

**DISEÑO DE DIFERENTES OBRAS EN LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DENTRO DEL MUNICIPIO BAJO LA DIRECCIÓN DE LA
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE PASTO EMPOPASTO S.A. E.S.P**

OSCAR JAVIER ALVAREZ ZAMBRANO

**Entidades:
UNIVERSIDAD DE NARIÑO Y
EMPOPASTO S.A E.S.P**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2004**

**DISEÑO DE DIFERENTES OBRAS EN LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DENTRO DEL MUNICIPIO BAJO LA DIRECCIÓN DE LA
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE PASTO EMPOPASTO S.A. E.S.P**

OSCAR JAVIER ALVAREZ ZAMBRANO

**INFORME FINAL DE PASANTIA PARA OPTAR
AL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

DIRECTOR

**Ing. GABRIEL JURADO DELGADO
Jefe Sección de Interventoría
EMPOPASTO S.A E.S.P**

COORDIRECTORA

**Ing. JANET OJEDA HIDALGO
Docente Universidad de Nariño**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2004**

A la memoria de mi abuelo Julio Zambrano

A mi mejor amiga; que es mi madre, Hilda del Rosario Zambrano Guerra, a quien le debo mi vida y que se ha convertido en la razón de esta

A mis hermanos Mónica, Byron y Mario Fernando

A mis Tías Ema y Ana que han sido mis segundas madres, a mi tía Yolanda, mi primos Diego, Patricia, Andrés, Nasly y Daniel

A mi Abuela Maria Esther Ponce

A mis Amigos y Amigas que siempre han estado conmigo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, porque siempre me ha acompañado en mi sendero, protegiéndome y levantándome en los momentos difíciles.

A los ingenieros Janet Ojeda Hidalgo y Gabriel Jurado Delgado por haberme colaborado durante esta pasantía.

A todo el personal de EMPOPASTO S.A E.S.P los cuales hicieron satisfactoria mi instancia dentro de esta empresa.

A mi familia por su apoyo incondicional durante toda mi existencia hasta el momento.

A mis compañeros de universidad que de una u otra manera ayudaron en la realización de esta pasantía.

A mis amigos Andrés Argoty, Diego Andrade y Tatiana Montilla por brindarme su apoyo incondicional durante toda mi carrera y durante la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. JUSTIFICACIÓN	22
2. DELIMITACIÓN	23
3. OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GENERAL	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. MARCO TEÓRICO	25
5. METODOLOGÍA	28
6. DESARROLLO DE LA PASANTÍA	30
6.1 POZOS SÉPTICOS – CORREGIMIENTO LA LAGUNA	30
6.1.1 Investigación preliminar	30
6.1.2 Diseño	31
6.1.2.1 Pre-tratamiento	32

6.1.2.2	Tratamiento (Tanque séptico)	32
6.1.2.3	Pos-tratamiento (FAFA)	33
6.1.2.4	Disposición del agua efluente	33
6.1.3	Aspectos de construcción	35
6.1.3.1	Excavaciones, concretos, refuerzo y formaleta	35
6.1.3.2	Instalación de los sistemas sépticos	38
6.1.4	Observaciones	39
6.1.4.1	Trampa de grasas	40
6.1.4.2	Tanques sépticos	40
6.1.4.3	Campos de infiltración	40
6.1.5	Ejecución	40
6.1.6	Presupuesto	42
6.2	ACUEDUCTO SECTOR CATAMBUCO CENTRO	42
6.2.1	Investigación preliminar	42
6.2.2	Sistemas de Abastecimiento existentes	46

6.2.2.1	Acueducto San José	46
6.2.2.2	Acueducto Taminango	49
6.2.2.3	Acueducto Miraflores	51
6.2.3	Aforo a las fuentes existentes	56
6.2.3.1	Nacimiento Aguada Guadalupe – Acueducto San José	57
6.2.3.2	Nacimiento Taminango – Acueducto Taminango	59
6.2.3.3	Nacimiento Agua Caliente – Acueducto Miraflores	59
6.2.4	Análisis de las condiciones actuales de los sistemas de abastecimiento	62
6.2.4.1	Población Actual	62
6.2.4.2	Nivel de complejidad	62
6.2.4.3	Dotación neta mínima (D_{NETA})	63
6.2.4.4	Porcentaje máximo de pérdidas admisibles (%PER).	63
6.2.4.5	Dotación bruta (D_b).	63
6.2.4.6	Consumo medio diario (c.m.d).	63
6.2.4.7	Consumo uso público (c.m.p).	63

6.2.4.8	Consumo uso industrial (c.i)	63
6.2.4.9	Consumo Máximo Diario (C.M.D)	64
6.2.5	Posibles soluciones al problema	65
6.2.6	Conclusiones y recomendaciones	67
6.3	UNIDADES SANITARIAS PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CUJACAL (VIEJO Y NUEVO)	70
6.3.1	Localización del proyecto	70
6.3.2	Justificación del problema	70
6.3.3	Investigación preliminar	70
6.3.4	Diseño	70
6.3.5	Aspectos constructivos	72
6.3.5.1	Excavaciones	72
6.3.5.2	Relleno	73
6.3.5.3	Acometidas e instalaciones internas	73
6.3.5.4	Estructuras en concreto y mampostería	74
6.3.5.5	Enchape para pisos	77

6.3.5.6	Caja de inspección	78
6.3.5.7	Cámara de inspección	78
6.3.6	Presupuesto	78
6.4	REPOSICIÓN TRAMO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL - BARRIO LAS LUNAS	80
6.4.1	Localización	80
6.4.2	Antecedentes	80
6.4.3	Objetivo y alcance	83
6.4.4	Levantamiento topográfico	84
6.4.5	Especificaciones de diseño	84
6.4.5.1	Nivel de complejidad del sistema	84
6.4.5.2	Período de diseño	84
6.4.5.3	Población de diseño	84
6.4.5.4	Dotación	85
6.4.6	Método de cálculo hidráulico	86
6.4.7	Diseño alcantarillado sanitario	86

6.4.7.1	Caudal medio diario (Q_{MD})	87
6.4.7.2	Caudal máximo horario (Q_{MH})	90
6.4.7.3	Aportes por conexiones erradas (Q_{CE})	90
6.4.7.4	Aportes por infiltración	91
6.4.7.5	Caudal de diseño	91
6.4.8	Diseño alcantarillado pluvial	91
6.4.8.1	Caudal de diseño	91
6.4.8.2	Área tributaria de drenaje	92
6.4.8.3	Coefficiente de escorrentía (C)	92
6.4.8.4	Intensidad de precipitación (I)	93
6.4.8.5	Período de retorno (T_r)	94
6.4.8.6	Tiempo de concentración (T_c)	94
6.4.8.7	Tiempo de entrada (T_e)	94
6.4.8.8	Tiempo de recorrido (T_r)	95
6.4.9	Aspectos de construcción	95

6.4.10 Presupuesto	97
6.4.11 Observaciones y recomendaciones	97
6.5 TRABAJOS ADICIONALES	99
7 CONCLUSIONES	100
BIBLIOGRAFIA.	102
ANEXOS	103

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Familias beneficiadas con el proyecto	31
Cuadro 2. Presupuesto pozos sépticos – corregimiento la laguna	43
Cuadro 3. Relación de diámetros red de distribución – Acueducto San José	49
Cuadro 4. Relación de diámetros red de distribución – Acueducto Taminango	52
Cuadro 5. Relación de diámetros red de distribución – Acueducto Miraflores	55
Cuadro 6. Número de habitantes por sistema	62
Cuadro 7. Oferta hídrica de las fuentes existentes	64
Cuadro 8. Relación caudales vs. Habitantes	69
Cuadro 9. Presupuesto unidades sanitarias	78
Cuadro 10. Población futura	85
Cuadro 11. Caudal doméstico	87
Cuadro 12. Consumos comerciales e industriales	89
Cuadro 13. Caudales medios	89
Cuadro 14. Caudales máximos horarios	90
Cuadro 15. Caudales de diseño	91
Cuadro 16. Áreas tributarias	93
Cuadro 17. Presupuesto alcantarillado – Barrio Las Lunas	98

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Instalación pozos sépticos	41
Figura 2. Problemas de excavación	42
Figura 3. Bocatoma – acueducto San José	47
Figura 4. Inicio de red de conducción – Acueducto San José	47
Figura 5. Tanque de almacenamiento – Acueducto San José	48
Figura 6. Interior bocatoma – Acueducto Taminango	50
Figura 7. Bocatoma acueducto Taminango	50
Figura 8. Tanque almacenamiento – Acueducto Taminango	51
Figura 9. Bocatoma - Acueducto Miraflores	52
Figura 10. Detalle repartición caudal – Acueducto Miraflores	53
Figura 11. Desarenador – Acueducto Miraflores	54
Figura 12. Tanque de almacenamiento – Acueducto Miraflores	54
Figura 13. Deterioramiento de los sistemas	55
Figura 14. Sistema de tratamiento aplicado	56
Figura 15. Sección homogénea donde se realizó el aforo	57
Figura 16. Aforo bocatoma – Acueducto San José	58
Figura 17. Aforo tanque de almacenamiento – Acueducto San José	58
Figura 18. Tuberías para repartir caudal – Acueducto Miraflores	60
Figura 19. Aforo – Acueducto Miraflores	61

Figura 20 Aforo en desarenador - Acueducto Miraflores	61
Figura 21. Aforo de posible fuente	66
Figura 22. Posible nacimiento	67
Figura 23. Tramo a reponer – Calle 15 entre carreras 9ª y 10ª	81
Figura 24 Conformación del sistema – Alcantarillado Las Lunas	81
Figura 25. Estado general de la zona – Alcantarillado Las Lunas	82
Figura 26. Hundimiento del pavimento	83

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Plano de diseño pozos sépticos – Corregimiento La Laguna.	102
Anexo B. Censo de población Sector Catambuco Centro.	103
Anexo C. Análisis físico-químico de la fuente PISISQUI – Sector Catambuco Centro.	104
Anexo D. Concesión de aguas de las fuentes existentes	105
Anexo E. Negación concesión de aguas – Fuente Pisisiqui.	106
Anexo F. Citación de La Procuraduría y respuesta emitida.	107
Anexo G. Plano de diseño.- Unidades sanitarias	108
Anexo H. Cuadro de cálculo alcantarillado sanitario.	109
Anexo I. Cuadro de cálculo alcantarillado pluvial	110
Anexo J. Planos de diseño alcantarillado separado Las Lunas.	111

RESUMEN.

El trabajo realizado dentro de La Empresa de Obras Sanitarias de Pasto, EMPOPASTO se basó primordialmente en dar factibilidad a proyectos solicitados por la comunidad y realizar el respectivo diseño de los mismos, aparte de atender las necesidades internas de la empresa en cuanto a obras civiles se refiere.

La mayoría de trabajos encomendados fueron afines al diseño de acueductos, de alcantarillados y de sistemas de tratamiento de aguas negras de tipo primario.

Bajo el anterior esquema los trabajos realizados fueron:

- Diseño de sistemas sépticos - Corregimiento La Laguna.
- Diseño acueducto Sector Calambuco Centro.
- Diseño unidades sanitarias para tanques de almacenamiento Cujacal Nuevo y Viejo.
- Reposición tramo de alcantarillado sanitario y diseño de alcantarillado pluvial Barrio Las Lunas.

De los anteriores proyectos se lograron culminar en su completa totalidad tan solo dos, en el caso de los restantes hubo inconvenientes presupuestales que detuvieron la normalidad de su desarrollo

Aparte de los anteriores diseños, se realizaron trabajos correspondientes a atender solicitudes de disponibilidad de servicios en diferentes sectores de la ciudad de Pasto.

Todos los proyectos encomendados fueron realizados bajo la supervisión de las directrices de EMPOPASTO conjuntamente con el apoyo del codirector de la pasantía.

SUMMARY.

The realized work inside The Company of Sanitary Works of Pasto, EMPOPASTO was based primarily on to give feasibility to projects requested by the community and to carry out the respective design of the same ones, apart from assisting the internal necessities of the company as for civil works he/she refers.

Most of commended works went you tune to the design of aqueducts, of sewer systems and of systems of treatment of black waters of primary type.

Under the previous outline the realized works were:

- Design of septic systems - Corregimiento the Laguna.
- I design aqueduct Sector Catambuco Center.
- I design sanitary units for storage tanks New and Old Cujacal.
- Reinstatement tract of sanitary sewer system and design of sewer system pluvial Neighborhood the Moons.

Of the previous projects they were possible to culminate in their complete entirety so alone two, in the case of the remaining ones there were inconveniences you budget them that they stopped the normality of their development

Apart from the previous designs, they were carried out corresponding works to assist applications of readiness of services in different sectors of the city of Grass.

All the commended projects were carried out jointly under the supervision of the guidelines of EMPOPASTO with the support of the co-director of the internship.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento y ampliación de la cobertura de los servicios públicos, contribuye al aumento de la calidad de vida de la población beneficiada; bajo este esquema la Empresa de Obra Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A. E.S.P. desarrolla tanto el diseño como la construcción de diferentes obras relacionadas con la red de acueducto, la red de alcantarillado y en general con obras para el saneamiento básico (tratamientos de agua potable y de agua negra), con lo cual se pretende disminuir entre otras el índice de enfermedades concentradas en su mayoría en la población infantil, y dar una mayor y mejor cobertura de los servicios públicos; en busca de mejores niveles de vida.

Dentro de este esquema La Universidad de Nariño juega un papel importante a través de la formación de profesionales con criterio y ética para la formulación y evaluación de proyectos. Por tal razón EMPOPASTO S.A. E.S.P. Nit 891.200.686-3 y la Universidad de Nariño, a través del programa Universidad-Empresa; convenio de cooperación interinstitucional, busca establecer lazos de cooperación y apoyo entre la academia y la empresa, para generar espacios de intercambio y actualización de conocimientos para el desarrollo del talento humano, a través de pasantías.

La presente pasantía se realizó en la Sección de Diseños de la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A. E.S.P. cuyo trabajo se basó primordialmente en dar factibilidad a proyectos solicitados por la comunidad y realizar el respectivo diseño de los mismos, aparte de atender las necesidades internas de la empresa en cuanto a obras civiles se refiere.

Los proyectos realizados se fueron asignando según la prioridad de la empresa en la consecución de los mismos, es decir se destinaron uno o dos proyectos al iniciar el trabajo y a medida que se llevaban a cabo se fueron asignando más proyectos.

Se debe tener en cuenta que los trabajos encomendados poseen limitantes para el diseño tales como la demora en la realización de estudios topográficos y la falta de presupuesto para estudios principalmente de tipo geotécnico.

El desarrollo de la pasantía estuvo supervisado por el Ingeniero Civil Gabriel Jurado Delgado, como director del proyecto por parte de EMPOPASTO S.A E.S.P quien se

desempeñó inicialmente como Jefe de la Sección de Diseños de esta empresa y que posteriormente fue trasladado al cargo de Jefe de Interventoría dentro de la misma. La universidad de Nariño efectuó el control a través de la Ingeniera Civil Janet Ojeda Hidalgo en calidad de Codirectora quien estuvo pendiente de todos los trabajos asignados y realizados durante el período de duración de la pasantía.

Las funciones realizadas como miembro de la sección de diseños fueron básicamente las siguientes:

- Diseños de proyectos completos o reposiciones de tramos de alcantarillado sanitario y/o pluvial.
- Diseño de acueductos.
- Estudio de disponibilidad de servicios.
- Diseño de sistemas para el saneamiento básico.
- Apoyo directo al equipo de trabajo de la Sección de Diseños.
- Elaboración y revisión de presupuestos.

1. JUSTIFICACIÓN

El Departamento de Nariño, y específicamente el municipio de Pasto, han venido afrontando graves problemas de nivel sanitario, como es el deterioro que ha sufrido la red de alcantarillado debido en parte a la gran demanda de tráfico que afronta esta zonal la cual aumenta los esfuerzos que soporta el suelo y las tuberías, esto sin contar con la necesidad de fuentes para el abastecimiento de agua potable en muchos corregimientos, como es el caso de Catambuco centro, que hoy en día cuenta con un acueducto demasiado deteriorado y con insuficiencia de caudal para las exigencias de esta zona.

Estos problemas tienen consecuencias negativas para la población, afectando el desarrollo social, económico y cultural de la región

La acción que se desarrollará en este trabajo de grado consiste en apoyar la gestión administrativa de los planes de acción que maneja La Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A. E.S.P. dentro del proceso de diseño y evaluación de proyectos. El respaldo técnico que se lleve a cabo en el desarrollo de las obras adelantadas por EMPOPASTO S.A. E.S.P. es de gran importancia en el resultado final de los proyectos y por lo tanto en el cumplimiento de los mismos. Igualmente la realización de este trabajo de grado es relevante dentro de la formación profesional como componente práctico indispensable para adquirir el título de Ingeniero Civil.

2. DELIMITACIÓN

La pasantía se desarrolló en la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A. E.S.P. dentro de la sección de diseños en convenio con la Universidad de Nariño y durante el período comprendido entre el 24 de Junio hasta el 24 de Diciembre de 2003.

