

**APOYO TÉCNICO A LOS PROYECTOS: CONSTRUCCIÓN ACUEDUCTO
VEREDA LOMA PAMBA, DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE ACUEDUCTOS
VEREDALES EN EL MUNICIPIO DE EL ROSARIO NARIÑO Y OPTIMIZACIÓN
ACUEDUCTO VEREDA SANTA ROSA DEL MUNICIPIO DE SANTACRUZ**

DIEGO FERNANDO MORILLO MESIAS

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2018**

**APOYO TÉCNICO A LOS PROYECTOS: CONSTRUCCIÓN ACUEDUCTO
VEREDA LOMA PAMBA, DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE ACUEDUCTOS
VEREDALES EN EL MUNICIPIO DE EL ROSARIO NARIÑO Y OPTIMIZACIÓN
ACUEDUCTO VEREDA SANTA ROSA DEL MUNICIPIO DE SANTACRUZ**

DIEGO FERNANDO MORILLO MESIAS

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil**

Asesor:

**ING. GUILLERMO JAVIER VILLOTA VIVEROS
Docente Programa Ingeniería Civil**

Co-Asesor:

**ING. ARTURO LOPEZ HERNANDEZ
Contratista de obras civiles**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2018**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones presentadas en el trabajo de grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1^a. Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Académico de la Universidad de Nariño.

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”

Artículo 13^a. Acuerdo No. 005 de enero de 2010, emanado del Honorable Consejo Académico de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma Jurado

Firma Jurado

San Juan de Pasto, junio de 2018

AGRADECIMIENTOS

Es un sentimiento de enorme satisfacción el que siento al terminar una etapa que marca el comienzo de una nueva, que lleva en cada paso la gratitud por todo lo aprendido en este paso por la vida universitaria y camino a la profesional, cada dificultad y cada tropiezo deja una enseñanza para aplicar cada día el valor de ser un ser humano de calidad al servicio de nuestros semejantes.

Agradezco a aquella divinidad que está presente en todas partes y en todo que llamamos Dios y vive en nosotros porque ha sido la guía momento a momento en mi vida, me ha llenado de serenidad y me ha confortado en los momentos que me parecían difíciles, ha traído perfección a mi vida y le debo todo lo que he logrado, lo que soy y todo lo que es.

Agradezco a mis padres por todo el apoyo brindado de corazón y bendecido por la pureza del amor, por ese esfuerzo sincero en impulsarme en el descubrir de mis propias capacidades y la capacidad de ser libre sin olvidar mi hogar.

A la Universidad de Nariño, y al programa de Ingeniería Civil por brindarme la oportunidad de descubrir la diversidad del mundo a través del conocimiento, por el apoyo sincero de cada profesor que en su momento nos apoyó y alentó a descubrir la vocación del servicio y el amor a una profesión, a mis amigos por todos esos momentos inolvidables y cargados de simpleza, de risas y de un compartir con desinterés por el solo hecho de disfrutar el viaje tal y como viene.

RESUMEN

En el presente informe se describen todas las actividades realizadas dentro del periodo de pasantía del proyecto titulado “APOYO TÉCNICO A LOS PROYECTOS: CONSTRUCCION ACUEDUCTO VEREDA LOMA PAMBA, DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE ACUEDUCTOS VEREDALES EN EL MUNICIPIO DE EL ROSARIO NARIÑO Y OPTIMIZACIÓN ACUEDUCTO VEREDA SANTA ROSA DEL MUNICIPIO DE SANTACRUZ”, requisito para optar por el título de ingeniero civil y trabajo que se concentra en el apoyo a dos contratos de construcción ejecutados y dos consultorías realizadas.

Las actividades descritas en el presente trabajo se ejecutan como residente de obra para apoyar al ingeniero constructor Arturo Lopez Hernandez, co-asesor de la pasantía y se va a delimitar las funciones realizadas en dos partes: La primera de ellas corresponde al acompañamiento a los trabajos de construcción del sistema completo de acueducto para la vereda Loma Pamba en el municipio de El Rosario Nariño y la optimización del acueducto para la vereda Santa Rosa en el municipio de Santa Cruz de Guachavez y la segunda parte correspondiente al apoyo técnico brindado a los proyectos de diagnóstico y diseño de la vereda San Miguel y la vereda La Guaca, ambas pertenecientes al municipio de El Rosario Nariño.

ABSTRACT

The present report describes all the activities made inside the period of internship of the project entitled: "TECHNICAL SUPPORT FOR THE PROJECTS: CONSTRUCCION AQUEDUCTO LOMA PAMBA VILLAGE, DIAGNOSIS AND DESIGN OF AQUEDUCTOS OF VILLAGES IN THE MUNICIPALITY OF EL ROSARIO NARIÑO AND OPTIMIZATION AQUEDUCTO SANTA ROSA VILLAGE OF THE MUNICIPALITY OF SANTACRUZ ", requirement to opt by the title of civil engineer and work that focuses on the support for two construction contracts executed and two consultancies carried out.

The activities described in the present work are executed as a construction resident to support Arturo Lopez Hernandez engineer builder, co-advisor of the internship and it is going to delimit the functions carried out in two parts: The first one corresponds to the accompaniment to the construction works of the complete aqueduct system for the Loma Pamba village in the municipality of El Rosario Nariño and the optimization of the aqueduct for the Santa Rosa village in the municipality of Santa Cruz de Guachavez and the second part corresponds to the technical support provided to the diagnostics and design projects of the San Miguel village and La Guaca village, both belonging to the municipality of El Rosario Nariño.

CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCIÓN.....	12
METODOLOGIA.....	14
1. APOYO TECNICO A LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	15
1.1 RECOPIACION DE LA INFORMACIÓN (ESTUDIOS Y DOCUMENTOS TECNICOS) DISPONIBLES QUE HACEN PARTE DEL ACOMPAÑAMIENTO CONSTRUCTIVO ENTREGADO O REALIZADO PARA DOCUMENTAR EL DESARROLLO DEL PROYECTO	15
1.1.1 Estudios del proyecto: Construcción acueducto vereda Loma Pamba del municipio del Rosario Nariño.	15
1.1.2 Estudios del proyecto: Optimización acueducto vereda Santa Rosa del municipio de Santacruz.....	20
1.1.3 Documentos técnicos.....	24
1.2 INSPECCIÓN DE CONTROL DE TODAS LAS ACTIVIDADES DE OBRA. 25	
1.2.1 Actividades particulares del proyecto Loma Pamba	25
1.2.2 Actividades comunes en los proyectos de construcción	29
1.3 CONTROL DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	40
1.3.1 Estructuras acueducto Loma Pamba	41
1.3.2 Estructuras acueducto Santa Rosa.	48
1.4 VELAR POR EL MEJOR APROVECHAMIENTO DE LAS hERRAMIENTAS, RECURSOS HUMANOS ADECUADOS Y nECESARIOS DENTRO DE LA OBRA.....	56
1.5 SEGUIMIENTO de PLANOS	57
1.6 SEGUIMIENTO DE LOS RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA.	58
1.7 CUANTIFICACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA Y ELABORACIÓN DE PRE-ACTAS	59
1.8 CONTROL DE CANTIDAD Y CALIDAD DE MATERIALES Y MEZCLAS.60	
1.8.1 Control de cantidad y calidad de materiales	60
1.8.2 Control de cantidad y calidad de mezclas de concreto	61
1.9 TOMA DE CILINDROS DE CONCRETO.....	63

1.10	LLEVAR EL LIBRO DE OBRA CONJUNTAMENTE CON EL INGENIERO CONTRATISTA.	64
1.11	PRESENTAR INFORMES QUINCENALES ESCRITOS AL INGENIERO CONTRATISTA.	64
1.12	ASESORAR TÉCNICAMENTE A LOS MAESTROS DE OBRA.	65
2.	APOYO EN LAS FASES DE DIAGNÓSTICO Y DISEÑO A PROYECTOS DE ACUEDUCTOS VEREDALES CONTRATADOS POR LA ALCALDIA DEL MUNICIPIO DEL ROSARIO NARIÑO.	66
2.1	DIAGNOSTICO Y DISEÑO DEL ACUEDUCTO PARA LA VEREDA SAN MIGUEL.	66
2.1.1	Diagnóstico del sistema existente y estudios realizados.	66
2.1.2	Diseño hidráulico del sistema de acueducto.	68
2.2	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA LA GUACA.	69
2.2.1	Habitantes.	69
2.2.2	Localización del proyecto.	70
2.2.3	Sistema de abastecimiento de agua presente.	70
2.2.4	Problemática identificada.	70
2.2.5	Sistema alternativo.	70
2.2.6	Solución propuesta.	72
	CONCLUSIONES.	73
	RECOMENDACIONES.	75
	BIBLIOGRAFIA.	76
	ANEXOS.	77

LISTADO DE TABLAS

	pag.
TABLA 1. NIVEL DE COMPLEJIDAD SEGÚN NÚMERO DE HABITANTES.....	18
TABLA 2. RESULTADOS DE LOS AFOROS DE CAUDAL LOMA PAMBA.....	21
TABLA 3. RESUMEN TUBERÍAS Y OBRAS ACUEDUCTO LOMA PAMBA.....	28
TABLA 4. CANTIDADES PARA REPARACIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO SANTA ROSA.....	56
TABLA 5. MEDICIÓN DE EXCAVACIONES DESARENADOR SANTA ROSA.....	60
TABLA 6. MATERIALES CONSUMIDOS DESARENADOR SANTA ROSA.....	61
TABLA 7. LÍMITES DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO.....	64
TABLA 8. CAUDAL FUENTE LA GUACA.....	72

LISTADO DE FIGURAS

	pag.
FIGURA 1. COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA EN LA VEREDA LOMA PAMBA.	17
FIGURA 2. QUEBRADA “LOMA PAMBA”	20
FIGURA 3. VEREDA SANTA ROSA.....	23
FIGURA 4. FRAGMENTO DE PLANOS TOPOGRÁFICOS LOMA PAMBA.....	25
FIGURA 5. FRAGMENTO DE PLANOS BOCATOMA LOMA PAMBA	26
FIGURA 6. TRABAJO COMUNITARIO PARA LA EXCAVACIÓN DE ZANJAS. ...	26
FIGURA 7. VERIFICACIÓN DE PROFUNDIDADES MÍNIMAS.....	26
FIGURA 8. IDENTIFICACIÓN DE LA TUBERÍA UNIÓN MECÁNICA.	28
FIGURA 9. TUBERÍA INSTALADA LISTA PARA SER ENTERRADA.....	28
FIGURA 10. ACARREO DE MATERIAL CON ANIMALES DE CARGA.	30
FIGURA 11. CORTES DE LA EXCAVACIÓN EN ROCA	31
FIGURA 12. INSTALACIONES CAJA DE DERIVACIÓN	35
FIGURA 13. FUNDICIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	36
FIGURA 14. ENCOFRADO DE LA BOCATOMA, PRESA Y ALETAS.....	42
FIGURA 15. BOCATOMA DESENCOFRADA (VISTA POSTERIOR),	42
FIGURA 16. PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA BOCATOMA.....	43
FIGURA 17. INSTALACIONES DEL DESARENADOR	45
FIGURA 18. CÁMARA DE QUIEBRE LOMA PAMBA.	48
FIGURA 19. INTERIOR DEL DESARENADOR SANTA ROSA.....	51
FIGURA 20. ESTRUCTURA DE SALIDA DESARENADOR.....	51
FIGURA 21. DESARENADOR SANTA ROSA.....	52
FIGURA 22. CONSTRUCCIÓN CÁMARA DE QUIEBRE SANTA ROSA.....	54
FIGURA 23. TANQUE DE ALMACENAMIENTO SANTA ROSA.....	54
FIGURA 24. BODEGA PARA ALMACENAR MATERIALES Y HERRAMIENTAS.	56
FIGURA 25. ENSAYO DE ASENTAMIENTO	62
FIGURA 26. CILINDROS DE CONCRETO BOCATOMA	63
FIGURA 27. CAPTCIÓN EXISTENTE, VEREDA SAN MIGUEL.....	68
FIGURA 28. FRAGMENTO PLANOS TOPOGRÁFICOS VEREDA SAN MIGUEL	67
FIGURA 29. FRAGMENTO PLANO TANQUE DE ALMACENAMIENTO SAN MIGUEL.....	68
FIGURA 30. TANQUE DE ALMACENAMIENTO LA GUACA.....	72

LISTADO DE ANEXOS

- ANEXO 1. CONTRATO DE OBRA NO” 0765 L.P 04-2016 “CONSTRUCCIÓN
ACUEDUCTO VEREDA LOMA PAMBA”
- ANEXO 2. COTIZACIONES DE COSTOS PROPIOS DE LA ZONA
- ANEXO 3 RELACIÓN DE LISTADO DE MATERIALES.
- ANEXO 4. ACTA DE RECIBO POR PARTE DE LA COMUNIDAD DEL
ACUEDUCTO LOMA PAMBA
- ANEXO 5. ACTA FINAL DE OBRA ACUEDUCTO LOMA PAMBA
- ANEXO 6. PRESUPUESTO OPTIMIZACIÓN ACUEDUCTO SANTA ROSA

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos se ha podido observar en el departamento de Nariño como claro ejemplo de los cambios climáticos que se producen a nivel mundial, las afectaciones de los fenómenos ambientales y de las temporadas de invierno y verano de gran intensidad, los cuales provocan inundaciones y sequías en la región; en este contexto las zonas más afectadas son aquellas con difícil acceso, que no cuentan con la infraestructura adecuada en tecnología, capacidad de servicios y en donde la inversión pública no ha procurado las medidas de control y contingencia necesarias para prevenir problemas tan notables y críticos como el desabastecimiento de agua potable para los habitantes de las comunidades afectadas.

Es así como las comunidades de zonas veredales con sistemas de abastecimiento de agua de gran antigüedad o de tipo artesanal a las que se hace referencia específicamente en este trabajo, han notado los efectos de desabastecimiento de agua potable o falta de capacidad del servicio de acueducto para sus necesidades de consumo, como consecuencia de una serie de factores que incluyen la problemática ambiental actual en materia de la administración del recurso hídrico y las fuentes de agua dulce y específicamente la prolongación e intensidad de los tiempos de verano sufridas por las comunidades rurales de los municipios del Rosario y Santa Cruz en los años anteriores al 2016, la pérdida de caudal de los cuerpos de agua por afectaciones en las cuencas hidrográficas, el crecimiento poblacional y la deficiencia en los sistemas de captación y conducción de agua de los que inicialmente se servían sin problema pero que al día de hoy no abastecen las necesidades de estas comunidades en busca de un mejor desarrollo.

Por lo tanto se considera este trabajo una oportunidad de beneficiar a las comunidades rurales involucradas por medio de los proyectos de construcción, diseño y optimización de sus sistemas de acueductos, llevando la infraestructura adecuada, en óptimas condiciones de calidad y capacidad a las zonas indicadas y de mano del correcto y sostenible uso de los recursos ambientales, la óptima técnica y tecnología aplicable a cada zona acorde a sus condiciones de población, topografía, consumos y nivel tecnológico aplicable, entre otros factores de importancia influyentes particulares de cada proyecto ejecutado.

OBJETIVO GENERAL

Brindar apoyo técnico a los proyectos: construcción acueducto vereda Loma Pamba, diagnóstico y diseño de acueductos veredales en el municipio del Rosario

Nariño y optimización acueducto vereda Santa Rosa del municipio de Santacruz.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Recopilar toda la información técnica (estudios y planos) disponibles que hacen parte del acompañamiento constructivo entregado o realizado, para documentar el desarrollo de los proyectos.
- Inspección de control de todas las actividades de obra.
- Velar por el mejor aprovechamiento de los equipos, herramientas, recursos humanos adecuados y necesarios dentro de la obra.
- Controlar especificaciones de diseño.
- Seguimiento de planos
- Seguimiento de los rendimientos de mano de obra.
- Cuantificación de cantidades de obra y elaboración de pre-actas
- Control de cantidad y calidad de materiales y mezclas.
- Toma de cilindros de concreto.
- Llevar el libro de obra conjuntamente con el Ingeniero contratista.
- Presentar informes quincenales escritos al ingeniero contratista.
- Asesorar técnicamente a los maestros de obra.
- Apoyar las fases de diagnóstico y diseño de los proyectos de acueductos veredales que se presenten en el municipio del Rosario

METODOLOGIA

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se utilizaron una serie de parámetros a seguir de manera lógica, utilizando los conocimientos adquiridos en pregrado propios de la ingeniería civil, así como el criterio individual y orientado por los ingenieros con mayor experiencia que asesoraron y apoyaron el correcto desarrollo de este trabajo, dichos parámetros y actividades ejecutadas fueron las

siguientes:

- **RECOPIACION DE INFORMACION DEL PROYECTO:** Se realizó la identificación de las necesidades o problemática a resolverse, así como en el papel de acompañante o auxiliar del ingeniero constructor se hace necesario un análisis en el sitio, en cuanto a las causas de dicha problemática y sus consecuencias que hacen que la entidad contratante o los particulares requieran la intervención del proyecto de ingeniería civil.
- **IDENTIFICACION DE LAS SOLICITUDES ESPECIFICAS:** Se reconoce la naturaleza del actor solicitante del proyecto, en el caso de este trabajo correspondían a las alcaldías municipales encabezadas directamente por el alcalde y sus secretarías de obra, los cuales atendieron a peticiones hechas por parte de las comunidades a través de mecanismos de participación como cabildos abiertos o juntas de acción comunal; En este sentido se abrieron licitaciones públicas tal como lo exige la ley, por lo tanto fue responsabilidad de los participantes y del pasante estudiar los documentos aclaratorios y pliegos de condiciones de dichas licitaciones.
- **INVESTIGACION PRELIMINAR:** Antes de participar en los proyectos se realizaron siempre las investigaciones preliminares necesarias, teniendo como propósito conocer de ante mano las condiciones del contexto en que se ejecutara, para esto se utiliza como fuentes de investigación proyectos similares en la zona, información disponible en internet como el sitio web del municipio, la visita de reconocimiento del sitio de obra y demás fuentes de información disponibles sobre costos de la zona, servicios públicos disponibles, vías de acceso, disponibilidad de materiales, mano de obra, entre otras necesidades para la ejecución de una obra civil
- **VISITAS DE RECONOCIMIENTO AL SITIO Y LAS COMUNIDADES DEL PROYECTO:** Se socializó el proyecto con las comunidades y los actores más representativos de las mismas tanto como para solicitar su disposición y colaboración con los trabajos como para conocer sus peticiones y en compañía de ellos recorrer y analizar los sitios y las condiciones donde se planea construir u optimizar la obra en cuestión. Además de esto fue primordial tener en cuenta factores, como la topografía y geología de la zona, tipo de suelos, estado actual de las obras civiles existentes, vías de acceso, disponibilidad de canteras certificadas para proveer materiales de construcción, medios de comunicación disponibles, servicios disponibles de acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, telefonía celular, internet y demás, así como los factores económicos y sociales de la zona influyentes, como disponibilidad de mano de obra, nivel educativo, tecnológico y técnico de la población, costos de la zona en cuanto a transporte, alimentación, estadía y demás.

