



UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PROYECTO
NÍSPEROS N°3, EN LA COMUNIDAD DE LA MILPA DE HEREDIA
PARA LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA S.A.**

JUAN DIEGO ÁLVAREZ HERNÁNDEZ

HEREDIA, 19 DE MAYO DE 2017

COMITÉ ASESOR

**ING. ROLANDO FRANCISCO COTO ALVARADO
TUTOR**

**ING. LEONARDO MOYA GONZÁLEZ
LECTOR**

**ING. JOSÉ MARÍA ULATE ZÁRATE
REPRESENTANTE DE RECTORÍA**



UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES*

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: "Diseño de la red de alcantarillado sanitario Proyecto Nísperos No.3 en la comunidad de La Mitpa de Heredia para la Empresa de Servicios Públicos de Heredia", fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

ING. ROLANDO FRANCISCO COTO ALVARADO

TUTOR

ING. LEONARDO MOYA GONZÁLEZ

LECTOR

ING. JOSÉ MARÍA ULATE ZÁRATE

REPRESENTANTE DE RECTORÍA

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Juan Diego Álvarez Hernández estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que he cumplido con los requisitos para presentar el trabajo final de graduación y que soy autor intelectual de la Tesis o (Proyecto) titulado

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PROYECTO NÍSPEROS N°3 EN LA COMUNIDAD DE LA MILPA DE HEREDIA PARA LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA S.A.

Por lo que libero a la Universidad Latina de Costa Rica, de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Brindada en Heredia, Costa Rica en el día 15 de mayo del año 2017.



Juan Diego Álvarez Hernández

Céd 2-0604-0197

DEDICATORIA

A mi amada esposa Angie Herrera, que me ha acompañado a lo largo de esta increíble carrera, con su apoyo constante y amor incondicional, ha sido mi motor en los momentos difíciles y mi motivación para seguir adelante.

A mis padres Asdrúbal Álvarez y Olga Hernández por su ejemplo de lucha y humildad, sus consejos y sobre todo por el apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia que, por su amor incondicional y apoyo a lo largo de mi vida, han sido pilares fundamentales para cumplir mis metas.

A mi esposa y su hermosa familia, por su apoyo y buenos deseos.

A mis amigos, que me han acompañado a lo largo de este viaje.

A los ingenieros Rolando Coto Alvarado y Leonardo Moya González, quienes me brindaron su confianza, soporte y paciencia para la realización del presente proyecto.

Epígrafe

Palabras, frases o textos inspiradores. Ilustran los sentimientos del autor con respecto al tema de la investigación.

- Epígrafe De Ingeniería Civil:

Acueductos y Alcantarillados

Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.

Proyecto de Saneamiento Ambiental

Saneamiento

Manejo de aguas

Aguas Residuales

Alcantarillado sanitario

Tuberías

Pozo sanitario

Diseño hidráulico

Fórmula de Manning

Número de Froude

Relaciones Hidráulicas

Planos de infraestructura

Resumen Ejecutivo

Costa Rica es uno de los países más privilegiados del continente americano, en cuanto al recurso hídrico se trata, sus amplios cursos de agua, nacientes y mantos acuíferos aunados a políticas fuertes en pro de la infraestructura nacional, han dado paso a un amplio progreso en el suministro de servicios básicos.

Esto queda evidenciado, cuando en el año 2010 se alcanza el primer lugar a nivel latinoamericano en cobertura y calidad de agua para consumo humano, sin embargo, dicha noticia contrasta totalmente con lo ocurrido cuatro años más tarde, con la puesta en evidencia del rezago de más de seis décadas en temas de saneamiento ambiental, donde Costa Rica desciende 49 puestos en el Ranking del Índice de Desarrollo Ambiental (EPI), debido a las falencias en temas de recolección y tratamiento de aguas residuales.

Es por esto que los últimos años han sido testigos de grandes esfuerzos políticos e institucionales que abogan por subsanar dicha problemática, emprendiendo grandes proyectos de infraestructura como es La Planta de Tratamiento Los Tajos por parte del A y A y el Proyecto de Saneamiento Ambiental de Heredia por parte de la ESPH SA.

Es en este último proyecto donde toma partido el presente trabajo, que colabora en completar la primera etapa del mismo, proporcionando el diseño de la Red Sanitaria Nisperos N°3 correspondiente al pueblo de La Milpa, sirviendo a 285 abonados y cuyas aguas residuales serán transportadas hasta la Planta de Tratamiento Los Lagos.

En este caso se concluye el objetivo con el diseño de una red sanitaria para el Proyecto Nisperos N°3, consecuente con los parámetros de diseño hidráulico según la normativa nacional vigente, presentando una memoria de cálculo detallada del sistema y los planos constructivos correspondientes.

CONTENIDO

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Antecedentes.....	15
1.2. Justificación	18
1.3. Formulación del problema.	21
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo General.....	21
1.4.2. Objetivos Específicos	21
1.5. Alcance de la investigación.	22
1.6. Limitaciones de la investigación.	25
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	29
2.1. Alcantarillado Sanitario	29
2.2. Terminología.....	29
2.3. Diseño Alcantarillado Sanitario	34
2.4. Normas generales de diseño para alcantarillado sanitario	34
2.4.1. Reglamento del A y A.....	34
2.4.2. Reglamento de la ESPH S.A.....	41
2.4.3. Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de Costa Rica...44	
3. CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	45
3.1. En cuanto a la Finalidad	45
3.2. Acerca de la dimensión temporal.....	45
3.3. En cuanto al marco.....	46
3.4. En cuanto a la naturaleza	46

3.5.	En el caso del carácter	46
3.6.	Descripción del contexto del sitio.....	47
3.6.1.	Características de la zona urbana marginal	47
3.6.2.	Aspectos Socio - Económicos	47
3.7.	Organismo, institución o empresa donde se realiza	48
3.7.1.	Historia de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.	48
3.7.2.	Descripción de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. 48	
3.7.3.	Organigrama Empresarial de la ESPH S.A.	49
3.8.	Procedimiento metodológico	50
4.	CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	51
4.1.	Introducción al entorno	51
4.2.	Parámetros de diseño.....	53
4.3.	Distribución de la red sanitaria.....	54
4.4.	Distribución de nodos	57
4.5.	Distribución de áreas tributarias	61
4.6.	Memoria de Cálculo.....	63
4.6.1.	Estimación del Caudal de Diseño.....	63
4.6.2.	Cálculos Hidráulicos	67
4.6.3.	Análisis de caudal y pendientes por ramal	73
4.6.4.	Análisis de parámetros hidráulicos por ramal	80
4.6.5.	Análisis de información para perfiles sanitarios.....	87
5.	CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	90
5.1.	Conclusiones	90
5.2.	Recomendaciones	90