Los proyectos realizados se fueron asignando según la prioridad de la empresa en la consecución de los mismos, es decir se destinaron uno o dos proyectos al iniciar el trabajo y a medida que se llevaban a cabo se fueron asignando más. Los proyectos realizados cubrieron varios sectores del Municipio de Pasto acogiendo de esta manera tanto el casco urbano como el rural.

El seguimiento y la elaboración de los informes, tuvo la guía y la aprobación del director y de la codirectora de la pasantía. Durante la realización de esta se asignaron algunas actividades complementarias como fue la elaboración de un programa efectuado con el fin de organizar la información que posee la empresa acerca del plan maestro de alcantarillado; este programa se realizó en lenguaje Visual Fox-Pro por la versatilidad que posee este para el objetivo que se quería alcanzar.

Otras actividades complementarias fueron el apoyo continuo al equipo de diseños colaborando con la realización de aforos o con visitas de inspección o atendiendo solicitudes de disponibilidad de servicios.

Estas actividades aunque han sido nombradas no serán tenidas en cuenta en el desarrollo de este informe final por la simpleza de su ejecución y elaboración y por no poseer un argumento fuerte dentro de los objetivos que se pretenden alcanzar en la realización de esta pasantía.

La Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A. E.S.P por intermedio de todo el personal que labora en el Departamento de Infraestructura garantizó y apoyó el continuo desempeño y el desarrollo de todas las labores y obligaciones, aspecto que contribuyó a alcanzar los objetivos planteados.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

La presente pasantía tiene por objeto brindar apoyo técnico en la parte de formulación y diseño de los proyectos que maneja la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto EMPOPASTO S.A. E.S.P.

Es decir indicar los diseños, procedimientos constructivos, materiales, equipos, mano de obra y metodologías aceptadas por EMPOPASTO S.A. E.S.P. además de la elaboración de presupuestos para ejecutar las diferentes obras que lleva acabo esta institución.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Tomar decisiones en el planteamiento y la solución de problemas relacionados con los proyectos a manejar.

Diseñar los proyectos que se ejecutarán a lo largo de esta pasantía.

Evaluar y organizar las distintas etapas de diseño y construcción.

Trabajar y comprender el proceso de contratación en los proyectos que lo necesiten.

Aplicar los procedimientos y hacer recomendaciones en aspectos constructivos coherentes con el diseño planteado para los diferentes proyectos a manejar.

Poner en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera para la correcta elaboración de proyectos.

4. MARCO TEÓRICO

La Empresa de Obras Sanitarias de Pasto, EMPOPASTO S.A. E.S.P entre los objetivos que persigue está el de mejorar y ampliar la cobertura de los servicios públicos, contribuyendo de esta manera al aumento de la calidad de vida de la población beneficiada.

Entre las obras que maneja esta empresa se encuentran todas aquellas que tienen que ver con equipos y procedimientos operativos que se utilicen en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado y sus actividades complementarias. También abarcan aquellas obras que tienen que ver con el tratamiento del agua.

Entendiendo lo anterior como:

Los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado¹.

Lo anterior en cuanto a las obras de interés comunitario, pero aparte de estas, la Sección de Diseños se encuentra encargada de atender aquellas obras de carácter interno de la Empresa; las cuales abarcan no solo obras de tipo hidráulico sino también aquellas de tipo estructural y geotécnico.

Cabe mencionar que se entiende como: obras hidráulicas: todas las obras que van a servir para manejar algún tipo de fluido.

Obras de tipo estructural: todas aquellas obras que van a soportar algún tipo de carga.

¹ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS – 2000. Bogota, 2000. Título A Artículo 3. p. A1

Y Obras de tipo geotécnico: aquellas obras que tienen que ver directamente con el suelo y que pueden contener o no elementos estructurales.

Todos los diseños referentes a acueductos, alcantarillados y a obras de saneamiento básico están ajustados a la normatividad del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS – 2000.

Este Reglamento tiene:

Por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelanten las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces².

Se debe tener en cuenta que “Las Normas RAS-2000 no afectan la aplicación de normas y especificaciones técnicas que internamente emitan las empresas prestadoras de los servicios, siempre que no vayan en detrimento de la calidad del servicio y no contradigan el Reglamento Técnico”³.

Todos los proyectos efectuados constan de un “diseño”*, de unas “especificaciones técnicas”** y de un presupuesto.

En cuanto a alcantarillados se refiere es conveniente destacar los diferentes tipos que de ellos existen los cuales son:

“Alcantarillado de aguas combinadas Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas lluvias”⁴.

² MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Op. Cit., Título A. Artículo 2 p. A.1

³ *Ibíd.*, Artículo 6 p. A.4

* Información básica, memorias y tablas de cálculo.

** Descripción de los ítems del proyecto acompañado de recomendaciones constructivas.

⁴ *Ibíd.*, p. A.94

“Alcantarillado separado Sistema constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvias que recolectan en forma independiente en un mismo sector”⁵.

La filosofía de EMPOPASTO S.A. E.S.P frente a estos diseños es la de llegar a conformar un sistema de alcantarillado separado en todo el casco urbano y rural del Municipio de Pasto aunque para esto existen limitaciones topográficas y presupuestales entre otras, que afectan la ejecución de estos proyectos, sobre todo en el diseño del descole.

Si esto sucede con alcantarillados, en el diseño de acueductos la situación no mejora puesto que existe un problema que se ha convertido en el común denominador y el cual es relevante para el diseño de estos sistemas; este es la falta de fuentes de agua y la presencia de cotas de población elevadas frente a las fuentes existentes; siendo necesario plantear sistemas de bombeo y grandes movimientos de tierra.

Finalmente los sistemas de tratamiento y depuración de agua se manejan en mayor medida en el casco rural y en la mayoría de los casos son de tipo primario básico.

El diseño de estos se ven necesarios; por la carencia de sistemas de alcantarillado que se presenta en ciertos sectores del Municipio o por lo difícil que resulta la realización de algún tipo de empalme con los sistemas de alcantarillado existentes; lo que en muchos casos esto se vuelve imposible o genera una sobre-elevación de costos.

Por la anterior razón se opta por darle un tratamiento a las aguas servidas antes de de ser vertidos a alguna fuente de agua cercana o al suelo, esto sin olvidar que el agua sufre de por sí un tratamiento auto-depurativo.

⁵ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Op. Cit., p A.94

5. METODOLOGÍA

Los proyectos realizados durante el período de la pasantía se desarrollaron siguiendo tres acciones principales.

Como acción inicial está la recolección de la mayor información existente posible de los proyectos a realizar. Esta acción abarca la consulta de todos aquellos datos que tienen que ver con la ubicación, delimitación, climatología, economía de la región entre otros. Con esto se busca conocer el sitio donde está ubicado el proyecto para después programar una visita a él.

La segunda acción está encaminada a la realización de visitas técnicas para conocer el estado actual de las zonas donde se realizarán los proyectos encomendados, para así poder tomar parámetros de diseños confiables y aplicar criterios relacionados con el proyecto más factible, seguro y económico.

Esta acción es un complemento indispensable de la primera ya que permite verificar la veracidad de la información consultada para tomar decisiones relacionadas con el diseño.

En esta acción, además de lo anterior también se entra a realizar un levantamiento topográfico de la zona si el proyecto lo requiere. Para esto EMPOPASTO S.A. E.S.P cuenta con comisiones topográficas a las cuales se debe programar para que realicen el trabajo requerido*.

Con base en las dos anteriores acciones se desarrolla la última actividad, dentro de la cual se elabora el diseño con sus respectivos planos, memorias de cálculo, presupuesto y las correspondientes especificaciones técnicas en las cuales se estipulan los procedimientos constructivos a tener en cuenta.

Frente a los presupuestos vale la pena aclarar que EMPOPASTO S.A. E.S.P maneja su propia base de datos de análisis de precios unitarios.

* Este es uno de los inconvenientes para la realización de los proyectos ya que EMPOPASTO S.A. E.S.P cuenta solo con dos comisiones topográficas y en muchas ocasiones su programación se ve afectada por la gran cantidad de trabajo que se presenta.

La ejecución de cada una de las tres acciones mencionadas anteriormente, estuvo bajo la supervisión y el apoyo de todo el personal que labora en el Departamento de Infraestructura.

Cabe mencionar que a las actividades encomendadas tuvieron un seguimiento, el cual se basó en la presentación de informes mensuales describiendo las acciones realizadas durante el transcurso del mes, esto frente a las directivas de EMPOPASTO S.A. E.S.P, específicamente frente al Departamento de Infraestructura de esta entidad. Conjuntamente se presentó un informe cada dos meses al Comité Curricular notificando los avances del Proyecto.

EMPOPASTO S.A. E.S.P ejecutó un continuo control del trabajo destinado, por medio de evaluaciones acerca del desempeño del pasante; efectuadas por las directrices del Departamento de Infraestructura.

En este trabajo se presenta una descripción detallada de los proyectos realizados durante el tiempo de la pasantía, acompañado de soportes como son fotografías, planos, memorias de cálculo y presupuestos entre otros.

6. DESARROLLO DE LA PASANTÍA

6.1 POZOS SÉPTICOS – CORREGIMIENTO LA LAGUNA

6.1.1 Investigación Preliminar. El corregimiento La Laguna se encuentra ubicado camino al oriente, por la vía que de San Juan de Pasto se va al Putumayo, a ocho kilómetros de la ciudad capital y a una altura de 2800 m, sobre el nivel del mar conformando así un clima frío. Esta zona se caracteriza por su predominio de paisajes verdes por lo que su economía es de base agrícola principalmente.

Este proyecto incluye a casas ubicadas en diferentes veredas de este corregimiento como son: Dolores Reten, San Fernando, La Playa, Alto San Pedro, San Luís y Alto Agua Pamba. Este proyecto se ejecutó en estas veredas porque en ellas se observó una mayor necesidad de la comunidad.

En esta zona la contaminación de las fuentes de agua, suelo y aire se deben en gran medida a las actividades domésticas como son las labores de cocina, lavado de ropa y agua residuales producidas por sanitarios; esto se debe a la carencia de procedimientos de evacuación de aguas negras como lo representa los sistemas de alcantarillado. Debido a lo anterior se ve aumentado el riesgo de infecciones de seres humanos y animales.

Por la ubicación tan lejana de las viviendas que entran en este proyecto y por no poseer un ordenamiento definido, la construcción de un sistema de recolección de tipo colectivo se dificulta. Por lo tanto se optó por la instalación de sistemas de pozos sépticos individuales.

Este proyecto involucró la instalación de Sistemas Sépticos Domiciliarios para 15 familias las cuales no poseen ningún tipo de método de tratamiento de aguas residuales, constatando que se está atendiendo las necesidades más urgentes de este territorio.

En el Cuadro 1 se indican las familias beneficiadas con el proyecto, al igual que la vereda a la que pertenecen y el número de integrantes de cada una.

6.1.2 Diseño. Dado a que la construcción de un sistema de recolección de tipo colectivo se dificulta, se optó por la instalación de sistemas individuales de pozos sépticos prefabricados, para las viviendas que lo necesitan, ya que estos sistemas se acomodan a las condiciones que se presentan en este corregimiento además de proporcionar una fácil instalación.

Cuadro 1. Familias beneficiadas con el proyecto

VEREDA	NOMBRE	No. HABITANTES
DOLORES RETEN	Maria Isabel Jossa	6
SAN FERNANDO	Clemente López	5
LA PLAYA	Jesús Hermeldo Jojoa	5
ALTO SAN PEDRO	Fila Luz Marina Botina	10
SAN LUIS	Segundo Puerres	3
	Maria Isabel Jossa P	2
	Luís Laureano Jossa	5
ALTO AGUAPAMBA	José Maria Jossa	5
	Maria Licenia de la Cruz	2
	Benjamín Botina	7
	Gerardo Jossa	4
	Edmundo Naspiran	7
	Eduardo Jojoa	9
	Ángel Maria Botina	6
	Asociación ASAN	11 socios

Este sistema adoptado en su totalidad garantiza que el efluente domiciliario cumpla con la legislación ambiental Colombiana vigente. Completo este sistema se compone de cuatro etapas fundamentales:

Pre-Tratamiento: se refiere al manejo del agua afluyente y a una trampa de grasa.

Tratamiento: que se trata de un tanque séptico.

Post-Tratamiento: fundamentado en un filtro anaeróbico de flujo ascendente FAFA*.

Disposición del agua efluente: en este caso se refiere a un pozo de absorción.

* FAFA. Filtro anaerobio de flujo ascendente

Las anteriores 4 etapas se describen a continuación:

6.1.2.1 Pre-Tratamiento. El cual consta de dos aspectos fundamentales, los cuales son:

- **Manejo del agua Afluyente:** esta parte se refiere a la sensibilización a la que debe llegar el usuario para hacer un uso adecuado del aparato sanitario, de los ácidos, de químicos, de excedentes de fumigación, de gasolina, de aceites, de tiñes, etc. ya que estos matan las bacterias necesarias para el proceso de biodegradación.

En cuanto al presente sistema a instalar, se debe tener en cuenta que las toallas sanitarias, el papel y los materiales no biodegradables colmatan el pozo séptico y taponan el FAFA por lo cual se deben reciclar por aparte. Además se debe evitar la entrada de aguas lluvias, arena o tierra al sistema.

- **Trampa de grasa:** es un pequeño tanque de polietileno lineal con entrada y salida de 2 pulgadas de diámetro y con accesorios dispuestos en tal forma que se logre que las grasa y los detergentes queden retenidos en la superficie por ser mas livianos que el agua, evitando así; que pasen al tanque séptico.

En una construcción que apenas se inicia, la trampa de grasas se puede instalar al lado de la casa recibiendo solo el desagüe de la cocina en cambio en una construcción vieja se deberá determinar previamente si la profundidad de los desagües permite su ubicación tanto por espacio disponible como por profundidad.

De cualquier forma la trampa de grasa debe ser ubicada lo más cercanamente posible a la vivienda beneficiada.

6.1.2.2 Tratamiento (*Tanque Séptico*). Un tanque séptico es un recipiente o cámara cerrada, en donde se depositan temporalmente las aguas negras provenientes de la vivienda. El sistema puede diseñarse con uno, dos o mas tanques conectados entre si adecuadamente según las necesidades de cada caso. El tanque esta construido de tal forma que su tamaño, forma y disposición de sus tubos de entrada y salida garanticen la permanencia del agua un mínimo de 24 horas dentro del tanque con el fin de que se efectúen los procesos bioquímicos y físicos mediante los cuales las bacterias anaeróbicas descomponen

la materia orgánica convirtiéndola en gases, líquidos y sólidos que se separan dentro del tanque séptico por procesos físicos de sedimentación y flotación, originando la formación de tres capas bien definidas: una capa de lodos en el fondo, una capa flotante de natas en la superficie y una capa intermedia líquida que es la que fluye hacia fuera del tanque a medida que entran las aguas negras.

Los lodos y las natas acumulados en el tanque es necesario desalojarlos cada uno o dos años según el uso que haya tenido el sistema. Los lodos podrán ser utilizados como abono previamente mezclados con cal agrícola o enterrándolos junto con las natas.

La separación de gases, lodos y natas en el tanque séptico es la evidencia de que se ha realizado un proceso de descontaminación.

6.1.2.3 Pos-Tratamiento (FAFA). Debido a que la eficiencia del tanque séptico en el tratamiento de aguas residuales está entre el 20 y el 40 %, es necesario hacerle un post-tratamiento al efluente del tanque séptico; el cual se basa en un filtro FAFA.

Este filtro no es más que un tanque con un falso fondo sobre el cual se deposita grava o triturado de 2 a 2 ½ pulgadas de diámetro previamente lavadas.

El agua que sale del tanque séptico entra por tubería al falso fondo del filtro anaerobio y sube a través del triturado creando un flujo ascendente uniforme produciendo un filtrado del agua que la deja en condiciones de poderse utilizar para riego, infiltrarse al suelo o verter en alguna fuente de agua.*

6.1.2.4 Disposición del agua efluente. Existen varias opciones para la disposición del efluente entre las cuales están:

- **Riego:** el efluente del FAFA puede utilizarse como riego para una huerta o sembrado, aprovechando el abono contenido en él.

* La calidad del agua efluente de un sistema séptico de tipo prefabricado cumple con la legislación ambiental Colombiana vigente, cumpliendo la eficiencia de descontaminación exigida y quedando en condiciones de ser vertida al suelo.

- **Campo de Infiltración:** este consta de una caja de distribución la cual tiene por objeto repartir el efluente hacia zanjas del campo de filtración. Las zanjas recomendadas tienen 30 cm. de ancho por 45 a 60 cm. de profundidad. Su longitud varía desde 20 m para terrenos arenosos hasta 140 m para terrenos menos absorbentes. Sobre el fondo de la zanja se pone una capa de gravilla de 15 cm. de espesor. Encima de esta capa se coloca tubería perforada para irrigación de 4 pulgadas de diámetro. Se cubre la tubería con gravilla y se completa el relleno de la zanja con el material de excavación. La longitud de la zanja debe ser determinada mediante pruebas de percolación. El campo de infiltración no es recomendable para los terrenos muy arcillosos con poca absorción o con absorción excesiva ni donde el agua subterránea este a muy poca profundidad. En este caso deberá conducirse a una corriente de agua cercana.

