaución y para contemplar posibles variaciones futuras, se ha redondeado el caudal de proyecto a **1 L/s**. Este valor será el que determine el diámetro inicial de diseño.

La fórmula básica que rige esta elección es la de continuidad:

$$Q = A * v = \frac{\pi * D^2}{4} * v$$

Donde:

- Q = caudal de diseño (en m^3/s)
- A = área de la sección de la tubería
- v = velocidad media del agua en la tubería
- D = diámetro interno

Despejando para D, se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$$

El valor de la velocidad "v" no se elige arbitrariamente: debe estar dentro de rangos recomendados para redes de distribución, de modo que no sea demasiado baja (lo que provocaría pérdidas por sedimentación o crecimiento de incrustaciones) ni demasiado alta (que ocasionaría pérdidas excesivas, ruido, golpes de ariete o desgaste prematuro). En la normativa colombiana (Resolución 799 de 2021), se exige que la velocidad mínima en tuberías de acueducto sea de 0,5 m/s y que la máxima no supere los límites admisibles para el material de tubería y sus accesorios.

Con el caudal de diseño de 1 L/s (equivalente a 0,001 m^3/s) y seleccionando una velocidad de diseño apropiada para el tramo de red, se calcula un diámetro inicial. Luego, ese diámetro se compara con los diámetros comerciales disponibles, el comportamiento de pérdidas por fricción (mediante la ecuación de Hazen-Williams o Darcy-Weisbach), y las condiciones de presión en los puntos más desfavorables del sistema. El diámetro definitivo debe garantizar que las presiones

mínimas necesarias se cumplan, sin incurrir en pérdidas excesivas ni gastos innecesarios en tubería sobredimensionada.

Velocidad (v) (m/s)	Diámetro teórico (D) (mm)	Equivalente aproximado (in)	Diámetro comercial sugerido*
0,5	50,5 mm	≈ 1,99 in	2″ (dos pulgadas)
0,6	46,1 mm	≈ 1,81 in	2″ o 1 ½″ (según disponibilidad)
0,8	39,9 mm	≈ 1,57 in	1 ½″ (una y media pulgadas)
1,0	35,7 mm	≈ 1,40 in	1 ½″
1,2	32,6 mm	≈ 1,28 in	1 ¼″ (una pulgada y cuarto) o 1 ½″

Tabla 6. Cálculo de diámetros de tubería en función de la velocidad

De acuerdo con la Tabla 6, se adopta como diámetro de tubería 2 pulgadas junto con una velocidad de diseño de 0,5 m/s, valor que se considera como la mínima exigida por la normativa para evitar el depósito o asentamiento de sedimentos en la tubería. Esta velocidad mínima garantiza que el flujo mantenga suficiente esfuerzo cortante en la pared para transportar partículas en suspensión y prevenir obstrucciones.

3.4.2. CÁLCULO DE PENDIENTE

Para mantener la velocidad de diseño de 0.5m/s, se calcula la pendiente que debe mantener el sistema de tubería.

$$S = f * \frac{v^2}{2 * g * D}$$

Donde:

- S = pendiente hidráulica
- f = factor de fricción de Darcy (se asume un valor típico para PVC en flujo turbulento de f=0,0245)
- v = velocidad media del agua (m/s)
- g = aceleración debido a la gravedad (~ 9,81 m/s²)
- D = diámetro interno de la tubería (m)

$$S = 0.0245 * \frac{0.5^2}{2 * 9.81 * 0.0508} = 0.00615$$

La pendiente que debe manejar el sistema es de $S = 0.6\%$

3.4.3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN (PÉRDIDAS MAYORES)

- **Método Hazen-Williams**

$$h_f = \frac{10.67 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}}$$

donde:

- hf = pérdida de carga (m)
- L = longitud de la tubería (m)
- Q = caudal (m³/s)
- C = coeficiente de rugosidad (depende del material: por ejemplo, para PVC se usa un valor alto, ~ 150)
- D= diámetro interno de la tubería (m)

- **Método Darcy-Weisbach**

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

donde:

- f = factor de fricción de Darcy (adimensional)
- L = longitud del tramo (m)
- D = diámetro interno (m)
- v = velocidad del agua en el tramo (m/s)
- g = gravedad (9,81 m/s²)

Para hallar f, se puede usar el diagrama de Moody o la ecuación de Colebrook (en regímenes turbulentos).

