

**APOYO TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO A LOS DISTINTOS PROYECTOS  
RELACIONADOS CON AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO,  
DESARROLLADOS POR LA SECRETARÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL EN EL  
AREA SUB-URBANA Y RURAL DEL MUNICIPIO DE PASTO**

**NELSON EFRAIN VALENZUELA YELA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2012**

**APOYO TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO A LOS DISTINTOS PROYECTOS  
RELACIONADOS CON AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO,  
DESARROLLADOS POR LA SECRETARÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL EN EL  
AREA SUB-URBANA Y RURAL DEL MUNICIPIO DE PASTO**

**NELSON EFRAIN VALENZUELA YELA**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
ingeniero civil**

**Director  
Ing. Luis Eduardo Burbano  
Codirector  
Ing. José Alfredo Jiménez Córdoba**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2012**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1 del acuerdo 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente agradezco a Dios, artífice de mi existencia, el ser que con su maravilloso poder me ha brindado vida, salud y sobre todo valor para afrontar los retos y dificultades.

A mis padres quienes nunca dejaron de creer en mí, sin quien mis logros no tendrían razón de ser.

A todas aquellas personas que han hecho parte de mi vida, acompañando mi camino y en los momentos más difíciles extendiéndome la mano.

A María Gabriela Santacruz quien con su sola existencia me brinda la inspiración para seguir adelante y que con su presencia me brinda el apoyo sincero y desinteresado que me llevan a ser mejor cada día.

Un agradecimiento especial al ingeniero Luis Eduardo Burbano, quien me brindó la oportunidad de desarrollar mi trabajo de grado en la secretaria de gestión ambiental y con su colaboración culminar con éxito las actividades propuestas.

## **RESUMEN**

El desarrollo del presente trabajo comprende proyectos relacionados con el manejo de agua potable y residual a través del estudio, diseño y construcción de acueductos, alcantarillados y obras complementarias.

Se incluyen proyectos de diseños preliminares, proyectos de consultoría y proyectos de interventoría, a los cuales se les realizó un seguimiento en sus etapas precontractual y contractual y en algunos de ellos en su etapa de ejecución. En total se llevaron a cabo siete proyectos; uno de ellos de estudios preliminares y diseño de acueducto, dos de seguimiento a la interventoría en acueducto y obras complementarias, uno de seguimiento a la interventoría en alcantarillado pluvial, uno de seguimiento a la consultoría en alcantarillado y dos de revisión de estudios y diseños para la ejecución de proyectos priorizados financiados por el B.I.D (Banco interamericano de desarrollo), en convenio con Empopasto y la Secretaria de Gestión Ambiental.

## **ABSTRACT**

The development of this work includes projects related to the management of water and wastewater through the study, design and construction of water, sewer and ancillary works.

They include projects preliminary designs, consulting projects and auditing projects, to which were followed in pre-contractual and contractual stages and some of them in its implementation phase. A total of six projects carried out, one of them of preliminary studies and design of aqueduct, two follow-up to the aqueduct and auditing in complementary works, followed one of the auditing in storm sewer, a consulting track the sewer review and two studies and designs for the implementation of priority projects financed by the IDB (inter-American Development Bank), in agreement with EMPOPASTO and environmental management secretariat.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	14
1. ELABORACION DE ESTUDIOS PRELIMINARES PARA LA OPTIMIZACION DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA CHACHATOY – CORREGIMIENTO DE MORASURCO .....	20
1.1. NOMBRE DEL PROYECTO .....	20
1.2. OBJETIVO GENERAL .....	20
1.3. POBLACION BENEFICIADA .....	20
1.4. EVALUACION DEL SISTEMA EXISTENTE .....	20
1.4.1. Fuente hídrica. ....	20
1.4.2. Bocatoma .....	20
1.4.3. Desarenador .....	21
1.4.4. Tanque de almacenamiento .....	21
1.4.5. Aducción .....	21
1.5.2. Nivel de complejidad .....	22
1.5.3. Caudales de diseño.....	22
1.5.4. Diseño de la línea de aducción bocatoma-desarenador .....	23
1.5.6. Diseño de la aducción desarenador - tanque (flujo a presión) .....	32
1.5.7. Diseño del tanque de almacenamiento (superficial por gravedad).....	35
2. SEGUIMIENTO A LA ELABORACION DE ESTUDIOS DE OPTIMIZACION DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA CABECERA DEL CORREGIMIENTO DE CABRERA .....	37
2.1. ETAPA CONTRACTUAL .....	37
2.1.1. Objetivo del contrato .....	37
2.1.2. Términos de referencia .....	37
2.1.3. Desarrollo de la audiencia.....	37
2.2. ETAPA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL .....	38
2.2.1. Resumen del proyecto entregado .....	38
3. SEGUIMIENTO A LA CONSTRUCCION DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL VEREDA TESCUAL CORREGIMIENTO DE MORASURCO ....	44
3.1. ETAPA CONTRACTUAL .....	44
3.1.1. Objetivo del contrato .....	44
3.1.2. Términos de referencia .....	44
3.1.2.2. Datos del contrato .....	44
3.1.3. Desarrollo del proceso de selección abreviada No. MP-SGA-SA-2011-003 .....	44
3.2. ETAPA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL .....	45

3.2.1.	Recursos del contratista.....	45
3.2.3.	Cantidades ejecutadas.....	48
3.2.4.	Obras no contempladas .....	48
3.2.5.	Actas de obra.....	48
4.	SEGUIMIENTO A LA OBRA DE CIERRE DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA LOS ANGELES, CORREGIMIENTO DE SANTA BARBARA.....	49
4.1.	ETAPA CONTRACTUAL .....	49
4.1.1.	Objetivo del contrato .....	49
4.1.3.	Datos del contrato .....	49
4.1.4.	Desarrollo del proceso de selección abreviada No. MP-SGA-SA-2011-005 .....	49
4.2.	ETAPA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL .....	50
4.2.1.	Descripción del proceso de construcción .....	50
4.2.2.	Cantidades ejecutadas.....	52
4.2.3.	Actas de obra .....	52
4.3.	ACTIVIDADES EN LOS PROYECTOS DE INTERVENTORIA .....	52
5.	SEGUIMIENTO A LA CONSTRUCCION DE LA BOCATOMA Y SUMINISTRO E INSTALACION DE LA TUBERIA DE ADUCCION DEL ACUEDUCTO DE JAMONDINO-ROSARIO DEL MUNICIPIO DE PASTO .....	53
5.1.	ETAPA CONTRACTUAL .....	53
5.2.	ETAPA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL .....	53
5.2.1.	Datos del contrato .....	53
5.2.2.	Descripción del proceso de construcción.....	53
5.2.3.	Cantidades ejecutadas.....	55
5.2.4.	Obras de más.....	56
5.2.5.	Obras de menos.....	56
5.2.6.	Obras no contempladas .....	56
5.2.7.	Actas de obra .....	57
6.	SEGUIMIENTO Y EVALUACION TECNICA DEL PROYECTO DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EN EL CORREGIMIENTO DE JAMONDINO Y BARRIO EL ROSARIO .....	57
6.1.	VISITA TECNICA AL SITIO .....	57
6.1.1.	Bocatoma .....	57
6.1.2.	Aducción (bocatoma-desarenador) .....	57
6.1.3.	Desarenador .....	58
6.1.4.	Aduccion (desarenador-tanque).....	58
6.1.5.	Tanques de almacenamiento .....	59
6.1.6.	Redes de distribución.....	59
6.1.7.	Esquema general del proyecto.....	59
6.2.	RESUMEN DEL PROYECTO ENTREGADO .....	60
6.2.1.	Descripción del problema.....	60

6.2.2.	Objetivo general .....	60
6.2.3.	Objetivos específicos .....	60
6.2.4.	Alternativas de optimización de los componentes del acueducto .....	60
6.2.4.1.	Bocatoma y línea de aducción .....	60
6.2.4.1.	Desarenadores.....	61
6.2.4.1.	Línea de aducción (desarenador-tanque) .....	62
6.2.5.	Análisis del diseño.....	62
6.2.5.1.	Población futura y caudal de diseño .....	62
6.2.5.1.	Línea de aducción (desarenador-tanque) .....	66
6.2.5.1.	Redes de distribución.....	68
7.	SEGUIMIENTO Y EVALUACION TECNICA DEL PROYECTO DE OPTIMIZACION ACUEDUCTO JONGOVI TO CENTRO.....	72
7.1.	RESUMEN DEL PROYECTO ENTREGADO .....	72
7.1.1.	Descripción del problema.....	72
7.1.2.	Objetivo general del proyecto.....	72
7.1.3.	Objetivos específicos del proyecto .....	72
7.1.4.	Esquema general del proyecto.....	72
7.1.5.	Alternativas de optimización de los componentes del sistema de acueducto.....	73
7.1.6.	Análisis del diseño.....	73
7.1.6.1.	Proyección de la población y caudales de diseño .....	73
7.1.6.2.	Tanque de almacenamiento.....	74
8.	CONCLUSIONES.....	81
9.	RECOMENDACIONES .....	82
	BIBLIOGRAFIA .....	82
	ANEXOS .....	83

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Asignación del nivel de complejidad del sistema. ....	22
Tabla 2. Dotación neta máxima .....	22
Tabla 3. Coeficiente de consumo máximo diario k1 según RAS 2000.....	23
Tabla 4. Coeficiente de consumo máximo horario k2 según RAS 2000 .....	23
Tabla 5. Relaciones hidráulicas para conductos circulares. ....	24
Tabla 6. Valores de $\theta / t$ . ....	26
Tabla 7. Diseño línea de aducción (desarenador – tanque). ....	34
Tabla 8. Orden de elegibilidad alcantarillado Cabrera .....	37
Tabla 9. Censo de usuarios cabecera del corregimiento de Cabrera .....	38
Tabla 10. Hoja de cálculo de alcantarillado sanitario Cabrera. ....	40
Tabla 11. Hoja de cálculo de alcantarillado pluvial Cabrera. ....	41
Tabla 12. Evaluación aritmética alcantarillado Tescual .....	45
Tabla 13. Cantidades ejecutadas Tescual .....	48
Tabla 14. Evaluación aritmética Los Angeles. ....	49
Tabla 15. Cantidades ejecutadas Los Angeles .....	52
Tabla 16. Cantidades ejecutadas Jamondino .....	55
Tabla 17. Obras de más Jamondino .....	56
Tabla 18. Obras de menos Jamondino .....	56
Tabla 19. Criterios simplificados para depósitos de arena en agua.....	63
Tabla 20. Diseño hidráulico línea de aducción.....	67
Tabla 21. Hipótesis de alimentación red Jamondino.....	69
Tabla 22. Corrección de caudales red Jamondino.....	69
Tabla 23. Calculo de presiones red Jamondino.....	70
Tabla 24. Hipótesis de alimentación red barrio El Rosario. ....	70
Tabla 25. Corrección de caudales red barrio El Rosario.....	71
Tabla 26. Calculo de presiones red barrio El Rosario.....	71
Tabla 27. Proyecciones de la población Jongovito .....	73
Tabla 28. Volumen de almacenamiento existente Jongovito. ....	75
Tabla 29. Hipótesis de alimentación malla 1 Jongovito. ....	76
Tabla 30. Hipótesis de alimentación malla 2 Jongovito. ....	76
Tabla 31. Hipótesis de alimentación malla 3 Jongovito. ....	77
Tabla 32. Cuadro de presiones en la malla 1. ....	79
Tabla 33. Cuadro de presiones en la malla 2. ....	79
Tabla 34. Cuadro de presiones en la malla 3. ....	79
Tabla 35. Cálculos RDE por golpe de ariete.....	80

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bocatoma Chachatoy.....	20
Figura 2. Tanques almacenamiento Chachatoy .....	21
Figura 3. Red de conducción .....	21
Figura 4. Perfil de aducción cámara reguladora – desarenador. ....	25
Figura 5. Planta desarenador.....	31
Figura 6. Perfil desarenador. ....	32
Figura 7. Perfil de aducción desarenador a tanque .....	34
Figura 8. Planta y perfil tanque de almacenamiento .....	36
Figura 9. Localización y replanteo .....	46
Figura 10. Excavaciones, perfilado y nivelación de terreno. ....	46
Figura 11. Solado base y colocación tubería tramo 1 y 2 .....	46
Figura 12. Fundición de cabezote y aletas. ....	47
Figura 13. Caja de inspección 1 y 2.....	47
Figura 14. Formaleta y fundición de sumidero .....	47
Figura 15. Compactación del terreno con recebo común. ....	47
Figura 16. Caja de inspección terminada.....	48
Figura 17. Vista en planta cerramiento Los Angeles.....	50
Figura 18. Vista posterior y frontal cerramiento Los Angeles.....	50
Figura 19. Vista lateral derecha e izquierda cerramiento Los Angeles. ....	50
Figura 20. Localización y replanteo cerramiento los Angeles. ....	51
Figura 22. Excavaciones y colocación de tubo de 3” en concreto ciclópeo. ....	51
Figura 23. Armado de columnas cerramiento los ángeles .....	51
Figura 24. Encofrado y fundición de columnas. ....	52
Figura 25. Corte de rocas por parte de la comunidad y ubicación de bocatoma. ..	53
Figura 26. Fundición plataforma y encofrado de la estructura. ....	54
Figura 28. Reposición de tubería de aducción y relleno con material.....	54
Figura 29. Acabado paredes de bocatoma y elementos hidráulicos.....	55
Figura 30. Tubería de excesos y tapas y conos instalados. ....	55
Figura 31. Bocatoma Jamondino .....	57
Figura 30. Desarenadores Jamondino y cajas de protección. ....	58
Figura 31. Aducción expuesta jamondino .....	58
Figura 34. Tanques Jamondino y Rosario .....	59
Figura 35. Esquema general proyecto Jamondino y rosario.....	60
Figura 36. Esquema general Jongovito .....	72
Figura 35. Modelación Epanet malla 1.....	77
Figura 36. Modelación Epanet malla 2.....	78
Figura 39. Modelación Epanet malla 3.....	78

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formatos actas de obra.....	84
--------------------------------------	----

## GLOSARIO

**ACTA:** es la relación escrita y autenticada de un convenio tratado entre dos partes de un contrato.

**ADUCCION:** componente a través del cual se transporta agua cruda.

**BOCATOMA:** estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.

**CABEZA DE PRESION:** presión manométrica en un punto, expresada en metros de columna de agua.

**CONDUCCION:** componente a través del cual se transporta agua potable.

**FLUJO A PRESIÓN:** aquel transporte en el cual el agua ocupa todo el interior del conducto, quedando sometida a una presión superior a la atmosférica.

**FLUJO LIBRE:** aquel transporte en el cual el agua presenta una superficie libre donde la presión es igual a la presión atmosférica.

**GOLPE DE ARIETE:** fenómeno hidráulico de tipo oscilatorio, causado por la interrupción violenta del flujo en una tubería.

**INTERVENTORIA:** conjunto de funciones desempeñadas por una persona natural o jurídica, para controlar, seguir y apoyar el desarrollo de un contrato, asegurar su correcta ejecución y cumplimiento.

**LICITACION:** procedimiento administrativo para la adquisición de suministros, realización de servicios o ejecución de obras que celebren los entes, organismos y entidades que forman parte del Sector Público.

**MICROMEDICIÓN:** sistema de medición de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado período de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto.

**RDE:** es la relación diámetro espesor para tuberías comerciales entre las que se encuentra la tubería sanitaria en PVC.

**SEDIMENTACIÓN:** proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

**VALVULA:** aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conducto.

## **INTRODUCCION**

Con la finalidad de dar solución a los problemas de las condiciones de salubridad que afectan la calidad de vida de la población rural y sub-urbana del municipio de Pasto asociadas al recurso hídrico, la secretaria de gestión ambiental a través de la construcción, adecuación e implementación de obras civiles con el apoyo social hacia la comunidad en agua potable y saneamiento básico pretende mejorar las condiciones de salubridad de sus habitantes, por medio del fortalecimiento de la calidad de los servicios de agua y saneamiento básico.

Encaminados hacia estos objetivos, la alcaldía de Pasto en convenio con la universidad de Nariño permite hacer partícipes a los estudiantes con formación profesional, interviniendo en la supervisión de los proyectos en curso durante el periodo de pasantía en todas sus etapas.

La participación proactiva en las actividades relacionadas con las etapas pre-contractual y contractual de los proyectos, permiten al estudiante afianzar y adquirir conocimientos para un buen desempeño y evolución como profesional en el área de la ingeniería civil.

## TEMA

### TÍTULO DEL PROYECTO

“APOYO TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO A LOS DISTINTOS PROYECTOS RELACIONADOS CON AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO, DESARROLLADOS POR LA SECRETARÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL EN EL AREA SUB-URBANA Y RURAL DEL MUNICIPIO DE PASTO”.

### ALCANCE Y DELIMITACIÓN

El desarrollo del Trabajo de Grado en la modalidad Pasantía, comprende un periodo de 6 meses y no obliga estar sujeto a la etapa de ejecución de las obras contempladas, puesto que estas pueden presentar prórrogas o suspensiones que obligan la extensión de tiempo. Estos trabajos se realizan en la zona sub-urbana y rural del Municipio del Pasto, donde se ejecutan diferentes proyectos que van de la mano con el área de ingeniería civil y que son dirigidos y coordinados por la SGA, buscando dar soluciones a problemas que afectan a la comunidad

En particular, este trabajo de grado brindará apoyo técnico en los siguientes proyectos:

- **Acueducto Chachatoy:** Para el cual se realizara los correspondientes estudios previos y se hará un seguimiento a lo largo de la etapa de pre-inversión hasta donde cubra el tiempo de pasantía.
- **Alcantarillado Cabrera:** Para el cual se realizara el seguimiento en la etapa contractual de estudios previos del proyecto y se hará la evaluación técnica de la consultoría.
- **Alcantarillado Tescual:** Para el cual se realizara el seguimiento a la etapa contractual y se hará la interventoría en su ejecución.
- **Muro de cierre Los angeles:** Para el cual se realizara el seguimiento en la etapa contractual y se hará la interventoría en su ejecución.
- **Bocatoma Jamondino:** Para el cual se realizara interventoría en su ejecución.
- **Acueducto Jamondino y Rosario (acuerdo 023 SGA-empopasto-BID):** Para el cual se realizara un seguimiento y evaluación técnica en su etapa de pre-inversión.
- **Acueducto Jongovito (acuerdo 023 SGA-empopasto-BID):** Para el cual se realizara un seguimiento y evaluación técnica en su etapa de pre-inversión.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de Pasto cuenta con una buena cobertura en el servicio de agua potable cercana al 98% en su sector urbano, pero en los sectores sub-urbanos y rurales aún se necesita mejorar este servicio en calidad y cobertura, donde se

presentan inadecuadas condiciones de salubridad con afectación directa en la calidad de vida de la población, la cual se estima en 68.161 habitantes\*.

En la subsecretaría de gestión ambiental se cubren proyectos relacionados con el sector de agua potable y saneamiento básico. Particularmente:

- **Acueducto Chachatoy:** el acueducto de la vereda Chachatoy presenta un deficiente suministro de agua a sus consumidores, puesto que su construcción es de tipo artesanal, sin un diseño previo y con materiales inadecuados que no cumplen con las especificaciones mínimas.

La vereda de Chachatoy pertenece al área rural de Pasto, corregimiento de Morasurco; al norte limita con los municipios de Chachagui y Buesaco; al sur con el área urbana del municipio de Pasto; al oriente con el corregimiento de Buesaquillo; al occidente con los corregimientos de Genoy y Mapachico.

- **Alcantarillado Cabrera:** El Municipio de Pasto a través de la SGA, requiere contratar los estudios previos de optimización de alcantarillado del corregimiento de Cabrera con el fin de mejorar la calidad de vida de las comunidades cercanas y ampliar la cobertura de desagüe de aguas residuales a través de instalación de redes colectoras, entre otras.

El corregimiento de Cabrera pertenece al área rural del municipio de Pasto. Sus veredas son Buenavista, Duarte, La paz y El purgatorio. Limita al norte con el municipio de Buesaco y el corregimiento de Buesaquillo; al sur con el corregimiento de La laguna y San Fernando; al oriente con el corregimiento de La laguna; al occidente con el corregimiento de Buesaquillo.

- **Alcantarillado Tescual:** En la vereda de Tescual en la intersección de dos calles se presenta una acumulación de aguas lluvias que afecta a las familias que habitan en el sector, dicho empozamiento de agua empeora en época de invierno limitando el paso por estas calles y poniendo en riesgo de inundación a las familias de la vereda.

La vereda de Tescual pertenece al área rural de Pasto, corregimiento de Morasurco; al norte limita con los municipios de Chachagui y Buesaco; al sur con el área urbana del municipio de Pasto; al oriente con el corregimiento de Buesaquillo; al occidente con los corregimientos de Genoy y Mapachico.

- **Muro de cierre Los angeles:** En la vereda Los angeles se dispone de un acueducto en funcionamiento para la población, el tanque perteneciente a este acueducto al quedar cercano al centro poblado está expuesto a cualquier daño externo y/o hurto de accesorios que interrumpen su normal funcionamiento.

---

\* Fuente: dirección municipal de salud.

La vereda Los angeles pertenece al área rural del municipio de Pasto, corregimiento de Santa Barbara; limita al norte con los corregimientos de Catambuco y El socorro; al sur con el municipio de Funes; al oriente con los corregimientos del Encano y El socorro; al occidente con el municipio de Tangua.

- **Bocatoma Jamondino:** El día 29 de Julio de 2011 en el sector de Jamondino se presentaron lluvias intensas en la parte alta de la micro cuenca, debido al exceso de volumen de agua recibido se presentó un aumento de la carga en los taludes de la montañas, sobrepasando la capacidad de soporte de las mismas con lo que se produjo el deslizamiento de un volumen alto de material (Rocas, arboles, tierra). La avalancha producida se deslizo por la quebrada Guachucal, destruyendo en su totalidad la bocatoma que abastece la población de Jamondino y el Rosario. Esta situación conllevó a la Declaratoria de Urgencia Manifiesta en el Municipio de Pasto, mediante Decreto No. 0533 de julio 29 de 2011.

El Corregimiento de Jamondino pertenece al área rural de la Ciudad de Pasto. Sus veredas son El Rosario, Santa Helena y Jamondino. Limita hacia el norte con el Barrio El Rosario, parte urbana del municipio perímetro de por medio; al oriente con el Corregimiento de Catambuco y la parte urbana del municipio perímetro de por medio; al occidente con los Corregimientos de Obonuco y Gualmatán y hacia el sur con el Corregimiento de Catambuco.

- **Acueducto Jamondino y Rosario (acuerdo 023 SGA-empopasto-BID):** además de la precaria calidad del agua que consumen los habitantes de la micro cuenca Guachucal, la infraestructura de la red de acueductos está en malas condiciones y no posee los mecanismos necesarios para mejorar el servicio. Es imprescindible hacer una revisión puntual de toda la red para emprender acciones correctivas, en pro del mejoramiento del servicio.

El Barrio El Rosario pertenece al Municipio de Pasto y está situado al suroriente. Colinda con los barrios: El Triunfo, 7 de Agosto, El Porvenir y Villa Victoria.

- **Acueducto Jongovito (acuerdo 023 SGA-empopasto-BID):** El sistema de acueducto del corregimiento de Jongovito, no presta un adecuado servicio a la comunidad, presentándose problemas de suministro, de presiones de servicio y falta de tratamiento para algunos sectores de la población.

El corregimiento de Jongovito pertenece al área rural del municipio de Pasto, sus veredas son Jongovito centro, Chuquimarca, Cruz loma, Josefina, Armenia, San Pedro y San francisco. Limita al norte con la parte urbana del municipio de Pasto; al sur con el corregimiento de Catambuco; al oriente con el corregimiento de Catambuco y parte urbana del municipio de Pasto; al occidente con los corregimientos de Obonuco y Gualmatán.

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar el apoyo técnico y administrativo en los proyectos sub-urbanos y rurales que desarrolla la secretaría de gestión ambiental en el sector de agua potable y saneamiento básico en el municipio de Pasto durante el periodo de 6 meses.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Revisar, confrontar y actualizar la información correspondiente a los proyectos relacionados con el convenio Empopasto y el BID.
- Efectuar el apoyo técnico y administrativo a la realización de actividades necesarias en la etapa de pre-inversión del proyecto acueducto Chachatoy.
- Realizar el seguimiento a los procesos de contratación de acuerdo con la normativa vigente para los proyectos de Tescual, Los angeles y Jamondino.
- Realizar el apoyo técnico y seguimiento a las actividades que se requieren para llevar a cabo la etapa pre-contractual de obras relacionadas con agua potable y saneamiento básico, tales como revisión de planos, presupuestos, especificaciones técnicas, entre otras, para los proyectos de acueducto Jamondino y Rosario y acueducto Jongovito.
- Realizar el apoyo técnico, administrativo y contable para la correcta ejecución y control de recursos en las actividades programadas para los proyectos de bocatoma Jamondino, alcantarillado Tescual y muro de cierre los angeles.
- Realizar el seguimiento al proceso de contratación de consultoría y apoyo técnico en la revisión de diseños para el proyecto de alcantarillado Cabrera.
- Llevar un registro fotográfico de visitas a cada uno de los lugares en los proyectos que lo requieran.
- Supervisar los procedimientos constructivos con el fin de que estos sean mínimamente aceptables.
- Realizar un informe final al término de la pasantía.

## **1. ELABORACION DE ESTUDIOS PRELIMINARES PARA LA OPTIMIZACION DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA CHACHATTOY – CORREGIMIENTO DE MORASURCO**

### **1.1. NOMBRE DEL PROYECTO**

“OPTIMIZACION DEL ACUEDUCTO VEREDA CHACHATTOY, CORREGIMIENTO DE MORASURCO”.

### **1.2. OBJETIVO GENERAL**

Realizar una optimización en una primera etapa que implica la aducción desde la bocatoma hasta el desarenador y desde el desarenador hasta el tanque de almacenamiento que abastece la vereda.

### **1.3. POBLACION BENEFICIADA**

La población actual de la vereda asciende aproximadamente a 304 habitantes, quienes se benefician directamente del proyecto, con una población proyectada a más de 400 en 25 años.

### **1.4. EVALUACION DEL SISTEMA EXISTENTE**

**1.4.1. Fuente hídrica.** El Acueducto que presta servicio a la vereda Chachatoy, se abastece de la Quebrada El Motilón con un ancho de cauce de 2.30 m, para lo cual cuenta con una concesión de aguas No. 376 otorgada por la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), permitiendo disponer un caudal de 0.75 lps.

**1.4.2. Bocatoma.** Se trata de una captación de fondo, en la cual se canaliza el agua por medio de una estructura de aletas en concreto, estas aletas tienen una longitud aproximada de 0.60 m (figura 1). Esta agua se capta por medio de una tubería de 2 pulgadas de diámetro, el agua es transportada a través de ésta a lo largo de 16 m de longitud hasta la caja de derivación o regulador de caudal, la cual tiene las siguientes dimensiones: largo 1.70, ancho 1.10 m, altura 1.0 m.

Figura 1. Bocatoma Chachatoy



**1.4.3. Desarenador.** En el momento este acueducto no cuenta con una estructura de desarenador.

**1.4.4. Tanque de almacenamiento.** El tanque de almacenamiento de este sistema de acueducto es inadecuado puesto que no cumple con el volumen correspondiente y fue instalado de manera improvisada por la comunidad con tanques plásticos de 1000 litros cada uno, como se observa en la figura 2, además no brinda un almacenamiento que permita compensar las variaciones de consumo que se producen durante el día, presentándose cortes y disminución del suministro en diferentes puntos de la red de distribución.

Figura 2. Tanques almacenamiento Chachatoy



**1.4.5. Aducción.** Se encuentra en mal estado de funcionamiento puesto que se realiza el transporte de agua a través de manguera de 2" (figura 3) y no cuentan con los sistemas adecuados de limpieza como válvulas purgas y ventosas, por tal motivo se presentan taponamientos a lo largo de ellas. Existe un sistema similar al funcionamiento de una ventosa en dos puntos de la línea, pero es muy básico y artesanal, para el cual no hay un buen funcionamiento debido a que no se ubicaron correctamente teniendo en cuenta la topografía del terreno.

Figura 3. Red de conducción



## 1.5. DISEÑO Y REQUERIMIENTOS TECNICOS

**1.5.1. Estimación de la población.** Se aplica el método geométrico por ser el que mejor se ajusta a las condiciones socioeconómicas (RAS 2000 título B.2.2.4), tomando como tasa de crecimiento 1.24%, la población futura hasta el año 2036 tendrá un valor de 413 habitantes.

Se determina el periodo de diseño de 25 años para el nivel de complejidad bajo, el cual es igual para todos los componentes del sistema de acueducto según la resolución 2320 de 2009.

### 1.5.2. Nivel de complejidad

Tabla 1. Asignación del nivel de complejidad del sistema.

Nivel de Complejidad	Poblacion en la zona urbana (habitantes)		Capacidad económica de
Bajo	<	2500	Baja
Medio	2501	12500	Baja
Medio Alto	12501	60000	Media
Alto	>	60000	Alta

### 1.5.3. Caudales de diseño

- **Dotación neta:**

Tabla 2. Dotación neta máxima

Nivel de complejidad del sistema	Dotacion neta maxima para poblaciones con Clima Frio o Templado (L/hab-dia)	Dotacion neta maxima para poblaciones con Clima Calido (L/hab-dia)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Se determina un consumo doméstico de 90 lt/hab/día, como este consumo representa aproximadamente el 90% de los usos totales se consideró tomar un 10% para tener en cuenta los otros usos agrupados.<sup>1</sup>

Total dotación neta=Demás usos agrupados (10%)  $90 \times 0.1 = 9 + 90 = 99$  lts/hab/día

- **Dotación bruta (B.2.6. RAS 2000):** Obedeciendo lo consignado en la resolución 2320 del 27 de noviembre de 2009, el porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles no deberá superar el 25%. Por lo tanto:

$$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{1 - \%p} = \frac{99}{1 - 0.25} = 132 \text{ lt/hab/dia}$$

- **Caudal medio diario (B.2.7.1 RAS 2000):**

$$Q_{md} = \frac{413 \times 132}{86400} = 0.63 \text{ lt/s}$$

- **Caudal máximo diario (B.2.7.2 RAS 2000):**

<sup>1</sup> SALAZAR CANO, Roberto. "Acueductos", San Juan de Pasto, Universidad de Nariño. 2013. P.36.