- **Pozo de Absorción:** en lugar de las zanjas de infiltración se puede hacer un pozo de absorción para recibir el agua que sale de FAFA. Igual que en el campo de infiltración se requiere que el terreno tenga buena absorción de agua y que las fuentes de agua limpia estén a más de 1 m de distancia.

En este proyecto se optó por la construcción de Pozos de absorción por no contar con suficiente terreno para zanjas de infiltración.

El pozo de absorción consiste en un hueco preferiblemente de forma cónica o cilíndrica, por su corta altura requerida; que se construye para infiltrar las aguas residuales en el suelo ya que este, es el medio más recomendable para la oxidación del agua. La infiltración al subsuelo se realiza a través de las paredes y el piso permeable.

“Se recomienda que el diámetro del pozo sea de 1 m, la profundidad es variable debido que el pozo debe buscar un suelo capaz de absorber los desechos”⁶

Cada sistema prefabricado incluye: una trampa de grasas, un tanque séptico y un filtro anaeróbico de flujo ascendente.

⁶ SALDARRIAGA, Juan. Seminario Taller Diseño de Redes Internas de Alta Tecnología. Bogotá: PAVCO S.A. Pág. 236.

El Sistema Séptico Domiciliario Prefabricado se ofrece de 2000 litros de capacidad (un tanque séptico de 1000 Lts. y un FAFA de 1000 Lts), para viviendas hasta de 6 personas y de 4000 litros de capacidad (un tanque séptico de 2000 Lts. Y un FAFA de 2000 Lts) para viviendas hasta de 12 personas. En ambos casos la trampa de grasas viene con una capacidad de 105 litros.

6.1.3 Aspectos de construcción. Los aspectos constructivos que se deben tener en cuenta para la instalación de cada componente del sistema son los siguientes*:

La excavación para la instalación de tubería debe ser realizada de 0.6 m de ancho por 1.2 m de profundidad con una longitud que se acomodará a las condiciones de las viviendas de cada beneficiario.

6.1.3.1 Excavaciones, concretos, refuerzo y formaleta. Las excavaciones para la instalación de la trampa de grasa, el tanque séptico y el filtro anaerobio se deberán realizar dejando una distancia entre 5 y 10 cm a la cara externa de cada tanque y teniendo en cuenta que cada elemento deberá ser colocado sobre una base de mas o menos 10 cm de espesor realizada en arena y gravilla.

El material extraído debe ser retirado o colocado a suficiente distancia de la excavación, de tal manera que no se convierta en sobrecarga que desestabilice los taludes.

Una vez colocadas y alineadas las tuberías, así como terminada la construcción de las obras complementarias, se deberá proceder a colocar los rellenos necesarios con la respectiva compactación según las normas vigentes.

Se deberá realizar relleno con material común solamente para cubrir la excavación referente a la instalación de tubería con sus correspondientes accesorios.

Para cubrir el espacio sobrante en las excavaciones realizadas para la disposición de la trampa de grasas, el tanque séptico y el filtro anaerobio así como para la realización de sus respectivas bases se utilizará un relleno de arena y gravilla en una mezcla de 1:2 en volumen.

* Esto teniendo en cuenta que se realizó un diseño “tipo” debido a la homogeneidad de las viviendas beneficiadas.

En el revestimiento de las paredes del pozo de absorción se utilizará un relleno con grava, utilizando una grava de tamaño máximo de 2 ½” haciendo su colocación de tal forma que los elementos más gruesos queden hacia el muro en soga y los elementos más finos hacia el subsuelo, esto con el fin de evitar el deslizamiento y la penetración del subsuelo al tanque a la vez que se logrará mejorar la infiltración del sistema.

Para la construcción de tapas y vigas de protección de los diferentes elementos del sistema se utilizará un concreto de 3000 PSI, teniendo en cuenta que el espesor de las tapas será de 0.10 m para el tanque séptico de 2000 Lts y el filtro anaerobio de 2000 Lts y para el resto de elementos será de 0.08 m. Las vigas serán construidas como se indica en los planos de diseño (véase Anexo A).

El agregado grueso utilizado para este concreto deberá ser gravilla seleccionada para mejorar la resistencia y la disposición de la mezcla frente al refuerzo.

En general todas las superficies que reciban concreto estarán libres de basuras, materiales extraños, aceites, grasas, fragmentos de roca y lodos.

Cuando se coloque concreto directamente sobre superficies de tierra o llenos estructurales, la superficie se humedecerá pero sin que se formen lodos.

El refuerzo a utilizar en la construcción de las tapas será de 3/8 en las dos direcciones dispuesto cada 20 cm. como se observa en los planos de diseño (véase Anexo A) esto diseñándolas por cuantía mínima como se muestra a continuación debido a que las cargas a soportar son muy reducidas por lo tanto.

$$\rho = 0.0033 \quad \therefore \quad A_s = 0.0033 * 100 * t$$
$$A_s = 0.0033 * 100 * 10 = 3.3 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

Utilizando varillas de 3/8 cuya área es de 0.71 cm² se tendrá una separación de:

$$S = \frac{100 * 0.71}{3.3}$$

$$S = 21.5 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

El refuerzo por temperatura también será tomado cada 20 cm por seguridad.

La viga de concreto será reforzada con dos varillas de 3/8" amarradas cada 25 cm. con flejes de 1/4" cuyo diseño se realizó por cuantía mínima tal y como se muestra en seguida.

$$\rho = 0.0033 \quad \therefore \quad A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0033 * 20 * 20 = 1.32 \text{ cm}^2 \text{ equivalente a 2 varillas N}^\circ 3.$$

La separación de los flejes se calculará por área mínima y estará dada por la siguiente expresión teniendo en cuenta que será utilizado para estas varillas N° 2:

$$S = \frac{A_v * f_y}{3.5 * b_w}$$

$$S = \frac{2 * 0.32 * 2800}{3.5 * 20}$$

$$S = 25.6 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm.}$$

La construcción de esta viga además de servir como soporte para las tapas de protección evitará que la tierra alrededor del tanque se vaya desmoronando.

En cuanto a las formaletas se utilizará para la construcción de las vigas y las tapas de protección para los diferentes elementos del sistema, las dimensiones y cotas se deberán controlar cuidadosamente y se corregirán todos los errores que en ella se presenten antes de iniciar las operaciones de vaciado del concreto. Se prestará especial atención a los soportes y anclajes de las formaletas antes, durante y después de la colocación del concreto, y se corregirán todas las deficiencias que presenten estos sistemas.

El interior de las formaletas se deberá limpiar para eliminar cualquier residuo de virutas, mortero de vaciados anteriores y en general todo material extraño a los tableros y a la estructura.

Para facilitar el curado de los concretos y para permitir las reparaciones de las imperfecciones de las superficies, se retirarán las formaletas tan pronto como el concreto haya fraguado el suficiente tiempo para evitar daños durante el retiro de las mismas.

6.1.3.2 Instalación de los sistemas sépticos.

- **Sistema séptico 2000 lts***: cada sistema prefabricado incluye: una trampa de grasas, un tanque séptico y un filtro anaeróbico de flujo ascendente.

Para la instalación del sistema domiciliario prefabricado se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos referentes a cada elemento.

Trampa de grasas. Este elemento es el primero en ser instalado, y a él solo deben llegar las aguas provenientes de la cocina. Si las instalaciones existentes no permiten separar las aguas de la cocina del resto de las aguas negras, es preferible no instalar este elemento.

Tanque séptico. Este elemento debe ser instalado en un sitio donde no transiten vehículos, animales ni personas.

Se debe tener en cuenta que el orificio de entrada es el más alto y el de la salida el más bajo.

En terrenos cuyas aguas subterráneas se encuentran a muy baja profundidad, para la instalación del tanque se deberá tener en cuenta que el hueco deberá estar sin líquido alguno, si el nivel del agua no permite el asentamiento del tanque (flotación), deberá llenarse el tanque con una capa de 20 cm. de gravilla, teniendo presente que la capacidad del tanque se disminuirá en un 15% aproximadamente.

Filtro anaeróbico de flujo ascendente. Este se instala de igual manera que el tanque séptico teniendo en cuenta que la entrada corresponde al orificio más bajo.

* En este la capacidad del tanque séptico y del filtro anaerobio es de 1000 lts cada uno.

Una vez finalizada la instalación del tanque y de sus accesorios se debe colocar el falso fondo y un primer tendido de grava tendiendo luego la gravilla hasta completar una capa de más o menos 10 cm. por debajo del tubo de salida del agua. La grava deberá tener un tamaño entre 2 y 2 1/2" y se requerirá de 0.8 M3 de grava.

En zonas de inundaciones o de nivel freático alto se deberá depositar primero, antes de enterrar el FAFA un primer tendido de grava para evitar que el tanque flote.

- **Sistema séptico 4000 lts:** la instalación de este tipo de sistema se debe realizar con las mismas recomendaciones del sistema de 2000 lts teniendo en cuenta que en el tanque séptico y el filtro anaeróbico poseen una capacidad de 2000 litros cada uno y que la grava necesaria sobre el falso fondo del filtro anaerobio es de 1.6 M3.
- **Pozo de absorción:** la construcción del pozo de absorción se deberá hacer con un mortero de pega pobre en proporción aproximada de 1:6 en volumen esto se hará con el fin de facilitar la absorción al subsuelo garantizando una mayor eficiencia del sistema.

El hueco del pozo de absorción irá revestido por un muro en soga el cual se hará con ladrillo común, dejando orificios o espacios libres entre ladrillo y ladrillo de 10 a 15 cm. para dar cabida de esta forma a la infiltración.

Las especificaciones en lo referente a medidas de la trampa de grasa, el tanque séptico, el filtro anaeróbico y el pozo de absorción están claramente referenciadas en los planos de diseño (véase Anexo A).

6.1.4 Observaciones. Los cálculos de la acometida a cada casa, referente a instalación de tubería y excavación han sido aproximados; teniendo en cuenta la homogeneidad de las viviendas se ha realizado el diseño para una vivienda tipo. Los accesorios que se puedan involucrar en esta zona no están incluidos en el presupuesto.

El presupuesto está realizado para las instalaciones básicas y posibles para un sistema séptico prefabricado.

La ubicación de cada sistema debe hacerse según el criterio del contratista pero con la aprobación del Interventor; cumpliendo con las especificaciones recomendadas por el fabricante en la instalación de los Sistemas Sépticos Domiciliario Prefabricados y con las especificaciones dadas en la NORMA RAS - 2000 citadas a continuación.

6.1.4.1 Trampa de Grasas:

Son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. La capacidad de almacenamiento mínimo expresado en Kg. de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en litros por minuto. El tanque debe tener 0.25m² de área por cada litro por segundo y una velocidad ascendente mínima de 4mm/s⁷.

6.1.4.2 Tanques sépticos. “Los tanques sépticos deben conservar las siguientes distancias mínimas: 1.50 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración; 3.m distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua y 15.m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza”⁸

6.1.4.3 Campos de infiltración*. “Debe localizarse aguas abajo de los tanques sépticos y deben ubicarse en suelos cuyas características permitan una absorción del agua residual que sale de los tanques sépticos a fin de no contaminar las aguas subterráneas. Debe evitarse la proximidad de árboles, para prevenir la entrada de raíces”⁹.

6.1.5 Ejecución. Dentro de la ejecución de este proyecto se presentaron problemas con respecto a la instalación, los cuales se dieron principalmente por razones de manejo de espacios y por la dificultad en la realización de acometidas como se observa en la Figura 1.

⁷ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Op. Cit., Título E Numeral E.3.3 p E.28

⁸ Ibíd., Título E Numeral E.3.4 p E.30

* Aplicadas en este caso al pozo de absorción.

⁹ Ibíd., Título E Numeral E.3.5.1.1 p E.32

Figura 1. Instalación pozos sépticos



El problema más relevante se suscitó en la construcción de algunos pozos de absorción ya que en la excavación de estos se encontró con suelos poco o nada permeables y en otras situaciones más graves se encontró la presencia de nivel freático a poca profundidad como se observa en la Figura 2. Bajo estas situaciones, el funcionamiento de los pozos de absorción se ve frustrado o por lo menos limitado; por lo cual se debe dar una solución inmediata.

Figura 2. Problemas de Excavación



Frente a la presencia de nivel freático la solución más inmediata es buscar un método para abatirlo por lo cual se debe examinar las condiciones topográficas del sector. Si la topografía del terreno lo permite la forma más simple de hacerlo es construyendo una zanja hasta la profundidad a la cual se desee abatir el nivel freático.

Cuando se presenta suelo no permeable se puede solucionar colocando una tubería perforada con longitud suficiente que permita la total filtración de las aguas acumuladas en el pozo.

6.1.6 Presupuesto. El presupuesto de este proyecto se encuentra consignado en el Cuadro 2.

6.2 ACUEDUCTO SECTOR CATAMBUCO CENTRO

6.2.1 Investigación Preliminar. Catambuco centro se encuentra ubicado a 8 Km. al sur de la ciudad de San Juan de Pasto, la cual posee predios urbanos y rurales y actualmente se ha denominado por parte de la Alcaldía Municipal como zona sub-urbana 1 dentro del P.O.T de la ciudad, debido a lo anterior las necesidades de esta región se ven afectadas enormemente.

Los límites de esta región son: al norte con Jongovito, al sur-este con San Juan de Pasto, al sur con la vereda La Merced, al occidente con la vereda Cubiján y al oriente con Botanilla. El área de la cabecera es de 193.41 hectáreas. Su altura es de 2820 metros sobre el nivel del mar con una temperatura de 12 °C catalogándose como clima frío.

La importancia de este sector radica en parte a su ubicación sobre uno de los ejes viales más importantes del Valle de Atriz como lo es la Carretera Panamericana, la cual pone en contacto a esta región con la ciudad de Pasto, con el resto del municipio y de la región central y con el sur del departamento de Nariño.

Esta localización favorece de alguna manera su desarrollo físico y en la ubicación en su territorio de instalaciones agroindustriales, como son las fábricas y procesadoras de café y de productos lácteos, perfilando el lugar como una zona industrial y de concentración de población tanto rural como urbana.

Cuadro 2. Presupuesto pozos sépticos – Corregimiento La Laguna

ITEM	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN Y/O EN CONGLOMERADO HASTA 2 MTS	M3	336,62	6.620	2.228.424
.1.2	RELLENO COMUN COMPACTADO/SALTARIN	M3	14,3	5.520	78.936
1.3	RELLENO CON GRAVA Y ARENA 1:2	M3	23,54	31.420	739.627
1.4	RELLENO CON GRAVA Y ARENA 1:2	M3	15,15	35.420	536.613
2	ESTRUCTURAS EN CONCRETO				
2.1	CONCRETO SIMPLE 3000 PSI PARA TAPAS Y VIGAS	M3	9,47	196.875	1.864.406
2.2	ACERO DE REFUERZO FY - 60000 PSI	KG	1099,36	1.378	1.514.918
2.3	FORMALETA	M2	167	12.914	2.156.638
3	POZO DE ABSORCION				
3.1	MORTERO 1:6	M3	1,3	157.399	204.619
3.2	MAMPOSTERIA EN SOGA	M2	52,5	17.495	918.488
4	SUM. E INST. DE SISTEMAS SEPTICOS				
4.1	SISTEMA SEPTICO 2000 lts. INCLUYE ACCESORIOS	UN	13	958.551	12.461.163
4.2	SISTEMA SEPTICO 4000 lts. INCLUYE ACCESORIOS	UN	2	1.327.551	2.655.102
TOTAL COSTO DIRECTO					25.358.934
A.U.I 20%					5.071.786,7
GRAN TOTAL					30.430.720

La topografía en su mayoría es plana o ligeramente inclinada, situación que favorece el desarrollo del sector agrícola y ganadero, además las tierras son altamente fértiles por estar conformadas por cenizas volcánicas y por una gruesa capa vegetal que permite el cultivo de gran variedad de productos de muy buena calidad.

Históricamente el territorio del Corregimiento de Calambuco perteneció a la Encomienda asignada por la Corona Española a Díaz Sánchez de Narváez, inicialmente con 80 indígenas tributarios distribuidos en las tierras de laboreo y alta producción; además, este territorio fue escenario de las últimas luchas contra los republicanos que apoyaban al Rey Fernando VII hacia el año de 1823.

El entorno de la cabecera de Corregimiento de Calambuco presenta características rurales por lo tanto las actividades que se desarrollan en el suelo

son relacionadas con la producción agropecuaria, observándose usos agrícolas en parcelas y fincas productivas autosuficientes*, y uso pecuario de tipo ganadero en menor grado. En general, el uso del suelo suburbano de Catambuco con actividades agropecuarias está fuertemente presionado por el cambio a uso residencial, siendo la tendencia más notoria la vivienda tipo casa-lote y la instalación de nuevas fábricas y procesadoras de productos agropecuarios.

