

**APOYO TECNICO EN LA “CONSULTORIA PARA LA EJECUCION DE LOS
ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL SISTEMA INTEGRAL DE ACUEDUCTO
REGIONAL DEL ALTO PUTUMAYO”**

YOMAR ARTURO LOPEZ RODRIGUEZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2015**

APOYO TECNICO EN LA “CONSULTORIA PARA LA EJECUCION DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA EL SISTEMA INTEGRAL DE ACUEDUCTO REGIONAL DEL ALTO PUTUMAYO”

YOMAR ARTURO LOPEZ RODRIGUEZ

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

**DIRECTOR:
ING. JAMES ROSERO CARVAJAL**

**CODIRECTOR:
ING. FABIO RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2015**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

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

Artículo 13, Acuerdo N. 005 de 2010 emanado del Honorable Consejo Académico.

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2015.

A mis padres, amigos y a todos los
que me apoyaron para concluir este
Trabajo de Grado.

“Acepta la dificultad de edificarte a ti mismo y el valor de empezar corrigiéndote.
El triunfo del verdadero hombre surge de las cenizas de su error”. Pablo Neruda

Yomar Arturo López Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

A mis padres y familia, por todo el apoyo en este Trabajo de Grado y en mi vida.

Un agradecimiento singular debo al Ing. Oscar Oswaldo Melo Rodríguez, por su apoyo incondicional, su amistad y su gran calidad humana.

Al Decano de la Facultad Nelson Antonio Jaramillo Enríquez, por su ayuda oportuna y calidad humana.

Al Ing. James Rosero, Director del Trabajo de grado, por su apoyo constante.

Al Ing. Fabio Rodríguez, Codirector del Trabajo de grado, por su apoyo constante.

Al Ing. Diego Vallejo, por su amistad y su apoyo.

Al Ing. Jorge Acosta, por su amistad y su apoyo.

Al Ing. Francisco Villota, por su asesoría oportuna y calidad humana.

A la Ing. Doris Martínez R., por su ayuda oportuna y calidad humana.

A mis amigos y compañeros de ingeniería civil: Michael Portilla, Alberth Galeano, por la amistad, por confiar y creer en mí.

A la Universidad de Nariño, por brindarme el espacio y oportunidad de prepararme.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCION.....	15
1. DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO	16
1.1 ESTUDIO PRELIMINAR	16
1.2 CONSIDERACIONES AMBIENTALES	16
1.2.1 Precipitaciones y aforos.	16
1.2.2 Estudio de calidad de agua	17
1.2.3 Observaciones.	17
1.3 VULNERABILIDAD Y PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS EXISTENTES DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO	18
1.3.1 Estudio geotécnico para análisis de vulnerabilidad sísmica.	18
1.3.2 Patología sistema de acueducto municipio de Santiago:.....	20
1.4 PARÁMETROS DE DISEÑO	23
1.4.1 Alcance.	23
1.4.2 Población actual.....	23
1.4.3 Nivel de complejidad	25
1.4.4 Período de diseño.	25
1.4.5 Pérdidas.....	26
1.4.6 Sistema de acueducto.....	26
1.4.7 Demandas.....	28
1.5 DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO	31
1.5.1 Metodología de modelación de red de distribución en Epanet.	32
1.5.2 Revisión de las condiciones estipuladas por la RAS:	37
1.5.3 Observaciones:	40

1.6	PRESUPUESTO DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO SANTIAGO	40
2.	DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO.....	43
2.1	ESTUDIO PRELIMINAR	43
2.2	CONSIDERACIONES AMBIENTALES	43
2.2.1	Precipitaciones y aforos	43
2.2.2	Estudio de calidad de agua	43
2.2.3	Observaciones:	44
2.3	VULNERABILIDAD Y PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS EXISTENTES DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO	45
2.3.1	Estudio geotécnico para análisis de vulnerabilidad sísmica	45
2.3.2	Patología sistema de acueducto municipio de san Francisco:.....	47
2.4	PARÁMETROS DE DISEÑO	53
2.4.1	Alcance.	53
2.4.2	Población actual.....	53
2.4.3	Nivel de complejidad.	54
2.4.4	Período de diseño	55
2.4.5	Pérdidas.....	56
2.4.6	Sistema de acueducto.....	56
2.4.7	Demandas.....	57
2.5	DISEÑO HIDRÁULICO DEL MUNICIPIO DE: SAN FRANCISCO.	61
2.5.1	Metodología de modelación de red de distribución en Epanet	61
2.5.2	Revisión de las condiciones estipuladas por la RAS:	65
2.5.4	Observaciones:	67
2.6	PRESUPUESTO DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO SAN FRANCISCO	68
3.	CONCLUSIONES	70
4.	RECOMENDACIONES	71
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	72

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resultados ensayos a la compresión núcleos tomados a diferentes elementos estructurales.....	19
Tabla 2. Datos generales municipio de Santiago	20
Tabla 3. Diagnóstico lesiones encontradas en municipio de Santiago.	22
Tabla 4. Censos de población en la cabecera Municipal de Santiago.....	23
Tabla 5. Proyecciones DANE en la cabecera Municipal	24
Tabla 6. Asignación del nivel de complejidad	25
Tabla 7. Período de diseño para todos los componentes de acueducto y/o alcantarillado.....	26
Tabla 8. Dotación neta máxima según nivel de complejidad y clima del sistema	27
Tabla 9. Coeficiente de consumo máximo diario – k1	29
Tabla 10. Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución	30
Tabla 11. Demanda de agua proyectada	30
Tabla 12. Presiones mínimas en la red de distribución	37
Tabla 13. Diámetros mínimos de la red matriz.....	38
Tabla 14. Velocidades máximas según material de tuberías	39
Tabla 15. Cantidades de obra de hidrantes y válvulas del sistema de acueducto del municipio de Santiago.....	41
Tabla 16. Volúmenes totales de cantidades de obra del sistema de acueducto del municipio de Santiago.....	41
Tabla 17. Presupuesto optimización del acueducto del Municipio de Santiago.....	41
Tabla 18. Resultados ensayos a la compresión núcleos tomados a diferentes elementos estructurales.....	46

Tabla 19.	Datos generales municipio de San Francisco	47
Tabla 20.	Diagnóstico lesiones encontradas en municipio de San Francisco. ..	51
Tabla 21.	Censos de población en la cabecera Municipal de San Francisco	53
Tabla 22.	Proyecciones DANE en la cabecera Municipal	53
Tabla 23.	Asignación del nivel de complejidad	54
Tabla 24.	Período de diseño para todos los componentes de acueducto y/o alcantarillado.....	55
Tabla 25.	Dotación neta máx. según nivel de complejidad y clima del sistema	56
Tabla 26.	Coeficiente de consumo máximo diario – k1.....	59
Tabla 27.	Demanda de agua proyectada.....	60
Tabla 29.	Cantidades de obra de hidrantes y válvulas del sistema de acueducto del municipio de San Francisco	68
Tabla 30.	Volúmenes totales de cantidades de obra del sistema de acueducto del municipio de San Francisco	69
Tabla 31.	Presupuesto optimización del acueducto del Municipio de San Francisco	69

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Medición fuente rio Tamauca.....	17
Figura 2. Toma de núcleos a diferentes elementos estructurales planta de tratamiento acueducto Santiago.....	19
Figura 3. Paredes de los tanques floculadores con grietas verticales, filtracion de agua y acumulación de flora	21
Figura 4. Censos DANE 1973-2005.....	24
Figura 5. Sistema de acueducto existente de Santiago en epanet.....	33
Figura 6. Características tuberías y nodos sistema de acueducto de Santiago	34
Figura 7. Sentido de flujo en tuberías sistema de acueducto de Santiago.	35
Figura 8. Demandas en tuberías sistema de acueducto de Santiago.....	36
Figura 9. Presiones en nodos sistema de acueducto de Santiago	37
Figura 10. Diámetro de tuberías del sistema de acueducto de Santiago.....	38
Figura 11. Velocidades de tuberías en sistema de acueducto de Santiago	39
Figura 12. Toma de núcleos a diferentes elementos estructurales planta de tratamiento acueducto San Francisco.....	46
Figura 13. Vista general estructuras acueducto municipio San Francisco.....	47
Figura 14. Tanque de almacenamiento.....	49
Figura 15. Desarenador de la bocatoma del río Putumayo	49
Figura 16. Manchas por lavado diferencial en las paredes de las estructuras..	50
Figura 17. Censos DANE 1973-2005.....	54
Figura 18. Sistema de acueducto existente de San Francisco en epanet.	62
Figura 19. Características tuberías y nodos sistema de acueducto de San Francisco	63

Figura 20.	Sentido de flujo sistema de acueducto de San Francisco.	64
Figura 21.	Demandas en tuberías sistema de acueducto de San Francisco	64
Figura 22.	Presiones en nodos sistema de acueducto de San Francisco.	65
Figura 23.	Diámetro de tuberías del sistema de acueducto de San Francisco.....	66
Figura 24.	Velocidades de tuberías en sistema de acueducto de San Francisco.....	67

RESUMEN

La “Consultoría para la ejecución de los estudios y diseños para el sistema integral de acueducto regional del Alto Putumayo”, se desarrolló por la empresa OM Ingeniería, y el Trabajo de Grado se centró en el apoyo técnico a la misma.

El presente informe de la pasantía está dividido en 3 capítulos. En el primer capítulo se presentan los estudios de cantidad y calidad de agua, los estudios de vulnerabilidad y patología de las estructuras existentes, el diseño hidráulico y la modelación del sistema de acueducto del Municipio de Santiago.

En el segundo capítulo se presenta los estudios de cantidad y calidad de agua, los estudios de vulnerabilidad y patología de las estructuras existentes, el diseño hidráulico y la modelación del sistema de acueducto del Municipio de San Francisco.

En el tercer capítulo, se presentan las conclusiones.

En el desarrollo de este trabajo de grado se toma en cuenta las normas técnicas ICONTEC y de construcción vigentes NSR 10 y RAS 2000. Así como se emplea el software Epanet 2.0 en la modelación del sistema de acueducto.

De cada capítulo se detallan y anexan los resultados obtenidos, y se redactan observaciones y conclusiones propias acerca del desarrollo de la pasantía.

ABSTRACT

The "Consultancy for the execution of the studies and designs for integrated regional water supply system of the High Putumayo " is developed by the company OM Engineering and Degree work focused on the technical support of it.

This internship report is divided into 3 chapters. The first chapter presents the studies of quantity and quality of water, vulnerability studies and pathology of existing structures, the hydraulic design and modeling of the water system of the Municipality of Santiago.

The second chapter presents the studies of quantity and quality of water, vulnerability studies and pathology of existing structures, the hydraulic design and modeling of the water system of the Municipality of San Francisco.

In the third chapter, the conclusions are presented.

In developing this paper grade is taken into account technical standards and current building ICONTEC NSR 10 and RAS 2000. As the Epanet 2.0 software is used in modeling the water system.

In each chapter are listed and attached the results, and observations and own conclusions about the development of the internship are drafted.

INTRODUCCION

La empresa OM INGENIERIA, ofrece la oportunidad a egresados de Ingeniería Civil a desarrollar su Trabajo de Grado, modalidad Pasantía, para que de esta manera pueda obtener su título de Ingeniero Civil.

A través de la “Consultoría para la ejecución de los estudios y diseños para el sistema integral de acueducto regional del Alto Putumayo”, se determinó en qué condiciones se encuentran los sistemas de acueductos del Alto Putumayo conformado por: Colón, Sibundoy, San Francisco, Santiago y Corregimiento de San Pedro.

El trabajo de grado, no abarca toda la amplitud de la consultoría, sino que apoya los estudios técnicos que se llevaron a cabo en los Municipio de Santiago y San Francisco.

Las memorias y valores fruto de estos estudios, al igual que conclusiones y observaciones generadas, se incluyen en este informe.

1. DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO

1.1 ESTUDIO PRELIMINAR

El Municipio de Santiago está situado al situado al norte del departamento del Putumayo, su extensión total es de aproximadamente 791.2 km², , el casco urbano tiene coordenadas 1°08'49"N de latitud norte y 77°00'04"O de longitud oeste desde el meridiano de Greenwich, se encuentra a una altitud de 2100 m.s.n.m. y su temperatura promedio es de 10 y 16 °C.

El Municipio está conformado por una inspección de policía, diecinueve veredas y dos resguardos indígenas. Se encuentra a una distancia 55 Km de la ciudad de Pasto, y a 90 km de la capital Mocoa. La cobertura de acueducto alcanza el 90,8% de la población. El suministro de agua se hace a través de la empresa de acueducto Municipal la cual cuenta con una concesión de 12,0 l/s del río Tamauca, perteneciente a la cuenca del río San Pedro. El Municipio no cuenta con un sistema de potabilización de aguas para el suministro a la comunidad.

Ver **Anexo A**. Para ver información del municipio de Santiago.

1.2 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Con la realización física del proyecto, se desprende en su entorno diferentes situaciones, que se tendrán que prever para conseguir la finalidad del proyecto eficientemente, sin causar deterioro en el medio, ni representen riesgos para el bienestar de los habitantes beneficiados.

1.2.1 Precipitaciones y aforos. El proceso de aforo en la fuente de abastecimiento, fue realizado en temporada de verano en noviembre 28 del 2013. Este Municipio cuenta con una bocatoma de abastecimiento. Sobre un punto cercano de la bocatoma que está situada sobre el río Tamauca, se efectuó una gira de inspección, para conocer las características del lugar, para el aforo se utilizó un micro molinete el cual dará las revoluciones que posteriormente servirá para calcular velocidades y caudal.

Ver **Anexo B**. Para ver información aforo caudal, y análisis laboratorio Río Tamauca.