- **ESTUDIOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO:** Se realizaron estudios técnicos específicos necesario para obtener datos claros y concisos del proyecto como lo son: análisis de las cuencas hidrográficas y vertimientos aguas arriba y aguas abajo de los puntos de captación, la topografía de la zona plasmada en planos topográficos en planta con curvas de nivel, planos en perfil con las respectivas cotas y distancias necesarias de los ejes principales del proyecto y estructuras existentes, aforos de caudal de las fuentes, con niveles máximos y mínimos de agua, reboses y tuberías de los sistemas existentes, toma de muestras de agua cruda de las fuentes y del agua tratada entrega a los usuarios para su análisis de calidad, además fueron necesarios datos como velocidad del agua en las fuentes, altura de la lámina de agua en la captación, conducciones y derivación de caudales existentes, ramales de la red de distribución, temperatura del agua, censo de viviendas y usuarios que se sirven del sistema de acueducto, tasa de crecimiento poblacional, estudios demográficos de la población si existen, dimensiones de las estructuras existentes y todos los demás estudios específicos necesarios para el análisis y diseño del proyecto.
- **ANÁLISIS, PROCESAMIENTO DE DATOS y DISEÑO:** Una vez se obtuvieron todos los datos necesarios para el diseño del proyecto, se procedió al análisis y ejecución de los cálculos específicos utilizando como guía siempre la última versión del Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS expedido por el viceministerio de aguas y saneamiento básico.
- **CONTROLAR ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.** Se socializo con los maestros de obra, el seguimiento a los planos, medidas exactas, instalaciones hidráulicas, fundiciones, niveles, alineamientos y demás rectificaciones en la construcción según lo estipulado en los planos.

1. APOYO TECNICO A LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

A continuación se describen las actividades y funciones realizadas en el periodo de pasantía que tienen que ver con el acompañamiento a los trabajos de construcción tanto del sistema completo de acueducto para la vereda Loma Pamba del municipio de El Rosario Nariño, así como la optimización del acueducto de la vereda Santa Rosa del municipio de Santa Cruz de Guachavez que incluyo la construcción de un desarenador de tipo convencional, una cámara de quiebre de presión, un viaducto y otras rectificaciones menores en el sistema.

1.1 RECOPIACION DE LA INFORMACIÓN (ESTUDIOS Y DOCUMENTOS TECNICOS) DISPONIBLES QUE HACEN PARTE DEL ACOMPAÑAMIENTO CONSTRUCTIVO ENTREGADO O REALIZADO PARA DOCUMENTAR EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Es la primera actividad realizada en la pasantía puesto que permitió conocer los objetivos y alcances de los proyectos, las especificaciones en lo que ha de construirse, el análisis del contexto y los datos y estudios necesarios para la ejecución del proyecto plasmados finalmente en documentos técnicos.

1.1.1 Estudios del proyecto: Construcción acueducto vereda Loma Pamba del municipio del Rosario Nariño.

Es el primer proyecto en el cual se inicia el trabajo de pasantía el mes de diciembre del 2016 y el estudio realizado por el pasante se describe a continuación.

1.1.1.1 Descripción del proyecto

Este proyecto se realizó en el municipio del Rosario Nariño en la ejecución del contrato de obra No" 0765 L.P 04-2016 (Anexo 1) abierto a licitación pública, que tiene por objeto la construcción del acueducto para la vereda Loma Pamba. El contrato lo celebra la alcaldía del municipio del Rosario a través de la Secretaria de Planeación Municipal como entidad contratante, y como contratista el ingeniero constructor Arturo Lopez Hernandez; El contrato se firmó el 24 de noviembre de 2016, con un plazo de ejecución de 6 meses que se vencieron el 24 de mayo de 2017 y con un valor de doscientos veinticuatro millones seiscientos veintiún mil cuatrocientos noventa y ocho pesos m./cte. (\$224.621.498,00), siendo el municipio el que asumió el gasto que ocasionó el contrato; dentro del periodo de la pasantía este proyecto empieza a correr desde el día 5 de Diciembre de 2016 con una duración de seis meses y en él se ejecutan las actividades propuestas como objetivos en este trabajo.

1.1.1.2 Justificación

Este proyecto nació ante la necesidad de solventar los problemas de abastecimiento de agua potable de la vereda Loma Pamba que inicialmente se servía de sistemas de captación y conducción de las aguas de tipo artesanal construidas por los mismos pobladores, que constaban básicamente de canecas plásticas a manera de captación de pequeños cauces o nacimientos de agua y conducción por medio de mangueras al aire libre hasta las viviendas, este sistema contaba con deficiencias de tipo tecnológico y en cuanto a su capacidad se reportó por parte de los pobladores el desabastecimiento de agua en épocas de verano en los años anteriores al 2017.

1.1.1.3 Localización

La vereda de Loma Pamba que se servirá del sistema de acueducto a construir pertenece al corregimiento de Esmeraldas, este a su vez perteneciente al municipio del Rosario- Nariño y el sitio de construcción del proyecto está ubicado en una zona de cordillera a dos horas de camino a pie del sitio de alojamiento en el corregimiento de Esmeraldas y a una cota de 1396 msnm en el sitio de la bocatoma. La cabecera del municipio del Rosario se encuentra a 3 horas de la ciudad de Pasto y el corregimiento de Esmeraldas se encuentra a 1 hora más de camino. En la figura 1. Se puede apreciar al fondo a la derecha de la fotografía el corregimiento de Esmeraldas.

Figura 1. Comisión de topografía en la vereda Loma Pamba.



Fuente: Producto de esta pasantía.

1.1.1.4 Resumen de componentes a construirse

Este proyecto de nivel de complejidad bajo contempla una bocatoma o captación de fondo en una quebrada de pronunciadas pendientes, tubería de aducción y conducción que transporta un caudal de 1,10 LPS, un desarenador de tipo convencional, un tanque de almacenamiento, 2 válvulas de purga y 6 ventosas

con su respectiva cajilla de seguridad, 6 cámaras de quiebre de presión y 4 ramales de distribución, para una longitud total de tubería de 5490 metros.

1.1.1.5 Condiciones existentes

1.1.1.5.1 Vías de acceso

El municipio de El Rosario ubicado al norte del departamento de Nariño cerca a los límites con el departamento del Cauca, junto con los municipios de Leiba, Cumbitara y Policarpa se encuentran en la zona denominada de cordillera (ramal occidental de la cordillera de los andes) por su característica topografía escarpada y montañosa; el acceso al municipio del Rosario se hace en la vía Panamericana, en el paradero el Remolino y de ahí se toma una vía despavimentada en deficientes condiciones durante una hora hasta la cabecera municipal y de ahí hacia el corregimiento de Esmeraldas se tarda en condiciones normales una hora más de viaje por una carretera en condiciones de peligrosidad en cuanto a la seguridad respecto a lo angosto de la vía y los abismos en los que se encuentra. Del municipio de Esmeraldas a los sitios del proyecto del acueducto de Loma Pamba existen caminos de a pie con posibles accesos de bestias para el acarreo de materiales hasta ciertos puntos cercanos.

1.1.1.5.2 Infraestructura existente

Como se mencionó anteriormente la vereda de Loma Pamba en su mayor parte se servía de sistemas de captación artesanales de aguas de la parte alta de las montañas construidos por pobladores, al igual que de un sistema deficiente de acueducto para la parte de mayor densidad poblacional de la vereda, que corresponde a los alrededores al polideportivo y la escuela.

1.1.1.5.3 Condiciones económicas, culturales, sociales y tecnológicas

En general los habitantes de la zona presentan bajos niveles educativos, y estos se dedican principalmente a las actividades propias del campo y tienen niveles de escolaridad que no sobrepasan la básica primaria en la mayoría de los casos; cabe resaltar que las actividades económicas de la región en su mayoría son la agricultura y ganadería a pequeña escala. Igualmente se pensó tecnológicamente construir sistemas convencionales de fácil operación y mantenimiento para la población. Además de estas consideraciones vale la pena mencionarse que la zona era considerada anteriormente de vulnerabilidad social por la presencia de grupos armados mayormente la guerrilla de las FARC, que dominaban este territorio y controlaban las rutas de tráfico de estupefacientes provenientes del interior de estas montañas.

En cuanto a los costos de la zona, se realizaron cotizaciones los mismos días en que se llevó a cabo el replanteo con el equipo de topografía, estos eran entregados para la realización de un presupuesto de obra que incluyera los costos reales de hospedaje, alimentación, transporte, mano de obra del sitio y acarreo de materiales en bestias, estos pueden ser vistos en el Anexo 2. “Cotizaciones de costos propios de la zona”

1.1.1.6 Estudios topográficos

Se realizó un levantamiento topográfico y replanteo completo con estación total en la montaña en donde se ubica el proyecto, desde el punto de captación, la conducción, tanque de almacenamiento y la red de distribución que en este caso es de tipo ramificada (4 ramales bastante distantes entre sí). Producto de estos levantamientos se obtuvieron puntos (estacas) en el terreno y planos en planta con curvas de nivel y ubicaciones exactas de la línea de conducción, viviendas y los puntos de ubicación de las estructuras. Así mismo se obtuvieron planos en perfil con las respectivas cotas para realizar los cálculos hidráulicos pertinentes.

1.1.1.7 Estudio poblacional

Se realizó para este proyecto un censo en la vereda Loma Pamba que indico que para diciembre del 2016 se contaba con 52 viviendas en la zona Rural, 358 habitantes y según el plan de desarrollo municipal la tasa de crecimiento poblacional (r) es del 1,53%. Para los métodos de proyección de población futura se obtuvo una población de 523 habitantes para finales del periodo de diseño (25 años) en el año 2042. Por lo anterior se encuentra que el proyecto presenta un nivel de complejidad bajo, según la tabla A.3.1 del RAS para poblaciones menores a 2500 habitantes¹.

Tabla 1. Nivel de complejidad según número de habitantes¹.

TABLA A.3.1
Asignación del nivel de complejidad

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

Fuente: RAS- 2000, Título A.

¹ MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, REGLAMENTO TECNICODEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS- 2000, TITULO A,

1.1.1.8 Tipo de terreno

Se identificó que en la mayor parte de la zona montañosa en que se ubicó el proyecto se encontró un suelo de tipo rocoso, siempre acompañado de espesa vegetación siendo este sin embargo una roca de tipo laja, inconsistente y fácilmente fracturable por lo cual en ciertos tramos además de ser difícil el zanqueo, no era posible fijar anclajes sobre este tipo de superficie. El terreno se caracterizó siempre por sus duras pendientes que hicieron bastante dificultoso el trabajo, además de la inconsistencia ya mencionada sobre el suelo, tuvo que fijarse la tubería utilizando todos los medios posibles alternativos a la excavación de una zanja, siendo el zanqueo empleada en los terrenos de potreros o donde sea posible hacerlo para proteger la tubería del tránsito humano y de animales.

1.1.1.9 Fuentes de captación, caudal y calidad

Aunque la selección de la fuente ya se había realizado cuando se inició el trabajo de pasantía, se pudo apreciar que las opciones de fuentes de abastecimiento de aguas eran apenas 2 para la vereda, una quebrada llamada “La Mascara” de gran caudal y que inclusive arrastraba avalanchas de material sobre un puente vehicular entre Esmeraldas y Loma Pamba y la quebrada “Loma Pamba” que fue de la que se sirvió el proyecto, la primera de estas fue descartada en primera instancia porque se encontraba demasiado distante en la misma orientación que la fuente seleccionada pero atravesando una gran hondonada en el terreno hacia una montaña diferente a la del proyecto y por lo tanto con un trabajo de conducción mucho más distante, costoso y difícil de realizar.

Figura 2. Quebrada “Loma Pamba”



Fuente: Producto de esta pasantía.

Por otro lado la quebrada “Loma Pamba” presentaba la alternativa óptima en cuanto a conducción puesto que desde su nacimiento en las partes altas de la

montaña presentaba un caudal de 50 LPS en el punto de captación, lo cual es más que suficiente al necesario (2,5 veces el Caudal de Diseño = 2,76LPS) y al ser agua pura de la montaña tenía condiciones de calidad adecuadas además el reconocimiento de la cuenca aguas arriba de la quebrada determino que la montaña en general presentaba únicamente bosques húmedos con vegetación virgen y sin uso del suelo por actividades humanas.

- **Aforo de caudal:**

El cálculo del caudal se hizo mediante un método aproximado, de medición del área de la sección transversal al cuerpo de agua y velocidad de un cuerpo en flotación en el mismo. Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de los aforos de caudal Loma Pamba.

CALCULOS DE CAUDAL QUEBRADA LOMA PAMBA SEGÚN AFORO Y MEDICIONES					
MEDIDAS QUEBRADA Sección Trapezoidal					
ANCHHO VARIABLE ((B-b)/2)		0,5	M	A ambos lados	
ANCHO CONSTANTE (b)		0,95	M		
H LAMINA AGUA (h)		0,07	M		
VELOCIDAD (V)		0,5	M/S	OBSERVACIONES: La quebrada supera con bastante el caudal mínimo requerido ("2,76 LPS").	
CALCULO CAUDAL					
AREA					
A.Rectangular= b * h	0,0665	M2			
A.Triangular= (B-b)/2)*h	0,035	M2			
TOTAL	0,1015	M2			
CAUDAL	0,05075	M3/S			
	50,75	LPS			

Fuente: Producto de esta pasantía.

1.1.2 Estudios del proyecto: Optimización acueducto vereda Santa Rosa del municipio de Santacruz

1.1.2.1 Descripción del proyecto

Este proyecto se realizó en el municipio de Santa Cruz de Guachavez y dentro del periodo de la pasantía inicio el día 10 de Mayo de 2017, teniendo por objeto optimizar el funcionamiento del sistema de acueducto de la vereda Santa Rosa el cual presentaba deficiencias en cuanto a su operación y la calidad del agua entregada, por lo cual la alcaldía municipal y específicamente la secretaria de planeación requirieron contratar con el ingeniero constructor este proyecto por un costo total de treinta y tres millones quinientos cuarenta y tres mil quinientos sesenta y nueve pesos m./cte. (\$ 33.543.569,00)

1.1.2.2 Justificación

Este proyecto nace ante la necesidad de solventar los problemas de calidad del servicio de acueducto de la vereda Santa Rosa, el cual presentaba una serie de fallos técnicos en el sistema como son los siguientes: la turbiedad del agua desde la bocatoma era elevada y el desarenador existente no cumplía con la eficiencia de sedimentación exigida previa para el ingreso a la planta de tratamiento compacta con la que cuenta el sistema y por tanto la administración municipal y el ingeniero de planeación determinan la necesidad de construir un nuevo desarenador con las dimensiones apropiadas para reforzar la tarea de la unidad existente y así cumplir con este parámetro necesario para la entrada y correcto funcionamiento de la planta de tratamiento, el diseño de esta estructura es entregado al ingeniero constructor con las respectivas especificaciones y detalles.

Una segunda deficiencia del sistema de acueducto era la carencia de cámaras de quiebre de presiones cuya necesidad se hacía evidente pues los habitantes usuarios del sistema reportaban deficiencia en las griferías por exceso de presión, tras evaluar el diseño hidráulico del sistema de acueducto y las presiones máximas permisibles según la norma (588,6 KPa – 60 m.c.a para redes menores de distribución en todos los niveles de complejidad del sistema)² los ingenieros diseñadores determinan la construcción de una cámara de quiebre de presiones en un determinado punto de la tubería principal de la red de distribución y entregan el respectivo diseño detallado al ingeniero constructor.

En cuanto a la tubería de conducción se realizó otra labor como lo es la rectificación del trazado de la conducción en un tramo que atravesaba una tubería de alcantarilla de la vía la cual canalizaba un cauce de aguas que en tiempo de lluvias aumentaba su nivel y generaba la desconexión de la tubería del acueducto, por lo tanto se determina variar el cruce de la vía enterrando la tubería en una ubicación anterior y construyendo una viga aérea a un lado de la vía a manera de viaducto para salvar la oquedad del cuerpo de agua mencionado.

Así mismo las obras solicitadas por los contratantes incluían la instalación de dos válvulas ventosas con sus respectivas cajillas de seguridad en la conducción para reducir el aire atrapado en las tuberías, la reparación en el sistema de lavado del tanque de almacenamiento, el cual presentaba la tubería de desagüe a contra pendiente e impedía las labores de limpieza del mismo, así como la corrección de la ubicación en la tubería de entrada y la conexión con la planta de tratamiento y finalmente la construcción de un viaducto adecuado para atravesar la tubería sobre el río Pacual.

² SALAZAR CANO ROBERTO, ACUEDUCTOS, CAPÍTULO 9,

1.1.2.3 Localización

La vereda de Santa Rosa perteneciente al municipio de Santacruz de Guachavez se ubica justo 10 minutos antes de la cabecera municipal del municipio de Samaniego y el sitio del proyecto se ubica a 20 minutos de la vereda de Santa Rosa en la vía que comunica con la vereda de Changuan.

Figura 3. Vereda Santa Rosa



Fuente: Producto de esta pasantía.

1.1.2.4 Resumen de componentes a construirse

Este proyecto de nivel de complejidad bajo contempla las siguientes actividades:

1. construcción de un desarenador convencional
2. construcción de una cámara de quiebre de presión,
3. reparación del sistema de lavado del tanque de almacenamiento
4. rectificación de un tramo de tubería de conducción deficiente.
5. la instalación de dos (2) válvulas ventosas y construcción de sus cajillas.
6. la construcción de un viaducto para el tramo de tubería que atraviesa el río "Pacual".

1.1.2.5 Condiciones existentes

1.1.2.5.1 Vías de acceso

En general las vías de acceso a la vereda de Santa Rosa se encuentran pavimentadas y sin embargo presentan serios problemas de deslizamientos de

grandes cantidades de material sobre la misma, sobre todo en tiempo de invierno y la vía de acceso que comunica de la vereda Santa Rosa al sitio del proyecto es una vía despavimentada en malas condiciones de mantenimiento y que además presenta una alta pendiente y curvas cerradas y estrechas lo cual dificulta en cierta medida el ingreso de vehículos pesados para transportar el material.

1.1.2.5.2 Infraestructura existente

El sistema de acueducto con el que contaba la población de la vereda de Santa Rosa cuenta con una bocatoma de fondo, un desarenador convencional y un tanque de almacenamiento semienterrado y presentaba deficiencias en su funcionamiento en diferentes aspectos como lo son: la calidad del agua entregada en materia de tratabilidad y potabilización de la misma, pues es evidente la condición de turbiedad y coloración del agua entregada a los usuarios, esto en vista de que el desarenador con que cuenta el sistema no satisface las condiciones suficientes de sedimentación y por lo tanto tampoco pudo ser puesta en funcionamiento la planta de potabilización compacta con que cuenta la vereda.

