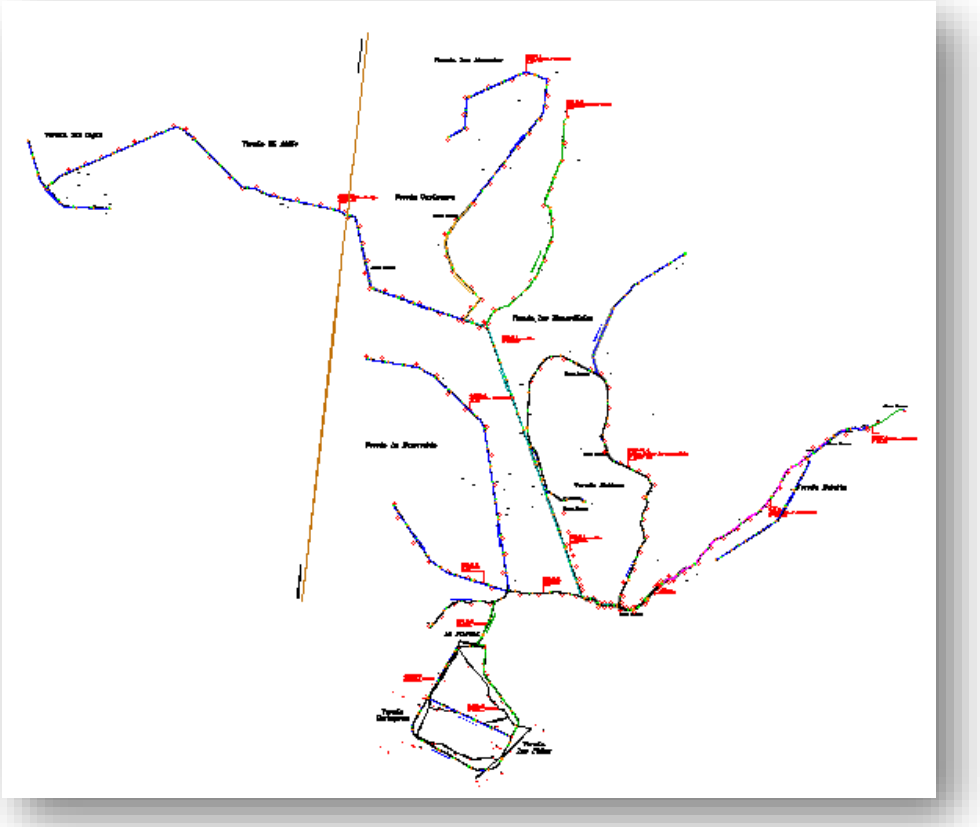
INFORME DE CONSULTORÍA

CONSULTOR: YESITH VICENTE AROCA ZULETA

CONTRATO DE CONSULTORÍA NO. PCMC 011 DE 2025.

OBJETO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ACUEDUCTO EN NUEVE VEREDAS RURALES DEL MUNICIPIO DE BECERRIL CESAR.



ENTIDAD CONTRATANTE: ALCALDÍA MUNICIPAL DE BECERRIL

1. INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es un derecho fundamental y un factor clave para el desarrollo sostenible de las comunidades. En este sentido, el Municipio de Becerril, comprometido con el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y con la reducción de las brechas en el acceso a servicios públicos esenciales, ha identificado como prioridad la estructuración de proyectos que permitan dotar de infraestructura adecuada a las zonas rurales más vulnerables de su territorio.

Con base en esta necesidad, y en el marco de su planificación estratégica, el Municipio ha impulsado la elaboración de estudios y diseños técnicos para la futura construcción de sistemas de acueducto en nueve veredas rurales: La Ladrillera, La Esmeralda, Los Manantiales, Fátima, El Hatillo, Las Cojas, Capiguara, Las Mercedes, Las Piñas y Cartagena. Estas comunidades, históricamente desatendidas en materia de servicios básicos, requieren soluciones integrales que respondan a sus condiciones geográficas, sociales y ambientales.

Para apoyar este proceso, se contrató una consultoría especializada con el objetivo de acompañar al Municipio en la formulación técnica de los proyectos, garantizando que los estudios y diseños cumplan con los criterios de viabilidad técnica, normativa, ambiental y financiera, y que puedan ser posteriormente gestionados ante fuentes de financiación regionales o nacionales.

Este informe presenta el desarrollo y los resultados de la consultoría, incluyendo el análisis de campo, la caracterización de cada vereda, el diseño preliminar de los sistemas de acueducto, y las recomendaciones técnicas orientadas a asegurar la sostenibilidad, eficiencia y pertinencia de las soluciones propuestas. Todo el trabajo ha sido realizado bajo un enfoque participativo, técnico y contextualizado, alineado con las políticas públicas del sector agua potable y saneamiento básico en Colombia.

2. GENERALIDADES

Localización del proyecto

El Municipio de Becerril se encuentra ubicado en el noroccidente del departamento del Cesar, en la región Caribe de Colombia. Geográficamente, se localiza entre las coordenadas 9°48’00” de latitud norte y 73°15’00” de longitud oeste, sobre el flanco oriental de la Serranía del Perijá, una subregión montañosa que forma parte de la cordillera Oriental.

Limita al norte con el municipio de La Jagua de Ibirico, al sur con el municipio de La Paz, al oriente con la República Bolivariana de Venezuela (dividida por la línea de frontera natural de la Serranía del Perijá), y al occidente con el municipio de Codazzi. Su extensión territorial es de aproximadamente 1.104 km², de los cuales una parte significativa corresponde a zona rural dispersa.

El territorio de Becerril presenta una topografía variada, que va desde zonas planas y ligeramente onduladas en su parte occidental, hasta áreas montañosas hacia el oriente, lo que influye directamente en las condiciones de acceso, el desarrollo de infraestructura y la gestión de los recursos hídricos. Se ubica en una región de transición entre el piedemonte andino y la llanura del Caribe, caracterizada por una riqueza hídrica importante gracias a la presencia de nacimientos, quebradas y pequeños ríos de carácter intermitente y permanente.

Desde el punto de vista climático, el municipio se encuentra en un piso térmico cálido, con una temperatura promedio anual que oscila entre los 27°C y 30°C, y una altitud que varía desde los 150 m.s.n.m. en las zonas bajas hasta más de 1.800 m.s.n.m en la Serranía del Perijá. El régimen de lluvias es bimodal, concentrándose principalmente en los meses de abril a junio y de septiembre a noviembre, lo cual es determinante para el diseño y planificación de proyectos de abastecimiento de agua.