1.2.2 Estudio de calidad de agua. Los resultados obtenidos por el laboratorio de las muestras de agua cruda y agua para consumo humano recolectada en los Municipios, y la medición in situ realizada por el grupo de trabajo en los puntos de muestreo, se compararon con la normatividad referencia a los límites permisibles, para agua potable (Resolución 2115 de 2007) y decreto 1575 de 2007.

Toma de muestra en Santiago, El proceso de recolección de muestra en la fuente, fue realizada en temporada de verano, Sobre un punto cerca de la bocatoma; situada en el rio Tamauca, como se indica en la Figura 1.

Figura 1. Medición fuente rio Tamauca



1.2.3 Observaciones. Caracterización para red de acueducto, La fuente es aceptable para uso con destino de consumo humano en la gran mayoría de parámetros evaluados, pero los parámetros de Coliformes totales (resultado dado por el laboratorio en unidades formadoras de colonias – UFC estas son equivalentes al número más probable – NMP), color aparente, turbidez y ***Echerichia coli*** se encuentran dentro del rango de fuente deficiente. Lo cual se debe realizarle un debido tratamiento, ya que Estos cuatro parámetros no están cumpliendo con lo establecido en la presente resolución.

1.3 VULNERABILIDAD Y PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS EXISTENTES DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO

1.3.1 Estudio geotécnico para análisis de vulnerabilidad sísmica. El Análisis Geotécnico se realizó sobre un sector de aproximadamente 2500 metros cuadrados donde se encuentran las instalaciones de la planta de tratamiento del acueducto Municipal conformado por casetas de control, caseta de laboratorio y de cloración, un tanque de almacenamiento, un tanque floculador, un sedimentador de colmena y un filtro semienterrado, estructuras en concreto reforzado, las cuales se encuentran ubicadas en el sector rural. Ver Tabla 1 y Figura 2, que muestran la toma de núcleos y los resultados de los ensayos¹.

Ver **Anexo C.** Estudio geotécnico para análisis de vulnerabilidad sísmica del Sistema de Acueducto de Santiago.

a. Observaciones:

- Según las características de las diferentes estructuras que conforman la planta de tratamiento del acueducto del Municipio de Santiago en el departamento del Putumayo, objeto de este estudio y después de haber realizado el análisis geotécnico, se recomienda chequear geotécnica y estructuralmente la cimentación teniendo en cuenta las capacidades portantes anotadas en el análisis y **configuración geométrica** obtenida de la cimentación auscultada.
- Una vez terminado el análisis de las estructuras y obtenidas las diferentes cargas de trabajo, se debe enfrentar a las capacidades portantes aquí anotadas.
- Para el chequeo dinámico estructural, se recomienda usar los parámetros dinámicos anotados en el análisis.
- Con el propósito de realizar una evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los diferentes elementos estructurales, se realizó la toma de núcleos, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla. Estos resultados deben ser analizados por el ingeniero que ejecutará el análisis de vulnerabilidad estructural.
- Como un complemento a este estudio geotécnico y a juicio del ingeniero de estructuras, se recomienda realizar una evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los diferentes elementos estructurales, como pruebas de esclerómetro o ultrasonido. (ver tabla 1)

¹ NORMA COLOMBIANA DE CONSTRUCCIONES SISMORESISTENTES NSR-98. Título A.

Tabla 1. Resultados ensayos a la compresión núcleos tomados a diferentes elementos estructurales

NÚCLEO	SITIO	PESO (g)	DIÁM. (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA (k)	RESIST (k/cm ²)
1	NÚCLEO 1	1090	7	13.8	38.48	7874	204.60
2	NÚCLEO 2	1070	7	13.6	38.48	11305	293.75
3	NÚCLEO 3	1141	7	13.9	38.48	6422	166.87
4	NÚCLEO 4	1215	7	13.9	38.48	9619	249.94
5	NÚCLEO 5	1193	7	14.4	38.48	7630	198.26

RESIST. (psi)	P. UNIT (t/m ³)	ESBELTEZ	CORRECIÓN POR ESBELTEZ	RESIST.(psi) CORREGIDA	RESIST (k/cm ²) CORREGIDA
2922.88	2.05	1.97	0.98	2861.87	200.33
4196.49	2.04	1.94	1.00	4196.49	293.75
2383.89	2.13	1.99	1.00	2383.89	166.87
3570.64	2.27	1.99	1.00	3570.64	249.94
2832.31	2.15	2.06	1.00	2832.31	198.26

Figura 2. Toma de núcleos a diferentes elementos estructurales planta de tratamiento acueducto Santiago



1.3.2 Patología sistema de acueducto municipio de Santiago:

a. Datos generales

Tabla 2. Datos generales municipio de Santiago

Fecha de construcción:	En 1998 aproximadamente.
Tipo de mantenimiento:	Periódico, mantenimiento, lavado por colmatación y sedimentación de componentes.
Tipo de paciente:	Geriátrico.
Nivel de afectación:	Severo.
Localización:	Parte alta de la cabecera Municipal
Topografía:	Características regulares, pendientes moderadas y no es susceptible de sufrir inundaciones
Criterios de diseño	Sin datos en disponibles. Tipo Convencionales
Configuración arquitectónica	Con compartimentos cuadrados y rectangulares

b. Sistema estructural

Son estructuras en Concreto, las cuales de acuerdo a las solicitaciones y usos a las que se verán sometidas serán en concreto simple o concreto reforzado. La totalidad de las estructuras son en concreto reforzado (Concreto reforzado es la combinación de concreto simple y acero de refuerzo), pues en su mayoría son depósitos para tratar y almacenar agua, estos depósitos están conformados por placas inferiores de piso, algunos tienen placas superiores de tapa y placas de pared, elementos sólidos de concreto armado cuyos espesores están entre 20 y 30 centímetros, algunas estructuras tienen columnas y vigas de amarre, las cuales se unen entre sí para darle mayor estabilidad a la estructura antes las diferentes solicitaciones de cargas a las que se verá sometida el componente durante su vida útil. Dicho sistema se caracteriza por que los elementos encargados de soportar tanto las cargas horizontales como verticales son el conjunto en total y a través de la losa de piso se transmite las cargas al suelo de fundación.

Dentro de las consideraciones muy importantes y que deben tenerse en cuenta dentro del desarrollo del proceso, es el hecho de entender el funcionamiento y las condiciones de equilibrio que mantendrán estables y en buen funcionamiento estructural a los diferentes componentes de cada sistema; para tal fin es bueno aclarar que la correcta transmisión de cargas para no afectar el resto de la estructura, se logra siempre y cuando los muros en concreto mantengan la verticalidad, de no ser así la descompensación que se genera será grande a nivel de cargas, dando origen a momentos adicionales que pueden en determinado

momento llevar al volcamiento parcial o total de las estructuras., con el posible riesgo de afectar vidas humanas.

c. Estado actual de las estructuras

El sistema de abastecimiento, consta de una bocatoma de fondo, donde se capta el agua y se dirige al desarenador de tipo convencional y luego del proceso de decantación el agua es conducida a las instalaciones de la Planta de Tratamiento, al acceder al sitio donde se encuentran los diferentes componentes del sistema de tratamiento de agua, se observan muchas de ellas con mal aspecto por rebose de agua y filtraciones de las paredes de los tanques, lo cual ha generado la proliferación de organismos vegetales adheridos a las paredes exteriores de los compartimentos, esto también sucede por estar estas estructuras en contacto directo con el medio ambiente, zonas lluviosas con abundante vegetación. (ver figura 3)

Figura 3. Paredes de los tanques floculadores con grietas verticales, filtración de agua y acumulación de flora



Ver **Anexo D.** Análisis de resultados del Sistema de Acueducto de Santiago.

d. Lesiones encontradas (diagnóstico).

Las diferentes estructuras, presentan una serie de lesiones generalizadas por toda las caras laterales de los compartimentos, de esta forma es de más fácil la identificación de las causas que ocasionan cada una, ya que por las características de cada problema se plantean soluciones generales sin entrar a hacer recomendaciones puntuales por pequeñas variantes en las lesiones. Ver Figura 3.

De esta forma, se tiene que las siguientes son las lesiones más marcadas y generalizadas: (ver tabla 3)

Tabla 3. Diagnóstico lesiones encontradas en municipio de Santiago.

TIPO	LESIONES	
FISICO	Humedad por Filtración	En muros laterales, por fisuras y poros propios del concreto en su proceso de fundición y curado
	Humedad por capilaridad	En las estructuras, puesto que se debe a un problema de lavado por encima de los diferentes módulos, lo cual genera una lavado diferencial y causa el desprendimiento erosivo del mortero de acabado
	Erosión atmosférica	Exterior de los muros estructurales de los módulos, donde el clima hace el papel de agente destructor.
MECANICO	Fisuras	Al exterior de las estructuras, se encuentran fisuras en muros laterales
	Grietas	Al exterior de las estructuras, se encuentran grietas en muros laterales
	Fracturas	En el mortero de recubrimiento de los muros estructurales causados por los esfuerzos mecánicos
	Desprendimientos de acabados en elementos	En muros laterales, se encuentran desprendimientos de grandes fragmentos ocasionados por el Intemperismo, movimiento de los muros durante sismos e impactos causados por agentes externos.
QUIMICO	Manchas	En muros laterales estructurales se observa la aparición de organismos vegetales por la acumulación de polvo y en reacción con las aguas lluvias causan manchas en el exterior de los muros y placas.

e. Observaciones:

- Las estructuras a pesar del mal aspecto visual que presentan por todo este tipo de lesiones, tienen unas condiciones aceptables, bastaría saber de acuerdo a los cálculos hidráulicos, si para las condiciones actuales y futuras desempeñaran eficazmente el uso para el cual fueron diseñadas.
- Las estructuras, no presentan daños estructurales que ponga en riesgo la estabilidad de la misma.
- Los muros laterales de las estructuras deben limpiarse, con el fin de que las humedades por filtración y capilaridad NO sigan propagándose.
- El levantamiento de las lesiones de las estructuras objeto de estudio y de los ensayos, es reemplazada por el registro fotográfico, registro que da cuenta de manera más fiel la realidad y el nivel de afectación.

- Las resistencias obtenidas en general están por debajo de las exigidas en las Norma NSR –10 y se obtiene una resistencia promedio de 3160 psi, después de aplicar los factores de corrección, dicha resistencia está por debajo la mínima permisible por la NSR-10 que es de 85% f'c (3400 psi), por lo que se puede decir que estas estructuras tendrían que reforzarse si con las dimensiones actuales y proyectadas al nuevo periodo de diseño cumplen la funciones para las cuales fueron diseñadas.
- A simple vista se observa que los elementos construidos en concreto presentan filtraciones y fisuras, lo cual demuestra que no fue adecuado y optimo el proceso de elaboración, instalación, vibrado y curado de los concretos de las diferentes estructuras, además estas ya cumplieron su vida útil.
- Del análisis hidráulico y estructural se obtendrá si dichas estructuras están cumpliendo con su función en la actualidad, de lo contrario tendrán que sustituirse por otras nuevas estructuras que cumplan su funcionalidad en cuanto a calidad y continuidad en el servicio de agua potable, proyectada hacia un nuevo periodo de diseño.

1.4 PARÁMETROS DE DISEÑO

1.4.1 Alcance. El contrato de consultoría No. 125 de 02 De Mayo de 2013 estableció como objeto: Consultoría para la ejecución de los estudios y diseños para el sistema integral de acueducto regional del Alto Putumayo.

1.4.2 Población actual. Las proyecciones de población presentadas en el siguiente numeral se basan en los censos de población y proyecciones realizadas por el DANE en la cabecera Municipal de Santiago entre los años 1973 y 2005¹. (ver tabla 4-5)

Tabla 4. Censos de población en la cabecera Municipal de Santiago

SANTIAGO		
Año	Población cabecera (Habitantes)	Tasa de Crecimiento
1973	1720	0.00513
1985	1829	-0.01521
1993	1618	0.02119
2005	2081	0.00597

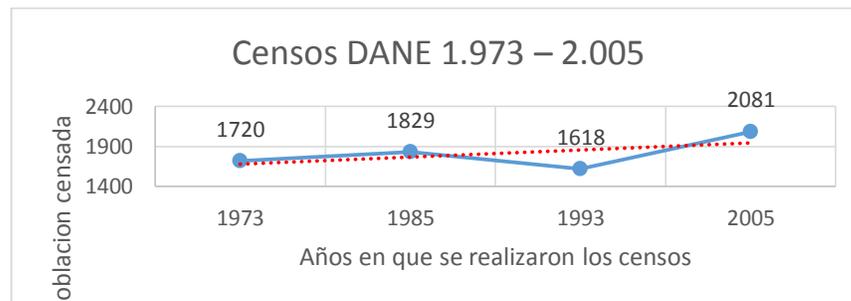
Tabla 5. Proyecciones DANE en la cabecera municipal

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
3,133	3,251	3,368	3,483	3,598	3,711	3,823	3,934
2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
4,043	4,151	4,259	4,364	4,469	4,573	4,675	4,776

Se observa que el crecimiento poblacional de la cabecera Municipal de Santiago no ha sido tan acelerado con respecto al resto de Municipios, a lo largo de 32 años entre los censos de 1973 y 2005, el Municipio creció a una tasa promedio del 0.597% anual, lo cual hizo que en ese período la población total de la cabecera solo alcanzara casi un 20% más (factor del 1.21).

En cuanto a las proyecciones realizadas por el DANE se tiene una tasa de crecimiento promedio de 2.85% la cual es aproximadamente cinco veces la tasa calculada a partir de los censos entre 1973 y 2005, en cuanto al número de habitantes contabilizados en el censo del 2005 se tienen 2081 y en las proyecciones del DANE tenemos 3133 habitantes lo que indica que las proyecciones realizadas por el DANE para este año tienen un desfase de 1052 habitantes de más². (ver figura 4)

Figura 4. Censos DANE 1973-2005



En la anterior gráfica se puede observar que en el segundo periodo, el comprendido entre el año 1985 y 1993 la población decreció alcanzando una tasa de -1.521% caso contrario lo que se muestra entre los periodos de 1973-1985 y 1993-2005, en este último más acelerada que en el primer periodo pero pesar de esta tasa de decrecimiento negativa en ese pequeño periodo la línea de tendencia muestra que la población tiende a crecer.

² DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Disponible en: www.dane.gov.co

Ver **Anexo E.** Proyecciones población Municipio de Santiago.

1.4.3 Nivel de complejidad. En el numeral A.3.1 del Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, se define el nivel de complejidad del sistema así: (ver tabla 6-7)

Tabla 6. Asignación del nivel de complejidad

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

Notas: (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

En el año 2014, de acuerdo a la proyección, el Municipio presenta una población de 2.305 habitantes incluida la población flotante, y para el año 2039 se proyecta una población de 2.675 incluida la población flotante, ubicándolo según los criterios del RAS en el nivel de complejidad MEDIO de acuerdo al criterio de población.

Ver **Anexo F.** para ver información fiscal del Municipio de Santiago.

1.4.4 Período de diseño. El período de diseño es el tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su capacidad permite atender la demanda proyectada para este tiempo.

Por lo tanto mediante Resolución 2320 de 2009, por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS-, en su artículo 2, queda establecido lo siguiente:

ARTÍCULO 2o. Modificar el artículo 69 de la Resolución 1096 de 2000, el cual quedará así:

Artículo 69. Período de diseño: Para todos los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado se adoptan los periodos de diseño máximos establecidos en la Tabla 7, según el Nivel de Complejidad del sistema:

Tabla 7. Período de diseño para todos los componentes de acueducto y/o alcantarillado

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de diseño máx.
Bajo, Medio, Medio Alto	25 años
Alto	30 años

El periodo de diseño corresponde a 25 años de acuerdo al nivel de complejidad MEDIO del Municipio de Santiago. De Acuerdo a lo anterior la Optimización de Sistema se proyectará para un periodo de 25 años.

1.4.5 Pérdidas. Debido a que el Municipio no cuenta con los registros necesarios para obtener la diferencia entre el volumen del agua captada y el volumen del agua entregada a la población, las pérdidas técnicas proyectadas se asumirán como el 25% del consumo, de acuerdo al porcentaje de pérdidas máximas admisibles establecido en la Resolución No. 2320 del 27 de noviembre de 2009, establecida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial.

1.4.6 Sistema de acueducto. ALCANCE EN CUANTO AL SISTEMA DE ACUEDUCTO, el alcance establecido para el Municipio de Santiago dentro del contrato consultoría No. 125 de 02 De Mayo de 2013, considera la optimización de los siguientes elementos del sistema: tratamiento de agua potable y redes de distribución.

Dotación: La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

La dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema y el clima del Municipio, sus valores máximos se establecen de acuerdo con la Tabla, según la Resolución 2320 del 27 de noviembre 2009: (ver tabla 8)

Tabla 8. Dotación neta máxima según nivel de complejidad y clima del sistema

Nivel de Complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con clima frío o templado. (l/hab-día)	Dotación neta máxima para poblaciones con clima cálido (l/hab-día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

De acuerdo con la Resolución del 27 de noviembre 2320 de 2009 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la dotación neta máxima a utilizar para poblaciones con clima frío o templado y de nivel de complejidad Medio según la Tabla anterior corresponde a 115 l/hab-día.

La dotación bruta se establecerá según la ecuación indicada por el RAS:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \% \text{ pérdidas}}$$

El porcentaje de pérdidas para determinar la dotación bruta se calculará de acuerdo con las pérdidas técnicas en el sistema. Tomando como dotación neta 115 l/hab.-día y un 25% de pérdidas, la dotación bruta obtenida es de 153.33 l/hab.-día

Consumos: Al respecto de otros tipos de consumos, institucionales, comerciales etc. se optó por únicamente tener en cuenta las instituciones que se conviertan en un caudal representativo, como lo es el caso de hospitales donde hay constante permanencia de personas y centros educativos donde haya asistencia se estudiantes ajenos a la zona de estudio y signifique un caudal extra al asumido. Caso contrario lo que se presenta en los mataderos, cuarteles de policía, y otras instituciones donde la permanencia del personal no es constante y no representan alta demanda³.

De acuerdo con la información recopilada del Municipio se estableció el consumo total actual (año 2014) doméstico como se muestra a continuación:

³ Disponible en internet: http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/1._rar_res2320_junta_ras.pdf

Consumo bruto (l/s) = No. Habitantes (hab) * Dotación Bruta (l/hab-día) / 86400 (s)
 Consumo bruto (l/s)= 2.305 (hab) * 153.33 (l/hab-día)/ 86400 (s)
 Consumo bruto (Qmd) = 4.091 l/s
 Usos para fines públicos (B.2.3.5) = 3% del Qmd
 Usos para fines públicos (B.2.3.5) = 0.03*4.091=0.122 l/s.
 Qmd total = 4.091+0.122=4.213 l/s

Para el valor de consumos públicos se tiene en cuenta en numeral (B.2.3.5) de la norma ras 2000 “El consumo para uso público utilizado en los servicios de aseo, riego de jardines y parques públicos, fuentes públicas y demás, se estimará entre el 0 y el 3% del consumo medio diario doméstico, siempre y cuando no existan datos disponibles. En caso de que estos datos existan, servirán para establecer la proyección del uso público en el Municipio.”

1.4.7 Demandas. La demanda se calcula siguiendo los parámetros establecidos en el numeral B.2.7 del RAS 2000, así:

Caudal medio diario: El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse para el año 2014 y 2039 mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$$

p = población

$$p = 2.305 \text{ hab} \quad (\text{Año 2014})$$

$$p = 2.675 \text{ hab} \quad (\text{Año 2039})$$

$$d_{bruta} = 153.33 \text{ l / hab / dia}$$

$$d_{bruta} = 153.33 \text{ l / hab / dia}$$

$$Q_{md} = \frac{2.305 \text{ hab} \times 153.33 \text{ l hab} \times \text{dia}}{86400 \text{ s / dia}}$$

$$Q_{md} = \frac{2.675 \text{ hab} \times 153.33 \text{ l hab} \times \text{dia}}{86400 \text{ s / dia}}$$

$$Q_{md} = 4.091 \text{ l / s}$$

$$Q_{md} = 4.747 \text{ l / s}$$

$$Q_{md}(\text{año 2014}) = 4.091 \text{ l / s} \times 1.03 = 4.214 \text{ l / s}$$

$$Q_{md}(\text{año 2039}) = 4.747 \text{ l / s} \times 1.03 = 4.89 \text{ l / s}$$

Caudal máximo diario: El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1. Dado que el nivel de complejidad del sistema es Medio, se adopta un coeficiente k1 de 1.30.

El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = Q_{md} \cdot k_1$$

$$QMD(\text{año}2014) = 4.214l / s \cdot 1.30$$

$$QMD = 5.478l / s$$

$$QMD(\text{año}2039) = 4.890l / s \cdot 1.30$$

$$QMD = 6.357l / s$$

Caudal máximo horario: el caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k2.

Dado que el nivel de complejidad del sistema es Medio, se adopta un coeficiente k2 de 1.60

$$QMH = QMD \cdot k_2$$

$$QMH(\text{año}2014) = 5.478l / s \cdot 1.60$$

$$QMH = 8.765l / s$$

$$QMH(\text{año}2039) = 6.357l / s \cdot 1.60$$

$$QMH = 10.172l / s$$

Coefficiente de consumo máximo diario – k1: el coeficiente de consumo máximo diario, k1, se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año. En caso de sistemas nuevos, el coeficiente de consumo máximo diario, k1, depende del nivel de complejidad del sistema como se establece en la Tabla 9:

Tabla 9. Coeficiente de consumo máximo diario – k1

Nivel de Complejidad del Sistema	Coefficiente de consumo máximo diario - k1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Dado que el nivel de complejidad del sistema es Medio, se adopta un coeficiente k1 de 1.30

Coeficiente de consumo máximo horario - relación al consumo máximo diario – k2: el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k2, puede calcularse, para el caso de ampliaciones de sistema de acueducto, como la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal máximo diario, QMD, registrados durante un período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurran fallas relevantes en el servicio.

En el caso de sistemas de acueductos nuevos, el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k2, es función del nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución, según se establece en la Tabla 10.

Tabla 10. Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución

Nivel de Complejidad del Sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio alto	1.50	1.45	1.40
Alto	1.50	1.45	1.40

En la siguiente Tabla 11, se presentan las demandas de agua para el horizonte de diseño, de acuerdo con la proyección de la población:

Tabla 11. Demanda de agua proyectada

AÑO	SANTIAGO	Dotación Bruta (l/h.d)	Qmd Domestico	Qmd Otros usos	Demanda Urbana (l/s)		
	POBLACIÓN				Qmd Total	QMD	QMH
	TOTAL						
2013	2292	157.933			4.189	5.446	8.713
2014	2305	153.333	4.091	0.123	4.214	5.478	8.765
2015	2319	153.333	4.116	0.123	4.239	5.511	8.817
2016	2333	153.333	4.140	0.124	4.264	5.544	8.870
2017	2347	153.333	4.165	0.125	4.290	5.577	8.923
2018	2361	153.333	4.190	0.126	4.316	5.610	8.976

Tabla 11. (Continuación).

2019	2375	153.333	4.215	0.126	4.341	5.644	9.030
2020	2389	153.333	4.240	0.127	4.367	5.677	9.084
2021	2403	153.333	4.265	0.128	4.393	5.711	9.138
2022	2418	153.333	4.291	0.129	4.420	5.745	9.193
2023	2432	153.333	4.316	0.129	4.446	5.780	9.248
2024	2447	153.333	4.342	0.130	4.473	5.814	9.303
2025	2461	153.333	4.368	0.131	4.499	5.849	9.358
2026	2476	153.333	4.394	0.132	4.526	5.884	9.414
2027	2491	153.333	4.420	0.133	4.553	5.919	9.470
2028	2506	153.333	4.447	0.133	4.580	5.954	9.527
2029	2521	153.333	4.473	0.134	4.608	5.990	9.584
2030	2536	153.333	4.500	0.135	4.635	6.026	9.641
2031	2551	153.333	4.527	0.136	4.663	6.062	9.699
2032	2566	153.333	4.554	0.137	4.691	6.098	9.757
2033	2581	153.333	4.581	0.137	4.719	6.134	9.815
2034	2597	153.333	4.609	0.138	4.747	6.171	9.874
2035	2612	153.333	4.636	0.139	4.775	6.208	9.932
2036	2628	153.333	4.664	0.140	4.804	6.245	9.992
2037	2644	153.333	4.692	0.141	4.832	6.282	10.051
2038	2659	153.333	4.720	0.142	4.861	6.320	10.111
2039	2675	153.333	4.748	0.142	4.890	6.357	10.172
2063	3086	153.333	5.477	0.164	5.641	7.334	11.734
2064	3105	153.333	5.510	0.165	5.675	7.378	11.804

Ver **Anexo G**. Sistema de acueducto del municipio de Santiago, donde se trata: presión, diámetro, Velocidad, profundidad, fuentes de abastecimiento, captación de aguas superficiales, desarenadores, aducción – conducción, plantas de tratamiento de agua potable y redes de distribución.

1.5 DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO

Se llevó a cabo una modelación del sistema de acueducto existente del Municipio de Santiago, con el objetivo de observar sus características hidráulicas. Esto requiere seguir una metodología que será explicada en este apartado con detalle.

Se aprovechara al máximo la infraestructura existente debido a que los estudios de Patología y Vulnerabilidad demostraron que gran parte de ella está en condiciones para seguir prestando un servicio a la comunidad, lo cual desde el punto de vista económico es más rentable.

La Modelación será en la de Red de Distribución en Epanet, para determinar las condiciones de funcionamiento que presenta el sistema como tal.

1.5.1 Metodología de modelación de red de distribución en Epanet. Epanet es un software especializado de dominio público que puede ser copiado y distribuido libremente, con un margen de error del delta diferente de presiones en los nodos, no superior a 0,10 m.c.a.

Plantilla Autocad: se trabaja en Autocad sobre el plano topográfico del sistema de acueducto el cual es usado como plantilla. Se hace el esquema usando una sola capa.

Archivo Epacad: se trabaja en Epacad para importar la plantilla dibujada en Autocad, genera archivo *.inp y así trabajar con ella en Epanet.