El lavado del tanque de almacenamiento, específicamente en la tubería de lavado, fue construido de manera incorrecta pues la altura y la pendiente de las mismas impide el drenaje de los lodos acumulados en el fondo. Así mismo existen tramos de tubería en la conducción con rectificaciones necesarias, como lo son el paso de la tubería por una de las alcantarillas de la vía Santa Rosa-Changuan que es paralela a la tubería principal de la red de distribución y en tiempos de lluvias y saturación de la misma producía desconexiones.

Además, se presentan en el sistema la ausencia de cámaras de quiebre de presión y válvulas ventosas, ambas necesarias para el correcto funcionamiento hidráulico de la conducción y red de distribución, y por último se requería la construcción de un viaducto en óptimas condiciones y separado del puente colgante peatonal para cruzar sobre el río Pacual.

1.1.2.5.3 Condiciones económicas, culturales, sociales y tecnológicas

En general los habitantes de la zona específicamente la población adulta, presentan bajos niveles educativos pues su actividad principal ha sido la dedicación al campo, como la agricultura y especialmente la siembra de café y ganadería en pequeñas escalas. Algo que se pudo identificar fácilmente fue la ausencia de capacitación al fontanero encargado en cuanto al mantenimiento de la planta compacta de potabilización instalada la cual también por esta razón no había podido ser puesta en funcionamiento.

1.1.2.6 Tipo de terreno

Se identificó que la mayor parte de la zona montañosa en que se ubicó el proyecto se encontró un suelo favorable para la construcción, pues era de tipo arcilloso con buenas condiciones de compactación y presencia de lechos rocosos firmes para las cimentaciones.

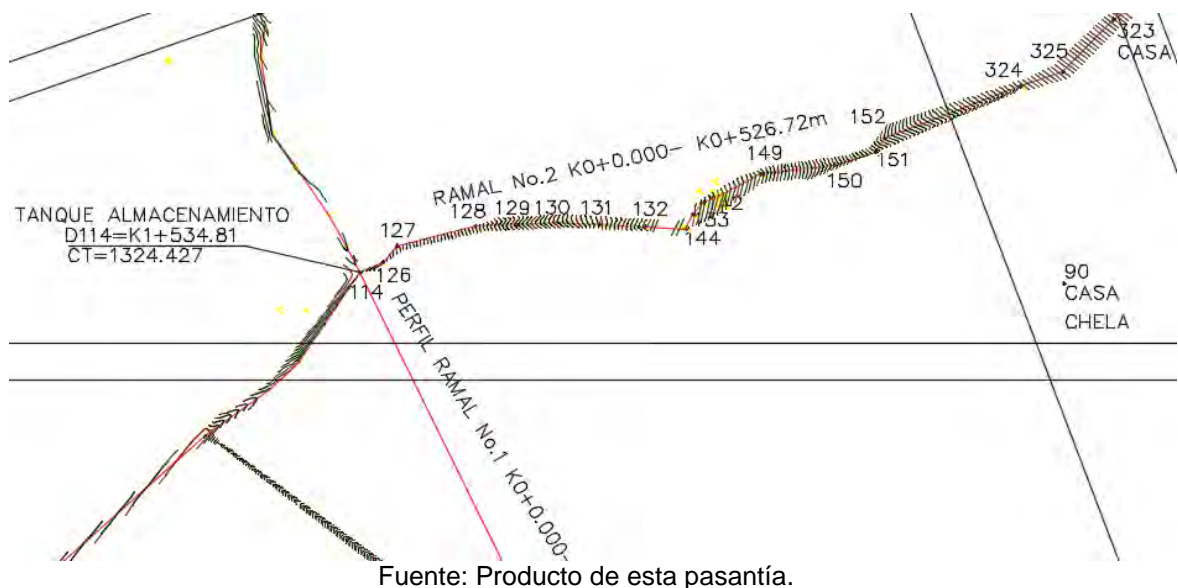
1.1.3 Documentos técnicos

A continuación, se realiza una descripción de la función realizada por el pasante tanto en el proyecto de construcción del acueducto veredal de Loma Pamba en el municipio de El Rosario, así como en el proyecto de construcción para la optimización del acueducto veredal de Santa Rosa en el municipio de Guachavez en cuanto a la recopilación y estudio de los documentos técnicos pertinentes.

1.1.3.1 Planos de localización

Como resultado de los levantamientos topográficos se obtuvieron los debidos planos de localización en planta con curvas de nivel en los que se marcaban los puntos de ubicación importantes como Bocatoma, línea de aducción, desarenador, eje de conducción, purgas, ventosas, tanque de almacenamiento, salida de ramales, cámaras de quiebre, viviendas y cualquier otro punto de importancia para el proyecto.

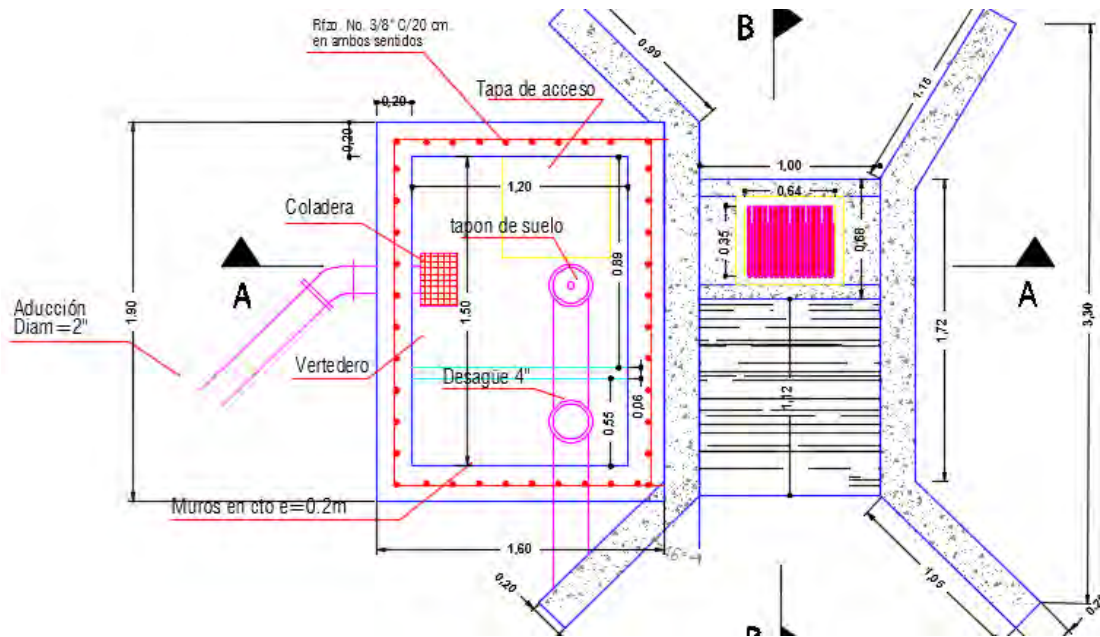
Figura 4. Fragmento de planos topográficos vereda Loma Pamba



1.1.3.2 Planos de especificaciones de construcción hidráulicos y estructurales

Aunque cuando se inició el trabajo de pasantía en los proyectos de construcción los diseños ya se encontraban elaborados fue de suma importancia el estudio de estos archivos para el acompañamiento constructivo y demás control de especificaciones que se llevó a cabo.

Figura 5. Fragmento de planos bocatoma Loma Pamba



Fuente: Producto de esta pasantía.

1.2 INSPECCIÓN DE CONTROL DE TODAS LAS ACTIVIDADES DE OBRA.

A continuación, se describirán de manera consecutiva según los cronogramas de proyecto las inspecciones de control realizadas a todas las actividades de obra en el acompañamiento constructivo realizado por el pasante.

1.2.1 Actividades particulares del proyecto Loma Pamba

Se describen las inspecciones de control realizadas a las actividades particulares del proyecto de Loma Pamba, que incluyen ítems propios del proyecto por tratarse de la construcción del sistema completo de acueducto.

1.2.1.1 Apertura de caminos para la construcción y excavación de zanjas.

Incluyen la supervisión en la apertura de trochas entre la espesa vegetación que sirvan como caminos de a pie para llegar desde la vía hasta los diferentes sitios de trabajo y además que estos caminos sean aptos para el tránsito de animales de carga para el transporte de materiales; además tuvo que trazarse un camino que recorriera la línea principal de la tubería desde la bocatoma hasta el sector del tanque de almacenamiento, es decir la conducción y posteriormente a lo largo del ramal principal e igualmente para cada uno de los cuatro ramales, así mismo se superviso la actividad de excavación de las zanjas para la tubería.

Figura 6. Trabajo comunitario para la excavación de zanjas.



Fuente: Producto de esta pasantía.

Para el trabajo manual se contó con el apoyo de la comunidad con un promedio de 12 personas diarias según la distribución realizada en base al compromiso hecho inicialmente para estos trabajos en comunidad y en ellos se superviso principalmente los siguientes parámetros a cumplirse:

- Verificar la profundidad mínima de excavación de 60cm en zonas de roca y a 1m en zonas de potreros, con anchos promedio de 20cm.

Figura 7. Verificación de profundidades mínimas



Fuente: Producto de esta pasantía.

- Lograr el trazado y excavación de la zanja para la tubería más óptima y simple (evitando las curvas exageradas lo máximo posible) que fuera permitido por el terreno y se ajustara al trazado topográfico planteado inicialmente
- Identificar lugares donde forzosamente se tuviese que tomar alternativas diferentes a enterrar la tubería, como viaductos y anclajes.
- Identificar y registrar fotográficamente los lugares de construcción de las unidades estructurales, así como la disponibilidad de espacio y estabilidad en el terreno.

Válvulas ventosas y purgas: A lo largo de la conducción se encuentran ubicadas las válvulas ventosas en los puntos de mayor altura de las curvas verticales convexas y las válvulas de purga en los puntos más bajos de las curvas verticales cóncavas del trazado según lo previsto en el diseño por lo cual se solicitó al ingeniero constructor un diseño de cajilla de seguridad más simples y trabajables como en PVC o metálicas, pues en estas zonas no hay riesgo de tránsito de animales ni personas y no existe el espacio para construir cajillas en concreto. Fue así como se aprobó y encargaron a un taller de carpintería metálica la construcción de unas cajillas cubicas desarmables en lámina galvanizada calibre 18 de 60x60 cm, las cuales se instalarían incrustadas en una base de concreto simple de 10 cm de espesor, las caras serian armadas mediante pasadores de acero de 1/4" y contarían con una tapa de inspección asegurada con candado; Además las cajillas tiene perforaciones para la entrada y salida de la tubería de conducción y para un tubo de desagüe de 2".

A continuación, se presenta en la Tabla 3, el resumen de la tubería empleada y las distancias de cada uno de los ramales.

Tabla 3. Resumen tuberías y obras acueducto Loma Pamba.

RESUMEN ACUEDUCTO LOMA PAMBA						
TRAMOS	LONGITUD (m)	TUBERIA (# DE TUBOS)			COMPONENTES A CONSTRUIRSE	VIVIENDAS
		2" RDE 26	1" RDE 21	3/4" RDE 21		
ADUCCION	42	7			BOCATOMA, DESARENADOR	
CONDUCCION	1583	264			2 PURGAS, 6 VENTOSAS, TANQUE	
RED	PRINCIPAL	2112	157	195	3 CAMARAS DE QUIEBRE	24
	RAMAL 1	503		84	2 CAMARAS DE QUIEBRE	8
	RAMAL 2	608		101	1 CAMARA DE QUIEBRE	10
	RAMAL 3	227				4
	RAMAL 4	415				6
SUMA	5490	428	380	107	TOTAL VIVIENDAS=	52
	TOTAL TUBOS	915				
	LONG TOTAL (5490				

Fuente: Producto de esta pasantía.

1.2.1.2 Instalación de la tubería, pegado y/o ensamblado

Cabe anotar que para la conducción desde la bocatoma pasando por el tanque de almacenamiento y hasta la cámara de quiebre número 1 de la red de distribución, se empleó tubería de PVC de presión para agua potable de 2" RDE 26 (presión de trabajo 160 PSI – 1,10 MPa- 11 kg/cm² -112 m.c.a) unión mecánica, cuyo ensamblado utiliza el sistema espigo y campana con hidrosello o empaque de caucho y lubricante. El resto de la tubería ya para la red de distribución conto con tubería PVC de presión para agua potable en los diámetros de 1" y 3 /4 "RDE 21 (presión de trabajo 200 PSI – 1.4 MPa- 14 kg/cm² – 142 m.c.a), cuyo pegado se realizaba con un accesorio de unión, limpiador y soldadura PVC. Una vez terminado este proceso se tapaba la zanja nuevamente con el material desalojado compactando lo máximo posible. En base a lo anterior se verifico la cantidad de tubos utilizados realizando la numeración de los mismos y como se puede observar en la figura 9, el cumplimiento de las certificaciones en calidad según la NTC 382, NTC 2295 y la Resolución 1166 expedida por el ministerio de vivienda y desarrollo territorial.

Figura 8. Identificación de la tubería Unión mecánica.



Fuente: Producto de esta pasantía.

Figura 9. Tubería instalada lista para ser enterrada. (K1+534.81)



Fuente: Producto de esta pasantía.

Se verifico el ensamblaje de la tubería el cual inicialmente presento dificultad generalizada por la estrechez del terreno y altas pendientes que dificultan el trabajo y la falta de un ambiente seco para el trabajo manual, en este proceso se rectifico que la unión alcance la marquilla del espigo con la que cuenta cada tubo para garantizar que se realizó correctamente en la longitud de seguridad para el sellado hermético indicado por el fabricante, e igualmente se verifico que los espigos y campanas se encuentren previamente a la unión limpios y secos, ya sea para la aplicación de soldadura o lubricante.

1.2.1.3 Acarreo de materiales con animales de carga

Según lo acordado se superviso el acarreo del material de construcción desde la vía Esmeraldas- Loma Pamba que empezó a ser subido en animales de carga por la trocha que conduce a la bocatoma, desarenador, tanque de almacenamiento y cámaras de quiebre. Previo a esta actividad y en compañía de los representantes de la comunidad se realizaron labores de ampliación de caminos y rectificación de pendientes de los mismos para que pudieran ser transitables por las bestias hasta los sitios de descarga de material dispuestos lo más cercano a las obras.

Figura 10. Acarreo de material con animales de carga.



Fuente: Producto de esta pasantía.

Además, para la bocatoma y desarenador se requirió como adicional la instalación de una tarabita con cable de acero desde el sitio de descarga hasta el puesto de trabajo, debido a la pronunciada hondonada entre laderas de montaña por donde corría la quebrada Loma Pamba.

1.2.2 Actividades comunes en los proyectos de construcción

1.2.2.1 Localización y replanteo

Consiste en identificar la ubicación y la orientación exacta de las obras a ejecutarse anteriormente trazadas por la comisión de topografía, en el caso de la vereda Loma Pamba esto se realizó de la mano de un topógrafo con la ayuda de una estación total, estacas para puntos de referencia, piola y herramienta menor para despejar los ejes de la abundante vegetación presente en la zona.

Igualmente esta actividad se realizó con la ayuda de la junta de acción comunal de la vereda los cuales tenían conocimientos de los caminos y de las zonas de la montaña a recorrer, de esta manera se trazaron los ejes de localización, dimensiones y orientaciones de las unidades de bocatoma, desarenador, tanque de almacenamiento, cámaras de quiebre de presiones, ventosas, válvulas de purga y además los ejes de las tuberías de abducción, conducción y la red de distribución con las respectivas salida de los ramales secundarios, nodos y salidas de acometidas domiciliarias.

1.2.2.2 Campamentos de obra

Previo al inicio de la construcción de cualquiera de las estructuras hidráulicas en el sitio de obra se instalaba en un lugar seguro, nivelado y adecuado, sobre un suelo de tablones y con plásticos resistentes el campamento de obra, destinado principalmente para almacenar el cemento, la herramienta y cualquier otro material que fuera necesario proteger del intemperismo hasta el momento de su utilización.

1.2.2.3 Descapote, limpieza y nivelaciones en sitios de obra

Se verifico estas actividades constructivas en los sitios de ubicación de las unidades estructurales como Bocatoma, desarenadores, tanques de almacenamiento y cámaras de quiebre correspondientes a retirar la capa vegetal de los sitios de trabajo e instalaciones de obra, así como distribuir y adecuar los espacios físicos para los trabajos, organización de los campamentos, fundición de los solados para mezclas y demás.

1.2.2.4 Excavaciones en material común, roca y material compactado

Este ítem es realizado para toda construcción de una estructura perteneciente al sistema de acueducto, ya que estas estructuras como bocatoma, desarenador, tanque y cámaras de quiebre requieren ser enterrados para alcanzar en sus dispositivos de entrada ubicados superiormente la cota del agua ya sea de la lámina de agua en el embalse de la bocatoma o la cota de la tubería que ya de por si se encuentra enterrada, por lo tanto se realizan estos movimientos de tierra y en ellos el pasante realiza los siguientes controles de inspección de obra:

- Medir profundidades de excavación, ancho y largo de las mismas

permitiendo además de las medidas necesarias según los planos un ancho de 0,8 metros para permitir trabajar por ejemplo instalar tableros y con estas medidas de cantidades realizar la pre-acta respectiva.

- Verificar que los alineamientos de las excavaciones correspondan a los ejes trazados según los alineamientos y dimensiones requeridos.

- Medir las cantidades de excavaciones en material compactado como excavaciones sobre vías y medir las excavaciones en roca realizadas, puesto que al encontrar una gran cantidad de rocas de gran tamaño o lechos rocosos en las excavaciones se hizo necesario el picado de piedra con puntas y macetas grandes, lo cual se anota como adicional en las pre-actas respectivas y son pagadas a los maestros a un valor superior al ítem de excavación en material común, esta medición usualmente se paga por corte a los picapedreros pero en este caso se pagó por metro cubico medido en los apilamientos de cortes realizados.

Figura 11. Cortes de la excavación en roca



Fuente: Producto de esta pasantía.

- Verificar cuales de los cortes de roca realizados podrán ser empleados como rajón para la elaboración de concretos ciclópeos, puesto que las rocas madre cuentan con apreciable dureza comparable con la piedra empleada como triturado, forma angular y siempre que se observe las características exigidas para este tipo de material; se puede tomar como texto de consulta la norma INVIAS-630 en el numeral 2.2.4 estipula: "Agregado ciclópeo: El agregado ciclópeo será roca triturada o canto rodado de buena calidad. El agregado será preferiblemente angular y su forma tenderá a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no será mayor que dos a uno (2:1). El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo dependerá del espesor y

volumen de la estructura de la cual formará parte”³ ; En este caso se utilizaron los cortes con tamaños menores a los 20cm.

1.2.2.5 Retiro del material sobrante de excavaciones

Se gestiona para los materiales sobrantes de excavaciones y cortes de taludes sitios donde sean destinados a relleno con permiso de los propietarios del lote o rellenos requeridos en la obra si estos presentan buenas propiedades de compactación.

1.2.2.6 Solados de limpieza

Se realizan fundiciones de solados de limpieza en concreto pobre $e= 7\text{cm}$ y mezcla 1:3:6 (1700 PSI) con el fin de poder realizar las mezclas y ensayos de concreto sobre una superficie rígida, limpia y nivelada al igual que para estructuras de concreto reforzado como cajillas antes de iniciar con el armado del refuerzo.