Tabla 3. Coeficiente de consumo máximo diario k1 según RAS 2000

Nivel de complejidad del sistema	K1
Bajo	1,3
Medio	1,3
Medio Alto	1,2
Alto	1,2

Por lo tanto:  $QMD = 0.63 \times 1.3 = 0.82 \text{ lt/s}$

- **Caudal máximo horario (B.2.7.3 RAS 2000):**

Tabla 4. Coeficiente de consumo máximo horario k2 según RAS 2000

Nivel de complejidad del sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1,6	-	-
Medio	1,6	1,5	-
Medio Alto	1,5	1,45	1,4
Alto	1,5	1,45	1,4

Por lo tanto:  $QMH = 0.82 \times 1.6 = 1.31 \text{ lt/s}$

- **Demanda contra incendios (B.2.8. RAS 2000):** Por tratarse de un acueducto de nivel bajo no se requiere.

**1.5.4. Diseño de la línea de aducción bocatoma-desarenador (diseño de tubería a flujo libre).** Como el nivel de complejidad es bajo y se prevé almacenamiento en el sistema, se procede a diseñar con el caudal máximo diario según el literal B.6.4.2 RAS 2000:

$$Q_d = QMD = 0.82 \text{ lt/s} = 0.00082 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Cálculo de la tubería**

Longitud horizontal cámara de recolección a desarenador (L) = 14,00 m

Coeficiente de rugosidad de Manning = 0,009

Cota de fondo para la cámara de recolección: 2749,59 m.s.n.m

Cota supuesta de la lámina de agua en el desarenador: 2749,33 m.s.n.m

Pendiente de la tubería (s) = 1.86%  $\cong$  0.02

Según la fórmula de Manning se calcula el diámetro:

$$D = 1,548 \left( \frac{nQ}{S^{1/2}} \right) = 0,0389 \text{ m} = 1,531''$$

Se toma un diámetro mínimo de 4 pulgadas según la norma RAS 2000 (B.6.4.8.1) para tubería a flujo libre ( $D_{\text{real}} = 4.28'' = 0.108724 \text{ m}$ ).

Se establecen las condiciones a tubo lleno, teniendo en cuenta la ecuación de Manning para flujo uniforme.

$$Q_0 = 0,312 \left( \frac{D^{8/3} S^{1/2}}{n} \right) = 0,01272 \text{ m}^3/\text{s} = 12,72 \text{ LPS}$$

$$V_0 = Q_0/A_0 = 1,37 \text{ m/s}$$

$$R_0 = A_0/P_0 = D/4 = 0,027 \text{ m}$$

$$\text{Relación } Q / Q_0 = 0,00082 / 0,01272 = 0,06$$

Con la relación de caudales, se lee de la tabla de relaciones hidráulicas para conductos circulares<sup>2</sup>:

Tabla 5. Relaciones hidráulicas para conductos circulares.

Q/Q <sub>0</sub>	Rel.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	V/V <sub>0</sub>	0,000	0,292	0,362	0,400	0,427	0,453	0,473	0,492	0,505	0,520
	d/D	0,000	0,092	0,124	0,148	0,165	0,182	0,196	0,210	0,220	0,232
	R/R <sub>0</sub>	0,000	0,239	0,315	0,370	0,410	0,449	0,481	0,510	0,530	0,554
	H/D	0,000	0,041	0,067	0,086	0,102	0,116	0,128	0,140	0,151	0,161

A partir de las relaciones hidráulicas se encuentra un valor de velocidad dentro de los parámetros recomendados entre 0,6 y 6 m/s, con el fin de que no se produzca sedimentación pero que tampoco se presente riesgo de erosión en la tubería.

$$V_r = 0,65 \text{ m/s}$$

$$0,6 \text{ m/s} < V < 6 \text{ m/s OK}$$

$$d = 0,021 \text{ m}$$

$$R = 0,013 \text{ m}$$

$$\text{Esfuerzo cortante: } \tau = \gamma R S = 2,38 \text{ N/m}^2$$

Esfuerzo cortante que permite el arrastre de la mayor parte de materiales correspondientes a gravas finas y casi la totalidad de suelos de naturaleza cohesiva, según parámetros presentados por López Cualla<sup>3</sup>.

- **Cálculo de la profundidad en la cámara de recolección de la bocatoma**

$$d + 1,5 \frac{V^2}{2g} = 0,021 + 1,5 \frac{(0,65)^2}{2(9,81)} = 0,053 \text{ m}$$

- **Comprobando la aplicabilidad de la fórmula de Manning**

$$Re = \frac{VD}{\nu_{(T=12^\circ\text{C})}} = \frac{68 \times 10,87}{0,0124} = 58733,06 > 4000 \text{: flujo turbulento OK}$$

- **Caudal de excesos**

$$Q_{\text{exc}} = Q_{\text{lleno}} - Q_{\text{diseño}} = 0,01341 - 0,00082 = 0,01257 \text{ m}^3/\text{s}$$

<sup>2</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 171.

<sup>3</sup> Ibid., P. 173.

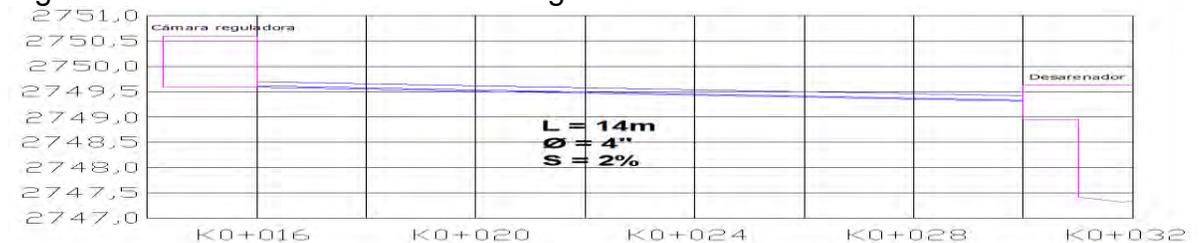
Este caudal será el que determinara la estructura de excesos en el desarenador.

- **Cálculo de cotas**

Cota batea a la salida de la cámara reguladora: 2749,60 msnm  
 Cota clave a la salida de la cámara reguladora: 2749,71 msnm  
 Cota batea a la llegada del desarenador: 2749,31 msnm  
 Cota clave a la llegada del desarenador: 2749,42 msnm  
 Cota lámina de agua a la llegada al desarenador: 2749,33 msnm

- **Resultado diseño:** La aducción funciona a flujo libre, está constituida por una tubería de PVC diámetro de 4 plg, longitud de 14m y pendiente 2%.

Figura 4. Perfil de aducción cámara reguladora – desarenador.



**1.5.5. Diseño desarenador.** Para evitar problemas generados por obstrucción debido al material sedimentable en las tuberías, el desarenador se localiza lo más cerca posible a la cámara reguladora de la bocatoma. Se diseña para un nivel de complejidad bajo y para una capacidad hidráulica igual al caudal máximo diario según literal B.4.4.6.2 RAS 2000:

$$Q_d = Q_{MD} + PA(3\%) = 0.82 + 0.02 = 0.84 \text{ lt/s} = 0.00084 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidad de entrada (V) = 0,68 m/s

Se realiza el diseño del desarenador para un solo módulo con “by pass”.

Para la cota de corona de muros en el desarenador se tiene en cuenta dejar un borde libre de 0,30 m por encima de la lámina de agua.

Cota de la lámina de agua en tubería de entrada: 2749,33 m.s.n.m.  
 Cota de la tubería de batea a la entrada: 2749,31 m.s.n.m.  
 Cota de la corona de muros: 2749,63 m.s.n.m.

- **Cálculo de los parámetros de sedimentación:** según la norma RAS (B.4.4.6.5), en aguas sin tratamiento posterior debe removerse las partículas con diámetros mayores que o iguales a 0.1 mm correspondientes a arena muy fina y la eficiencia del desarenador no puede ser menos del 75% en ningún caso.

Según las normas RAS 2000 título B.4.4.6.3, el peso específico de las partículas de arena que serán removidas se puede suponer igual a 2,65 gr/cm<sup>3</sup>.

Determinación de la velocidad de sedimentación para flujo en transición aplicando la ley de Allen:

Aceleración gravitacional = 981 cm/s<sup>2</sup>

Viscosidad cinemática del agua (10°C) = 0.0131 cm<sup>2</sup>/s

$$K_1 = \left( \frac{g(S-1)}{\nu^2} \right)^{1/3} = 211,29$$

$$K_2 = (981(S-1)\nu)^{1/3} = 2,77$$

$$X_1 = 211,29 * 0,01 = 2,11$$

Con X<sub>1</sub> leyendo en la gráfica de Fair Geyer<sup>4</sup>; X<sub>2</sub> = 0.25

$$V_s = 0.25 * 2.77 = 0.69 \text{ cm/s}$$

Verificando que se encuentre dentro del límite de aplicabilidad:

$$Re = \frac{V_s * d}{\nu} = 0,527; \quad 0,5 < 0,527 < 10^3 \text{ . } \therefore \text{Flujo en transición OK}$$

Se calcula el tiempo teórico adoptando una profundidad efectiva del desarenador comprendida entre 0,75 y 1,5 m de acuerdo a la norma RAS 2000 literal B.4.4.6.4.

$$H = 0.75 \text{ m}; \quad t_t = \frac{H}{V_s} = 109 \text{ seg} = 1,81 \text{ min}$$

Se toma el grado del desarenador n=3, es decir deposito con buenos deflectores.

Tabla 6. Valores de  $\theta / t$ .

Condiciones	Remoción (%)							
	87,5	80	75	70	65	60	55	50
n=1	7,00	4,00	3,00	2,30	1,80	1,50	1,30	1,00
n=3	2,75		1,66					0,76
n=4	2,37		1,52					0,73
Máximo teórico	0,88		0,75					0,50

De la lectura de la tabla 6 se obtiene:

$$\frac{\theta}{t} = 1,66; \quad \theta = 109 \times 1,66 = 181 \text{ seg} = 3,02 \text{ min} < 20 \text{ min}$$

De acuerdo al título A.11.2.4. (RAS 2000), el periodo de retención del agua en el desarenador no será menor de 20 minutos en cualquier nivel de complejidad, por lo tanto se asume:  $\theta_a = 20 \text{ min}^5$ .

• **Cálculo de las dimensiones del tanque del desarenador:**

El volumen del tanque es:

$$Vol = \theta_a \times Q_d = (20 \times 60) \times 0,00086 = 1,03 \text{ m}^3$$

<sup>4</sup> SALAZAR CANO, Roberto. "Acueductos", San Juan de Pasto, Universidad de Nariño. 2013. P.188.

<sup>5</sup> SALAZAR CANO, Roberto. "Acueductos", San Juan de Pasto, Universidad de Nariño. 2013. P.199.

El área superficial del desarenador es <sup>6</sup>:

$$A_s = \frac{\text{Vol}}{H} = 1,37 \text{ m}^2 > A_{s \text{ min}} = \frac{Q_d}{V_s} = 0,13 \text{ m}^2 \quad \text{OK}$$

Según la norma RAS 2000 título B.4.4.6.4 se recomienda que la relación entre la longitud útil y la profundidad efectiva sea 10 a 1.

$$\frac{L}{H} = \frac{10}{1}; \quad L = 10 \times 0,75 = 7,5 \text{ m}; \quad B = \frac{A_s}{L} = 0,18 \text{ m}$$

El cual es un valor muy pequeño, por condiciones de operación y mantenimiento, el ancho mínimo debe ser de 0.6 m y la relación longitud ancho estar entre 3 y 6.<sup>7</sup>

$$L = \frac{A_s}{B} = \frac{1,37}{0,6} = 2,28; \quad \frac{L}{B} = \frac{2,28}{0,6} = 3,8 \quad \text{OK}$$

- **Cálculo de la velocidad horizontal:** según el literal B.4.4.6.5 RAS 2000, para el caso de aguas sin tratamiento posterior, la velocidad máxima horizontal en el desarenador debe ser 0.17 m/s.

$$V_h = \frac{Q}{A_t} = \frac{Q}{B \times H} = 0,00191 \text{ m/s} < 0,17 \text{ m/s} \quad \text{OK}$$

Según el literal B.4.4.6.3 RAS 2000, la relación entre la velocidad horizontal y la velocidad de asentamiento vertical debe ser inferior a 20.

$$\frac{V_h}{V_s} = 0,28 < 20 \quad \text{OK}$$

- **La carga hidráulica superficial para el desarenador será igual a:**<sup>8</sup>

$$C.S. = \frac{Q_d}{A_s} = \frac{0,00086 \times 86400}{1,37} = 54,24 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia} = 0,063 \text{ cm/s} < 1.000 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$$

**Velocidad de resuspensión máxima:** Con el fin de que opere adecuadamente evitando la resuspension del sedimento se debe cumplir que:  $V_h < V_r$ .<sup>9</sup>

$$V_r = \sqrt{\frac{8kg(\rho_s - \rho)d}{f}} = 13,14 > 0,191 \text{ cm/s} \quad \text{OK}$$

k=0,04 sedimentación de arenas  
f=0,03 sedimentación simple  
sin coagulantes

- **Cálculo de los elementos del desarenador:**

<sup>6</sup> Ibid., P. 198.

<sup>7</sup> SALAZAR CANO, Roberto. "Acueductos", San Juan de Pasto, Universidad de Nariño. 2013. P.195.

<sup>8</sup> Ibid., P. 199.

<sup>9</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 191.

**Cámara de rebose y quietamiento:** se calcula la altura del rebosadero de pared delgada, adoptando un ancho de 1 m en la cámara de llegada.

$$H_{ex} = \left( \frac{Q_{exc}}{1,84L_e} \right)^{2/3} = 0,036 \text{ m}$$

Se calcula la velocidad de paso por el vertedero.

$$V = \frac{Q_{exc}}{A} = \frac{Q_{exc}}{H \times L_e} = 0,35 \text{ m/s} > 0,3 \text{ m/s} \quad \text{OK}$$

Por lo tanto es aplicable la ecuación de alcance horizontal máximo de chorro.

$$X_S = 0,36 (V)^{2/3} + 0,60 (H_{exc})^{4/7} = 0,27 \text{ m} \approx 0,4 \text{ m} \quad \text{Por seguridad}$$

El caudal de excesos se recogerá por una cámara lateral de 1 x 0.4m, y se conduce al desagüe a través de una tubería mínima de 8".

La entrada del agua entre la cámara de rebose y la estructura de entrada se hace por medio de un orificio sumergido, para una velocidad de paso asumida de 0,4 m/s, para ir con velocidades decrecientes en la zona de entrada.<sup>10</sup>

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = 0,052 \text{ m} = 2,06" \approx 2,0"$$

Se calcula las pérdidas con la siguiente formula:

$$h = \left( \frac{Q}{CA} \right)^2 \times \frac{1}{2g} = 0,02 \text{ m} \quad \begin{array}{l} C=0,61 \\ A=0,00212 \end{array}$$

Adoptando una profundidad de H/3 de acuerdo a López Cualla<sup>11</sup> y ubicando en la mitad del muro el orificio sumergido se tiene:

Profundidad de la cámara = H/3 = 0.75/3 = 0.25 m

Cota del fondo de la cámara = 2749.33 – 0.25 = 2749.08 msnm

Cota eje orificio sumergido  $\phi$  2.0" = 2749.33 – 0.125 = 2749.21 msnm

**Estructura de entrada:** se adopta una canaleta con orificios, cuyo número y tamaño se calcula para obtener una velocidad de entrada no mayor de 0.30 m/s.

$$A_{orificios} = \frac{Q_d}{VC} = 0,0047 \text{ m}^2$$

Tomando un coeficiente de contracción C = 0.61 se incrementa el área de orificios.

<sup>10</sup> SALAZAR CANO, Roberto. "Acueductos", San Juan de Pasto, Universidad de Nariño. 2013. P. 201.

<sup>11</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 197.

Para hallar el número de orificios, se adopta un diámetro de orificios = 1" = 0.0254 m

$$n = \frac{4A_T}{\pi D^2} = 9,23 \text{ orificios} \approx 10 \text{ orificios}$$

Distribución:

Se realiza en dos filas de 5 orificios cada una, de la siguiente manera:

$$n(a+t) = L$$

a = espaciamientos

t = diámetro de orificios

L = longitud canaleta = ancho desarenador = 0.6 m

$$a = \frac{L}{n} - t = 0,095 \text{ m};$$

$$a+t = 0,12 \text{ m};$$

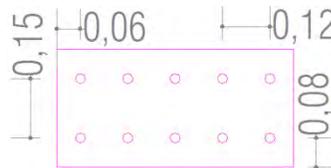
$$\frac{a+t}{2} = 0,06 \text{ m}$$

Se adopta un ancho de canaleta de 0.3 m para el cual espaciamento seria:

$$a = \frac{L}{n} - t = 0,125 \text{ m}$$

$$a+t = 0,15 \text{ m}$$

$$\frac{a+t}{2} = 0,075 \text{ m}$$



Cálculo de la pérdida de carga a través de los orificios.

$$h = \left( \frac{Q}{CA} \right)^2 \times \frac{1}{2g} = 0,0039 \text{ m}; \text{ valor despreciable}$$

Cálculo de la altura de la canaleta

$$H_{\text{canaleta}} = \frac{1}{2} h_{\text{util}} = 0,75/2 = 0,375 \text{ m}$$

**Estructura de salida:** la salida del desarenador se hará a través de un vertedero de pared delgada de longitud igual al ancho del desarenador  $L=0.6 \text{ m}$

Cálculo de la altura de lámina de agua sobre el vertedero:

$$h = \left( \frac{Q_d}{1,84L} \right)^{2/3} = 0,009 \text{ m}$$

Esta altura determina el nivel de agua en el desarenador y la posición del rebosadero de excesos, ahora se calcula la velocidad de paso por el vertedero:

$$V = \frac{Q_d}{A} = \frac{Q_d}{h \times L} = 0,16 \text{ m/s} < 0,3 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, no es aplicable la ecuación de alcance horizontal máximo, se debe asumir un ancho menor y realizar las correcciones por contracción lateral.

$$L_{\text{vertedero}} = 0,14 \text{ m}$$

$$h = \left( \frac{Q_d}{1,84L} \right)^{2/3} = 0,022 \text{ m}$$

Corrección por las dos contracciones laterales para vertederos según Francis:

$$L' = L - 0,2h = 0,13 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q_d}{A} = \frac{Q_d}{h \times L'} = 0,30 \text{ m/s} \geq 0,3 \text{ m/s} \quad \text{OK}$$

Aplicando la ecuación de alcance horizontal de la vena vertiente queda:

$$X_s = 0.36 (V)^{2/3} + 0.60 (H_v)^{4/7} = 0.23 \text{ m} \approx 0,35 \quad \text{Por seguridad}$$

Cálculo de la altura de la canaleta de salida: se toma como diámetro de salida a la conducción  $\phi = 2'' = 0.051 \text{ m}$

$$H_s = \left( \frac{Q}{CA} \right)^2 \times \frac{1}{2g} = 0,024 \text{ m}; \quad C = 0,61$$

Ahora se compara este valor con el  $H_s$  min necesario para que el sistema funcione.

$$H_{s \text{ min}} = (K+1) \frac{V^2}{2g} = 0,014 \text{ m} \leq 0,024 \text{ m OK};$$

$$K_{\text{entrada}} = 0,5$$

$$V = \frac{Q_d}{A} = 0,42 \text{ m/s}$$

Se deja 0.1m para descarga libre y se aumenta el valor de  $H_s$  a 0.15 m.

El espacio libre entre la pantalla y la pared del desarenador para evitar turbulencia y material flotante, de acuerdo con Lopez Cualla se calcula esta distancia como 15 veces la altura de lámina de agua sobre el vertedero.<sup>12</sup>

$$x = 15 * (0.022) = 0.33 \approx 0.3 \text{ m}$$

Se escoge como altura de la pantalla sumergida el valor de  $H/2 = 0.38 \text{ m}$

**Sistema de extracción de lodos:** el valor de la altura para depósito de lodos se toma  $0.8H_{\text{util}} = 0.8 (0.75) = 0.6 \text{ m}$ .<sup>13</sup>

Profundidad en el fondo =  $0.3 + 0.75 + 0.6 = 1.65 \text{ m}$

Distancia desde el punto de salida a la cámara de quietamiento =  $L/3 = 0.76 \text{ m}$

Distancia desde el punto de salida al vertedero de salida =  $2L/3 = 1.52 \text{ m}$

### Cálculo de cotas

Cota de lámina de agua a la entrada del desarenador = 2749.33 m

Cota de la cresta del vertedero estructura de entrada = 2749.36 m

Cota de la corona de muros = 2749.63 m

Cota del fondo en la cámara de entrada = 2749.08 m

Cota del centro del tubo en cámara de entrada = 2749.21 m

Cota de la lámina de agua en el desarenador = 2749.31 m

Cota del fondo de la canaleta de orificios = 2748.94 m

<sup>12</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 196.

<sup>13</sup> SALAZAR CANO, Roberto. "Acueductos", San Juan de Pasto, Universidad de Nariño. 2013. P. 206.

Cota vertedero de estructura de salida	= 2749.29 m
Cota fondo desarenador	= 2747.96 m
Cota lámina de agua en la canaleta de salida	= 2749.19 m
Cota del fondo de la canaleta de salida	= 2749.04 m

• **Diámetros de tuberías de exceso y lavado:** cota de entrega de entrega del desagüe de lavado = 2747,66 m. Según el título B.4.4.6.6 RAS 2000, las tuberías de rebose y/o limpieza deben tener un ancho no menor de 0.25 m.

Se asume:  $D = 10$  "  $D_{real} = 0,2597m$

Leyendo en la tabla de pérdidas localizadas en longitudes equivalentes<sup>14</sup>:

Accesorio	m
Entrada normal	4,5
Válvula de compuerta	1,7
Codo radio corto	3,8
Te paso directo	5,5
Salida	7,5
Longitud tubería	5
	<hr/>
	28

Altura disponible = 1,65 m

$J = H/Le = 0,058929$  m/m

$Q_{inicial} = 0,2785CD^{2,63}j^{0,54} = 0,261m^3/s$

$V_{ini} = Q/A = 4,93$  m/s

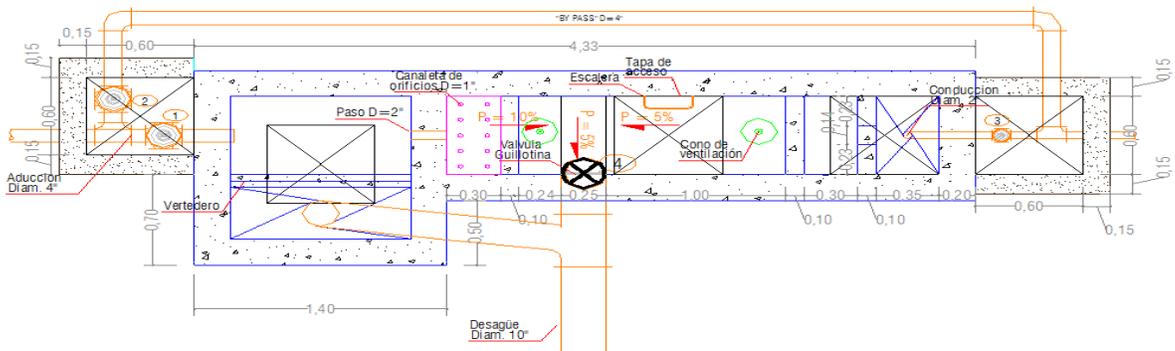
El tiempo de vaciado se determina de la ecuación de descarga de un orificio:

$$Q = C_d A_o \sqrt{2gH} \quad \rightarrow \quad C_d = \frac{Q}{A_o \sqrt{2gH}} = 0,96; \quad A_o = 0,053 \text{ m}^2$$

$$H = 1,35 \text{ m}$$

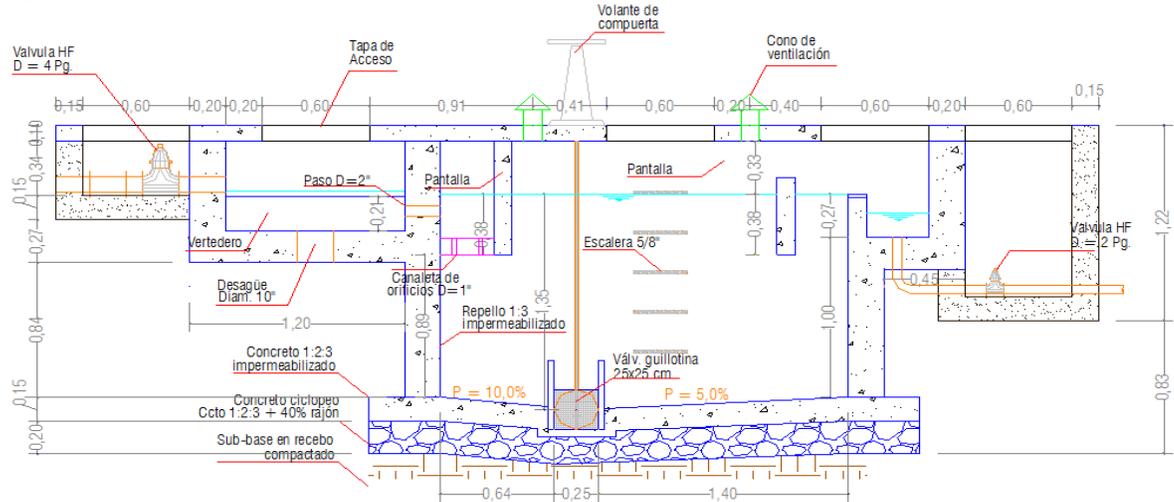
$$\text{Tiempo de vaciado: } t = 2A_s \frac{H^2}{C_d A_o \sqrt{2g}} = 10 \text{ seg} = 0,17 \text{ min}$$

Figura 5. Planta desarenador.



<sup>14</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 161.

Figura 6. Perfil desarenador.



### 1.5.6. Diseño de la aducción desarenador - tanque (flujo a presión)

**1.5.6.1. Datos generales:** según título B.6.4.2 (RAS 2000) para el nivel bajo de complejidad, se diseña con el caudal máximo diario (QMD), siempre que se cuente con sistema de almacenamiento.

$$Q_d = QMD = 0.82 \text{ lt/s} = 0.00082 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cota de lámina de agua a la salida del desarenador = 2749,19 m  
 Cota de descarga en el tanque = 2709,64 m

Por razones prácticas se dejara en la descarga una presión de 2 m la cual se traduce en velocidad de descarga a la atmósfera.<sup>15</sup>

Cabeza de presión estática disponible =  $2749.19 - 2709.64 = 39.55 - 2 = 37.55 \text{ m}$

Longitud horizontal de la línea de aducción = 1979.07 m

Longitud real por pendiente de tuberías =  $1979.07 \times 1.02 = 2018.65 \text{ m}$

**1.5.6.2. Presión de diseño:** de acuerdo al literal B.6.4.8.2 RAS 2000, la presión de diseño debe calcularse como el mayor valor que resulte entre la presión estática y la máxima sobrepresión ocurrida en el fenómeno de golpe de ariete, multiplicada por un factor de seguridad de 1.3.

Presión estática máxima = 39.55 m

Presión de diseño =  $1.3 \times 39.55 = 51.42 \text{ m}$

<sup>15</sup> SALAZAR CANO, Roberto. "Acueductos", San Juan de Pasto, Universidad de Nariño. 2013. P. 282.

**1.5.6.3. Cálculo del diámetro:** utilizando la fórmula de Hazen-William

$$Q=0,2785CD^{2,63}J^{0,54}$$

$$J=\frac{H}{L}=0,01805219\frac{m}{m}=1,86\%$$

$$D=\left(\frac{Q}{0,2785CJ^{0,54}}\right)^{\frac{1}{2,63}}=0,037\text{ m}=1,46''\approx 2''$$

Según título B.6.4.8.1 (RAS 2000), si la tubería trabaja a presión, el diámetro nominal mínimo que debe utilizarse es 50 mm (2 pulgadas). Por lo tanto se toma un diámetro de 2", RDE = 41, con diámetro interno de 2,259" (0,057 m). Luego:

$$j_2''=\left(\frac{Q}{0,2785CD^{2,63}}\right)^{1/0,54}=0,0022\text{ m/m}=0,22\%$$

**1.5.6.4. Comprobación de pérdida de carga**

$$H_2'' = J_2'' \times L_r = 4,50\text{ m}$$

**1.5.6.5. Cálculo de pérdidas menores de energía.** Para el cálculo de las perdidas menores debido a accesorios se utiliza la ecuación B.6.9 de la norma

RAS 2000 (literal B.6.4.5): 
$$H = K_m \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

**1.5.6.6. Cálculo de velocidad en el tubo**

$$V=\frac{Q}{A}=0,32\text{ m/s}; \quad \frac{V^2}{2g}=0,005\text{ m}$$

**Accesorios:**

Tramo 1-2:	1 Entrada normal a tubo	K = 0,5	Tramo 11-12:	1 Codos gran radio	K = 0,6
	1 Válvula de compuerta abierta	K = 0,2	Tramo 12-13:	1 Codos gran radio	K = 0,6
	1 Tee de paso directo	K = 0,6	Tramo 13-14:	1 Codos gran radio	K = 0,6
	1 Codos gran radio	K = 0,6	Tramo 14-15:	1 Codos gran radio	K = 0,6
Tramo 2-3:	2 Codos gran radio	K = 0,6	Tramo 15-16:	1 Codos gran radio	K = 0,6
Tramo 3-4:	2 Codos gran radio	K = 0,6	Tramo 16-17:	1 Codos gran radio	K = 0,6
Tramo 4-5:	2 Codos gran radio	K = 0,6	Tramo 17-18:	1 Codos gran radio	K = 0,6
Tramo 5-6:	2 Codos gran radio	K = 0,6		1 Tee de paso directo	K = 0,6
Tramo 6-7:	2 Codos gran radio	K = 0,6	Tramo 18-19:	1 Codos gran radio	K = 0,6
Tramo 7-8:	1 Tee de paso directo	K = 0,6	Tramo 19-20:	1 Codos gran radio	K = 0,6
	1 Codos gran radio	K = 0,6	Tramo 20-21:	1 Codos gran radio	K = 0,6
				1 Tee de paso directo	K = 0,6
Tramo 8-9:	1 Codos gran radio	K = 0,6	Tramo 21-22:	1 Codos gran radio	K = 0,6
Tramo 9-10:	1 Codos gran radio	K = 0,6	Tramo 22-23:	1 Codos gran radio	K = 0,6
Tramo 10-11:	1 Tee de paso directo	K = 0,6	Tramo 23-24:	1 Codos gran radio	K = 0,6
	1 Codos gran radio	K = 0,6		1 Válvula de compuerta abierta	K = 0,2
				1 Salida del tubo	K = 1,0

Tabla 7. Diseño línea de aducción (desarenador – tanque).