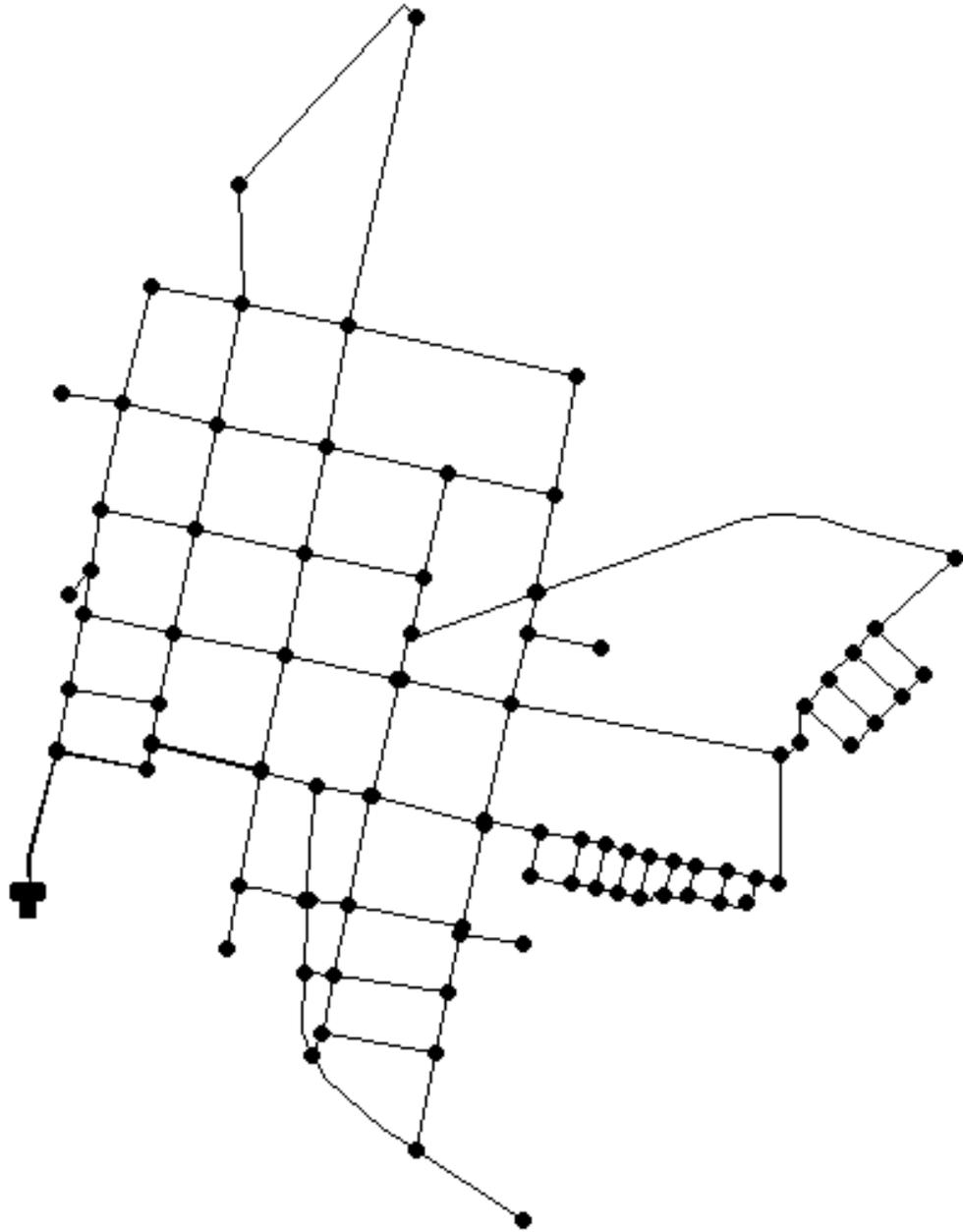
Epanet: en Epanet se trabaja con la siguiente información:

De forma manual se pone cada característica de cada elemento que compone el sistema los siguientes datos: Cotas, Diámetro, Coeficiente de pérdidas, Demandas. (ver figura 5)

Rugosidad PVC = 0,0015

Ecuación de pérdidas: Darcy – Weisbach.

Figura 5. Sistema de acueducto existente de Santiago en epanet.



En **Anexo H**. Características de tuberías y nodos municipio de Santiago.

Figura 6. Características tuberías y nodos sistema de acueducto de Santiago

Tubería p125		Conexión n2	
Propiedad	Valor	Propiedad	Valor
*ID Tubería	p125	*ID Conexión	n2
*Nudo Inicial	n79	Coordenada-X	1008045.95
*Nudo Final	n88	Coordenada-Y	618508.40
Descripción		Descripción	
Etiqueta		Etiqueta	
*Longitud	118.00	*Cota	2128.67
*Diámetro	54.58	Demanda Base	0.155386875
*Rugosidad	0.0015	Patrón de Deman	
Coef. de Pérdidas	2.36	Categoría de Der	1
Estado Inicial	Abierto	Coef. Emisor	
Coef. Flujo		Calidad Inicial	
Coef. Pared		Fuente de Calidac	
Caudal	No Disponible	Demanda Actual	No Disponible
Velocidad	No Disponible	Altura Total	No Disponible

Calculo del diámetro del embalse: Epanet trabaja sobre Tanques circulares, por este motivo hay que hallar el Diámetro equivalente respecto a un Tanque rectangular, para ello se aplica:

$$D = 1,128 * \sqrt{(a \cdot b)} \quad \text{Donde: } a = 12,1 \text{ m y } b = 12,1 \text{ m}$$

$$D = 13,65 \text{ m}$$

Determinación demandas bases en nodos por método de longitud equivalente:

Se tiene que: QMH = 10.172 lps Longitud Total = 9785.02 m

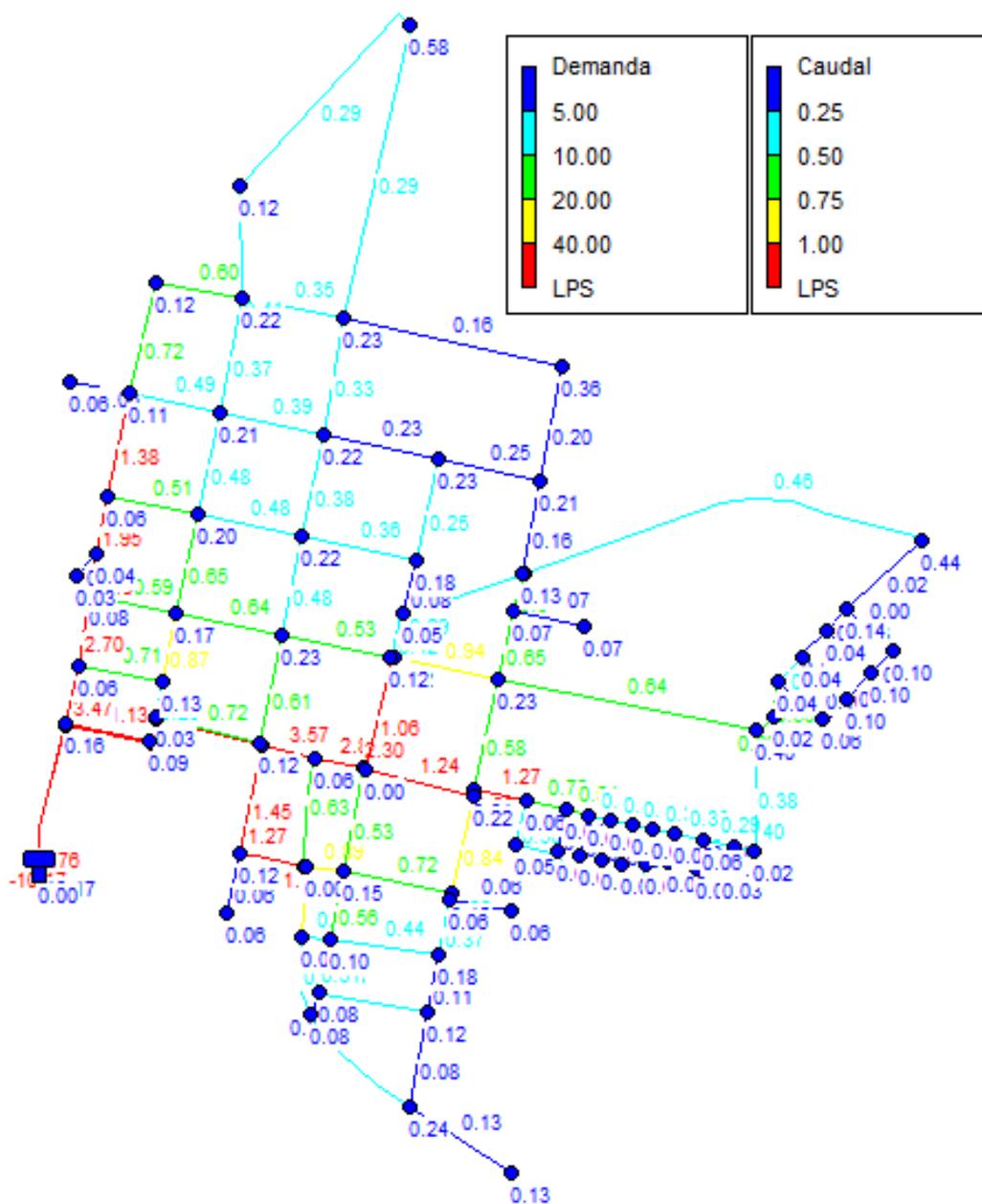
Donde el dato de longitud total sale de la suma de todas las longitudes de las tuberías que componen el sistema.

$$QM_{Hu} = QMH / \text{Longitud Total} = 0.00104 \text{ lps/m}$$

En **Anexo I.** Demandas de nodos del sistema de acueducto de Santiago.

Se verifica los sentidos del flujo del fluido, para eso se toma una hipótesis de alimentación en los nodos y se itera hasta que todos sean positivo, también se verifica que el Caudal de Salida sea el esperado. Estos se pueden observar en las siguientes Figuras 7 y 8.

Figura 8. Demandas en tuberías sistema de acueducto de Santiago



Verificación Caudal: Se verifica si el tanque alimenta al sistema con el QMH = - 10.172 lps. (ver tabla 12)

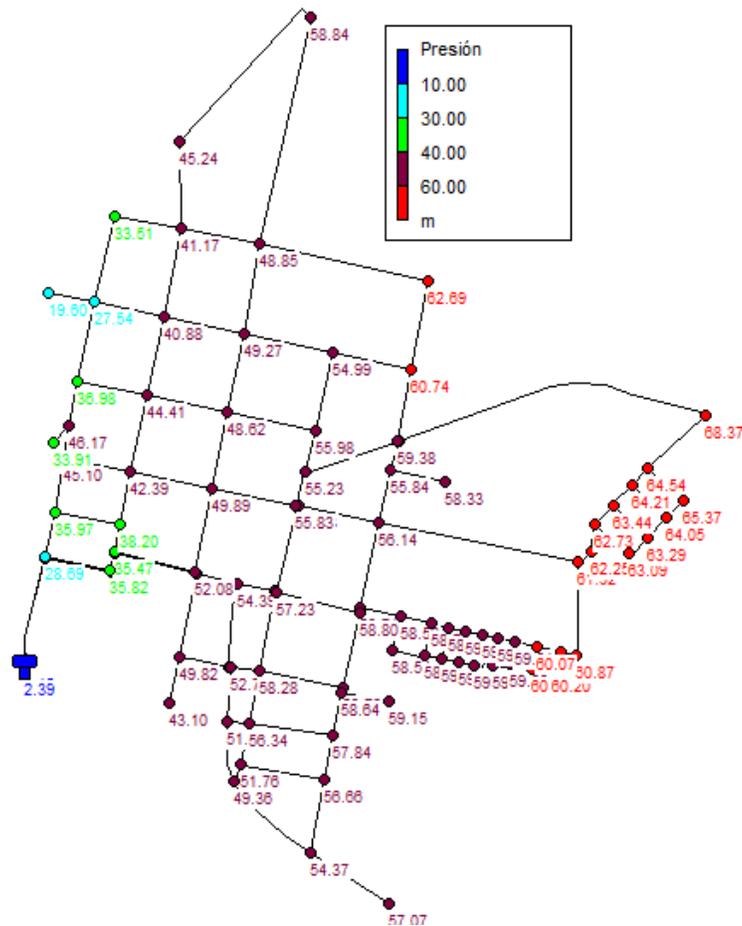
1.5.2 Revisión de las condiciones estipuladas por la RAS:

Tabla 12. Presiones mínimas en la red de distribución

Nivel de complejidad	Presión Mínima (kPa)	Presión Mínima (metros)
Bajo	98.1	10
Medio	98.1	10
Medio Alto	147.2	15
Alto	147.2	15

Fuente: RAS Tabla B.7.4.

Figura 9. Presiones en nodos sistema de acueducto de Santiago



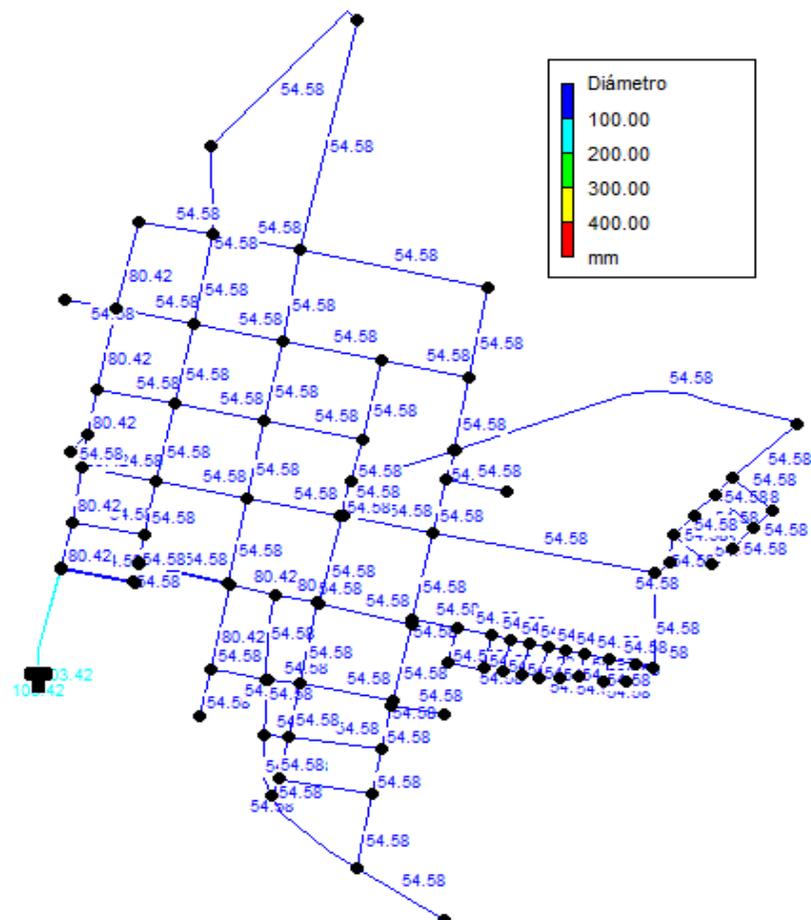
B.7.4.5.2. El valor de la presión máxima tenida en cuenta para el diseño de las redes menores de distribución, para todos los niveles de complejidad del sistema, debe ser de 588.6 kPa (60 m.c.a). (ver tabla 13) (ver figura 10)

Diámetros de las tuberías en la red de distribución:

Tabla 13. Diámetros mínimos de la red matriz

Nivel de complejidad del sistema	Diámetro mínimo
Bajo y Medio	100 mm
Medio Alto	150 mm
Alto	300 mm

Figura 10. Diámetro de tuberías del sistema de acueducto de Santiago



Ver **Anexo J**. Para ver resultados simulación del sistema de acueducto de Santiago.