6. BIBLIOGRAFÍA.....	92
7. ANEXOS.....	95
7.1. Levantamiento topográfico Proyecto Nísperos N°3.	95
7.2. Tabla de diseño Proyecto Nísperos N°3.	95
7.3. Planos Constructivos Red de Alcantarillado Sanitario.	95

Índice de Tablas

Tabla 1. Disposición de aguas residuales del servicio sanitario (2010)	17
Tabla 2. Coeficientes para la "n" de Manning.....	37
Tabla 3. Caudales de Infiltración	40
Tabla 4. Parámetros de Diseño Sanitario.....	53
Tabla 5. Distribución de unidades habitacionales según pozo sanitario.	61
Tabla 6. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°1 al N°4.	68
Tabla 7. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°5 al N°8.	69
Tabla 8. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°9 al N°12a.....	70
Tabla 9. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°13 al N°15.....	71
Tabla 10. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°16 al N°17.....	72
Tabla 11. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°1 al N°4.....	75
Tabla 12. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°5 al N°8.....	76
Tabla 13. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°9 al N°12a.....	77
Tabla 14. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°13 al N°15.....	78
Tabla 15. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°16 al N°17.....	79
Tabla 16. Información para dibujo de perfiles, Colector N°1 al N°4.....	82
Tabla 17. Información para dibujo de perfiles, Colector N°5 al N°8.....	83
Tabla 18. Información para dibujo de perfiles, Colector N°9 al N°12a.....	84
Tabla 19. Información para dibujo de perfiles, Colector N°13 al N°15.....	85
Tabla 20. Información para dibujo de perfiles, Colector N°16 al N°17.....	86

Índice de Figuras

Figura N° 1. Localización del Proyecto Nísperos N°3.	22
Figura N° 2. Distribución de calles y alamedas, Proyecto Nísperos N°3.....	23
Figura N° 3. Área comunal delimitada.....	23
Figura N° 4. Área comunal satelital.....	26
Figura N° 5. Fotografía panorámica área comunal.	26
Figura N° 6. Afectación Quebrada Granada.	27
Figura N° 7. Elementos hidráulicos.....	36
Figura N° 8. Organigrama Empresarial de la ESPH.	49
Figura N° 9. Poblado La Milpa de Heredia.....	52
Figura N° 10. Obstáculos en el centro de alamedas.....	55
Figura N° 11. Distribución y dirección de pendientes, Red Sanitaria.	56
Figura N° 12. Entronque Alameda #3 con Calle #2.	57
Figura N° 13. Entronque Alameda #4 con Calle #2.	58
Figura N° 13. Entronque Alameda #5 con Calle #2.	58
Figura N° 15. Perfil subcolector sanitario, Alameda 4.....	59
Figura N° 16. Distribución y clasificación de pozos sanitarios.	60
Figura N° 17. Perfil Longitudinal Colector N°9.	89

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Costa Rica es uno de los pocos países privilegiados en Latinoamérica en cuanto a riqueza hídrica se trata, además, del acceso a los servicios básicos de agua potable en casi la totalidad de los hogares con solo abrir un grifo, sin embargo, el manejo de dichas aguas una vez dispuestas o desechadas, es un tema apenas reciente dentro de los avances en infraestructura a nivel nacional.

Si bien es cierto el país goza de una amplia historia de esfuerzo gubernamental e inversión referente al desarrollo sostenible y suministro de servicios básicos a lo largo del territorio nacional en el siglo XX, no fue sino hasta la última década que se empezaron a notar cambios sustanciales, fuertes inversiones y apoyo político e institucional en cuanto a mejoras en la reglamentación, recolección, saneamiento y disposición de aguas residuales en Costa Rica.

En el Análisis Sectorial de Agua Potable y Saneamiento de Costa Rica, realizado en el 2002, se describe ampliamente el proceso de desarrollo y avances del país en dicho campo, mostrando un panorama alentador de avance firme en la implementación de un sistema de acueductos para la dotación de agua potable y alcantarillado sanitario en las principales provincias del país (Alajuela, Heredia, Cartago y San José) durante las primeras seis décadas del siglo XX.

Destacan las primeras leyes de aguas implementadas en la legislación, mantenimiento, mejoras y expansión de cañerías, primeros tratamientos para la potabilización del agua y la construcción de aproximadamente siete kilómetros de alcantarillado sanitario junto con las primeras dos plantas de tratamiento de aguas residuales en el centro de San José. Además, cabe destacar la construcción del acueducto de Puntarenas, tomando el agua desde la naciente

en Ojo de Agua de Alajuela, viajando a través de una tubería de 90 km de longitud.

En general el avance en infraestructura en servicios básicos se daba a paso lento, pero firme, sin embargo, para la época de los años 50, se dio un estancamiento en las inversiones dedicadas al sector, provocando el deterioro de las redes de agua potable y sanitarias, se abandonan las pocas plantas de tratamiento existentes y se da inicio a la mayor problemática actual en materia de saneamiento ambiental con la propuesta única de tanques sépticos y el vertido crudo de redes sanitarias directamente en el cauce de los ríos.

Aunado a dicho panorama desalentador, se da un crecimiento exponencial en la población principalmente en el área metropolitana, pasando de 150 mil habitantes en 1950 a más de 400 mil para el año 1973 (Análisis sectorial, 2001). Lo que impide un desarrollo de los sistemas acorde con las demandas de la población, problema que nos aqueja hasta la fecha.

A partir de los años 60, con la creación de instituciones como el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (A y A) en 1961 y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. (ESPH S.A.) en 1976, la participación de acueductos municipales y acueductos rurales (ASADAS, CAARS) entre otros, se inicia una época donde se retoman los esfuerzos en mejorar la situación del abastecimiento de agua potable y recolección de aguas residuales en todo el territorio nacional, dándose una mejora sustancial en la cobertura y calidad del agua potable llegando a un 87.3% de la población para el año 2010, obteniéndose valores históricos y colocando a Costa Rica en la posición número uno a nivel de América Latina y en tercer lugar del continente Americano solamente por debajo de Canadá y Uruguay. (Mora, 2012)

Sin embargo,, en contraste con los logros alcanzados en materia de agua para consumo humano, la infraestructura sanitaria sigue adoleciendo un rezago de más de 4 décadas alcanzando niveles críticos en todo el país; dicha situación se vio reflejada en el Ranking de Índice de Desarrollo Ambiental (EPI) realizado

cada dos años por la Universidad de Yale, Estados Unidos, donde Costa Rica registra un descenso considerable al pasar del puesto 5 en el 2013 al 54 en el 2014 entre un total de 178 países. La caída se debe a la introducción de nuevos indicadores en la medición, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y saneamiento ambiental. (www.nacion.com,2014).

Derivado de esta situación, el Vigésimo Informe de Estado de la Nación recopila para el 2014 el panorama actual del país en cuanto a disposición de aguas residuales, mostrando un 73% de la población nacional que utiliza tanque séptico, un 25% con alcantarillado sanitario de los cuales únicamente el 4% se dispone en plantas de tratamiento, un 2,49% emplea letrinas y menos del 1% utiliza fosa biológica. (Estado Nación, 2014).