TRAMO	L (m)	Lr (m)	Q (lps)	φ (pulg)	φreal (pulg)	V (m/s)	PERDIDAS DE ENERGIA		COTA PIEZOMETRICA		COTA RASANTE		COTA CLAVE		CORTE		PRESION DISPONIBLE		PRESION ESTATICA		CLASE DE TUBERIA	
							J (m/m)	Total (m)	Hm (m)	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial		Final
Tramo 1-2	19,57	20,55	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,04578	0,01022	2749,19	2749,13	2748,94	2747,18	2749,03	2746,58	-0,03	0,66	0,16	2,55	0,16	2,61	PVC RDE 41
Tramo 2-3	30,5	32,03	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,07134	0,00645	2749,13	2749,06	2747,18	2745,28	2746,58	2744	0,66	1,34	2,55	5,06	2,61	5,19	PVC RDE 41
Tramo 3-4	51,85	54,44	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,12129	0,00645	2749,06	2748,93	2745,28	2742,44	2744	2741	1,34	1,50	5,06	7,93	5,19	8,19	PVC RDE 41
Tramo 4-5	20	21,00	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,04678	0,00645	2748,93	2748,88	2742,44	2741,62	2741	2741,01	1,50	0,67	7,93	7,87	8,19	8,18	PVC RDE 41
Tramo 5-6	53,25	55,91	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,12456	0,00645	2748,88	2748,74	2741,62	2741,94	2741,01	2740,7	0,67	1,30	7,87	8,04	8,18	8,49	PVC RDE 41
Tramo 6-7	24,75	25,99	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,05789	0,00645	2748,74	2748,68	2741,94	2738,47	2740,7	2738,47	1,30	0,06	8,04	10,21	8,49	10,72	PVC RDE 41
Tramo 7-8	166,05	174,35	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,38842	0,00645	2748,68	2748,28	2738,47	2738,18	2738,47	2737,47	0,06	0,77	10,21	10,81	10,72	11,72	PVC RDE 41
Tramo 8-9	238,85	250,79	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,55871	0,00323	2748,28	2747,72	2738,18	2733,63	2737,47	2733,03	0,77	0,66	10,81	14,69	11,72	16,16	PVC RDE 41
Tramo 9-10	98,5	103,43	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,23041	0,00323	2747,72	2747,49	2733,63	2734,02	2733,03	2732,65	0,66	1,43	14,69	14,84	16,16	16,54	PVC RDE 41
Tramo 10-11	127,8	134,19	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,29895	0,00645	2747,49	2747,18	2734,02	2730,38	2732,65	2729,18	1,43	1,26	14,84	18,00	16,54	20,01	PVC RDE 41
Tramo 11-12	234,85	246,59	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,54935	0,00323	2747,18	2746,63	2730,38	2728,3	2729,18	2727,68	1,26	0,68	18,00	18,95	20,01	21,51	PVC RDE 41
Tramo 12-13	40	42,00	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,09357	0,00323	2746,63	2746,53	2728,3	2727,2	2727,68	2726,54	0,68	0,72	18,95	19,99	21,51	22,65	PVC RDE 41
Tramo 13-14	40	42,00	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,09357	0,00323	2746,53	2746,44	2727,2	2726,63	2726,54	2726,03	0,72	0,66	19,99	20,41	22,65	23,16	PVC RDE 41
Tramo 14-15	38,42	40,34	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,08987	0,00323	2746,44	2746,34	2726,63	2726,7	2726,03	2725	0,66	1,76	20,41	21,34	23,16	24,19	PVC RDE 41
Tramo 15-16	14,33	15,05	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,03352	0,00323	2746,34	2746,31	2726,7	2721,54	2725	2719	1,76	2,60	21,34	27,31	24,19	30,19	PVC RDE 41
Tramo 16-17	63,9	67,10	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,14947	0,00323	2746,31	2746,16	2721,54	2717,43	2719	2716,83	2,60	0,66	27,31	29,33	30,19	32,36	PVC RDE 41
Tramo 17-18	118,85	124,79	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,27801	0,00645	2746,16	2745,87	2717,43	2722,13	2716,83	2721	0,66	1,19	29,33	24,87	32,36	28,19	PVC RDE 41
Tramo 18-19	210,4	220,92	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,49216	0,00323	2745,87	2745,38	2722,13	2719,65	2721	2718,33	1,19	1,38	24,87	27,05	28,19	30,86	PVC RDE 41
Tramo 19-20	123,6	129,78	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,28912	0,00323	2745,38	2745,08	2719,65	2718,24	2718,33	2717,64	1,38	0,66	27,05	27,44	30,86	31,55	PVC RDE 41
Tramo 20-21	100,9	105,95	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,23602	0,00645	2745,08	2744,84	2718,24	2715,6	2717,64	2714,47	0,66	1,19	27,44	30,37	31,55	34,72	PVC RDE 41
Tramo 21-22	29,6	31,08	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,06924	0,00323	2744,84	2744,77	2715,6	2715,74	2714,47	2715	1,19	0,80	30,37	29,77	34,72	34,19	PVC RDE 41
Tramo 22-23	100	105,00	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,23392	0,00323	2744,77	2744,53	2715,74	2712,3	2715	2711,66	0,80	0,70	29,77	32,87	34,19	37,53	PVC RDE 41
Tramo 23-24	33,1	34,76	0,84	2	2,259	0,32	0,00223	0,07743	0,00968	2744,53	2744,44	2712,3	2709,64	2711,66	2709,64	0,70	0,06	32,87	34,80	37,53	39,55	PVC RDE 41

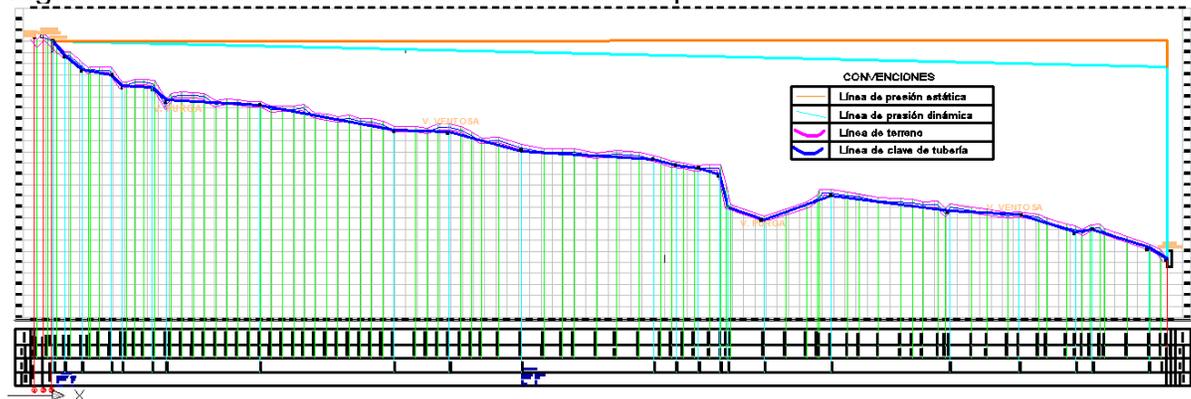
**1.5.6.7. Cálculo de golpe de ariete.** Debido a la presencia de una válvula de cierre al final del tramo de la línea es necesario tener en cuenta el cálculo de la sobrepresión en la tubería, que se presenta durante las maniobras de cierre. Para el cálculo de la sobrepresión debido al cierre de válvulas:

Sobrepresión (MCA):  $H_a = \frac{CV}{g} = 11,90$       Periodo de la onda (seg):  $T = \frac{2L}{C} = 11,07$       Celeridad (m/seg):  $C = \frac{9900}{(48,3 + \frac{KD}{e})^2} = 364,64$

Relación de módulos de elasticidad =  $K = 18$   
 Longitud real al desarenador = 2018.65 m  
 Espesor de pared = 0.058" = 0.0015 m

Al realizar un cierre brusco de válvula en un tiempo menor a 11,07 segundos se producirá una sobrepresión por golpe de ariete en la tubería de 11,90 mca.

Figura 7. Perfil de aducción desarenador a tanque



### 1.5.7. Diseño del tanque de almacenamiento (superficial por gravedad)

**1.5.7.1. Número mínimo de tanques.** De acuerdo al numeral B.9.4.2 (RAS 2000), para el nivel bajo de complejidad en caso de justificarse almacenamiento según lo establecido en el numeral B.9.2.1, es suficiente que la red de distribución cuente con un solo tanque de compensación.

**1.5.7.2. Capacidad de regulación.** De acuerdo al numeral B.9.4.4 (RAS 2000), En el nivel bajo de complejidad, si no existen datos que describan las curvas de variación del consumo horario, el volumen almacenado será igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo, garantizando en todo momento las presiones adecuadas.

$$QMD = 0,82 \text{ LPS} = 0,00082 \text{ m}^3/\text{s}$$

Volumen distribuido en un día:

$$V_{\text{dist}} = 0,00082 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{día}} = 70,85 \text{ m}^3/\text{día}$$

Volumen almacenado:

$$V_{\text{alm}} = \frac{1}{3} \left( 70,85 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right) = 23,62 \text{ m}^3/\text{día}$$

**1.5.7.3. Volumen del tanque.** De acuerdo al numeral B.9.4.6 (RAS 2000), para el nivel bajo de complejidad, el volumen del tanque debe ser igual al volumen de regulación, calculado en el literal B.9.4.4.

$$V_{\text{tanque}} = 23,62 \text{ m}^3$$

**1.5.7.4. Dimensionamiento del tanque superficial.** Se toma un coeficiente de la tabla de constante de la capacidad de almacenamiento, propuesta por López Cualla y se aplica la relación empírica<sup>16</sup>:

$$h = \frac{V}{3} + K = 2,08 \text{ m}; \quad K = 2$$

$$B = L = \sqrt{\frac{V}{h}} = 3,37 \text{ m}$$

### 1.5.7.5. Tubería de desagüe

Cota de nivel de agua máximo en el tanque = 2709,44 m

Cota de entrega del desagüe de lavado = 2699,44 m

Longitud del desagüe = 30 m

Se asume un diámetro de 2" el cual tiene un diámetro real interno de 57,39 mm.

---

<sup>16</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 275.

Perdidas por longitud equivalente:

Accesorio	m
Entrada normal	0,7
Válvula de compuerta	0,4
Codo 90	1,7
Te paso directo	1,1
Salida	1,5
Longitud tubería	<u>30</u>
	35,4m

Altura disponible = 10 m

$J = H/L_e = 0,282486 \text{ m/m}$

$Q_{\text{inicial}} = 0,2785 C_D^{2,63} J^{0,54} = 0,011 \text{ m}^3/\text{s}$

$V_{\text{ini}} = Q/A = 4,44 \text{ m/s}$

El tiempo de vaciado se determina a partir de la ecuación de descarga de un orificio. El coeficiente de descarga del tanque, teniendo en cuenta la tubería de desagüe, es:

$$C_d = \frac{Q}{A_o \sqrt{2gH}} = 0,68$$

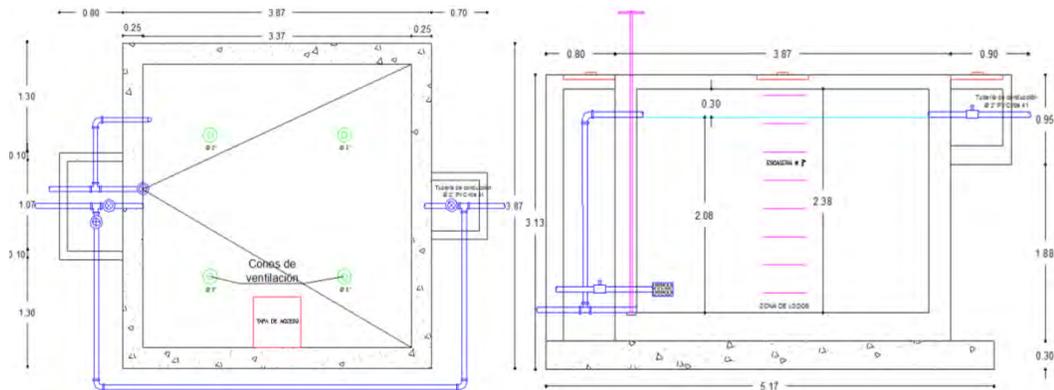
$$A_o = 0,003 \text{ m}^2$$

$$H = 2,18 \text{ m}$$

$$t = 2A_s \frac{H^{\frac{1}{2}}}{C_D A_o \sqrt{2g}} = 13980 \text{ seg} = 233 \text{ min} = 3,88 \text{ horas}$$

Cuyo valor se encuentra dentro del rango recomendado por el ingeniero Roberto Salazar comprendido entre 2 y 4 horas<sup>17</sup>, así mismo es inferior a 8 horas como lo dice el literal B.9.4.10 de la norma RAS 2000.

Figura 8. Planta y perfil tanque de almacenamiento



<sup>17</sup> SALAZAR CANO, Roberto. "Acueductos", San Juan de Pasto, Universidad de Nariño. 2013. P. 325.

## 2. SEGUIMIENTO A LA ELABORACION DE ESTUDIOS DE OPTIMIZACION DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO DE LA CABECERA DEL CORREGIMIENTO DE CABRERA

### 2.1. ETAPA CONTRACTUAL

**2.1.1. Objetivo del contrato.** Realizar la contratación de la elaboración de estudios de optimización alcantarillado pluvial y sanitario de la cabecera del corregimiento de cabrera del municipio de pasto.

#### 2.1.2. Términos de referencia

**2.1.2.1. Plazo de ejecución del contrato.** El plazo de la ejecución del contrato de consultoría es de Cuatro (4) meses calendario a partir de la fecha de suscripción del acta de inicio, previo cumplimiento de los requisitos de legalización y ejecución del contrato.

**2.1.2.2. Presupuesto oficial.** La entidad determinó el presupuesto oficial en la suma de veinte millones de pesos moneda corriente. (\$20.000.000,00).

**2.1.3. Desarrollo de la audiencia.** Cumplido el plazo final para recepción de propuestas, el día 02 de septiembre de acuerdo al cronograma del proceso, se procede a realizar la audiencia de apertura de propuestas económicas, con el fin de dar un consolidado según orden de elegibilidad de menor a mayor precio de oferta y verificación de requisitos habilitantes al oferente que ocupó el primer lugar.

**2.1.3.1. Orden de elegibilidad.** Una vez recibidas las propuestas se procede a verificar su contenido con la apertura del sobre No.1, para lo cual se convoca a una audiencia el día 2 de septiembre de 2011. Verificados los sobres se tiene que no se presentaron propuestas parciales, en consecuencia se procede a determinar el orden de elegibilidad, de conformidad a lo previsto en el decreto 2516 de 2011, siendo la propuesta más favorable aquella que oferte el menor precio.

Tabla 8. Orden de elegibilidad alcantarillado Cabrera

No.	Proponente	Nit.	Precio Ofertado	Orden de elegibilidad
1	EDGAR ROSERO CALVACHE	79.500.237	\$18.200.000	2
2	DOLORES ISABEL RODRIGUEZ	59.819.542	\$18.800.000	3
3	LUIS CARLOS UNIGARRO	98.389.644	\$19.750.000	4
4	ANDRES MARTINEZ	12.970.494	\$14.520.000	1

**2.1.3.2. Determinación de precios artificialmente bajos.** Los evaluadores con la información a su alcance estiman que el precio ofertado por el Ing. Andrés Martínez, ubicado en primer orden de elegibilidad es artificialmente bajo, por lo

cual se solicita a dicho proponente que explique las razones que sustentan el valor ofertado, de conformidad con lo señalado en el art. 13 del Decreto 2474 de 2008.

En las horas de la tarde del 2 de septiembre se reciben y escuchan las razones y explicaciones del porqué del valor ofertado y éstas son válidas y aceptadas por los evaluadores. Entendiendo que por tratarse de estudios que requieren el aporte intelectual, para los mismos no existe reglamentación legal en cuanto a tarifas o precios a pactar, la entidad contratante no está en la obligación de reconocer utilidad y es potestativo del oferente considerar este ítem dentro de sus costos.

**2.1.3.3. Verificación de requisitos habilitantes.** Conforme a lo previsto en el párrafo del artículo 03 del Decreto 2516 de 2011, se procede a abrir el sobre No. 2 de la propuesta presentada por el Ing. Andrés Martínez ubicada en el primer orden de elegibilidad, a fin de verificar los requisitos habilitantes, determinando que cumple con los mismos.

## 2.2. ETAPA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

### 2.2.1. Resumen del proyecto entregado

**2.2.1.1. Descripción de la localidad.** Dista de la ciudad de Pasto 7 kilómetros, tiene una extensión de 19 km<sup>2</sup>, su temperatura promedio de 12°C, lo que lo cataloga dentro de un piso térmico frío, tiene una altura de 2820m.s.n.m. Se encuentra conformada por 852 habitantes, sus principales fuentes de ingresos se basan en la agricultura y gastronomía que deleita a los habitantes los fines de semana ofreciendo platos típicos de la región.

### 2.2.1.2. Censo de usuarios

Tabla 9. Censo de usuarios cabecera del corregimiento de Cabrera

1. INFORMACIÓN GENERAL			
<b>Departamento</b>	Nariño	<b>Fecha</b>	Noviembre de 2011
<b>Municipio</b>	Pasto	<b>Responsable</b>	Ing. Andrés Martínez
<b>Corregimiento</b>	Cabrera (cabecera)		
2. CENSO DE USUARIOS			
<b>No de Viviendas</b>	170		
<b>No de habitantes por vivienda</b>		5 habitantes	
<b>No Total usuarios</b>	852		
<b>U. domésticos</b>	825	<b>U. Industriales</b>	0
<b>U. agrícola</b>	16	<b>U. pecuario</b>	11

**2.2.1.3. Análisis del diseño.** Considerando que el sector cuenta con 852 habitantes en su cabecera, se realiza la proyección de la población por el método geométrico, calculando la población futura de 1784 habitantes, hasta el año 2036, (Título B, sección 2.2.4 RAS 2000).

De acuerdo a la norma RAS 2000 (título B.2.2.5), en la cual recomienda que en el cálculo de la población se debe considerar actividades turísticas, laborales, industriales y/o comerciales que representen población flotante. El consultor estima que en la actualidad este sector tiene un alto potencial recreativo paisajístico, por lo cual es notoria la tendencia de localizar nuevos usos, especialmente para vivienda campestre, así mismo el constante incremento en la afluencia abundante de visitantes los fines de semana quienes hacen uso del suelo para actividades de diversión y esparcimiento en numerosos establecimientos entre los cuales se destacan, restaurantes, bares, estaderos y cafeterías, por lo cual a su criterio considera una población flotante del 40% del número total de habitantes futuro obteniendo un valor total de habitantes de 2497 para un periodo de 25 años, según la Tabla 12 para la población proyectada según el periodo de diseño, el Nivel de Complejidad del proyecto es BAJO. (Título A, sección A.3.1 RAS 2000).

Para el periodo de diseño el consultor toma en cuenta la resolución 2320 de 2009, la cual determina un periodo de 25 años para todos los elementos en el nivel de complejidad bajo. El consultor determina un aporte doméstico de 2.08 lt/s, calculado de acuerdo al literal D.3.2.2.1 norma RAS 2000, tomando como dotación neta 90lt/hab-día (tabla 9 resolución 2320 de 2009) y coeficiente de retorno  $R=0.8$  para niveles de complejidad bajo.

Las contribuciones industriales, comerciales e institucionales son marginales con respecto al aporte doméstico, puesto que los consumos del uso residencial representan más del 90% del consumo total, el cálculo de la demanda de agua se realiza a partir de la dotación neta residencial sumándole a esta un pequeño porcentaje que tenga en cuenta los otros usos agrupados de acuerdo a la norma RAS 2000 literal B.2.4.3 y como se observa en la tabla 11, por tanto se asume un porcentaje de 6% del aporte domestico para los otros usos agrupados.

Con esto se calcula el caudal medio diario de aguas residuales de acuerdo al literal D.3.2.2.5 RAS 2000 obteniendo un valor de 2.21 lt/s. Posteriormente se realiza el cálculo del factor de mayoración mediante la fórmula de Harmon, con un valor de 3.51 (D.3.2.4 RAS 2000) para así obtener un caudal máximo horario de 7.74 lt/s (D.3.2.3 RAS 2000).

Teniendo en cuenta el nivel de complejidad se determina los aportes por conexiones erradas de 0.2 lt/seg.Ha y por infiltración de 0.3 lt/seg.Ha, D.3.2.2.6 y D.3.2.2.7 RAS 2000 respectivamente y finalmente se determina el caudal de diseño sumando los datos calculados anteriormente (D.3.2.5 RAS 2000):

$$Q_{DT}=Q_{MH}+Q_{inf}+Q_{CE}=8,24 \text{ lps}$$

En las siguientes tablas se presenta un resumen de los cálculos de alcantarillado sanitario y pluvial presentado por el consultor.

Tabla 10. Hoja de cálculo de alcantarillado sanitario Cabrera.

TRAMOS		COTA TERRENO		COTA CLAVE		LONGITUD m	PROFUNDIDAD		PENDIENTE S (000)	DIAM PULG	COEF DE DISTRIB	CAUDAL			DESCARGA		ALTURA		VELOCIDADES (m/s)				ANGULO	RADIO HIDRAULICO	FUERZA TRACTIVA (kg/m2)		
Inic	Final	inicio	final	inicio	final		INICIAL	FINAL				PROP	ACTUAL	ANT	TOTAL	tb lleno	propor	propor	pell agua	tb lleno	propor	real				CHEQ	
<b>TRAMO 1</b>																											
1	2	2818.53	2817.79	2817.33	2816.59	22.68	1.2	1.2	32.63	10	0.0067	0.1509	0.1509		0.1509	112.17	0.001	0.08	0.020	2.21	0.27	0.599	VERDADERO	96.67	0.026	8.3606	CUMPLE
2	3	2817.79	2817.56	2816.59	2816.06	24.24	1.2	1.5	21.86	10	0.0067	0.1612	0.1612	0.1509	0.3121	91.83	0.003	0.08	0.021	1.81	0.28	0.513	VERDADERO	95.68	0.026	5.5037	CUMPLE
3	4	2817.56	2817.1	2816.06	2815.6	27.89	1.5	1.5	16.49	10	0.0067	0.1855	0.1855	0.4733	0.4733	79.75	0.006	0.09	0.022	1.57	0.30	0.470	VERDADERO	94.46	0.025	4.0613	CUMPLE
4	5	2817.1	2816.51	2815.6	2815.01	44.82	1.5	1.5	13.16	10	0.0067	0.2981	0.2981	0.7715	0.7715	71.25	0.011	0.10	0.025	1.41	0.33	0.458	VERDADERO	92.17	0.024	3.1065	CUMPLE
5	6	2816.51	2816.3	2815.01	2814.80	12.96	1.5	1.5	16.20	10	0.0067	0.0862	0.0862	0.7715	0.8577	79.05	0.011	0.10	0.025	1.56	0.33	0.509	VERDADERO	92.16	0.024	3.8232	CUMPLE
6	7	2816.3	2816.76	2814.8	2814.46	26.56	1.5	2.3	12.80	10	0.0067	0.1767	0.1767	0.8577	1.0344	70.26	0.015	0.11	0.027	1.39	0.35	0.481	VERDADERO	90.40	0.023	2.9204	CUMPLE
7	8	2816.76	2816.3	2814.46	2814.10	35.87	2.3	2.2	10.04	10	0.0067	0.2386	0.2386	1.0344	1.2730	62.21	0.020	0.12	0.030	1.23	0.38	0.461	VERDADERO	87.87	0.022	2.1781	CUMPLE
8	9	2816.3	2815.78	2814.10	2813.58	43.37	2.2	2.2	11.99	10	0.0067	0.2885	0.2885	1.2730	1.5614	68.00	0.023	0.12	0.031	1.34	0.39	0.520	VERDADERO	86.79	0.022	2.5461	CUMPLE
9	10	2815.78	2814.76	2813.58	2812.76	57.69	2.2	2.0	14.21	10	0.0067	0.3837	0.3837	1.5614	1.9452	74.04	0.026	0.13	0.032	1.46	0.40	0.588	VERDADERO	85.40	0.021	2.9328	CUMPLE
10	11	2814.76	2814.74	2813.26	2810.74	52.66	3.5	4.0	9.87	10	0.0067	0.3503	0.3503	1.9452	2.5091	61.71	0.041	0.15	0.039	1.22	0.46	0.563	VERDADERO	79.65	0.019	1.7984	CUMPLE
11	12	2814.74	2814.28	2810.74	2810.58	13.79	4.0	3.7	11.60	10	0.0067	0.0917	3.9385	2.5091	6.4477	66.89	0.096	0.23	0.059	1.32	0.62	0.823	VERDADERO	61.66	0.012	1.3166	CUMPLE
12	13	2814.28	2813.39	2810.58	2810.39	14.57	3.7	3.0	13.04	10	0.0067	0.0969	0.6014	6.4477	7.0491	70.92	0.099	0.23	0.060	1.40	0.63	0.882	VERDADERO	60.85	0.011	1.4433	CUMPLE
13	14	2813.39	2811.37	2810.39	2810.17	36.61	3.0	1.2	6.01	10	0.0067	0.2435	0.2435	7.0491	7.2926	48.14	0.151	0.29	0.073	0.95	0.72	0.685	VERDADERO	48.81	0.007	0.4366	CUMPLE
14	15	2811.37	2810.62	2810.17	2809.42	17.08	1.2	1.2	43.91	10	0.0067	0.1136	0.1136	7.2926	7.4062	130.13	0.057	0.18	0.045	2.57	0.52	1.333	VERDADERO	73.75	0.016	6.9522	CUMPLE
15	16	2810.62	2810.24	2809.42	2809.04	54.06	1.2	1.2	7.03	10	0.0067	0.3596	0.3596	7.4062	7.7658	52.07	0.149	0.28	0.072	1.03	0.72	0.738	VERDADERO	49.28	0.008	0.5203	CUMPLE
16	17	2810.24	2808.97	2809.04	2807.77	17.30	1.2	1.2	73.41	10	0.0067	0.1151	0.1151	7.7658	7.8809	168.26	0.047	0.16	0.041	3.32	0.49	1.611	VERDADERO	77.34	0.018	12.6747	CUMPLE
17	18	2808.97	2807.16	2807.77	2805.96	10.61	1.2	1.2	170.59	10	0.0067	0.0706	0.0706	7.8809	7.9515	256.50	0.031	0.14	0.035	5.06	0.42	2.143	VERDADERO	83.45	0.020	33.7825	CUMPLE
18	19	2807.16	2800.16	2805.96	2798.96	36.81	1.2	1.2	190.17	10	0.0067	0.2449	0.2449	7.9515	8.1963	270.81	0.030	0.13	0.034	5.34	0.42	2.246	VERDADERO	83.75	0.020	37.8992	CUMPLE
19	PT	2800.16	2796.37	2798.96	2795.17	14.35	1.2	1.2	264.11	10	0.0067	0.0955	0.0955	8.1963	8.2918	319.15	0.026	0.13	0.032	6.29	0.40	2.528	VERDADERO	85.52	0.021	54.6330	CUMPLE
PT	20	2796.37	2792.37	2795.17	2791.17	12.90	1.2	1.2	310.08	10	0.0067	0.0858	0.0858	8.2918	8.3776	345.81	0.024	0.12	0.031	6.82	0.39	2.685	VERDADERO	86.26	0.021	65.1273	CUMPLE
20	D	2792.37	2790.75	2791.17	2789.55	8.74	1.2	1.2	185.35	10	0.0067	0.0581	0.0581	8.3776	8.4357	267.36	0.032	0.14	0.035	5.27	0.43	2.246	VERDADERO	83.23	0.020	36.5303	CUMPLE
<b>TRAMO 2</b>																											
21	22	2832.46	2829.87	2831.26	2828.67	47.40	1.2	1.2	54.64	8	0.0067	0.3153	0.3153		0.3153	80.06	0.004	0.08	0.017	2.47	0.29	0.707	VERDADERO	95.42	0.020	10.9520	CUMPLE
22	23	2829.87	2828.57	2828.67	2827.37	18.55	1.2	1.2	70.08	8	0.0067	0.1234	0.1234	0.3153	0.4387	90.67	0.005	0.09	0.017	2.79	0.29	0.816	VERDADERO	94.98	0.020	13.9374	CUMPLE
23	24	2828.57	2827.69	2827.37	2826.49	14.31	1.2	1.2	61.50	8	0.0067	0.0952	0.0952	0.4387	0.5621	84.94	0.007	0.09	0.018	2.62	0.30	0.792	VERDADERO	94.14	0.020	12.0425	CUMPLE
24	25	2827.69	2827.39	2826.49	2826.19	4.18	1.2	1.2	71.77	8	0.0067	0.0278	0.0278	0.5621	0.5899	91.76	0.006	0.09	0.018	2.83	0.30	0.852	VERDADERO	94.23	0.020	14.0777	CUMPLE
25	26	2827.39	2827.11	2826.19	2825.91	6.66	1.2	1.2	42.04	8	0.0067	0.0443	0.0443	0.5899	0.8430	70.23	0.012	0.10	0.020	2.16	0.33	0.720	VERDADERO	91.63	0.019	7.8566	CUMPLE
26	27	2827.11	2825.31	2825.91	2824.11	23.10	1.2	1.2	77.92	8	0.0067	0.1537	0.1537	0.8430	0.9966	95.61	0.010	0.10	0.020	2.95	0.32	0.955	VERDADERO	92.36	0.019	14.7629	CUMPLE
27	28	2825.31	2824.03	2824.11	2822.33	33.79	1.2	1.7	52.68	8	0.0067	0.2248	0.2248	0.9966	1.2214	78.61	0.016	0.11	0.022	2.42	0.35	0.851	VERDADERO	90.04	0.018	9.5463	CUMPLE
28	29	2824.03	2821.88	2822.33	2820.68	44.40	1.7	1.2	37.16	8	0.0067	0.2953	0.6304	1.2214	1.8518	66.03	0.028	0.13	0.027	2.03	0.41	0.836	VERDADERO	84.66	0.017	6.0404	CUMPLE
29	30	2821.88	2821.51	2820.68	2820.31	7.22	1.2	1.2	51.25	8	0.0067	0.0480	0.0480	1.8518	1.8998	77.54	0.025	0.12	0.025	2.39	0.39	0.944	VERDADERO	86.14	0.017	8.5902	CUMPLE
30	31	2821.51	2820.47	2820.31	2819.27	35.21	1.2	1.2	29.54	8	0.0067	0.2342	0.2342	1.8998	2.1340	58.87	0.036	0.15	0.029	1.81	0.45	0.808	VERDADERO	81.36	0.015	4.4709	CUMPLE
31	32	2820.47	2818.62	2819.27	2817.42	31.64	1.2	1.2	58.47	8	0.0067	0.2105	0.2105	2.1340	2.3445	82.82	0.028	0.13	0.027	2.55	0.41	1.052	VERDADERO	84.55	0.017	9.4822	CUMPLE
32	33	2818.62	2817.35	2817.42	2816.15	21.80	1.2	1.2	58.26	8	0.0067	0.1450	0.1450	2.3445	2.4895	82.67	0.030	0.13	0.027	2.55	0.42	1.070	VERDADERO	83.81	0.016	9.3005	CUMPLE
33	34	2817.35	2816.43	2816.15	2815.23	34.98	1.2	1.2	26.30	8	0.0067	0.2327	0.2327	2.4895	2.7222	55.55	0.049	0.17	0.034	1.71	0.49	0.844	VERDADERO	76.55	0.014	3.5654	CUMPLE
34	35	2816.43	2816.04	2815.23	2813.54	9.07	1.2	2.5	186.33	8	0.0067	0.0603	0.3971	2.7222	3.1193	147.85	0.021	0.12	0.024	4.56	0.38	1.726	VERDADERO	87.59	0.018	32.1718	CUMPLE
35	36	2816.04	2815.6	2813.54	2813.1	19.41	2.5	2.5	22.67	8	0.0067	0.1291	0.1291	3.1193	3.2484	51.57	0.063	0.19	0.038	1.59	0.54	0.855	VERDADERO	71.69	0.012	2.7257	CUMPLE
36	11	2815.6	2814.74	2813.1	2810.74	37.10	2.5	4.0	63.61	8	0.0067	0.2468	0.5984	3.2484	3.8468	86.39	0.045	0.16	0.032	2.66	0.48	1.270	VERDADERO	78.19	0.014	8.9630	CUMPLE
<b>TRAMO 3</b>																											
37	38	2828.54	2827.76	2827.34	2826.56	20.24	1.2	1.2	38.54	8	0.0067	0.1346	0.1346		0.1346	67.24	0.002	0.08	0.016	2.07	0.27	0.570	VERDADERO	96.35	0.021	7.8550	CUMPLE
38	25	2827.76	2827.39	2826.56	2826.19	11.15	1.2	1.2	33.18	8	0.0067	0.0742	0.0742	0.1346	0.2088	62.39	0.003	0.08	0.017	1.92	0.28	0.544	VERDADERO	95.70	0.021	6.6854	CUMPLE
<b>TRAMO 4</b>																											
39	40	2826.98	2824.5	2825.78	2823.30	19.32	1.2	1.2	128.36	8	0.0067	0.1285	0.1285		0.1285	122.71	0.001	0.08	0.016	3.78	0.27	1.017	VERDADERO	96.82	0.021	26.3817	CUMPLE
40	28	2824.5	2824.03	2823.30	2822.33	31.05	1.2	1.7	31.24	8	0.0067	0.2065	0.2065	0.1285	0.3351	60.54	0.006	0.09	0.018	1.87	0.30	0.553	VERDADERO	94.65	0.020	6.1754	CUMPLE
<b>TRAMO 5</b>																											
41	42	2815.91	2816.14	2814.71	2814.14	24.14	1.2	2	23.61	8	0.0067	0.1606	0.1606		0.1606	52.63	0.003	0.08	0.017	1.62	0.28	0.456	VERDADERO	95.84	0.		