1.5.3 Observaciones:

- En la Figura 10, se visualiza los diámetros de las tuberías que componen el sistema de acueducto de Santiago. Según esto no se cumple este parámetro en el sistema.
- Con simulación en Epanet se obtiene que la presión estática máxima supera los 60 m.c.a. en algunos nodos y que la presión dinámica mínima es superior a 10 m.c.a.
- Según la simulación se está cumpliendo que la velocidad no exceda los 6 m/s.

1.6 PRESUPUESTO DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO SANTIAGO

Para optimizar el sistema de acueducto del municipio de Santiago se proyectaron válvulas de sectorización e hidrantes.

Las válvulas de sectorización permiten definir sectores para lograr un control del caudal entregado, al poder efectuar auditorias aisladas de cada sector, es una estrategia de mejora del rendimiento orientado en la brusquedad de fugas en aquellos sectores en peor estado. La RAS Titulo B.7.6.3 trata sobre válvulas. En las Tablas 15 y 16, se calculan las cantidades de obra para la construcción de hidrantes.

Los hidrantes son una toma de agua diseñada para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio. La RAS Titulo B.7.6.9 trata sobre hidrantes. En las Tabla 15 y 16, se calculan las cantidades de obra para la construcción de válvulas de sectorización. En la Tabla 17, se muestra los ítems que conforman el presupuesto.

Tabla 15. Cantidades de obra de hidrantes y válvulas del sistema de acueducto del municipio de Santiago

HIDRANTE	Exc 1 (m3)	Exc 2 (m3)	Exc 3 (m3)	Cto codo (m3)	Acero 1/2" (kg)	Cto tee (m3)	Acero 1/2" (kg)	Relleno Mat	Relleno Préstamo
Ancho	1	2	1.5	0.6		0.6			
Largo	1	0.5	1.5	0.6		0.6			
Alto	1	1	1	0.6		1			
Por Und.	1.07	1.07	2.4075	0.23328	4	0.3888	10		
SANTIAGO= 15 Und									
Totales	16.05	16.05	36.113	3.4992	60	5.832	150	47.749	20.463

VALVULA	Exc 1
Ancho	2
Largo	1.5
Alto	1
Vol. Und.	3.21
SANTIAGO=	18

Und	Vol. Total	57.78
-----	------------	-------

Tabla 16. Volúmenes totales de cantidades de obra del sistema de acueducto del municipio de Santiago

VOLUMENES TOTALES	Excavación	Concreto	Acero	Relleno Mat	Relleno Préstamo
Santiago =	126	10	210	48	21

Tabla 17. Presupuesto optimización del acueducto del Municipio de Santiago

ITEM	DESCRIPCION
1	OBRAS PRELIMINARES
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO
1.2	EXCAVACION EN MATERIAL COMÚN 1<H<2 M.
1.3	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE CARGUE A MAQUINA
2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS
2.1	SUMINISTRO E INST. HIDRANTE MEGA 2 BOCAS AWWA C513 JUNTA RAPIDA 3"
2.2	SUMINISTRO E INST. TUBERIA PVC PRESION 3" RDE 21
2.3	SUMINISTRO E INST. CODO PVC 90° PRESION 3"
2.4	SUMINISTRO E INST. UNION DE REPARACION PVC UP 3"
2.5	SUMINISTRO E INST. TEE PVC 3"
2.6	SUMINISTRO E INST. VALVULA DE CONTROL DE SECTORIZACION 3"
2.7	UNION UNIVERSAL 3" PVC
2.8	SUMINISTRO E INST. CAJA PARA VALVULAS DE CONTROL DE SECTORIZACION

Tabla 17. (Continuación).

2.9	ANCLAJE EN CONCRETO 3000 PSI
2.10	ACERO DE REFUERZO
2.11	CAJA VALVULA 0.7*0.7*1 m-TAPA VALVULA CHOROTE TRAFICO PESADO
3	RELLENOS
3.1	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACION COMPACTADO
3.2	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO 1:5 RECEBO SC-M
4	ANDEN
4.1	ANDEN

En el **Anexo U.** se muestra la optimización del sistema de acueducto de Santiago, donde se expone:

- Ubicación de válvulas de sectorización e hidrantes en la modelación hidráulica del sistema de acueducto de Santiago.
- Presupuesto para realizar construcción de trabajos de optimización del sistema de acueducto de Santiago.

En el **Anexo Y.** Análisis de precios unitarios empleados en el presupuesto.

2. DISEÑO SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO

2.1 ESTUDIO PRELIMINAR

El Municipio de San Francisco está situado al situado al norte del departamento del Putumayo, su extensión total es de aproximadamente 573.7 km², , el casco urbano tiene coordenadas 76° 43' 46" y 76° 59' 18" Oeste, se encuentra a una altitud de 2100 m.s.n.m y su temperatura promedio es de 6 y 17 °C.

El Municipio de San Francisco, está integrado por quince barrios y veinte y seis veredas. Su cabecera Municipal se localiza aproximadamente a 60 km de Mocoa. La cobertura de acueducto alcanza el 88,5% de la población. El suministro de agua se hace a través del Municipio el cual cuenta con dos concesiones de 17,0 l/s cada una del río Putumayo y la quebrada Portachuelo, también afluente del Putumayo. El Municipio no cuenta con un sistema de potabilización de aguas.

Ver **Anexo K**. Para ver información del municipio de San Francisco.

2.2 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Con la realización física del proyecto, se desprende en su entorno diferentes situaciones, que se tendrán que prever para conseguir la finalidad del proyecto eficientemente, sin causar deterioro en el medio, ni representen riesgos para el bienestar de los habitantes beneficiados.

2.2.1 Precipitaciones y aforos. El proceso de aforo en la fuente de abastecimiento, fue realizada en temporada de verano, como cuenta con tres bocatomas de abastecimiento, fue realizado este proceso los días 13, 21 y 22 de noviembre del 2013.

Sobre unos puntos de la bocatoma están situadas las tres fuentes de abastecimiento, se efectuó una gira de inspección, para conocer las características de los lugares, para el aforo se utilizó un micro molinete el cual nos dará las revoluciones que posteriormente sacar las velocidades y caudal.

2.2.2 Estudio de calidad de agua. Los resultados obtenidos por el laboratorio de las muestras de agua cruda y agua para consumo humano recolectada en los Municipios, y la medición in situ realizada por el grupo de trabajo en los puntos de

muestreo, se compararon con la normatividad referencia a los límites permisibles, para agua potable (Resolución 2115 de 2007).

Toma de muestra en San Francisco: Este Municipio cuenta con 3 bocatomas las cuales abastecen a toda la población. Este es uno de los Municipios más ricos del recurso hídrico.

Ver **Anexo L.** Información aforo caudales, y análisis laboratorio fuentes de abastecimiento del sistema de acueducto de San Francisco.

2.2.3 Observaciones:

- Fuente de abastecimiento Rio Putumayo: es aceptable para uso con destino de consumo humano, en la gran mayoría de parámetros evaluados, pero los parámetros de coliformes totales (resultado dado por el laboratorio en unidades formadoras de colonias – UFC estas son equivalentes al número más probable – NMP), color aparente y **Echerichia coli** se encuentran dentro del rango de fuente no apta para el consumo; lo cual se debe realizarle un debido tratamiento, ya que estos no están cumpliendo con lo establecido en la presente resolución. El resultado la turbiedad de esta agua dado por laboratorio, se pasa con una mínima cantidad, diciendo así que está en el rango regular.
- Fuente de abastecimiento Quebrada la Honda: es aceptable para uso con destino de consumo humano en la gran mayoría de parámetros evaluados, pero los parámetros de coliformes totales (resultado dado por el laboratorio en unidades formadoras de colonias – UFC estas son equivalentes al número más probable – NMP), color aparente y **Echerichia coli** se encuentran dentro del rango de fuente no apta para el consumo; Lo cual se debe realizarle un debido tratamiento, ya que estos no están cumpliendo con lo establecido en la presente resolución.
- Fuente de abastecimiento Quebrada la Soledad: es aceptable para uso con destino de consumo humano en la gran mayoría de parámetros evaluados, como se presenta en la Tabla, pero los parámetros de Coliformes totales (resultado dado por el laboratorio en unidades formadoras de colonias – UFC estas son equivalentes al número más probable – NMP) y **Echerichia coli** se encuentran dentro del rango de fuente no apta para el consumo; Lo cual se debe realizarle un debido tratamiento, ya que Estos no están cumpliendo con lo establecido en la presente resolución. Pero cabe aclarar que el valor permisible que da esta resolución de **Echerichia coli** es de 0 UFC y los resultados dados en los análisis de laboratorio nos muestra un valor de 0.9 UFC para este

parámetro, lo cual nos indica que esta agua tiene una mínima cantidad de este contaminante.

2.3 VULNERABILIDAD Y PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS EXISTENTES DEL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO

2.3.1 Estudio geotécnico para análisis de vulnerabilidad sísmica. El Análisis Geotécnico se realizó sobre un sector de aproximadamente 300 metros cuadrados donde se encuentran las instalaciones del tanque de almacenamiento y caseta de cloración del acueducto Municipal, estructuras en concreto reforzado, las cuales se encuentran ubicadas en el sector rural del Municipio de San Francisco en el departamento del Putumayo. En el sector, en el momento de realizar este estudio, se encuentra en funcionamiento.

Ver **Anexo M.** Estudio geotécnico para análisis de vulnerabilidad sísmica del sistema de acueducto de San Francisco.

Observaciones:

- Según las características del tanque de almacenamiento que conforma la planta de tratamiento del acueducto del Municipio de San Francisco en el departamento del Putumayo, objeto de este estudio y después de haber realizado el análisis geotécnico, se recomienda chequear geotécnica y estructuralmente la cimentación teniendo en cuenta las capacidades portantes anotadas en el análisis y **configuración geométrica** obtenida de la cimentación auscultada.
- Una vez terminado el análisis de la estructura y obtenidas las diferentes cargas de trabajo, se debe enfrentar a las capacidades portantes aquí anotadas.
- Para el chequeo dinámico estructural, se recomienda usar los parámetros dinámicos anotados en el análisis.
- Con el propósito de realizar una evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los diferentes elementos estructurales, se realizó la toma de núcleos, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 18 y Figura 12. Estos resultados deben ser analizados por el ingeniero que ejecutará el análisis de vulnerabilidad estructural.

Tabla 18. Resultados ensayos a la compresión núcleos tomados a diferentes elementos estructurales

NÚCLEO	SITIO	PESO (g)	DIÁM. (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm ²)	LECTURA (k)	RESIST (k/cm ²)
1	LOSA	1305	7	14.3	38.48	9670	251.27
2	MURO	1148	7	13.7	38.48	4948	128.57

RESIST. (psi)	P. UNIT (t/m ³)	ESBELTEZ	CORRECCIÓN POR ESBELTEZ	RESIST.(psi) CORREGIDA	RESIST (k/cm ²) CORREGIDA
3589.57	2.37	2.04	0.98	3523.07	246.62
1836.73	2.18	1.96	1.00	1836.73	128.57

Figura 12. Toma de núcleos a diferentes elementos estructurales planta de tratamiento acueducto San Francisco



Como un complemento a este estudio geotécnico y a juicio del ingeniero de estructuras, se recomienda realizar una evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los diferentes elementos estructurales, como pruebas de esclerómetro o ultrasonido.

2.3.2 Patología sistema de acueducto municipio de San Francisco:

Tabla 19. Datos generales municipio de San Francisco

Fecha de construcción:	En 1998, construcciones nuevas en 2003 Quebrada la Honda y 2004 Quebrada la Honda y planta tratamiento prefabricada aproximadamente.
Tipo de mantenimiento:	Regular, mantenimiento y lavado por colmatación y sedimentación de sus componentes.
Tipo de paciente:	Geriátrico.
Nivel de afectación:	Severo.
Localización:	Parte alta de la cabecera Municipal
Topografía:	Características regulares, pendientes moderadas y no es susceptible de sufrir inundaciones
Criterios de diseño y Configuración arquitectónica	Sin datos en disponibles. Tipo Convencionales con compartimentos cuadrados y rectangulares

Figura 13. Vista general estructuras acueducto municipio San Francisco



El sistema estructural con el cual fueron construidas las estructuras que conforman los diferentes componentes del sistema de acueducto del Municipio de San Francisco –Departamento del Putumayo, objeto del estudio en lo que hace referencia al tratamiento del agua son estructuras de tratamiento de tipo compactas y las estructuras como bocatomas, desarenadores y tanques de almacenamiento son conocidas comúnmente como estructuras en concreto, las cuales de acuerdo a las solicitaciones y usos a las que se verán sometidas serán en concreto simple o concreto reforzado. La totalidad de las estructuras son en concreto reforzado (Concreto reforzado es la combinación de concreto simple y acero de refuerzo), pues en su mayoría son depósitos para tratar y almacenar agua, estos depósitos están conformados por placas inferiores de piso, placas superiores de tapa y placas de pared, elementos sólidos de concreto armado cuyos espesores están entre 20 y 30 centímetros, también tienen columnas y vigas de amarre, las cuales se unen entre sí para darle mayor estabilidad a la estructura antes las diferentes solicitaciones de cargas a las que se verá sometida durante su vida útil. Dicho sistema se caracteriza por que los elementos encargados de soportar tanto las cargas horizontales como verticales son el conjunto en total y a través de la losa de piso se transmite las cargas al suelo de fundación donde son absorbidas y se disipan.