1.2.2.7 Elaboración de concretos ciclópeos para cimentaciones.

Se inspecciona la elaboración y las especificaciones de bases y losa de cimentación en concreto ciclópeo 40% rajón con un espesor o altura de 30 cm y dejando roca saliente o la superficie superior con textura roñosa para adherir las losas de fondo; estas cimentaciones o capas de mejoramiento del suelo se realizaban usualmente como capas de soporte de estructuras contenedoras de agua y demás cargas de servicio, tales como la caja de derivación de la bocatoma, las cámaras de excesos en desarenadores, tanques desarenadores y tanque de almacenamiento, al igual que en el enrocamiento o anclaje de la presa en la bocatoma, verificando siempre cimentar sobre un suelo firme o estrato de buena dureza como estratos rocosos;

1.2.2.8 Enderezado, corte y figuración del acero de refuerzo:

Para esta actividad inicialmente el pasante debió estudiar los planos estructurales de las unidades y específicamente los detalles del refuerzo o despieces, en los cuales se tiene la cantidad de elementos de acero de refuerzo a figurar y los cortes a realizar con detalles de sus diámetros de varillas, longitudes totales, dobleces, longitudes de gancho, longitudes de anclaje y forma de la figuración por ejemplo para los castillos de las columnas, flejes, vigas, herraduras, parrillas para losas de piso, muros, losas de cubiertas y demás. En base a esto se procura reducir al máximo el porcentaje de desperdicios en la utilización de las varillas de acero corrugado con diámetros iguales o superiores

³ INVIAS, ART. -630. CONCRETO ESTRUCTURAL, 630.2.2.4 Agregado ciclópeo

a 1/2", cuyas varillas tenían un largo de 6 metros y esfuerzo de fluencia (fy) de 60.000 PSI.

Una vez determinadas la cantidad y las longitudes de corte, los detalles de la figuración y la destinación del elemento, se elaboraron unas tablas donde se plasmaba esta información y así tener un control sobre la actividad y el material. Posterior a esto se superviso el proceso como se describe a continuación:

- **Enderezado:** Fue necesario para el acero de diámetro 3/8" el cual fue adquirido en chipas o rollos mediante la herramienta enderezadora y se realizaron además los siguientes chequeos:
 - 1 Lograr la máxima rectitud posible del acero
 - 2 Utilizar únicamente la herramienta enderezadora y no la maceta ni otros elementos para golpear el material.
 - 3 Organizar finalmente el acero despiezado según tipo de elemento estructural en el que se va a emplear, diámetro y figuras para evitar confusiones posteriores.
- **Corte:** Se realizó mediante la cizalla manual para aceros de 3/8" y seguetas para diámetros superiores, midiendo previamente las longitudes de corte con el flexómetro y apoyándose en el banco de trabajo.
- **Figuración:** Para realizar los dobleces necesarios se empleó la flejadora, anclada al banco de trabajo y finalmente se hicieron los siguientes chequeos:
 - Descartar piezas cuyos dobleces presenten fisuras
 - Verificar dimensiones de las piezas.

1.2.2.9 Elaboración de armaduras de refuerzo

Para esta actividad se debió verificar las separaciones especificadas en los planos estructurales de las unidades a construir, las longitudes de ganchos y las longitudes de empalme o anclaje, así como la estabilidad de las armaduras por medio del amarrado con alambre dulce calibre 18 y alternando igualmente la posición de los ganchos y traslajos en el acero transversal como flejes y herraduras a lo largo del acero longitudinal tal como lo especifiquen los planos.

1.2.2.10 Elaboración e instalación de formaletas

Se hace la fabricación e instalación de la formaleta, utilizando tableros de tablas y listones de buena calidad, tornapuntas para apuntalar y amordazando con alambre galvanizado. En esta actividad se realizaban los siguientes chequeos:

- Aplome o verticalidad de los tableros empleando la plomada y fijación con tornapuntas.

- Escuadrías o ángulo requerido.
- Se chequean dimensiones como que la abertura de vaciado entre tableros corresponda al espesor del muro, igualmente se chequean longitudes y que los niveles de fundición señalados en la formaleta correspondan a la altura de las coronas de los muros.
- Separación entre el acero de refuerzo y las caras internas de las formaletas, para garantizar el recubrimiento libre y prevenir la corrosión del acero por el contacto con el agua.
- Se cheque la calidad de la madera empleada, en función de ser durable, y presentar buenas propiedades de resistencia, elasticidad, de ser liviana, libre de hongos, manejable, no presentar deflexiones, torceduras ni rajaduras, de ser seca al aire pero bajo cubierta protegidas del sol y las lluvias, igualmente se verifica que las piezas tengan las dimensiones adecuadas de ancho, largo y espesores, que sus filos sean canteados y preferiblemente una de las caras cepillada para ser empleada como cara interior en los tableros.
- Se chequea la condición estanca de la formaleta para evitar el derrame de concreto que va a contener para lo cual se taponan con bolsa de cemento en rendijas con aberturas entre tablas o tableros y orificios indebidos, por los cuales puede brotar la mezcla.
- Se verifica la planeidad, lisura y limpieza de partículas adheridas de las caras internas de los tableros o la presencia de residuos de concreto provenientes de anteriores usos de la formaleta.
- Se pinta las caras internas de la formaleta con algún desmoldante, tradicionalmente se emplea aceite quemado para vehículos.
- Se cheque además la firmeza y resistencia de la formaleta a la carga de operación y trabajo a la que será sometida (peso de la mezcla, mano de obra, herramienta, etc.), esto se logra con la configuración y separación adecuada de puntales, tornapuntas, mordazas, barrotes o costillas, amarres con alambre galvanizado, travesaños o carreras, y demás refuerzos que se requieran.
- La formaleta es un tipo de estructura temporal que debe poder ser removida con relativa facilidad una vez cumplida su función y puede ser reutilizada.
- Se inspecciona que los tableros y las piezas sueltas de madera que no estén en utilización en lo posible deben ser apilados de forma ordenada y protegidos con plásticos o guardados en el interior del campamento de obra.

1.2.2.11 Instalaciones hidráulicas.

Se debió siempre previo a una fundición verificar según los planos las instalaciones hidráulicas respectivas que atraviesan la formaleta, como tubos de salida en 2", desagüe en 4", orificio de entrada y demás. Por ejemplo, se verifico la realización de perforaciones hechas con villamarquin en la formaleta para la instalación de peldaños en varilla de 5/8" cada 30cm de altura que permitieran el acceso a las unidades para labores de mantenimiento.

Figura 12. Instalaciones caja de derivación



Fuente: Producto de esta pasantía.

Igualmente se verifico contar con varillas salientes de la formaleta ("pelos") cuando fuese necesario para anclar la estructura con otra fundición posterior, estas longitudes de anclaje consistían en salientes de varillas rectas de 30 o 40 cm de longitud traslapadas y amarradas con el acero en el interior de los muros y que dejan un lado libre al exterior de la fundición para posteriormente amarrar el acero de estructuras adheridas como la cámaras de excesos, vertederos, canaletas de entrada, pantalla deflectoras de flujo y canaletas de salida.

1.2.2.12 Elaboración, transporte y vaciado de mezclas de concreto

La elaboración de las mezclas de concreto para los proyectos tuvo que ser exigentemente de forma manual, en vista de la dificultad de acarrear una mezcladora hasta los sitios de fundición, contando con el hecho de que estos se encontraban a mínimo una hora de camino a pie, por senderos estrechos con abundantes árboles y altas pendientes, por lo cual otros materiales como bultos de cemento y cargas de agregados fueron acarreados por bestias hasta puntos de descarga y posteriormente enviados por una tarabita con cable de acero hasta los sitios de obra para salvar hondonadas donde no existía la posibilidad

de cruzar con los animales de carga; por esta razón se hace imprescindible realizar los siguientes chequeos en esta actividad:

- Cabe mencionar la inspección previa realizada antes de cualquier mezcla al estado de los materiales a emplear, por ejemplo que el cemento se encuentre en buenas condiciones y no haya fraguado parcialmente como fruto de un mal almacenamiento en condiciones de humedad, que los elementos a utilizar para la elaboración, transporte y vaciado como palas, espátulas, llanas, codales, baldes y buggies se encuentren previamente lavados, así como contar con agua limpia e igualmente que los agregados no se encuentren superficialmente saturados de agua, que su almacenamiento se haya realizado bajo cubiertas plásticas, que no hayan sido contaminados por materiales del medio o del suelo y que además de provenir de canteras de materiales certificadas, cumplan con la granulometría y propiedades requeridas, esto es verificar sus tamaños máximos, la dureza y geometría de las partículas la cual debe ser preferentemente angular y sin caras aplanadas o alargadas, la ausencia de concentraciones de finos como limos y arcillas, terrones e impurezas.

- Se establecen las unidades o recipientes de medida de volumen de los materiales: cemento, agregado fino y agregado grueso en base a la fórmula de trabajo diseñada para la mezcla de concreto; por ejemplo para una bachada de concreto en la proporción 1:2:3, en la que se mezcló un bulto de cemento de 50 kg, se sabe que el volumen del mismo se puede obtener dividiendo entre el peso específico del cemento (1200 kg/m^3) y obtenemos 0.042 metros cúbicos lo cual lleno al ras tres baldes y medio (3,5) de construcción de 12litros (0,012 m³) por lo tanto se medirá en estos mismos baldes la dosificación de arena como el doble de cemento, es decir 7 baldes llenos al ras de arena y el triple de grava, es decir 10 y medio baldes llenos al ras de grava.

Figura 13. Fundición del tanque de almacenamiento



Fuente: Producto de esta pasantía.

- En caso de contemplarse aditivos a la mezcla como impermeabilizantes integrales del concreto se debe hacer la dosificación en polvo o líquido según el diseño de la mezcla y las especificaciones del fabricante, calculando el correspondiente volumen a adicionar a cada bachada.
- Se verifica que la mezcla se haga sobre una superficie rígida nivelada y previamente limpia mediante un solado de concreto pobre ($e = 7\text{cm}$ y mezcla 1:3:6 de 1700 PSI);
- Se chequea la elaboración de la mezcla de la siguiente manera: primeramente se vacía y extiende el cemento y se mezcla con el agregado fino en las proporciones adecuadas hasta lograr que el conjunto quede de un color gris uniforme, posteriormente se adiciona la grava en la proporción adecuada y al mismo tiempo y en pequeñas dosis el agua medidas en un recipiente de volumen conocido hasta lograr una consistencia plástica semi-fluida, de la primera bachada elaborada se obtiene una muestra para realizar el ensayo de asentamiento (Slump) en base la norma ASTM C143⁴, el cual se describe en el presente trabajo en el numeral 1.8.2 “Control de cantidad y calidad de mezclas de concreto”. Una vez hechos los ajustes necesarios en la cantidad de agua a agregar que permita la consistencia optima medida en el ensayo de asentamiento se prosigue a estandarizar esta proporción en las unidades de medida de volumen disponibles, como lo son los baldes de construcción y así se prosigue en la elaboración de mezclas tomando de bachadas escogidas al azar muestras representativas para la elaboración de los cilindros de concreto y simultáneamente el ensayo de asentamiento para anotar y/o rectificar este parámetro.
- Para la elaboración de las probetas cilíndricas de concreto se sigue la descripción realizada en el presente trabajo en el numeral 1.9 “Toma de cilindros de concreto”.
- Se verifica que antes del vaciado del concreto la superficie de base se encuentre humedecida y previamente limpia de impurezas como residuos de construcción o material orgánico, debe recordarse que de tratarse del vaciado de un concreto estructural como concreto con acero de refuerzo la superficie de base debe tener un solado de limpieza o una cimentación con una superficie rugosa para adherirse con la nueva capa a fundir.
- Se supervisa la elaboración, transporte, vaciado y vibrado de la mezcla de concreto de forma continua, mediante baldes o buggies, buscando hacerlo a una altura menor de 2 metros (máximo 2,5m) para evitar la disgregación de la

⁴ AMERICAN INTERNATIONAL SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM C143, ASENTAMIENTO EN EL HORMIGÓN FRESCO.

mezcla, haciéndolo de forma pareja a lo largo del volumen a llenar; simultáneamente se compacta o “chuza” mediante una varilla o barra larga como sustitución del vibrador de aguja, hasta que la superficie de la mezcla vaciada se torne alisada y llene todos los espacios y esquinas; igualmente se golpea suavemente con un martillo de caucho o “chipote” los listones o travesaños de la formaleta para garantizar que la mezcla no esconda vacíos de aire y así evitar la presencia de hormigueros.

- Se verifica que una vez alcanzada la corona o nivel de fundición se haga un acabado superficial que puede ser un alisado mediante llana metálica o codal como por ejemplo en los muros de contención de la bocatoma o rugosa mediante piedras o gravas en la corona del muro que junto con el acero longitudinal embebido en la mezcla mejora la adherencia con los elementos superiores como las losas de cubierta que se fundirán posteriormente y además se amarrara con los hierros sobresalientes.

En el caso particular del tanque de almacenamiento para la vereda Loma Pamba el cual se fundió en 2 etapas, se contó con una junta de construcción planificada en vista de la ausencia de trabajadores adicionales necesarios para fundir la unidad en una sola jornada, así pues inicialmente se fundió la base del tanque y una pequeña altura de los muros (25 cm) o diente; Al alcanzar este nivel de fundición se procedió a la instalación en medio de las dos parrillas de acero de la cinta de junta PVC como sello efectivo contra filtraciones, la cual quedo en la mitad de su altura embebida en el concreto y el resto libre, rodeando perimetralmente los cuatro muros del tanque; se verifico que la cinta quede centrada y vertical utilizando para esto alambro y que el traslape se hiciera derritiendo los extremos por medio de una espátula caliente.

- Se chequea igualmente que al finalizar la fundición se proteja esta de la acción de las lluvias, cubriéndola con un plástico, en caso de presentarse estas o de la terminación de la jornada laboral.

1.2.2.13 Desencofrado

Se verifica que el desformaletado se realice cuidadosamente para evitar el desportillamiento de la estructura en un promedio de 24 horas para estructuras verticales como en muros estructurales, columnas y tableros laterales de vigas o losas para iniciar el proceso de curado, y en elementos de formaleta de soporte de estructuras horizontales como puntales de vigas, canaletas suspendidas entre apoyos y losas de cubierta se hacían mínimo a una edad del concreto de 21 días (3 semanas) a partir de la fecha de fundición, todo esto lo manejaba el pasante en un registro del cronograma de obra.

Se solicita que al desformaletear los tableros y piezas de madera sean limpiadas de los residuos de concreto para poder ser reutilizados y además se verifica el correcto almacenado y organización de tableros y piezas de madera apilándolos en bloque bajo cubiertas plásticas o en el interior del campamento con el fin de evitar su exposición a factores como la humedad, lluvias y sol, los cuales al ser maderas sin tratamiento pueden producir hinchazón, deflexiones y torceduras en las piezas lo cual impediría su reutilización.

1.2.2.14 Curado del concreto

El curado de las estructuras empieza al día siguiente de la fundición y durante 7 días continuos estrictamente protegiendo el concreto de temperaturas y cambios bruscos de calor, acciones extremas del clima, contacto con sustancias abrasivas o corrosivas, sobrecargas o daños superficiales. Para mantener el agua de curado o hidratación posterior al fraguado inicial de la mezcla se agrega agua mañana y tarde para mantener empapadas las superficies durante 7 días seguidos, a pesar de que el clima predominante fue lluvioso y el ambiente permanecía constantemente húmedo, se debían bañar constantemente las estructuras a fraguar, algunas como columnas y muros eran además recubiertas por sacas.

1.2.2.15 Repellos

Se supervisa la elaboración de los repellos previo humedecimiento de las superficies y posteriores al curado, en los espesores requeridos (2,5 cm en promedio), los cuales se hacían generalmente en mezcla de mortero 1:3 (1 parte de cemento por tres de arena cernida) para emparejar las superficies y dar un recubrimiento extra al concreto; si se contempla debe agregarse a la mezcla de mortero los aditivos necesarios, como el impermeabilizante en el agua de dilución según la concentración recomendada por el fabricante al igual que el procedimiento de aplicación que usualmente se realiza en 3 capas previo humedecimiento de la superficie (lechada líquida, mortero 1:1 y mortero 1:3).

1.2.2.16 Esmaltados

Se verifica la aplicación de los acabados superficiales los cuales consisten en un repello esmaltado con un espesor de 2mm de las superficies de las estructuras hidráulicas en mezcla de pasta de cemento con arena lavada y pasada por una zaranda de alta finura, en las proporciones de mezcla (cemento : arena) 1:1, aplicado sobre el pañete previamente humedecido; El esmaltado se realiza para evitar infiltraciones de agua y mantener la impermeabilidad de las paredes y el fondo de todas las estructuras hidráulicas construidas.

1.2.2.17 Control de la puesta en funcionamiento de estructuras.

La puesta en funcionamiento de las estructuras hidráulicas construidas, es decir someterlas al 100% de las cargas de servicio, se procura hacer a las 4 semanas (28 días) de edad del concreto y se supervisa los siguientes parámetros:

- Primero hacer una limpieza interior de los residuos de construcción o sedimentos que se pueden haber acumulado, previniendo la obstrucción de tuberías, y la formación de vórtices o flujos bruscos de agua por la primera operación de la unidad.
- Que las estructuras no presenten filtración o grietas, hundimientos, o pandeos y cumplan con los requerimientos de volumen acumulado, tiempo de retención, rebose, limpieza, caudal, funcionamiento de válvulas y en general todo lo concerniente a su operación, una vez verificado esto se procede al semienterrado de las estructuras hasta el nivel del terreno especificado mediante la compactación de material de excavación o de préstamo en óptimas condiciones.

1.2.2.18 Entrega a la comunidad y asesorías técnicas

La última actividad realizada en los proyectos de construcción fue la entrega de los trabajos a las juntas de acción comunal como representantes de la comunidad y supervisores técnicos de la administración municipal del sistema completo, y pasando por cada una de las estructuras y conducciones, en donde ellos verificaron el correcto funcionamiento del sistema para finalmente solicitar la firma de todos los usuarios de un acta de recibo, e igualmente se debió siempre entregar el plan periódico de mantenimiento necesario por cada unidad construida con las instrucciones necesarias para su correcta operación y mantenimiento, la cual debe ser ejecutada por parte de un fontanero designado por la comunidad con las capacidades idóneas para esta labor. Como documentos formales de la entrega de las obras se conservan por ejemplo el acta de recibo final de obra por parte de la comunidad ANEXO 4 y el acta final de obra ANEXO 5.