Para el cálculo de pérdidas por fricción se tienen en cuenta:

- Caudal: Q=1 L/s = 0,001 m3/s
- Diámetro: D=2 ″ = 0,0508 m
- Material: PVC nuevo → Hazen–Williams C=150C = 150C=150. (valor típico).
- Rugosidad PVC ε≈1,5×10^−6 m (valor típico usado para f).
- Re ≈ 2,5×10^4 → régimen turbulento → f por Swamee–Jain.
- Accesorios: 2 codos (90°) (K por codo adoptado = 0,75) , 5 codos (30°) (K por codo adoptado = 0,1) y 1 tee (K para tee adoptado = 1,80).
- No se incluyen pérdidas adicionales como: contadores, cámaras, válvulas extra

Longitudes por tramos: 41.20m, 102.26m, 226.16m, 53.90m, 243.62m, 118.42m, 409.03m, 283.18m

Longitud total = 1 937,77 m

- Resultados de perdidas por fricción, comparando ambos métodos:

Tramo	L (m)	hf (Hazen-Williams) (m)	hf (Darcy-Weisbach) (m)
1	41,20	0.2290	0.2465
2	102,26	0.5685	0.6117
3	226,16	1.2572	1.3529
4	53,90	0.2996	0.3224
5	243,62	1.3543	1.4574
6	118,42	0.6583	0.7084
7	409,03	2.2738	2.4469
8	283,18	1.5742	1.6941
Total	**1 937,77**	**8.2151 m**	**8.8404 m**

3.4.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS MENORES (LOCALIZADAS)

Para cada accesorio:

$$h_{local} = K * \frac{v^2}{2g}$$

Donde K es el coeficiente local del accesorio (codos, válvulas, tees, etc.)

Se calcula:

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{0.5^2}{2 * 9.81} = 0.0254m$$

Coeficientes asumidos:

- Codo 30° (estándar): K≈0,1
- Codo 90° (estándar): K≈0,75
- Tee (paso/derivación): K≈1,80

Cálculo:

- Para Codo 30°:

$$h_{C_30} = 0.1 * 0.0254 = 0.00254m \rightarrow 5 \text{ codos} \rightarrow 0.0127\text{m}$$

- Para Codo 90°:

$$h_{C_90} = 0.75 * 0.0254 = 0.01905m \rightarrow 2 \text{ codos} \rightarrow 0.0381\text{m}$$

- Para Tee:

$$h_{Tee} = 0.8 * 0.0254 = 0.0203m$$

Total pérdidas menores = hmenores = 0,0711 m

3.4.5. PÉRDIDA TOTAL DEL SISTEMA

$$h_L = h_{f_{Total}} + h_{menores} = 8.8404m + 0.0711m = 8.9115m$$

Redondeando: **≈ 8,91 m de columna de agua**.

Equivalente en presión: 8,91 m * 9,81 kPa/m≈87,4 kPa

3.4.6. BALANCE DE ENERGÍA / PRESIÓN DISPONIBLE

Principio del balance de energía

Se emplea la ecuación de Bernoulli modificada (o ecuación de la energía general) entre dos puntos del sistema de tubería, considerando todas las pérdidas (fricción + accesorios) y posibles aportes de energía.

$$\frac{p1}{\rho g} + z1 + \frac{v1^2}{2g} + ha = \frac{p2}{\rho g} + z2 + \frac{v2^2}{2g} + hL$$

Donde:

- p1/γ = presión piezométrica en el punto 1 (m de agua)
- z1 = cota geométrica (elevación) en el punto 1
- v1^2/(2g) = carga cinética en el punto 1
- ha = energía añadida al fluido (por bomba, etc.)
- hL = pérdidas de energía entre los puntos 1 y 2 (fricción + accesorios)

Datos empleados:

- p1=88 kPa (asumido)
- v1=1.5 m/s
- v2=0.5 m/s
- ha=0 (sin bomba)
- hL=8.91 m
- z1=228 m
- z2=221 m