Dentro de las consideraciones muy importantes y que deben tenerse en cuenta dentro del desarrollo del proceso, es el hecho de entender el funcionamiento y las condiciones de equilibrio que mantendrán estables y en buen funcionamiento estructural a los diferentes componentes de cada sistema; para tal fin es bueno aclarar que la correcta transmisión de cargas, para no afectar el resto de la estructura se logra siempre y cuando los muros en concreto mantengan la verticalidad, de no ser así la descompensación que se genera será grande a nivel de cargas, dando origen a momentos adicionales que pueden en determinado momento llevar al volcamiento parcial o total de las estructuras, con el posible riesgo de afectar vidas humanas.

Estado actual de las estructuras: El sistema de suministro de agua del Municipio de San Francisco, se encuentra conformado por tres bocatomas de fondo, cada una de las cuales conduce el agua a su respectivo desarenador, después de sus procesos de decantación, el agua es llevada a la planta de tratamiento, al acceder al sitio donde se encuentran los diferentes componentes del sistema de tratamiento de agua, se observan todas las estructuras con una regular presentación y escaso mantenimiento, se encuentran pintadas pero en mal estado y dan una apariencia un poco agradable a las personas que visitan el sitio donde se encuentran estas estructuras. (ver figura 14-15)

Figura 14. Tanque de almacenamiento



Figura 15. Desarenador de la bocatoma del río Putumayo



Se observa dos módulos compactos para el sistema de tratamiento y un tanque en concreto el cual está en pésimas condiciones, este acueducto tiene 3 bocatomas de las cuales la que está ubicada en el río Putumayo se encuentra en óptimas condiciones, las otras dos, ubicada en la quebrada Honda y en la quebrada la

Soledad se encuentran en muy mal estado en lo referente a la apariencia y calidad de sus concretos, cada una de estas tres captaciones llega a su respectivo desarenador, de los cuales el desarenador de la captación del río Putumayo, se encuentra en mal estado y los otros dos desarenadores se encuentran en buenas condiciones, a simple vista no se observa ningún tipo fallas estructurales pero la totalidad de los compartimientos presentan filtraciones en las paredes laterales que se encuentran a la vista, las otras paredes no se las puede observar, pues se encuentran semienterradas y otras a nivel de piso del terreno donde se encuentran ubicadas estas estructuras. La mayoría de las estructuras presentan manchas por lavado superficial que se presenta con el escurrimiento de agua lluvia a través de las paredes estructurales de los diferentes componentes, esto también sucede por estar estas estructuras en contacto directo con el medio ambiente, zonas lluviosas con abundante vegetación.

Del análisis hidráulico y revisión estructural se obtendrá si dichas estructuras están cumpliendo con su función en la actualidad, de lo contrario tendrán que sustituirse por otras nuevas estructuras que cumplan su funcionalidad en cuanto a calidad y continuidad en el servicio de agua potable, proyectada hacia un nuevo periodo de diseño. (ver figura 16)

Figura 16. Manchas por lavado diferencial en las paredes de las estructuras



Ver **Anexo N.** Análisis de resultados sistema de acueducto de San Francisco.

Lesiones encontradas (diagnóstico): Las diferentes estructuras, presentan una serie de lesiones generalizadas por todas las caras laterales de los compartimientos, de esta forma es de más fácil identificación las causas de cada

una, ya que por las características de cada problema se plantean soluciones generales sin entrar a hacer recomendaciones puntuales por pequeñas variantes en las lesiones.

De esta forma, tenemos que las siguientes son las lesiones más marcadas y generalizadas: (ver tabla 20)

Tabla 20. Diagnóstico lesiones encontradas en municipio de San Francisco.

TIPO	LESIONES	
FISICO	Humedad por Filtración	En muros laterales, por fisuras y poros propios del concreto en su proceso de fundición y curado
	Humedad por capilaridad	En las estructuras, puesto que se debe a un problema de lavado por encima de los diferentes módulos, lo cual genera una lavado diferencial y causa el desprendimiento erosivo del mortero de acabado
	Erosión atmosférica	Exterior de los muros estructurales de los módulos, donde el clima hace el papel de agente destructor.
MECANICO	Fisuras	Al exterior de las estructuras, se encuentran fisuras en muros laterales
	Grietas	Al exterior de las estructuras, se encuentran grietas en muros laterales
	Fracturas	En el mortero de recubrimiento de los muros estructurales causados por los esfuerzos mecánicos
	Filtración de aguas	Se encuentran hongos, algas, manchas, acumulación de polvo, lo cual da muy mal aspecto visual
QUIMICO	Manchas	En muros laterales estructurales se observa la aparición de organismos vegetales por la acumulación de polvo y en reacción con las aguas lluvias causan manchas en el exterior de los muros y placas.

Observaciones:

- Las estructuras presentan un pésimo aspecto visual y unas condiciones malas estructuralmente a excepción de la bocatoma del río Putumayo, bastaría saber

de acuerdo a los cálculos hidráulicos, si para las condiciones actuales y futuras se desempeñaran eficazmente.

- Las estructuras, no presentan daños estructurales que pongan en riesgo la estabilidad de las mismas.
- Los muros laterales de las estructuras deben limpiarse, con el fin de que las humedades por filtración y capilaridad NO sigan propagándose al resto de los muros y así disminuir el mal aspecto visual que genera la gran cantidad de manchas que tienen las estructuras.
- El concepto de inspección visual hace referencia al análisis general que se puede generar sin el empleo de herramientas propias del estudio de vulnerabilidad como ensayos destructivos, semidestructivos, esclerometría, extracción de núcleos, uso de pachometro, entre otros.
- El levantamiento de las lesiones de las estructuras objeto de estudio y de los ensayos, es reemplazada por el registro fotográfico, registro que da cuenta de manera más fiel la realidad y el nivel de afectación de los elementos.
- Las resistencias obtenidas en general están por debajo de las exigidas en las Norma NSR -10 y se obtiene una resistencia promedio de 2679.90 PSI, después de aplicar los factores de corrección, dicha resistencia esta por debajo la mínima permisible por la NSR-10 que es de 85% f'c (3400 PSI), por lo que se puede decir que estas estructuras tendrían que reforzarse si con las dimensiones actuales y proyectadas al nuevo periodo de diseño cumplen la funciones para las cuales fueron diseñadas.
- A simple vista se observa que los elementos construidos en concreto presentan filtraciones y fisuras, lo cual demuestra que no fue adecuado y optimo el proceso de elaboración, instalación, vibrado y curado de los concretos de las diferentes estructuras, además estas ya cumplieron su vida útil.
- Del análisis hidráulico y estructural se obtendrá si dichas estructuras están cumpliendo con su función en la actualidad, de lo contrario tendrán que sustituirse por otras nuevas estructuras que cumplan su funcionalidad en cuanto a calidad y continuidad en el servicio de agua potable, proyectada hacia un nuevo periodo de diseño.

2.4 PARÁMETROS DE DISEÑO

2.4.1 Alcance. El contrato de consultoría No. 125 de 02 De Mayo de 2013 estableció como objeto: Consultoría para la ejecución de los estudios y diseños para el sistema integral de acueducto regional del Alto Putumayo.

2.4.2 Población actual. Las proyecciones de población presentadas en el siguiente numeral se basan en los censos de población y proyecciones realizadas por el DANE en la cabecera Municipal de San Francisco entre los años 1973 y 2005. (ver tabla 21)

Tabla 21. Censos de población en la cabecera municipal de San Francisco

Año	Población cabecera (Habitantes)	Tasa de Crecimiento
1973	1524	0.04981
1985	2731	-0.00651
1993	2592	0.01220
2005	2998	0.02137

Tabla 22. Proyecciones DANE en la cabecera municipal

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
3,713	3,768	3,812	3,859	3,904	3,951	3,992	4,037
2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
4,076	4,116	4,152	4,194	4,230	4,271	4,308	4,350

Se observa que el crecimiento poblacional de la cabecera Municipal de San Francisco ha sido relativamente acelerado. A lo largo de 32 años entre los censos de 1973 y 2005, el Municipio creció a una tasa promedio del 2.137% anual, lo cual hizo que en ese período la población total de la cabecera casi se duplicara (factor del 1.97).

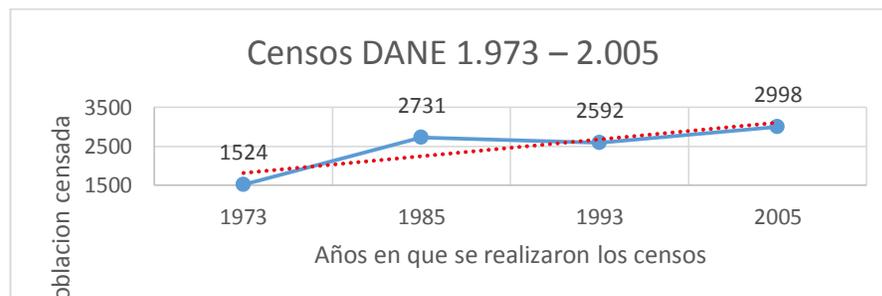
En cuanto a las proyecciones realizadas por el DANE⁴ se tiene una tasa de crecimiento promedio de 1.06% la cual es aproximadamente un medio de la tasa

⁴ DANE, Op. cit.

calculada a partir de los censos entre 1973 y 2005, en lo referente al número de habitantes contabilizados en el censo del 2005 se tienen 2998 y en las proyecciones realizadas por el DANE se tiene 3713 habitantes lo que indica que las proyecciones del DANE para este año tienen un desfase de 715 habitantes de más.

En la figura 17, se observa la tendencia de la tasa de crecimiento en el periodo 1973 – 2005.

Figura 17. Censos DANE 1973-2005



Se puede observar que en el segundo periodo, el comprendido entre el año 1985 y 1993 la población decreció a una tasa de 0.65% caso contrario lo que se muestra entre los periodos de 1973-1985 y 1993-2005, a pesar de este pequeño periodo de decrecimiento la línea de tendencia muestra que la población tiende a crecer.

Ver **Anexo O**. Proyecciones población municipio de Santiago.

2.4.3 Nivel de complejidad. En el numeral A.3.1 del Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, se define el nivel de complejidad del sistema así:

Tabla 23. Asignación del nivel de complejidad

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

Notas: (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

En el año 2014, de acuerdo a la proyección, el Municipio presenta una población de 3.808 habitantes incluida la población flotante, y para el año 2039 se proyecta una población de 6.460 incluida la población flotante, ubicándolo según los criterios del RAS en el nivel de complejidad MEDIO de acuerdo al criterio de población.

Ver **Anexo P.** para ver información fiscal del municipio de San Francisco.

2.4.4 Período de diseño. El período de diseño es el tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su capacidad permite atender la demanda proyectada para este tiempo.

Por lo tanto mediante Resolución 2320 de 2009, por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS-, en su artículo 2, queda establecido lo siguiente.

ARTÍCULO 2o. Modificar el artículo 69 de la Resolución 1096 de 2000, el cual quedará así:

Artículo 69. Período de diseño: para todos los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado se adoptan los periodos de diseño máximos establecidos en la siguiente Tabla, según el Nivel de Complejidad del sistema: (ver tabla 24)

Tabla 24. Período de diseño para todos los componentes de acueducto y/o alcantarillado

Nivel de Complejidad del Sistema	Período de diseño máx.
Bajo, Medio, Medio Alto	25 años
Alto	30 años

El periodo de diseño corresponde a 25 años de acuerdo al nivel de complejidad MEDIO del Municipio de San Francisco.

De acuerdo a lo anterior la optimización de Sistema se proyectará para un periodo de 25 años.

2.4.5 Pérdidas. Debido a que el Municipio no cuenta con los registros necesarios para obtener la diferencia entre el volumen del agua captada y el volumen del agua entregada a la población, las pérdidas técnicas proyectadas se asumirán como el 25% del consumo, de acuerdo al porcentaje de pérdidas máximas admisibles establecido en la Resolución No. 2320 del 27 de noviembre de 2009, establecida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial.

2.4.6 Sistema de acueducto. ALCANCE EN CUANTO AL SISTEMA DE ACUEDUCTO, el alcance establecido para el Municipio de San Francisco dentro del contrato de consultoría *No. 125 de 02 De Mayo de 2013*, considera el diagnóstico de los siguientes elementos del sistema: captación, aducción, desarenación, conducción, tratamiento de agua potable y redes de distribución.

Dotación: La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

La dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema y el clima del Municipio, sus valores máximos se establecen de acuerdo con la Tabla, según la Resolución 2320 del 27 de noviembre 2009: (ver tabla 25)

Tabla 25. Dotación neta máx. según nivel de complejidad y clima del sistema

Nivel de Complejidad del Sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con clima frío o templado. (L/hab-día)	Dotación neta máxima para poblaciones con clima cálido (L/hab-día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

De acuerdo con la Resolución del 27 de noviembre 2320 de 2009 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la dotación neta máxima a utilizar para poblaciones con clima frío o templado y de nivel de complejidad Medio según la Tabla anterior corresponde a 115 l/hab-día.