Dicha perspectiva coincide con lo mostrado en la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples realizada en el 2010 y se resume en la siguiente tabla.

Tabla 1. Disposición de aguas residuales del servicio sanitario (2010)

Región	Central		Chorotega		Pacífico		Brunca		Huetar		Huetar		TOTAL	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Alcantarillado	278,974	36	5,822	6.3	11,219	18	3,226	3.6	12,330	9.7	1,332	2	312,903	25.6
Tanque Séptico	492,219	63	74,157	80	51,239	80	80,810	91	105,907	83	60,583	92	864,915	70.9
Letrina	5,646	0.7	12,034	13	1,276	2	4,780	5.4	8,263	6.5	4,170	6.3	36,169	3.0
Otro Sistema	2,273	0.3	104	0.1					528	0.4			2,905	0.2
No tiene	1,681	0.2	364	0.4	268	0.4	427	0.5	749	0.6	159	0.2	3,648	0.3
Total	780,793	100	92,481	100	64,002	100	89,243	100	127,777	100	66,244	100	1,220,540	100

Fuente: Diagnóstico Socioeconómico de Costa Rica, 2010.

Partiendo de los antecedentes mencionados, con un atraso de treinta años y un monto estimado de 1.400 millones de dólares requeridos para actualizar el sistema sanitario (Estado Nación, 2013) el músculo político finalmente toma cartas en el asunto y a partir del año 2000 se implementan nuevas leyes y decretos que impulsan de una manera integral y a largo plazo la política de saneamiento ambiental en el país, dando lugar a grandes proyectos públicos y privados de infraestructura sanitaria.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (A y A) arranca en el 2006 el Proyecto de Mejoramiento Ambiental de la GAM, el cual para el 2015 había invertido \$48,2 millones en su primera etapa con la construcción de la Planta de Tratamiento Los Tajos en la Uruca, misma que servirá a más de 1.000.000,0 de habitantes de la GAM y sobresale como la más grande de Centroamérica. Con la puesta en operación de dicha planta Los Tajos, el porcentaje de tratamiento de las aguas residuales pasará de un 4,2% que tenemos actualmente a nivel nacional a un 26,8%, aspecto que representa un avance considerable para la recuperación de nuestros ecosistemas de agua dulce, mejoramiento de las condiciones ambientales y salud pública de nuestra población. (Astorga, 2015)

Por otra parte, la Empresa Servicios Públicos de Heredia inicia desde el año 2001 con el Proyecto de Saneamiento Ambiental de Heredia, por un costo de \$200 millones a lo largo de 20 años, que corresponde al diseño y construcción de la red sanitaria y tratamiento de aguas residuales para los cantones de Heredia, San Rafael y San Isidro.

Dichos antecedentes nos muestran un panorama crucial en cuanto saneamiento ambiental se trata, exhortándonos como futuros profesionales para aportar cada uno desde su campo, un granito de arena hacia el desarrollo de mejores prácticas, concientización de la relevancia actual y capacitación técnica en las aplicaciones de la ingeniería sanitaria y ambiental.

1.2. Justificación

El proyecto nace como la oportunidad de contribuir a la provincia de Heredia, gracias a los conocimientos en ingeniería civil y como futuro profesional en la materia, mediante el diseño de la red de alcantarillado sanitario de la comunidad de la Milpa (Nísperos N°3).

El aporte de dicho proyecto, contribuye a cerrar el proceso de diseño y planos constructivos de la primera etapa del Proyecto de Saneamiento

Ambiental de Heredia, llevado a cabo por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia; Proyecto que abarca los cantones de Heredia, San Rafael y San Isidro, así como el distrito de Santa Lucía de Barva; y que a la fecha tiene como último pendiente el diseño la red sanitaria Nísperos N°3 para proceder cuanto antes con la elaboración de carteles, licitaciones constructivas y consecución del financiamiento del proyecto, mismo que se planea arrancar constructivamente en el 2019.

Tal y como se menciona en los antecedentes, actualmente uno de los focos mayoritarios de inversión en infraestructura en el país, corresponde al saneamiento ambiental, tema que durante los últimos 15 años se ha vuelto crucial a lo largo del territorio nacional y que se tiene como prioridad en las instituciones y empresas de servicios básicos del estado.

Su importancia recae en eliminar los riesgos de contaminación de mantos acuíferos y ríos en sectores mayoritarios de Heredia y parte de San José, generado principalmente por el uso de tanques sépticos.

Actualmente se conoce que sólo el 8% de la red sanitaria administrada por la ESPH S.A. recibe un tratamiento adecuado, dejando por fuera la gran mayoría de abonados que descargan las aguas residuales directamente en los ríos, que posteriormente arribarán al Golfo de Nicoya.

Aunado a esto, estudios del Laboratorio de Hidrología de la Universidad Nacional, elaborados desde el 2005 a la fecha, demuestran riesgos elevados de contaminación en mantos acuíferos de Barba y Colima superior e inferior, que proveen gran parte del agua para consumo humano del Gran Área Metropolitana, debido a los más de 90 mil tanques sépticos drenando al subsuelo. (<https://www.esph-sa.com>).

Este panorama no es de extrañar, si se toma en cuenta que el uso de tanque séptico es más complejo de lo que se piensa, pues su funcionamiento se ve afectado por muchos factores como el tipo de suelo, clima, tipo de agua a

tratar, volumen, entre otros. Lo que aumenta la posibilidad de falla en un sistema que hoy se considera obsoleto.

Por otra parte, no solamente existe un alto riesgo de que los mantos acuíferos se contaminen debido a la infiltración en el subsuelo, si no también, como se menciona en el Informe de Estado de la Nación para el 2010, la gran mayoría de empresas dedicadas a la recolección séptica domiciliaria, mediante carros cisterna, descargan sus tanques de manera irresponsable en ríos y demás cuerpos de agua no regulados, debido a la falta de control y seguimiento, provocando una grave afectación ambiental.

Por lo tanto, se requiere de manera urgente, que las aguas residuales sean conducidas mediante tuberías colectoras, para poder ser debidamente procesadas en plantas de tratamiento y depositadas en cuerpos de agua una vez hayan alcanzado niveles aceptables de sanidad.

Es por esto que el Proyecto de Saneamiento Ambiental de Heredia fue recientemente declarado de Interés Público y Nacional por parte del Ministerio de Salud y el Gobierno de la República, convirtiéndose por su envergadura y relevancia en el proyecto más importante de la ESPH S.A. en este momento, según la Gerencia General de la Empresa. (<http://www.crhoy.com>)

Quedando así claramente evidenciada la importancia del diseño de dicha red sanitaria que, además, de colaborar con las políticas y normas nacionales de responsabilidad social empresarial en materia de saneamiento, brinda una solución integral al manejo de las aguas residuales, protegiendo zonas ricas en mantos acuíferos, reduciendo enfermedades y problemas de salud pública, para finalmente mejorar la calidad de vida de los pobladores heredianos de la zona de influencia.