Objetivos del proyecto

Objetivo general

La presente consultoría tiene como finalidad aportar a la solución estructural del déficit en el acceso al agua potable en zonas rurales del municipio de Becerril – Cesar, mediante la formulación técnica de proyectos de infraestructura hídrica adaptados a las condiciones del territorio y a las necesidades específicas de la población beneficiaria. En particular está orientada a la elaboración de los estudios y diseños técnicos requeridos para la futura construcción de sistemas de acueducto en las veredas: La Ladrillera, La Esmeralda, Los Manantiales, Fátima, El Hatillo, Las Cojas, Capiguara, Las Mercedes, Las Piñas y Cartagena.

Objetivos específicos

- **Diagnosticar y caracterizar integralmente** las condiciones actuales del recurso hídrico, la topografía, los asentamientos poblacionales y los hábitos de consumo, a través de visitas de campo, análisis de información secundaria y levantamientos específicos.

- **Desarrollar alternativas de solución viables** desde el punto de vista hidráulico, sanitario, ambiental, económico y social, considerando criterios de eficiencia, sostenibilidad y resiliencia frente al cambio climático.

- **Formular estudios y diseños técnicos detallados** que permitan estructurar proyectos listos para fase de ejecución, cumpliendo con la normatividad vigente (incluyendo el RAS 2000, normas ambientales, y requisitos de entidades financiadoras como el SGR o el DNP).

- **Proveer insumos técnicos confiables y verificables** para la posterior gestión del proyecto ante instancias de financiación pública o cooperación internacional, garantizando su viabilidad técnica, legal y financiera.

La consultoría, por tanto, no solo contribuye al mejoramiento futuro de las condiciones de vida de las comunidades rurales, sino que actúa como un instrumento técnico y estratégico que permite convertir una necesidad social en un proyecto estructurado, sustentado y ejecutable, alineado con los principios de la planeación territorial y la gestión eficiente de los recursos públicos

3. ASPECTOS CONTRACTUALES

Contrato de consultoría

A continuación, se presentan los aspectos contractuales del Contrato de Consultoría No. PCMC 011 de 2025.

Esta sección tiene como finalidad detallar los elementos esenciales del contrato, incluyendo el objeto, plazo, valor, obligaciones contractuales, interventoría, y demás condiciones relevantes que rigen la ejecución de la consultoría.

Tabla 1. Información del contrato de consultoría.

TIPOLOGIA CONTRACTUAL	CONSULTORÍA
NUMERO DE CONTRATO	PCMC 011 DE 2025.
CONTRATANTE	MUNICIPIO DE BECERRIL
CONTRATISTA	YESITH VICENTE AROCA ZULETA
OBJETO	ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ACUEDUCTO EN NUEVE VEREDAS RURALES DEL MUNICIPIO DE BECERRIL CESAR
VALOR IVA INCLUIDO	$ 39.832.543,00 - TREINTA Y NUEVE MILLONES OCHOCIENTOS TREINTA Y DOS MIL QUINIENTOS CUARENTA Y TRES PESOS M/CTE.
PLAZO	DOS (2) MESES
FECHA DE INICIO	22 DE SEPTIEMBRE DEL 2025
INTERVENTORÍA:	CESAR SERNA BLANCO

RELACIÓN DE PÓLIZAS DEL CONTRATO

En cumplimiento de las obligaciones contractuales establecidas en los pliegos de condiciones y en el contrato suscrito, el consultor realizó de manera oportuna la presentación de las pólizas exigidas, las cuales fueron radicadas con fecha coincidente a la del acta de inicio del contrato. Esta actuación permitió formalizar la legalización del contrato y habilitar el inicio de las actividades previstas en el cronograma.

Las garantías entregadas por el consultor incluyen las siguientes coberturas obligatorias:

- **Póliza de cumplimiento del contrato:** cuyo objeto es garantizar que el consultor ejecutará el objeto contractual conforme a los términos, condiciones, plazos y especificaciones técnicas pactadas.

- **Póliza de pago de salarios, prestaciones sociales e indemnizaciones laborales:** destinada a respaldar el cumplimiento de las obligaciones laborales derivadas del contrato, protegiendo tanto los derechos del personal vinculado como los intereses de la entidad contratante frente a eventuales contingencias de tipo laboral.

Las pólizas fueron sometidas a un proceso de verificación técnica y jurídica por parte de la interventoría, quien constató el cumplimiento.

Con base en esta revisión, se concluyó que las garantías presentadas por el consultor cumplen integralmente con los requisitos legales y contractuales exigidos, por lo que fueron aprobadas sin observaciones. Estas garantías constituyen una herramienta fundamental para mitigar riesgos durante la ejecución contractual y asegurar el cumplimiento de las obligaciones a cargo del consultor.

Tabla 2. Resumen pólizas del consultor.

ASEGURADORA: Aseguradora Solidaria de Colombia		FECHA DE EXPEDICIÓN: 11/09/2025		
COBERTURA	No. PÓLIZA	VR. ASEGURADO	VIGENCIA	
			DESDE	HASTA
cumplimiento del contrato	320 - 47 - 99400003383	$ 3,983,254	10/09/2025	10/03/2026
pago de salarios, prestaciones sociales e indemnizaciones	320 - 47 - 99400003383	$ 1,991,627	10/11/2028	10/11/2028

RELACIÓN DEL PERSONAL PROFESIONAL

El personal profesional utilizado por parte del consultor YESITH VICENTE AROCA ZULETA, durante el periodo del presente informe, se relaciona a continuación.

Tabla 3. Personal del consultor.

PERSONAL	CARGO	MES
EIDER ENRIQUE CUELLO ESCANDON	Ingeniero especialista director de consultoría	1
LEIXER ALFONSO RIVERO LONDOÑO	Ingeniero especialista en estructura	1
BISSMARCK ALFONSO PEDROZO FUENTES	Ingeniero especialista en hidráulica	1
JOSE ALCIDES AROCA ZABALETA	Ingeniero ambiental	1
KAREN TATIANA VEGA DAZA	Profesional social	1
LUIS GABRIEL BALMASEDA CORDERO	Topógrafo	1
JUAN CARLOS TORO GUERRA	Geotecnista	1

El personal profesional utilizado por parte de la interventoría CESAR SERNA BLANCO durante el periodo del presente informe, se relaciona a continuación.

CONTROL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS DEL CONSULTOR

A continuación, se presenta la relación de maquinaria y equipos utilizados por el contratista para la ejecución del proyecto

Tabla 4. Relación de equipos utilizados en el periodo.