La dotación bruta se establecerá según la ecuación indicada por el RAS:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \% \text{ pérdidas}}$$

El porcentaje de pérdidas para determinar la dotación bruta se calculará de acuerdo con las pérdidas técnicas en el sistema. Tomando como dotación neta 115 l/hab.-día y un 25% de pérdidas, la dotación bruta obtenida es de 153.33 l/hab.-día

Consumos: al respecto de otros tipos de consumos, institucionales, comerciales etc. se optó por únicamente tener en cuenta las instituciones que se conviertan en un caudal representativo, como lo es el caso de hospitales donde hay constante permanencia de personas y centros educativos donde haya asistencia se estudiantes ajenos a la zona de estudio y signifique un caudal extra al asumido. Caso contrario lo que se presenta en los mataderos, cuarteles de policía, y otras instituciones donde la permanencia del personal no es constante y no representan un punto de alta demanda.

De acuerdo con la información recopilada del Municipio se estableció el consumo total actual (año 2014) doméstico como se muestra a continuación:

Consumo bruto (l/s) = No. Habitantes (hab) * Dotación Bruta (l/hab-día) / 86400 (s)

Consumo bruto (l/s) = 3.808 (hab) * 153.33 (l/hab-día) / 86400 (s)

Consumo bruto (Qmd) = 6.758 l/s

Usos para fines públicos (B.2.3.5) = 3% del Qmd

Usos para fines públicos (B.2.3.5) = 0.03*6.758=0.203 l/s.

Qmd total = 6.785+0.203=6.961 l/s

Para el valor de consumos públicos se tiene en cuenta en numeral (B.2.3.5) de la norma ras 2000 “El consumo para uso público utilizado en los servicios de aseo, riego de jardines y parques públicos, fuentes públicas y demás, se estimará entre el 0 y el 3% del consumo medio diario doméstico, siempre y cuando no existan datos disponibles. En caso de que estos datos existan, servirán para establecer la proyección del uso público en el Municipio.”

2.4.7 Demandas. La demanda se calcula siguiendo los parámetros establecidos en el numeral B.2.7 del RAS 2000, así:

Caudal medio diario: el caudal medio diario (Qmd), es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse para el año 2014 y 2039 mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$$

$p = \text{población}$

$$p = 3.808 \text{ hab} \quad (\text{Año 2014})$$

$$d_{bruta} = 153.33 \text{ l / hab / dia}$$

$$Q_{md} = \frac{3.808 \text{ hab} \times 153.33 \text{ l hab x dia}}{86400 \text{ s / dia}}$$

$$Q_{md} = 6.758 \text{ l / s}$$

$$Q_{md}(\text{año 2014}) = 6.758 \text{ l / s} \times 1.03 = 6.961 \text{ l / s}$$

$$Q_{md}(\text{año 2039}) = 11.465 \text{ l / s} \times 1.03 = 11.808 \text{ l / s}$$

$$p = 6.460 \text{ hab} \quad (\text{Año 2039})$$

$$d_{bruta} = 153.33 \text{ l / hab / dia}$$

$$Q_{md} = \frac{6.460 \text{ hab} \times 153.33 \text{ l hab x dia}}{86400 \text{ s / dia}}$$

$$Q_{md} = 11.465 \text{ l / s}$$

Caudal máximo diario: el caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1 .

Dado que el nivel de complejidad del sistema es Medio, se adopta un coeficiente k_1 de 1.30.

El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = Q_{md} \cdot k_1$$

$$QMD(\text{año 2014}) = 6.961 \text{ l / s} \times 1.30$$

$$QMD = 9.049 \text{ l / s}$$

$$QMD(\text{año 2039}) = 11.808 \text{ l / s} \times 1.30$$

$$QMD = 15.351 \text{ l / s}$$

Caudal máximo horario: el caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , (Ver numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de este documento): Dado que el nivel de complejidad del sistema es Medio, se toma un coeficiente $k_2 = 1.60$

$$QMH = QMD \cdot k_2$$

$$QMH(\text{año 2014}) = 9.049 \text{ l / s} \times 1.60$$

$$QMH = 14.479 \text{ l / s}$$

$$QMH(\text{año 2039}) = 15.351 \text{ l / s} \times 1.60$$

$$QMH = 24.562 \text{ l / s}$$

Coefficiente de consumo máximo diario – k1: el coeficiente de consumo máximo diario, k1, se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año. En caso de sistemas nuevos, el coeficiente de consumo máximo diario, k1, depende del nivel de complejidad del sistema como se establece en:

Tabla 26. Coeficiente de consumo máximo diario – k1.

Nivel de Complejidad del Sistema	Coeficiente de consumo máximo diario - k1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

Dado que el nivel de complejidad del sistema es Medio, se adopta un coeficiente k1 de 1.30.

Coefficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario – k2: el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k2, puede calcularse, para el caso de ampliaciones de sistema de acueducto, como la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal máximo diario, QMD, registrados durante un período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurran fallas relevantes en el servicio.

En el caso de sistemas de acueductos nuevos, el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k2, es función del nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución, según se establece en la Tabla 10.

En la Tabla 27, se presentan las demandas de agua para el horizonte de diseño, de acuerdo con la proyección de la población:

Tabla 27. Demanda de agua proyectada

AÑO	SAN FRANCISCO	Caudales					
	POBLACIÓN	Dotación Bruta (l/h*d)	Qmd Domestico	Qmd Otros usos	Demanda Urbana (l/s)		
	TOTAL				Qmd Total	QMD	QMH
2014	3808	153.333	6.758	0.203	6.960	9.048	14.477
2015	3889	153.333	6.902	0.207	7.109	9.242	14.787
2016	3972	153.333	7.049	0.211	7.261	9.439	15.103
2017	4057	153.333	7.200	0.216	7.416	9.641	15.425
2018	4144	153.333	7.354	0.221	7.575	9.847	15.755
2019	4232	153.333	7.511	0.225	7.736	10.057	16.092
2020	4323	153.333	7.672	0.230	7.902	10.272	16.436
2021	4415	153.333	7.836	0.235	8.071	10.492	16.787
2022	4509	153.333	8.003	0.240	8.243	10.716	17.146
2023	4606	153.333	8.174	0.245	8.419	10.945	17.512
2024	4704	153.333	8.349	0.250	8.599	11.179	17.886
2025	4805	153.333	8.527	0.256	8.783	11.418	18.268
2026	4907	153.333	8.709	0.261	8.971	11.662	18.659
2027	5012	153.333	8.895	0.267	9.162	11.911	19.057
2028	5119	153.333	9.085	0.273	9.358	12.165	19.465
2029	5229	153.333	9.280	0.278	9.558	12.425	19.881
2030	5341	153.333	9.478	0.284	9.762	12.691	20.305
2031	5455	153.333	9.680	0.290	9.971	12.962	20.739
2032	5571	153.333	9.887	0.297	10.184	13.239	21.183
2033	5690	153.333	10.099	0.303	10.402	13.522	21.635
2034	5812	153.333	10.314	0.309	10.624	13.811	22.097
2035	5936	153.333	10.535	0.316	10.851	14.106	22.570
2036	6063	153.333	10.760	0.323	11.083	14.407	23.052
2037	6193	153.333	10.990	0.330	11.320	14.715	23.545
2038	6325	153.333	11.225	0.337	11.561	15.030	24.048
2039	6460	153.333	11.465	0.344	11.808	15.351	24.562
2063	10730	153.333	19.043	0.571	19.615	25.499	40.798
2064	10960	153.333	19.450	0.584	20.034	26.044	41.670

Ver **Anexo Q**. Sistema de acueducto, donde se trata: presión, diámetro, Velocidad, profundidad, fuentes de abastecimiento, captación de aguas superficiales, desarenadores, aducción – conducción, plantas de tratamiento de agua potable y redes de distribución.

2.5 DISEÑO HIDRÁULICO DEL MUNICIPIO DE: SAN FRANCISCO.

Se llevó a cabo una modelación del sistema de acueducto existente del Municipio de San Francisco, con el objetivo de observar sus características hidráulicas. Esto requiere seguir una metodología que será explicada en este apartado con detalle.

Se aprovechara al máximo la infraestructura existente debido a que los estudios de Patología y Vulnerabilidad demostraron que gran parte de ella está en condiciones para seguir prestando un servicio a la comunidad, lo cual desde el punto de vista económico es más rentable.

La Modelación será en la de Red de Distribución en Epanet, para determinar las condiciones de funcionamiento que presenta el sistema como tal.

2.5.1 Metodología de Modelación de Red de Distribución en Epanet. Epanet es un software especializado de dominio público que puede ser copiado y distribuido libremente, con un margen de error del delta diferente de presiones en los nodos, no superior a 0,10 m.c.a.

Plantilla Autocad: se trabaja en Autocad sobre el plano topográfico del sistema de acueducto el cual es usado como plantilla. Se hace el esquema usando una sola capa.

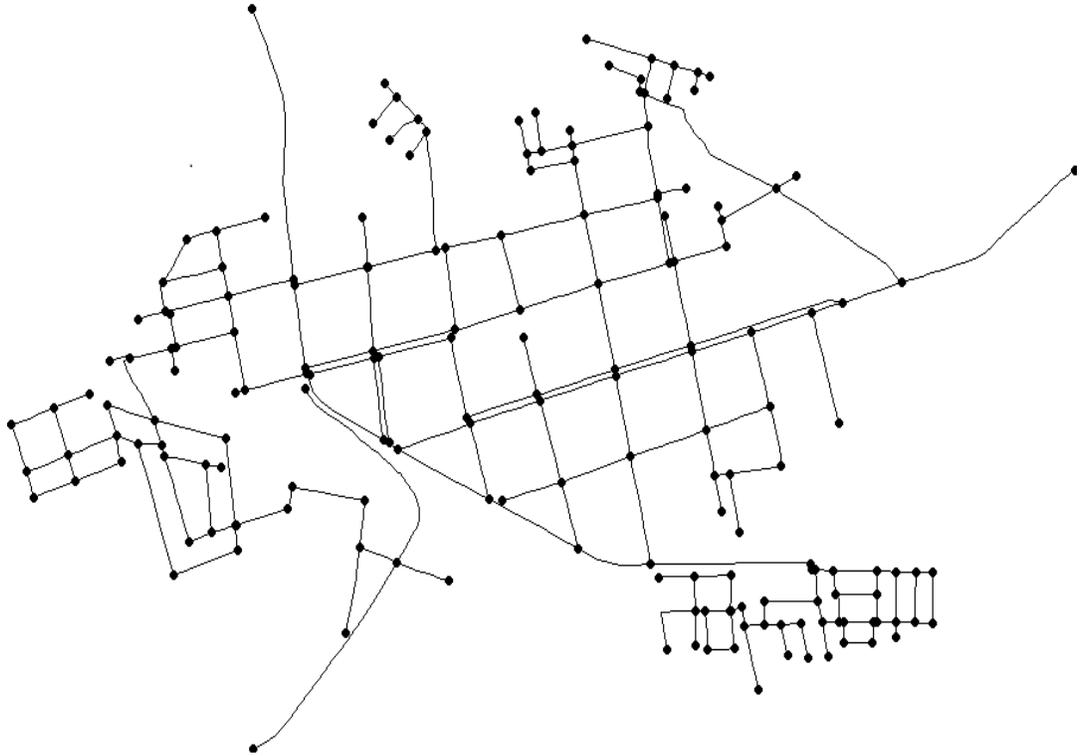
Archivo Epacad: se trabaja en Epacad para importar la plantilla dibujada en Autocad, genera archivo *.inp y así trabajar con ella en Epanet

Epanet: en Epanet se trabaja con la siguiente información:

De forma manual se pone cada característica de cada elemento que compone el sistema los siguientes datos: Cotas, Diámetro, Coeficiente de pérdidas, Demandas.

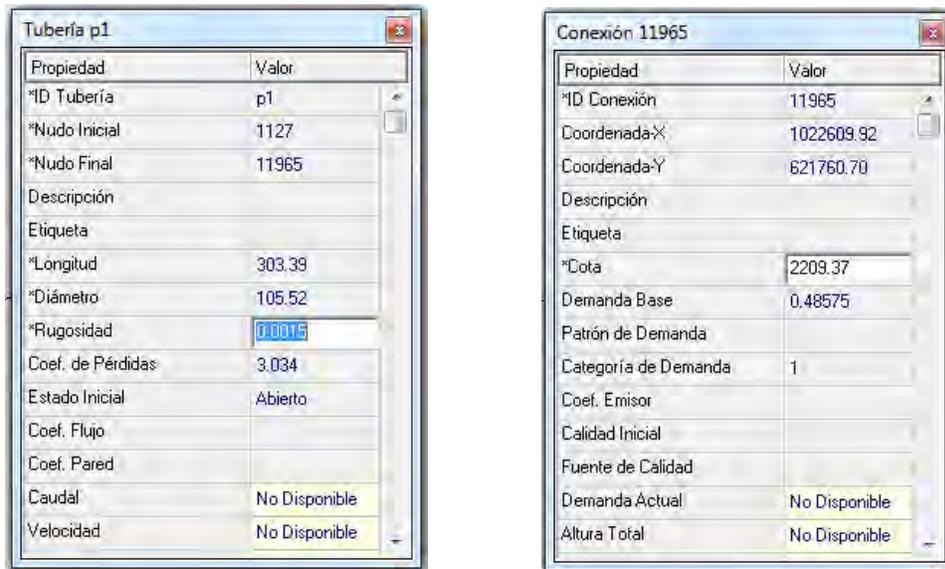
Rugosidad PVC = 0,0015 Ecuación de pérdidas: Darcy – Weisbach.

Figura 18. Sistema de acueducto existente de San Francisco en epanet.



En **Anexo R.** Características de tuberías y nodos Municipio de San Francisco.