Tabla 11. Hoja de cálculo de alcantarillado pluvial Cabrera.

TRAMO INIC	TRAMO FIN	LONG Lc	AREAS DE APORTE (Ha)	PENDIENTE S %	Vs	COTA TERRENO		PROFUNDIDAD		COTA CLAVE		DIAM		Q diseño q (LPS)	QII	VII	q/QII	v/VII	v (m/s)	T'r	Tc	I	T (kg/m²)	Número de froude Fr		
						INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	Pulg	mm											Fr	Fr	
<b>TRAMO 1</b>																										
1	2	22,68	0,03	3,26	3,6	2818,53	2817,79	1,2	1,2	2817,33	2816,59	12	305	1,18	125,02	0,8	0,01	0,315	0,246	1,538	3,35	55	0,64	VERDADERO	0,54	VERDADERO
2	3	24,24	0,08	2,19	3,0	2817,79	2817,56	1,2	1,5	2816,59	2816,06	12	305	3,44	618,09	3,9	0,01	0,315	1,213	0,333	2,48	55	0,43	VERDADERO	2,69	VERDADERO
3	4	27,89	0,11	1,65	2,6	2817,56	2817,10	1,5	1,5	2816,06	2815,6	12	305	5,23	527,11	3,3	0,01	0,315	1,036	0,449	2,98	55	0,31	VERDADERO	2,30	VERDADERO
4	5	44,82	0,21	1,32	2,3	2817,10	2816,51	1,5	1,5	2815,60	2815,01	12	305	9,84	475,13	3	0,02	0,350	1,036	0,721	4,18	55	0,30	VERDADERO	2,09	VERDADERO
5	6	12,96	0,22	1,62	2,5	2816,51	2816,30	1,5	1,5	2815,01	2814,80	12	305	10,22	527,11	3,3	0,02	0,350	1,152	0,188	1,92	55	0,37	VERDADERO	2,32	VERDADERO
6	7	26,56	0,26	1,28	2,3	2816,30	2816,76	1,5	2,3	2814,80	2814,46	12	305	11,84	475,13	3	0,02	0,350	1,036	0,427	3,11	55	0,30	VERDADERO	2,09	VERDADERO
7	8	35,87	0,32	1,00	2,0	2816,76	2816,30	2,3	2,2	2814,46	2814,10	12	305	14,79	416,72	2,6	0,04	0,425	1,105	0,541	3,92	55	0,30	VERDADERO	1,92	VERDADERO
8	9	43,37	0,42	1,20	2,2	2816,30	2815,78	2,2	2,2	2814,10	2813,58	12	305	19,10	456,49	2,8	0,04	0,425	1,207	0,599	4,11	55	0,36	VERDADERO	2,10	VERDADERO
9	10	57,69	0,58	1,42	2,4	2815,78	2814,76	2,2	2,0	2813,58	2812,76	12	305	26,74	493,07	3,1	0,05	0,450	1,382	0,696	4,52	55	0,47	VERDADERO	2,26	VERDADERO
10	11	52,66	0,85	0,99	2,0	2814,76	2814,74	3,5	4,0	2811,26	2810,74	12	305	38,93	416,72	2,6	0,09	0,516	1,342	0,654	4,78	55	0,42	VERDADERO	1,93	VERDADERO
11	12	13,79	1,99	1,16	2,2	2814,74	2814,28	4,0	3,7	2810,74	2810,58	12	305	91,07	456,49	2,8	0,20	0,657	1,866	0,123	2,12	55	0,71	VERDADERO	2,13	VERDADERO
12	13	14,57	2,02	1,30	2,3	2814,28	2813,39	3,7	3,0	2810,58	2810,39	12	305	92,77	475,13	3	0,20	0,657	1,945	0,125	2,10	55	0,77	VERDADERO	2,22	VERDADERO
13	14	36,61	2,09	0,60	1,6	2813,39	2811,37	3,0	1,2	2810,39	2810,17	12	305	95,84	322,79	2	0,30	0,730	1,467	0,416	4,47	55	0,41	VERDADERO	1,50	VERDADERO
14	15	17,08	2,10	4,39	4,2	2811,37	2810,62	1,2	1,2	2810,17	2809,42	12	305	96,51	125,02	0,8	0,77	0,971	0,757	0,376	1,80	55	4,02	VERDADERO	0,53	VERDADERO
15	16	54,06	2,25	0,70	1,7	2810,62	2810,24	1,2	1,2	2809,42	2809,04	12	305	103,21	348,65	2,2	0,30	0,730	1,584	0,569	5,25	55	0,48	VERDADERO	1,62	VERDADERO
16	17	17,30	2,27	7,34	5,4	2810,24	2808,97	1,2	1,2	2809,04	2807,77	12	305	103,90	125,02	0,8	0,83	0,991	0,773	0,373	1,58	55	6,74	VERDADERO	0,51	VERDADERO
17	18	10,61	2,27	17,06	8,3	2808,97	2807,16	1,2	1,2	2807,77	2805,96	12	305	104,16	125,02	0,8	0,83	0,991	0,773	0,229	0,94	55	15,80	VERDADERO	0,51	VERDADERO
18	19	36,81	2,34	19,02	8,7	2807,16	2800,16	1,2	1,2	2805,96	2798,96	12	305	107,27	125,02	0,8	0,86	1,000	0,780	0,787	2,07	55	17,60	VERDADERO	0,50	VERDADERO
19	PT	14,35	2,35	26,41	10,3	2800,16	2796,37	1,2	1,2	2798,96	2795,17	12	305	107,74	125,02	0,8	0,86	1,000	0,780	0,307	1,03	55	24,45	VERDADERO	0,50	VERDADERO
PT	20	12,90	2,36	31,01	11,1	2796,37	2792,37	1,2	1,2	2795,17	2791,17	12	305	108,12	125,02	0,8	0,86	1,000	0,780	0,276	0,92	55	28,71	VERDADERO	0,50	VERDADERO
20	D	8,74	2,36	18,54	8,6	2792,37	2790,75	1,2	1,2	2791,17	2789,55	12	305	108,30	125,02	0,8	0,87	1,004	0,783	0,186	0,82	55	17,15	VERDADERO	0,49	VERDADERO
<b>TRAMO 2</b>																										
21	22	47,40	0,11	5,46	4,7	2832,46	2829,87	1,2	1,2	2831,26	2828,67	10	254	5,15	125,02	0,8	0,04	0,425	0,332	2,383	4,59	55	1,38	VERDADERO	0,63	VERDADERO
22	23	18,55	0,13	7,01	5,3	2829,87	2828,57	1,2	1,2	2828,67	2827,37	10	254	5,94	125,02	0,8	0,05	0,450	0,351	0,881	2,15	55	1,95	VERDADERO	0,63	VERDADERO
23	24	14,31	0,14	6,15	5,0	2828,57	2827,69	1,2	1,2	2827,37	2826,49	10	254	6,41	125,02	0,8	0,05	0,450	0,351	0,679	1,85	55	1,70	VERDADERO	0,63	VERDADERO
24	25	4,18	0,14	7,18	5,4	2827,69	2827,39	1,2	1,2	2826,49	2826,19	10	254	6,45	125,02	0,8	0,05	0,450	0,351	0,198	0,80	55	2,01	VERDADERO	0,63	VERDADERO
25	26	6,66	0,17	4,20	4,1	2827,39	2827,11	1,2	1,2	2826,19	2825,91	10	254	7,78	125,02	0,8	0,06	0,470	0,367	0,303	1,21	55	1,23	VERDADERO	0,64	VERDADERO
26	27	23,10	0,20	7,79	5,6	2827,11	2825,31	1,2	1,2	2825,91	2824,11	10	254	9,00	125,02	0,8	0,07	0,485	0,378	1,018	2,39	55	2,49	VERDADERO	0,62	VERDADERO
27	28	33,79	0,25	5,27	4,6	2825,31	2824,03	1,2	1,7	2824,11	2822,33	10	254	11,62	125,02	0,8	0,09	0,516	0,402	1,399	3,29	55	1,84	VERDADERO	0,63	VERDADERO
28	29	44,40	0,42	3,72	3,9	2824,03	2821,88	1,7	1,2	2822,33	2820,68	10	254	19,21	125,02	0,8	0,15	0,600	0,468	1,581	4,01	55	1,61	VERDADERO	0,64	VERDADERO
29	30	7,22	0,42	5,12	4,5	2821,88	2821,51	1,2	1,2	2820,68	2820,31	10	254	19,33	125,02	0,8	0,15	0,600	0,468	0,257	1,14	55	2,21	VERDADERO	0,64	VERDADERO
30	31	35,21	0,48	2,95	3,4	2821,51	2820,47	1,2	1,2	2820,31	2819,27	10	254	22,17	721,68	4,5	0,03	0,405	1,823	0,322	2,66	55	0,71	VERDADERO	3,59	VERDADERO
31	32	31,64	0,53	5,85	4,8	2820,47	2818,62	1,2	1,2	2819,27	2817,42	10	254	24,47	125,02	0,8	0,20	0,657	0,512	1,029	2,79	55	2,85	VERDADERO	0,64	VERDADERO
32	33	21,80	0,56	5,83	4,8	2818,62	2817,35	1,2	1,2	2817,42	2816,15	10	254	25,56	125,02	0,8	0,20	0,657	0,512	0,709	2,18	55	2,85	VERDADERO	0,64	VERDADERO
33	34	34,98	0,62	2,63	3,2	2817,35	2816,43	1,2	1,2	2816,15	2815,23	10	254	28,36	671,94	4,2	0,04	0,425	1,781	0,327	2,75	55	0,65	VERDADERO	3,39	VERDADERO
34	35	9,07	0,75	18,63	8,6	2816,43	2816,04	1,2	2,5	2815,23	2813,54	10	254	34,43	125,02	0,8	0,28	0,717	0,559	0,270	0,91	55	10,31	VERDADERO	0,64	VERDADERO
35	36	19,41	0,77	2,27	3,0	2816,04	2815,60	2,5	2,5	2813,54	2813,1	10	254	35,30	631,99	3,9	0,06	0,470	1,852	0,175	2,07	55	0,67	VERDADERO	3,22	VERDADERO
36	11	37,10	1,13	6,36	5,0	2815,60	2814,74	2,5	4,0	2813,10	2810,74	10	254	51,70	125,02	0,8	0,41	0,796	0,621	0,996	2,86	55	4,06	VERDADERO	0,63	VERDADERO
<b>TRAMO 3</b>																										
37	38	20,24	0,02	3,85	3,9	2828,5	2827,8	1,2	1,2	2827,34	2826,56	10	254	0,94	125,02	0,8	0,01	0,315	0,246	1,373	3,00	55	0,63	VERDADERO	0,60	VERDADERO
38	25	11,15	0,03	3,32	3,6	2827,8	2827,4	1,2	1,2	2826,56	2826,19	10	254	1,22	125,02	0,8	0,01	0,315	0,246	0,756	2,02	55	0,53	VERDADERO	0,60	VERDADERO
<b>TRAMO 4</b>																										
39	40	19,32	0,02	12,84	7,2	2826,98	2824,50	1,2	1,2	2825,78	2823,3	10	254	0,86	125,02	0,8	0,01	0,315	0,246	1,311	2,37	55	2,06	VERDADERO	0,60	VERDADERO
40	28	31,05	0,07	3,12	3,5	2824,50	2824,03	1,2	1,7	2823,30	2822,33	10	254	3,07	125,02	0,8	0,02	0,350	0,273	1,896	4,05	55	0,59	VERDADERO	0,60	VERDADERO
<b>TRAMO 5</b>																										
41	42	24,14	0,15	2,36	3,1	2815,9	2816,1	1,2	2,0	2814,71	2814,14	10	254	6,84	645,58	4	0,01	0,315	1,266	0,318	2,40	55	0,39	VERDADERO	3,07	VERDADERO
42	36	52,86	0,29	1,97	2,8	2816,1	2815,6	2,0	2,5	2814,14	2813,1	10	254	13,25	589,33	3,7	0,02	0,350	1,285	0,686	3,97	55	0,38	VERDADERO	2,84	VERDADERO
<b>TRAMO 6</b>																										
43	12	22,98	0,03	7,83	5,6	2813,6	2814,3	1,2	3,7	2812,38	2810,58	10	254	1,21	125,02	0,8	0,01	0,315	0,246	1,559	2,92	55	1,26	VERDADERO	0,60	VERDADERO
<b>TRAMO 7</b>																										
44	45	12,29	0,06	3,91	4,0	2813,4	2814,2	1,2	2,5	2812,19	2811,71	10	254	2,64	125,02	0,8	0,02	0,350	0,273	0,750	2,01	55	0,75	VERDADERO	0,60	VERDADERO
45	10	19,83	0,13	2,27	3,0	2814,2	2814,8	2,5	3,5	2811,71	2811,26	10	254	5,84	631,99	3,9	0,01	0,315	1,241	0,266	2,18	55	0,37	VERDADERO	3,01	VERDADERO

De acuerdo a los valores presentados en las tablas 10 y 11, luego de la respectiva revisión, se observa que el diseño realizado cumple con los parámetros mínimos para diámetros en la red de evacuación de aguas residuales de 8" y en la red de aguas lluvias de 10" (D.3.2.6 y D.4.3.8 ras 2000), velocidad mínima de 0.45 m/s para aguas residuales y de 0.75 m/s para aguas lluvias (D.3.2.7 y D.4.3.10 ras 2000), velocidad máxima de 5 m/s para alcantarillado sanitario y de 10 m/s para alcantarillado pluvial (D.3.2.8 y D.4.3.11 ras 2000), esfuerzo cortante mínimo de 0.15 kg/m<sup>2</sup> para aguas residuales y de 0.3 kg/m<sup>2</sup> para aguas lluvias (D.3.2.7 y D.4.3.10 ras 2000) y profundidad mínima de 1.20 m para los dos casos (D.3.2.12 y D.4.3.15 ras 2000).

Nótese que en la tabla 11, se presentan algunos valores de velocidad real inferiores a 0.75 m/s, en cuyo caso de acuerdo con la norma RAS 2000 literal D.3.2.7, si por condiciones topográficas no sea posible alcanzar la velocidad mínima, debe verificarse que se cumpla el esfuerzo cortante mínimo, con el fin de garantizar la condición de tubería autolimpiante.

**2.2.1.4. Otras observaciones.** Así mismo en la presentación de la consultoría se tiene en cuenta varios aspectos de acuerdo a las actividades a desarrollar dentro de los términos de referencia y se realizó las siguientes observaciones en un informe presentado a la subsecretaría de gestión ambiental rural.

**1. Levantamiento topográfico de las estructuras y redes del sistema de acueducto, existente y proyectado, utilizando coordenadas:** se presenta el capítulo de levantamiento topográfico en medio físico (falta en medio magnético), realizado a través de estación total, con un error permisible por encima de lo estipulado en la norma RAS.

**2. Estudios de suelos para las estructuras:** no se presentan estudios de suelos específicos para el lugar, se toma como base los estudios de poblaciones vecinas.

**3. Diagnóstico y evaluación de redes existentes:** La población en estudio no posee redes de alcantarillado existentes, la recolección de aguas residuales se realiza a través de pozos sépticos.

**4. Caracterización de las fuentes de agua que abastecen el sistema:** Se realizan estudios de caracterización en los laboratorios de la universidad de Nariño, obteniendo agua apta para consumo doméstico en la red de acueducto.

**5. Determinación de alternativas técnicas:** se establecen tres opciones, de las cuales se escoge la alternativa más viable y económica dentro del contexto de desarrollo del proyecto, es decir un sistema de alcantarillado sanitario a través de colectores y con vertimientos a fuentes aledañas previo tratamiento.

**6. Identificación de las posibles áreas de expansión:** corresponde a los sectores aledaños a la carretera, los cuales se contemplan en el diseño.

**7. Elaborar los diseños hidráulicos según norma RAS 2000 y 2009:** los diseños presentados se ajustan a la norma RAS 2000 y su actualización 2009 en cuanto a proyección de la población, periodo de diseño, cálculo de contribuciones y caudal de diseño, diámetros mínimos, velocidades dentro de rangos aceptables,

pendientes máximas y mínimas. El diseño se realiza como conducciones a flujo libre por gravedad a partir de la fórmula de Manning. Existe un par de errores de digitación que no influye en el diseño.

**8. Dibujo de planos y detalles constructivos del sistema:** No se presentan planos físicos, ni en medio magnético.

**9. Dibujo de plano general de localización del proyecto:** no se presenta planos adicionales de localización del proyecto, solo se presenta un plano en planta de la localidad en estudio.

**10. Elaborar los diseños estructurales de las estructuras cuando sean necesarias:** No se presenta el diseño estructural de la planta de tratamiento de aguas residuales proyectada (Tanque Imhoff).

**11. Elaborar los análisis de precios unitarios:** se presenta un análisis detallado de precios unitarios para cada uno de los ítems del presupuesto.

**12. Elaborar el presupuesto del proyecto:** se presenta presupuesto total del proyecto, materiales y mano de obra, acorde con las cantidades contempladas en las memorias de diseño

**13. Realizar la ficha según metodología MGA:** Se presenta su elaboración.

**14. Elaborar el cronograma de ejecución de la obra:** no se presenta cronograma de ejecución de obra.

**15. Elaborar las especificaciones técnicas y normativas para la ejecución de la obra:** se presenta un documento que indica los procedimientos constructivos, materiales, equipo, mano de obra y metodologías aceptadas para ejecutar las obras con cada uno de los ítems relacionados en el presupuesto.

**16. Elaborar plan de manejo ambiental:** se tienen en cuenta sugerencias e inquietudes de la comunidad, se identifican los impactos y planes de manejo en los aspectos físico, biótico y social.

**17. Elaboración de censo de usuarios:** se presenta un censo de usuarios realizado en el mes de noviembre, información obtenida junto con habitantes del corregimiento de Cabrera y complementada con las visitas topográficas y visitas a la comunidad.

**18. Entrega de carteras de topografía:** no se evidencia la entrega de carteras topográficas en medio magnético ni en medio físico.

**19. Socialización con la comunidad antes del inicio de las labores de la consultoría, así como una vez concluida socializar los resultados obtenidos:** se realiza una visita el día 10 de octubre de 2011 (antes de empezar con los estudios), por parte del consultor y funcionarios de la alcaldía, pero no hay una socialización final.

**20. Diseño y presupuesto de la planta de tratamiento:** Se plantea la construcción de una unidad de planta de tratamiento de aguas residuales para el vertimiento de cada sector para lo cual se presenta las memorias de diseño hidráulico de un tanque Imhoff, las cuales no son muy claras ni coherentes.

**21. Análisis de agua y caracterización de vertimientos:** Corresponde a la caracterización de aguas residuales domiciliarias no afectadas por industria, pero no se presenta soporte documentado.

### **3. SEGUIMIENTO A LA CONSTRUCCION DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL VEREDA TESCUAL CORREGIMIENTO DE MORASURCO**

#### **3.1. ETAPA CONTRACTUAL**

**3.1.1. Objetivo del contrato.** El Municipio de Pasto, requiere contratar, por el sistema de precios unitarios fijos, la construcción y optimización del alcantarillado pluvial para la Vereda Tescual, Corregimiento Morasurco Municipio de Pasto.

#### **3.1.2. Términos de referencia**

**3.1.2.1. Identificación del tipo de contrato.** La selección de la oferta más favorable para la SGA, por tratarse de la contratación de una obra, cuyo presupuesto oficial se ha estimado que no supera la menor cuantía, se efectuará bajo la modalidad de selección abreviada<sup>18</sup>.

#### **3.1.2.2. Datos del contrato**

No Contrato: 111964  
Fecha Contrato: Septiembre 22 de 2011  
Valor Contrato: \$ 7.276.618.  
Plazo: Dos meses (60) días calendario

**3.1.3. Desarrollo del proceso de selección abreviada No. MP-SGA-SA-2011-003.** En la audiencia de sorteo realizada el 01 de agosto de 2011 se escogen 15 posibles oferentes, con quienes se realiza la visita al sitio el día 04 de agosto de 2011. Una vez cumplido el plazo para la recepción de ofertas, el 05 de septiembre de 2011 se realiza la audiencia pública de apertura de propuestas, las cuales son sometidas a revisión de requisitos habilitantes por parte de un comité asesor encargado, informando que según el informe de resultados de verificación de requisitos habilitantes se encuentran habilitados tres proponentes.

La adjudicación recaerá en el proponente que haya presentado la oferta con la mejor relación costo-beneficio y quien cumpla con los requisitos habilitantes, de esta manera se descartan las propuestas cuyo valor excede el presupuesto oficial y también las que son inferiores al 95% del mismo. Seguidamente se continúa con la verificación de la oferta de precios presentada por los proponentes habilitados y se verifica la oferta inicial a través de una revisión aritmética aplicada según el formato de la alcaldía en la siguiente tabla, obteniendo para los oferentes los siguientes resultados:

---

<sup>18</sup> COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. Decreto 2025 (03-junio-2009). Artículo 9, de la contratación de menor cuantía.

Tabla 12. Evaluación aritmética alcantarillado Tesqual

 SECRETARÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL Subsecretaría de Gestión Ambiental Rural INVITACION PÚBLICA No. MP-SGA - 2011-03 CONSTRUCCION ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA VEREDA TESQUAL CORREGIMIENTO MORASURCO - MUNICIPIO DE PASTO EVALUACION ARITMETICA						
Fecha: 02 DE SEPTIEMBRE DE 2011			Hora: 10:00 a.m.			
PRESUPUESTO OFICIAL :			7.417.471,00			
			7.046.597,45			
Nro.	PROPONENTE	FOLIOS	VALOR PROPUESTA (Pn)	PUNTAJE		
1	JUAN CARLOS CRIOLLO	1	7.855.175,00		7.855,18	SE DESCARTA SUPERA PRESUPUESTO OFICIAL
2	ZENaida SANTANDER BURITICA	1	7.318.865,00	819,81	7.318,87	
3	DARIO FERNANDO BUCHELY	1	7.276.618,00	858,56	7.276,62	PRIMER ELEGIBLE
PROMEDIO GEOMETRICO (PG) =			\$ 7.297.710,93			
F = 0,995 * PG =			\$ 7.261.222,37		7.297,71	
<b>POR SORTEO BALOTA 1 FACTOR BAJO</b>						
OBSERVACIONES: EL PROPONENTE No. 1 SE DESCARTA POR SUPERAR EL PRESUPUESTO OFICIAL. EL PRIMER ELEGIBLE ES EL PROPONENTE No. 3 EL SR. DARIO FERNANDO BUCHELY						
LUIS EDUARDO BURBANO Subsecretario de Gestión Ambiental Rural Secretaría de Gestión Ambiental		CHRISTIAN ORTEGA ingeniero Contratista Secretaría de Gestión Ambiental		E. ANIBAL PAZ M. Gestor Empresarial Contratista Secretaría de Gestión Ambiental		

De acuerdo a la tabla anterior, se detalla que la oferta económica presentada por el proponente Ing. Juan Carlos Criollo, fue descartada ya que supera el presupuesto oficial estimado para la ejecución de la obra referida.

## 3.2. ETAPA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

**3.2.1. Recursos del contratista.** Para la ejecución de la obra se está empleando el siguiente personal:

- ✓ 1 Ingeniero director de obra
- ✓ 1 Maestro de obra
- ✓ 1 Oficial
- ✓ 1 Obrero

Además se cuenta con el apoyo de la comunidad para mano de obra no calificada. Por otro lado, la interventoría a cargo de la secretaria de gestión ambiental del municipio de Pasto esta delegada a:

- ✓ Ing. Luis Eduardo Burbano – Supervisor de obra
- ✓ Ing. Ramón Santacruz - Interventor de obra
- ✓ Nelson Valenzuela – Apoyo a la supervisión e interventoría

**3.2.2. Descripción del proceso de construcción.** El proyecto se inicia el día 20 de Octubre de 2011, se realiza visita con el contratista de obra ing. Darío Fernando Buchely Muñoz, para determinar el trazado de la tubería del alcantarillado a construir y se define la necesidad de un sumidero que no estaba contemplado en el contrato inicial. De acuerdo a reunión sostenida con el grupo de veeduría, la comunidad y en presencia del presidente del sector, se determina dar inicio a las obras de excavación el día 16 de noviembre de 2011.

Figura 9. Localización y replanteo



Se inician las labores de excavación el día 16 de noviembre (figura 10), culminando estos trabajos el día 19 de Noviembre de 2011. Así mismo se continúa con labores de perfilado y nivelación del terreno en cajas y sumidero.

Figura 10. Excavaciones, perfilado y nivelación de terreno.



El día 23 de noviembre, se continúan con los trabajos de fundición de solados y verificación de medidas de cajas 1.40 X 1.20, seguidamente se realiza la colocación de material de colchón y atraque para posteriormente colocar los primeros tubos en el tramo 1 hasta completar a su vez el segundo tramo.

Figura 11. Solado base y colocación tubería tramo 1 y 2



El día 28 de noviembre, se realiza el armado de formaleta de cajas (figura 13) y cabezote de la alcantarilla pluvial, medidas según diseños, para proceder el siguiente día con su fundición (figura 12), además se funde el concreto de aletas de posetas.

Figura 12. Fundición de cabezote y aletas.



Figura 13. Caja de inspección 1 y 2



Figura 14. Formaleta y fundición de sumidero



Para el día 1 de diciembre, se determina que hay que hacer un realce de la caja de inspección 2 debido al nivel del terreno. Resuelto este hecho se continúa con la compactación del terreno con material de rebase común (figura 15), labor en donde interviene la comunidad con el aporte de mano de obra no calificada.

Figura 15. Compactación del terreno con rebase común.



Por último se colocan las tapas en las cajas de inspección y el día 7 de diciembre de 2011 el grupo de interventoría verifica las cantidades ejecutadas y se recibe la obra a entera satisfacción.

Figura 16. Caja de inspección terminada



### 3.2.3. Cantidades ejecutadas

Tabla 13. Cantidades ejecutadas Tescual

Ítem 1.1	Localización y replanteo	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		15,0 MI	15,0 MI
Ítem 2.1	Excavación material Común $h \leq 2m$	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		26,8 M3	26,8 M3
Ítem 3.1	Material de colchón y atraque 50% recebo 50% triturado	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		2,30 M3	4,05 M3
Ítem 3.2	Relleno con Recebo hasta 30 cm de la clave	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		9,23 M3	24,3 M3
Ítem 3.3	Relleno con Material Seleccionado de la Excavación compactado	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		265 M3	46,40 M3
Ítem 4.1	Sum.e Inst. Tubería Concreto $d=24"$	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		15,0 MI	15,0 MI
Ítem 5.1	Caja en Concreto 3000 psi	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		1,60 M3	0 MI
Ítem 6.1	Valla informativa lamina c-22 1.5x2.0	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		1 UND	1 UND
Ítem 6.2	Señalización	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		30 MI	30 MI

El ítem 5.1 no se ejecutó porque en decisión conjunta con la interventoría y el contratista se aprobó que esta obra no se pague por unidad, sino en global de concretos de pocetas, aletas y cabezote, obras no contempladas.