1.3 CONTROL DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Una de las funciones realizadas como pasante fue velar por el cumplimiento de las especificaciones de diseño en los procesos de construcción, los cuales se encontraban plasmados en los documentos técnicos y planos de los proyectos; las especificaciones supervisadas fueron las siguientes:

- Cantidad, cotas, abscisas, RDE, presión de trabajo y diámetros de las tuberías y sus accesorios.
- las dimensiones en general de las estructuras:

- Espesores de muros
- Secciones y longitudes de elementos estructurales (b, l, h)
- Distancias libres interiores de las estructuras
- Alineamientos y ubicaciones de las estructuras:
 - Escuadrías
 - Aplomes
 - Cotas de tuberías y estructuras.
 - Niveles
 - Pendientes de fondo.
- Instalaciones:
 - Especificaciones de accesorios hidráulicos y tuberías adheridas (rejillas, tuberías o perforaciones de entrada, salidas, desagües, reboses, vertederos, canaletas, pantallas deflectoras, sistema de bypass, uniones, codos, válvulas y demás)
 - Especificaciones de los accesorios para operación y mantenimiento (Tapas de acceso en lámina metálica, escalones, volantes y demás)
- Tipo y especificaciones de los materiales de las estructuras:
 - Tipo de concreto, resistencia a lograr [f'c], proporciones de mezcla, consistencia, tamaño máximo y humedad de los agregados.
 - Tipo de acero de refuerzo, esfuerzo de fluencia (fy) y diámetros.
 - Dimensiones de las armaduras de refuerzo, despieces del acero, cantidad de varillas, longitudes, ganchos, longitudes de gancho, separación entre varillas, separación entre parrillas y demás.

A continuación, se describen las principales especificaciones controladas en las estructuras:

1.3.1 Estructuras acueducto Loma Pamba

1.3.1.1 Especificaciones de la bocatoma de fondo

Se realiza la supervisión de la construcción de la bocatoma de fondo, construida para el sistema de acueducto completo de la vereda Loma Pamba la cual en términos generales contaba con una presa y enrocamiento de anclaje en concreto ciclópeo y una caja de derivación en concreto reforzado, siendo este tipo de bocatoma una de las más adecuadas para quebradas de alta pendiente o zonas montañosas⁵, además se contaba con un terreno rocoso en el lecho del río, el cual proporcionaba una buena cimentación.

⁵ SALAZAR CANO ROBERTO, ACUEDUCTOS, CAPITULO 5 – CAPTACIONES

Figura 14. Encofrado de la bocatoma, presa y aletas



Fuente: Producto de esta pasantía.

Por otra parte, la presa y los muros laterales de contención o aletas de anclaje sirven para dar estabilidad a la unidad y encauzar el agua sobre la rejilla según las variaciones del caudal y la reducción o incremento de la lámina de agua de la quebrada en las diferentes épocas del año, así como el diseño del embalse y el pozo de aquietamiento permiten reducir las velocidades de choque con la estructura y por lo tanto la erosión que se pueda producir.

Figura 15. Bocatoma desencofrada -vista posterior



Fuente: Producto de esta pasantía.

A continuación, se describen detalladamente las especificaciones de diseño controladas por el pasante en el proceso constructivo de la bocatoma de fondo:

- Fundición de la losa de cimentación o enrocamiento en concreto ciclópeo: Cumple la función de diente de anclaje y se hace con una profundidad de 30cm; se fundió en concreto ciclópeo 40% rajón TMA= 20cm, 60% concreto simple de 3000 PSI en la proporción 1:2:3 y TMA= 11/2”.
- Se controla las especificaciones en la fundición del cuerpo o dique de la presa: Antes de la fundición se controla la separación de tableros, como en las aletas de anclaje correspondiente al espesor muro de 20cm, las cuales se fundirán en concreto de 3000PSI con TMA=1 1/2”; La presa tiene un ancho de 1 metro y un largo de 80cm, las aletas de anclaje son muros con largos variables según la adaptación al terreno de hasta más de 2 metros de longitud y 1,24 metros de altura.
- Se miden las dimensiones de la rejilla de fondo (60x40) cm, su inclinación es a una pendiente del -20% (en el sentido de flujo) para evitar la obstrucción por material arrastrado por la quebrada, esta debió ser abatible con sistema de bisagras para permitir la limpieza del canal de aducción; fue fabricada en ángulo metálico de 2”X 3/16”, con barras de acero paralelas de diámetro 1/2” separadas cada 3cm centro a centro y conto con un acabado superficial en pintura anticorrosiva. Por otro lado, el canal de aducción es de sección rectangular (35x22) cm, una pendiente longitudinal del 10% y se encarga de conducir el agua captada hasta una cámara de recolección.
- Se verifica la fundición de un solado de limpieza para la caja de derivación en concreto pobre e= 7cm y mezcla 1:3:6 (1700PSI); Una vez fundido el solado se trabaja limpiamente en las instalaciones de los tubos propios de lavado, desagüe y aducción.

Figura 16. Prueba funcionamiento de la bocatoma.



Fuente: Producto de esta pasantía.

- Se realizan controles sobre el armado de refuerzo y formateado de la caja de derivación de la bocatoma en concreto reforzado de 3000 PSI en la proporción 1:2:3 y TMA=1 ½" , la cual cuenta con muros perimetrales de 20 cm de espesor y una altura interior libre de 1,10 m, ancho de 1,20 m y largo de 1,50m, además tiene un vertedero de excesos ubicado a 0,55 cm de la cara interior junto al chorro de aducción, con una altura de 40cm y un ancho de 6cm, para verter el caudal sobrante de la aducción en una cámara de excesos que desagua en tubería de 4". Adicionalmente la cámara está dotada de un tapón de suelo en 4" en la sección de recolección para el lavado de la misma, de esta misma cámara parte el extremo del tubo de aducción en 2" protegido con una coladera de PVC ubicada a una altura de 20cm del fondo del tanque.

1.3.1.2 Especificaciones del desarenador convencional

Se supervisa el cumplimiento de las especificaciones de diseño del tanque desarenador tipo convencional construido para la vereda Loma Pamba el cual en su conjunto tiene los siguientes componentes:

- Caja de válvulas de entrada (desarenador y by-pass)
- Cámara de excesos
- Canaleta de entrada con fondo perforado
- Tanque desarenador (cuerpo principal) con tolva de lodos
- Canaleta de salida y pantalla deflectora.
- Caja de válvulas de salida.
- By-pass o paso directo para operaciones de mantenimiento.

A continuación, se describen las especificaciones de diseño controladas durante el proceso constructivo del desarenador:

- Fundición de un solado de limpieza en concreto pobre e= 7cm y mezcla 1:3:6 (1700PSI) para las cajas de válvulas y la cámara de aquietamiento;
- Se funde una base sobre el lecho de cimentación para el cuerpo principal del tanque desarenador en concreto ciclópeo 40% rajón, TMA=20cm y 60% concreto simple de 3000 PSI, TMA =1 ½", con un espesor de 30 cm y dejando roca en rajón sobresaliente para adherir la losa de fondo del tanque y los muros del mismo.
- La base del cuerpo principal del tanque desarenador conforma una tolva de lodos que cuenta con 3 pendientes dirigidas al canal de desagüe, estas son de 20% en el tramo corto o más cercano a la entrada, 5% en el tramo largo y 20% en el canal de desagüe.

- El tanque tiene un largo de 2,72m, ancho de 0,68m y una altura total de 2,35m y está conformado por los 4 muros perimetrales de 20cm de espesor en concreto de 3000 PSI con un refuerzo en varillas de acero corrugado No.4, $F_y = 420\text{Mpa} = 60000\text{ PSI}$, dispuestas en doble maya (lecho interior y lecho exterior) con separaciones centro a centro de 20cm en ambos sentidos (horizontal y vertical) y 4 columnas esquineras con refuerzo de 4 varillas No4 con flejes de 3/8" de diámetro separados cada 15cm;
- Igualmente, la plancha de cubierta es una losa maciza con un espesor de 10cm y es fundida monolíticamente para toda la unidad en concreto de 3000 PSI, reforzado con una maya de acero en el lecho inferior de varillas No.4 separadas cada 20cm en ambos sentidos (X y Y).
- Se hacen controles de especificaciones de diseño sobre la formaleta, como el aplome o verticalidad de los tableros y escuadría entre ellos; así mismo se chequean dimensiones como abertura entre las caras interiores de los tableros que deben corresponder al espesor de los muros, se chequea el recubrimiento libre del acero, separación entre barras, longitudes de muro y altura de fundición o corona.

Figura 17. Instalaciones del desarenador



Fuente: Producto de esta pasantía.

- Se controla el cumplimiento de las especificaciones de diseño en cuanto a las instalaciones respectivas que atraviesan la formaleta, como tubos de salida en 2", desagüe en 4", orificio de entrada, sistema de by-pass, tapas de acceso, conos de ventilación y válvulas. El desarenado cuenta con una válvula a la entrada y una a la salida, además de una para el sistema de by-pass todas en 2" de diámetro y una válvula compuerta de 4" de diámetro en el desagüe para labores de lavado del tanque.

- Se verifican las perforaciones hechas con villamarquin en la formaleta para la instalación de los peldaños en varilla de 5/8" cada 30 cm de altura y de "pelos" o varillas rectas de 30 o 40 cm de longitud traslapadas y amarradas con el acero en el interior de los muros y que dejan un lado libre al exterior de los mismos para posteriormente traslapar el acero de estructuras adheridas al tanque como la cámara de excesos, canaleta de entrada, pantalla deflectora del flujo y canaleta de salida.

1.3.1.3 Especificaciones del Tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento semienterrado de la vereda Loma Pamba constaba básicamente de 3 secciones, una caja de válvulas de entrada, el cuerpo principal del tanque y una caja de válvulas de salida. En él se controlan además de las especificaciones básicas mencionadas en el numeral anterior y las especificaciones propias del proceso constructivo mencionadas en el numeral 1.2 "Inspección de control de todas las actividades de obra" las especificaciones propias de esta unidad como lo son dimensiones e instalaciones, de las cuales las más importantes se mencionan a continuación:

- La caja de válvulas de entrada debió contar con 2 válvulas de compuerta HF de 2" para la entrada al tanque en la parte superior y para el sistema de bypass.
- El tanque de almacenamiento tiene un área superficial cuadrada, con unas dimensiones interiores de 3x3 metros en planta y una altura de 2,40m libres, de los cuales el nivel del agua lo marcaba la altura de la cota batea de la tubería de rebose instalada a 2,10 m desde el fondo del tanque, quedando de esta manera una altura de borde libre de 30cm, la entrada del agua se realiza en la parte superior y la salida está ubicada en el lado contrario a 20cm de altura respecto del fondo del tanque; Además cuenta con una Tubería de lavado ubicada en el fondo del tanque, para labores de limpieza y mantenimiento interior.
- El cuerpo principal del tanque de almacenamiento cuenta con muros de 20cm de espesor, los cuales están construidos en concreto de 3000 PSI con acero de refuerzo en doble maya, (en el lecho interior y en el lecho exterior), con varillas de acero No.4 separadas 20 cm centro a centro en ambas direcciones, a diferencia de la losa de fondo cuya armadura tiene el acero separado cada 15cm en ambas direcciones y la losa de cubierta la cual tiene un espesor de 15cm.
- Además, el cuerpo principal del tanque de almacenamiento esta reforzado por 4 columnas esquineras de (20x20) cm, cada una con un refuerzo de 4 barras No.5 y flejes de 3/8" cada 15cm.

- Por otro parte los muros de las cajas de válvulas de entrada y salida tiene un espesor de 15cm y están construidas en concreto simple a excepción de la cubierta, la cual es fundida monolíticamente para toda la unidad en concreto de 3000 PSI, reforzado con una maya de acero en el lecho inferior de varillas No.4 separadas cada 20cm en ambos sentidos (X y Y).
- La caja de válvulas de salida cuenta con una válvula de compuerta de 2" de diámetro a la salida del tanque y una válvula de compuerta de 4" a la salida de la tubería de lavado, posteriormente a esta tubería de lavado se une mediante una Tee la tubería de rebose del tanque,
- El tanque de almacenamiento además cuenta con unas instalaciones adicionales como conos de ventilación, coladera a la salida del tanque a la red y 3 tapas de acceso metálicas de 60x60 ubicados en la losa de cubierta, al igual que escalones de acceso para los operarios.
- Una especificación necesaria para la fundición del tanque de almacenamiento fue el control de la fundición en 2 etapas, la cual requirió una junta de construcción planificada a una altura de los muros de 25 cm o diente, la instalación en medio de las dos parrillas de acero de la cinta de junta PVC como sello efectivo contra filtraciones, la cual quedo en la mitad de su altura embebida en el concreto y el resto libre, rodeando perimetralmente los cuatro muros del tanque; se verifico que la cinta quede centrada y vertical utilizando para esto alambra y que el traslape se hiciera derritiendo los extremos por medio de una espátula caliente.

1.3.1.4 Especificaciones de las cámaras de quiebre.

El sistema de acueducto de la vereda Loma Pamba conto con 6 cámaras de quiebre de presiones, cuya ubicación respondía al diseño hidráulico de la red de distribución, según el cual fueron necesarias 2 cámaras de quiebre en el ramal número 1 cuyo diámetro de tubería es de 1", 1 cámara de quiebre en el ramal número 2 cuyo diámetro de tubería es de 1" y 3 cámaras de quiebre en el ramal principal cuyo diámetro es 2". Las principales especificaciones controladas en la construcción de estas unidades son las siguientes:

- Utilización de mejoramientos superficiales o solados de limpieza en concreto pobre una vez obtenido un lecho de cimentación firme.
- Control de dimensiones interiores, las cuales eran 1m x 1m en planta y una altura libre de 0,70m, además las cámaras de quiebre tiene un vertedero de 25cm de alto que divide la cámara en 2 secciones: entrada (donde se produce el quiebre de la presión del agua) y salida de la misma con una nueva presión cuyo valor es cero.

- La entrada a la cámara se ubica en la parte superior y la salida en el lado opuesto en la parte inferior a unos 5cm del fondo, que además cuenta con una coladera para evitar el ingreso de materiales que puedan ocasionar obstrucciones en las tuberías.
- Control de las especificaciones estructurales como espesor de muros y losa de piso de 12cm lo cual da a la cámara de quiebre unas dimensiones exteriores de 1,24m x 1,24m en planta y se verificó además que el material empleado fuera concreto simple de 3000 PSI.

Figura 18. Cámara de quiebre Loma Pamba.



Fuente: Producto de esta pasantía.

- Las cámaras de quiebre cuentan con unas tuberías de lavado en 3" de diámetro selladas por medio de tapones de suelo, las cuales interconectan la zona de entrada y salida a una tubería de desagüe, a la cual se conduce además la tubería de rebose de la cámara mediante una tee
- Las cámaras de quiebre tienen una plancha de cubierta en concreto reforzado (e=10cm) y cuentan con una tapa de acceso para mantenimiento de 60x60cm.
- Las superficies de la cámara de quiebre son además repelladas y esmaltadas.

1.3.2 Estructuras acueducto Santa Rosa.

Para el proyecto de construcción de las estructuras pertinentes a la optimización del acueducto de la vereda Santa Rosa en el municipio de Santa Cruz se realizó un control de especificaciones en el proceso constructivo homologado al realizado en la construcción del sistema completo de acueducto para la vereda Loma Pamba, las especificaciones controladas en las estructuras construidas son las

que se describen a continuación:

1.3.2.1 Desarenador convencional.

Fue la primera estructura construida para reforzar la operación del desarenador existente el cual no ofrecía los resultados de sedimentación necesarios para colocar en funcionamiento la planta de tratamiento compacta con la cual contaba el sistema, para esto se obtuvo un diseño ya realizado para el cual se controlaron las siguientes especificaciones en la fase constructiva:

- Las dimensiones totales exteriores del tanque desarenador incluyendo cajillas y estructuras de entrada, salida y lavado son: Largo total = 7,10 m, ancho total= 3,00 m, Altura total= 2,30m, semienterrado: 2,00m bajo la superficie del terreno y 0,30m sobresalientes.
- Fundición de un solado de limpieza en concreto pobre $e= 5\text{cm}$ para las cajillas y para las demás estructuras se funde una capa base de mejoramiento sobre el lecho de cimentación en concreto ciclópeo 40% rajón, y 60% concreto 1:2:3 de 30cm de espesor.
- Según lo indicado en el diseño para la placa de piso de la estructura principal se construye una base en concreto de 3000 PSI con 5m de largo, 2m de ancho y un espesor de 20cm reforzado por doble parrilla de acero de diámetro $3/8''$ separados cada 15cm en ambos sentidos.
- Para las placas de piso de las estructuras de entrada, salida y lavado, según lo indicado en el diseño se construye una base en concreto de 3000 PSI con un espesor de 10cm reforzado por parrilla de acero de diámetro $3/8''$ separados cada 20cm en ambos sentidos.
- La estructura en concreto reforzado para el tanque principal fue diseñada para reforzar los muros en tizón que conforman el tanque desarenador y soportar las cargas hidráulicas, esta consta de 6 columnas y 3 marcos de vigas a las diferentes alturas requeridas: vigas de piso, vigas al tercio de la altura y vigas corona.
- La base del cuerpo principal del tanque desarenador conforma una tolva de lodos que cuenta con 3 pendientes dirigidas al canal de desagüe.
- Las 6 columnas en concreto son de 3000 PSI y sección $0,25*0,25\text{m}$, tienen una altura total de 2m, son reforzadas con 4 varillas longitudinales de diámetro $5/8''$ y flejes transversales de $3/8''$ cada 10cm en las zonas de confinamiento cerca a los nodos y 20cm en las zonas centrales según las especificaciones,

- Las vigas en concreto de 3000 psi tienen una sección de 0,25*0,25m y construyen 3 marcos cada uno a las diferentes alturas requeridas: vigas de piso, vigas al tercio de la altura y vigas corona, estas últimas además de las vigas perimetrales al tanque cuentan con una viga extra en el centro del desarenador que cumple la función de amarrar las paredes laterales justo en el punto de unión o nodos con las columnas centrales. Todas las vigas están reforzadas cada una por 4 varillas de acero longitudinales de diámetro 1/2" y refuerzo transversal en flejes de 3/8" separados cada 10cm en las zonas de confinamiento cerca a los nodos y cada 20cm en las zonas centrales según especificaciones. las luces o longitudes libres entre ejes de columnas son de 2,38m para vigas longitudinales al tanque desarenador y 1,75m para vigas transversales.
- Gracias a las longitudes de los elementos estructurales menores a 6 metros fue posible armar el refuerzo longitudinal sin la necesidad de traslapos o empalmes de varillas.
- La placa superior o de techo fue fundida en concreto de 3000 PSI, e= 0,10m, y se construye como cubierta del desarenador fundido monóticamente para toda la unidad con un refuerzo de 3/8" cada 15cm en ambos sentidos y en ambos lechos, dejando en ella siempre las oquedades necesarias para las tapas de acceso y los conos de ventilación.
- Se verifican las instalaciones de los peldaños de la escalera de acceso en el mortero de pega en varilla de 5/8" cada 30 cm de altura y de "pelos" o varillas rectas de 30 o 40 cm de longitud embebidas así mismo en el interior de los muros y que dejan un lado libre al exterior de los mismos para posteriormente traslapar el acero de estructuras adheridas al tanque como, canaleta de entrada, pantalla deflectora del flujo y canaleta de salida.