Cabe destacar que dicho diseño, también provee de manera didáctica, una memoria de cálculo detallada de diseño sanitario, que como tema de gran

relevancia actual se espera sirva como ejemplo y guía para futuros profesionales en la materia.

1.3. Formulación del problema.

Con base en lo que la teoría sugiere al respecto y a la exposición realizada en el apartado anterior, el presente trabajo se orienta a resolver la siguiente pregunta:

¿Cuál es el diseño hidráulico capaz de proporcionar una red sanitaria adecuada para transportar correctamente las aguas residuales de la comunidad de La Milpa (Nísperos N°3) hacia la Planta de Tratamiento Los Lagos?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar la Red de Alcantarillado Sanitario para el Proyecto Nísperos N°3, en la comunidad de La Milpa de Heredia para la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la información física, topográfica y poblacional de la comunidad de La Milpa (Nísperos N°3).
- Determinar la mejor distribución posible para una red de alcantarillado sanitario en la comunidad de La Milpa (Nísperos N°3).
- Realizar el diseño hidráulico de la red de alcantarillado sanitario propuesta para el Proyecto Nísperos N°3.
- Confeccionar los planos constructivos de la red sanitaria diseñada para el Proyecto Nísperos N°3.
- Proporcionar a la ESPH S.A. el último entregable necesario para continuar con la licitación y futura construcción de las obras.

1.5. Alcance de la investigación.

El diseño hidráulico en mención, corresponde a la primera etapa del Proyecto de Saneamiento Ambiental de Heredia, llevado a cabo por la ESPH S.A. y que integra los cantones de Heredia, San Rafael y San Isidro, así como el distrito de Santa Lucía de Barva.

En este caso su alcance se centra en la comunidad de La Milpa, conocida como Nísperos N°3; que se ubica en el cantón central de Heredia, distrito San Francisco. Localizada en las coordenadas Latitud 9°58'55.58"N y Longitud 84° 6'48.09"W.

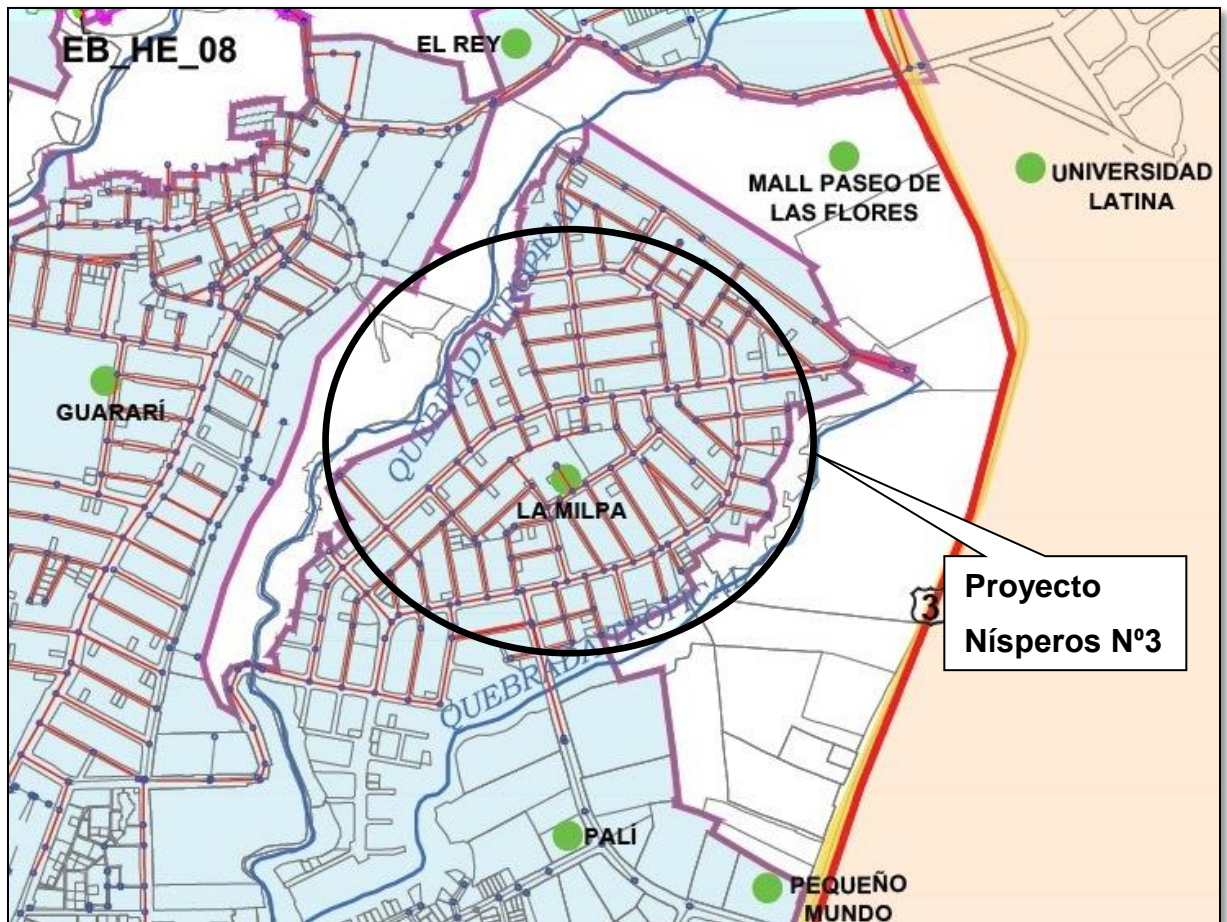


Figura N° 1. Localización del Proyecto Nísperos N°3.

Fuente: <https://www.esph-sa.com>

Este proyecto abarca específicamente las calles #1, #2, #3, #4 y #5; así como las alamedas #1 a la #15; mostradas en la imagen siguiente.



Figura N° 2. Distribución de calles y alamedas, Proyecto Nísperos N°3.

Fuente: Levantamiento topográfico, el autor.

Con respecto a la propuesta de distribución de la red sanitaria, se basa su análisis en el levantamiento topográfico realizado en octubre del 2016 por el Topógrafo Ricardo Barrantes Arguedas TA-8500; información proporcionada en formato DWG por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. (Ver ANEXO #1).

También cabe mencionar que la población de diseño en este caso es fija, dato suministrado por La ESPH S.A. y que equivale a 285 abonados vecinos de La Milpa. Dicha cantidad únicamente abarca las propiedades indicadas en la Figura N°2 dejando claro que cualquier otro cliente de la empresa que habite cercano a la futura red sanitaria y no se ha tomado en cuenta para este diseño, corresponde a una decisión técnica ya establecida por el Departamento de Construcciones y Mejoras de Agua Residual de la ESPH S.A.