- ρ=1000 kg/m3, g=9.81 m/s2

$$\frac{p2}{\rho g} = \frac{p1}{\rho g} + z1 + \frac{v1^2}{2g} + ha - z2 - \frac{v2^2}{2g} - hL$$

$$\frac{p2}{\rho g} = 8.97 + 228 + 0.115 + 0 - 221 - 0.0127 - 8.91$$

$$\frac{p2}{\rho g} = 7.16m \rightarrow \mathbf{7.16\ m.c.a.}$$

$$\frac{p2}{\rho g} = \rho g * 7.16 = 1000 \cdot 9.81 \cdot 7.16 \approx \mathbf{70.26\ kPa}$$

El acueducto está diseñado para operar con una presión de **70.26 kPa (10.2 psi)**, un valor bajo pero que resulta manejable con el diámetro de tubería definido en los cálculos. Al tratarse de un diseño de baja complejidad, era de esperar que la presión se ubicara en este rango, sin que represente una limitación significativa para el sistema.

3.4.7. CONCLUSIÓN DE DISEÑO

El presente diseño corresponde a un sector del municipio de Cartagena del Chairá, ubicado al otro lado del río Caguán. La red de distribución se proyecta por gravedad, iniciando en la cota 228 m.s.n.m. y extendiéndose hasta la cota 221 m.s.n.m., lo que proporciona un desnivel de 7 m aprovechado para el transporte del agua.

El cálculo hidráulico se realizó considerando las pérdidas de energía, la topografía del sector, el análisis de caudal unitario y las longitudes de los diferentes tramos. El diámetro

adoptado para la conducción principal es de **2″**, dimensionado en función de los caudales de diseño y de las velocidades permitidas.

Con el fin de verificar la confiabilidad del sistema y teniendo en cuenta la sencillez de la red, se establecieron los siguientes parámetros de control:

- **Velocidad mínima:** 0,50 m/s
- **Velocidad máxima:** 5,0 m/s
- **Presión mínima de servicio:** 7.16 m.c.a.

Las verificaciones de velocidad y presión se encuentran dentro de los rangos admisibles, garantizando así un funcionamiento adecuado de la red.

De acuerdo a esto se define la implementación de tubería RDE 21 en PVC de 2".

RDE 21 PVC Tipo 1, Grado 1

Presión de trabajo a 23ºC: 200 psi - 1.38 MPa - 14.06 Kg/cm²

Diámetro Nominal	Referencia	Peso Aprox.	Diámetro Exterior Prom.		Espesor de Pared Mínimo		Diámetro Interior Prom.
pulg		Kg/m	mm	pulg.	mm	pulg.	mm
2	2900010	0.81	60.32	2.37	2.87	0.11	54.58
2.1/2	2900018	1.18	73.03	2.87	3.48	0.14	66.07
3	2900022	1.76	88.90	3.50	4.24	0.17	80.42
4	2900033	2.90	114.30	4.50	5.44	0.21	103.42
6	2900043	6.31	168.28	6.62	8.03	0.32	152.22
8	2900054	10.67	219.08	8.62	10.41	0.41	198.21
10	2902411	16.63	273.05	10.75	12.98	0.51	247.09
12	2902421	23.45	323.85	12.75	15.39	0.60	293.07
14	2902431	28.14	355.60	14	16.92	0.67	321.76
16	2902435	36.78	406.40	16	19.35	0.76	367.70
18	2902439	46.53	457.20	18	21.77	0.86	413.66
20	2902443	53.82	508.00	20	24.18	0.95	459.64
24	NUEVO	80.62	609.6	24	29.03	1.14	551.54

Tabla 7. Diámetros de tubería comercial PAVCO

El esquema general del sistema de acueducto se muestra en la ilustración que se presenta a continuación.