Figura 19. Interior del desarenador Santa Rosa



Fuente: Producto de esta pasantía.

- Las paredes del tanque principal del desarenador se construyen con ladrillos bloque de medidas 20x12x11cm, pegados en tizón (e=25cm), con mortero de pega 1:3, son repelladas y esmaltadas según las especificaciones.
- La estructura de entrada del desarenador consta de tabiques de 10cm de espesor en concreto reforzado por acero de 3/8" separados cada 15cm y cada 20cm según especificaciones y está constituida por las siguientes partes:
 - Cajilla de válvulas de entrada: Esta construida en mampostería pegada en soga y en ella se encuentran debidamente ubicadas 2 válvulas de compuerta para la tubería de presión de 2", una de ellas permite el ingreso del caudal al desarenador y otra al sistema de by-pass.
 - Cámara de aquietamiento, vertedero de acceso y vertedero de excesos: Están construidas en concreto reforzado y en ella ingresa el caudal al tanque desarenador y se vierte los excesos del mismo, se encuentran debidamente repelladas y esmaltas, cuenta además en el fondo con un tapón roscado de 3" para limpieza y tapa de acceso para inspección y mantenimiento.
 - La canaleta de entrada, se construye según las especificaciones de diseño hidráulico con un fondo perforado por 6 orificios de diámetro 2".
- La estructura de salida está construida en tabiques de 10cm de espesor en concreto reforzado por acero de 3/8" separados cada 15cm y se encuentran debidamente repelladas y esmaltas, consta de una canaleta de salida y una pantalla deflectora de flujo; la salida del flujo se hace al igual que la entrada al tanque desarenador por la parte superior, forzando al agua a retenerse durante un tiempo de detención hidráulico calculado en el cual se sedimenta y/o decanta las partículas suspendidas en el líquido causantes de turbiedad; por lo anterior la pantalla deflectora impide el flujo directo entre la entrada y la salida a su vez que el ingreso de natas o solidos flotantes en la superficie del agua. La canaleta de salida recolecta el flujo saliente hacia la tubería de salida de 2" con destino a la planta de tratamiento.

Figura 20. Estructura de salida desarenador.



Fuente: Producto de esta pasantía.

- En la cajilla de válvulas de salida del desarenador se ubica y protege la válvula de salida de flujo del desarenador previo al acople en tee de la tubería de by-pass.
- La cajilla de lavado, está construida en mampostería pegada en soga y en ella se ubica la válvula de 4" que permitirá descargar los lodos y sedimentos acumulados en el fondo o tolva del desarenador durante su limpieza.
- Los accesorios adicionales con los que cuenta el desarenador son elementos construidos que hacen parte esencial del funcionamiento y mantenimiento del desarenador tales como: Peldaños de acceso en varilla de 5/8" impermeabilizada, tapas de 60x60cm metálicas en lámina galvanizada calibre 20, asegurable con candado, válvulas de compuerta y conos de ventilación.
- Finalmente, para conectar el desarenador construido a la tubería de conducción existente se requirieron tubería de diámetro 2" de presión para agua potable unión mecánica e igualmente para la salida, es decir la conexión desde el desarenador hasta el tanque de almacenamiento; así mismo como se requirió de la tubería para desagüe de lavado del desarenador en 4".

Figura 21. Desarenador Santa Rosa



Fuente: Producto de esta pasantía.

1.3.2.2 Cámara de quiebre de presión.

El proyecto de optimización del sistema de acueducto contemplaba la construcción de una cámara de quiebre, debido a las fuertes presiones con que el agua llegaba a las viviendas, dicho exceso perjudicaba el funcionamiento normal de las instalaciones hidráulicas, llaves y aparatos sanitarios. Al igual que el desarenador construido, tanto el diseño como la localización de la misma son

entregados y en él se controlan las siguientes especificaciones de diseño:

- La cámara de quiebre en su estructura principal cuenta con unas medidas exteriores de 1,64m x 1,04m sin tener en cuenta el espacio adicional necesario para su construcción ni las cajillas de entrada, lavado y salida de 62x74cm cada una. Además, la cámara cuenta en su estructura principal con una base de mejoramiento en concreto ciclópeo de 30cm de espesor
- La cámara de quiebre cuenta con un sistema de by-pass construido en base a las necesidades de variar la presión en condiciones de emergencia y además en virtud de su mantenimiento.
- En la cajilla de válvulas de entrada se ubican 2 válvulas de mariposa de 2", una de ellas para el ingreso del caudal a la cámara de quiebre y la otra para la apertura del sistema de by-pass.
- La estructura principal de la cámara de quiebre de presiones tiene unas medidas libres interiores de un 1,40m de largo por 0,80m de ancho y 1,00m d alto, de los cuales 0,70m son la altura que alcanzara el nivel del agua y 0,30m el borde libre determinadas por la cota u altura del tubo de rebose y la tubería de entrada de caudal; la salida se hace por la parte inferior a 5cm del fondo en tubería de 2" protegida por una coladera.
- Igualmente la cámara de quiebre cuenta con una tubería de lavado de 3" en el fondo para drenar durante la limpieza y mantenimiento los lodos y sedimentos acumulados que se unirá con la tubería de rebose de manera externa a la salida de la cajilla de la válvula de lavado la cual está ubicada lateralmente a la estructura principal de la cámara de quiebre y en ella se ubica una válvula de 3" para permitir el desagüe de los lodos y sedimentos acumulados en la cámara y que deben removerse durante su mantenimiento.
- En la cajilla de válvula de salida se ubica primero una válvula de mariposa de 2" para la salida de la cámara de quiebre y luego la conexión en Tee de la tubería de by-pass
- La estructura principal de la cámara de quiebre está construida por muros o tabiques de 12cm de espesor en concreto de 3000 PSI reforzado en acero de diámetro de 1/2" cada 20cm en ambos sentidos, cabe anotar que internamente estos tabiques cuentan con un repello afinado y una capa de repello esmaltado para la correcta impermeabilización de las estructuras. Cuenta igualmente con una base o placa de piso en concreto de 3000PSI con un espesor de 15cm, reforzado en acero de diámetro de 1/2 " cada 20cm en ambos sentidos mientras que la placa superior o de cubierta tiene un espesor de 10cm y esta reforzada con acero de 3/8" con la misma separación.

Figura 22. Construcción cámara de quiebre Santa Rosa



Fuente: Producto de esta pasantía.

- Las cajillas de entrada, salida y lavado están construidas en ladrillo bloque pegados en soga, igualmente repelladas externamente.
- Adicionalmente la cámara de quiebre cuenta con accesorios metálicos e hidráulicos como los son: 3 tapas de acceso metálicas en lámina galvanizada, 3 válvulas de compuerta de 2", teniendo en cuenta el by-pass adicional, una válvula compuerta de 3" para el lavado, una Coladera para diámetro 2" y una válvula de flotador para diámetro de 2".

1.3.2.3 Reparación del sistema de lavado del tanque de almacenamiento.

Otra de las actividades constructivas realizadas para la optimización del acueducto de la vereda Santa Rosa consistió en una reparación en la tubería de lavado del tanque de almacenamiento, la cual se encontraba a una altura superior al fondo a contra pendiente, lo cual impedía que los lodos acumulados sean liberados o desaguados fuera del tanque durante el proceso lavado del mismo, tal como se puede apreciar en la imagen siguiente.

Figura 23. Tanque de almacenamiento Santa Rosa



Fuente: Producto de esta pasantía.

En la tabla siguiente se resumen las especificaciones o ítems básicos que describen la intervención requerida en el tanque de almacenamiento sin tener en cuenta adicionales como el cambio de la tubería de desagüe solicitada por la junta del acueducto que se cambiaría de 3" de diámetro a 4" y correcciones en la tubería de entrada desde la planta de tratamiento.

Tabla 4. Cantidades para reparación tanque de Almacenamiento Santa Rosa

TANQUE DE ALMACENAMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD
Demolición en concreto reforzado	M3	1,00
Reposición de placa de piso en concreto de 3000 PSI, e= 0,25m	M2	0,25
Pantalla en concreto de 3000 PSI e = 0,15m	M2	0,98
Acero de refuerzo fy = 60.000 PSI	KG	20,00
Adeshivo epóxico para adherencia concreto viejo a concreto nuevo	KG	2,00
Tubería PVC 4" RDE 21 para desagüe, incluye accesorios	ML	6,00
Valvula de compuerta tipo liviana de 4" bronce, incluye accesorios	UND	1,00
Tubería PVC sanitaria 4" para desagüe, incluye accesorios	ML	50,00

Fuente: Producto de esta pasantía.

1.3.2.4 Intervenciones en la conducción

- En un tramo de la conducción aguas abajo del tanque de almacenamiento, la tubería principal de la red de distribución atravesaba una alcantarilla de la vía que comunica las veredas de Santa Rosa – Changuan, por lo cual se producían desconexiones en tiempos de lluvias. Se optó como solución la rectificación del trazo de la tubería, mediante la excavación en material compactado de una nueva zanja con una profundidad de un metro que atravesaba la carretera antes de la alcantarilla y la fundición de una viga para cruzar la tubería sobre la hondonada e interceptar el trazo de la conducción aguas abajo.
- Otra intervención necesaria en la conducción fue la instalación de 2 válvulas ventosas en 2" en la conducción del sistema de acueducto y la construcción de las respectivas cajillas de protección de 70x70cm en ladrillo en saga repelladas y esmaltadas, además cuentan con una pendiente y una tubería para el desagüe del agua expulsada por las ventosas, contaban además con tapas de inspección en lámina galvanizada y candado. Estas instalaciones fueron requeridas debido a la ausencia de este tipo de dispositivos necesarios en curvas verticales convexas y tramos rectos de gran longitud del trazado en perfil de la tubería de conducción.
- Finalmente se realizó la construcción de un viaducto para el tramo de tubería que atraviesa el río "Pacual" el cual es paralelo a la vía de Santa Rosa que conduce a Samaniego a tan solo 10 minutos del lugar, en este tramo la tubería principal de la red de distribución tiene un diámetro de 1" y se ve

necesaria una luz de 15m entre apoyos o pedestales para garantizar la estabilidad de la obra frente a las crecientes del río. Los pedestales tienen una sección de 30x30cm, son construidos en concreto de 3000 PSI reforzado, tienen una altura sobre el suelo de 0,8m y sobre ellos se tensionará un cable de acero galvanizado de 3/8" de diámetro, que será tensionado mediante ganchos y mordazas.

1.4 VELAR POR EL MEJOR APROVECHAMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS, RECURSOS HUMANOS ADECUADOS Y NECESARIOS DENTRO DE LA OBRA

Una de las funciones realizadas por el pasante en los acompañamientos constructivos fue velar por el mejor aprovechamiento de las herramientas y recurso humano dentro de la obra, para esto se realizaron las siguientes actividades:

- Implementar el uso de los elementos de protección personal de los trabajadores tales como cascos, guantes, gafas y demás según la actividad a realizar.
- Implementar el correcto uso de las herramientas tal como se describió en el numeral 1.2 "Inspección de control de todas las actividades de obra", consistió básicamente en supervisar el uso de la herramienta adecuada de la manera adecuada, para preservarla a esta tanto como al trabajador que la opera.
- Se realizó un control de inventario tanto de los materiales en bodega y campamento de obra, así como de la herramienta disponible; esto junto con la programación de obra permitía hacer los pedidos de herramientas o materiales de manera oportuna.

Figura 24. Bodega para almacenar materiales y herramientas.



Fuente: Producto de esta pasantía.

- También fue responsabilidad del pasante gestionar los sitios de bodega más cercanos posibles a la obra, en donde pudieran almacenarse las herramientas y ser descargados directamente los materiales transportados en camiones (comúnmente tipo Turbo de dimensiones medianas) desde las vías de acceso y que dispusieran además de las condiciones óptimas para el almacenaje en términos de estar cubiertos del intemperismo y seguridad para los diversos materiales que serían posteriormente acarreados a la obra en la medida de ser requeridos, tales como bultos de cemento apilados en columnas y sobre piso de madera, chipas de acero, varillas de acero, herramienta menor, cajillas en lamina, elementos metálicos, tuberías, accesorios y demás. Además, los sitios de bodega permitieron también adelantar trabajos fuera del sitio de obra bajo techo en los días lluviosos por ejemplo el cortado, enderezado y figurado del hierro entre otras labores.
- En la obra se implementa el cuidado de los equipos y herramientas ubicándolas en campamentos de obra resguardadas de las lluvias o mediante coberturas plásticas en el caso de apilamientos de materiales como los agregados, madera y acero.
- Además de la supervisión del recurso humano o mano de obra, fue tarea del pasante asegurar su hospedaje, alimentación, dotación de trabajo e impermeables y elementos de seguridad.

1.5 SEGUIMIENTO DE PLANOS

Fue una de las actividades más importantes realizadas en obra, pues son los planos los documentos técnicos finales que describen de manera gráfica y textual las especificaciones de la obra a ejecutar en cuanto a materiales a emplear, mezclas por elaborar, ubicaciones, cotas, dimensiones, instalaciones, accesorios y demás descripciones detalladas que rigen el proceso constructivo tal como se describió en los numerales 1.2 “Inspección de todas las actividades de obra” y 1.3 “Control de especificaciones de diseño”. El seguimiento de los planos fue una actividad realizada diariamente en los sitios de obra, de la mano con las mediciones y rectificaciones hechas sobre materiales, mezclas, aceros, tuberías y accesorios, formaletas y en las actividades constructivas en sí que garantizarían el cumplimiento de lo estipulado en planos y por ende el funcionamiento hidráulico y estructural esperado.

Una estrategia utilizada para dar cumplimiento a lo anterior fue además la elaboración de una lista de chequeo para cada ítem o actividad unitaria que se iría chequeando progresivamente, incluyendo puntos como distancias entre formaletas de muros, alturas, espesores de losas marcadas, instalación de accesorios hidráulicos y metálicos en ubicaciones correctas según planos, conteo de tubería, se chequea igualmente escuadría y aplome de las estructuras

antes de su fundición y demás controles sobre cada actividad en particular.

1.6 SEGUIMIENTO DE LOS RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA.

Se realizan diariamente control de las actividades realizadas y el rendimiento logrado por la mano de obra como medición de las excavaciones, cantidad en kilogramos o metros lineales de figuración y armado del acero de refuerzo, metros cuadrados armados de formaleta, instalaciones metálicas e hidráulicas realizadas, metros cúbicos de concreto de cada una de las fundiciones, metros lineales de tubería pegada, metros cuadrados de repellos y esmaltados y demás actividades en su respectiva unidad de registro, el cual se hacía en un formato Excel previamente elaborado; aparte del control de actividades se lleva un registro del número de trabajadores por cada actividad realizada diariamente en la bitácora de obra, con esta información se calcula el rendimiento de la cuadrilla de trabajo para cada actividad y el tiempo que se está tardando en terminar dicha actividad respecto al tiempo planeado, con estas comparaciones se socializa con los maestros la manera de mejorar las condiciones de la cuadrilla para rendir más en ciertos trabajos, tales como la organización del tiempo, la logística de los procedimientos, la colaboración o acompañamiento de más personas en la actividad o mantener cierto nivel de productividad.

Ejemplos de lo anterior se presentaron en la vereda Loma Pamba, en cuanto se tenía un tiempo estipulado para la cuadrilla de trabajo (1 maestro de obra, un oficial y 2 ayudantes) en base al conocimiento empírico de las actividades y rendimientos en la construcción de la bocatoma, se mantuvo un buen nivel de trabajo que se vio afectado por causas como el acarreo de los materiales, el cual se hacía en animales de carga hasta un tramo cercano al lugar de trabajo y la cuadrilla tenía que ser dispuesta en acarrear los materiales hasta el sitio de trabajo lo cual perjudico el rendimiento por la alteración de las condiciones previstas; en vista de esto se tomó la determinación de reajustar el contrato de acarreo con los arrieros y se instaló una tarabita con cable de acero para que estos pudieran entregar cada material en el sitio de trabajo.

Estas mediciones reales de los rendimientos en obra, sirvieron para tomar determinaciones logísticas, como por ejemplo el cálculo de cuantos metros lineales de tubería pegaban con soldadura PVC por cada hora de trabajo una cuadrilla que no necesitaba para esta labor más de 2 trabajadores, teniendo en cuenta que esta actividad tiene un rendimiento mucho mayor al ensamblado de tubería en unión mecánica cuyo proceso se demostró requerir de más personal y más tiempo para su ejecución. Con los datos anteriores esta actividad se realizaba el día en que la comisión de la comunidad que realizo el tendido de la tubería de conducción reportaba una cantidad de tubos igual a la que se pegaría en un jornal de trabajo de 8 horas, en este sentido y cuando las labores lo permitían 2 trabajadores se dedicaban a esta labor que implicaba recorrer distancias relativamente largas y por lo tanto no era optimo que los trabajadores

perdieran tiempo realizando viajes de ida y regreso entre frentes de trabajo.

Igualmente, por el método expresado anteriormente en cuanto al rendimiento en metros cúbicos fundidos por la cuadrilla de trabajo en una jornada de 8 horas, se buscó aumentar el personal para el día programado para la fundición del tanque de almacenamiento, como no se logró esto, se tuvo que dividir la función en 2 días, mediante la programación de una junta de construcción en la parte baja de los muros.

1.7 CUANTIFICACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA Y ELABORACIÓN DE PRE-ACTAS

Para la cuantificación de las cantidades de obra ejecutada y adicionales se utilizó como método la medición directa en las unidades o metrajes correspondientes, esta información se enviaba en un formato Excel al ingeniero constructor con una periodicidad no mayor a una semana, al igual que se reportaba el acumulado de obras ejecutadas en los informes quincenales enviados, esta información o pre-actas eran lo que finalmente se reportaba en las actas parciales de pago a la entidad contratante en los periodos convenidos.

Un ejemplo de una actividad o ítem adicional fue que en la construcción del desarenador para la vereda Santa Rosa diferente a lo considerado inicialmente en el presupuesto entregado por parte de la alcaldía, en sus respectivas unidades de pago, resultaron en un mayor volumen e incluyeron excavaciones en roca y no solo en material común como se indicaba. Por lo cual fue necesario mucho más tiempo y a un mayor costo, dicha excavación incluyendo picado de rocas de gran tamaño y remoción de las mismas, tal como se puede observar en la siguiente tabla elaborada para registrar los datos.

Tabla 5. Medición de excavaciones desarenador Santa Rosa

ITEM: EXCAVACIONES (y ADICIONALES) Desarenador	CANT	UND
Cuerpo principal		
Picado de piedra - Excavación principal en Roca Tanque Desarenador [m3] h=2m	6	m3
Excavación principal en material común Tanque Desarenador h=2m	23,12	m3
Total Excavación principal Tanque Desarenador (h=2m L=5,6m y b=2,6m)	29,12	m3
Entrada y cajillas:		
Excavación Estructura de Entrada (h=0,9m AreaSup= 2,66m2)	2,394	m3
Excavación Cajilla válvulas de salida (h=1,30m L=0,90m A=1,20m)	1,404	m3
Excavación cajilla válvula de Lavado h=2m L=0,9m A=1,20m	2,16	m3
VOLUMEN TOTAL EXCAVACIONES DESARENADOR	35,078	m3

Fuente: Producto de esta pasantía.