### 3.2.4. Obras no contempladas

Ítem 7. Concreto clase G para cabezote, aletas y pocetas.

Cantidad ejecutada = 7,29 M3

Ítem 8. Sumidero Transversal para aguas lluvias, rejilla 1,60 m. x 0,30 m. marco y contramarco en ángulo 1 1/2" x 1/4", barrotes en acero 3/4" liso, sobre cajilla en concreto 3000 PSI, incluido conexión a poceta.

Cantidad ejecutada = 1 UND

### 3.2.5. Actas de obra.

Acta de inicio: 20 de Octubre de 2011  
 Acta concertación valor unitario: 2 de Diciembre de 2011  
 Actas de modificación: 2 de Diciembre de 2011  
 Acta de recibo final: 19 de Diciembre de 2011

## 4. SEGUIMIENTO A LA OBRA DE CIERRE DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO DEL ACUEDUCTO DE LA VEREDA LOS ANGELES, CORREGIMIENTO DE SANTA BARBARA

### 4.1. ETAPA CONTRACTUAL

**4.1.1. Objetivo del contrato.** El municipio de Pasto requiere contratar el cierre del tanque de abastecimiento del acueducto de la vereda los ángeles, corregimiento santa bárbara, municipio de Pasto, conforme a los requerimientos señalados en el pliego de condiciones.

**4.1.2. Identificación del tipo de contrato.** La selección de la oferta más favorable para la SGA, se efectuará bajo la modalidad de selección abreviada.

#### 4.1.3. Datos del contrato

No Contrato: 111922  
 Fecha Contrato: Septiembre 22 de 2011  
 Valor Contrato: \$ 20.519.798  
 Plazo: Dos meses (60) días calendario

**4.1.4. Desarrollo del proceso de selección abreviada No. MP-SGA-SA-2011-005.** En la audiencia de sorteo realizada el 05 de agosto de 2011 se escogen 15 posibles oferentes, con quienes se realiza la visita al sitio el día 10 de agosto de 2011. Una vez cumplido el plazo para la recepción de ofertas, el 06 de septiembre de 2011 se realiza la audiencia pública de apertura de propuestas, las cuales son sometidas a revisión de requisitos habilitantes por parte de un comité asesor encargado, informando que se encuentran habilitados cinco proponentes. Seguidamente se continúa con la verificación de la oferta de precios.

Tabla 14. Evaluación aritmética Los Angeles.

Nro.	PROPONENTE	FOLIOS	PRESUPUESTO OFICIAL :	PUNTAJE		
			20.519.798,00			
			19.493.808,10			
			VALOR PROPUESTA (Pn)			
1.	JAVIER MADROÑERO ANDRADE	1	20.110.987,00	877,23	20.110,99	<b>PRIMER ELEGIBLE</b>
2.	DIEGO ESPAÑA	1	20.112.685,00	875,78	20.112,69	
3.	JOSE ORLANDO VILLOTA	1	20.273.548,00	815,92	20.273,55	
4.	LUIS CARLOS UNIGARRO	1	20.250.100,00	821,74	20.250,10	
5.	ROSARIO MARTINEZ	1	20.248.936,00	822,04	20.248,94	
			<b>PROMEDIO GEOMETRICO (PG) =</b>			
			<b>F = 0,995 * PG</b>			
			<b>= \$ 20.199.123,07</b>			
			<b>= \$ 20.098.127,46</b>			
<b>FOR SORTEO BALOTA 1 FACTOR BAJO</b>						

De acuerdo a la tabla anterior, se detalla que por sorteo se determina el factor bajo para la escogencia de la oferta económica, y en consecuencia se determina adjudicar el contrato al ingeniero Javier Madroñero Andrade por el valor ofertado.

## 4.2. ETAPA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

**4.2.1. Descripción del proceso de construcción.** El proyecto se inició el día 20 de octubre del 2011, con la visita al sitio de la obra, para realizar el levantamiento topográfico y hacer el diseño final del cerramiento a construir.

Figura 17. Vista en planta cerramiento Los Angeles.

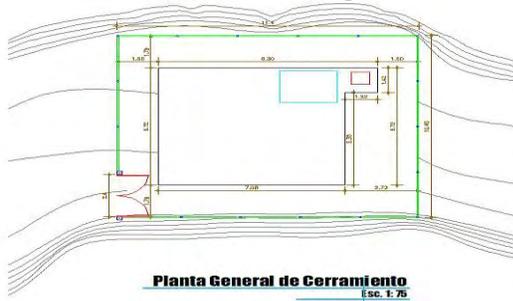


Figura 18. Vista posterior y frontal cerramiento Los Angeles.

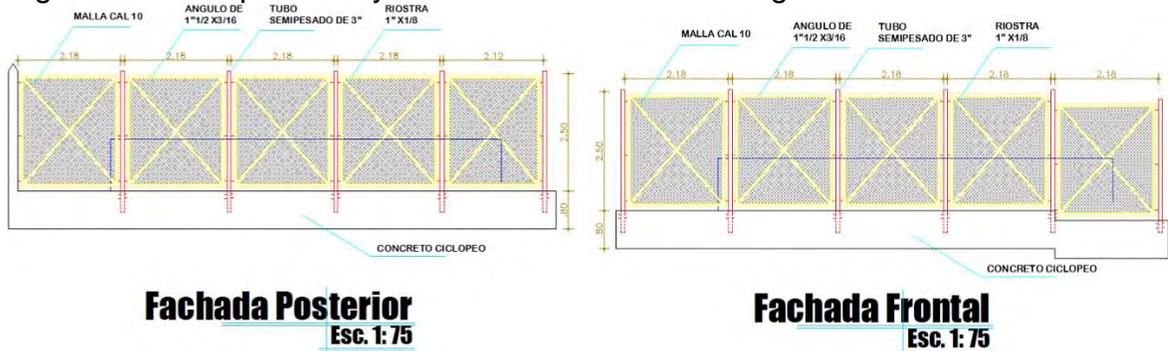
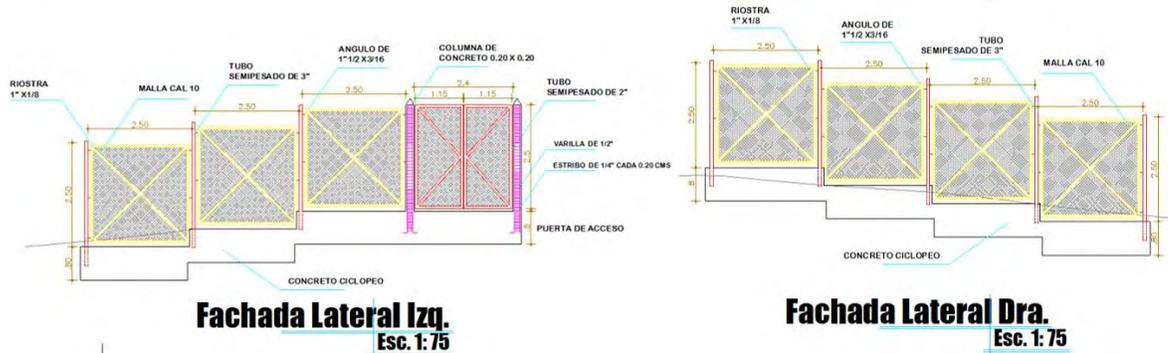


Figura 19. Vista lateral derecha e izquierda cerramiento Los Angeles.



Una vez analizados los diseños de la propuesta del contratista y aprobados por la interventoría, el día 29 de octubre se hace la localización y replanteo en compañía del maestro de obra e ingeniero residente de obra (figura 20).

Figura 20. Localización y replanteo cerramiento los Angeles.



Posteriormente se realizan los trabajos de excavaciones y desalojo de material sobrante, esto con la colaboración de mano de obra no calificada por parte la comunidad de los ángeles y se continúa con las labores de fundición del concreto ciclópeo y colocación de tubo estructural de 3", siguiendo los planos previstos.

Figura 21. Excavaciones y colocación de tubo de 3" en concreto ciclópeo.



El día 12 de diciembre, se corta y figura el hierro de las columnas de la entrada conforme a los planos (figura 23).

Figura 22. Armado de columnas cerramiento los ángeles



El día 19 de diciembre, se tiene el armado de la formaleta de columnas y el día siguiente se procede con su fundición, quedando pendiente la colocación de la malla eslabonada la cual se está trabajando paralelamente en la ciudad de Pasto,

y se pretende instalar al siguiente día con el fin de terminar labores de pintado de tubos y malla el 30 de diciembre, dando por finalizada la ejecución de la obra.

Figura 23. Encofrado y fundición de columnas.



#### 4.2.2. Cantidades ejecutadas

Tabla 15. Cantidades ejecutadas Los Angeles

Ítem 3.6.1.3.23	Columna en cto. 3000 PSI de 20*20 y Rfzo. 4 D=1/2 E=1/4"	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		15 ML	15 ML
Ítem S/C	Concreto ciclópeo 60% cto 3000 psi+40% rajón (m3)	15 M3	15 M3
Ítem S/C	Cerramiento de protección en tubo estructural 3" semipesado, malla y angulo H=3m pintura anticorrosivo y esmalte (ml)	41 ML	41 M
Ítem S/C	Puerta de acceso en tubo estructural 3" con candado (un)	1 UND	1 UND

#### 4.2.3. Actas de obra

Acta de inicio: 20 de Octubre de 2011  
Acta de recibo final: 30 de Diciembre de 2011

#### 4.3. ACTIVIDADES EN LOS PROYECTOS DE INTERVENTORIA

- Apoyo en la etapa contractual para seleccionar la oferta más favorable para la SGA mediante la modalidad de selección abreviada y adjudicar el contrato.
- Acompañamiento mediante las visitas de interventoría a la obra.
- Brindar apoyo en la interventoría y supervisión del proyecto, mediante el conocimiento de los pliegos de condiciones y especificaciones del proyecto.
- Apoyo para el control de calidad de los materiales utilizados en la obra.
- Apoyo en la supervisión del cumplimiento de normas de seguridad industrial.
- Apoyo en la medición de las cantidades de obra ejecutadas por el contratista y su correspondencia con el presupuesto.
- Apoyo en el control de las actividades y procesos ejecutados mediante la elaboración de una bitácora de obra.
- Apoyo en la elaboración de pre-actas y actas de obra (ANEXO 1)

## **5. SEGUIMIENTO A LA CONSTRUCCION DE LA BOCATOMA Y SUMINISTRO E INSTALACION DE LA TUBERIA DE ADUCCION DEL ACUEDUCTO DE JAMONDINO-ROSARIO DEL MUNICIPIO DE PASTO**

### **5.1. ETAPA CONTRACTUAL**

La Alcaldía de Pasto mediante Decreto 0533 del 29 de Julio de 2011, declaró la urgencia manifiesta en el Municipio de Pasto, con ocasión de la emergencia generada por una avalancha registrada al desprenderse parte de una montaña en el corregimiento de Jamondino, ocasionando graves inundaciones en la plaza de mercado del Potrerillo y en diez barrios aledaños del sur de la ciudad. La declaración de urgencia manifiesta le posibilita a la Administración Municipal celebrar los contratos necesarios que permitan atender la emergencia, a través de la adquisición de bienes y/o construcción de las obras necesarias. Con el mismo fin se podrán efectuar las modificaciones del presupuesto del Municipio de Pasto de la actual vigencia fiscal.

### **5.2. ETAPA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL**

#### **5.2.1. Datos del contrato**

No Contrato: 111577  
Fecha Contrato: 02 agosto de 2011  
Valor Contrato: \$ 19.983.489  
Plazo: tres meses  
Contratista: Ing. Guillermo Erazo

**5.2.2. Descripción del proceso de construcción.** El día 06 de agosto de 2011, con la comunidad de los sectores de Jamondino y Rosario se realiza visita al sitio de obra para socializar el proyecto con la comunidad, en la misma se define el sitio de ubicación de la bocatoma, por el sitio escogido se determina la necesidad de realizar el corte de rocas y el desvío de la quebrada Guachuca (figura 25).

Figura 24. Corte de rocas por parte de la comunidad y ubicación de bocatoma.



Una vez terminada la actividad, se procede a realizar la fundición de una plataforma en concreto ciclópeo debido a la inestabilidad que presenta el terreno (figura 26) y se procede posteriormente a el encofrado de las estructuras de la bocatoma, previamente a solicitud de interventoría el contratista realiza adecuaciones mediante la instalación de tubería para evitar que el ingreso provisional de agua al sistema de acueducto se mezcle con lodo.

Figura 25. Fundición plataforma y encofrado de la estructura.



Terminado el encofrado se da inicio al figurado de acero de refuerzo para continuar con la elaboración de concretos y fundición del cuerpo de la bocatoma y seguidamente iniciar el ítem de construcción de cajillas en mampostería.

Es conveniente aclarar que la construcción de los muros y aletas de la bocatoma, se realizaron en dos etapas, esto debido a la gran altura requerida. Así mismo previa revisión por parte de la interventoría, se determina la necesidad de prolongar las aletas de la presa para dar mayor garantía que el curso de agua ingrese a la bocatoma, teniendo en cuenta que el sistema de acueducto se surte de dos fuentes: La quebrada Guachucal y una quebrada aledaña.

Como parte del contrato se contempló la reposición de la tubería de aducción que resultó dañada y además la reposición de la existente que se encontraba en mal estado y el material utilizado era tubería PVC sanitario como se observa en la figura 28, lo que no garantizaba un buen funcionamiento, en consecuencia se realiza la reposición con tubería de presión de 6", cuyo dato fue tomado de los diseños de optimización del acueducto de Jamondino-Rosario<sup>19</sup>.

Figura 26. Reposición de tubería de aducción y relleno con material.

---

<sup>19</sup> GUERRERO CABRERA, Andres. Consultoría. "Optimización del sistema de acueducto en el corregimiento Jamondino y barrio el Rosario".



Se realiza el repello y esmaltado de las paredes de las cajillas y de la bocatoma, para posteriormente proceder a la instalación de elementos como válvulas, válvulas de pozuelo, válvulas de coladera (figura 29).

Figura 27. Acabado paredes de bocatoma y elementos hidráulicos.



Por último se realiza la instalación de la tubería de caudal de excesos y desagüe en la cajilla de derivación (figura 30), lo cual se ejecuta en tubería sanitaria PVC de 4" e igualmente se procede con la instalación de tapas metálicas, rejilla y conos de ventilación.

Figura 28. Tubería de excesos y tapas y conos instalados.



### 5.2.3. Cantidades ejecutadas

Tabla 16. Cantidades ejecutadas Jamondino

Ítem	Descripción	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		1 UN	1 UN
Ítem 2.9	Rejilla 0.3 x 0.7 y varillas de 5/8"	1 UN	1 UN
Ítem 2.12	Válvula de HF incluye brid AS Ø =6"	1 UN	1 UN

Ítem 4.2	Accesorios presión PVC 6"	2 UN	2 UN
Ítem 5.1	Postes con base	9 UN	9 UN
Ítem 5.2	Cinta preventiva (rollo)	2 UN	2 UN
Ítem 5.3	Valla informativa	1 UN	1 UN

#### 5.2.4. Obras de más

Tabla 17. Obras de más Jamondino

Ítem	Descripción	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		22 M3	35,67 M3
Ítem 2.2	Concreto ciclópeo 40% rajón, 60% Ccto simple	9 M3	21,05 M3
Ítem 2.6	Muro en sogá	12 M2	16,5 M2
Ítem 2.8	Esmaltado impermeabilizado	15 M2	56,44 M2
Ítem 2.10	Tapa HF cal 16 de 0,6 x 0,6	2 UND	3 UND
Ítem 2.11	Válvula de coladera Ø =6"	1 UND	2 UND
Ítem 2.13	Escalones en varilla de ¾"	4 UND	9 UND
Ítem 2.14	Cono de ventilación Ø =2" en HF cal 16	1 UND	2 UND
Ítem 2.15	Válvula de pozuelo Ø =4" incluye accesorios	1 UND	2 UND
Ítem 2.16	Desagüe PVC sanitaria 4" incluye accesorios	1 UND	2 UND

#### 5.2.5. Obras de menos

Tabla 18. Obras de menos Jamondino

Ítem	Descripción	Cant. contratada	Cant. Ejec.
		200 ML	126 ML
Ítem 2.3	Concreto 3000 PSI incluye formaleta	2 M3	0,53 M3
Ítem 2.4	Refuerzo Ø =3/8"	75 KG	38,70 KG
Ítem 2.5	Refuerzo Ø =1/2"	85 KG	37,50 KG
Ítem 2.7	Repello impermeabilizado 1:3	1,65 M3	1,40 M3
Ítem 3.1	Conformación de cause de quebrada Guachucal en el sector aguas arriba de reposición de bocatoma, con material seleccionado del sitio	70 M3	27,40 M3
Ítem 4.1	Suministro e instalación tubería de 6"	150 ML	138 ML

#### 5.2.6. Obras no contempladas

Ítem 6.1 Excavación en material común (m3)

Cantidad ejecutada = 45,36 M3

Ítem 6.2 Relleno con material de la excavación compactado (m3)

Cantidad ejecutada = 28,35 M3

Ítem 6.3 Excavación en roca (m3)

Cantidad ejecutada = 4,0 M3

Realizado el balance de obras de más y obras de menos (anexo 4), se determina la necesidad de adicionar al valor del contrato inicial un valor de \$4.830.195,40 M/C, quedando como valor total de la obra \$24.813.684,40 M/C.

#### **5.2.7. Actas de obra**

Acta de inicio:	04 de Agosto de 2011
Acta concertación valor unitario:	22 de Septiembre de 2011
Actas de modificación:	22 de Septiembre de 2011
Acta de recibo final:	05 de Noviembre de 2011

### **6. SEGUIMIENTO Y EVALUACION TECNICA DEL PROYECTO DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EN EL CORREGIMIENTO DE JAMONDINO Y BARRIO EL ROSARIO**

#### **6.1. VISITA TECNICA AL SITIO**

Antes de iniciar con las labores de revisión del proyecto entregado, el día 23 de julio de 2011, se programa una visita al sitio en conjunto con la ingeniera Marta Erazo, funcionaria por parte de Empopasto sa, con el fin de verificar las condiciones actuales del sistema de acueducto y evaluar acertadamente las alternativas planteadas en el proyecto.

**6.1.1. Bocatoma.** La captación corresponde a una bocatoma de fondo que regularmente capta el caudal necesario con excepción de épocas de verano donde el caudal disminuye y no es suficiente. Para solventar esta dificultad la comunidad ha adecuado una rejilla lateral, condición que deberá ser evaluada en el proyecto con el fin de no sobrepasar la concesión de aguas No. 402 del 02 de noviembre de 2009 otorgada por Corponariño establecida en 33 lps.

Patológicamente la estructura no presenta fisuras en sus paredes, rebosadero, ni en su cajilla de derivación, así mismo no presenta socavaciones aguas arriba y aguas abajo y su deterioro corresponde al tiempo de vida y uso normal.

Figura 29. Bocatoma Jamondino



**6.1.2. Aducción (bocatoma-desarenador).** Está compuesta por tubería pvc sanitaria de diferentes diámetros entre 3" y 6". Las cuales se conducen a dos

desarenadores por una distancia aproximada de 120 m según información de la comunidad. En algunos puntos la tubería se encuentra expuesta con el riesgo de ser perforada o deteriorada por agentes externos. Además a una distancia de 20 m aproximadamente se encuentra una válvula de purga en la tubería de 6”.

**6.1.3. Desarenador.** Se encuentra que existen 2 estructuras funcionando simultáneamente (figura 30), una corresponde a un desarenador convencional de gran tamaño en mampostería, que ya cumplió su vida útil y que según información de la comunidad tiene aproximadamente 35 años y la otra corresponde a un desarenador convencional en concreto reforzado, construido con recursos del plan Colombia en conjunto con la bocatoma, de aproximadamente 6 años de uso. Ambos desarenadores cuentan con cajas de protección para sus válvulas, rebose de caudal de excesos y tubería de desagüe para lavado.

Figura 30. Desarenadores Jamondino y cajas de protección.



**6.1.4. Aduccion (desarenador-tanque).** Presenta tubería en pvc sanitaria y/o manguera de diferentes diámetros, convergiendo hacia una caja repartidora de caudal con distancia aproximada de 900 m según información de la comunidad.

A lo largo de la conducción se observa dos válvulas purga y una válvula ventosa, las cuales según la comunidad se encuentran en funcionamiento, así mismo se encuentran algunos puntos en los que la tubería se encuentra expuesta.

Figura 31. Aducción expuesta



**6.1.5. Tanques de almacenamiento.** El primer tanque visitado contiene una caja de derivación de caudales, donde se reparte el caudal tanto para el Rosario como para Jamondino. Los dos tanques adicionales corresponden al barrio el rosario, los cuales están interconectados mediante una tubería de 6", dejando el primer tanque como un tanque auxiliar y el segundo tanque trabajando la mayor parte del tiempo, de acuerdo a lo observado en la visita. Así mismo de acuerdo a la información de la comunidad este segundo tanque también fue realizado con recursos del plan Colombia, por lo cual su tiempo de vida útil es reciente, comparado con los otros tanques cuyo tiempo de vida útil ya se cumplió.

Cada uno de los tanques tiene una caseta que corresponde al sistema de desinfección a través de cloro dosificado por goteo en una cantidad adecuada. Las conexiones entre tanques y hacia las redes no son adecuadas, debido a la variedad de materiales y diámetros en todas las líneas de conexión.

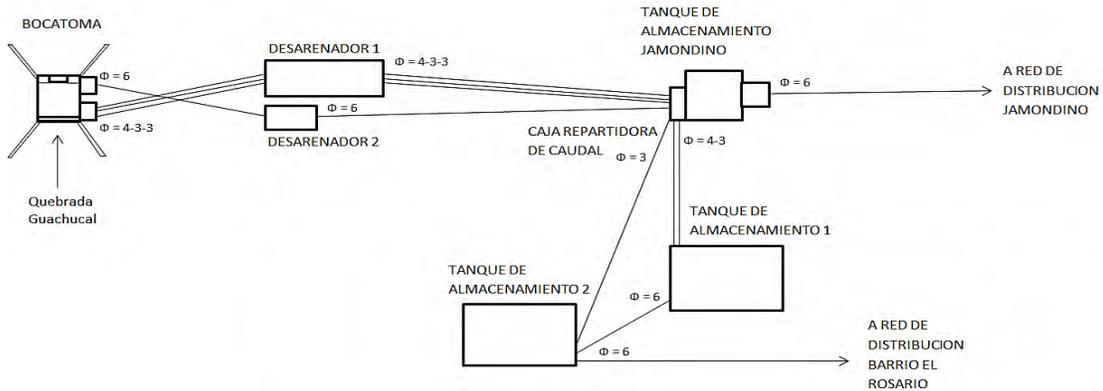
Figura 32. Tanques Jamondino y Rosario



**6.1.6. Redes de distribución.** De acuerdo con la información que brindan los voceros de la comunidad encargados del acueducto, la red de distribución posee ramales de diferentes diámetros, en su mayoría con tuberías de 2". Las redes se encuentran en regular estado y su funcionamiento no es óptimo pues carece de diseño y por esta razón en algunos puntos se presentan bajas presiones.

**6.1.7. Esquema general del proyecto.** Para una mejor comprensión del alcance del proyecto a evaluar, se elaboró un esquema general de las condiciones actuales, como resumen de la visita efectuada.

Figura 33. Esquema general proyecto Jamondino y rosario.



## 6.2. RESUMEN DEL PROYECTO ENTREGADO

**6.2.1. Descripción del problema.** Además de la precaria calidad del agua que consumen los habitantes de la micro-cuenca Guachucal, la infraestructura está en malas condiciones y no posee los mecanismos necesarios para mejorar el servicio. Es imprescindible hacer una revisión puntual de toda la red para emprender acciones correctivas, en pro del mejoramiento del servicio.

**6.2.2. Objetivo general.** Mejorar la red de acueducto de la micro-cuenca guachucal.

### 6.2.3. Objetivos específicos

- Ampliar la red de acueducto para la totalidad de los habitantes
- Brindar mejor servicio para la población.

### 6.2.4. Alternativas de optimización de los componentes del acueducto

**6.2.4.1. Bocatoma y línea de aducción.** El consultor propone adecuar la rejilla aplicando una inclinación de 10°, así como la eliminación de dos líneas de aducción que se consideran innecesarias (una de 3 pulgadas y otra de 4 pulgadas), dejando el funcionamiento de una sola correspondiente a la de mayor diámetro de las tres (6 pulgadas). Para corroborar la propuesta del consultor, se realizan los cálculos correspondientes con las condiciones propuestas:

Caudal de diseño = 20,69 lps

Pendiente de la línea = 2,99 %

Formula de Manning para conductos a flujo libre:

$$D = 1,548 \left( \frac{nQ}{S^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,119 \text{ m} = 4,69''$$

Por lo cual sería conveniente escoger un diámetro comercial superior es decir tubería de 6", acorde con la propuesta del consultor.

**6.2.4.1. Desarenadores.** El consultor tomando en cuenta las medidas de los desarenadores actuales, realiza una evaluación hidráulica.

<b>Desarenador 1:</b>		<b>Desarenador 2:</b>
Ancho de Muro	: 0,25 m	: 0,20 m
Ancho	: 2,30 m	: 1,50 m
Borde Libre	: 0,30 m	: 0,20 m
Longitud	: 15,0 m	: 7,0 m
Altura Total	: 2,20 m	: 1,60 m
Altura útil	: 1,5 m	: 1,0 m

En primer lugar, se calcula el tiempo de retención de la estructura. Según el Título A de la norma RAS 2000 (literal A.11.2.4), el período de retención para desarenadores, no puede ser menor de 20 minutos.

$$\text{Desarenador 1: } \theta = \frac{V}{Q} = \frac{75,9 \text{ m}^3}{0,015 \text{ m}^3/\text{s}} = 5060 \text{ s} = 1,4 \text{ horas} \rightarrow (>20 \text{ min}) \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\text{Desarenador 2: } \theta = \frac{V}{Q} = \frac{16,8 \text{ m}^3}{0,015 \text{ m}^3/\text{s}} = 1120 \text{ s} = 18,66 \text{ min} \rightarrow (<20 \text{ min}) \rightarrow \text{No Cumple}$$

Comprobación de la relación Longitud útil – Profundidad Efectiva. Según la norma RAS 2000 (literal B.4.4.6.4) la relación recomendada es de 10:1.

$$\text{Desarenador 1: } \frac{L}{H_{\text{útil}}} = 10 \rightarrow \frac{15 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} = 10 \quad \text{Cumple}$$

$$\text{Desarenador 2: } \frac{L}{H_{\text{útil}}} = 10 \rightarrow \frac{7 \text{ m}}{1 \text{ m}} = 7 < 10 \quad \text{No cumple}$$

Comprobación de la carga hidráulica superficial. Según López Cualla<sup>20</sup> debe estar entre 15 y 80 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> – d.

$$\text{Desarenador 1: } q = \frac{Q}{As} = \frac{0,015 \text{ m}^3/\text{s}}{34,5 \text{ m}^2} = 4,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s} = 37,56 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$$

$$\text{Desarenador 2: } q = \frac{Q}{As} = \frac{0,015 \text{ m}^3/\text{s}}{10,5 \text{ m}^2} = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s} = 123,42 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$$

De los resultados obtenidos se observa que el desarenador pequeño no cumple con ninguno de los parámetros exigidos, actuando simplemente como un paso para el agua. Por lo cual el consultor propone, incrementar el volumen valiéndose del incremento del área superficial con el fin de cumplir con los parámetros exigidos por la norma y que garanticen un buen funcionamiento.

Para alcanzar el cumplimiento de esta propuesta, es necesario intervenir el desarenador existente, siendo un trabajo muy laborioso, o la construcción de un

<sup>20</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 187.

nuevo desarenador con las medidas requeridas y ajustadas a la norma de diseño RAS 2000. Siendo esta última opción la más conveniente para el proyecto.

**6.2.4.1. Línea de aducción (desarenador-tanque).** Se establece que la línea de conducción de 3 pulgadas, resultaría insuficiente para transportar el caudal de diseño proyectado (20.69 lps), obteniendo como resultado que la línea que mejor se ajusta a las condiciones de caudal de diseño, es la que corresponde a la combinación de diámetros de 4 (670,67 m al inicio de la conducción), y 3 pulgadas (203,57 m); resaltando que con ella se alcanza una presión adecuada.

Analizando el comportamiento con un diámetro de 3", se presenta una mayor velocidad de flujo. Así mismo la presión disponible es negativa sobre todo al final de la línea, debido a que se presenta gran pérdida unitaria de cabeza de presión y se concluye que este diámetro no es apto para transportar el caudal de diseño.

**6.2.4.2. Redes de distribución.** El consultor por solicitud de los presidentes de las Juntas de Acueducto tanto de Jamondino (Rafael Burbano) y de El Rosario (Campo Igua), determina que la cantidad de agua obtenida debe ser dividida para cada zona a partir de una cámara de distribución con vertedero, significando entonces, que las redes serán independientes y por lo tanto sus diseños.

Población Jamondino:	2892 Hab	Población El Rosario:	4184 Hab
Caudal Medio Diario:	6,31 LPS	Caudal Medio Diario:	9,13 LPS
Caudal Máximo Diario:	8,20 LPS	Caudal Máximo Diario:	11,87 LPS
Caudal Máximo Horario:	13,5 LPS	Caudal Máximo Horario:	18,9 LPS

## **6.2.5. Análisis del diseño**

**6.2.5.1. Población futura y caudal de diseño.** El consultor determinó el número de matrículas registradas en la junta administradora del acueducto Jamondino y el Rosario, las cuales son 723 y 1046 correspondientemente, asumiendo un número de 4 habitantes por vivienda, se calculó la población total en 7076 habitantes.

La proyección de la población se realizó mediante el método geométrico de acuerdo con la norma RAS 2000 título B.2.2.4, por ser este el que mejor se ajusta a las condiciones socioeconómicas de la población. En base a información del DANE y teniendo en cuenta el periodo de diseño de 25 años para todos los componentes de acuerdo a lo establecido en la resolución 2320 de 2009, se obtuvo una población futura de 9702 habitantes, que determina un nivel medio de complejidad conforme al literal A.3.1 norma RAS 2000.