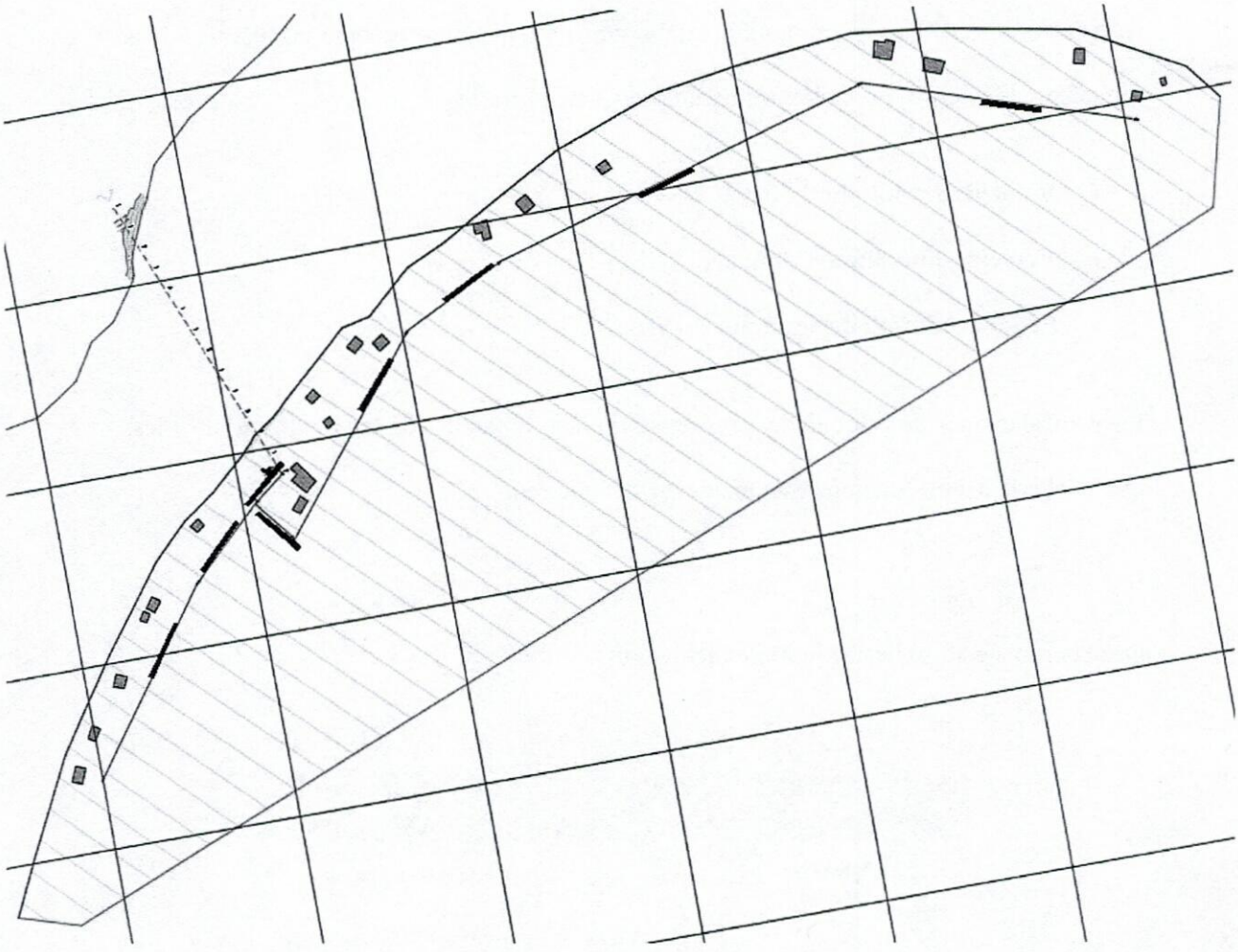

Ilustración 2. Esquema general sistema de acueducto.

Nota: El plano se adjunta en Anexos, en formato ACAD y PDF.

4. INFORMACIÓN DEL PROFESIONAL

- Matricula profesional:

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2022-1546476

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que GERARDINO GALINDEZ CERON, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 12238383, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 091037-0589031 CND desde el 06 de Octubre de 2021, otorgado(a) mediante Resolución Nacional R2021092970.

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

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

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

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los dos (02) días del mes de Septiembre del año dos mil veintidos (2022).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

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

MATRICULA PROFESIONAL

091037-0589031 CND

R2021092970

REPÚBLICA DE COLOMBIA

COPNIA

Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

INGENIERIA CIVIL

GERARDINO GALINDEZ CERON

ID: 12238383

ESCUELA DE INGENIEROS MILITARES

GERARDINO GALINDEZ CERÓN

Ingeniero Civil

C.C. 12.238.383 de Pitalito

MP. 091037-0589031 CND