EQUIPOS
Receptor GPS RTK RUIDE RENO 1
Controlador H6
Software de recolección de datos SURV 4.0
Un (1) vehículo tipo pick up

CONTROL DE ENSAYOS Y LABORATORIOS

- Se realizo batimetría en el rio maracas
- Se realizaron estudios geotécnicos

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ACTIVIDADES

En el presente periodo se ejecutaron actividades en el componente técnico, de topografía, soportes que se relacionan en el ANEXO 6.

ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL CONSULTOR

Topografía

Como primera fase del desarrollo de los estudios y diseños, el consultor inició las labores de levantamiento topográfico, actividad fundamental para la definición de trazados, cotas, volúmenes y diseño hidráulico del sistema de acueducto. Este trabajo se ejecutó siguiendo la secuencia funcional del sistema, iniciando en el punto de captación y continuando a lo largo de cada componente crítico de la infraestructura proyectada.

El levantamiento comenzó en el sector de la bocatoma, identificando con precisión las coordenadas, elevaciones y condiciones del terreno en el sitio de captación propuesto. A partir de este punto, se procedió a trazar la línea de aducción entre la bocatoma y el desarenador, capturando los datos necesarios para evaluar pendientes, distancias y viabilidad técnica del transporte inicial del recurso hídrico.

Posteriormente, se realizó el levantamiento en el área del desarenador, contemplando tanto su ubicación como las conexiones hidráulicas requeridas para su adecuado funcionamiento. Desde allí, se continuó con la aducción entre el desarenador y la planta de tratamiento, considerando factores topográficos que inciden directamente en el diseño hidráulico por gravedad o por bombeo, según corresponda.

Seguidamente, se abordó la zona destinada al tanque de almacenamiento, estableciendo las cotas necesarias para su dimensionamiento, capacidad útil y relación con la red de distribución. Finalmente, se ejecutó el levantamiento topográfico de las redes de distribución, cubriendo los tramos proyectados hacia las áreas de influencia de cada vereda beneficiaria, con especial atención a la altimetría, densidad poblacional, tramos críticos y posibles interferencias.

Adicionalmente, durante el proceso de levantamiento se llevó a cabo la ubicación georreferenciada de los beneficiarios del proyecto, con el fin de integrar la información sociodemográfica y espacial necesaria para el diseño de la red de distribución y la planificación operativa del sistema. Esta información permitió ajustar los trazados y asegurar la cobertura eficiente y sostenible de los servicios de acueducto a la población objetivo.

Este trabajo de campo constituyó la base técnica para el desarrollo de los diseños hidráulicos, estructurales y operativos del sistema de acueducto, permitiendo avanzar con precisión hacia las siguientes fases del proceso consultivo.

Censo Poblacional para el Diseño Hidráulico

Como insumo fundamental para el dimensionamiento del sistema de acueducto, se realizó un censo poblacional detallado en cada una de las veredas beneficiarias del proyecto. Este levantamiento de información permitió caracterizar de manera precisa la población actual, su distribución geográfica, y proyectar el crecimiento poblacional esperado durante la vida útil del sistema, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000.

El censo incluyó:

- Número total de habitantes por vivienda.
- Número de viviendas activas y en proyección.
- Distribución de la población por vereda.
- Actividades económicas predominantes (para estimar consumos no

domésticos).

- Cobertura y ubicación de instituciones públicas (escuelas, centros de salud, etc.).

Con base en esta información, se establecieron las tasas de crecimiento poblacional y se definieron los horizontes de diseño (corto, mediano y largo plazo), lo cual permitió calcular de forma precisa los caudales de diseño para cada componente hidráulico del sistema (bocatoma, desarenador, planta, tanques y redes de distribución).

Este censo no solo garantizó la confiabilidad de los parámetros de diseño hidráulico, sino que también permitió identificar el número de beneficiarios directos del proyecto, ajustar los esquemas de distribución y validar la cobertura esperada del servicio de agua potable en condiciones normales y de máxima demanda.

Estudio Hidrológico del Río Maracas y del Cauce del Manantial

Como parte de los estudios técnicos requeridos para garantizar la viabilidad del sistema de captación, se realizó un estudio hidrológico detallado en las dos fuentes superficiales identificadas para abastecer el sistema de acueducto: el río Maracas y un manantial natural de carácter permanente.

El objetivo principal del estudio fue caracterizar el comportamiento hidrológico de ambas fuentes, determinar su capacidad de aporte y establecer condiciones de operación seguras, sostenibles y acordes con las demandas del sistema en los distintos escenarios de diseño (normal, mínimo y máximo).

Río Maracas

Para el río Maracas se desarrollaron las siguientes actividades:

- Levantamiento de información secundaria e histórica, incluyendo series de caudales, precipitación y niveles de agua disponibles en estaciones hidrometeorológicas cercanas.

- Aforos directos en campo, mediante el método del molinete, realizados en distintos puntos y durante diferentes épocas del año para caracterizar caudales en condiciones de estiaje y creciente.

- Cálculo de caudales medios, mínimos y máximos históricos, utilizando métodos estadísticos (Gumbel, Log-Pearson III) y técnicas de regionalización hidrológica.

- Evaluación de la variabilidad estacional y estimación de la oferta hídrica

disponible para la captación proyectada.

- Análisis de turbiedad, especialmente durante eventos de precipitación intensa, identificando que los aumentos significativos en sólidos suspendidos afectan la eficiencia de los sistemas de tratamiento.

Cauce del Manantial

- El manantial fue evaluado como fuente alterna o de respaldo, principalmente durante períodos de alta turbidez en el río Maracas. Para ello se realizaron:

- Aforos continuos del caudal base, mediante métodos volumétricos y de canal abierto, con el fin de determinar su comportamiento como fuente estable.

- Caracterización físico - química preliminar del agua, evidenciando baja carga de sólidos y condiciones favorables para el tratamiento.

- Análisis de sostenibilidad, considerando la recarga natural, uso actual del recurso y posibles impactos de la captación.

Ambos estudios permitieron dimensionar adecuadamente las bocatomas y definir los criterios operativos para el cambio de fuente en función de la calidad del agua y de la oferta hídrica disponible. La información hidrológica obtenida fue fundamental para garantizar un diseño seguro, resiliente y técnicamente viable del sistema de abastecimiento.

Estudios de Suelo y Geotecnia

Como parte del proceso técnico integral para la formulación del proyecto, se realizaron estudios de suelos y geotecnia en las áreas donde se ubicarán las principales estructuras del sistema de acueducto: bocatomas, desarenador, planta de tratamiento, tanques de almacenamiento y componentes complementarios.