El consultor realiza el cálculo de los caudales de diseño, a través de la determinación de la dotación neta con un valor de 115 L/hab-día con base en la resolución 2320 de 2009 para nivel medio de complejidad, dotación bruta calculada en 137.5 L/hab-día según literal B.2.6 norma RAS 2000 considerando a

criterio del consultor un porcentaje de pérdidas del 20% por tratarse de un proyecto de nivel de complejidad medio y que está dentro del límite exigido en la resolución 2320 de máximo 25%. Realiza los cálculos de la demanda según literal B.2.7.1 norma RAS 2000 para caudal medio diario, literal B.2.7.2 norma RAS 2000 para caudal máximo diario con el coeficiente K1 = 1.3 y literal B.2.7.3 norma RAS 2000 para caudal máximo horario con el coeficiente K2 = 1.6:

$$Q_{md} = 15,44 \text{ lps}; \quad Q_{MD} = 20,07 \text{ lps}; \quad Q_{MH} = 32,11 \text{ lps}$$

**6.2.5.2. Línea de aducción (bocatoma-desarenador).** Se diseña como conducto a flujo libre haciendo uso de la ecuación de Manning, tomando como caudal de diseño el caudal máximo diario más un 4% de las necesidades en la planta de tratamiento ( $Q_d = 20.69 \text{ lps}$ ), para una longitud de 120 m y un desnivel de 3,59 m. Se obtiene un diámetro de 4,8", el cual se aproxima al diámetro comercial de mayor tamaño es decir de 6", cumpliendo así con el diámetro mínimo de 4" si la aducción se hace a superficie libre, exigido en la norma RAS 2000 literal B.6.4.8.1. Se determinan las condiciones a tubo lleno verificando velocidad mínima y máxima según literal B.6.4.8.3 y B.6.4.8.4 norma RAS 2000, a partir del cuadro de relaciones hidráulicas, obteniendo una velocidad real de 1,93 m/s la cual está dentro del rango exigido por la norma.

**6.2.5.3. Desarenador.** El consultor tiene en cuenta una eficiencia mínima del 75% (literal B.4.4.6.5 RAS 2000), y un caudal de diseño igual al caudal máximo diario más un 4% de pérdidas en la aducción y más un 4% de necesidades en la planta de tratamiento ( $Q_d = 21.31 \text{ lps}$ ), de acuerdo al literal B.4.4.6.2 norma RAS 2000.

Se realiza el cálculo de velocidad de sedimentación teniendo en cuenta que a criterio del consultor se debe remover partículas de diámetro  $D=0.05 \text{ mm}$  (según la norma RAS 2000 B.4.4.6.5 en aguas con tratamiento posterior, deben removerse partículas superiores o iguales a 0.2 mm, a partir de lo cual es coherente afirmar que si se remueven partículas de 0.05 mm se removerán también todas las de diámetro superior, cumpliendo con la norma), se aplica la ley de Stokes para partículas menores a 0.085 mm:

$$V_s = \frac{g}{18} * \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} * d^2 = \frac{981 \text{ cm/s}^2}{18} * \frac{(2,65-1)}{0,01308 \text{ cm}^2/\text{s}} * (0,005 \text{ cm})^2 = 0,17 \text{ cm/s}$$

Verificando que se encuentre dentro del límite de aplicabilidad:

Tabla 19. Criterios simplificados para depósitos de arena en agua

Diámetro de partícula (mm)	Régimen
<0.085	Laminar
0.085 - 1.00	Transición
> 1.00	Turbulento

$$Re = \frac{V_s * d}{\nu} = 0,065 < 1 \quad \therefore \text{Flujo es laminar OK}$$

Considerando un desarenador con regulares deflectores se toma como factor de seguridad de la tabla  $\theta/t$  un valor de 3 (aquí usualmente se debe trabajar considerando un desarenador con buenos deflectores, pero es un valor que depende del criterio del diseñador) y se calcula el tiempo de retención hidráulico, obteniendo como resultado un valor de 44.1 minutos, el cual es adecuado, puesto que según literal A.11.2.4 RAS 2000, el periodo de retención del agua en este componente no será menor de 20 minutos.

El dimensionamiento del tanque se realiza teniendo en cuenta los parámetros del literal B.4.4.6.4 norma RAS 2000, asumiendo la profundidad útil de sedimentación  $H=1.5\text{m}$ , se obtiene un volumen del tanque de  $57,47 \text{ m}^3$ , un área superficial de  $38.31 \text{ m}^2$  y un largo de 15 metros por un ancho de 2.60 metros. Dimensiones con las cuales la carga hidráulica superficial resulta de  $48,90 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ , dentro del rango recomendado por López Cualla entre  $15$  y  $80 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ .<sup>21</sup>

Se compara la relación de tiempos con la relación de velocidades, considerando que la carga hidráulica superficial debe ser igual a la velocidad de sedimentación de la partícula ( $V_o$ ) en condiciones teóricas:

$$\frac{\theta}{t} = \frac{V_s}{V_o} = \frac{0,17 \text{ cm/s}}{0.057 \text{ cm/s}} = 2,98 \approx 3$$

Seguidamente, se realiza el diseño de los elementos del desarenador, con base en las recomendaciones dadas en el literal B.4.4.6.6 norma RAS 2000, por lo cual se diseña una canaleta de orificios, de tal manera que no supere una velocidad de entrada de  $0,30 \text{ m/s}$ , obteniendo 14 orificios de  $4''$  distribuidos en dos filas de 7 orificios cada una, para los cuales la velocidad de entrada está en  $0.18 \text{ m/s}$ .

Por otro lado, se calcula la velocidad horizontal y se chequea según lo establecido en el literal B.4.4.6.5 norma RAS 2000 que sea menor a  $0,25 \text{ m/s}$  y que además la relación velocidad horizontal – velocidad de sedimentación debe ser menor o igual a 20 conforme a lo mencionado en el literal B.4.4.6.3 norma RAS 2000.

$$V_H = \frac{Q}{W} = \frac{V_o \cdot L}{H} = \frac{0.02131 \text{ m}^3/\text{s}}{1.5 \text{ m} \cdot 2,6 \text{ m}} \cdot 100 \cong \frac{0.057 \text{ cm/s} \cdot 15 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} = 0,57 \text{ cm/s} < 25 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\frac{V_H}{V_S} \leq 20 \rightarrow \frac{0,57 \text{ cm/s}}{0,17 \text{ cm/s}} \leq 20 \rightarrow 3.35 \leq 20 \rightarrow \text{Cumple}$$

Según Lopez Cualla<sup>22</sup> la velocidad horizontal debe ser menor que la velocidad de arrastre de las partículas, con el fin de evitar la resuspensión del sedimento.

$$V_{H \text{ MÁX}} = 20 \cdot V_S = 20 \cdot 0,17 \text{ cm/s} = 3,4 \text{ cm/s}$$

<sup>21</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 187.

<sup>22</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 191.

$$V_R = \sqrt{\frac{8 * 0,04}{0,03} * 981 \frac{\text{cm}}{\text{s}} * (1,65) * 0,005 \text{ cm}} = 9,29 \frac{\text{cm}}{\text{s}} > 3,4 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \rightarrow \text{cumple}$$

El rebose en la cámara de quietamiento se calcula teniendo en cuenta el caudal de excesos llevado por la tubería de aducción de 6”.

$$Q_{\text{EXCESOS}} = Q_{\text{LLENO}} - Q_{\text{DISEÑO}} = 0.03973 \text{ m}^3/\text{s} - 0.02131 \text{ m}^3/\text{s} = 0.01842 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$X_S = 0.36 (V_E)^{2/3} + 0.60 (H_E)^{4/7} = 0.36 (0,43 \text{ m/s})^{2/3} + 0.60 (0,04 \text{ m})^{4/7} = 0.3 \text{ m}$$

$$L_E = X_S + 0.15 = 0.3 \text{ m} + 0.15 \text{ m} = 0.45 \text{ m}$$

El vertedero de salida se calcula con el caudal de diseño, obteniendo una velocidad por encima del vertedero de 0.41 m/s, la cual permite aplicar la ecuación de alcance horizontal:

$$X_S = 0.36 (V_V)^{2/3} + 0.60 (H_V)^{4/7} = 0.36 (0,41 \text{ m/s})^{2/3} + 0.60 (0,02 \text{ m})^{4/7} = 0.26 \text{ m}$$

$$L_V = X_S + 0.15 = 0.26 \text{ m} + 0.15 \text{ m} = 0,41 \text{ m} \approx 0.4 \text{ m}$$

Para la tubería de excesos y lavado se obtiene un diámetro de 6” a partir de la ecuación de Manning, con el cual se calcula el tiempo de vaciado del tanque a partir de la ecuación de descarga de un orificio en 2,76 horas. Los demás elementos del desarenador se calculan en base a información preestablecida, coherente y lógica, que dependen del criterio del diseñador y permite un buen funcionamiento de la estructura.

➤ **Pantalla de salida.**

$$\text{Profundidad} = H/2 = 1.5 \text{ m} / 2 = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{Distancia al vertedero de salida} = 15 H_v = 15 * 0.02 = 0.3 \text{ m}$$

➤ **Pantalla de entrada.**

$$\text{Profundidad} = H/2 = 1.50 / 2 = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{Distancia a la cámara de quietamiento} = L/4 = 15 \text{ m} / 4 = 3,75 \text{ m}$$

➤ **Almacenamiento de lodos.**

$$\text{Profundidad máxima} = 0.40 \text{ m}$$

$$\text{Distancia pto. de salida a la cámara de quietamiento} = L/3 = 15 \text{ m} / 3 = 5 \text{ m}$$

$$\text{Distancia pto. de salida al vertedero salida} = 2L/3 = 2 * 15 \text{ m} / 3 = 10 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente transversal} = 0.4 / B = 0.4 / 2,6 \text{ m} = 0,15 \%$$

$$\text{Pendiente Longitudinal (en L/3)} = 0,4 / 5 = 8 \%$$

$$\text{Pendiente Longitudinal (en 2L/3)} = 0,4 / 10 = 4 \%$$

➤ **Cámara de quietamiento.**

$$\text{Profundidad} = H/3 = 1.50 \text{ m} / 3 = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = B/3 = 2,6 \text{ m} / 3 = 0.86 \text{ m} \approx 0,9 \text{ m}$$

$$\text{Largo (adoptado)} = 1 \text{ m}$$

**6.2.5.1. Línea de aducción (desarenador-tanque).** De acuerdo al literal B.6.4.2 (RAS 2000), para el nivel medio de complejidad, se diseña con el caudal máximo diario (QMD) más las necesidades en la planta de tratamiento, siempre que se cuente con sistema de almacenamiento.

Caudal de diseño	= 20,69 LPS
Longitud desarenador – tanque	= 874,24 m
Cota salida desarenador	= 2851
Cota llegada a Tanque	= 2793
Cabeza a perder	= 57 m

Con base en la evaluación hidráulica y el análisis de alternativas de optimización del sistema de conducción existente, se escoge adoptar para el proyecto un tramo de 670,67 m desde el inicio de la conducción en un diámetro de 4 pulgadas y el resto de la línea en un diámetro de 3 pulgadas, el cual nos conservará presiones y velocidades adecuadas.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla, para una combinación de diámetros entre 4" y 3".

Tabla 20. Diseño hidráulico línea de aducción.

TRAMO	ABSCISA (m)		PTE	LONGITUD (m)			Ø		CAUDAL DISEÑO (l/s)	VELOC. (m/s)	PÉRDIDAS			COTAS (m.s.n.m.)						CORTE (m)		PRESIONES (m.c.a.)				CLASE DE TUBERÍA
	INICIAL	FINAL		Tramo	Acumul	CAMPO Tramo	Nom (plg)	Real (plg)			UNIT (m/m)	TOTAL (m)	NEGRA		ROJA		PIEZOMÉTRICA		INIC	FNAL	DISPONIBLE		ESTÁTICA			
													INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			INIC	FNAL	INIC	FNAL		
1-2	K0+00,00	K0+020,13	-14,90%	20,35	20,35	20,13	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,82	2851,00	2849,00	2851,00	2848,00	2851,00	2850,18	0,00	1,00	0,00	2,18	0,00	3,00	PVC RDE 41	
2-3	K0+020,13	K0+040,14	-2,50%	20,02	40,37	20,01	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2849,00	2848,50	2848,00	2847,50	2850,18	2849,38	1,00	1,00	2,18	1,88	3,00	3,50	PVC RDE 41	
3-4	K0+040,14	K0+060,15	-2,50%	20,02	60,38	20,01	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2848,50	2848,00	2847,50	2847,00	2849,38	2848,58	1,00	1,00	1,88	1,58	3,50	4,00	PVC RDE 41	
4-5	K0+060,15	K0+080,19	-4,99%	20,06	80,45	20,04	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2848,00	2847,00	2847,00	2846,00	2848,58	2847,78	1,00	1,00	1,58	1,78	4,00	5,00	PVC RDE 41	
5-6	K0+080,19	K0+100,31	-9,94%	20,22	100,67	20,12	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2847,00	2845,00	2846,00	2844,00	2847,78	2846,96	1,00	1,00	1,78	2,96	5,00	7,00	PVC RDE 41	
6-7	K0+100,31	K0+120,60	-14,79%	20,51	121,18	20,29	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,82	2845,00	2842,00	2844,00	2841,00	2846,96	2846,14	1,00	1,00	2,96	5,14	7,00	10,00	PVC RDE 41	
7-8	K0+120,60	K0+140,63	-4,99%	20,05	141,23	20,03	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2842,00	2841,00	2841,00	2840,00	2846,14	2845,34	1,00	1,00	5,14	5,34	10,00	11,00	PVC RDE 41	
8-9	K0+140,63	K0+160,70	-7,47%	20,13	161,36	20,07	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2841,00	2839,50	2840,00	2838,50	2845,34	2844,53	1,00	1,00	5,34	6,03	11,00	12,50	PVC RDE 41	
9-10	K0+160,70	K0+180,71	-2,50%	20,02	181,38	20,01	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2839,50	2839,00	2838,50	2838,00	2844,53	2843,73	1,00	1,00	6,03	5,73	12,50	13,00	PVC RDE 41	
10-11	K0+180,71	K0+201,01	-4,93%	20,32	201,70	20,30	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2839,00	2838,00	2838,00	2837,00	2843,73	2842,92	1,00	1,00	5,73	5,92	13,00	14,00	PVC RDE 41	
11-12	K0+201,01	K0+221,02	-2,50%	20,02	221,72	20,01	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2838,00	2837,50	2837,00	2836,50	2842,92	2842,11	1,00	1,00	5,92	5,61	14,00	14,50	PVC RDE 41	
12-13	K0+221,02	K0+241,03	-2,50%	20,02	241,73	20,01	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2837,50	2837,00	2836,50	2836,00	2842,11	2841,31	1,00	1,00	5,61	5,31	14,50	15,00	PVC RDE 41	
13-14	K0+241,03	K0+261,06	-4,99%	20,05	261,79	20,03	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2837,00	2836,00	2836,00	2835,00	2841,31	2840,51	1,00	1,00	5,31	5,51	15,00	16,00	PVC RDE 41	
14-15	K0+261,06	K0+281,20	-9,93%	20,24	282,03	20,14	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2836,00	2834,00	2835,00	2833,00	2840,51	2839,70	1,00	1,00	5,51	6,70	16,00	18,00	PVC RDE 41	
15-16	K0+281,20	K0+301,29	-4,98%	20,11	302,14	20,09	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2834,00	2833,00	2833,00	2832,00	2839,70	2838,89	1,00	1,00	6,70	6,89	18,00	19,00	PVC RDE 41	
16-17	K0+301,29	K0+322,06	-24,07%	21,36	323,51	20,77	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,86	2833,00	2828,00	2832,00	2827,00	2838,89	2838,03	1,00	1,00	6,89	11,03	19,00	24,00	PVC RDE 41	
17-18	K0+322,06	K0+342,36	-14,78%	20,52	344,03	20,30	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,82	2828,00	2825,00	2827,00	2824,00	2838,03	2837,21	1,00	1,00	11,03	13,21	24,00	27,00	PVC RDE 41	
18-19	K0+342,36	K0+362,40	-4,99%	20,06	364,09	20,04	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2825,00	2824,00	2824,00	2823,00	2837,21	2836,41	1,00	1,00	13,21	13,41	27,00	28,00	PVC RDE 41	
19-20	K0+362,40	K0+382,53	-9,94%	20,23	384,32	20,13	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2824,00	2822,00	2823,00	2821,00	2836,41	2835,60	1,00	1,00	13,41	14,60	28,00	30,00	PVC RDE 41	
20-21	K0+382,53	K0+402,57	-4,99%	20,06	404,39	20,04	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2822,00	2821,00	2821,00	2820,00	2835,60	2834,79	1,00	1,00	14,60	14,79	30,00	31,00	PVC RDE 41	
21-22	K0+402,57	K0+423,05	-19,53%	20,87	425,25	20,48	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,84	2821,00	2817,00	2820,00	2816,00	2834,79	2833,95	1,00	1,00	14,79	17,95	31,00	35,00	PVC RDE 41	
22-23	K0+423,05	K0+443,25	9,90%	20,30	445,55	20,20	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2817,00	2819,00	2816,00	2818,00	2833,95	2833,14	1,00	1,00	17,95	15,14	35,00	33,00	PVC RDE 41	
23-24	K0+443,25	K0+463,38	9,94%	20,23	465,78	20,13	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2819,00	2821,00	2818,00	2820,00	2833,14	2832,33	1,00	1,00	15,14	12,33	33,00	31,00	PVC RDE 41	
24-25	K0+463,38	K0+483,90	22,00%	20,91	486,69	20,52	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,84	2821,00	2817,00	2820,00	2816,00	2832,33	2831,49	1,00	1,00	12,33	15,49	31,00	35,00	PVC RDE 41	
25-26	K0+483,90	K0+503,96	-4,99%	20,08	506,77	20,06	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2817,00	2816,00	2816,00	2815,00	2831,49	2830,69	1,00	1,00	15,49	15,69	35,00	36,00	PVC RDE 41	
26-27	K0+503,96	K0+523,99	-4,99%	20,05	526,83	20,03	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2816,00	2815,00	2815,00	2814,00	2830,69	2829,88	1,00	1,00	15,69	15,88	36,00	37,00	PVC RDE 41	
27-28	K0+523,99	K0+544,29	14,78%	20,52	547,35	20,30	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,82	2815,00	2818,00	2814,00	2817,00	2829,88	2829,06	1,00	1,00	15,88	12,06	37,00	34,00	PVC RDE 41	
28-29	K0+544,29	K0+565,09	-24,04%	21,39	568,74	20,80	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,86	2818,00	2813,00	2817,00	2812,00	2829,06	2828,20	1,00	1,00	12,06	16,20	34,00	39,00	PVC RDE 41	
29-30	K0+565,09	K0+585,23	-9,93%	20,24	588,98	20,14	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2813,00	2811,00	2812,00	2810,00	2828,20	2827,39	1,00	1,00	16,20	17,39	39,00	41,00	PVC RDE 41	
30-31	K0+585,23	K0+605,26	-4,99%	20,05	609,03	20,03	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2811,00	2810,00	2810,00	2809,00	2827,39	2826,59	1,00	1,00	17,39	17,59	41,00	42,00	PVC RDE 41	
31-32	K0+605,26	K0+626,03	-24,07%	21,36	630,40	20,77	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,86	2810,00	2805,00	2809,00	2804,00	2826,59	2825,73	1,00	1,00	17,59	21,73	42,00	47,00	PVC RDE 41	
32-33	K0+626,03	K0+646,15	9,94%	20,22	650,62	20,12	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,81	2805,00	2807,00	2804,00	2806,00	2825,73	2824,92	1,00	1,00	21,73	18,92	47,00	45,00	PVC RDE 41	
33-34	K0+646,15	K0+666,18	-4,99%	20,05	670,67	20,03	4"	4,22	20,69	2,29	0,0401	0,80	2807,00	2806,00	2806,00	2805,00	2824,92	2824,12	1,00	1,00	18,92	19,12	45,00	46,00	PVC RDE 41	
34-35	K0+666,18	K0+686,32	-9,93%	20,24	690,91	20,14	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	2,75	2806,00	2804,00	2805,00	2803,00	2824,12	2821,36	1,00	1,00	19,12	18,36	46,00	48,00	PVC RDE 41	
35-36	K0+686,32	K0+706,46	9,93%	20,24	711,15	20,14	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	2,75	2804,00	2806,00	2803,00	2805,00	2821,36	2818,61	1,00	1,00	18,36	13,61	48,00	46,00	PVC RDE 41	
36-37	K0+706,46	K0+726,59	-9,94%	20,23	731,38	20,13	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	2,75	2806,00	2804,00	2805,00	2803,00	2818,61	2815,86	1,00	1,00	13,61	12,86	46,00	48,00	PVC RDE 41	
37-38	K0+726,59	K0+746,62	-4,99%	20,05	751,43	20,03	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	2,73	2804,00	2803,00	2803,00	2802,00	2815,86	2813,13	1,00	1,00	12,86	11,13	48,00	49,00	PVC RDE 41	
38-39	K0+746,62	K0+766,76	9,93%	20,24	771,67	20,14	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	2,75	2803,00	2805,00	2802,00	2804,00	2813,13	2810,37	1,00	1,00	11,13	6,37	49,00	47,00	PVC RDE 41	
39-40	K0+766,76	K0+787,30	-43,82%	22,43	794,10	20,54	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	3,05	2805,00	2796,00	2804,00	2795,00	2810,37	2807,32	1,00	1,00	6,37	12,32	47,00	56,00	PVC RDE 41	
40-41	K0+787,30	K0+807,33	-4,99%	20,05	814,15	20,03	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	2,73	2796,00	2795,00	2795,00	2794,00	2807,32	2804,59	1,00	1,00	12,32	10,59	56,00	57,00	PVC RDE 41	
41-42	K0+807,33	K0+827,37	-4,99%	20,06	834,22	20,04	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	2,73	2795,00	2794,00	2794,00	2793,00	2804,59	2801,86	1,00	1,00	10,59	8,86	57,00	58,00	PVC RDE 41	
42-43	K0+827,37	K0+847,37	-2,50%	20,01	854,22	20,00	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	2,72	2794,00	2793,50	2793,00	2792,50	2801,86	2799,14	1,00	1,00	8,86	6,64	58,00	58,50	PVC RDE 41	
43-44	K0+847,37	K0+867,38	2,50%	20,02	874,24	20,01	3"	3,29	20,69	3,79	0,1361	2,72	2793,50	2793,00	2792,50	2793,00	2799,14	2796,42	1,00	0,00	6,64	3,42	58,50	58,00	PVC RDE 41	

Analizando la tabla anterior, se observa que se cumple con los diámetros mínimos para tuberías a presión de acuerdo al numeral B.6.4.8.1 (RAS 2000) cuyo valor mínimo para tuberías a presión es de 2". Teniendo en cuenta la presión estática máxima, el RDE adoptado no es adecuado, teniendo en cuenta el factor de seguridad dado en el literal B.6.4.8.2 RAS 2000.

Por lo tanto se debe modificar el RDE de diseño a un valor siguiente más alto, que sería propiamente RDE 32.5, el cual puede trabajar con una presión de 87,9 mca, siempre y cuando la sobrepresión por golpe de ariete no sea alta.

Longitud del tramo (m)	L =	874,24
Velocidad media (m/s)	V=	3,79
Celeridad (m/seg)	C =	293,80
Periodo (seg)	T =	5,95
Sobrepresión (MCA)	H <sub>a</sub> =	111,51

Al realizar un cierre brusco de válvula en un tiempo menor a 5,95 segundos se producirá una sobrepresión por golpe de ariete en la tubería de 111,51 metros de columna de agua.

Comprobando el RDE asignado de acuerdo a la sobrepresión obtenida:

$$P_{\text{diseño}} = 1.3 P_{\text{max}} = 1.3 * 111,51 = 144,96 \text{ mca}$$

Aquí como la presión total resulta mayor a 87.9 m.c.a., se le asigna un RDE de 13.5, el cual resultara suficiente para soportar la sobrepresión causada por el efecto de golpe de ariete, ya que su presión de trabajo es 221.4 mca.

En la tabla se tiene un valor de velocidades que cumple con las especificaciones de la norma RAS 2000, la cual recomienda una velocidad mínima de 0.60 m/s (B.6.4.8.3) y una velocidad máxima que no supere los 6 m/s (literal B.6.4.8.4).

**6.2.5.1. Redes de distribución.** Se trabaja con el caudal máximo horario (QMH), de acuerdo al literal B.7.4.2 norma RAS 2000.

Debido a la topografía del proyecto las redes resultaron simétricas y más o menos uniformes, por lo que se utilizó el método de la longitud abastecida, obteniendo así para Jamondino un caudal unitario de 0,002410 Ips/m que multiplicado por la longitud de cada tramo abastecido me determina el caudal que sale del nudo.

Tabla 21. Hipótesis de alimentación red Jamondino

TRAMO		LONGITUD PROPIA (m)	TRAMOS QUE ALIMENTA (m)	LONGITUD TOTAL TRAMO (m)	CAUDAL QUE SALE DEL NUDO (LPS)
DE	A				
Tanque	Pto.1	92.11		92.11	0.22
Pto.1	1	662.55		662.55	1.59
Pto.1	Pto.2	653.28		653.28	1.57
Pto.1	AA		39.09	39.09	0.09
Pto.1	BB		124.76	124.76	0.30
Pto.1	CC		142.00	142.00	0.34
1	2	108.62		108.62	0.26
2	3	501.76	151.63	653.39	1.57
3	4	163.14		163.14	0.39
4	1	469.78		469.78	1.13
3	5	524.11		524.11	1.26
5	6	141.06		141.06	0.34
6	4	540.62		540.62	1.30
3	A		328.54	328.54	0.79
3	B		101.63	101.63	0.24
3	C		126.83	126.83	0.30
3	D		359.18	359.18	0.86
4	E		195.53	195.53	0.47
6	F		119.35	119.35	0.29
6	G		77.10	77.10	0.19
<b>TOTAL</b>		<b>3,857.03</b>	<b>1,765.64</b>	<b>5,622.67</b>	<b>13.50</b>

En la tabla anterior, se puede ver las longitudes de la red principal, así como también de los tramos que alimenta, determinado el caudal en cada nodo, cuya sumatoria es igual al caudal de diseño (QMH) para la población de Jamondino.

Con esta hipótesis de alimentación se realiza el cálculo hidráulico, aplicando el método de Hardy – Cross para corrección de caudales en la red. Por practicidad solo se presenta la primera y la décima iteración.

Tabla 22. Corrección de caudales red Jamondino.

**PRIMERA ITERACIÓN**

**MALLA 1**

INICIO	FIN	Q. TOTAL	D_TUBO	RDE	Long (m)	H, m	H/Q	Corr ΔQ	Otro ΔQ	Q correg
1	2	5.830	3	26	108.62	1.661	0.28497	-2.0899		3.740
2	3	5.570	3	26	653.39	9.211	1.653684	-2.0899		3.480
3	4	1.260	3	26	522.32	0.531	0.421574	-2.0899	0.5161	-0.314
4	1	2.450	3	26	665.31	2.179	0.889209	-2.0899		0.360
						13.582	3.24944			

**MALLA 2**

INICIO	FIN	Q. TOTAL	D_TUBO	RDE	Long (m)	H, m	H/Q	Corr ΔQ	Otro ΔQ	Q correg
3	5	1.950	3	26	1081.11	2.367	1.213618	-0.5161		1.434
5	6	0.140	3	26	141.06	0.002	0.016806	-0.5161		-0.376
6	4	0.680	3	26	737.07	0.256	0.376847	-0.5161		0.164
4	3	-1.260	3	26	522.32	-0.531	0.421574	-0.5161	2.0899	0.314
						2.094	2.02885			

**DÉCIMA ITERACIÓN**

**MALLA 1**

INICIO	FIN	Q. TOTAL	D_TUBO	RDE	Long (m)	H, m	H/Q	Corr ΔQ	Otro ΔQ	Q correg
1	2	1.915	3	26	108.62	0.230	0.12026	0.0000		1.915
2	3	1.655	3	26	653.39	1.072	0.647576	0.0000		1.655
3	4	-1.103	3	26	522.32	-0.421	0.381589	0.0000	0.0000	-1.103
4	1	-1.465	3	26	665.31	-0.881	0.601416	0.0000		-1.465
						0.000	1.75084			

**MALLA 2**

INICIO	FIN	Q. TOTAL	D_TUBO	RDE	Long (m)	H, m	H/Q	Corr ΔQ	Otro ΔQ	Q correg
3	5	0.398	3	26	1081.11	0.149	0.375258	0.0000		0.398
5	6	-1.412	3	26	141.06	-0.175	0.124042	0.0000		-1.412
6	4	-0.872	3	26	737.07	-0.395	0.452525	0.0000		-0.872
4	3	1.103	3	26	522.32	0.421	0.381589	0.0000	0.0000	1.103
						0.000	1.33341			

Se puede observar que en la última iteración se obtiene un cierre de malla por debajo del valor límite recomendado en el libro de Lopez Cualla y en la norma RAS, de 0.1 mca,<sup>23</sup> para lo cual ya se tendrá un valor de caudales reales y se procede al cálculo de presiones en la red.

Tabla 23. Calculo de presiones red Jamondino.