Figura 19. Características tuberías y nodos sistema de acueducto de San Francisco



Cálculo del Diámetro del embalse: Epanet trabaja sobre Tanques circulares, por este motivo hay que hallar el Diámetro equivalente respecto a un Tanque rectangular, para ello se aplica:

$$D = 1,128 * \sqrt{(a \cdot b)} \quad \text{Donde: } a = 7 \text{ m y } b = 10 \text{ m}$$

$$D = 9,44 \text{ m}$$

Determinación demandas bases en nodos por método de longitud equivalente:

$$\text{Se tiene que: } QMH = 24,56 \text{ lps} \quad \text{Longitud Total} = 15340,62 \text{ m}$$

Donde el dato de longitud total sale de la suma de todas las longitudes de las tuberías que componen el sistema.

$$QM_{Hu} = QMH / \text{Longitud Total} = 0,00160098 \text{ lps/m}$$

Verificación Caudal: se verifica si el tanque alimenta al sistema con el $QMH = 24,56 \text{ LPS}$

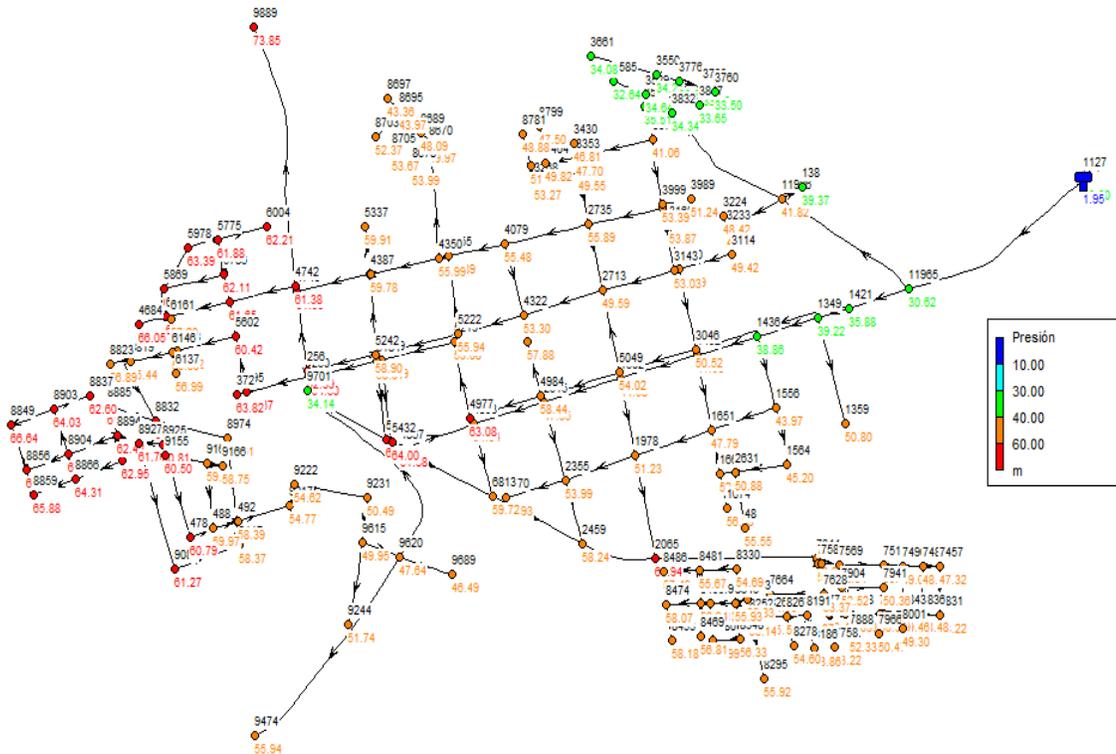
En **Anexo S**. Se presentan todas las demandas de las tuberías del sistema.

Se verifica los sentidos del flujo del fluido, para eso se toma una hipótesis de alimentación en los nodos y se itera hasta que todos sean positivo, también se

2.5.2 Revisión de las condiciones estipuladas por la RAS:

Presiones en la red de distribución: Se observa la Tabla 12.

Figura 22. Presiones en nodos sistema de acueducto de San Francisco.



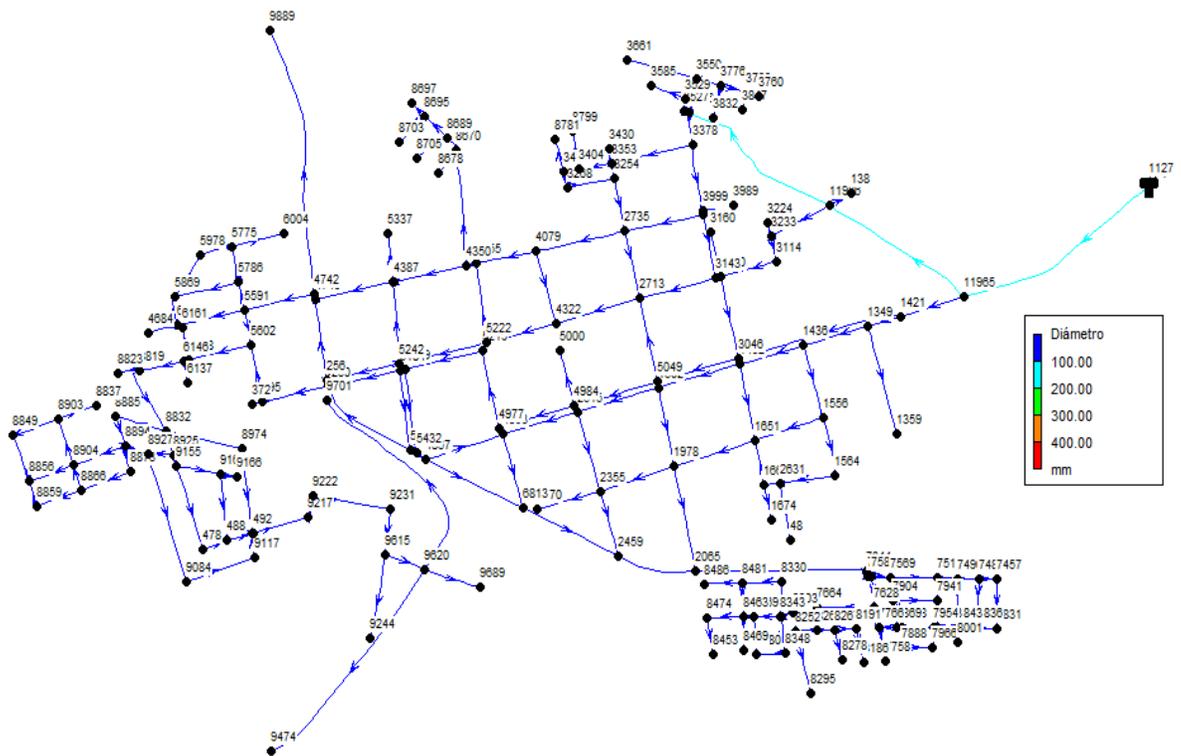
B.7.4.5.2. El valor de la presión máxima tenida en cuenta para el diseño de las redes menores de distribución, para todos los niveles de complejidad del sistema, debe ser de 588.6 kPa (60 m.c.a).

Con la simulación con el Epanet se obtiene: Que la presión estática máxima supera los 60 m.c.a. en algunos nodos y que la presión dinámica mínima es superior a 10 m.c.a.

Diámetros de las tuberías en la red de distribución: Se observa la Tabla 13.

En la Figura 23, se visualiza los diámetros de las tuberías que componen el sistema de acueducto de San Francisco. Según esto no se cumple este parámetro en el sistema.

Figura 23. Diámetro de tuberías del sistema de acueducto de San Francisco.



Velocidades en las tuberías de la red de distribución: se observa la Tabla 14.

En la Figura 24, se visualiza las velocidades que existen en las tuberías que componen el sistema de acueducto de San Francisco.

2.6 PRESUPUESTO DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO SAN FRANCISCO

Para optimizar el sistema de acueducto del municipio de San Francisco se proyectaran válvulas de sectorización e hidrantes.

Las válvulas de sectorización permiten definir sectores para lograr un control del caudal entregado, al poder efectuar auditorias aisladas de cada sector, es una estrategia de mejora del rendimiento orientado en la brusquedad de fugas en aquellos sectores en peor estado. La RAS Titulo B.7.6.3 trata sobre válvulas. En la Tabla 29 y 30, se calculan las cantidades de obra para la construcción de hidrantes.

Los hidrantes son una toma de agua diseñada para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio. La RAS Titulo B.7.6.9 trata sobre hidrantes. En la tabla 29 y 30, se calculan las cantidades de obra para la construcción de válvulas de sectorización. En la Tabla 31, se muestra los ítems que conforman el presupuesto.

Tabla 29. Cantidades de obra de hidrantes y válvulas del sistema de acueducto del municipio de San Francisco

HIDRANTE	Exc 1 (m3)	Exc 2 (m3)	Exc 3 (m3)	Cto codo (m3)	Acero 1/2" (kg)	Cto tee (m3)	Acero 1/2" (kg)	Relleno Mat	Relleno Préstamo
Ancho	1	2	1.5	0.6		0.6			
Largo	1	0.5	1.5	0.6		0.6			
Alto	1	1	1	0.6		1			
Por Und.	1.07	1.07	2.40	0.233	4	0.388	10		
SAN FRANCISCO= 25 Und									
Totales	26.75	26.75	60.188	5.832	100	9.72	150	79.581	34.10625

VALVULA	Exc 1			Vol. Total
Ancho	2			
Largo	1.5			
Alto	1			
Vol. Und.	3.21			
SANTIAGO=	17	Und		54.57

Tabla 30. Volúmenes totales de cantidades de obra del sistema de acueducto del municipio de San Francisco

VOLUMENES TOTALES	Excavación	Concreto	Acero	Relleno Mat	Relleno Préstamo
Santiago =	169	16	250	80	35

Tabla 31. Presupuesto optimización del acueducto del Municipio de San Francisco

ITEM	DESCRIPCION
1	OBRAS PRELIMINARES
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO
1.2	EXCAVACION EN MATERIAL COMÚN 1<H<2 M.
1.3	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE CARGUE A MAQUINA
2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS
2.1	SUMINISTRO E INST. HIDRANTE MEGA 2 BOCAS AWWA C513 JUNTA RAPIDA 3"
2.2	SUMINISTRO E INST. TUBERIA PVC PRESION 3" RDE 21
2.3	SUMINISTRO E INST. CODO PVC 90° PRESION 3"
2.4	SUMINISTRO E INST. UNION DE REPARACION PVC UP 3"
2.5	SUMINISTRO E INST. TEE PVC 3"
2.6	SUMINISTRO E INST. VALVULA DE CONTROL DE SECTORIZACION 3"
2.7	UNION UNIVERSAL 3" PVC
2.8	SUMINISTRO E INST. CAJA PARA VALVULAS DE CONTROL DE SECTORIZACION
2.9	ANCLAJE EN CONCRETO 3000 PSI
2.10	ACERO DE REFUERZO
2.11	CAJA VALVULA 0.7*0.7*1 m-TAPA VALVULA CHOROTE TRAFICO PESADO
3	RELLENOS
3.1	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACION COMPACTADO
3.2	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO 1:5 RECEBO SC-M
4	ANDEN
4.1	ANDEN

En el **Anexo V**, se muestra la optimización sistema de acueducto de San Francisco, donde se expone:

- Ubicación de válvulas de sectorización e hidrantes en la modelación hidráulica del sistema de acueducto de San Francisco.
- Presupuesto para realizar construcción de trabajos de optimización del sistema de acueducto de San Francisco.

En el **Anexo Y**. Análisis de precios unitarios empleados en el presupuesto.

3. CONCLUSIONES

Tanto para el Municipio de Santiago y San Francisco, La cantidad y calidad de agua de las fuentes de abastecimiento son aptas para consumo humano, pero deben tratarse para mejorar y obtener mejores calidades de agua.

Tanto para el Municipio de Santiago y San Francisco, En los estudios de vulnerabilidad y patología, los resultados de los núcleos arrojan una resistencia promedio que está por debajo de la mínima permisible por lo que se puede decir que estas estructuras tendrían que reforzarse, si con las dimensiones actuales y proyectadas al nuevo periodo de diseño cumplen la funciones para las cuales fueron diseñadas, de lo contrario si las dimensiones actuales no satisfacen la nueva demanda, sería más económico, construir las nuevas estructuras acorde a la demanda futura, que entrar a optimizar y reforzar las estructuras existentes.

Tanto para el Municipio de Santiago y San Francisco, La modelación presenta que se cumple que la velocidad no exceda los 6 m/s, pero se incumplen los parámetros de diámetros y presiones en su sistema.

Para optimizar los sistemas de acueducto de San Francisco y Santiago, es necesario proyectar hidrantes y válvulas de sectorización, brindando de esta forma a la comunidad de estos municipios mejores condiciones de servicio.

4. RECOMENDACIONES

Mejorar la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de los sistemas de acueducto de Santiago y San Francisco, para eso deben someterse a un proceso de tratamiento, para brindar mejores condiciones de servicio a las comunidades de estos municipios.

Reforzar las estructuras componentes de cada uno de los sistemas de acueducto de Santiago y San Francisco, optimizando sus sistemas y evitando que se sigan deteriorando.

Proyectar hidrantes y válvulas de sectorización en cada uno de los sistemas de acueducto, para optimizar la funcionalidad y servicio a los Municipios de Santiago y San Francisco.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION, ICONTEC. Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. Sexta actualización. Bogotá. ICONTEC 2008, 110 p.

NORMA COLOMBIANA DE CONSTRUCCIONES SISMORESISTENTES NSR-98. Título A.

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. RAS 2000. Bogotá: 2000.

SALAZAR CANO, Roberto. Alcantarillados. San Juan de Pasto: Facultad de Ingeniería-Universidad de Nariño, 2000. 104 p.