Estos estudios tuvieron como objetivo evaluar las condiciones geotécnicas del terreno, identificar posibles restricciones constructivas y aportar los parámetros necesarios para el diseño estructural y la selección de soluciones de cimentación seguras y eficientes.

Las actividades desarrolladas incluyeron:

- Reconocimiento geotécnico de campo, mediante inspecciones visuales, mapeo superficial, análisis morfológico y determinación preliminar de unidades litológicas.

- Sondajes y calicatas en puntos representativos, para la caracterización estratigráfica del terreno y toma de muestras disturbadas y no disturbadas.

- Ensayos de laboratorio, incluyendo análisis granulométricos, límites de Atterberg, humedad natural, peso específico, capacidad de carga y otros parámetros mecánicos relevantes.

Determinación del tipo de suelo, clasificación SUCS y AASHTO, y análisis de su comportamiento frente a cargas estructurales, presencia de humedad, nivel freático y potencial de asentamientos diferenciales.

Recomendaciones para diseño de cimentaciones, estableciendo tipos de fundación adecuados (superficial o profunda), profundidad mínima de desplante, capacidad portante admisible, y medidas de estabilización en caso de suelos con baja resistencia o presencia de materiales compresibles.

Los resultados del estudio de suelos fueron consolidados en un informe técnico anexo, el cual sirve de base para el diseño estructural seguro de todas las obras del sistema, asegurando su estabilidad a largo plazo y optimizando los procesos constructivos.

Desarrollo de los Diseños Hidráulicos

A partir de la información obtenida en el levantamiento topográfico, se inició la etapa de diseño hidráulico, fundamental para garantizar la operatividad y eficiencia del sistema de acueducto rural. Este proceso se enfocó en dimensionar y definir con precisión cada uno de los componentes hidráulicos que integran el sistema, asegurando el cumplimiento de los requerimientos técnicos, normativos y funcionales.

Diseño de las bocatomas

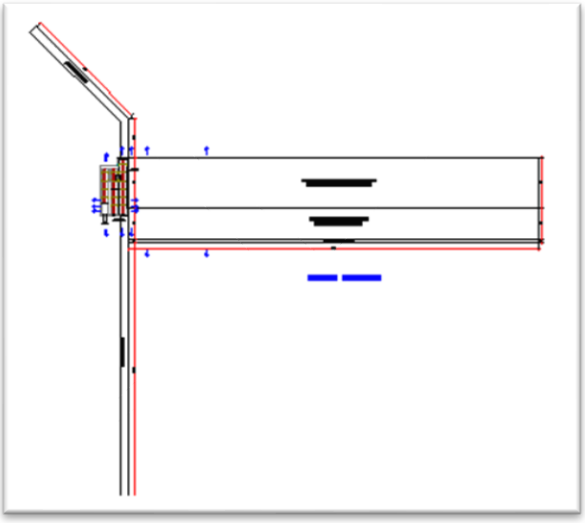
La bocatoma fue diseñada para optimizar la captación del recurso hídrico, considerando aspectos como la disponibilidad del caudal, la presión estática y dinámica, así como las condiciones geomorfológicas del sitio. Se analizaron las características del cauce y su régimen hidráulico, garantizando que la estructura permita una captación sostenible y segura, minimizando pérdidas y riesgos de obstrucción.

Para garantizar la captación continua y de calidad del recurso hídrico, se ha previsto la construcción de dos bocatomas diferenciadas, ubicadas estratégicamente para asegurar la operación eficiente del sistema frente a condiciones variables del recurso. La primera bocatoma estará localizada sobre el río Maracas, principal fuente de abastecimiento, aprovechando su caudal permanente y ubicación favorable para la captación. No obstante, debido a la alta variabilidad en la calidad del agua durante

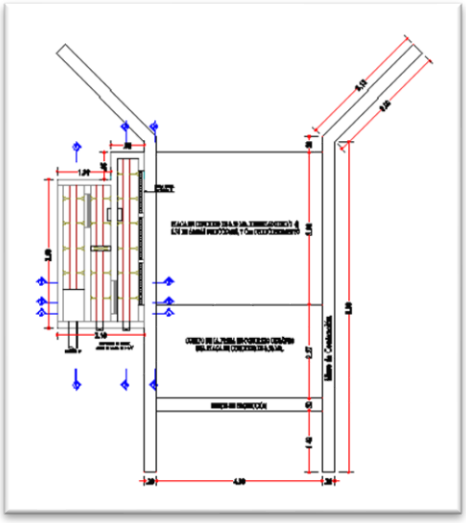
episodios de fuertes precipitaciones, que incrementan significativamente la turbiedad y pueden afectar la integridad de la estructura filtrante en la planta de tratamiento, se plantea la construcción de una segunda bocatoma.

Esta segunda bocatoma se ubicará en un manantial alterno, caracterizado por un caudal más estable y menor concentración de sólidos suspendidos, lo que permitirá mantener el suministro y proteger los equipos del sistema durante períodos críticos. Esta configuración dual ofrecerá redundancia operativa, minimizando riesgos de interrupción y daños en la infraestructura hidráulica.

Ambas bocatomas fueron diseñadas considerando aspectos hidráulicos y estructurales, tales como niveles piezométricos, capacidad de captación, accesibilidad para mantenimiento, y protección contra eventos hidrometeorológicos, garantizando así la sostenibilidad y resiliencia del sistema de abastecimiento.