CONDUCCION TANQUE ALMACENAMIENTO JAMONDINO A PUNTO 1 DE MALLA 1

Δ		LONGITUD (m)		Q	D Nom	RDE	VEL	COTA TERRENO		PRES. ESTÁTICA		PRES.	PERDIDAS		C. PIEZOMÉTRICA		COTA ROJA		PRES. DISPONIBLE		
INIC.	FINAL	TOPOG.	LPS	Pulg			m/seg	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	TRAB. (m)	UNIT. m/100m	TOTAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
TAQ	P	92.11	13.50	4	32.5	1.4933	2783.23	2776.56	0.00	6.67	88.84	1.9084	1.76	2782.63	2780.87	2782.23	2775.56	0.40	5.31		
P	1	968.40	13.50	4	32.5	1.4933	2776.56	2745.81	6.67	37.42	88.84	1.9084	18.48	2780.87	2762.39	2775.56	2744.81	5.31	17.58		
P	Q	653.28	13.50	4	32.5	1.4933	2776.56	2745.24	6.67	37.99	88.84	1.9084	12.47	2780.87	2768.40	2775.56	2744.24	5.31	24.16		

CÁLCULO PRESIONES DE SERVICIO RED DE DISTRIBUCIÓN JAMONDINO

Δ		LONGITUD (m)		Q	D Nom	RDE	VEL	COTA TERRENO		PRES. ESTÁTICA		PRES.	PERDIDAS		C. PIEZOMÉTRICA		COTA ROJA		PRES. DISPONIBLE		
INIC.	FINAL	TOPOG.	LPS	Pulg			m/seg	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	TRAB. (m)	UNIT. m/100m	TOTAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
<b>MALLA 1</b>																					
1	2	108.62	1.91	3	26	0.3619	2745.81	2737.23	37.42	46.00	110.16	0.2120	0.23	2762.39	2762.16	2744.81	2736.23	17.58	25.93		
2	3	653.39	1.65	3	26	0.3128	2737.23	2703.85	46.00	79.38	110.16	0.1640	1.07	2762.16	2761.09	2736.23	2702.85	25.93	58.24		
3	4	522.32	-1.10	3	26	0.2084	2703.85	2704.55	79.38	78.68	110.16	-0.0806	-0.42	2761.09	2761.51	2702.85	2703.55	58.24	57.96		
4	1	665.31	-1.47	3	26	0.2769	2704.55	2745.81	78.68	37.42	110.16	-0.1324	-0.88	2761.51	2762.39	2703.55	2744.81	57.96	17.58		
<b>MALLA 2</b>																					
3	5	1081.11	0.40	3	26	0.0752	2703.85	2678.44	79.38	104.79	110.16	0.0138	0.15	2761.09	2760.94	2702.85	2677.44	58.24	83.50		
5	6	141.06	-1.41	3	26	0.2669	2678.44	2675.05	104.79	108.19	110.16	-0.1242	-0.18	2760.94	2761.11	2677.44	2674.05	83.50	87.07		
6	4	737.07	-0.87	3	26	0.1649	2675.05	2704.55	108.19	78.68	110.16	-0.0536	-0.39	2761.11	2761.51	2674.05	2703.55	87.07	57.96		
4	3	522.32	1.10	3	26	0.2084	2704.55	2703.85	78.68	79.38	110.16	0.0806	0.42	2761.51	2761.09	2703.55	2702.85	57.96	58.24		

En la tabla anterior se analiza que el RDE propuesto para la red es adecuado, ya que su presión de trabajo es superior a la presión estática y por ende superior a la presión disponible.

Luego se calcula para el barrio el Rosario, obteniendo así un caudal unitario de 0,0042802 LPS/m.

Tabla 24. Hipótesis de alimentación red barrio El Rosario.

TRAMO		LONGITUD PROPIA (m)	TRAMOS QUE ALIMENTA (m)	LONGITUD TOTAL TRAMO (m)	CAUDAL QUE SALE DEL NUDO (LPS)
DE	A				
Tan J	Tan R1-2	664.72		664.72	2.845
Tan R1-2	1	84.7		84.70	0.363
1	2	228.79		228.79	0.979
2	3	281.68		281.68	1.206
3	4	262.30		262.30	1.123
4	1	267.67		267.67	1.146
2	5	339.90		339.90	1.455
5	6	333.96		333.96	1.429
6	3	370.65		370.65	1.586
1	A		283.73	283.73	1.214
2	B		83.83	83.83	0.359
2	C		246.41	246.41	1.055
2	D		305.55	305.55	1.308
3	E		265.49	265.49	1.136
3	F		109.51	109.51	0.469
4	H		183.46	183.46	0.785
5	I		103.34	103.34	0.442
<b>TOTAL</b>		<b>2,834.37</b>	<b>1,581.32</b>	<b>4,415.69</b>	<b>18.90</b>

<sup>23</sup> LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008. P. 311.

Con esta hipótesis de alimentación se realiza el cálculo hidráulico, aplicando el método de Hardy – Cross para corrección de caudales en la red.

Tabla 25. Corrección de caudales red barrio El Rosario.

PRIMERA ITERACIÓN

MALLA 1

INICIO	FIN	Q. TOTAL	D_TUBO	RDE	Long (m)	H, m	H/Q	Corr ΔQ	Otro ΔQ	Q correg
1	2	9.010	3	26	512.52	17.11278477	1.89931	-3.3677		5.642
2	3	1.570	3	26	365.51	0.546532963	0.34811	-3.3677	1.9123	0.115
3	4	4.750	3	26	262.3	2.782603911	0.585811	-3.3677		1.382
4	1	5.540	3	26	451.13	6.298614704	1.136934	-3.3677		2.172
						26.74054	3.97017			

MALLA 2

INICIO	FIN	Q. TOTAL	D_TUBO	RDE	Long (m)	H, m	H/Q	Corr ΔQ	Otro ΔQ	Q correg
2	5	5.250	3	26	891.860	11.31159274	2.154589	-1.9123		3.338
5	6	1.440	3	26	437.300	0.561881844	0.390196	-1.9123		-0.472
6	3	3.630	3	26	745.650	4.90083342	1.350092	-1.9123		1.718
3	2	-1.570	3	26	365.510	-0.546532963	0.34811	-1.9123	3.3677	-0.115
						16.22778	4.24299			

NOVENA ITERACIÓN

MALLA 1

INICIO	FIN	Q. TOTAL	D_TUBO	RDE	Long (m)	H, m	H/Q	Corr ΔQ	Otro ΔQ	Q correg
1	2	2.249	3	26	512.52	1.442509076	0.641466	0.0000		2.249
2	3	-1.317	3	26	365.51	-0.401809311	0.30502	0.0000	0.0000	-1.317
3	4	-2.011	3	26	262.3	-0.606317091	0.301466	0.0000		-2.011
4	1	-1.221	3	26	451.13	-0.434381195	0.355692	0.0000		-1.221
						0.00000	1.60364			

MALLA 2

INICIO	FIN	Q. TOTAL	D_TUBO	RDE	Long (m)	H, m	H/Q	Corr ΔQ	Otro ΔQ	Q correg
2	5	1.376	3	26	891.860	1.058310963	0.769069	0.0000		1.376
5	6	-2.434	3	26	437.300	-1.415361464	0.581519	0.0000		-2.434
6	3	-0.244	3	26	745.650	-0.044757208	0.183502	0.0000		-0.244
3	2	1.317	3	26	365.510	0.401809311	0.30502	0.0000	0.0000	1.317
						0.00000	1.83911			

Tabla 26. Calculo de presiones red barrio El Rosario.

CONDUCCION TANQUE ALMACENAMIENTO JAMONDINO A TANQUES ALMACENAMIENTO EL ROSARIO

Δ		LONGITUD (m)		Q	D Nom	RDE	VEL	COTA TERRENO		PRES. ESTÁTICA		PRES.	PERDIDAS		C. PIEZOMÉTRICA		COTA ROJA		PRES. DISPONIBLE	
INIC.	FINAL	TOPOG.	LPS	Pulg		m/seg	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	TRAB. (m)	UNIT. m'100m	TOTAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
TQ J	TR12	664.72	18.90	4	32.5	2.0906	2772.00	2719.99	0.00	52.01	88.84	3.5018	23.28	2771.40	2748.12	2771.00	2718.99	0.40	29.13	
TR12	1	84.70	18.90	4	32.5	2.0906	2719.99	2705.20	0.00	14.79	88.84	3.5018	2.97	2719.39	2716.42	2718.99	2704.20	0.40	12.22	

CÁLCULO PRESIONES DE SERVICIO RED DE DISTRIBUCIÓN BARRIO EL ROSARIO

MALLA 1

1	2	512.52	2.25	3	26	0.4250	2705.20	2683.02	14.79	36.97	110.16	0.2815	1.44	2716.42	2714.98	2704.20	2682.02	12.22	32.96
2	3	365.51	1.32	3	26	0.2490	2683.02	2623.53	36.97	96.46	110.16	-0.1099	-0.40	2714.98	2715.38	2682.02	2622.53	32.96	92.85
3	4	262.30	2.01	3	26	0.3801	2623.53	2644.57	96.46	75.42	110.16	-0.2312	-0.61	2715.38	2715.99	2622.53	2643.57	92.85	72.42
4	1	451.13	1.22	3	26	0.2308	2644.57	2705.20	75.42	14.79	110.16	-0.0963	-0.43	2715.99	2716.42	2643.57	2704.20	72.42	12.22

MALLA 2

2	5	891.86	1.38	3	26	0.2601	2683.02	2671.03	36.97	48.96	110.16	0.1187	1.06	2714.98	2713.92	2682.02	2670.03	32.96	43.89
5	6	437.30	2.43	3	21	0.4788	2671.03	2603.57	48.96	116.42	137.71	-0.3561	-1.56	2713.92	2715.48	2670.03	2602.57	43.89	112.91
6	3	745.65	0.24	3	21	0.0480	2603.57	2623.53	116.42	96.46	137.71	-0.0066	-0.05	2715.48	2715.38	2602.57	2622.53	112.91	92.85
3	2	365.51	1.32	3	26	0.2490	2623.53	2683.02	96.46	36.97	110.16	0.1099	0.40	2715.38	2714.98	2622.53	2682.02	92.85	32.96

En la tabla anterior, se analiza que el RDE propuesto para la red es adecuado, ya que su presión de trabajo es superior a la presión estática y por ende superior a la presión disponible. Se observa que tanto en la malla 1 y malla 2 se presentan presiones altas, esto debido a la topografía de la zona.

## 7. SEGUIMIENTO Y EVALUACION TECNICA DEL PROYECTO DE OPTIMIZACION ACUEDUCTO JONGOVITO CENTRO

### 7.1. RESUMEN DEL PROYECTO ENTREGADO

**7.1.1. Descripción del problema.** El sistema de acueducto del corregimiento de Jongovito, no presta un adecuado servicio a la totalidad de la comunidad, presentándose problemas de suministro, de presiones de servicio y falta de tratamiento para algunos sectores de la población.

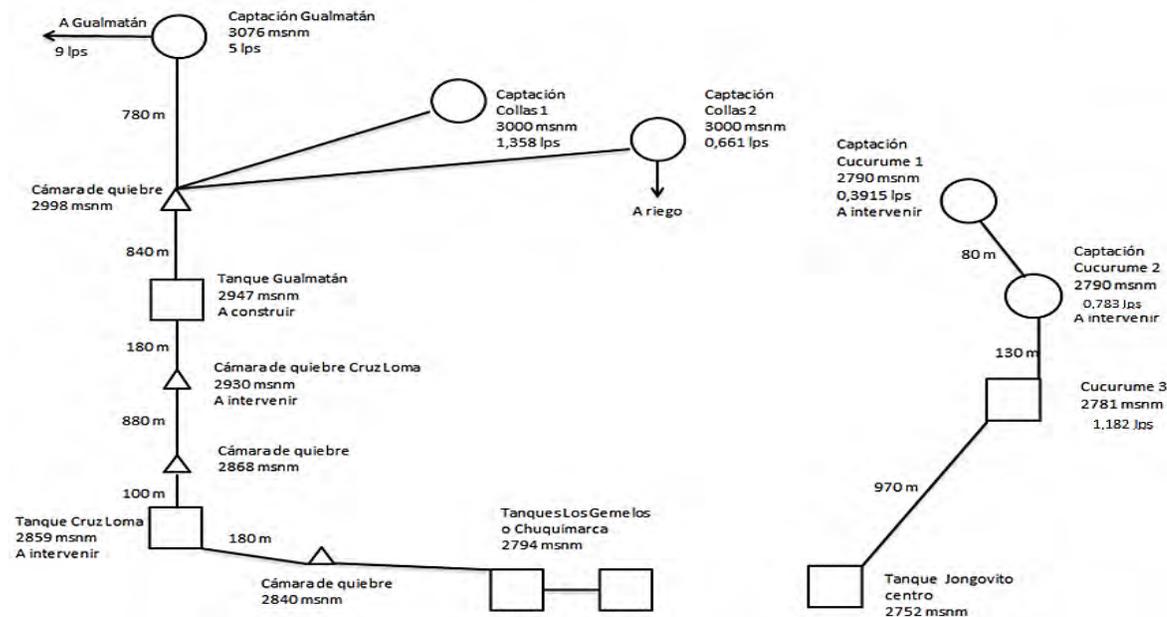
**7.1.2. Objetivo general del proyecto.** Mejorar las condiciones sanitarias y de habitabilidad de todas las familias del corregimiento de Jongovito.

#### 7.1.3. Objetivos específicos del proyecto

- Garantizar un adecuado servicio de acueducto para los próximos 25 años en el corregimiento.
- Efectuar una rehabilitación de las estructuras existentes.
- Mejorar las condiciones de salubridad del corregimiento.
- Evitar el desarraigo de las comunidades

**7.1.4. Esquema general del proyecto.** Teniendo en cuenta la información proporcionada por el consultor, se elaboró un esquema de la situación actual.

Figura 34. Esquema general Jongovito



**7.1.5. Alternativas de optimización de los componentes del sistema de acueducto.** Respecto a las fuentes de abastecimiento, se debe establecer que no existen fuentes alternativas disponibles, no hay corrientes superficiales con capacidad suficiente, pues las existentes son producto de reboses de las fuentes existentes que se encuentran agotadas. El corregimiento se encuentra sobre la cota de servicio de acueducto del municipio de Pasto lo que imposibilita esta alternativa.

- Captaciones: Se realizan en tres sitios diferentes, La Toma Gualmatán, Las Collas 1 y 2 y Cucurume 1, 2 y 3, únicamente se plantea la reconstrucción de las cajillas de captación de Cucurume 1 y 2.
- Conducciones: Se deben en términos generales conservar todas las tuberías de conducción, solo hay que efectuar el cambio de algunos sectores de tuberías y accesorios, es necesario también la construcción de cámaras de quiebre de presión y la colocación de válvulas ventosa y purga.
- Tanques de almacenamiento: Se deben efectuar tareas de reparación y adecuación en los tanques existentes, adicionalmente se debe construir un tanque en el sector Gualmatán como se indica en los planos respectivos.
- Redes de distribución: La totalidad de redes de distribución y válvulas necesarias son nuevas.
- Conexiones domiciliarias: se deben construir las conexiones domiciliarias dotadas de micromedidor con el fin de reducir el consumo humano.

### 7.1.6. Análisis del diseño

**7.1.6.1. Proyección de la población y caudales de diseño.** El consultor, a partir de información obtenida en el DANE, calcula la tasa de crecimiento en 1.5 % y con reporte de la junta administradora de acueducto se obtiene un censo de 558 usuarios matriculados, para un total estimado de 2830 habitantes. El cálculo de población futura se realiza a través del método geométrico (RAS B.2.2.4), para un periodo de diseño de 25 años de acuerdo a la resolución 2320 de 2009, obteniendo un resultado de 4106 habitantes.

Esta proyección es del total de la población, pero es necesario realizar la proyección de la población para redes de distribución según corresponda el sector.

Tabla 27. Proyecciones de la población Jongovito

Vereda	Cruz loma-Chuquimarca	Centro	San Pedro y San Francisco
Pob. Actual	1105 hab	515 hab	1210 hab
Pob. Futura	1603 hab	747 hab	1756 hab

De acuerdo al número total de habitantes proyectado se determina un nivel de complejidad medio conforme al literal A.3.1. Norma RAS 2000, pero se debe considerar un nivel de complejidad bajo para redes de distribución por separado.

El consultor realiza el cálculo del caudal de diseño, a través de la determinación de la dotación neta con base en la resolución 2320 de 2009, con un valor de 90 lt/hb-día para nivel de complejidad bajo.

El consultor determina que actualmente se presenta un porcentaje estimado de pérdidas del 30%, el cual debe disminuir una vez se efectúe la implementación del proyecto de optimización del sistema, se estimaba una reducción por parte del consultor hasta del 20 %, valor que está plenamente ajustado al valor tope máximo de 25% establecido en la resolución 2320 del 2009. Debido al nivel de complejidad de las redes no se considera caudal contra incendios.

Se calcula la dotación bruta (B.2.6 RAS 2000) para las redes en 112.5 L/hab-día. El cálculo de la demanda se realizan según B.2.7.1RAS 2000 para caudal medio diario de la malla 1 es 1.85 LPS, malla 2 es 0.86 LPS y malla 3 es 2.03 LPS.

Se determinan los coeficientes K1 y K2 de acuerdo a las tablas presentadas en la RAS 2000 título B.2.7.4 y B.2.7.5 correspondientemente. Con estos valores se determina los caudales máximos diarios y los caudales máximos horarios para cada una de las mallas:

QMD malla 1 = 2.41 lps	QMD malla 2 = 1.13 lps	QMD malla 3 = 2.64 lps
QMH malla 1= 3,86 lps	QMH malla 2= 1,80 lps	QMH malla 3= 4,23 lps

Para determinar el caudal de diseño del tanque de almacenamiento, se toma la dotación neta, con un valor de 115 lt/hab-día para nivel de complejidad medio (resolución 2320 de 2009). Tomando un porcentaje de pérdidas del 20%, se calcula la dotación bruta (B.2.6 RAS 2000) con un valor de 143.75 L/hab-día. Se calcula el caudal medio diario según literal B.2.7.1 norma RAS 2000 cuyo resultado es 6.83 LPS, el cual multiplicado por un factor de K1 = 1.3, resulta un valor para caudal máximo diario de 8.88 LPS.

**7.1.6.2. Tanque de almacenamiento.** De acuerdo al literal B.9.4.6 norma RAS 2000, el volumen del tanque para nivel medio de complejidad, debe ser la mayor cantidad obtenida entre la capacidad de regulación y la capacidad de demanda contra incendio. Aquí debido a que las redes se clasifican en nivel de complejidad bajo, no contemplan demanda contra incendios. La capacidad de regulación es calculada teniendo en cuenta el literal B.9.4.4 numeral 3 Norma RAS 2000.

$$QMD = 8,88 \text{ lps}$$

Volumen máximo diario:

$$V_{\text{dist}} = 0,00888 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{día}} = 767,31 \text{ m}^3/\text{día}$$

Volumen de diseño:

$$V_{\text{alm}} = \frac{1}{3} \left( 767,31 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right) = 255,77 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para determinar el volumen real del tanque adicional, se tiene en cuenta el volumen de almacenamiento de los tanques existentes.

Tabla 28. Volumen de almacenamiento existente Jongovito.

TANQUE	L	B	H	Vol. Parcial
Cruz loma1	6,2	5,6	1,85	64,23
Cruz loma2	1,96	1,96	1,85	7,11
Chuquimarca 1	4,2	4,2	2,05	36,16
Chuquimarca 2	4	3,9	2,05	31,98
Centro	5,05	5,05	1,85	47,18
Volumen total existente				186,66

Por lo cual para complementar el volumen de diseño se necesitan  $69,11 \text{ m}^3$ , valor que será el volumen del tanque adicional.

### Tubería de desagüe

Cota de nivel de agua máximo en el tanque = 2946.8 m

Cota de entrega del desagüe de lavado = 2936.8 m

Longitud del desagüe = 20 m

Se asume un diámetro de 4" el cual tiene un diámetro real interno de 108.73 mm.

Perdidas por longitud equivalente:

Accesorio	m
Entrada normal	1,6
Válvula de compuerta	0,7
Codo 90	3,4
Te paso directo	2,1
Salida	3,2
Longitud tubería	<u>20</u>
	31

Altura disponible = 10 m

$J = H/L_e = 0,322581 \text{ m/m}$

$Q_{\text{inicial}} = 0,2785 C_D^{2,63} j^{0,54} = 0,066 \text{ m}^3/\text{s}$

$V_{\text{ini}} = Q/A = 7,13 \text{ m/s}$

El tiempo de vaciado se determina con la ecuación de descarga de un orificio.

$$C_d = \frac{Q}{A_o \sqrt{2gH}} = 1,17 \quad \begin{array}{l} A_o = 0,009 \text{ m}^2 \\ H = 1,90 \text{ m} \end{array}$$

$$t = 2A_s \frac{H}{C_D A_o \sqrt{2g}} = 7999 \text{ seg} = 133 \text{ min} = 2,22 \text{ horas} > 2\text{h} \text{ y } < 4\text{h} \quad \text{ok}$$

**7.1.6.3. Redes de distribución.** El consultor utiliza el programa Epanet, para lo cual realiza la hipótesis de alimentación en cada una de las mallas, tomando como

caudal de diseño un caudal máximo horario correspondiente de acuerdo con la norma RAS 2000 literal B.7.4.2.

Para la malla 1 se tiene:

<b>Caudal máximo horario =</b>	3,860 lps
<b>Longitud total=</b>	1611,54 m
<b>q' =</b>	0,002395224

Tabla 29. Hipótesis de alimentación malla 1 Jongovito.

TRAMO	LONGITUD PROPIA	LONGITUD ALIMENTACION	LONGITUD TOTAL	GASTOS PARCIALES
N34--N35	10,35		10,35	0,02
N35--N36	66,36		66,36	0,16
N36--N37	42,36	173,15	215,51	0,52
N37--N38	77,44	49,57	127,01	0,30
N38--N40	146,57	100	246,57	0,59
N40--N39	12,41	44,58	56,99	0,14
N39--N41	149,64		149,64	0,36
N41--N30	76,58	204,62	281,20	0,67
N30--N32	36,95	121	157,95	0,38
N32--N31	24,42	35,87	60,29	0,14
N31--N34	118,67	121	239,67	0,57
				<b>3,860</b>

Para la malla 2 se tiene:

<b>Caudal máximo horario =</b>	1,800 lps
<b>Longitud total=</b>	5676,19 m
<b>q' =</b>	0,000317114

Tabla 30. Hipótesis de alimentación malla 2 Jongovito.

TRAMO	LONGITUD PROPIA	LONGITUD ALIMENTACION	LONGITUD TOTAL	GASTOS PARCIALES
N44--N45	82,58	56,67	139,25	0,04
N45--N46	134,61	311,46	446,07	0,14
N46--N47	66,37	47,10	113,47	0,04
N47--N48	123,67		123,67	0,04
N48--N48.1	49	3222	3271,00	1,04
N48.1--N100	71,47		71,47	0,02
N100--N49.1	97,07		97,07	0,03
N49.1--N51	161,48	95,39	256,87	0,08
N51--N54	135,81		135,81	0,04
N54--N55	20	48,28	68,28	0,02
N55--N59	100,08		100,08	0,03
N59--N57	44,19	62,3	106,49	0,03
N57--N58	5		5,00	0,00
N44--N43	132,58		132,58	0,04
N43--N100	119,55		119,55	0,04
N100--N49.1	97,07		97,07	0,03
N49.1--N50	71,35		71,35	0,02
N50--N56	133,09		133,09	0,04
N56--N58	100,04	87,98	188,02	0,06
				<b>1,800</b>

Para la malla 3 se tiene:

Caudal máximo horario =	4,23 lps
Longitud total=	1602,28 m
q' =	0,002639988

Tabla 31. Hipótesis de alimentación malla 3 Jongovito.

TRAMO	LONGITUD PROPIA	LONGITUD ALIMENTACION	LONGITUD TOTAL	GASTOS PARCIALES
N61.1--N70	263,78		263,78	0,70
N70--N69	41,86		41,86	0,11
N61.1--N63.1	124,66	27	151,66	0,40
N63.1--N65	19,31		19,31	0,05
N63.1--N63	79,09	117,87	196,96	0,52
N63--N62	95,37	112,11	207,48	0,55
N62--N64	94,27		94,27	0,25
N64--N65	117,23		117,23	0,31
N65--N67	100,72	146,5	247,22	0,65
N67--N67.1	20		20,00	0,05
N67.1--N67.2	3		3,00	0,01
N67.1--N69	79,11	160,4	239,51	0,63
				4,23

Una vez obtenidos los nuevos caudales en cada nodo, se procedió a reemplazarlos en la modelación presentada por el consultor y a correr el programa obteniendo nuevos valores de diámetros y velocidades para cada malla.

Figura 35. Modelación Epanet malla 1.

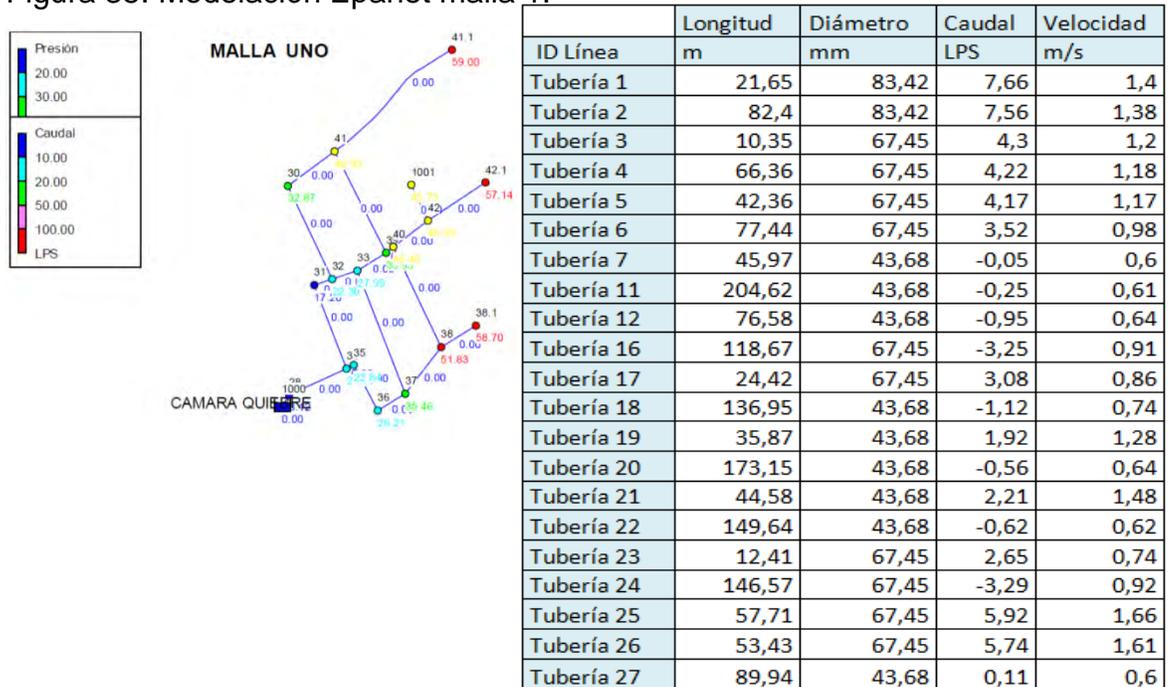
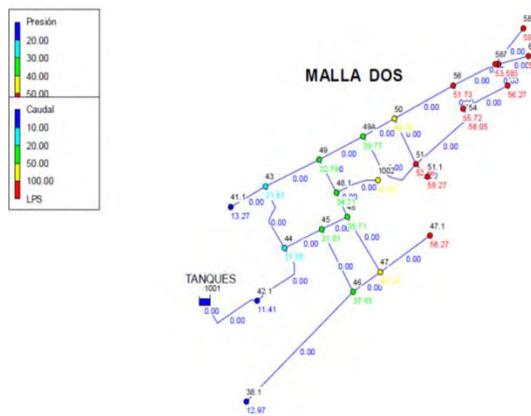
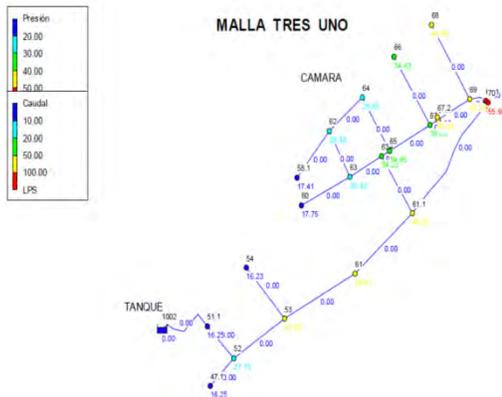


Figura 36. Modelación Epanet malla 2.



ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	128,97	83,42	5,74	1,05
Tubería 2	119,55	67,45	2,58	0,72
Tubería 3	132,58	67,45	2,89	0,81
Tubería 4	82,58	67,45	-2,51	0,7
Tubería 5	134,61	43,68	-0,91	0,61
Tubería 6	66,37	43,68	0,37	0,65
Tubería 7	311,46	43,68	-0,37	0,65
Tubería 8	151,835	83,42	5,56	1,02
Tubería 9	134,52	43,68	0,16	0,6
Tubería 10	123,67	43,68	-0,15	0,61
Tubería 11	121,97	43,68	0,15	0,61
Tubería 12	31,8	43,68	-0,04	0,63
Tubería 13	135,81	43,68	0,41	0,57
Tubería 14	20	43,68	0,22	0,6
Tubería 15	100,08	43,68	0,17	0,61
Tubería 16	44,19	43,68	0,11	0,58
Tubería 17	62,3	43,68	0,08	0,6
Tubería 20	87,98	43,68	-0,1	0,57
Tubería 21	100,4	43,68	-0,19	0,63
Tubería 22	133,09	43,68	-0,48	0,62
Tubería 23	71,35	43,68	-0,78	0,52
Tubería 24	97,07	43,68	-1,43	0,96
Tubería 25	71,47	43,68	1,06	0,71
Tubería 26	49	43,68	-1,44	0,96
Tubería 27	83,38	67,45	2,44	0,68
Tubería 28	95,39	43,68	0,22	0,61
Tubería 29	161,48	43,68	0,53	0,63
Tubería 31	48,28	43,68	-0,07	0,64
Tubería 33	5,95	43,68	-0,03	0,62
Tubería T-1	56,67	43,68	1,44	0,96

Figura 37. Modelación Epanet malla 3



ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	123,48	83,42	3,63	0,66
Tubería 2	127,08	43,68	-0,15	0,61
Tubería 3	173,9	67,45	2,94	0,82
Tubería 4	169,11	67,45	2,74	0,77
Tubería 5	124,66	43,68	1,53	1,02
Tubería 6	19,31	43,68	1,03	0,69
Tubería 7	100,72	43,68	0,67	0,65
Tubería 8	20	43,68	0,48	0,62
Tubería 9	36,49	43,68	-0,75	0,6
Tubería 10	5,37	43,68	-0,75	0,6
Tubería 11	263,78	43,68	-1,06	0,71
Tubería 12	117,23	43,68	0,23	0,6
Tubería 13	146,5	43,68	0,17	0,61
Tubería 14	160,4	43,68	0,19	0,62
Tubería 15	79,11	43,68	-0,52	0,63
Tubería 16	5	43,68	0,9	0,6
Tubería 17	133,768	83,42	3,29	0,6
Tubería 18	79,06	43,68	-0,48	0,62
Tubería 19	117,87	43,68	0,14	0,6
Tubería 20	95,37	43,68	0,25	0,57
Tubería 21	112,11	43,68	0,13	0,59
Tubería 22	94,27	43,68	0,1	0,57
Tubería 23	71,98	43,68	-0,08	0,6
Tubería T-1	82,42	83,42	3,53	0,65

Seguidamente se chequea las presiones en las redes de distribución.