En cuanto a los sistemas de servicios Públicos Domiciliarios se puede citar que la red de alcantarillado está en mal estado y su cobertura es baja, dado el crecimiento acelerado y desordenado del poblado. En muchas calles en torno a la cabecera se vierten las aguas negras a acequias a cielo abierto al borde de los andenes, situación que perjudica el saneamiento ambiental. El vertimiento a cielo abierto de las aguas residuales del sistema de alcantarillado local, esta ubicado cerca al poblado en las inmediaciones del Colegio Santa Teresita, contaminando los suelos agrícolas y viviendas rurales, al igual que a los cuerpos de agua de las Quebradas Miraflores, Catambuco y Cubiján.

Las redes de electrificación y alumbrado público cubren la cabecera y el entorno urbano, pero están en muy mal estado. La empresa prestadora del servicio tiene tarifas fijas sin embargo no tiene planes inmediatos de mejorar y mantener el servicio de energía eléctrica. Otro tipo de energía aun prevalece en el sector rural del entorno de Catambuco como lo es el carbón y la leña como combustible.

Referente al sistema de agua potable el Corregimiento de Catambuco Centro cuenta con tres sistemas independientes: nacimiento Taminango ubicado sobre el casco urbano, nacimiento Miraflores ubicado a cuatro Kilómetros del casco urbano y nacimiento San José ubicado a tres kilómetros. El tratamiento que se le da al agua es deficiente al igual que el estado de la red de distribución ya que cumplió su período de utilidad en un 99 % de su longitud total.

La tarifa del servicio de agua es fija y se paga una vez al año, frente a esto la comunidad de Catambuco está dividida en diferentes asignaciones de la siguiente manera: una cuota familiar que pagan 500 pesos al mes, es decir 6000 pesos al año, una cuota comercial que incluye billares, restaurantes, alfarerías entre otros; los cuales pagan 5000 pesos mensuales, una cuota para estaderos de 10000 pesos mensuales y finalmente una cuota industrial que cancela 50000 pesos mensuales. Con estos recaudos se da el mantenimiento al acueducto y se paga la labor de fontanería.

* Cultivos de trigo, papa, maíz, hortalizas..

Con las visitas realizadas se detectó que en la actualidad el Corregimiento de Catambuco Centro presenta los siguientes problemas:

- No se ha definido el perímetro urbano y de servicios de la cabecera del Corregimiento de Catambuco.
- Los usos del suelo en la cabecera de Catambuco Centro, no cumplen con las normas mínimas de urbanismo y construcción por no existir un reglamento adecuado a la realidad de la localidad.
- La ocupación de la ronda de las quebradas que atraviesan el territorio de Catambuco Centro, causan un alto impacto de usos e impacto ambiental.
- Se depositan residuos sólidos y escombros en cualquier parte, porque se carece de un adecuado servicio de recolección y de sitio específico para escombrera.
- La tala indiscriminada e incontrolada ha llevado a la disminución de los caudales de agua de las Quebradas Taminango, San José y Miraflores.
- El nivel de contaminación por descarga directa y por medio de canales abiertos en las calles, de aguas servidas en las quebradas es alto, provocando malos olores, sedimentación y pérdida de capacidad de conducción.
- La red de alcantarillado está en muy mal estado, además su cobertura es deficiente ocasionando problemas de salubridad en sectores en donde las aguas residuales corren a cielo abierto.
- El sistema de recolección de residuos sólidos es deficiente por la baja frecuencia (cada 15 días) y la falta de educación ambiental de los pobladores.
- El sistema de alumbrado público está en muy mal estado por falta de mantenimiento y reposición de redes, postes y lámparas.

- El sistema de Acueducto de Catambuco Centro, presenta problemas en sus diversas componentes: fuentes, captación, tanque de almacenamiento, tratamiento y redes de distribución.

6.2.2 Sistemas de Abastecimiento Existentes. Como ya se mencionó el Sector de Catambuco Centro actualmente cuenta con tres sistemas de abastecimiento que trabajan independientemente los cuales son:

6.2.2.1 Acueducto de San José. Actualmente este sistema abastece a 3450 personas con un total de 655 acometidas* que representan un 65.8 % del total de la población. Este sistema fue construido en 1961 y se le realizó un pequeño mejoramiento en 1981 además está conformado por:

- **Bocatoma:** la fuente de este acueducto es un nacimiento de agua que aflora en la vereda denominada Vocacional localizada a 3 Km. del centro de este sector. Para la captación se construyó en 1961 una estructura consistente en un muro de contención de 1.50 m y junto a él un tanque para la recolección del caudal captado, este se encuentra en mal estado, presenta grietas y no ha tenido ningún tipo de mejoramiento. Además la base del tanque se construyó muy cerca al muro de contención, esto hace que el agua que fluye por el piso se pierda. (Ver Figura 3)

Hasta hace dos años y medio el tanque permanecía en continuo rebose, pero por deforestaron en la zona el caudal disminuyó, en la actualidad el tanque presenta una lamina de 8 a 10 cm.

- **Conducción:** de la bocatoma sale un tubería de 6 pulgadas en PVC como se observa en la Figura 4, con una longitud de 48 metros; de aquí y en una distancia de 258 metros cambia el diámetro a cuatro pulgadas y termina en tres en una distancia de 984 metros de tubería PVC de aproximadamente 20 años de edad.

En total la conducción tiene una longitud de 1280 m, este acueducto no tiene desarenador por la excelente calidad del agua, la cual no presenta turbiedad.

* Según información suministrada por parte de la Junta Administradora de Acueducto

Figura 3. Bocatoma - Acueducto San José



Figura 4. Inicio de red de conducción – Acueducto San José



Esta conducción posee dos ventosas y una cámara de quiebre además atraviesa varias fincas que aprovechando esto, abastecen sus riegos con este caudal, afectando a todos los usuarios de este acueducto.

- **Tanque de Almacenamiento:** este es un tanque completamente enterrado, y está construido con muros en ladrillo tizón y soga, las paredes se encuentran repelladas y esmaltadas, la losa superior es de concreto reforzado con unas dimensiones internas de 7.50 x 7.50 x 2.10 m, construido hace 20 años. (Ver Figura 5)

Figura 5. Tanque de almacenamiento - Acueducto San José



- **Red de distribución:** la red de distribución sale en tubería PVC de 4 pulgadas, con una longitud de 343.40 m y que posee una edad de 20 años aproximadamente. Luego cambia a 3 pulgadas con lo que recorre una distancia aproximadamente de 374.65 m.

Esta red al llegar al casco urbano se distribuye en forma de malla en algunos sectores y en otros como red ramificada.

Según estudios realizados por la Secretaría de Salud Municipal, el acueducto de San José está contaminado por coliformes totales, esto es posible que se deba a que actualmente el acueducto tiene redes de conducción de asbesto cemento.

La red de distribución se encuentra desordenada ya que se han hecho cambios a criterio de los usuarios y de las juntas que han estado al frente del

acueducto. Esta red cuenta con dos llaves para distribuir el agua, por esta razón cuando se presenta un daño se cierra todo el sistema dejando a la población sin el servicio de agua. La relación de los diámetros y longitudes de tubería que se pudo constatar se encuentran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Relación de diámetros red de distribución

DIAMETRO EN PULGADAS	LONGITUD (m)
½	235
¾	200
1 ¼	538
2	3777
3	1649,4
4	343
SUMATORIA	6742.4

6.2.2.2 Acueducto de Taminango. En la actualidad este sistema abastece a 1336 personas con un total de 325 acometidas* que representan un 25.5 % del total de la población, fue construido en 1960 y sobre su diseño no se ha podido encontrar información alguna.

El acueducto de Taminango está conformado por:

- **Bocatoma:** el nacimiento de Taminango brota del suelo por lo cual se le ha construido un tanque para su recolección el cual está compuesto por una válvula de pie de coladero dispuesta en la salida del flujo, una válvula de compuerta y un niple de PVC por donde se recolecta caudal proveniente de los alrededores como se observa en la Figura 6.

Esta fuente se encuentra ubicada sobre el casco urbano y por encontrarse entre parcelas dedicadas a la explotación agrícola y cría de animales como cerdos y gallinas es vulnerable a desaparecer o a ser contaminada como producto de estas actividades. (Ver Figura 7)

La estructura de esta bocatoma tiene una edad aproximada de 20 años.

* Según información suministrada por parte de la Junta Administradora de Acueducto

Figura 6. Interior bocatoma – Acueducto Taminango



Figura 7. Bocatoma – Acueducto Taminango



- **Conducción:** la red de conducción de este sistema sale con una tubería PVC de 6 pulgadas de diámetro, llegando al tanque de almacenamiento con 4 pulgadas y recorriendo una longitud de 280 metros. Al igual que la bocatoma la edad de la conducción es de aproximadamente 20 años.

- **Tanque de almacenamiento:** este se encuentra situado en el sector urbano en a carrera 3ª con calle 1ª junto al restaurante La Casona del Cuy. Las dimensiones de este tanque son de 5.5 x 5.5 x 2.1 metros, conformado por muros en ladrillo tizón y soga y una placa maciza en concreto reforzado de 20 centímetros de espesor (ver Figura 8)

Figura 8. Tanque de almacenamiento – Acueducto Taminango



- **Red de distribución:** del tanque sale una tubería PVC de 3 pulgadas de diámetro, la relación de diámetros y longitudes están consignados en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Relación de diámetros red de distribución

DIAMETRO EN PULGADAS	LONGITUD (m)
½	495
1	250
1 ¼	545
1 ½	785
2	852
3	1092
SUMATORIA	4019

6.2.2.3 Acueducto de Miraflores. Este acueducto abastece a un total de 119 acometidas que representan aproximadamente 456 personas*, es decir al 8.7% de la población.

El acueducto de Miraflores esta conformado por:

- **Bocatoma:** se encuentra ubicada a 4 Km. del centro de Catambuco y recolecta las aguas provenientes de un nacimiento de agua llamado Agua Caliente la cual se comparte con la vereda La Merced sin ningún tipo de cámara de repartición (ver Figuras 9 - 10).

Figura 9. Bocatoma – Acueducto Miraflores



La bocatoma fue construida en el año de 1990 por el INPES**

El caudal es transportado por tubería sanitaria de 6 pulgadas hasta un supuesto desarenador de 2 x 1 x1.8 metros que no es mas sino un pre-tanque de almacenamiento (ver Figura 11).

* Según información suministrada por parte de la Junta Administradora de Acueducto

** INPES: Instituto Nacional de Programas Especiales de Salud.

Figura 10. Detalle repartición de caudal – Acueducto Miraflores



- **Conducción:** la red de conducción sale en 3 pulgadas hasta la vía Panamericana, cruza la vía por una alcantarilla y baja por la margen izquierda recorriendo una longitud de 1200 metros, luego cambia el diámetro a 2 pulgadas hasta llegar al tanque de abastecimiento con una longitud de 800 metros.

Figura 11. Desarenador – Acueducto Miraflores



- **Tanque de almacenamiento:** este tanque de almacenamiento fue construido hace 12 años y se encuentra ubicado en la vereda San Francisco. (ver Figura 12).

Las dimensiones que posee son 5.5 x 5.5 x 1.80 metros, con un espesor de los muros de 0.25 metros. Este se encuentra en buen estado.

Figura 12. Tanque de almacenamiento – Acueducto Miraflores



- **Red de distribución:** del tanque de almacenamiento sale en tubería PVC de 3 pulgadas de diámetro, la relación de diámetros y sus longitudes se observan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Relación de diámetros red de distribución

DIAMETRO EN PULGADAS	LONGITUD (m)
1/2	100
3/4	720
2	1262
SUMATORIA	2082

Este acueducto está distribuyendo el agua aprovechando la red que antiguamente utilizaba el sistema de San José trayendo como consecuencia una distribución errada y pérdida de agua en las redes en cuanto a diámetros se refiere.

En general todos los sistemas se encuentran en un pésimo estado, los tres tanques no poseen paso directo, las válvulas se encuentran oxidadas y se nota arreglos no técnicos como se puede apreciar en la Figura 13.

Figura 13. Deterioramiento de los sistemas



En la actualidad todos los sistemas cuentan con un tratamiento muy primario de cloración; el cual se basa en la construcción de una caseta en los tanques de almacenamiento, donde se encuentra depositado un tanque que mediante goteo proporciona cloro para la desinfección del agua. La calibración de este sistema lo hacen mediante sencillas pruebas de cloración basada en la comparación de parámetros lo que ya ha ocasionado infecciones en las primeras zonas de la red de distribución. El sistema de cloración se lo puede observar en la Figura 14.

6.2.3 Aforo de las fuentes existentes. El mayor problema que presenta Calambuco Centro referente a los servicios públicos es el deficiente sistema de abastecimiento de agua potable con que cuenta. Lo que conlleva a realizar la proyección de un sistema eficiente con el que se garantizaría un enorme aumento en la calidad de vida.

Bajo estas ideas el primer paso es conocer con cuanto caudal se cuenta, es por eso que se realizó aforos a las fuentes existentes y se los comparó con medidas de caudal tomadas por otras entidades.

Figura 14. Sistema de tratamiento aplicado



Los aforos se realizaron el día 30 del mes de Julio de 2003 y se han comparado con aforos realizados por parte de la Secretaría de Salud Municipal de Pasto a cargo del técnico de saneamiento ambiental Luis Omar Sánchez el día 13 de Marzo de 2002 y por aforos realizados por Corponariño con el fin de dar la concesión de esta agua.

6.2.3.1 Nacimiento Aguada Guadalupe – Acueducto San José. Por ser un nacimiento del subsuelo, el aforo por el método del balde, se hizo imposible. Igualmente la opción de taponar las salidas del flujo y observar en un tiempo determinado cuanto sube la lámina de agua, no es aplicable debido a que la bocatoma presenta una sección irregular y deteriorada como se puede observar en la foto 1, por tanto conocer el área de la lámina se vuelve imposible; además que no existen planos de esta estructura.

Debido a este inconveniente se optó por aplicar el método del corcho en una sección homogénea de la bocatoma. (Figuras 15 - 16).

Figura 15. Sección homogénea donde se realizó el aforo



Figura 16. Aforo en bocatoma – Acueducto San José



Para constatar la veracidad del aforo se realizó otro a la entrada del tanque de almacenamiento de este sistema mediante el método del balde. En promedio entre estos dos aforos se calculó un caudal de 12.86 LPS* (Ver Figura 17).

Figura 17. Aforo en tanque de almacenamiento- Acueducto San José



Comparando este aforo realizado en el mes de Julio de 2003 con el aforo realizado por el técnico de saneamiento ambiental de la Secretaria de Salud Municipio de Pasto, Luís Omar Sánchez, en el tanque de abastecimiento y con balde de 12 litros y cronómetro, el día 13 de Marzo de 2002, en donde se encontró que la fuente posee un caudal de 5.2 LPS y por otra parte con la concesión de aguas realizada por Corponariño, expediente N° 4886 donde se concede una cantidad de 11.4 LPS equivalente al 100% del caudal aforado; se podría sacar un promedio de caudales por haberse realizado los aforos en la misma época de tiempo, con este promedio se podría trabajar para la realización de un diseño teniendo en cuenta los aforos más estables y seguros y haciendo la recomendación respectiva de un nuevo aforo a la entidad que en la realización de este se halla desfasado mucho. Para el caso de la Aguada Guadalupe el promedio se lo calculará descartando el aforo por parte de de la Secretaria de Salud Municipal de Pasto por cuanto es el más inconsistente; por lo tanto el caudal de la fuente sería de 12.13 LPS.

6.2.3.2 Nacimiento Taminango – Acueducto Taminango. El aforo en la bocatoma fue imposible debido a la forma irregular y a que el agua brota del suelo,

* LPS. Litros por segundo

por lo tanto; este se realizó en la entrada al tanque de almacenamiento por el método del balde, encontrando un caudal de 6.1 LPS.

Según el aforo realizado por el técnico de saneamiento ambiental de la Secretaría de Salud Municipal de Pasto, en el tanque de almacenamiento y mediante el método del balde la fuente posee un caudal de 4.22 LPS

Y según la concesión de aguas por parte de Corponariño, expediente N° 5135 se concede una cantidad de 2.34 LPS equivalente al 100% del caudal aforado.

De estos tres aforos el más inconsistente es el determinado en la concesión de aguas por parte de Corponariño, por lo tanto; este se descartará en el presente estudio haciendo la aclaración y recomendación de llevar un nuevo aforo por parte de esta entidad ya que la diferencia de caudal con los otros aforos realizados es eminente, sobre todo con el caudal establecido por la Secretaría de Salud Municipal de Pasto, el cual se realizó a la entrada del tanque de abastecimiento en donde el caudal ya ha recorrido una distancia considerable produciéndose de esta forma pérdidas, que se incrementan por el mal estado de la red de conducción. Estos dos aforos se desfasan en 1.88 LPS lo que conlleva a concluir que el aforo por parte de Corponariño debe ser revisado. Por la anterior razón se sacará un promedio entre los dos restantes caudales aforados dando como resultado 5.2 LPS, valor el cual se maneja para el presente estudio.

6.2.3.3 Nacimiento Agua Caliente - Acueducto Miraflores. Como ya se mencionó este nacimiento se comparte con la vereda la Merced sin contar con una cámara de repartición; simplemente por tuberías colocadas a la misma cota en la bocatoma tal y como se aprecia en la Figura 18.