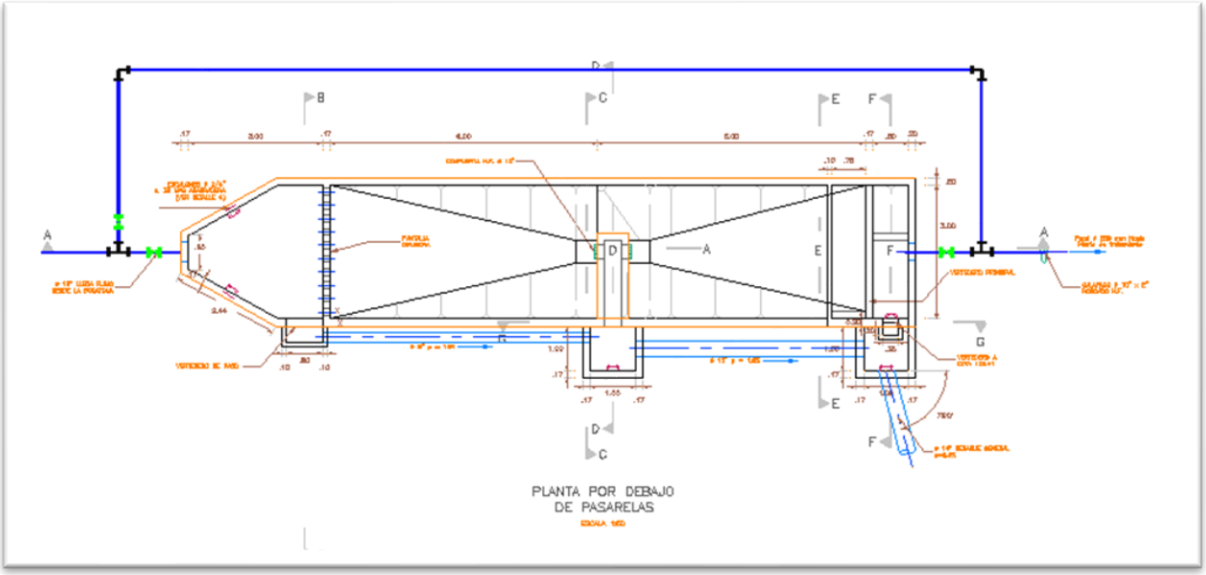
Bocatoma sobre el rio maracas



Bocatoma sobre el manantial

Diseño del desarenador

En el diseño del desarenador, se aplicaron criterios hidráulicos orientados a maximizar la remoción de sólidos suspendidos mediante procesos de sedimentación gravitacional. Se dimensionaron las cámaras y los tiempos de retención necesarios para asegurar la eficiencia en la eliminación de sedimentos, protegiendo los equipos y procesos de tratamiento posteriores.



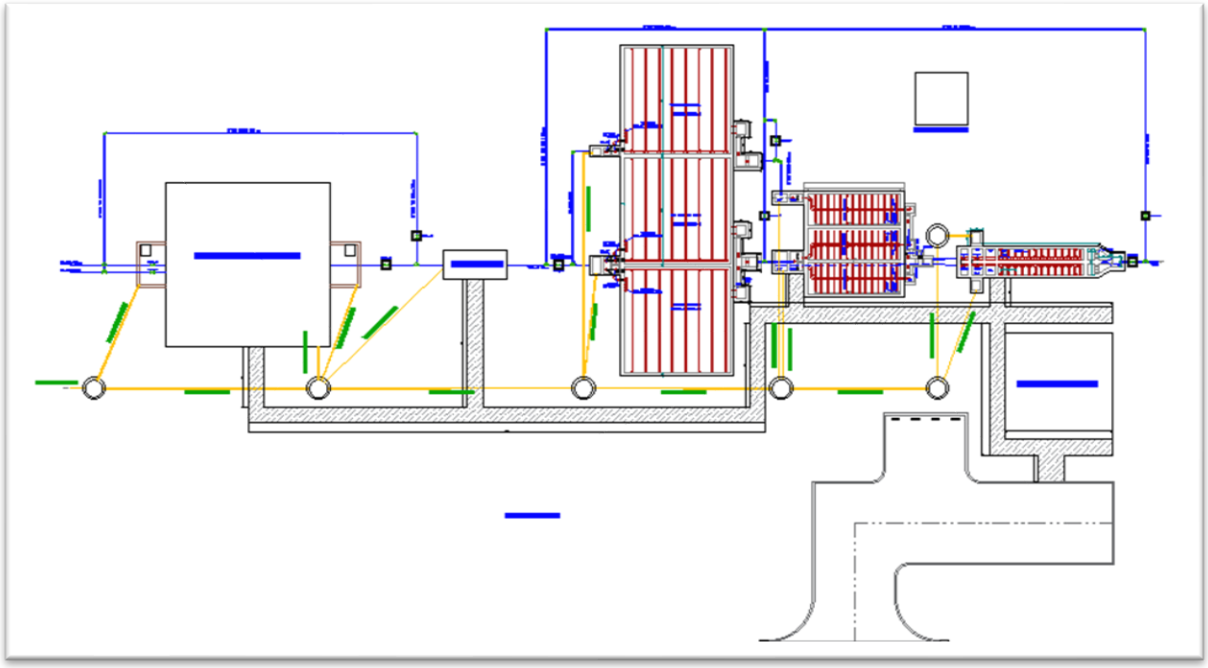
Diseño de la Planta de Tratamiento con Filtro Lento Ascendente (FLA)

La planta de tratamiento proyectada incorpora un sistema de Filtro Lento Ascendente (FLA), reconocido por su eficacia en la purificación natural del agua mediante procesos físicos y biológicos.

En este sistema, el agua cruda, previamente pretratada para reducción de sólidos gruesos, es conducida hacia el fondo del filtro, desde donde asciende lentamente a través de un lecho filtrante de arena fina. Durante este paso, se retienen partículas suspendidas y se favorece la degradación biológica de materia orgánica y microorganismos, gracias a la formación de una biocapa en la superficie del medio filtrante.

El diseño hidráulico del FLA considera velocidades de filtración típicamente bajas, que aseguran un contacto prolongado y efectivo con el medio filtrante, optimizando la calidad del agua tratada. Además, la dirección ascendente del flujo facilita la limpieza y mantenimiento del filtro, permitiendo una mayor duración y eficiencia operativa.

Este sistema es especialmente adecuado para fuentes de agua con baja a moderada turbidez y es compatible con las condiciones topográficas y socioeconómicas del área de intervención, garantizando un suministro de agua potable con altos estándares de calidad microbiológica y física.



Diseño de los Tanques de Almacenamiento

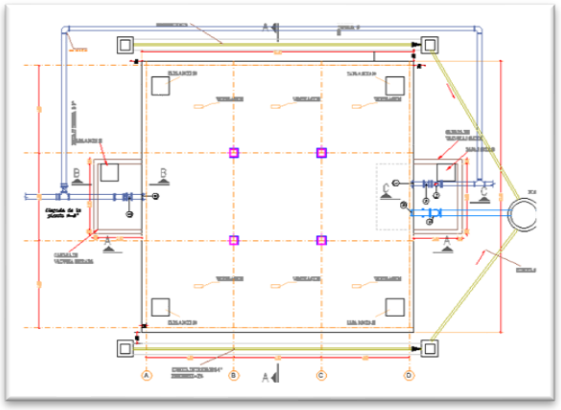
Con el fin de garantizar la continuidad del servicio, el equilibrio hidráulico del sistema y la adecuada cobertura de las áreas rurales beneficiarias, se diseñó un sistema de almacenamiento compuesto por dos tanques interconectados, cuya capacidad conjunta responde a la extensión geográfica de las veredas atendidas y a la variabilidad en la demanda diaria.