1.8 CONTROL DE CANTIDAD Y CALIDAD DE MATERIALES Y MEZCLAS.

1.8.1 Control de cantidad y calidad de materiales

Para esta labor se utilizan los inventarios realizados de materiales adquiridos para la obra, para los cuales se contaban y median los materiales que eran enviados, en el momento de su descarga en las bodegas o desde las volquetas en los sitios de acopio para el caso de los agregados, los cuales posteriormente se llenaban en sacas de 40kg para su acarreo y el registro se haría en base al número de cargas transportadas hasta la obra; estos datos se registraban en el formato de Excel correspondiente en la unidad respectiva.

Al mismo tiempo se supervisaba la calidad y especificaciones de los materiales recibidos, tales como tamaños máximos, estado de limpieza y humedad en el caso de agregados, dimensiones y calidad de la madera, control de las dimensiones de los ladrillos según la procedencia del lote y todos los correspondientes a los distintos tipos de materiales. Por otra parte en obra se media y controlaba el consumo de materiales en cada actividad y por lo tanto se tenía un registro de contabilidad de existencias y se podía realizar el pedido de materiales oportunamente según la programación de obra, con esta información se podía realizar un control de costos, de las obras ejecutadas, distribuidas en las actividades unitarias, para poder comparar estos datos con los precios unitarios según el presupuesto, teniendo en cuenta compras, gastos de transporte, pago de mano de obra, administración, arrendamiento, adicionales, deudas y todo movimiento de flujo de la caja menor que se manejaba.

En la siguiente tabla se puede apreciar un registro realizado en un formato de Excel para el control de cantidad de materiales consumidos en la construcción del desarenador de la vereda Sana Rosa:

Tabla 6. Materiales consumidos desarenador Santa Rosa.

MATERIALES CONSUMIDOS - Desarenador al 100% terminado		
Material	Cantidad	Unidad
Total Mampostería Ladrillos tolete común	1200	Bloques
Bultos de cemento (San marco x50kg)	54	Bultos
Arena (Cantera Samaniego)	7,5	m3
Triturado TMA=1" (Cantera Samaniego)	7	m3
Tabla para formaleta	40	Piezas
Listones para formaleta	10	Piezas
Guaduas para formaleta	6	piezas
Acero de refuerzo 3/8" Chipa	500	kg
Varillas d= 5/8" L=6m (60.000 PSI)	12	Varillas
Alambre de amarre	30	kg
Varillas d= 1/2" L=6m (60.000 PSI)	34	Varillas

Fuente: Producto de esta pasantía.

1.8.2 Control de cantidad y calidad de mezclas de concreto

Para obtener un concreto de buena calidad, no sólo fue necesario contar con buenos materiales, que además estuvieran mezclados en las proporciones correctas; sino que fue necesario también tener en cuenta cómo se realizaba el mezclado, el transporte, el vaciado, la compactación y el curado del mismo. Cada uno de estos procesos influye directamente en la calidad de este importante material. Para este fin se cuantifica la cantidad de bultos de cemento y metros cúbicos de agregados empleados, así como el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams para determinar la dosificación de agua necesaria.

1.8.2.1 Cemento

Respecto a este material se tuvieron en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No colocar el cemento directamente sobre el suelo.
- Protegerlo de la lluvia y almacenarlo en bolsas plásticas.
- Se lo almaceno en un almacén cerrado, en el cual no hubo presencia de humedad.
- Se utilizó los sacos de cemento por orden de llegada (primero el de mayor antigüedad).

1.8.2.2 Agregados

- Provenían de cantera natural certificada.
- Cumplir con la granulometría y tamaños máximos especificados.
- Debe estar limpias y libre de restos de plantas, partículas escamosas, arcilla o altas concentraciones de finos y otras sustancias dañinas
- Deben tener perfil preferentemente angular.
- Debe ser de partículas duras, compactas y resistentes.
- Debe almacenarse en zonas limpias y libres de desperdicios.
- Almacenar bajo cubiertas plásticas para evitar la saturación de agua.

1.8.2.3 Agua

- Debe ser limpia y libre de sustancias disueltas.

Los demás controles realizados en el proceso de elaboración de mezclas de concreto se especifican en el numeral 1.2.2.13 “Elaboración, transporte y vaciado de mezclas de concreto” del presente trabajo. Además de estos controles durante el desarrollo de esta actividad el pasante realizo el ensayo de asentamiento “Slump” descrito a continuación.

1.8.2.4 Ensayo de asentamiento (Slump)

Para este ensayo se utilizó el cono de Abrams, que es un molde el cual puede ser metálico, de PVC o un material no absorbente y que no reaccione con el cemento, el cual debe tener la forma de la superficie lateral de un cono truncado con una base de 8 pulgadas (200mm) de diámetro y la parte superior de 4 pulgadas (100mm) de diámetro, con una altura de 12 pulgadas (300mm).

Se realizó en base la norma ASTM C143⁶, tomando una muestra representativa de la primera bachada para determinar la dosificación adecuada de agua y posteriormente de bachadas de mezcla escogidas aleatoriamente, remezclada y que posteriormente será vertida en el cono humedecido previamente y asentándolo firmemente con los pies sobre una superficie rígida y nivelada, en 3 capas compactadas mediante 25 golpes por capa realizados con una barra de 5/8" lisa, de punta redondeada y distribuidos de manera uniforme en forma de espiral sobre la sección transversal; simultáneamente se chequeaba que la mezcla no se derrame por la parte inferior del cono y que la varilla penetre toda la altura para la primera capa y aproximadamente 1" de la capa inmediatamente inferior, para la compactación de las capas intermedia y superior; Adicionalmente se debe agregar mezcla sobresaliente a la última capa a medida que el nivel de esta descienda por la compactación y al finalizar se debe enrazar con la corona del molde utilizando la misma barra de compactación.

Figura 25. Ensayo de asentamiento



Fuente: Producto de esta pasantía.

Posteriormente se retiró el molde de forma vertical y se midió la diferencia de alturas entre la parte superior de la mezcla compactada y la altura del molde, la cual se esperaba que este entre una y dos pulgadas, dependiendo de los resultados se agrega más o menos agua a la mezcla y se repite el ensayo hasta tener resultados satisfactorios de consistencia y trabajabilidad y obtener la

⁶ AMERICAN INTERNATIONAL SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM C143, ASENTAMIENTO EN EL HORMIGÓN FRESCO.

dosificación correcta del agua, esto dependerá igualmente de la humedad de los agregados del concreto, a manera de ejemplo se presentan los límites exigidos por el INVIAS en la tabla siguiente.

Tabla 7. Límites de asentamiento del concreto.

TIPO DE TRABAJO	ASENTAMIENTO NOMINAL (mm)	ASENTAMIENTO MÁXIMO (mm)
Elementos contruidos con formaletas, secciones de más de 30 cm de espesor	10-30	50
Elementos contruidos con formaletas, secciones de 30 cm de espesor o menos	10-40	50
Pilas fundidas en sitio	50-80	90
Concreto colocado bajo agua	50-80	90

Fuente: INVIAS, ART. 630. Concreto estructural, 2013.

1.9 TOMA DE CILINDROS DE CONCRETO.

La toma de los testigos de fundición o cilindros de concreto se realizó siguiendo lo estipulado en la norma ASTM C31⁷, para este fin se emplean moldes o camisas de un diámetro de 15cm (6 pulgadas) y un largo de 30cm (12 pulgadas) se hace en 3 capas de igual volumen y 25 golpes por cada capa; se debió tomar mínimo 2 por cada unidad de fundición importante para rectificación de resultados en laboratorio de resistencia a la compresión axial simple a los 28 días de fundido, donde se supone que esta será mayor o igual a la de diseño ($f'c \geq 3000$ PSI), se puede hacer también a los 21 días (3semanas) donde se supone la resistencia será $\geq 75\%$ de la resistencia de diseño (2250 PSI).

Figura 26. Cilindros de concreto bocatomía



Fuente: Producto de esta pasantía.

⁷ AMERICAN INTERNATIONAL SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM C31- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA LA PREPARACIÓN Y CURADO EN OBRA DE LAS PROBETAS PARA ENSAYO DEL HORMIGÓN.

Los cilindros de concreto además fueron sumergidos en canecas llenas de agua en el sitio de obra, durante 7 días después de los cuales se transportaron protegidos en moldes plásticos y en sacas de arena hasta el laboratorio de materiales en la ciudad de pasto, en donde serían colocados en inmersión en una dilución de agua y cal hasta el día de su ruptura.

1.10 LLEVAR EL LIBRO DE OBRA CONJUNTAMENTE CON EL INGENIERO CONTRATISTA.

En la bitácora de obra se lleva el reporte diario de las actividades realizadas y las eventualidades en obra, este libro es encargado al pasante por cumplir este el papel de residente de obra y en él se anota mínimo la siguiente información:

- Fecha
- Clima
- Actividades realizadas
- Mano de obra empleada,
- Herramienta, maquinaria y equipo de trabajo
- Materiales empleados
- Duración de las actividades
- Observaciones.

Finalmente, el libro de obra es revisado periódicamente por el ingeniero constructor y los supervisores de la entidad contratante, además deben enumerarse las páginas, las cuales no pueden arrancarse y tampoco pueden hacerse tachones sobre el texto escrito. En la bitácora se anotaron por ejemplo el surgimiento de eventualidades que impedían la realización de trabajos, tales como las avalanchas ocurridas sobre un puente que conducía a la obra en la vereda Loma Pamba que impedían el paso de materiales; se anotó también el surgimiento de trabajos adicionales los cuales eran consultados previamente al ingeniero constructor e igualmente notificaciones o solicitudes como pequeñas variaciones al diseño necesarias para la adaptación a las condiciones del terreno que debían ser previamente aprobadas por el ingeniero constructor y los diseñadores.

1.11 PRESENTAR INFORMES QUINCENALES ESCRITOS AL INGENIERO CONTRATISTA.

Se entrega quincenalmente informes técnicos detallados de obra ejecutada al ingeniero contratista y en estos se agrega la información acumulada durante este periodo referente a las cantidades de obra medidas en su respectiva unidad, cantidad de materiales consumidos y existentes, el flujo de la caja menor

para gastos, las listas de pedido de materiales, las situaciones más relevantes que han favorecido o perjudicado las labores de la obra, el reporte de todas las funciones desempeñadas por el pasante, el control de las actividades de obra, de especificaciones de diseño, el seguimiento de planos, el control de rendimientos de mano de obra, el velar por las mejores condiciones de los recursos materiales y humanos del proyecto, los ensayos realizados, el control de cantidad y calidad de materiales y mezclas, los reportes hechos en la bitácora de obra, las solicitudes y observaciones técnicas específicas entre demás particularidades necesarias a comunicar al ingeniero contratista.

1.12 ASESORAR TÉCNICAMENTE A LOS MAESTROS DE OBRA.

Se hacen recomendaciones técnicas a los maestros de obra, según los ensayos realizados, los controles de inspección, la claridad de los objetivos y procedimientos del proyecto y las buenas prácticas constructivas propias de la ingeniería civil, las cuales están conceptualizadas en la experiencia y conocimientos adquiridos en materia de técnica, ciencia y tecnología aplicada a los procesos prácticos y eficientes que se requieren en la obra.

Para este fin se debió estar pendiente de la organización logística de los trabajos y la supervisión de los mismos, socializando a los maestros de obra como directores de cuadrilla las necesidades técnicas de todos los trabajos a ejecutar para lograr los objetivos y especificaciones del proyecto, llegando así a tener una buena comunicación y claridad en el apoyo mutuo que se debió lograr, para potenciar la experiencia constructiva mediante los conocimientos adquiridos en el estudio de la ingeniería civil, en cuanto al correcto funcionamiento estructural e hidráulico de los sistemas de acueducto, así como de seguir la normatividad vigente en construcción y en materia de aguas como lo son el Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, así mismo la aplicación de los conocimientos adquiridos en asignaturas como técnicas de construcción y las recomendaciones realizadas por el ingeniero constructor co-asesor del trabajo de pasantía y el ingeniero asesor del mismo.

Un ejemplo de lo anterior es la necesidad de asesorar técnicamente a los maestros de obra para que cumplan las especificaciones necesarias mencionadas en el presente trabajo en cuanto a la elaboración de mezclas de concreto, sobre las cuales en ocasiones la cuadrilla de trabajo tiene la tendencia a dosificar una mayor cantidad de agua que la especificada y necesaria para el equilibrio entre trabajabilidad y consistencia de la mezcla, lo cual genera un detrimento en la resistencia final que se obtendrá del concreto, para este fin fue necesario exponer estas razones al personal de trabajo y tener un control estricto sobre la dosificación de agua.

2. APOYO EN LAS FASES DE DIAGNÓSTICO Y DISEÑO A PROYECTOS DE ACUEDUCTOS VEREDALES CONTRATADOS POR LA ALCALDIA DEL MUNICIPIO DEL ROSARIO NARIÑO

Es el segundo capítulo en el que se divide el presente informe del trabajo de grado y corresponde al apoyo técnico de consultoría brindado como pasante de ingeniería civil en las fases de diagnóstico y diseño de dos proyectos contratados por la alcaldía del municipio del Rosario Nariño, correspondiente a la fase de evaluación o diagnóstico del sistema de acueducto de la vereda la Guaca y la fase de diseño para el proyecto del nuevo sistema de acueducto de la vereda San Miguel, en los cuales se realizó el acompañamiento desempeñando las funciones que se describen a continuación.

2.1 DIAGNOSTICO Y DISEÑO DEL ACUEDUCTO PARA LA VEREDA SAN MIGUEL

La vereda de San Miguel perteneciente al municipio del Rosario y a 2 horas de la cabecera municipal se encuentra a una altitud de 1160 m.s.n.m en su centro poblado y de 1230 m.s.n.m en la bocatoma, en el año 2017 tenía 170 habitantes dedicados principalmente a la agricultura menor, 50 viviendas, una pequeña escuela y se proyectó para un periodo de diseño de 25 años en el año 2042 una población futura de 248 habitantes lo cual corresponde a un nivel de complejidad bajo (<2500 habitantes); para una tasa de crecimiento de 1,53%, para estas condiciones y los cálculos pertinentes se obtuvo un caudal máximo diario de 0,7 LPS.

2.1.1 Diagnóstico del sistema existente y estudios realizados.

Inicialmente una comisión de topografía realizó los estudios topográficos del sistema de acueducto existente con el que contaba la población y se realizó por parte del pasante una visita a la vereda y recorrido por los sitios de ubicación del acueducto existente y posible construcción del nuevo sistema; este recorrido se realizó en compañía de los pobladores de la vereda y la junta de acción comunal, levantando un registro fotográfico y las medidas necesarias de su sistema de acueducto actual el cual se encuentra en estado deficiente de funcionamiento a causa de la antigüedad de las estructuras de bocatoma y tubería de conducción, analizando las alternativas disponibles se escoge la óptima y casi única fuente de agua pura, que corresponde a una quebrada de un caudal de 23 LPS y que está ubicada relativamente cercana a la vereda a abastecer.

Figura 27. Captación existente, vereda San Miguel

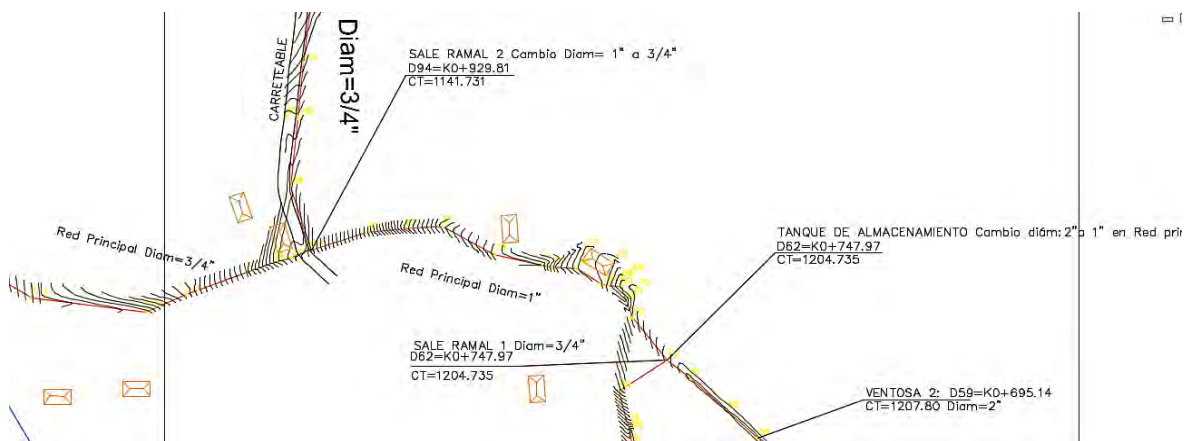


Fuente: Producto de esta pasantía.

Como se puede apreciar en la anterior figura, la Infraestructura del sistema de acueducto existente en la vereda San Miguel, presenta deterioro y diseños artesanales anticuados que requieren ajustarse a la normatividad actual y a las necesidades futuras proyectadas para la población.

Posteriormente se realizó el estudio de los censos poblacionales y los planos topográficos entregados, entre los cuales se encuentran el levantamiento del acueducto con los respectivos puntos de referencia para la ubicación de las unidades de bocatoma, desarenador, y tanque de almacenamiento con información de puntos de referencia, curvas de nivel, cotas, y perfil del terreno sobre el cual se ubicará el sistema de acueducto para la vereda “San Miguel”.

Figura 28. Fragmento planos topográficos vereda San Miguel



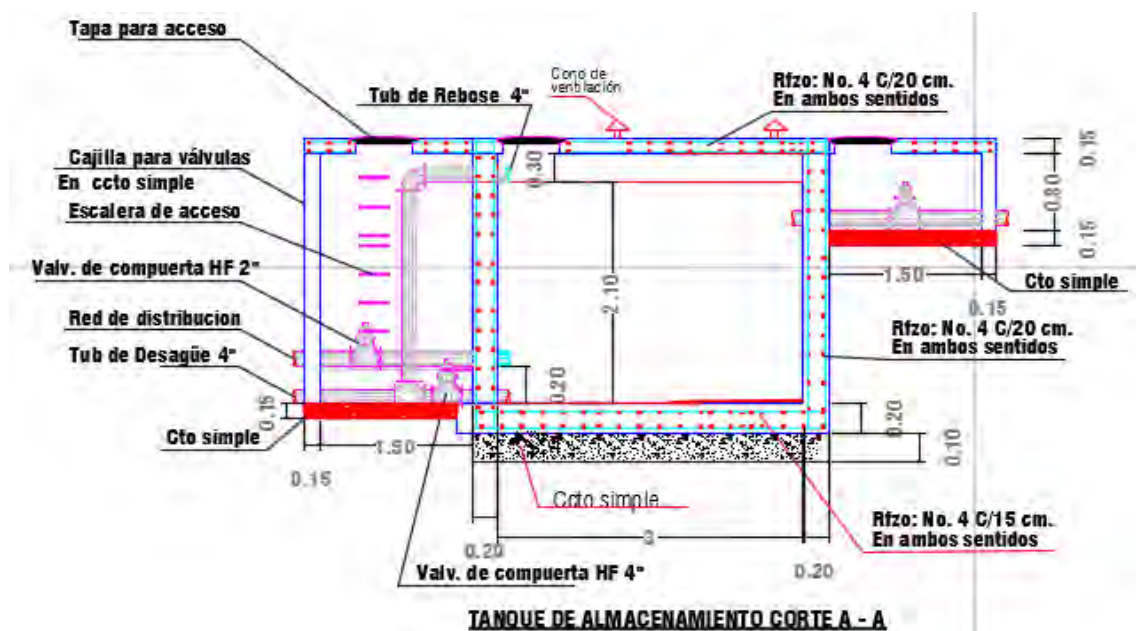
Fuente: Producto de esta pasantía.