Aquí se realizaron dos aforos, uno para saber cuánto caudal en total proporciona la fuente y otro con el fin de conocer cuánto caudal de esta fuente, está tomando el Sector de Catambuco Centro.

El procedimiento que se siguió para hacer el aforo del total del caudal se basó en taponar en la bocatoma la salida hacia el acueducto de la vereda La Merced con el fin de acumular todo el volumen de agua y poderlo aforar en el desarenador (Ver Figura 19 - 20) del acueducto de Miraflores por el método del balde, dando como resultado de este aforo un caudal de 2.05 LPS.

Figura 18. Tuberías para repartir caudal – Acueducto Miraflores



Figura 19. Aforo – Acueducto Miraflores



El otro aforo también se realizó igualmente en el desarenador pero no se taponó la salida hacia el acueducto de la vereda La Merced; este aforo dio como resultado 1.57 LPS el cual representa el 76.6 % del total aforado.

Figura 20. Aforo en desarenador - Acueducto Miraflores



Según el aforo realizado por la Secretaria de salud Municipal de Pasto el cual fue realizado por el método del balde en el tanque de almacenamiento esta fuente aporta al acueducto del Sector de Calambuco Centro un caudal de 1.54 LPS equivalente al 50% del caudal total de este nacimiento.

Según la concesión de aguas por parte de Corponariño, expediente N° 5134 se concede una cantidad de 0.95 LPS equivalente al 50% del caudal aforado.

Del aforo realizado en representación de EMPOPASTO S.A E.S.P y basándose en la concesión de aguas se puede observar que el Sector de Catambuco Centro se encuentra tomando un porcentaje mayor del concedido por parte de Corponariño, pero también es cierto que el acueducto de Miraflores abastece a mayor número de pobladores que el acueducto de la vereda La Merced.

Por la anterior razón se trabajará con un promedio entre el valor concedido por Corponariño (0.95 LPS) y el 50% del caudal total aforado en este estudio (1.03 LPS), dando como resultado un caudal de 1.0 LPS, en este promedio se descartara el aforo llevado por parte de la Secretaria de Salud Municipal de Pasto, puesto que este es el mas inconsistente.

6.2.4 Análisis de las condiciones actuales de los sistemas de abastecimiento. “Bajo los anteriores parámetros y teniendo en cuenta que para el correcto funcionamiento de un acueducto la fuente debe garantizar 2.0 veces el Caudal Medio Diario”¹⁰. Se tendría los siguientes parámetros de diseño para este sector*.

6.2.4.1 Población Actual. Según el censo realizado el día 24 de Mayo del 2003 (ver Anexo B) los actuales sistemas de acueducto abastecen la población consignada en el Cuadro 6.

6.2.4.2 Nivel de Complejidad. Para una población entre 2501 y 12500 habitantes se define un Nivel de Complejidad Medio, según tabla A.3.1, Normas RAS-2000.

Cuadro 6. Número de habitantes por sistema

Sistema de Acueducto	Numero de personas beneficiarias
Acueducto San José	3450
Acueducto Taminango	1336
Acueducto Miraflores	456
TOTAL	5242

6.2.4.3 Dotación Neta Mínima (D_{NETA}). Para un Nivel de Complejidad Medio se tiene una Dotación Neta Mínima de: 120 Lts/hab./día Según Tabla B.2.2 Normas Ras-2000

6.2.4.4 Porcentaje Máximo de Pérdidas Admisibles (%PER). Para un Nivel de Complejidad Medio se tiene un porcentaje máxima de pérdida técnicas del 30% según Tabla B.2.4 Normas RAS-2000.

6.2.4.5 Dotación Bruta (D_b). Según B.2.1 Normas Ras-2000 la dotación bruta se la estima mediante la siguiente fórmula.

¹⁰ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Op. Cit., Título B. Numeral B.3.3.2.5 p. B.45

* Para la escogencia de los parámetros se tomará la población actual total y no por sistema de acueducto independiente, igualmente el análisis se lo hará asumiendo un sistema unificado.

$$D_b = \frac{D_{NETA}}{1 - \%PER}$$

$$D_b = 171 \text{ L/hab./día}$$

6.2.4.6 Consumo Medio Diario (c.m.d). Este es calculado mediante la formula:

$$c.m.d = \frac{P_a * D_b}{86400} \quad \text{según B.2.7.1 Normas Ras-2000.}$$

Entonces:

$$c.m.d = 10.4 \text{ LPS}^*$$

6.2.4.7 Consumo de uso público (c.m.p). “Este se considera como el 3% del c.m.d por consumo doméstico”¹¹. Por lo tanto este será:

$$c.m.p = 0.31 \text{ LPS}$$

6.2.4.8 Consumo de uso industrial (c.i). Asumiendo un consumo industrial equivalente al 0.1% del c.m.d por consumo doméstico** se tendrá que:

$$c.i = 0.01 \text{ LPS}$$

6.2.4.9 Consumo Máximo Diario (C.M.D). El consumo máximo diario viene dado por:

$$C.M.D = c.m.d * K_1 \quad K_1 = 1.3 \text{ Según Tabla B.2.5 Normas RAS-2000}$$

$$C.M.D = 13.5 \text{ LPS}$$

* Este valor es por consumo doméstico.

¹¹ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Op. Cit., Título B. Numeral B.2.3.5 p. B.33

** El cual fue tomado en base a una relación establecida entre caudales de la población y caudales de las industrias existentes en la zona.

Por lo tanto:

$$C.M.D = 14 \text{ LPS}$$

Este último valor representa la demanda de agua que requiere actualmente el sector de Catambuco Centro para su abastecimiento.

En resumen con base en los aforos realizados anteriormente en este documento en el Cuadro 7 se tiene la oferta hídrica total de las tres fuentes existentes.

Cuadro 7. Oferta hídrica de las fuentes existentes

Acueducto	Fuente	Caudal LPS
Acueducto San José	Aguada Guadalupe	12.13
Acueducto Taminango	Taminango	5.16
Acueducto Miraflores	Agua Caliente	1.00
Total		18.29

Comparando la oferta hídrica vs demanda actual se tiene una diferencia de 4.29 LPS. Con base al caudal que actualmente ofrecen las fuentes existentes (18.29 LPS) se calculará la cantidad de años en el que el sector de Catambuco Centro cuenta con una oferta hídrica; esto, considerando una rata de crecimiento de la población del 3%.

Entonces:

$$n = \frac{\text{Lon}(P_f) - \text{Lon}(P_a)}{\text{Lon}(1-r)}$$

Donde:

- n : Período en años
- P_a : Población Actual = 5242 Habitantes
- r : Rata de Crecimiento = 3%
- P_f : Población Futura calculada a partir del caudal con que actualmente cuenta la región.

$$P_f = \frac{86400 * C.M.D}{1.3 * D_b} \quad \text{Donde: C.M.D} = 18.29 \text{ LPS}$$

$$P_f = 7091 \text{ Habitantes}$$

Por lo tanto:

$$n = 10.2 \text{ Años.}$$

El anterior valor representa el período de diseño del sistema de acueducto de Catambuco Centro bajo las condiciones actuales considerando que los caudales aforados permanecerán constantes en los próximos 10 años.

Pero esta situación no es real puesto que las fuentes han ido disminuyendo considerablemente debido a varios factores como son la ampliación de la frontera agrícola, la tala indiscriminada de bosques, la desprotección de las fuentes, entre otros; sumado a una variación global de condiciones climatológicas.

6.2.5 Posibles soluciones al problema. Debido a la anterior situación es pertinente buscar una solución a largo plazo para el sistema del acueducto del Sector de Catambuco Centro; como primera instancia se tiene que buscar una nueva fuente abastecedora para completar los caudales de suministro, con el caudal necesario proyectado al período de ejecución se diseñaría un sistema general unificando las fuentes y manejando solo una red de distribución diseñada técnicamente teniendo en cuenta la normatividad vigente.

Luego de visitar los alrededores del sector de Catambuco Centro se encontró una posible fuente denominada PISISQUI, a la que se le realizó un aforo por el método del corcho encontrando un caudal cercano a los 17 LPS; esta fuente se encuentra ubicada aproximadamente a 5 Km. del casco urbano (Ver Figura 21-22).

Esta fuente aunque en el análisis físico-químico fue considerada como no apta para consumo humano por la presencia de *Escherichia Coli* con altos índices de turbiedad y color (ver Anexo C), no presenta inconvenientes, puesto que se le puede realizar un tratamiento primario muy simple de bajo costo, aparte de la aplicación de medidas de seguridad como lo es la construcción de un cercamiento

para la protección de la fuente ya que se detectó que el origen de esta anomalía en la calidad del agua se debe a la utilización de esta para bebederos de ganado tanto bovino como porcino.

Figura 21. Aforo de posible fuente



Figura 22. Posible nacimiento



Luego de realizar el aforo a esta nueva fuente se procedió a solicitar la concesión de aguas por parte de Corponariño, los cuales realizaron una visita para aforar esta fuente dando como resultado 3.16 LPS según expediente 1427 (ver Anexo D) por el cual se niega la concesión de aguas debido a la siguiente razón “Que el caudal aforado no abastece las diferentes concesiones otorgadas de dicha fuente, como son las comunidades de Cubijan Alto, medio y Bajo, para consumo humano y uso agropecuario de las fincas aledañas a la fuente, con aproximadamente 300 usuarios. Además, el artículo 43 del Derecho 1541/78, establece que en el momento de repartir caudales de una fuente; los habitantes de la región donde esta la fuente tienen prioridad sobre los de fuera de ella”*.

Sin embargo se apeló esta decisión por la gran inconsistencia que existe entre los aforos realizados y sobre la información de usuarios beneficiados de esta fuente.

6.2.6 Conclusiones y recomendaciones. Para el nivel de complejidad en que se ubica el acueducto de Catambuco Centro el cual es Nivel Medio las Normas RAS-2000 especifican un período de diseño mínimo de 20 años para todos sus componentes excepto para el tanque de almacenamiento el cual es de 25 años cómo mínimo, bajo estos parámetros y con al anterior análisis realizado en esta investigación en el cual se demuestra que con las fuentes existentes la vida útil del sistema radica en 10.2 años, se concluye entonces que sin tener una fuente complementaria o por lo menos su disponibilidad en el tiempo, no se justifica hacer una inversión en estudios hidráulicos y menos una inversión en obras físicas si la caducidad del sistema está tan próxima.

El determinar las longitudes, edades y materiales de las tuberías requiere de un análisis más profundo, es decir, abrir apiques a lo largo de toda la red. Este trabajo aparte de ser dispendioso será inútil ya que la tubería en un 99% tiene edades entre 20 y 25 años por lo cual su reemplazo debería hacerse en su totalidad, además el trabajo de exploración se puede hacer a medida que avance el nuevo sistema, para demostrar y aprovechar la escasa tubería nueva**.

El deterioro de las tuberías de la red de distribución se evidenció atendiendo una solicitud por parte de la Procuraduría Judicial Ambiental y Agraria de Pasto y Putumayo, en la que se solicitó la colaboración para brindar apoyo técnico en la

* Tomado de Expediente 1427 de Corponariño.

** Gran parte de esta investigación se hizo con base en la información suministrada por el fontanero de este acueducto el cual lleva en este cargo aproximadamente 20 años y por parte de la presidenta de la Junta Administradora.

solución de un problema suscitado por la discrepancia entre los usuarios beneficiarios de Acueducto de San José, debido a que la Junta Administradora del Acueducto deseaba realizar un cambio en el diámetro de la tubería de distribución para poder abastecer a la totalidad de usuarios (ver Anexo E). En la visita realizada se observó diámetros de 3 y 4 pulgadas para abastecer a tan solo 10 viviendas por lo que se realizó una revisión de presiones y se decidió cambiar este tramo por tubería de 1 pulgada de diámetro.

Es evidente que el acueducto de Catambuco Centro nunca tuvo supervisión técnica. Prueba de esto es la gran variedad de diámetros de tuberías que se pueden observar a lo largo de la red de distribución, los cuales no obedecen a un diseño.

La forma indiscriminada con que se ha distribuido la tubería se puede notar en sectores en donde por la misma calle pasan dos redes de diferentes acueductos y a pesar de eso se presenta desabastecimiento, esto se debe en parte a los cambios tan arbitrarios de diámetros que se han hecho por capricho de cada usuario

Las fuentes con las que se cuenta están gravemente amenazadas por el mal uso que de estas se hacen, como es la utilización en riego y en bebederos de animales.

En la actualidad debe pensar en realizar un balance de los sistemas existentes ya que el desequilibrio entre la relación de caudales vs habitantes beneficiados se observa claramente. En el Cuadro 8 se presenta esta relación.

Cuadro 8. Relación de caudales vs habitantes

SISTEMA DE ACUEDUCTO	CAUDAL SUMINISTRADO LPS	POBLACION ACUALMENTE BENEFICIADA	CAPACIDAD POBLACIONAL DEL SISTEMA	NUMERO DE PERSONAS PARA EUILBRAR LOS SISTEMAS	
San José	12,13	3450	3477	27	FALTAN
Taminango	5,16	1336	1479	143	FALTAN
Miraflores	1,00	456	287	- 170	SOBRAN

En el anterior cuadro se observa que el acueducto de Miraflores es el más afectado con 170 personas por encima de su capacidad total.

Se debe incrementar la densidad de la cobertura vegetal que hace parte de estas rondas hídricas con programas intensivos de reforestación con especies productoras y retenedoras de agua realizando un control en su manejo.

Se debe rescatar el espacio público de la ronda hídrica a través de negociación sobre los lotes que estas ocupan.

Establecer un sistema adecuado de manejo de aguas residuales acorde con las condiciones de suelos de esta zona, disminuye considerablemente los efectos de contaminación de las fuentes existentes.

Catambuco es una zona de gran importancia dentro del Departamento de Nariño, esta zona posee un alto índice de crecimiento exigiendo de esta forma la necesidad de tener un sistema de acueducto que brinde la más alta calidad, sin embargo mientras no se consiga una nueva fuente de agua no vale la pena entrar a pensar en el diseño o en el mejoramiento del sistema de acueducto existente a no ser que la misma comunidad se comprometa a financiar su ejecución puesto que la gestión de recursos con el estado se dificulta en la medida en que se estaría hablando de un sistema que no cumpliría con la normatividad vigente en cuanto a periodo de diseño, de ser así se podría optimizar la red de distribución.

6.3 UNIDADES SANITARIAS PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CUJACAL (NUEVO Y VIEJO)

6.3.1 Localización del proyecto. Este proyecto se encuentra localizado al Nororiente de la ciudad en el sector de Cujacal perteneciente al Municipio de Pasto, a este sitio se accede por la antigua salida al norte.

En esta zona existen dos tanques que almacenan el agua proveniente de la Planta de Tratamiento del Centenario.

6.3.2 Justificación del problema. Estos tanques por la gran importancia que poseen se les han asignado protección las 24 horas para lo cual se ha implementado la construcción de pequeñas casetas de vigilancia de 1.3 *1.3 m, por lo que no se encuentran dotadas de las comodidades básicas que necesita el personal como lo es de un espacio mas cómodo dotado de una buena instalacion eléctrica y de un baño.

Por esta razón se pensó en construir una unidad sanitaria a cada tanque, cubriendo de esta forma una y tal vez la más urgente necesidad que el personal tiene en este momento.

6.3.3 Investigación Preliminar. La investigación preliminar se basó en realizar visitas al sitio de localización del proyecto con el fin de proyectar la ubicación de las unidades sanitarias, observar y determinar los posibles sitios para efectuar las acometidas de agua potable y para ver la conexión del posible desagüe de aguas negras.

Frente a las acometidas hidráulicas se presentaron problemas en el tanque Cujacal viejo ya que en este sitio no se cuenta con la cota piezométrica necesaria para garantizar el correcto funcionamiento de la unidad sanitaria.

El desagüe de aguas negras presentó problemas en cuanto a recorrido ya que existe una gran distancia para poderse empalmar a una cámara de inspección existente aumentando de esta manera los costos de la construcción.

6.3.4 Diseño. El problema que se presentó en este proyecto fue la presencia de una cota piezométrica muy pequeña la cual no garantizaba el correcto funcionamiento de la unidad sanitaria del tanque de Cujacal viejo. La cota piezométrica con la que se contaba era la del nivel del tanque de almacenamiento la que representaba un valor de 1.5 m.

En el diseño de instalaciones hidráulicas para baños el parámetro de diseño es el punto hidráulico más alto el cual es la salida de la ducha, pero como en este caso las unidades no llevan este accesorio entonces la base del diseño es el punto hidráulico del sanitario.

Por tal razón se profundizó el baño de tal forma que la losa de este, quede 2 metros por debajo del nivel de piso existente; generando la presencia de esfuerzos de empuje a la estructura a causa del suelo, así que se proyectó la construcción de un muro de contención para soportar estos esfuerzos y de gradas para el acceso a la unidad sanitaria. La caja de inspección de esta unidad tuvo que ir ubicada internamente en ella.