Por otra parte, con respecto a las áreas del poblado La Milpa y alrededores que no se incluyen en este diseño, se sobre entiende que pertenecen a otras redes sanitarias cuyo diseño ya fue planteado por la ESPH S.A. en otra etapa del Proyecto de Saneamiento Ambiental de Heredia y, por lo tanto, no se tomarán en cuenta posibles conexiones extras ni extensiones de ramales colectores que contribuyan a sobredimensionar la red.

Finalmente, el ramal colector de la Calle #1 que se dirige al sur hacia Los Lagos, concerniente a la tubería de disposición final, únicamente se diseña por un tramo de 240 metros, pues corresponde al tramo final del levantamiento topográfico, delimitando hasta aquí el Proyecto Red de Alcantarillado Sanitario Nísperos N°3.

También se deja claro que en el último tramo diseñado sobre la Calle #1, existe una afectación por la quebrada Granada, un cuerpo de agua menor que atraviesa la vía pública de oeste a este mediante tubería subterránea, del cual no se tiene ningún tipo de información al momento de realizar este proyecto y, por lo tanto, no se toma en cuenta para el diseño en cuestión.

Sobre el diseño hidráulico de la red sanitaria, el mismo se basa en las leyes y reglamentos nacionales que regulan esta actividad, tomando en cuenta además, el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de Costa Rica 2010; la Reglamentación Técnica Para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos del A y A, publicado en el periódico nacional la Gaceta el 19 de Marzo del 2007 y finalmente el Reglamento para las Dotaciones de Servicios a Urbanizaciones, Fraccionamientos y Condominios, Extensiones de Redes y su Financiamiento, de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A., aunado a la dirección y revisión del Departamento de Construcciones y Mejoras de Agua Residual de la ESPH S.A.

A todo esto, cabe señalar que, para el ágil procesamiento y tabulación de datos, se utiliza la tabla del MSc. Ing. Calixto Pacheco Bolaños, así como el programa de Dibujo Asistido por Computadora (AutoCAD) para la confección de los planos constructivos de dicha red sanitaria.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Dentro de las principales limitantes que atañen al Proyecto Red de Alcantarillado Sanitario Nísperos N°3, se encuentra la falta de información con respecto a las redes sanitarias aledañas ya diseñadas, que hubieran contribuido a una mejor propuesta o acople de la red ya sea compartiendo pozos de registro o dándole continuidad a ciertos ramales colectores.

También es importante señalar que entre las Calles #3, #4 y #5, se extiende un área no poblada a través de la cual es necesario canalizar un par de colectores sanitarios, sin embargo, no se cuenta con ningún tipo de información administrativa ni legal que determine si esta es una propiedad de dominio público o privado, por lo que se recomienda canalizar dicha red lo más cercana posible a los linderos manteniendo una invasión mínima en el terreno. La zona comentada se muestra en las siguientes imágenes.



Figura N° 3. Área comunal delimitada

Fuente: El autor



Figura N° 4. Área comunal satelital.

Fuente: Google Earth.



Figura N° 5. Fotografía panorámica área comunal.

Fuente: Google Earth.

Por otra parte, se tiene el caso de la Quebrada Granada, que atraviesa de oeste a este la Calle #1 hasta desfogar en la Quebrada Guararí. Dicho cuerpo de agua es una quebrada menor de flujo intermitente, que viaja alrededor de 300 metros entubado bajo tierra, atravesando varias propiedades privadas antes de convertirse en un cauce abierto.

Del mismo no se tiene levantamiento topográfico o algún otro tipo de información que brinde la profundidad, diámetro de tubería o el punto exacto en que cruza la carretera, por lo que no se torna sumamente difícil ajustar el

colector sanitario en este punto para que no interfiera con el paso de la tubería de dicha quebrada. En el capítulo de recomendaciones se hace mención de posibles soluciones a este tema.

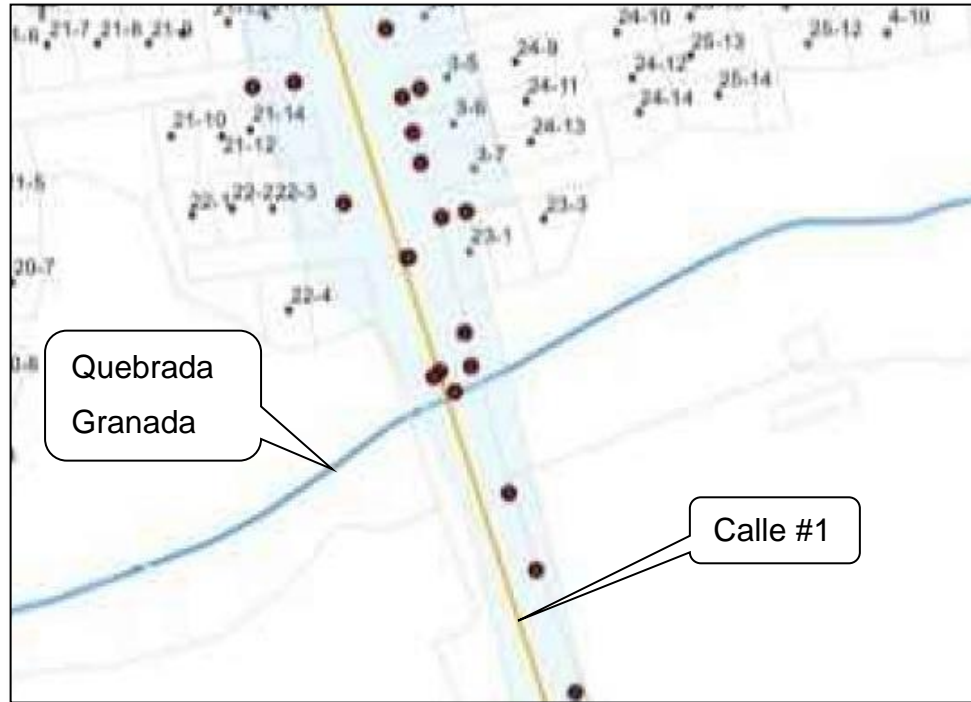


Figura N° 6. Afectación Quebrada Granada.

Fuente: Base datos ESPH S.A.

Otro punto importante es que, a parte del levantamiento topográfico, no se cuenta con ningún otro estudio preliminar del proyecto, esto deja por fuera el estudio de suelos, documento importante para corroborar el nivel freático a la hora de plantear profundidades máximas de tubería y pozos. Por lo que se aclara que dichos parámetros de diseño no dependerán de esta condición y el manejo del tema se plantea en el capítulo de recomendaciones.