Se realizó un recorrido de replanteo con el topógrafo para verificar la ubicación, orientación y espacio disponible para la construcción de las unidades y tubería del sistema, adicionalmente se realizó un aforo del caudal de la quebrada el cual revelo que el caudal es mucho mayor que el requerido más el factor de mayoración por norma ($23\text{LPS} > 2,5 \times 0,7\text{LPS} = 1,75\text{LPS}$) igualmente se resalta que la cuenca aguas arriba de la quebrada es de tipo montañosa con vegetación virgen y sin uso del suelo por actividades humanas, lo cual es una condición favorable para la evaluación de la calidad de la fuente de captación.

2.1.2 Diseño hidráulico del sistema de acueducto

Según la información analizada se chequea y participa en el diseño hidráulico apoyándose en programas computacionales como Excel y AutoCAD, para un caudal máximo diario de 0,7LPS, una bocatoma a una cota de 1230 msnm con rejilla de fondo de 64cm por 30cm y cajilla de derivación, un desarenador convencional ubicado contiguo a la vía que comunica San Miguel con la cabecera municipal de El Rosario a 29,13m de la bocatoma de 2,16m de largo, 0,54m de ancho y altura total de 2,35m para un porcentaje de remoción del 75% y partículas con diámetro de 0,05mm; Igualmente la línea de aducción y conducción de 1976 metros de longitud en tubería de presión para agua potable de 2" con 2 válvulas de purga y 2 ventosas, un tanque de almacenamiento a una cota de 1198 msnm de 19m³ de capacidad con un largo y ancho de 3m y una altura útil de 2,1m; 2 ramales que componen la red de distribución en tubería de 1" de diámetro y 1 cámaras de quiebre de presión.

Figura 29. Fragmento plano tanque de almacenamiento San Miguel



Fuente: Producto de esta pasantía.

Se plasmó el diseño hidráulico en memorias de cálculo y planos de las unidades del sistema incluyendo la Bocatoma, desarenador, Tanque de almacenamiento y cámaras de quiebre de presión, chequeando igualmente los cálculos y cumplimiento de requerimientos exigidos por el RAS-2000 Título B aplicable y vigente en su versión 2014, y los conocimientos adquiridos en las asignaturas de la rama de aguas como acueductos en materia de la hidráulica de las unidades, chequeo de presiones según el RDE 21 de la tubería, cotas y niveles de la aducción, conducción y red de distribución tipo ramificada.

Conjuntamente al proceso de diseño del sistema de acueducto y sus unidades, se realiza un análisis de la zona en cuestión de topografía, uso de suelos, servicios disponibles, costos de acarreo y mano de obra, vías de acceso, medios de transporte, medios de comunicación y demás aspectos necesarios para tener en cuenta en la formulación del proyecto y elaboración del presupuesto del mismo, adicionalmente a los cálculos de costos unitarios de materiales y cantidades requeridas para la construcción de lo diseñado, equipos, herramientas, los costos de administración del proyecto y consideraciones de imprevistos del proyecto en cuestión.

2.2 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA LA GUACA.

El diagnóstico del sistema de acueducto con el que cuenta la vereda la Guaca perteneciente al municipio del Rosario Nariño se realiza en el mes de Marzo de 2017 y contempla una visita de reconocimiento a la vereda y un recorrido diagnóstico por las diferentes unidades y conducciones pertenecientes al sistema de acueducto en compañía de un topógrafo y la junta de acción comunal, de la cual se escuchan y anotan sus respectivas consideraciones e informaciones acerca del funcionamiento e historial de operación del acueducto, se hace también un levantamiento fotográfico y mediciones. Todo esto se realiza para una primera fase de planeación, levantamiento de datos en la zona y definir el alcance o intervención necesaria del proyecto constructivo que deberá optimizar el funcionamiento del sistema existente. Las funciones desempeñadas por el pasante durante el recorrido del sitio del proyecto fue el levantamiento de la información que se presenta a continuación mediante la presentación de un informe escrito con registro fotográfico.

2.2.1 Habitantes

En esta etapa inicial no se ha realizado un estudio minucioso o censo de la vereda, para fines de consideraciones en predimensionamientos se consulta con los líderes comunales de la vereda, los cuales en base a estudios realizados recientemente reportan 60 viviendas y 240 habitantes para la fecha (marzo de 2017).

2.2.2 Localización del proyecto

La vereda la Guaca se encuentra ubicada en el municipio del Rosario Nariño a 20 minutos de la cabecera municipal por la vía que conduce del Rosario al corregimiento de Esmeraldas y haciendo un desvío por la carretera que conduce al corregimiento de El Rincón.

La bocatoma se encuentra a 2 horas por un camino de a pie desde el centro poblado de la vereda, el cual es aproximadamente 85% ascenso por la parte frontal de un cerro que separa el sitio de captación y la población, el cual es actualmente rodeado por la conducción y aproximadamente el 15% en descenso en el lado posterior del mismo; La conducción actual se realiza aproximadamente la mitad atravesando sectores de potreros y la mitad restante atraviesa un complejo ecosistema de bosque húmedo con espesura de follajes, abundantes árboles y un suelo pantanoso.

2.2.3 Sistema de abastecimiento de agua presente

La vereda la Guaca se encontraba para la fecha servida de un sistema de captación construido hace 20 años por la población con ayuda de un ingeniero, que capta el agua de la parte alta del cerro de la cara que da frente a la vereda y es conducida hasta una cámara o tanque de derivación 1 y abastece 2 ramales principales, uno lateral al cerro y uno central al pie del mismo paralelo a la vía el Rosario – El Rincón, este último ramal además cuenta con un tanque de almacenamiento.

2.2.4 Problemática identificada

La comunidad reporta que en época de verano su actual sistema de acueducto no tiene la capacidad necesaria para abastecer las necesidades de consumo y tarda 3 días en llenar el tanque de almacenamiento, por lo cual fueron necesarios racionamientos del servicio y suministro del mismo en horas específicas a la población.

2.2.5 Sistema alternativo

En vista del problema anteriormente descrito, en el año 2016 y anticipando el verano la comunidad decide con recursos propios realizar de manera artesanal la captación de una quebrada desde la parte posterior del cerro y realizar una conducción bordeando el mismo de aproximadamente 7 kilómetros en manguera plástica de 1", conducida hasta su tanque de almacenamiento, lo cual reportan fue una solución al problema durante la época del verano, pero actualmente está conducción se quedó sin funcionamiento seguramente por algún fallo técnico, lo cual llevo a la comunidad a utilizar nuevamente su sistema de abastecimiento inicial una vez salvada la época de verano.

La población capta el agua mediante un tanque plástico de 1m³ y un tubo de 4” instalado en una pequeña presa artesanal de un metro de ancho y 50 centímetro de alto en un nacimiento de agua.

La fuente de captación en general mantiene un caudal considerable relativo al caudal necesario para la población lo cual se reporta en las mediciones del mismo, reduciéndose en aproximadamente la mitad del caudal en épocas de verano, lo cual hizo esta un fuente idónea para sustituir la deficiente fuente original de captación del acueducto antiguo sobretodo en época de verano; por otro parte al estar este nacimiento de agua en un ecosistema virgen de actividad humana, podría presentar las características de pureza y calidad necesarias.

- **Aforo de caudal:**

Los resultados obtenidos del aforo del caudal de la fuente mediante el método de medición de área o sección y aforo de velocidades de un flotador se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8. Caudal fuente La Guaca

VELOCIDAD	0,4545	m/s
AREA TRANSVERSAL	0,0106	M2
CAUDAL AFORADO	5,1136	LPS
CAUDAL MINIMO fuente	2,8 (2,5 x QMD)	LPS

Fuente: Producto de esta pasantía.

Actualmente la población conduce el agua desde la captación primeramente en tubería de 1 1/2” un tramo de 50 metros y luego en manguera de 1” aproximadamente 75 rollos de 90 metros cada uno para un total de 6750 metros, hasta un sitio provisional de acople con el primer sistema de abastecimiento antes del tanque de almacenamiento; para esto la conducción tiene que rodear desde la parte trasera del cerro para una longitud de conducción de aproximadamente 7 kilómetros.

El sistema de acueducto, cuenta con un tanque de almacenamiento con las siguientes dimensiones libres interiores: Ancho= Largo= 4,5 m y Altura = 2,5m (Volumen útil = 50,625 m³); Además el tanque cuenta con cajillas de válvulas y una caseta de cloración, el rebose de este tanque es almacenado en un tanque de menores dimensiones (2m x 2m x 1,5m), es por esta razón que el proyecto no considera la construcción de un tanque de almacenamiento como necesario, pues la vereda cuenta ya con uno de dimensiones y funcionamiento adecuadas, sin descartar las obras de optimización necesarias de la unidad existente.

Figura 30. Tanque de almacenamiento La Guaca



Fuente: Producto de esta pasantía.

2.2.6 Solución propuesta

Después del recorrido realizado se considera que el proyecto de acueducto necesario para cubrir las necesidades del vital recurso a la población de la vereda se traduce en una óptima captación y conducción de la quebrada o fuente seleccionada en el nuevo sistema de abastecimiento que incluye las siguientes unidades a diseñarse:

- Bocatoma de fondo.
- Desarenador.
- Abducción y conducción en tubería PVC de presión para agua potable aproximadamente 7 km (calcular cantidad exacta según topografía, y parámetros hidráulicos de RDE, diámetro, cantidad de uniones con soldadura y cantidad de uniones mecánicas espigo-campana)
- Ventosas y válvulas de purga necesarias en la conducción (según cantidad requerida)
- Cámara de quiebre de presión de ser necesaria según los cálculos hidráulicos.

El proyecto no incluirá tanque de almacenamiento pues como se describió este cumple con las dimensiones necesarias para los requerimientos futuros de la población, tampoco comprende la red de distribución pues estas no presentan ninguna deficiencia en cuanto a la óptima distribución de agua a la vereda; en estas condiciones el proyecto requiere iniciar con los estudios específicos necesarios como topografía, censos, análisis de calidad de la fuente y de su cuenca y demás estudios del proyecto para posteriormente realizar el diseño hidráulico, estructural del sistema, cronogramas de ejecución y presupuesto.

CONCLUSIONES

Se brindó por parte del pasante y se culminó de manera satisfactoria, el apoyo técnico a los proyectos: construcción acueducto vereda Loma Pamba, diagnóstico y diseño de acueductos veredales en el municipio del Rosario Nariño y optimización acueducto vereda Santa Rosa del municipio de Santacruz, dando cumplimiento a los objetivos planteados para este trabajo.

Se recopiló y estudió toda la información técnica plasmada en estudios y planos disponibles, que hicieron parte del acompañamiento constructivo que fue entregado o realizado por el pasante, para la documentación y el desarrollo de los proyectos.

Se realizó de manera activa y documentada mediante la supervisión constante, registros fotográficos, mediciones, ensayos de campo y elaboración de informes y reportes la inspección de control de todas las actividades de obra correspondientes a los proyectos de construcción del acueducto para la vereda Loma Pamba del municipio del Rosario Nariño y para la optimización del acueducto de la vereda Santa Rosa del municipio de Santacruz de Guachavez.

Se veló por el mejor aprovechamiento de los equipos, herramientas y recursos humanos de forma adecuada y que fueron necesarios dentro de las obras.

Se logró la construcción y el cumplimiento de las especificaciones de diseño de las estructuras y conducciones hidráulicas en los diferentes sistemas de acueducto construidos o intervenidos.

Se llevó un constante seguimiento de los planos de construcción durante el desarrollo del proyecto, lo cual fue de vital importancia para la ejecución ordenada y correcta de los procedimientos e instalaciones en la construcción.

Se logró llevar un seguimiento de los rendimientos de mano de obra, reflejadas en las mediciones de cantidades de obra ejecutada en la unidad de medida correspondiente y en el tiempo tardado en su ejecución.

Se realizó también la cuantificación de las cantidades de obra ejecutada para la elaboración de pre-actas de avance las cuales fueron entregadas al ingeniero constructor, el cual posteriormente reflejaba esta información en las actas parciales de pago.

Se llevó el control de la cantidad y calidad de los materiales a emplear en las obras e igualmente de las mezclas de concretos o morteros elaborados en obra,

por ejemplo, mediante la supervisión de los parámetros de calidad de los agregados a emplear y la medición de la consistencia y contenido óptimo de agua de mezcla mediante la realización del ensayo de asentamiento “Slump”.

Se llevó el libro de obra conjuntamente con el Ingeniero contratista, anotando en el diariamente información como la fecha, las actividades realizadas, el clima, la mano de obra, el equipo y la herramienta empleada y cualquier contratiempo, imprevisto o notificación surgida en la obra que se necesitaba registrar y comunicar al ingeniero constructor.

Se presentaron informes quincenales escritos al ingeniero contratista, donde se reportaba de manera resumida todo lo referente a la obra en la última quincena de trabajo, incluyendo los avances, contratiempos, notificaciones y reporte de las tareas ejecutadas por el pasante.

Se asesoró técnicamente a los maestros de obra, basándose en los conocimientos adquiridos en materia de construcción y acueductos en los estudios de pregrado, para potenciar de esta manera su conocimiento empírico en los trabajos a realizar.

Se logró realizar a satisfacción el apoyo técnico a la fase de diagnóstico del acueducto de la vereda La Guaca y hasta la fase de diseño para el proyecto de acueducto de la vereda San Miguel, proyectos que se presentaron en el municipio de El Rosario Nariño.

Se consideró durante la ejecución la importancia de las etapas previas a la construcción y los estudios específicos de los proyectos de acueducto en cuanto a las condiciones de la zona, como topografía, geología, estudio de suelos y de la cuenca hidrográfica, calidad de la fuente de captación y sus variaciones de caudal en el tiempo, estudios poblacionales o censos y estudios de los factores socio económicos de la población, así como su nivel educativo y tecnológico para de esta manera determinar la correcta tecnología aplicable en materia de capacidad y calidad del servicio de acueducto.

El acompañamiento técnico realizado se reflejó también en un mejor rendimiento en la cantidad de materiales empleados y de trabajo en las cuadrillas de obra, pues la supervisión constante por parte del pasante permitió también la planeación y sincronización de las diferentes tareas como calculo, pedido y transporte de materiales, previsión de cronogramas, manejo de calendarios de actividades de obra y demás actividades logísticas.

RECOMENDACIONES

Es importante realizar un seguimiento a los planos, para construir con la mayor exactitud posible lo especificado en ellos, teniendo en cuenta que, de ser necesarias modificaciones por razones de fuerza como las condiciones del terreno, se debe consultar la aprobación y nuevas especificaciones por parte de los ingenieros constructores y diseñadores.

Deben realizarse siempre los ensayos pertinentes en obra, para garantizar la calidad de la misma, tales como en las fundiciones la toma de cilindros de concreto para la prueba de resistencia a la compresión y el ensayo de asentamiento o SLUMP para verificar la consistencia de la mezcla elaborada.

Es de vital importancia la cooperación de las comunidades beneficiadas por un proyecto de acueducto, pues de estos procesos conjuntos se obtiene información necesaria a tener en cuenta para la mejor aplicación y funcionamiento de los sistemas que resultan en un servicio con la capacidad y calidad adecuada, así como la satisfacción de la comunidad.

En este tipo de proyectos, que tratan de las necesidades y servicios básicos de las comunidades, se debe analizar también la coherencia de lo planteado en el proyecto y eventualmente replantear algunos aspectos que en ocasiones se asumen de manera meramente técnica o considerando simplemente minimizar la inversión monetaria del proyecto, sin tener en cuenta una visión más global de las condiciones socio económicas, tecnológicas, ambientales y de sostenibilidad en el contexto del proyecto que se reflejaran en los años proyectados como periodo de diseño en los costos reales totales de todo lo que implica la operación y mantenimiento de dicho sistema de acueducto.

Para el diseño hidráulico de un sistema de acueducto debe tenerse en cuenta siempre la normatividad vigente aplicable, como lo es el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, junto con sus resoluciones y modificaciones.

Juega un papel muy importante en la ejecución de un proyecto la supervisión técnica constante de los procesos constructivos, que van de la mano con una adecuada fundamentación teórica y práctica para de esta manera realizar los controles necesarios sobre la forma de realizar cada actividad en específico y los resultados que se esperan obtener en materia de funcionamiento y operación de la estructuras hidráulicas, por esto se deben chequear activamente sus dimensiones y calidad de los materiales empleados y mezclas elaboradas.

BIBLIOGRAFIA

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS- 2000. Bogotá D.C, 2000.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO, Resolución No.2320. Bogotá D.C, 2009.

SALAZAR CANO, Roberto, Acueductos, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS, Artículo. -630. Concreto estructural, Bogota D.C, 2013.

AMERICAN INTERNATIONAL SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM C143, Asentamiento en el hormigón fresco.

AMERICAN INTERNATIONAL SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM C31, Práctica normalizada para la preparación y curado en obra de las probetas para ensayo del hormigón.

GOBERNACIÓN DE NARIÑO, Planes de desarrollo Municipales del Departamento de Nariño vigencia 2016 - 2019 [En línea] <http://xn--nario-rta.gov.co/inicio/index.php/gobernacion/gestion-administrativa/planes-programas-y-politicas/529-planes-de-desarrollo-municipales>

ANEXOS

- ANEXO 1. CONTRATO DE OBRA NO" 0765 L.P 04-2016 "CONSTRUCCIÓN
ACUEDUCTO VEREDA LOMA PAMBA"
- ANEXO 2. COTIZACIONES DE COSTOS PROPIOS DE LA ZONA
- ANEXO 3 RELACIÓN DE LISTADO DE MATERIALES.
- ANEXO 4. ACTA DE RECIBO POR PARTE DE LA COMUNIDAD DEL
ACUEDUCTO LOMA PAMBA
- ANEXO 5. ACTA FINAL DE OBRA ACUEDUCTO LOMA PAMBA
- ANEXO 6. PRESUPUESTO OPTIMIZACIÓN ACUEDUCTO SANTA ROSA.