Esta profundización de la unidad sanitaria provocó grandes excavaciones, no solo en la construcción de la misma, sino también en la construcción de los desagües

de aguas servidas. Adicionalmente se proyectó dos cámaras de inspección de 2.8 y 2.5 metros de profundidad para lograr así el empalme a una cámara inicial del alcantarillado de Pasto existente en el lugar.

Las medidas externas de la unidad fueron de 2.1 por 1.8 m con una altura de 2.20 m.

En total fueron 50.76 metros de desagüe de aguas negras y 31.36 metros de acometida hidráulica en tubería PVC RDE 13.5 y de ½ pulgada de diámetro.

El acero de refuerzo y medidas de columnas, vigas y del muro de contención se encuentran claramente especificadas en los planos de diseño (ver Anexo F).

La unidad Sanitaria del tanque de Cujacal Nuevo no presentó inconveniente. La acometida hidráulica se la tomó de una red perteneciente a EMPOPASTO S.A E.S.P la cual pasa sobre el tanque y que estaba destinada para dar el servicio de agua potable a una escuela que queda en las inmediaciones del tanque. Esta acometida hidráulica tiene una longitud de 42 metros y esta proyectada en tubería PVC RDE 13.5 y de ½ pulgada de diámetro.

El desagüe de aguas negras implicó la proyección de una cámara de inspección con una profundidad de 2.20 metros al igual que de dos cajillas de inspección debido a cruces que se presentan por condiciones topográficas.

En esta unidad se proyectó la demolición de una capa de concreto simple de 12 cm de espesor dado que esta se la ubicó encima de un muro de contención existente.

Igualmente el detalle del refuerzo y medidas de todos los tipos de estructura utilizados se encuentran en los planos de diseño. (Anexo F)

6.3.5 Aspectos constructivos. Debido a la posible presencia de nivel freático y oscilación permanente de este y teniendo en cuenta que este incrementa los asentamientos, disminuye la capacidad portante e impide la construcción normal del material seleccionado bajo el cimiento para el muro de cerramiento, se recomienda construir un pozo de achique con la suficiente profundidad para que utilizando una motobomba adecuada se pueda abatir el nivel freático y así mantener una cota

mínima que puede ser la batea evitando un cambio en los esfuerzos efectivos responsable de los asentimientos por consolidación.

6.3.5.1 Excavaciones. Para las excavaciones ha realizarse en las inmediaciones de estructuras se deberán tomar las precauciones que sean necesarias para evitar que las estructuras sufran daños.

La tierra extraída debe retirarse o colocarse a suficiente distancia de la excavación, de tal manera que no se convierta en sobrecarga que desestabilice los taludes.

La excavación y relleno se debe ejecutar por tramos no mayores a 50 m. Hasta que no se haya complementado el tramo anterior, no es conveniente continuar con el siguiente.

Los taludes generados por la excavación se deben protegen con la medidas necesarias tales como la colocación de entibados y acodalamientos donde sean necesarios igualmente se deberá, si se ve conveniente; la realización de drenaje y bombeo con el fin de estabilizar los taludes evitando de esta forma que el agua penetre en las excavaciones.

6.3.5.2 Relleno. El relleno con material común se usará para los muros de las estructuras, para rellenar las zanjas de las tuberías, por encima de la clave exterior del tubo hasta el tope de la zanja, para rellenar la pared opuesta al canal donde se construirá un filtro y para cargar el muro de contención. Este relleno estará constituido por material proveniente de las excavaciones, siempre que no sea materia orgánica, sobrantes de construcción o cualquier otro material inconveniente. El material se colocará y compactará en capas horizontales uniformes que no excedan 10 cm. de espesor compactado. Cada capa se compactará con la humedad óptima convenientemente hasta obtener una densidad del 90% del Proctor Modificado determinado en el laboratorio para el material que esté usándose. No se colocará una capa mientras la anterior no haya sido compactada debidamente.

Para mejorar el suelo de cimentación se usará un relleno de recebo compactado hasta una altura de 25 cm.

Este material se colocará antes de la cimentación corrida y se compactará en capas horizontales que no pasen de 10 cm. de espesor antes de la compactación. Esta se

hará con el equipo apropiado y con la humedad óptima, con el fin de conseguir una compactación mínima del 95% del Proctor Modificado.

6.3.5.3 Acometidas e instalaciones internas. Las acometidas e instalaciones internas que recolectan las aguas negras y servidas de las unidades sanitarias se diseñaron en tubería PVC sanitaria de 6 pulgadas de diámetro. Para bajar costos parte de estos tramos irán en tubería de concreto de 6 pulgadas de diámetro.

Antes de bajar los tubos a las zanjas, el espigo y la campana deberán limpiarse, dejándolos libres de toda suciedad. Preferiblemente, el sentido de instalación se hará de aguas abajo hacia aguas arriba.

En los cruces de las tuberías a instalar con las tuberías del sistema de agua potable o de alcantarillado existentes, los conductos de la red de distribución de agua potable o de alcantarillado deben aislarse mediante recubrimientos ó reinstalarse adecuadamente en caso de no permitir el paso normal de estas tuberías.

El diseño de las unidades sanitarias incluye una acometida eléctrica la cual se realizará en alambre de aluminio No. 8 y cabe mencionar que en el ítem referente a esta instalación se ha contemplado todos los accesorios necesarios para su soporte aéreo o terrestre desde el punto de empalme hasta la entrega en la red interna de la unidad sanitaria.

6.3.5.4 Estructuras en concreto y mampostería.

- **Acero de refuerzo:** el acero de refuerzo para la estructura de contención será de 60.000 PSI y se deberá transportar y almacenar de forma que no llegue humedad de ninguna naturaleza que pueda corroerlo y poner en peligro su resistencia y calidad. Al flejarlo y armarlo se deberá protegerlo de posibles corrosiones hasta el momento en que se funda con el concreto.

Las indicaciones y dimensiones de flejado se encuentran indicadas en los planos, y se debe utilizar herramientas o procedimientos que no atenten con la deformación o calidad del acero tal y como se indica en C.7.3 NSR-98.

El acero deberá estar limpio de grasas y otras sustancias que afecten su adherencia con el concreto en el momento de la fundición.

- **Agregado grueso o triturado:** el agregado grueso o triturado que se utilizará para la estructura de contención no debe estar contaminado por limos, arcillas, material vegetal, materia orgánica, basura, desperdicios, grasas u otros que afecten la calidad y resistencia del concreto. El tamaño máximo del agregado no deberá ser mayor a una pulgada, pudiendo variar a menores tamaños hasta el No. 4 obteniendo una gradación comprendida entre los límites especificados en la Norma ICONTEC 174, actualizada.
- **Agregado fino o arena:** la arena se la utilizará para la estructura de contención y esta no debe estar contaminada por limos, arcillas, material vegetal, materia orgánica, basura, desperdicios, grasas u otros que afecten la calidad.
- **Cemento:** se debe transportar y almacenar de forma que no se contamine con sustancias indeseables ni le llegue humedad que lo pueda fraguar antes de usarlo para la mezcla de concreto.
- **Formaleta:** la formaleta que se utilice para la fundición de las vigas, columnas y dinteles, dependiendo del material que se construya (metálica o de madera), debe diseñarse para producir un concreto endurecido que tenga la forma, los alineamientos y las dimensiones que se muestran en los planos. En caso de utilizar madera debe estar cepillada en las superficies que ha de estar expuesta y canteada por ambos lados, exenta de bombeos, abultamientos y nudos flojos, ser sana de espesor uniforme no menor de 2,5 cm. Las formaletas se podrán usar por segunda vez siempre que se limpien cuidadosamente y no presenten abultamientos ni combaduras.
- **Concreto:** el concreto que se usará para la fundición de las vigas, dinteles y columnas del cerramiento debe alcanzar una resistencia mínima a la compresión f_c^* de 3.000 PSI a los 28 días y 2.500 PSI para el concreto ciclópeo. La dosificación debe suministrar trabajabilidad y consistencia adecuada para que el hormigón fluya fácilmente dentro de las formaletas y alrededor del refuerzo, sin segregación ni exudación excesiva.

* f_c^* es la resistencia que brinda el concreto y viene dada en unidades de esfuerzo, en este caso en libras por pulgada cuadrada (PSI).

La viga de cimentación, la viga dintel y las columnas deben ir en concreto de 3000 PSI, y tamaño máximo del agregado debe ser menor de 1 pulgada de diámetro.

- **Cimentación:** para el soporte de las unidades sanitarias se proyectó una cimentación corrida la cual tiene una sección rectangular de 0,30 x 0,25 m. y se construirá en una proporción del 60% en concreto simple de 2.500 PSI y 40% de piedra rajón de tamaño no mayor a 10”.

La viga de cimentación tiene una sección rectangular de 0,15 x 0,20 m y será construida en concreto de 3.000 PSI y 4 varillas de 3/8” amarradas con flejes de 1/4” dispuestos cada 20 cm, refuerzo el cual salió del siguiente cálculo estructural.

Combinación de cargas: $C = 1.4 * D + 1.7 * L$

$$C = 2.5 \text{ Ton/m}$$

Refuerzo Longitudinal.

Por lo tanto: $M_{ext} = \frac{W * L^2}{8}$

$$M_{ext} = 1.38 \text{ T-m}$$

Dado que: $M_{ext} = k * b * d^2$ entonces $k = \frac{M_{ext}}{b * d^2}$

$$k = \frac{138}{15 * 15^2}$$

$$k = 0.040$$

$$\therefore \rho = 0.0125 \Rightarrow A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.0125 * 15 * 15 = 2.81 \text{ cm}^2 \text{ equivalente a 4 varillas N}^\circ 3$$

Refuerzo transversal.

V = 2.625 Ton aplicando el criterio de la separación mínima y utilizando varillas de 1/4 "se tendría que:

$$S = \frac{A_v * f_y}{3.5 * b_w}$$

$$S = \frac{0.32 * 2800}{3.5 * 15}$$

$$S = 18 \approx 20 \text{ cm.}$$

Esta viga se armará y fundirá sobre la cimentación corrida de concreto ciclópeo, la que se habrá fundido previamente como ya se explicó anteriormente.

- **Viga de cubierta y columnas:** la viga de cubierta tiene una sección rectangular de 0,15 x 0,15 m; en concreto de 3.000 PSI y 4 varillas de 3/8" amarradas con flejes de 1/4" dispuestos cada 15 cm. Esta viga se armará y fundirá sobre el muro en soga, sobre las cuales se amarrará la losa de cubierta. Para el cálculo del refuerzo de esta viga se tomó como base la viga de cimentación trabajando con una separación menor del refuerzo trasversal para darle un mayor factor de seguridad.

Las columnas tienen una sección rectangular de 0,15 x 0,15 m en concreto de 3.000 PSI y 4 varillas de 3/8" amarradas con flejes de 1/4" dispuestos cada 15 cm. Esta columna se anclará directamente sobre la cimentación corrida y se le amarrarán posteriormente las vigas de cimentación, al igual que en el extremo superior con la viga de cubierta; tal como se indica en los planos del proyecto.

- **Cubierta y muro de contención:** el muro de contención y la losa maciza para cubierta, se deberá fundir en concreto de 3.000 PSI reforzado. La cubierta, llevarán acero de refuerzo $f_y = 60000$ PSI, según lo dispuesto en los planos de diseño*.

* El diseño del muro de contención fue tomado de la Guía para el Cálculo de Estructuras de Concreto Reforzado Acerías Paz del Río, Diseño sismorresistente; debido a que no se contó con un estudio de suelos.

- **Mampostería en sogá:** el muro en sogá debe quedar perfectamente aplomado, alineado y listo para repello.

Este se encuentra diseñado en ladrillo de tipo común cuadrilongo con medidas de 25x12x7 cm. y prensado a máquina; colocado en sogá y con acabado en repello refinado y pintado; además, debe quedar limpio de salpicaduras de mezcla o pintura. Los ladrillos serán manejados cuidadosamente para evitar agrietamientos y roturas. Por ningún motivo se dejarán descargar volcados desde los camiones de transporte. El mortero de pega y de repello para muros y pisos se hará con una mezcla en proporción 1:3 es decir debe proporcionar una resistencia de 280 Kg/m² y debe quedar refinado y listo para pintura.

6.3.5.5 Enchape para pisos. La cerámica utilizada para cada unidad sanitaria debe cumplir con las especificaciones correspondientes de calidad y deberá estar libre de fracturas que atenten contra su calidad y estética.

6.3.5.6 Caja de inspección. Las cajas de inspección tienen un área superficial de 60x60 cm y una altura de 0,50 m. Estas cajas de inspección deben llevar una capa de solado con un espesor de 0,10 m y se construirán con muros en ladrillo dispuestos en sogá y repellados interiormente con mortero impermeabilizado, aparte se les colocará una tapa en concreto reforzado la cual debe poseer un espesor de 0,10 m.

6.3.5.7 Cámaras de inspección. El cilindro de acceso de dichas cámaras tendrá un diámetro interior de 1.20 m, según Normas de Alcantarillado de EMPOPASTO S.A E.S.P. Debe tenerse en cuenta que la losa superior, la base de cámara y la cañuela debe ir en concreto de 3000 PSI, el cilindro esta proyectado en ladrillo en tizón, repellado y esmaltado hasta una altura de 1 m por encima de la cota clave de la tubería que llegue con mayor cota a la cámara, tal como se muestra en los planos de diseño de cámaras.

6.3.6 Presupuesto. El presupuesto de este proyecto se encuentra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Presupuesto unidades sanitarias

ITEM	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	PRELIMINARES				
1,1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	ml	135,00	900	121.500
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2,1	EXCAVACION EN MATERIAL COMUN Y/O CONGLOMERADO hasta 2,0m. DE PROFUNDIDAD	m ³	399,00	6.620	2.641.380
2,2	DEMOLICION EN CONCRETO SIMPLE e= 0,12 m.	m ²	1,00	13.333	13.333
2,3	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACION	m ³	355,00	4.353	1.545.315
2,4	RELLENO CON MATERIAL DE RECEBO COMPACTADO	m ³	36,00	13.816	497.376
2,5	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE Y LIMPIEZA GENERAL CON CARRETEO	m ³	9,50	7.551	71.735
3	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIAS Y ACCESORIOS PVC				
3,1	TUBERÍA PRESION RDE13,5 f½,	ml	74,00	3.500	259.000
3,2	TUBERÍA SANITARIA f 6" U.S.	ml	90,00	4.200	378.000
3,3	TUBERÍA CONCRETO f 6"	ml	79,00	23.250	1.836.750
3,4	SUMINISTRO E INSTALACION DE SANITARIOS	ml	2,00	170.000	340.000
3,5	SUMINISTRO E INSTALACION DE LAVAMANOS	ml	2,00	110.000	220.000
3,6	PUNTO DE INSTALACION HIDRAULICO Y SANITARIO	ml	10,00	14.000	140.000
4	SUMINISTRO E INSTALACIONES ELECTRICAS Y ACCESORIOS				
4,1	ACOMETIDA ELECTRICA ALAMBRE Aluminio Cal.8	ml	45,00	3.500	157.500
4,2	PUNTO DE INSTALACION ELECTRICO	ml	9,00	13.800	124.200
	TOTAL SUMINISTRO E INSTALACIONES ELECTRICAS Y ACCESORIOS				
5	ESTRUCTURAS DE CONCRETO Y MAMPOSTERIA				
5,1	CIMENTACION CORRIDA DE 0,30x0,25 m. EN CONCRETO CICLOPEO 2000 PSI	m ³	0,90	172.018	154.816
5,2	VIGA CIMENT. CONCRETO 3.000 PSI 0,15 x 0,2 m. y REFUERZO 4#3, E#2 @ 0,20 m.	ml	12,00	35.199	422.388
5,3	VIGA CUBIERTA. CONCRETO 3.000 PSI DE 0,15 x 0,15 m ² y REFUERZO 4#3, E#2 @ 0,15 m.	ml	12,00	35.125	421.498
5,4	COLUMNA CONCRETO 3.000 PSI 0,15 x 0,15 m ² y REFUERZO 4#3, E#2 @ 0,15 m.	ml	14,00	40.375	565.249
5,5	MURO DE COTENCIÓN EN CONCRETO DE 3000 PSI	m ³	5,90	214.891	1.267.858
5,6	LOSA MACIZA PARA CUBIERTA EN CONCRETO 3000 PSI, e = 0,10 m.	m ³	0,85	200.193	170.164

ITEM	NOMBRE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
5,7	ACERO DE REFUERZO $F_y = 60.000$ PSI	Kg	247,00	18.001	4.446.287
5,8	MAMPOSTERIA EN SOGA LADRILLO COMUN	m ²	8,00	16.850	134.800
5,9	MORTERO PARA REPELLO 280 Kg/cm ² (1:3)	m ³	0,40	183.520	73.408
5,10	PISOS Y ESCALONES EN CONCRETO 2500 PSI INCLUYE FORMALETA	m ³	1,40	155.620	217.868
5,11	ENCHAPE PARA PISOS EN AZULEJO	m ²	5,50	23.886	131.373
5,12	CAJA DE INSPECCION EN LADRILLO Y TAPA EN CONCRETO DE 0,6x0,6x0,5 m. internos	m ²	4,00	150.876	603.504
5,13	CAMARAS DE INSPECCION CON $2,5 < H \leq 3,5$ m.	Un	3,00	180.575	541.725
5,14	CONEXIONES A CAMARAS	Un	2,00	18.330	36.660
6	CARPINTERIA METALICA				
6,1	PUERTA METALICA EN LAMINA CALIBRE 18, INCLUYE CHAPA Y PINTURA	un	2,00	150.000	300.000
6,2	VENTANA METALICA EN LAMINA CALIBRE 18, INCLUYE VIDRIO Y PINTURA	un	1,00	1.250.000	1.250.000
TOTAL COSTO DIRECTO					19.083.686
A.U.I. 25 %					4.770.922
GRAN TOTAL					23.854.608

6.4 REPOSICIÓN TRAMO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL - BARRIO LAS LUNAS

6.4.1 Localización. El sistema se ubica en el sur-oriente de la ciudad, sobre el barrio Las Lunas primera etapa, cerca del seguro social del sector potrerrillo. Y abarca las calles 15 y 14 entre carrera 9^a * y 10^a, el tramo sobre la carrera novena entre calles 15-A y 14 y el tramo que se extiende por la carrera 10 entre calles 14-A y 15.