Tabla 32. Cuadro de presiones en la malla 1.

CAMARA DE QUIEBRE 1000 = 2839 m.s.n.m.										
MALLA	TRAMO		COTA ROJA		COTA PIEZOMÉTRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA	
	DE	A	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN	INICIO	FIN
I	1000	N34	2839,00	2817,42	2840,89	2839,00	1,89	21,58	0,00	21,58
	N34	N35	2817,42	2816,36	2839,00	2839,00	21,58	22,64	21,58	22,64
	N35	N36	2816,36	2812,79	2839,00	2838,99	22,64	26,20	22,64	26,21
	N36	N37	2812,79	2803,54	2838,99	2838,97	26,20	35,43	26,21	35,46
	N37	N38	2803,54	2787,17	2838,97	2851,36	35,43	64,19	35,46	51,83
	N38	N40	2787,17	2792,60	2839,00	2829,51	51,83	36,91	51,83	46,40
	N34	N31	2817,42	2821,80	2839,00	2836,53	21,58	14,73	21,58	17,20
	N31	N32	2821,80	2816,70	2836,53	2835,91	14,73	19,21	17,20	22,30
	N32	N30	2816,70	2806,13	2835,91	2834,29	19,21	28,16	22,30	32,87
	N30	N41	2806,13	2798,07	2834,29	2831,41	28,16	33,34	32,87	40,93
	N41	N39	2798,07	2803,07	2831,41	2829,90	33,34	26,83	40,93	35,93
	N39	N40	2803,07	2792,60	2829,90	2829,32	26,83	36,72	35,93	46,40

Tabla 33. Cuadro de presiones en la malla 2.

COTA TANQUE GEMELOS = 2794,3 m.s.n.m.										
II	TN	N44	2794,30	2771,72	2805,43	2794,30	11,13	22,58	0,00	22,58
	N44	N45	2771,72	2761,46	2794,30	2793,41	22,58	31,95	22,58	32,84
	N45	N46	2761,46	2755,44	2793,41	2790,99	31,95	35,55	32,84	38,86
	N46	N47	2755,44	2750,99	2790,99	2790,67	35,55	39,68	38,86	43,32
	N47	N48	2750,99	2757,56	2790,67	2790,38	39,68	32,83	43,32	36,74
	N48	N48.1	2757,56	2758,56	2790,38	2784,59	32,83	26,04	36,74	35,74
	N48.1	N100	2758,56	2760,50	2788,01	2787,01	29,45	26,51	35,74	33,80
	N100	N49.1	2760,50	2753,50	2787,01	2786,60	26,51	33,10	33,80	40,80
	N49.1	N51	2753,50	2740,39	2782,75	2782,58	29,25	42,19	40,80	53,91
	N51	N54	2740,39	2735,22	2782,58	2782,56	42,19	47,34	53,91	59,08
	N54	N55	2735,22	2737,55	2782,56	2782,56	47,34	45,01	59,08	56,75
	N55	N59	2737,55	2737,00	2782,56	2782,56	45,01	45,56	56,75	57,30
	N59	N57	2737,00	2739,42	2782,56	2782,56	45,56	43,14	57,30	54,88
	N57	N58	2739,42	2739,69	2782,56	2782,56	43,14	42,87	54,88	54,61
	N44	N43	2771,72	2771,60	2794,30	2789,87	22,58	18,27	22,58	22,70
	N43	N100	2771,60	2760,50	2789,87	2786,11	18,27	25,61	22,70	33,80
	N100	N49.1	2760,50	2753,50	2786,11	2786,04	25,61	32,54	33,80	40,80
	N49.1	N50	2753,50	2748,57	2786,04	2785,94	32,54	37,37	40,80	45,73
N50	N56	2748,57	2741,54	2785,94	2785,86	37,37	44,31	45,73	52,76	
N56	N58	2741,54	2739,69	2785,86	2785,82	44,31	46,13	52,76	54,61	

Tabla 34. Cuadro de presiones en la malla 3.

COTA TANQUE CENTRO = 2752,25 m.s.n.m.										
III.	TN CEN	N61.1	2751,25	2703,00	2752,78	2751,25	1,54	48,25	1,00	49,25
	N61.1	N70	2703,00	2695,65	2751,25	2750,20	48,25	54,55	49,25	56,60
	N70	N69	2695,65	2708,04	2750,20	2750,14	54,55	42,10	56,60	44,21
	N61.1	N63.1	2708,04	2717,00	2750,14	2749,11	42,10	32,11	44,21	35,25
	N63.1	N65	2717,00	2716,30	2749,11	2749,08	32,11	32,78	35,25	35,95
	N65	N67	2716,30	2711,60	2749,08	2749,04	32,78	37,44	35,95	40,65
	N67	N67.1	2711,60	2706,37	2749,04	2749,04	37,44	42,67	40,65	45,88
	N67.1	N69	2706,37	2708,04	2749,04	2749,03	42,67	40,99	45,88	44,21
	N63.1	N63	2708,04	2722,85	2749,03	2748,73	40,99	25,88	44,21	29,40
	N63	N62	2722,85	2722,85	2748,73	2748,63	25,88	25,78	29,40	29,40
	N62	N64	2722,85	2725,40	2748,63	2748,63	25,78	23,23	29,40	26,85
	N63.1	N65	2717,00	2716,30	2748,63	2748,63	31,63	32,33	35,25	35,95
	N65	N64	2716,30	2725,40	2748,63	2748,23	32,33	22,83	35,95	26,85

se observa en las anteriores tablas que no se presentan presiones estáticas excesivas, todas están por dentro del rango permitido por la norma RAS 2000 literal B.7.4.5.2. se toma la presión estática más crítica que es de 59,08 mca seguramente no tendrá problema si se le asigna un RDE 41, sin tener en cuenta la sobrepresión por golpe de ariete, de lo contrario este valor puede variar.

Tabla 35. Cálculos RDE por golpe de ariete.

ID TUBO	Nodo Inicial	Nodo Final	Presion Inicial (mca)	Presion Final (mca)	Velocidad (m/s)	Caudal (lps)	Celeridad de Onda (m/s)	Sobre - presión (mca)	Presion Total (mca)	Presion de trabajo límite- según RDE (mca)	Comp.	Diámetro REVISIÓN (in)	Longitud (m)	Coefficiente de pérdidas menores (km)	RDE REVISIÓN
<b>MALLA 1</b>															
Tubería 1	1000	28	21,67	31,97	1,400	7,7	293,8	41,9	73,9	111,6	OK	3	21,65	0,4	32,5
Tubería 2	28	34	31,97	22,64	1,380	7,6	293,8	41,3	73,3	111,6	OK	3	82,40	1,6	32,5
Tubería 3	34	35	22,64	26,21	1,200	4,3	329,3	40,3	66,5	142,9	OK	2,5	10,35	0,2	26
Tubería 4	35	36	26,21	35,46	1,180	4,2	329,3	39,6	75,1	142,9	OK	2,5	66,36	1,3	26
Tubería 5	36	37	35,46	51,83	1,170	4,2	329,3	39,3	91,1	142,9	OK	2,5	42,36	0,8	26
Tubería 6	37	38	51,83	40,93	0,980	3,5	329,3	32,9	84,7	142,9	OK	2,5	77,44	1,5	26
Tubería 7	38,1	38	57,14	40,93	0,040	0,1	367,5	1,5	58,6	178,6	OK	1,5	45,97	0,9	21
Tubería 11	41,1	41	0	32,87	0,160	0,3	367,5	6,0	38,9	178,6	OK	1,5	204,62	4,1	21
Tubería 12	41	30	32,87	17,2	0,640	1,0	367,5	24,0	56,8	178,6	OK	1,5	76,58	1,5	21
Tubería 16	31	34	46,05	22,64	0,910	3,3	329,3	30,5	76,6	142,9	OK	2,5	118,67	2,4	26
Tubería 17	31	32	46,05	27,99	0,860	3,1	329,3	28,9	74,9	142,9	OK	2,5	24,42	0,5	26
Tubería 18	30	32	17,2	27,99	0,740	1,1	367,5	27,7	55,7	178,6	OK	1,5	136,95	2,7	21
Tubería 19	32	33	27,99	35,93	1,280	1,9	367,5	48,0	83,9	178,6	OK	1,5	35,87	0,7	21
Tubería 20	33	37	35,93	51,83	0,370	0,6	367,5	13,9	65,7	178,6	OK	1,5	173,15	3,5	21
Tubería 21	33	39	35,93	46,4	1,480	2,2	367,5	55,4	101,8	178,6	OK	1,5	44,58	0,9	21
Tubería 22	39	41	46,4	32,87	0,410	0,6	367,5	15,4	61,8	178,6	OK	1,5	149,64	3,0	21
Tubería 23	39	40	46,4	46,99	0,740	2,7	329,3	24,8	71,8	142,9	OK	2,5	12,41	0,2	26
Tubería 24	40	38	46,99	40,93	0,920	3,3	329,3	30,9	77,9	142,9	OK	2,5	146,57	2,9	26
Tubería 25	40	42	46,99	45,73	1,660	5,9	329,3	55,7	102,7	142,9	OK	2,5	57,71	1,2	26
Tubería 26	42	1001	45,73	58,7	1,610	5,7	329,3	54,0	112,7	142,9	OK	2,5	53,43	1,1	26
Tubería 27	42	42,1	45,73	59	0,070	0,1	367,5	2,6	61,6	178,6	OK	1,5	89,94	1,8	21
<b>MALLA 2</b>															
Tubería 1	1001	42,1	58,7	59	1,050	5,7	293,8	31,4	90,4	111,6	OK	3	128,97	2,6	32,5
Tubería 2	43	49	21,55	34,71	0,720	2,6	329,3	24,2	58,9	142,9	OK	2,5	119,55	2,4	26
Tubería 3	44	43	31,81	21,55	0,810	2,9	329,3	27,2	59,0	142,9	OK	2,5	132,58	2,7	26
Tubería 4	45	44	37,83	31,81	0,700	2,5	329,3	23,5	61,3	142,9	OK	2,5	82,58	1,7	26
Tubería 5	46	45	12,97	37,83	0,610	0,9	367,5	22,9	60,7	178,6	OK	1,5	134,61	2,7	21
Tubería 6	46	47	12,97	52,88	0,250	0,4	367,5	9,4	62,2	178,6	OK	1,5	66,37	1,3	21
Tubería 7	38,1	46	57,14	12,97	0,250	0,4	367,5	9,4	66,5	178,6	OK	1,5	311,46	6,2	21
Tubería 8	42,1	44	59	31,81	1,020	5,6	293,8	30,5	89,5	111,6	OK	3	151,84	3,0	32,5
Tubería 9	43	41,1	21,55	0	0,110	0,2	367,5	4,1	25,7	178,6	OK	1,5	134,52	2,7	21
Tubería 10	48	47	42,28	52,88	0,100	0,2	367,5	3,7	56,6	178,6	OK	1,5	123,67	2,5	21
Tubería 11	47	47,1	52,88	59,43	0,100	0,2	367,5	3,7	63,2	178,6	OK	1,5	121,97	2,4	21
Tubería 12	51,1	51	58,27	58,05	0,030	0,0	367,5	1,1	59,4	178,6	OK	1,5	31,80	0,6	21
Tubería 13	51	54	58,05	55,72	0,270	0,4	367,5	10,1	68,2	178,6	OK	1,5	135,81	2,7	21
Tubería 14	54	55	55,72	56,27	0,150	0,2	367,5	5,6	61,9	178,6	OK	1,5	20,00	0,4	21
Tubería 15	55	59	56,27	53,85	0,110	0,2	367,5	4,1	60,4	178,6	OK	1,5	100,08	2,0	21
Tubería 16	59	57	53,85	59,77	0,080	0,1	367,5	3,0	62,8	178,6	OK	1,5	44,19	0,9	21
Tubería 17	57	60	59,77	53,58	0,050	0,1	367,5	1,9	61,6	178,6	OK	1,5	62,30	1,2	21
Tubería 20	58,1	58	0	51,73	0,070	0,1	367,5	2,6	54,4	178,6	OK	1,5	87,98	1,8	21
Tubería 21	58	56	51,73	44,7	0,130	0,2	367,5	4,9	56,6	178,6	OK	1,5	100,40	2,0	21
Tubería 22	56	50	44,7	39,77	0,320	0,5	367,5	12,0	56,7	178,6	OK	1,5	133,09	2,7	21
Tubería 23	50	49,1	39,77	32,79	0,520	0,8	367,5	19,5	59,3	178,6	OK	1,5	71,35	1,4	21
Tubería 24	49,1	49	32,79	34,71	0,960	1,4	367,5	36,0	70,7	178,6	OK	1,5	97,07	1,9	21
Tubería 25	49	48,1	34,71	42,02	0,710	1,1	367,5	26,6	68,6	178,6	OK	1,5	71,47	1,4	21
Tubería 26	48,1	48	42,02	42,28	0,960	1,4	367,5	36,0	78,2	178,6	OK	1,5	49,00	1,0	21
Tubería 27	48,1	1002	42,02	58,27	0,680	2,4	329,3	22,8	81,1	142,9	OK	2,5	83,38	1,7	26
Tubería 28	50	51	39,77	58,05	0,150	0,2	367,5	5,6	63,7	178,6	OK	1,5	95,39	1,9	21
Tubería 29	49,1	51	32,79	58,05	0,360	0,5	367,5	13,5	71,5	178,6	OK	1,5	161,48	3,2	21
Tubería 31	55	56	56,27	44,7	0,040	0,1	367,5	1,5	57,8	178,6	OK	1,5	48,28	1,0	21
Tubería 33	58	57	51,73	59,77	0,020	0,0	367,5	0,7	60,5	178,6	OK	1,5	5,95	0,1	21
Tubería T-1	45	48	37,83	42,28	0,960	1,4	367,5	36,0	78,2	178,6	OK	1,5	56,67	1,1	21
<b>MALLA TRES 1</b>															
Tubería 1	1002	51,1	58,27	58,27	0,660	3,6	293,8	19,8	78,0	111,6	OK	3	258,75	5,2	32,5
Tubería 2	54	53	55,72	49,47	0,100	0,2	367,5	3,7	59,5	178,6	OK	1,5	127,08	2,5	21
Tubería 3	53	61	49,47	48,25	0,820	2,9	329,3	27,5	77,0	142,9	OK	2,5	173,90	3,5	26
Tubería 4	61	61,1	48,25	34,25	0,770	2,7	329,3	25,8	74,1	142,9	OK	2,5	169,11	3,4	26
Tubería 5	61,1	63,1	34,25	34,95	1,020	1,5	367,5	38,2	73,2	178,6	OK	1,5	124,66	2,5	21
Tubería 6	63,1	65	34,95	39,65	0,690	1,0	367,5	25,8	65,5	178,6	OK	1,5	19,31	0,4	21
Tubería 7	65	67	39,65	43,21	0,450	0,7	367,5	16,9	60,1	178,6	OK	1,5	100,72	2,0	21
Tubería 8	67	67,1	43,21	44,88	0,320	0,5	367,5	12,0	56,9	178,6	OK	1,5	20,00	0,4	21
Tubería 9	69	69,1	55,19	55,6	0,500	0,8	367,5	18,7	74,3	178,6	OK	1,5	36,49	0,7	21
Tubería 10	69,1	70	55,6	25,85	0,500	0,8	367,5	18,7	74,3	178,6	OK	1,5	5,37	0,1	21
Tubería 11	70	61,1	25,85	34,25	0,710	1,1	367,5	26,6	60,8	178,6	OK	1,5	263,78	5,3	21
Tubería 12	65	64	39,65	34,43	0,160	0,2	367,5	6,0	45,6	178,6	OK	1,5	117,23	2,3	21
Tubería 13	67	66	43,21	44,56	0,110	0,2	367,5	4,1	48,7	178,6	OK	1,5	146,50	2,9	21
Tubería 14	69	68	55,19	44,88	0,120	0,2	367,5	4,5	59,7	178,6	OK	1,5	160,40	3,2	21
Tubería 15	67,1	69	44,88	55,19	0,350	0,5	367,5	13,1	68,3	178,6	OK	1,5	79,11	1,6	21
Tubería 16	67,1	67,2	44,88	27,15	0,600	0,9	367,5	22,5	67,4	178,6	OK	1,5	5,00	0,1	21
Tubería 17	52	53	28,4	49,47	0,600	3,3	293,8	18,0	67,4	111,6	OK	3	133,77	2,7	32,5
Tubería 18	63	63,1	17,75	34,95	0,320	0,5	367,5	12,0	46,9	178,6	OK	1,5	79,06	1,6	21
Tubería 19	63	60	17,75	53,58	0,090	0,1	367,5	3,4	57,0	178,6	OK	1,5	117,87	2,4	21
Tubería 20	63	62	17,75	17,41	0,170	0,3	367,5	6,4	24,1	178,6	OK	1,5	95,37	1,9	21
Tubería 21	62	58,1	17,41	0	0,090	0,1	367,5	3,4	20,8	178,6	OK	1,5	112,11	2,2	21
Tubería 22	64	62	34,43	17,41	0,070	0,1	367,5	2,6	37,1	178,6	OK	1,5	94,27	1,9	21
Tubería 23	47,1	52	59,43	28,4	0,060	0,1	367,5	2,2	61,7	178,6	OK	1,5	71,98	1,4	21
Tubería T-1	51,1	52	58,27	28,4	0,650	3,5	293,8	19,5	77,7	111,6	OK	3	82,42	1,6	32,5

## 8. CONCLUSIONES

La realización de los estudios previos en la etapa de pre inversión del proyecto acueducto Chachatoy y su pronta ejecución, aporta en un 6.99% el cumplimiento de la meta dentro de las líneas básicas de intervención para la construcción, optimización y mejoramiento de acueductos rurales y suburbanos.

Se realizó el seguimiento del proceso contractual a la consultoría de alcantarillado en la cabecera del corregimiento de Cabrera, donde se presentó un proceso claro y transparente sujeto a la normatividad del municipio de Pasto, así mismo se realizó la revisión técnica de los diseños para la cual se presentó un informe con las apreciaciones correspondientes que permiten evidenciar la falta de cumplimiento de algunas actividades de responsabilidad del consultor.

Con la elaboración de la consultoría de alcantarillado en la cabecera del corregimiento de Cabrera se avanza en el cumplimiento de la meta de construcción, optimización y mejoramiento de alcantarillado en cabeceras corregimentales y sector suburbano propuesta en 3 Km para este periodo, dentro de las líneas básicas de intervención.

Se realizó el seguimiento del proceso contractual a la construcción de alcantarillado pluvial en la vereda Tescual, la obra de cierre del tanque de abastecimiento del acueducto de la vereda Los Angeles y la construcción de la bocatoma de Jamondino-Rosario, donde se presentó un proceso claro y transparente sujeto a la normatividad del municipio de Pasto, de igual manera se realizó el apoyo técnico, administrativo y contable para la correcta ejecución y control de recursos.

Con la ejecución del alcantarillado pluvial en la vereda Tescual y la ejecución de la obra de cierre del tanque de abastecimiento de la vereda Los Angeles, se dio solución a un problema de empozamiento de aguas lluvias, disminuyendo el riesgo de inundación a las familias de la vereda y se garantiza la correcta protección de la estructura del tanque para su correcto funcionamiento a largo plazo.

Con la construcción de la bocatoma Jamondino-rosario, se restableció el servicio de agua potable a la comunidad dentro del plazo acordado por la alcaldía, mitigando el daño ocasionado por la avalancha que conllevó a la declaratoria de urgencia manifiesta en el municipio de Pasto.

Se llevó a cabo el apoyo técnico para el proyecto de optimización del sistema de acueducto de Jamondino-Rosario y Jongovito centro, para la cual se presentó un informe con las apreciaciones y correcciones correspondientes que permiten actualizar la información contenida, detallar falencias en los diseños y confrontar cantidades de obra en el presupuesto.

## 9. RECOMENDACIONES

Brindar constante capacitación a la comunidad en la operación de los diferentes elementos del sistema de acueducto.

Inculcar en la comunidad el sentido de pertenencia por los bienes públicos, ya que son bienestar para todos.

Realizar visitas técnicas previas al desarrollo del estudio en el caso de consultorías, para conocer de primera mano las problemáticas que se están presentando en la zona y de esta manera plantear objetivamente el alcance que debe tener el proyecto.

Realizar un mantenimiento preventivo y constante a las diferentes estructuras y componentes del sistema de acueducto, prolonga su vida útil y mantiene un buen funcionamiento en el horizonte del proyecto.

Realizar una buena localización y replanteo al inicio de la obra, evita futuras complicaciones y sobrecostos.

Conocer la ubicación del sitio y sus alrededores es conveniente para definir rutas y mecanismos que faciliten el acarreo de materiales.

Suministrar oportunamente materiales a la obra, permite un avance significativo en el tiempo de ejecución.

Seguir y cumplir la norma RAS 2000, con lo cual se garantiza una adecuada elaboración de los diseños, cumpliendo parámetros mínimos exigidos.

Instalar micromedición permite regular el gasto excesivo de agua en los usuarios, puesto que permite un registro cuantitativo del servicio.

Organizar un ente administrativo, provee facilidad en el control de actividades, es por esto que las juntas administradoras de acueducto y alcantarillado deben manejar una estructura organizacional definida.

Manejar programas de cálculo y diseño por computación es la tendencia hacia el futuro, es por esto necesario darles el interés necesario para estar a la vanguardia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO – RAS 2000. República de Colombia; Ministerio de desarrollo económico; Dirección de agua potable y saneamiento básico; Santa fe de Bogota D.C., Noviembre de 2000.

LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo, “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, Santa Fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería.

SALAZAR CANO, Roberto. “Acueductos y Alcantarillados”, San Juan de Pasto, 2013.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. “Purificación del agua”, Santa fe de Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería.

COLOMBIA. CONCEJO MUNICIPAL DE PASTO. Acuerdo 033 (09, diciembre, 2005). Por medio del cual se establecen las funciones de la secretaria de gestión ambiental. San Juan de Pasto: El Concejo, 2005.

COLOMBIA. CONCEJO MUNICIPAL DE PASTO. Acuerdo 007 (30, mayo, 2008). Por el cual se adopta el plan de desarrollo municipal de Pasto 2008-2011 “QUEREMOS MAS–PODEMOS MAS”. San Juan de Pasto: El Concejo. 156 p.

COLOMBIA. CONCEJO MUNICIPAL DE PASTO. Acuerdo 023 (31, julio, 2009). Por medio del cual se realiza el convenio de la secretaria de gestión ambiental con Empopasto S.A. San Juan de Pasto: El Concejo, 2009.

COLOMBIA. CONCEJO MUNICIPAL DE PASTO. Acuerdo 026 (13, octubre, 2009). Por medio del cual se realiza la revisión ordinaria y ajustes del plan de ordenamiento territorial del municipio de Pasto, adoptado mediante decreto municipal 0084 de 2003 y se dictan otras disposiciones. San Juan de Pasto: El Concejo, 2009. 428 p.

COLOMBIA. CONCEJO MUNICIPAL DE PASTO. Decreto 0533 (29, julio, 2011). Por medio del cual se declara urgencia manifiesta.

MANUAL TECNICO TUBOSISTEMAS PARA CONSTRUCCION PAVCO. Montes SA editores. Diciembre de 2011.

COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. RESOLUCIÓN 2320 DE 2009.

# **ANEXOS**

# Formatos actas

 <b>ALCALDÍA DE PASTO</b> <small>Secretaría de Gestión Ambiental</small>	<b>PROCESO CONTRATACIÓN</b>			
	NOMBRE DEL FORMATO			
	<b>ACTA DE AUDIENCIA DE SORTEO DE 15 POSIBLES OFERENTES</b>			
	VIGENCIA 25-Mayo-10	VERSIÓN 01	CÓDIGO CO-F-013	CONSECUTIVO
OBJETO:				
Fecha: _____ Hora: _____ Proceso número: _____				
No.	No. INSCRIPCIÓN	NOMBRE		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

**LUIS EDUARDO BURBANO V.**  
Sub Secretario Gestión Ambiental Rural  
Secretaría de Gestión Ambiental

**CHRISTIAN G. ORTEGA M.**  
ING. CONTRATISTA S.G.A.  
Secretaría de Gestión Ambiental

**E. ANIBAL PAZ M.**  
ADMIN. CONTRATISTA S.G.A.  
Secretaría de Gestión Ambiental

 <b>ALCALDÍA DE PASTO</b> <small>Secretaría de Gestión Ambiental</small>	<b>ACTA DE INICIO CONTRATO DE OBRA</b>			
	CONTRATO DE OBRA No.:			
	CONTRATANTE: MUNICIPIO DE PASTO			
CONTRATISTA:				
OBJETO DEL CONTRATO:				
VALOR:				
PLAZO:				
FECHA DE INICIO:				

CONTRATO DE OBRA No.:

CONTRATANTE: MUNICIPIO DE PASTO

CONTRATISTA:

OBJETO DEL CONTRATO:

VALOR:

PLAZO:

FECHA DE INICIO:

En San Juan de Pasto a los \_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_, en las instalaciones de la Secretaría de Gestión Ambiental, se reunieron: La doctora MARÍA ALEJANDRA PANTOJA Secretario de Gestión Ambiental, el Ingeniero LUIS EDUARDO BURBANO V. subsecretario Gestión Ambiental Área rural, el ingeniero \_\_\_\_\_ interventor de Obra y el (a) ingeniero \_\_\_\_\_ en calidad de contratista de obra, con el fin de protocolizar el acta de inicio del contrato de obra objeto es el enunciado.

En la presente, se deja constancia escrita y expresa de las siguientes fechas:

1. El interventor como el contratista de obra han inspeccionado y reciben personalmente los terrenos en los cuales se adelantará la obra materia de esta acta.
2. El contratista de obra como el interventor, reciben las especificaciones técnicas de la Secretaría de Infraestructura para la ejecución de la obra.
3. Son de responsabilidad del contratista de obra los daños que produzcan a terceros debido a malas prácticas de construcción o a la mala programación.

Para constancia se firma en San Juan de Pasto, por quienes en ella intervinieron:

Nombre del Contratista,  
Contratista

Nombre del Interventor,  
Interventor

Ing. Luis Eduardo Burbano V.  
Subsecretario de Gestión Ambiental-Rural

Dra. María Alejandra Pantoja  
Secretaría de Gestión Ambiental

Centro Administrativo Municipal - C.A.M. Rosales II Vía Angonoay - TEL: 729 2830 - FAX: 722 9443

 <b>ALCALDÍA DE PASTO</b> <small>Secretaría de Gestión Ambiental</small>	<b>ACTA DE MODIFICACIÓN</b>			
	CONTRATO DE OBRA No.:			
	CONTRATANTE: MUNICIPIO DE PASTO			
CONTRATISTA:				
OBJETO:				
VALOR:				
PLAZO:				
FECHA DE INICIO:				
FECHA PRESENTA ACTA:				

CONTRATO DE OBRA No.:

CONTRATANTE: MUNICIPIO DE PASTO

CONTRATISTA:

OBJETO:

VALOR:

PLAZO:

FECHA DE INICIO:

FECHA PRESENTA ACTA:

En San Juan de Pasto a los \_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_, en las instalaciones de la Secretaría de Gestión Ambiental, se reunieron: La doctora MARÍA ALEJANDRA PANTOJA Secretario de Gestión Ambiental, el ingeniero LUIS EDUARDO BURBANO V. subsecretario Gestión Ambiental Área rural, el Ingeniero \_\_\_\_\_ interventor de Obra y el (a) ingeniero \_\_\_\_\_ en calidad de contratista de Obra, con el fin de pactar la presente acta modificatoria de obra No. \_\_\_ de acuerdo al cuadro anexo el cual es parte integral de la presente acta, dada las siguientes condiciones: (ejemplo)

La principal modificación se presentó porque, (Razones de la Modificación del contrato)

En consecuencia, se reduce las cantidades de ejecución en muros de contención y de rellenos laterales a estos muros, y se aumentan las cantidades de ejecución de excavaciones, desalojos y plaza de andén.

Para constancia se firma en San Juan de Pasto, por quienes en ella intervinieron:

Nombre del Contratista,  
Contratista

Nombre del Interventor,  
Interventor

Ing. Luis Eduardo Burbano V.  
Subsecretario de Gestión Ambiental-Rural

Dra. María Alejandra Pantoja  
Secretaría de Gestión Ambiental

Centro Administrativo Municipal - C.A.M. Rosales II Vía Angonoay - TEL: 729 2830 - FAX: 722 9443

 <b>ALCALDÍA DE PASTO</b> <small>Secretaría de Gestión Ambiental</small>	<b>ACTA FINAL DE CONTRATO DE OBRA</b>			
	CONTRATO DE OBRA No.:			
	CONTRATANTE: MUNICIPIO DE PASTO			
CONTRATISTA:				
OBJETO:				
V/R CONTRATO INICIAL: (En letras y en números)				
V/R EJECUTADO PRESENTE ACTA: (En letras y en números)				
DURACIÓN:				

CONTRATO DE OBRA No.:

CONTRATANTE: MUNICIPIO DE PASTO

CONTRATISTA:

OBJETO:

V/R CONTRATO INICIAL: (En letras y en números)

V/R EJECUTADO PRESENTE ACTA: (En letras y en números)

DURACIÓN:

En San Juan de Pasto a los \_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_, en las instalaciones de la Secretaría de Gestión Ambiental, se reunieron: La doctora MARÍA ALEJANDRA PANTOJA Secretario de Gestión Ambiental, el ingeniero LUIS EDUARDO BURBANO V. subsecretario Gestión Ambiental Área rural, el ingeniero \_\_\_\_\_ interventor de Obra y el (a) ingeniero \_\_\_\_\_ en calidad de contratista de obra, con el fin de suscribir la presente Acta de Recibo Final del contrato de Obra que se menciona en el encabezado, de acuerdo al cuadro anexo el cual es parte integral de la presente acta.

Según lo estipulado en el Contrato se establece que el contratista ha cumplido con la pactada, y el proyecto se recibe a Satisfacción del Municipio, con el Acta de Recibo Final Adjunta.

Para constancia se firma en San Juan de Pasto, por quienes en ella intervinieron:

Nombre del Contratista,  
Contratista

Nombre del Interventor,  
Interventor

Ing. Luis Eduardo Burbano V.  
Subsecretario de Gestión Ambiental-Rural

Dra. María Alejandra Pantoja  
Secretaría de Gestión Ambiental

Centro Administrativo Municipal - C.A.M. Rosales II Vía Angonoay - TEL: 729 2830 - FAX: 722 9443