El diseño contempla en primer lugar la construcción de un tanque inicial de 400 m³, que actúa como punto de regulación inmediata para el caudal proveniente de la planta de tratamiento. Este tanque permite estabilizar el flujo de entrada, asegurar una presión mínima en la red y atender la demanda inmediata de las zonas más cercanas.

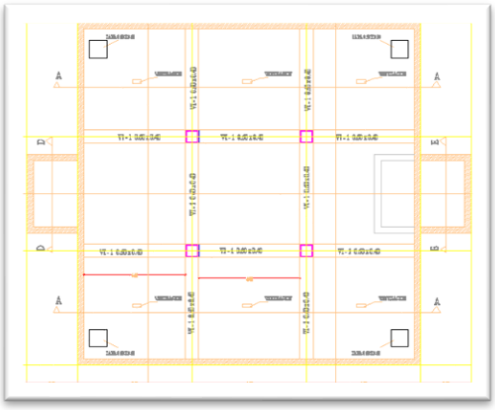
Adicionalmente, se proyecta un segundo tanque de 600 m³, hidráulicamente intercomunicado con el primero, ubicado estratégicamente para permitir la redistribución del agua hacia los sectores más alejados del sistema. Esta configuración en paralelo garantiza una mayor capacidad operativa, facilita el manejo de picos de consumo y permite segmentar el abastecimiento según necesidades operativas o situaciones de mantenimiento.

Ambos tanques fueron dimensionados conforme a los caudales promedio diarios, la dotación per cápita proyectada, el crecimiento poblacional estimado y el tiempo de retención requerido para asegurar estabilidad en el suministro. La topografía del terreno fue considerada para optimizar la presión gravitacional en la red de distribución, minimizando la necesidad de sistemas de bombeo adicionales.

Este sistema dual de almacenamiento permite una gestión más flexible del recurso hídrico, mejora la confiabilidad del sistema en áreas rurales dispersas y contribuye a la sostenibilidad técnica y operativa del proyecto de acueducto rural.



Tanque de 400 m³



Tanque de 600 m³

Diseño de redes de distribución

Las redes de distribución del sistema de acueducto han sido diseñadas para garantizar la entrega eficiente, continua y segura del agua tratada a las viviendas y puntos de consumo ubicados en las veredas beneficiarias del proyecto. Dado el carácter rural y la dispersión geográfica de los usuarios, se priorizó un diseño hidráulico que asegure presiones adecuadas, minimice pérdidas por fricción y facilite la operación y el mantenimiento del sistema.

Las conducciones se proyectaron utilizando tubería en PEAD (Polietileno de Alta Densidad), material que presenta ventajas técnicas importantes para este tipo de aplicaciones, tales como:

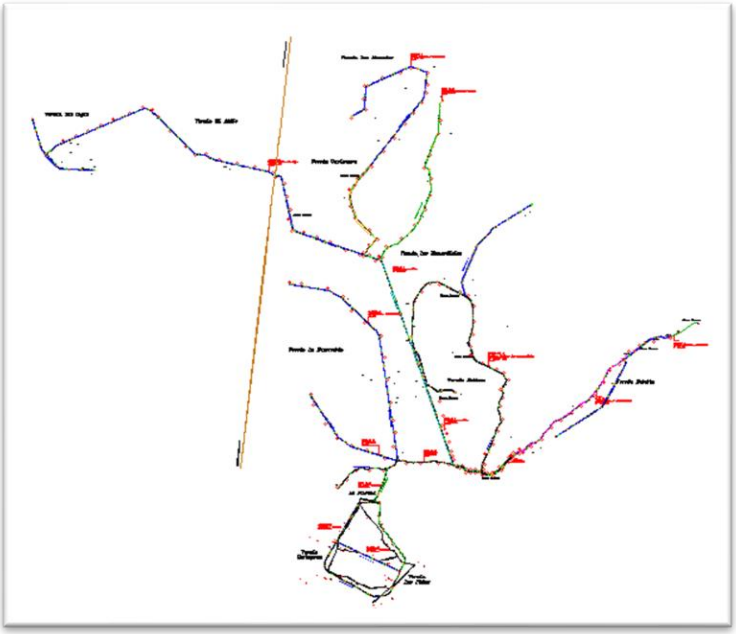
- Alta resistencia a la corrosión y a agentes químicos presentes en el entorno natural.
- Excelente flexibilidad, lo que facilita la adaptación a terrenos irregulares y pendientes variables sin comprometer la integridad estructural.
- Uniones soldadas por termofusión o electrofusión, que permiten obtener juntas herméticas, reduciendo al mínimo el riesgo de fugas o infiltraciones.
- Larga vida útil, estimada en más de 50 años bajo condiciones normales de operación.

El diseño hidráulico de las redes consideró los caudales de diseño por sector, la dotación per cápita, los coeficientes de simultaneidad, y las pérdidas de carga en función de longitudes, rugosidad de las tuberías y número de accesorios. Se adoptaron diámetros escalonados según la jerarquía de la red (matrices, secundarias y domiciliarias), optimizando los recursos y garantizando presiones mínimas y máximas dentro de los rangos establecidos por la normativa técnica (RAS 2000).

Adicionalmente, se incorporaron elementos de control y mantenimiento como válvulas de aire, válvulas de compuerta y desagües estratégicamente ubicados, para facilitar la operación del sistema, la purga de líneas y el aislamiento de tramos en caso de reparación.

El uso de PEAD en este proyecto garantiza una solución técnica duradera, eficiente y adecuada a las condiciones rurales del territorio, reduciendo costos operativos y asegurando una prestación sostenible del servicio.

En conjunto, estos diseños hidráulicos se desarrollaron bajo un enfoque integral y sistémico, utilizando herramientas de modelación y software especializado que permitieron validar la factibilidad técnica y asegurar la sostenibilidad operativa del sistema de acueducto rural proyectado.



Desarrollo de los Diseños Estructurales

Una vez definidos y dimensionados los componentes hidráulicos del sistema de acueducto, se procedió a la elaboración de los diseños estructurales

correspondientes para cada una de las obras civiles que conforman el proyecto. Esta fase tiene como objetivo garantizar la estabilidad, durabilidad y seguridad estructural de los elementos constructivos, considerando las cargas actuantes, las condiciones del terreno y la vida útil proyectada del sistema.

Los diseños estructurales se desarrollaron conforme a las normas técnicas colombianas vigentes (NSR-10) y los lineamientos específicos para infraestructura hidráulica rural. Se contemplaron los siguientes elementos:

- Estructuras de captación (bocatomas): cimentaciones y obras en concreto reforzado resistente a empujes hidráulicos, cargas de sedimentos, socavación y posibles crecidas del cauce.