Este sector posee una temperatura promedio de 10 °C y su altura al nivel del mar es de 2543 m aproximadamente.

Tanto la reposición como el diseño se trata de tramos en línea recta y se encuentra ajustado a las normas del Reglamento Técnico del Sector de Agua

* En la calzada que se dirige hacia el estadio La Libertad

Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 emitidas por el Ministerio de Desarrollo Económico, cumpliendo de esta manera con las exigencias y necesidades del sistema de acueducto y alcantarillado municipal.

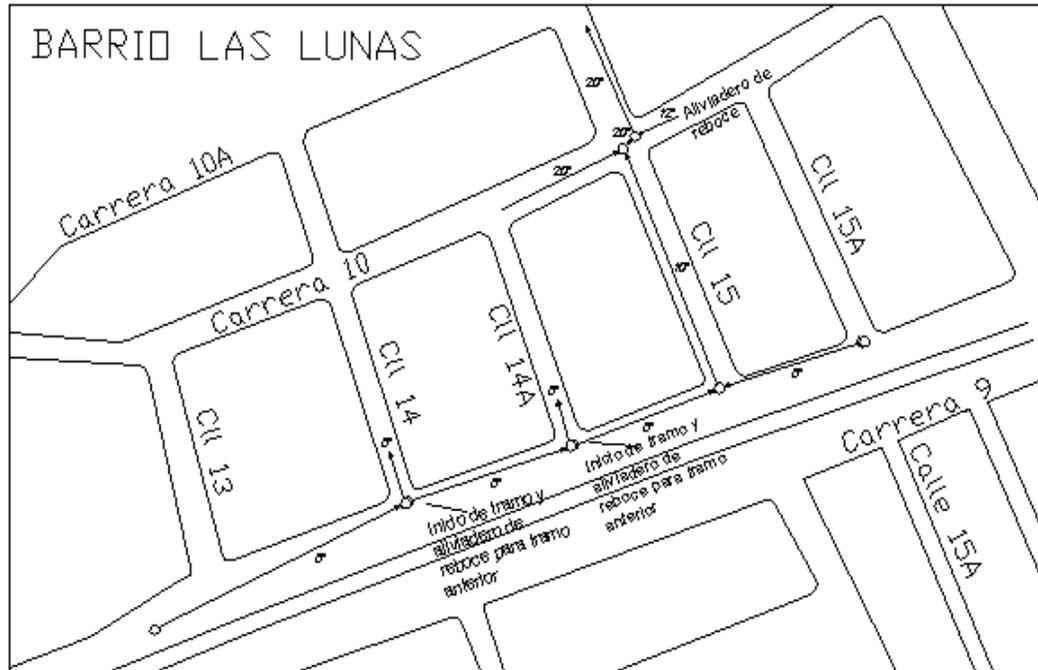
6.4.2 Antecedentes. La calle 15 entre carreras 9 y 10 no se encuentra pavimentada y se caracteriza principalmente por la presencia de talleres mecánicos y bodegas de granos al igual que de graneros de víveres (ver Figura 23). A esta calle la atraviesa por el lado derecho un colector de 14 " que recoge las aguas del alcantarillado del barrio San Martín; pasando esta, por la parte inferior de la canalización del río Chapal funcionando al parecer como un sifón invertido. Por la parte izquierda pasa el tramo de alcantarillado a reponer el cual es un colector de concreto de 10" de diámetro, dispuesto a una profundidad de 1.3 y 1.5 m sobre la cota clave, con una edad de 12 años y sin cámaras intermedias.

Este colector a reponer, además de recoger las aguas negras de las casas ubicadas sobre la calle 15, recibe también las aguas negras de aquellas ubicadas sobre la carrera 9 entre calles 15 y 15A y entre las calles 15 y 14A; funcionando este último tramo a su vez, como aliviadero de reboce para las aguas provenientes de las cuadras ubicadas sobre la carrera 9 entre calles 14 y 14A; conformando un sistema que funciona como se indica en la Figura 24.

Figura 23. Tramo a reponer - Calle 15 entre carreras 9ª y 10ª



Figura 24. Conformación del sistema



Se debe prestar gran atención al tramo de alcantarillado situado sobre la carrera 9 entre las calles 15 y 14A ya que se encuentra en mal estado y no está funcionando correctamente, esto se observa claramente debido a que aporta flujo tanto a la cámara dispuesta a su derecha como a la dispuesta a su izquierda.

En el presente diseño la dirección de los flujos se han tomado como se indica en la Figura 24 y está totalmente enfocado al tramo de alcantarillado dispuesto sobre la calle 15, para lo cual se tuvo que abarcar la evaluación y el rediseño de todos los tramos aguas arriba de este, los cuales poseen diámetros pequeños y bajas pendientes esto sin considerar los grandes problemas que se presentan a causa del pésimo suelo de esta zona, como son entre otros los asentamientos que en totales y diferenciales, afectando tanto a las edificaciones como a algunos colectores de la zona, generando así un cambio del direccionamiento de los flujos.

Otro problema que se observa en esta zona es la sobre-elevación con que se encuentra el pavimento sobre las edificaciones, lo cual es uno de los factores que genera pendientes mínimas. (Ver Figura 25)

Figura 25. Estado general de la zona.



Igualmente, debido a las pésimas condiciones del suelo; se observa el fraccionamiento y hundimiento de la capa de rodadura del pavimento (Ver Figura 26), generando de esta forma represamientos de agua lluvia en algunos sectores sobre la carrera 9, razón por la cual el presente estudio incluye el reemplazo y el diseño de algunos sumideros sobre esta carrera entre las calles 14A a la 15A.

Figura 26. Hundimiento de pavimento



6.4.3 Objetivo y alcance. El propósito de este proyecto es el de prever que las futuras y presentes construcciones de este sector cuenten con un sistema óptimo de alcantarillado de aguas negras y lluvias.

Este proyecto se ha diseñado cumpliendo los requerimientos de la zona; la cual se caracteriza por ser una zona de futuro desarrollo y primordialmente comercial e industrial.

El alcance de este diseño, comprende los siguientes tramos: calle 15 y 14-A entre carreras 9 y 10, carrera 9 entre calles 15-A y 14 y carrera 10 entre calles 15 y 14-A. como ya se mencionó se proyectó algunos sumideros sobre la carrera 9.

Este estudio abarca el diseño de un sistema de alcantarillado separado, aunque en el primer colector superior a los tramos proyectados a ser cambiados, el sistema volverá a constituirse como combinado puesto que el diseño abarca solamente hasta este punto, luego del cual el sistema seguirá constituido como se encuentra en la actualidad.

La entrega de las aguas pluviales hacia la canalización del río Chapal no fue posible debido a la alta cota de inundación que este presenta en el sitio de estudio.

Cabe anotar que el diseño está ajustado a la normatividad técnica vigente y a las condiciones particulares que imponen la topografía, el suelo y la disposición actual del sistema existente a lo largo de la carrera 9, de esta forma se busca prever situaciones futuras y posibles diseños de empalme o mejoras del sistema.

6.4.4 Levantamiento topográfico. El diseño del alcantarillado se ejecutó con base en el levantamiento topográfico realizado con una estación total de topografía, con la cual se ha amarrado el proyecto al los BM de EMPOPASTO S.A. E.S.P, en cuanto a la altitud se refiere.

6.4.5 Especificaciones de diseño. Este diseño se ajustó a las Normas RAS-2000, la cual define los siguientes parámetros de diseño:

6.4.5.1 Nivel de complejidad del sistema. Teniendo en cuenta que el sistema de alcantarillado separado debe empalmarse a las redes existentes de

alcantarillado de la ciudad de Pasto, cuya población supera los 400.000 habitantes, el nivel de complejidad del sistema se cataloga como ALTO (Cáp. A.3.1 RAS 2000).

6.4.5.2 Período de diseño. De acuerdo con el nivel de complejidad del sistema (Alto), se establece como período de diseño del alcantarillado separado 25 años, esto según Tabla D.2.1 RAS 2000.

6.4.5.3 Población de diseño. La población actual del sector que afecta la construcción de este alcantarillado está conformada aproximadamente por 50 construcciones entre viviendas, talleres, graneros y bodegas, con una densidad de población aproximada de 6 habitantes por vivienda. Se aplicó el método de la progresión geométrica para el cálculo de la población (Cáp. D.3.2.1 RAS 2000) el cual se basa en la siguiente fórmula:

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Donde:

- Pf = Población futura.
- Pa = Población actual.
- r = Rata de crecimiento.
- n = Período de diseño.

Tomando una rata de crecimiento (r) del 0.3% debido a que la demanda urbanística se encuentra en un 95 % ocupada y con base en el período de diseño que es el de 25 años se obtiene la población futura sacada por tramos la cual se encuentra consignada en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Población futura

TRAMO	# VIV	HAB. POR VIVIENDA	Pa	r	Pf
1-2	7	6	42	0,3%	45
2-4	7	6	42	0,3%	45
4-5	10	6	60	0,3%	65
6-4	5	6	30	0,3%	32
2-3	13	6	78	0,3%	84
3-5	9	6	54	0,3%	58

La población actual está tomada con un valor promedio por vivienda a la fecha de Julio de 2003.

6.4.5.4 Dotación. Para el nivel de complejidad del sistema (nivel alto) se tiene los siguientes parámetros de dotación:

Dotación neta mínima. (D_n) = 150 Lts/hab/día

Porcentaje máximo de pérdidas totales (%P) = 20%

Por lo tanto la dotación bruta la cual se la estima mediante la siguiente formula:

$$D_b = \frac{D_{NETA}}{1 - \%PER} \quad \text{Será igual a 187.5 Lit/hab/día}$$

6.4.6 Método de cálculo hidráulico. Los colectores se diseñarán como conducción a flujo libre por gravedad, considerando que dicho flujo es uniforme a través de él, por lo tanto es aplicable la ecuación de Manning en los cálculos:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Según D.2.2 Normas RAS-2000}$$

Donde:

R = Radio hidráulico en metros

S = Pendiente

n = Coeficiente de rugosidad

“El coeficiente de rugosidad del interior de un colector debe representar las condiciones de servicio que se presentarán durante la vida útil”¹². Se determina entonces unos coeficientes de rugosidad así:

Concreto = 0.013

PVC = 0.009

¹² NORMAS RAS-2000 Op. Cit., Cáp. D.2.3.3 Normas RAS-2000

El diseño se lo realizó en tuberías de PVC debido a las condiciones críticas que se presentan en esta zona, por lo tanto: $n = 0.009$

6.4.7 Diseño alcantarillado sanitario. Los parámetros de diseño según el Título D capítulo D3 de las Normas RAS-2000 son los siguientes:

Diámetro mínimo = 8 Pulgadas

Velocidad real mínima = 0.45 m/s

Velocidad real máxima = 5.0 m/s para tuberías PVC

Fuerza tractiva mínima = 0.12 Kg/m²

Pendiente mínima = Aquella que garantice auto-limpieza

Pendiente máxima = Aquella que garantice velocidad máxima real

Profundidad mínima a cota clave = 1.2 m para vías vehiculares

Profundidad máxima a cota clave = 5 m

6.4.7.1 Cálculo del caudal medio diario (Q_{MD}). El cálculo se basa en los siguientes caudales.

➤ **Consumo doméstico, (Q_d):** el consumo doméstico en litros por segundo viene dado por la expresión:

$$Q_d = \frac{C * P * R}{86400} \quad \text{Esto según Cáp. D.3.2.2.1 Normas RAS-2000}$$

Donde:

C = Consumo medio diario per-cápita en Lts/hab/día el cual representa la dotación bruta = 187.50 Lts/hab/día.

P = Población (hab):

R = Coeficiente de retorno igual a 0.80 según Tabla D.3.1 Normas RAS 2000

El caudal doméstico al igual que el área útil de cada tramo se resume en el siguiente Cuadro 11.

Cuadro 11. Caudal domestico

TRAMO	Qd (l/s)	A _{TUL} (Ha)
1-2	0,08	0,12
2-4	0,08	0,11
4-5	0,11	0,21
6-4	0,06	0,12
2-3	0,15	0,15
3-5	0,10	0,12

- **Consumo industrial, comercial e institucional:** estos serán los siguientes con base en las Normas RAS-2000:

Caudal industrial ($Q_{INDUSTRIAL}$) igual a 1.0 Lts/seg por hectárea industrial según Tabla D.3.2.

Caudal comercial ($Q_{COMERCIAL}$) igual 0.4 Lts/seg por hectárea comercial según Tabla D.3.3.

Y caudal institucional ($Q_{INSTITUCIONAL}$) igual 0.4 Lts/seg por hectárea institucional según Tabla D.3.4.

Por considerarse las contribuciones industriales, comerciales e institucionales como marginales respecto a las domésticas se las estimará como un porcentaje de los aportes domésticos. Para el efecto se considera por observación de campo y a criterio personal, dentro del sector, las siguientes áreas: por ejemplo para el tramo 1-2 se considera el área industrial como un 13% del área útil, que para este tramo es de 0.12 Ha, obteniendo de esta forma un valor de 0.015 hectáreas de uso industrial. Para el mismo tramo se tomó como área comercial un 55% del área útil lo que da como resultado un valor de 0.063 hectáreas.

Se considerara como área industrial a aquella que se encuentra ocupada por talleres mecánicos y negocios de este tipo, como área comercial a la ocupada por graneros de víveres y finalmente el área institucional no se observa en este sector ya que ella se refiere a escuelas colegios etc.

En el Cuadro 12 se resume los cálculos para todos los tramos involucrados en el presente diseño.

“Por lo tanto el caudal medio (Q_{MD}) de aguas residuales será igual al producto del caudal doméstico por la sumatoria de la unidad y los porcentajes de caudal comercial e industrial con respecto del mismo”¹³; es decir:

$$Q_{MD} = Q_D * (1 + \Sigma \text{ de porcentaje de caudal comercial e industrial})$$

En el Cuadro 13 se encuentran consignados los valores de caudales medios para cada tramo.

Cuadro 12 Consumos comerciales e industriales

TRAMO	AREA INDUSTRIAL		AREA COMERCIAL		Q Industrial		Q Comercial	
	% del A_{TUL}	Hectáreas	% del A_{TUL}	Hectáreas	lit / seg	% del Qd	lit / seg	% del Qd
1-2	13.0%	0.015	55.0%	0.063	0.015	19%	0.025	32%
2-4	25.0%	0.028	57.1%	0.063	0.028	35%	0.025	32%
4-5	30.0%	0.064	50.0%	0.107	0.064	57%	0.043	38%
6-4	30.0%	0.037	33.3%	0.041	0.037	65%	0.016	29%
2-3	0.0%	0.000	30.0%	0.046	0.000	0%	0.018	13%
3-5	0.0%	0.000	50.0%	0.062	0.000	0%	0.025	25%

Cuadro 13. Caudales medios

TRAMO	Q_{MD} (lit /seg)
1-2	0,12
2-4	0,13
4-5	0,22
6-4	0,11
2-3	0,16
3-5	0,13

¹³ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Op. CIT., Cáp. D.3.2.2.5 Normas RAS 2000

6.4.7.2 Caudal máximo horario (Q_{MH}). El caudal máximo horario se lo calcula como el producto del caudal medio por un factor de mayoración.

$$Q_{MH} = F \cdot Q_{MD}$$

Donde:

F = Factor de mayoración.