Finalmente, tal y como se conoce la zona en cuestión, es un barrio marginal de crecimiento rápido y poco controlado, por lo que la infraestructura existente no coincide con los códigos nacionales de diseño y construcción, lo que dificulta un poco la propuesta de la red sanitaria pues se desconoce la

verdadera orientación y profundidad de la red de agua potable y varios tramos de alcantarillado pluvial.

También cabe mencionar que el barrio donde se desarrolla dicho proyecto es una zona peligrosa, por lo que caminatas de inspección en las alamedas se tornan peligrosas para la integridad del profesional.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Alcantarillado Sanitario

Un sistema de alcantarillado consiste en la integración de algunos elementos u obras complementarias entre ellas se encuentran: Colectores, interceptores, redes de tuberías, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento; las cuales tienen la función de recibir, conducir y evacuar las aguas servidas de zonas residenciales, comerciales e industriales.

2.2. Terminología

- Aforo

Medición de caudal. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007).

- Agente contaminante

Toda aquella sustancia cuya incorporación al agua conlleve al deterioro de su calidad física, química o biológica. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007).

- Agua Residual

Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes. Para los efectos de este Reglamento, se reconocen dos tipos: ordinario y especial. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007).

- Agua residual de tipo ordinario

Agua residual generada por las actividades domésticas del hombre (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, etc.). (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007)

- Agua residual de tipo especial

Agua residual de tipo diferente al ordinario, fábricas e industrias. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007)

- Alcantarillado pluvial

Red pública de tuberías que se utilizan para recolectar y transportar las aguas de lluvia hasta su punto de vertido. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007)

- Alcantarillado sanitario

Red pública de tuberías que se utilizan para recolectar y transportar las aguas residuales hasta su punto de tratamiento y vertido. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007).

- Agua Potable

Se entiende por agua potable aquella que reúne las características físicas, químicas y biológicas que la hacen apta para el consumo humano, de acuerdo con las pautas de la Organización Mundial de la Salud sobre la calidad de agua potable. (Morales et al., 2011).

- Aguas negras o servidas

Son aquellas que contienen desperdicios, materiales en suspensión o solución de origen humano, animal, vegetal o químico, provenientes de las descargas de residencias, edificios comerciales, industrias o empresas de cualquier índole. (Morales et al., 2011)

- Caja de registro

Caja destinada a permitir la inspección y desobstrucción de las tuberías de desagüe y en la cual se pueden efectuar cambios de dirección, pendiente, diámetro y material de las tuberías. (Morales et al., 2011).

- Caudal

Volumen de líquido o fluido que pasa por una sección de una tubería por unidad de tiempo. En este código se expresa, usualmente, en litro por segundo. (Morales et al., 2011).

- Cloaca

Tubería principal destinada a recolectar y conducir aguas negras o servidas desde un aparato sanitario hasta la red pública de colectores (alcantarillado sanitario). (Morales et al., 2011).

- Prevista

Tramo de tubería comprendida entre la tubería pública y el medidor de agua potable ubicado en el exterior de una edificación. (Morales et al., 2011).

- Conexión domiciliaria de desagüe

Tramo de tubería comprendido entre la última caja de registro del edificio y el colector público de desagüe. (Morales et al., 2011).

- Consumo

Caudal medido o estimado en la conexión domiciliaria de agua potable. (Morales et al., 2011).

- Cuerpo receptor

Es todo aquel manantial, zonas de recarga, río, quebrada, arroyo permanente o no, lago, laguna, marisma, embalse natural o artificial, canal artificial, estuario, manglar, turbera, pantano, agua dulce, salobre o salada, donde se vierten aguas residuales. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007).

- Demanda

Es el consumo total de agua potable de una edificación. (Morales et al., 2011).

- Diámetro efectivo

Diámetro interior de una tubería. (Morales et al., 2011).

- Efluente

Un líquido que fluye hacia afuera del espacio confinado que lo contiene. En el manejo de aguas residuales se refiere al caudal que sale de la última unidad de tratamiento. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007).

- Muestra simple

Es aquella muestra tomada en un corto periodo de tiempo, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007).

- Muestra compuesta

Dos o más muestras simples que se han mezclado en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado promedio de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo o de flujo. Dicha muestra debe representar los valores medios de los caudales medidos que se dan durante el periodo de muestreo. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007).

- Presión de servicio

Es la presión dinámica continua que se establece en un sistema de tuberías en su régimen de operación normal. (Morales et al., 2011).

- Prevista

Las tuberías y accesorios que normalmente conectan las tuberías principales de las redes de cañerías y alcantarillado sanitario con el arranque o la salida de las tuberías de las instalaciones de los usuarios. En cañerías, la prevista llega hasta el medidor o al lugar donde este debería estar ubicado. (Morales et al., 2011).

- Ramal de alimentación

Tubería que abastece de agua a una pieza sanitaria o a un grupo de ellas. (Morales et al., 2011).

- Ramales de descarga

Tuberías que reciben directamente los efluentes de las piezas sanitarias. (Morales et al., 2011).

- Red pública

Tubería del sistema de distribución del acueducto público o del sistema de recolección de aguas servidas. (Morales et al., 2011).

- Registro

Abertura que se deja como dispositivo para inspección de tanques o tuberías. (Morales et al., 2011).

- Reúso

Aprovechamiento de un efluente de agua residual ordinaria o especial para diversos fines. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007)

- Sistema de tratamiento

Conjunto de procesos físicos, químicos o biológicos, cuya finalidad es mejorar la calidad del agua residual a la que se aplican. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007)

- Vertido

Es la descarga final de un efluente a un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario. (La Gaceta Decreto N° 33601, 2007).

2.3. Diseño Alcantarillado Sanitario

La base del diseño de alcantarillado sanitario es el caudal de aguas residuales o servidas, el caudal máximo de colección de los conductos que se calcula sobre la base de la superficie de desagüe o cantidad de viviendas que cubre ese conducto y se determinan la sección y la pendiente que corresponde estimando un margen de capacidad según la situación de las respectivas ciudades.

Asimismo, debe realizarse el diseño que considere las normas técnicas estipuladas en códigos y reglamentos nacionales que sirven de guía para las buenas prácticas de diseño y construcción.

2.4. Normas generales de diseño para alcantarillado sanitario

2.4.1. Reglamento del A y A.

“Reglamentación técnica para diseño y construcción de urbanizaciones, condominios y fraccionamientos”

Reglamentación dada por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Publicado: Alcance N° 8 de la gaceta N° 55 del lunes 19 de marzo de 2007

2.4.1.1. Localización de tuberías

Las tuberías de alcantarillado sanitario se ubicarán en la línea de centro de las calles y avenidas.

Se colocarán por debajo de la tubería de agua potable a una distancia mínima libre de 0,20 metros en elevación y de 1,0 metro mínimo en planta.