- Desarenador: estructuras en concreto para el canal de ingreso, cámara de sedimentación y sistema de limpieza, dimensionadas para soportar el peso del agua, los materiales sedimentados y cargas externas.

- Planta de Tratamiento con Filtro Lento Ascendente (FLA): estructuras para albergar las unidades de tratamiento, incluyendo muros de contención, losas de fondo, cámaras de entrada y salida, diseñadas para soportar presiones internas, esfuerzos de expansión del suelo y cargas vivas.

- Tanques de almacenamiento (400 m^3 y 600 m^3): estructuras en concreto reforzado o mampostería confinada (según análisis técnico), diseñadas para resistir presiones hidrostáticas, cargas del terreno, sismos y efectos de temperatura, garantizando impermeabilidad y estabilidad.

- Cámaras de válvulas y estructuras complementarias: elementos de protección y operación que también fueron objeto de análisis estructural para asegurar su funcionalidad y resistencia a cargas mecánicas y ambientales.

Para cada estructura se desarrollaron planos detallados, especificaciones técnicas, memorias de cálculo estructural y recomendaciones constructivas, asegurando la integridad física de las obras a lo largo del tiempo y su adecuada integración con el sistema hidráulico.

Elaboración del Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

En cumplimiento de la normativa vigente y con el fin de mitigar los impactos temporales que puedan generarse sobre la movilidad durante la ejecución de las obras del sistema de acueducto, se elaboró un Plan de Manejo de Tránsito (PMT), el cual se anexa como parte integral del paquete técnico del proyecto.

Este documento establece las medidas preventivas, operativas y de señalización

necesarias para garantizar la seguridad vial de los peatones, vehículos y personal de obra, así como para mantener la funcionalidad de las vías intervenidas, especialmente en zonas rurales con pasos restringidos o de difícil acceso.

El PMT incluye:

- Diagnóstico vial de las zonas de intervención, identificando rutas principales, accesos a predios, zonas de carga, y caminos veredales críticos.

- Análisis de interferencias viales por actividades de excavación, tendido de redes, acceso de maquinaria y construcción de estructuras hidráulicas.

- Diseño de rutas alternas o desvíos temporales, cuando aplique, priorizando la seguridad y minimizando las afectaciones al tránsito local.

- Esquemas de señalización preventiva, informativa y reglamentaria, conforme a lo establecido en el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte, adaptado a entornos rurales.

- Protocolos de control del tránsito durante la obra, incluyendo el uso de auxiliares de tráfico, horarios de trabajo recomendados y planes de contingencia.

- Medidas de protección para usuarios vulnerables, como peatones, ciclistas y poblaciones escolares, especialmente en zonas de paso obligado.

Este plan fue desarrollado en coordinación con las especificaciones técnicas del proyecto y será de aplicación obligatoria durante la etapa constructiva, garantizando una gestión segura y organizada del tránsito en las zonas de influencia directa del proyecto.

Estudios Eléctricos

Como parte de los estudios complementarios requeridos para garantizar la operatividad integral del sistema de acueducto, se realizaron estudios eléctricos en las zonas donde se proyecta la instalación de equipos electromecánicos, particularmente en la planta de tratamiento y puntos críticos del sistema que requieren alimentación eléctrica para el funcionamiento.

Las actividades desarrolladas incluyeron:

- Reconocimiento en campo de la infraestructura eléctrica existente, incluyendo redes de media y baja tensión, distancias a los puntos de conexión más cercanos, y presencia de transformadores o subestaciones.

- Coordinación preliminar con el operador de red local, para validar la factibilidad técnica de conexión, capacidad de carga disponible, y requerimientos normativos.

- Diseño preliminar de las acometidas eléctricas necesarias para los puntos de consumo, incluyendo trazado, tipo de conductor, protecciones eléctricas y sistemas de puesta a tierra.

- Estimación de cargas eléctricas con base en los equipos proyectados y determinación de la potencia instalada y demandada.

- Identificación de necesidades de respaldo, como la posible instalación de sistemas de energía alternativa (paneles solares) o grupos electrógenos, en zonas donde no hay cobertura eléctrica o la calidad del servicio es deficiente.

Los resultados del estudio eléctrico fueron consolidados en un informe anexo con planos, diagramas unifilares y memorias de cálculo, que permitirán garantizar el adecuado suministro energético para el funcionamiento del sistema, optimizando el consumo, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los riesgos eléctricos.

Procesos constructivos

Como parte integral de los estudios y diseños, se elaboró un documento técnico que define de manera detallada los procesos constructivos para cada una de las estructuras que conforman el sistema de acueducto proyectado. Este documento tiene como finalidad establecer los procedimientos, métodos, equipos, materiales y secuencia de actividades necesarios para la correcta ejecución de las obras, conforme a las especificaciones técnicas y normas vigentes. Dicho documento hace parte de los anexos.

Especificaciones Técnicas del Proyecto

Como parte del desarrollo integral de los estudios y diseños del sistema de acueducto rural, se elaboró el documento de Especificaciones Técnicas, el cual contiene los lineamientos constructivos, operativos y de calidad que deberán cumplirse durante la ejecución de las obras proyectadas. Este documento constituye un instrumento normativo y de control, destinado a garantizar la correcta interpretación de los planos, la adecuada selección de materiales y la ejecución conforme a estándares técnicos y normativos.

Las especificaciones técnicas se organizan por capítulos, según los componentes del sistema, e incluyen lo siguiente:

- Obras de captación (bocatomas): criterios para la construcción en concreto, protecciones hidráulicas, acabados, anclajes y dispositivos de retención de sólidos.

- Desarenador: instrucciones sobre dimensiones mínimas, pendientes internas, materiales, recubrimientos y sistema de limpieza manual o automático.

- Planta de tratamiento (Filtro Lento Ascendente – FLA): características del lecho filtrante, granulometría de la arena, estructuras de entrada y salida, sistema de drenaje inferior, y procedimientos de limpieza.

- Tanques de almacenamiento: detalles constructivos del vaso del tanque, juntas de dilatación, impermeabilización, ventilación, escaleras internas y válvulas de entrada/salida.

- Redes de distribución en PEAD: especificaciones sobre clases de presión, diámetros nominales, métodos de soldadura (termofusión o electrofusión), profundidad de instalación, cama de apoyo, relleno y señalización.

- Obras complementarias: cámaras de válvulas, ventosas, anclajes, dispositivos de control y drenaje.

Este documento servirá como base contractual y técnica durante la etapa de construcción del proyecto, facilitando la supervisión, el control de calidad y el cumplimiento de los objetivos técnicos definidos en los diseños.