“El factor de mayoración será calculado según la fórmula de Flores por ser de carácter general ya que las fórmulas de Harmon y Babbit solo son válidas para poblaciones entre 1000 y 1000000 habitantes”¹⁴. La formula de Flores estima F en función del número de habitantes.

$$F = \frac{3.5}{P^{0.1}} \quad \text{Según Ec. D.3.6 Normas RAS-2000}$$

Donde la población P viene dada en miles de habitantes y en todos los casos F tendrá que ser mayor que 1.4

El resumen de resultados para cada tramo se encuentra consignado en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Caudales máximos horarios

TRAMO	Factor de mayoración	Q_{MH}
1-2	4,77	0,57
2-4	4,77	0,63
4-5	4,60	1,01
6-4	4,93	0,54
2-3	4,48	0,74
3-5	4,65	0,59

¹⁴ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Op. Cit., Cáp. D.3.2.4 Normas RAS 2000

6.4.7.3 Aportes por conexiones erradas (Q_{CE}). Teniendo en cuenta que se contará con un sistema de alcantarillado pluvial, el caudal por conexiones erradas puede estimarse según la Tabla D.3.5 RAS 2000.

$$Q_{CE} = 0,1 \text{ Lit /Seg por hectárea según Normas RAS -2.000. Tabla D.3.5}$$

6.4.7.4 Aportes por infiltración (Q_{INF}). Considerando las malas condiciones de suelo de este sector y el alto nivel freático en el existente, se tomará una condición alta de infiltración; estimada según Tabla D.3.7 Normas RAS 2000 la cual es de 0.28 Lts/seg por hectárea.

6.4.7.5 Caudal de diseño (Q_D). El caudal de diseño está dado por la siguiente expresión:

$$Q_D = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Los caudales de diseños de cada tramo al igual que los caudales de diseño acumulados según la dirección de flujos se encuentran consignados en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Caudales de diseño

TRAMO	Q_D TRAMO (lit /seg)	Q_D ACUMULADO (lit /seg)
1-2	0,61	0,61
2-4	0,67	0,67
4-5	1,09	2,34
6-4	0,58	0,58
2-3	0,80	1,41
3-5	0,63	4,87

El Caudal de diseño Q_{DT} en LPS en cada tramo, debe ser $\geq 1.5 \text{ LPS}$

6.4.8 Diseño de alcantarillado pluvial

6.4.8.1 Caudal de diseño. El cálculo del caudal de diseño se realizará mediante el método Racional, el cual establece que el caudal proveniente de una

precipitación es función directa de la intensidad de la precipitación, del área tributaria y de un coeficiente de escorrentía, el que depende a su vez de la pendiente del terreno y de su permeabilidad.

El método Racional calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentraciones el área de drenaje y con un determinado coeficiente de escorrentía. Este método se basa en la siguiente ecuación:

$$Q_{LL} = 2.78 * C * I * A \quad \text{Según Cáp. D.4.3.2 Normas RAS-2000}$$

Donde:

Q_{LL} = Caudal pluvial de diseño en litros por segundo.

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de lluvias en milímetros de lluvia por hora.

A = Área tributaria de drenaje en hectáreas.

2,78 = Factor de conversión de la Intensidad de lluvias, de milímetros por hora a Lts/seg por hectárea.

En los casos en los que el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1,5 Lts/seg, se adopta este valor como caudal de diseño, según lo estipulado en el Cáp. D.3.2.5 de las Normas RAS 2000.

6.4.8.2 Área tributaria de drenaje (A). El área tributaria del colector pluvial se determina para cada tramo por diseñar, siguiendo los ejes del trazado de la red de drenaje de aguas lluvias ubicados en la vía. El área superior a drenar se determinará midiendo directamente sobre planos y teniendo en cuenta la topografía del terreno.

En el Cuadro 16 se estipula las áreas tributarias de cada tramo y las acumuladas según la dirección del flujo.

6.4.8.3 Coeficiente de escorrentía (C). Este coeficiente depende directamente de la pendiente y del grado de permeabilidad del suelo y su estimación se realiza con base en la Tabla D.4.5 Normas RAS 2000. La caracterización de la superficie que predomina en esta zona son: superficies de concreto, es una zona comercial, con casas contiguas y predominio de zonas duras por lo tanto $C = 0.78$.

Cuadro 16. Áreas tributarias

TRAMO	A _{TUL} (Ha)	A _{TUL} (Ha) ACUMULADA
1-2	0,20	0,25
4-2	0,18	0,18
2-3	0,21	0,64
3-5	0,18	0,91
6-4	0,19	0,22
4-5	0,21	0,44

6.4.8.4 Intensidad de precipitación (I). “La intensidad de precipitación para estimar el caudal pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de precipitación, la cual se determina mediante las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). De acuerdo con el nivel de complejidad del sistema (Alto), es necesario referirse a la información pluviográfica local”¹⁵. Por consiguiente se toma la curva de la Estación de Obonuco como la más representativa del régimen de lluvias de la zona del Proyecto.

De acuerdo a lo anterior:

$$I = \frac{354.07078 * Tr^{0.2811778}}{(Tc + 10.63)^{0.8250633}} \quad (\text{mm/hora})$$

Donde:

Tr = Tiempo de retorno en años

Tc = Tiempo de concentración acumulado en minutos.

¹⁵ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Op. Cit., Cáp. D.4.3.3 Normas RAS 2000

6.4.8.5 Período de retorno (Tr). “El período de retorno depende directamente del nivel de complejidad del sistema y de las características del área a drenar, además se relaciona con el grado de protección e importancia de la zona del Proyecto”¹⁶.

Para tramos de alcantarillado en zonas comerciales con áreas menores a 2 Hectáreas el período de retorno se estima como 5 años

6.4.8.6 Tiempo de concentración (Tc). El tiempo de concentración está compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector, esto según Cáp. D.4.3.7 de Normas RAS – 2000.

$$T_c = T_e + T_t \text{ (min)}$$

Donde:

T_e = Tiempo de entrada.
T_t = Tiempo de recorrido.

El tiempo de concentración mínimo en pozos iniciales es 10 minutos y máximo 20 minutos; además si dos tramos confluyen al mismo pozo de inspección se tomará el tiempo de concentración mayor entre los dos colectores.

6.4.8.7 Tiempo de entrada (Te). Corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector; se determina mediante la fórmula de la FAA de los Estados Unidos:

$$T_e = 0.707 * \frac{(1.1 - C) * L^{1/2}}{S^{1/3}}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía (0.78).
L = longitud máxima de flujo de escorrentía superficial (m).
S = pendiente promedio entre el punto más alejado y el colector (m/m)

¹⁶ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO, Op. Cit., Tablas D.4.2 y D.4.3

6.4.8.8 Tiempo de recorrido (Tt). Representa el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector y se determina mediante la siguiente expresión según Cáp. D.4.3.7.2 Normas RAS - 2000:

$$Tt = \frac{Lc}{60 * V}$$

Donde:

Lc = longitud del tramo en metros

V = velocidad real en m/s

Como lo último que se calcula es la velocidad real, el tiempo de recorrido se calcula mediante un proceso iterativo que se efectúa en el cuadro de cálculo (ver Anexo G).

6.4.9 Aspectos de construcción. Debido a la presencia y variación permanente del nivel freático y teniendo en cuenta que este incrementa los asentamientos, disminuye la capacidad portante e impide la construcción normal del alcantarillado, se recomienda construir un pozo de achique con la suficiente profundidad para que utilizando una motobomba adecuada se pueda abatir el nivel freático y así mantener una cota mínima que puede ser la batea evitando un cambio en los esfuerzos efectivos responsable de los asentamientos por consolidación.

En todas las excavaciones de las zanjas para tuberías, se deberá proteger la vida de las personas, usando entibado y acodalamiento para sostener los lados de la zanja.

El entibado debe removerse después de que el relleno haya llegado a una elevación que permita hacerlo sin ocasionar problema alguno; esta remoción debe hacerse de tal manera que se asegure una adecuada protección de las estructuras.

La excavación por debajo del nivel freático exige el uso continuo de equipo mecánico especial para extracción de agua de la zanja. No se considera como excavación bajo agua la debida a lluvias, infiltraciones o fugas de acueducto.

Por la importancia de las vías a intervenir es necesario realizar las acciones de rotura y reposición de forma ágil y obedeciendo a una estricta programación optimizando los tiempos de ejecución.

Cuando se trate de empalmar una tubería de alcantarillado a una cámara existente, se respetará las cotas de empalme indicadas en el plano y se debe realizar la adecuación que requiera la cámara para el funcionamiento normal del sistema.

El empalme a una cámara consiste en la demolición del área necesaria sobre esta para conectar la nueva tubería sin afectar la estructura de la misma y de igual manera realizar el revoque externo e interno, pañetar y esmaltar internamente la cámara hasta la cota clave más alta.

Las cámaras de inspección son de tipo A las cuales están construidas en ladrillo cuadrilongo (tipo I), muro tizón con mortero de pega 1:3, o de hormigón simple de 3000 PSI, circulares de diámetro interior de 1.20.

Los sumideros a reponer o construir se deberán hacer de acuerdo al esquema que figura en los planos de diseño (ver Anexo H), y estos son sumideros tipo A, según clasificación manejada por EMPOPASTO S.A. E.S.P los cuales poseen doble ángulo y bisagra.

Los sumideros se proyectaron en mampostería en soga con ladrillo común (tipo I), mortero de pega 1:3, repellido y esmaltado totalmente en el interior, la rejilla tendrá las medidas de 1.00 x 0.40 con doble marco y bisagra, ángulo doble de 1.1/2 x 3/16 pulgadas y varilla de 3/4 cada 3 cm.

La base de estas van en concreto simple 3000 PSI, al igual que la viga de soporte, tapa y viga de recubrimiento de la tubería de descarga.

Además llevan ocho anclajes en T, varilla de 1/2 pulgada, tapa prefabricada de 1.08 x 0.60, espesor de 10 cm, refuerzo 3/8 pulgada cada 12 cm en ambos sentidos repello interno y codo de entrada de 10 pulgadas de diámetro.

La tubería de salida es de diámetro 10" tubería de concreto se recubrirá en los primeros dos metros desde la salida del sumidero con una viga en U invertida construida en concreto reforzado.

Además de estas especificaciones constructivas se deberán contemplar las anteriormente mencionadas en los otros diseños, como lo son aquellas que se

refieren a: manejo de tubería, cuidados que se deben adoptar frente a excavaciones, etc.

6.4.10 Presupuesto. El presupuesto de este proyecto se encuentra en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Presupuesto alcantarillado – Barrió Las Lunas

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				
1.1	Localización y replanteo	ml	745,72	900	671148
2	EXCAVACIONES				
2.1	En material común y/o en conglomerado con entibado hasta 2 mts	m3	866,28	6620	5734773,6
2.2	Excavación con nivel freático	m3	134,075	8200	1099415
3	DEMOLICIONES				
3.1	Demolición de Sumideros	un	11	10000	110000
3.2	Demolición de pavimento rígido e = 0,20 mts	m2	651,75	13333	8689782,75
3.3	Demolición de cámara de inspección	un	1	10000	10000
4	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA				
4.1	PVC Estructurada Ø = 8"	ml	322,01	40000	12880400
4.2	PVC Estructurada Ø = 10"	ml	254,63	43500	11076405
4.3	PVC Estructurada Ø = 12"	ml	134,74	46000	6198040
4.4	PVC Estructurada Ø = 20"	ml	49,74	650000	32331000
5	CONSTRUCCION DE SUMIDEROS				
5.2	Sumidero tipo A	un	12	464414	5572968
6	CONSTRUCCION DE CAMARA DE INSPECCION				
6.1	Pozos de inspección en ladrillo tizón Øi = 1,20 mts				
6.1.1	h < 1,80 mts	un	5	221993	1109965
6.1.2	1,80 mts <= h <= 2,50 mts	un	2	773581	1547162
6.2	Empalme de tubería a cámaras existentes	un	6	20000	120000
7	RECALCE DE CAMARA DE INSPECCION				
7.1	Construcción cañuelas e = 0,10 concreto 3000 PSI	m3	1,36	184500	250920
8	REPOSICION DE PAVIMENTO				
8.1	Pavimento en concreto rígido 3000 PSI e = 0,20 mts	m2	609,11	84300	51347973
TOTAL COSTO DIRECTO					138749952
A.U.I 25%					34687488,1
GRAN TOTAL					173437440

6.4.11 Observaciones y recomendaciones

El presupuesto de este proyecto no contempla la reposición de acometidas domiciliarias.

Para este diseño no fue posible realizar estudios de suelo por falta de presupuesto, por esta razón no se realizó diseño alguno que contemple la cimentación de tubería. Lo más probable es que la cimentación se haga por pilotaje debido al pésimo suelo con el que se cuenta.

La falta de estudios de suelo también afectó los rellenos, razón por la cual estos no se contemplaron en este estudio ya que dependiendo del tipo de suelo se proyecta los encamisados de las tuberías.

Aunque las Normas Ras en D.3.2.12 hablan de una profundidad mínima de la cota clave en colectores de 1.2 metros para vías vehiculares, este valor no se cumple en algunos puntos de los colectores debido a las bajas pendientes con las que se cuentan en esta zona por lo cual se tuvo que reforzar la tubería con la construcción con de una viga de revestimiento de concreto reforzado cuyo diseño se encuentra especificado en los planos. (Ver Anexo H)

La recomendación que se debe hacer es la de evitar la construcción de sanitarios en los primeros pisos de las edificaciones, evitando de esta manera la acumulación de malos olores.

6.5 TRABAJOS ADICIONALES REALIZADOS

Aparte de las anteriores actividades realizadas en el tiempo de pasantía, también se hicieron otras, las cuales por no representar mayor trabajo se las describirá en general a continuación.

Uno de los trabajos que se presenta constantemente en la Empresa de Obras Sanitarias de Pasto, EMPOPASTO S.A E.S.P es la de dar respuesta a peticiones de disponibilidad de servicios para lo cual se programan visitas en donde se observa la naturaleza de las redes de acueducto y alcantarillado que pasan por el sitio y si estas pertenecen a las instaladas por EMPOPASTO S.A E.S.P se realiza un chequeo de presiones para ver si es o no adecuado dar la disponibilidad. En

este aspecto también se debe tener en cuenta si la zona pertenece al casco urbano o rural de la ciudad de Pasto puesto que las redes del acueducto de la ciudad solo abarca al casco urbano de Pasto, el cual se encuentra demarcado por una cota límite con respecto a los tanques de almacenamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable de la ciudad.

Frente al plan maestro de alcantarillado, se colaboró con la realización de un programa denominado Chasquis Amauta el cual fue concebido como una base de datos para facilitar la manipulación de la información que se posee.

Por ser una base de datos este se trabajó bajo el lenguaje de Visual FOX-PRO, debido a que este programa se constituye como el más versátil para el uso que se le quería dar.

7. CONCLUSIONES.

Con la modalidad de pasantía se logra poner en práctica la mayoría de los conocimientos adquiridos durante el ciclo de estudios, por lo cual se deberá implementar mucho más este sistema.

Los conocimientos adquiridos durante el tiempo de pasantía se convierten en un complemento necesario para los adquiridos en el salón de clases.

La pasantía no solo lleva a aprender aspectos constructivos o a la aplicación de aspectos teóricos aprendidos en las aulas sino que también conlleva a un entendimiento de aspectos referentes a la labor profesional, tales como son la elaboración y presentación de pliegos dentro de una licitación.

El trabajo de pasantía se llevó a cabo, dando cumplimiento a los compromisos adquiridos por la Facultad de Ingeniería Civil y EMPOPASTO S.A. E.S.P.

En los trabajos desarrollados en el período de la pasantía se fomentó la investigación continua, fortaleciendo así los conocimientos adquiridos en la carrera.

Trabajar mutuamente con el equipo de trabajo del Departamento de Infraestructura de EMPOPASTO S.A. E.S.P, facilitando el desarrollo de las actividades encomendadas fortalece al mismo tiempo las bases teóricas aprendidas en las aulas.

Podemos concluir que la realización de pasantías da un resultado positivo, puesto que se ayuda al estudiante a que obtenga experiencia y un manejo práctico de la profesión, que en un futuro servirá para conseguir y adelantar nuevos proyectos.

Los sistemas de tratamiento de aguas negras prefabricados son una excelente alternativa para sectores rurales en donde la red de alcantarillado no se encuentra aun establecida.

Catambuco es una zona de gran importancia dentro del Departamento de Nariño, esta zona posee un alto índice de crecimiento exigiendo de esta forma la necesidad de tener un sistema de acueducto que brinde la más alta calidad, sin embargo mientras no se consiga una nueva fuente de agua no vale la pena entrar a pensar en el diseño o en el mejoramiento del sistema de acueducto existente a no ser que la misma comunidad se comprometa a financiar su ejecución puesto que la gestión de recursos con el estado se dificulta en la medida en que se estaría hablando de un sistema que no cumpliría con la normatividad vigente en cuanto a periodo de diseño, de ser así se podría optimizar la red de distribución.

El sector de Las Lunas posee grandes problemas en su sistema de alcantarillado lo que provoca la acumulación de malos olores y volviendo vulnerable a la zona de inundaciones.

BIBLIOGRAFIA

- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Documentación Técnico Normativa del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Republica de Colombia: RAS 2000, 2000.
- MUÑOZ RICAURTE, Guillermo, Pavimentos de Concreto Hidráulico: Diseño y construcción. 1. ed. San Juan de Pasto, 2002. 239 p.
- NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTES. Santa Fe de Bogotá: NSR-98, 2000.
- SALAZAR CANO Roberto, Diseño y Construcción de Acueductos y Alcantarillados. 1. ed. San Juan de Pasto, 2003.
- SALAZAR CANO Roberto, Teoría y Diseño de los Tratamientos de Aguas Residuales. 1. ed. San Juan de Pasto, 2002.