En aquellas vías en las cuales se invierta el bombeo, se ubica por los costados sur y este de las avenidas y calles respectivamente, en la línea centro entre las líneas de alcantarillado pluvial y cordón de caño.

En los fraccionamientos con parques perimetrales se permite colocar la tubería a ambos lados de la calle.

2.4.1.2. Levantamiento topográfico

Para realizar los levantamientos topográficos de alcantarillados sanitarios se debe utilizar una escala mínima de 1:2000 y tomar en cuenta las curvas de nivel a cada metro.

2.4.1.3. Cálculo hidráulico

La Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos (2007), establece que se diseñan como conductos en escurrimiento libre, por gravedad. Para ello se utilizan las fórmulas hidráulicas de canal abierto, preferiblemente la ecuación de Manning, para lo cual, se aplican los valores para la n de Manning que indica la Tabla N°2.

$$q = \omega \times V$$

$$V = 1/n \times R^{(2/3)} \times S^{(1/2)} \text{ (Fórmula de Manning), donde:}$$

q – Caudal (m^3/s).

ω – Área de la sección transversal de la tubería (m^2).

V – Velocidad de circulación del agua residual (m/s).

n – Número de Manning.

R – Radio hidráulico (m).

S – Pendiente.

Los parámetros ω y R se determinan a partir de los elementos hidráulicos de la sección circular de la tubería.

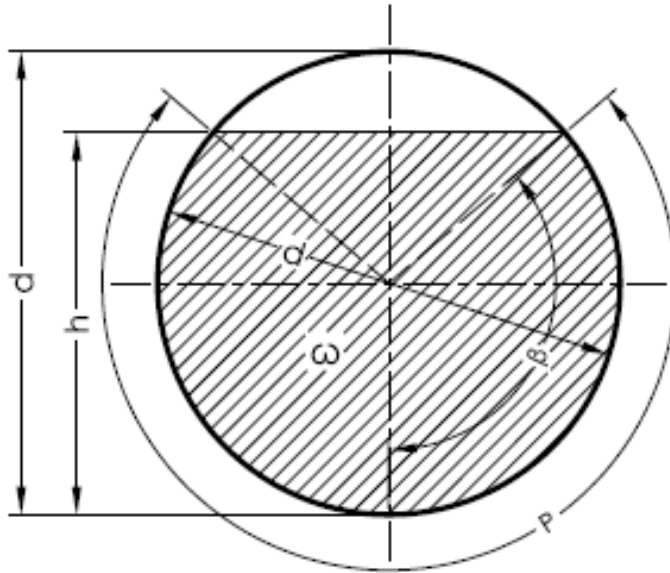


Figura N° 7. Elementos hidráulicos.

Fuente: Gonzales, 2013.

- **Tirante.** Relación entre la altura del agua en la tubería h y el diámetro de la misma.

$$h/d = (1 - \text{Cos } \beta) / 2$$

- **Área de la sección transversal.** Área de la sección transversal que ocupa el agua en su movimiento por la tubería.

$$\omega = d^2/4 \times [(\pi \times \beta / 180) - (\text{Sen } (2\beta) / 2)]$$

Perímetro húmedo. Longitud de la sección de la tubería en contacto con el agua.

$$P = \pi \times d \times \beta / 180$$

- **Radio hidráulico.** Relación entre el área de la sección transversal que ocupa el agua en su movimiento por la tubería ω y el perímetro húmedo P .

$$R = \omega / p$$

Para canales abiertos con fondo y paredes de los mismos materiales anteriores, se pueden aplicar los mismos valores de la Tabla N°2, para la “n” de Manning.

Tabla 2. Coeficientes para la "n" de Manning

Coeficientes para la “n” de Manning	
Tipo de material	Coeficiente para la “n” de Manning
Cloruro de Polivinilo (PVC)	0,010
Polietileno de Alta Densidad (ADS)	0,011
Hierro Dúctil revestido internamente	0,011
Acero sin revestir con juntas soldadas	0,012
Concreto C-14 y C-76 sin revestir por dentro	0,013

Fuente: Reglamentación Técnica A y A, 2007.

Nota:

La tubería de hierro dúctil, acero y concreto se utiliza únicamente en pasos al descubierto y puentes.

2.4.1.4. Velocidades

La velocidad a tubo lleno no será mayor de 5,0 metros por segundo.

La velocidad mínima será la producida por una fuerza tractiva mínima de 0,10 kg/m².

2.4.1.5. Tirante hidráulico máximo

El valor del tirante hidráulico máximo debe ser menor o igual que 75% del diámetro nominal de la tubería para el caudal de diseño.

2.4.1.6. Número de Froude

Este valor adimensional representa el efecto relativo entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad. Para alcantarillados, este valor debe ser mayor a 1.10 o menor a 0.90 para evitar cambios de régimen que provoquen saltos o caídas hidráulicas.

2.4.1.7. Forma de la sección de los conductos

Según la Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos (2007), los conductos deben ser de sección circular. Además, no se permite reducir el diámetro nominal de las tuberías para dar continuidad.

2.4.1.8. Profundidad

Las profundidades máximas y mínimas serán de 3,85 y de 1,30 metros de la rasante terminada a la corona del tubo, salvo casos especiales en que las condiciones topográficas requieran una profundidad mayor, la cual debe consultarse previamente al A y A. En este caso debe realizarse la consulta a la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.

2.4.1.9. Pozos de Registro

Los pozos de registro deben construirse en todo inicio o intersección de tubería, en los cambios de dirección, diámetro, pendiente, material de la tubería y en los tramos rectos. Se pide que la distancia entre dos pozos consecutivos no exceda 80 metros, por otra parte, la profundidad máxima de los pozos de registro será de 4 metros y el diámetro interno mínimo deberá ser de 1. 20 metros.

2.4.1.10. Canal de fondo de los pozos de registro

Se diseñará el canal de fondo de los pozos de registro con las secciones necesarias para la adecuada conducción de las aguas. El canal de fondo tendrá

una longitud mínima de 0.90 m en línea recta y en el sentido del flujo y del mismo diámetro que del tubo de salida del pozo.

2.4.1.11. Prevista

La Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos (2007), establece que la tubería de la prevista domiciliar será de un diámetro nominal mínimo de 100 mm. La tubería de la prevista en parques industriales será de un diámetro nominal mínimo de 150 mm.

La pendiente de la prevista no será menor del 2%.

El diámetro nominal de la prevista será menor al diámetro nominal de la red de alcantarillado en vía pública y no se podrá interconectar al pozo de registro, salvo en casos especiales de lotes ubicados enfrente de los pozos de registro en la dirección del flujo.

2.4.1.12. Resistencia de la tubería a cargas externas

La Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos (2007), indica que la tubería deberá resistir las cargas permanentes debidas al relleno, los temporales y el tránsito. Se calculará de acuerdo con la teoría y formulaciones vigentes tales como las de Marston y Spangler para tuberías rígidas o flexibles, con las recomendaciones de la Norma AWWA.