Elaboración del Presupuesto de Obra

Una vez consolidados todos los estudios técnicos —incluyendo diseños hidráulicos, estructurales, eléctricos, geotécnicos, topográficos e hidrológicos— se procedió a la formulación del presupuesto oficial de la obra, el cual se presenta como anexo a este informe.

El presupuesto fue elaborado con base en:

- Las cantidades de obra determinadas a partir de los diseños y planos técnicos desarrollados para cada uno de los componentes del sistema (bocatomas, desarenador, planta de tratamiento, tanques de almacenamiento, redes de distribución, obras complementarias y conexiones eléctricas).

- Análisis de precios unitarios (APU), construidos bajo criterios técnicos y normativos, incorporando rendimientos, insumos actualizados, costos de mano de obra, maquinaria y transporte, según las condiciones propias del área de intervención.

- Ítems agrupados por capítulos de obra, organizados de manera secuencial según la lógica constructiva: obras preliminares, movimiento de tierras, estructuras hidráulicas, instalación de redes, estructuras complementarias, sistemas eléctricos, señalización, entre otros.

- Aplicación de factores de costos indirectos, administración, imprevistos y utilidad, conforme a los parámetros establecidos en la normativa colombiana de contratación pública y en concordancia con las características del proyecto.

El resultado es un documento técnico-financiero completo que permite estimar de manera precisa el costo total de inversión requerido para la ejecución del proyecto, facilitando su viabilidad presupuestal y su inclusión en planes de financiación por parte del ente territorial o de otras fuentes de inversión.

Relación de Entregables de la Consultoría

Con base en el alcance definido contractualmente y en cumplimiento de las obligaciones técnicas de la consultoría, se elaboró y consolidó un conjunto completo de productos técnicos que sustentan la viabilidad del sistema de acueducto proyectado para las veredas rurales del municipio de Becerril – Cesar.

A continuación, se presenta la relación detallada de los entregables puestos a disposición de la interventoría para su revisión técnica, validación y posterior aprobación, los cuales forman parte integral del expediente final del proyecto:

Informe General de Estudios y Diseños

- Documento técnico que compila todos los análisis, criterios, resultados y recomendaciones del proceso de consultoría.

Estudios Topográficos

- Planimetría y altimetría del trazado del sistema.

- Curvas de nivel, perfiles longitudinales y transversales.

- Planos topográficos georreferenciados.

Estudios Geotécnicos y de Suelos

- Memorias de reconocimiento y caracterización del terreno.

- Ensayos de laboratorio y parámetros de diseño de cimentaciones.

- Informe geotécnico consolidado.

Estudios Hidrológicos

- Análisis de oferta hídrica del río Maracas y del manantial.
- Cálculo de caudales de diseño y periodos de retorno.
- Evaluación de calidad y continuidad de ambas fuentes.

Censo Poblacional y Demanda Proyectada

- Base de datos de usuarios actuales y proyectados.
- Proyecciones poblacionales para los horizontes de diseño.
- Dotación y consumo estimado por tipo de usuario.

Diseños Hidráulicos

- Cálculo de caudales, presiones, pérdidas y velocidades.
- Dimensionamiento de bocatomas, desarenador, planta FLA, tanques y redes.
- Planos hidráulicos detallados y perfiles hidráulicos.

Diseños Estructurales

- Memorias de cálculo estructural por componente.
- Detalles constructivos y recomendaciones técnicas.
- Planos estructurales.

Diseños Eléctricos

- Diagramas unifilares, planos de acometidas, sistemas de puesta a tierra.
- Memorias técnicas y de cálculo.

Especificaciones Técnicas

- Documento normativo que establece materiales, procedimientos y estándares

de calidad para la ejecución de las obras.

Procesos Constructivos

- Manual técnico que describe secuencia de ejecución, equipos, personal, materiales y controles de calidad por actividad constructiva.

Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

- Documento que contiene medidas de seguridad vial, señalización, desvíos y control de tráfico durante la ejecución de obras.

Presupuesto Oficial del Proyecto

- Cantidades de obra, análisis de precios unitarios, resumen por capítulos e inversión total estimada.

Listado de Planos

- Carpeta de planos debidamente rotulados, numerados y organizados según los capítulos del proyecto.

Memorias de Cálculo

- Documentos justificativos que respaldan los diseños hidráulicos, estructurales y eléctricos.

Todos los entregables han sido organizados en formato digital (según lo requerido contractualmente), garantizando su trazabilidad, legibilidad y adecuación técnica para su revisión por parte de la interventoría, y posteriormente para la gestión del proceso constructivo por parte del ente contratante.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

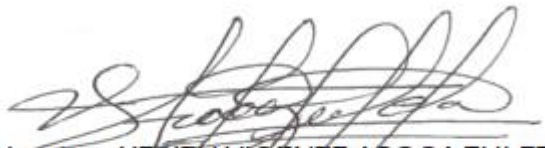
La consultoría desarrollada para la elaboración de los estudios y diseños del sistema de acueducto rural para las veredas La Ladrillera, La Esmeralda, Los Manantiales, Fátima, El Hatillo, Las Cojas, Capiguara, Las Mercedes, Las Piñas y Cartagena del municipio de Becerril – Cesar, cumple con los objetivos técnicos establecidos contractualmente y se fundamenta en criterios de ingeniería confiables, actualizados y acordes con la normatividad vigente en Colombia.

El proceso adelantado comprendió un enfoque integral que abarcó el análisis de las condiciones topográficas, hidrológicas, geotécnicas, hidráulicas, estructurales, eléctricas y socio - demográficas del área de influencia del proyecto. Con base en

esta información, se diseñaron de forma detallada todos los componentes del sistema, asegurando su funcionalidad, eficiencia operativa y sostenibilidad en el tiempo.

La documentación técnica producida “incluyendo memorias de cálculo, planos, especificaciones técnicas, procesos constructivos, estudios de soporte y presupuesto” constituye una base sólida para la ejecución del proyecto, facilitando su gestión ante las entidades correspondientes y su implementación por parte del contratista de obra.

En conclusión, el proyecto desarrollado permitirá mejorar significativamente la calidad de vida de la población rural beneficiaria, garantizando el acceso continuo y seguro al agua potable mediante una infraestructura diseñada con criterios técnicos, sociales y ambientales adecuados, promoviendo el desarrollo territorial y el bienestar colectivo.



Nombre: YESITH VICENTE AROCA ZULETA
C. C. No.: 70.065.490 de Medellín
Matrícula Profesional: 05202-03316 ANT