2.4.1.13. Caudales de diseño

La Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos (2007), menciona que el caudal de diseño para un tramo de tubería será el correspondiente al acumulado hasta el pozo de registro aguas abajo y se calculará considerando las contribuciones debidas a:

- **Aguas residuales ordinarias (Q_{paro}):**

Q_{paro}: Es el caudal promedio de aguas residuales ordinarias que se obtiene de multiplicar el Caudal promedio diario neto de agua potable (Q_{pap}) por el factor de retorno (FR). Se calcula aplicando la fórmula siguiente:

$$Q_{\text{paro}} = \text{FR} \times Q_{\text{pap}}$$

Donde,

Q_{paro}: Caudal promedio de agua residual ordinaria

FR: Factor de retorno (0.80)

Q_{pap}: Caudal promedio diario neto de agua potable

- **Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial (Q_{pare})**

Se evaluará para cada caso particular según la actividad.

- **Contribuciones externas (Q_{ext})**

Se considerarán las contribuciones de redes de alcantarillado sanitario adyacentes o futuras, indicadas por A y A en la carta de disponibilidad.

- **Aguas de infiltración (Q_{inf})**

Para determinar el caudal de infiltración se deberá utilizar la siguiente tabla:

Tabla 3. Caudales de Infiltración

Material	Caudal de infiltración (l/s/km)
Cloruro de Polivinilo (PVC)	0.25
Polietileno de Alta Densidad	0.25

Fuente: Reglamentación Técnica A y A, 2007.

Entonces:

El caudal promedio de aguas residuales (Q_{par}), será la suma de todas las contribuciones, a saber:

$$Q_{par} = Q_{paro} + Q_{pare} + Q_{ext}$$

El caudal mínimo de diseño será: $Q_{min} = FMH * Q_{par} + Q_{inf}$

El caudal mínimo no podrá ser inferior a 1.5 l/s.

El caudal máximo será: $Q_{max} = Q_{par} * FMH * FMD + Q_{inf}$

Dónde:

Q_{par} : Caudal promedio de aguas residuales

FMH: Factor máximo horario = 1.5

FMD: Factor máximo diario = 1.5

Q_{inf} : Caudal de infiltración

2.4.1.14. Diámetro nominal mínimo

El diámetro nominal mínimo de la red de alcantarillado sanitario, deberá ser de 150 mm.

2.4.2. Reglamento de la ESPH S.A.

“Reglamento para las dotaciones de servicios a urbanizaciones, fraccionamientos y condominios, extensiones de redes y su financiamiento, de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.”

Reglamentación dada por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. en la sesión N°3251-C del 23 de abril del 2012 y que engloba la normativa técnica y constructiva con respecto a la infraestructura de su zona de jurisdicción.

Dicha normativa tiene su base en la Reglamentación Técnica del A y A mencionada anteriormente, pero estipula ciertos lineamientos técnicos que deben priorizarse dentro de la jurisdicción de la ESPH S.A.

2.4.2.1. Artículo 01: Descripción de los sistemas de Alcantarillados Sanitarios.

Este sistema estará constituido, entre otros, por los siguientes elementos:

- Redes de recolección de un diámetro no menor a 200 milímetros.
- Previstas domiciliarias para todos y cada uno de los lotes con un diámetro no menor a 100 milímetros.
- Pozos de registro con un espaciamiento no mayor a 120 metros con instalaciones para acceso, limpieza y revisión, tapas de polietileno.
- Sistema de Tratamiento: Será el sistema para depurar las aguas residuales conforme a las disposiciones legales y sanitarias vigentes.
- Caja de sifón: es el elemento que vincula la red interna del inmueble con el sistema de alcantarillado sanitario y contiene un sifón para control de olores y sello hidráulico (éstas instalaciones las construye y mantiene el propietario).

2.4.2.2. Artículo 02: Política para la construcción y administración de Sistemas de Alcantarillado Sanitario.

Redes de recolección: Todo desarrollo urbanístico debe construir la red de alcantarillado sanitario, la cual se pondrá en operación únicamente cuando cuente con un sistema propio de tratamiento, o drene a una planta de tratamiento en operación y propiedad de la Empresa. En caso de no contar con un sistema de tratamiento de red, no podrá operar y quedará en condición prevista para una eventual conexión a los sistemas que llegare a poner en operación la E.S.P.H.S.A. Toda red de recolección deberá construirse por parte

del desarrollador con la aprobación previa, coordinación e inspección documentada con la UEN de Aguas Residuales de la E.S.P.H.S.A.

Sistemas de tratamiento: La Empresa ha decidido para sus sistemas de tratamiento la aplicación de tecnología aeróbica. Los sistemas de tratamiento en propiedad de condominios y propiedad privada serán operados, mantenidos y administrados, por la organización propietaria correspondiente. Los sistemas de tratamiento en desarrollos urbanísticos podrán ser traspasados para la operación y mantenimiento por parte de la Empresa, siempre que el desarrollador cumpla con los siguientes requisitos:

- Aprobación documental de la ubicación y diseño del sistema de tratamiento por parte de la UEN de Aguas Residuales.
- Construir el sistema de tratamiento en coordinación e inspección documentada con la UEN de Aguas Residuales.
- Traspasar libre de gravámenes la propiedad total del sistema de tratamiento.
- Convenir y entregar a la UEN de Aguas Residuales, el equipo del repuesto previsto para el período de cinco (5) años a partir de la fecha de recepción del sistema por parte de la Empresa.
- El desarrollador debe mantener en operación ininterrumpida el sistema de tratamiento, con reportes operacionales favorables (cumpliendo el reglamento de vertidos) registradas en el Ministerio de Salud y en la Empresa, por un período no menor a doce (12) meses, una vez incorporado al menos el 50 % de las viviendas (Servicios).

Sistema de retención de sólidos gruesos: Para desarrollos iguales o mayores a 200 viviendas, se requerirá un mecanismo de cribado, de operación automática para remoción de sólidos gruesos previamente aprobado por la UEN de Aguas Residuales.

2.4.3. Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de Costa Rica.

Funciona como una guía normativa para los profesionales en diseño hidráulico del país, la edición utilizada corresponde al año 2010 y es sobre la cual se basan los lineamientos para el diseño y construcción de este proyecto.

En específico, se aborda el Capítulo N°7 de dicho código, que corresponde a los Sistemas de Desagües de Aguas Negras.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico busca lograr una clasificación adecuada del tipo de investigación, en donde los aspectos que se necesitan para lograrlo son su finalidad, dimensión temporal, el tipo de marco, la naturaleza y el carácter.

En el siguiente capítulo se analiza el tipo de investigación y la metodología por utilizar para desarrollar el proyecto “Diseño de la red de Alcantarillado Sanitario Proyecto Nisperos N°3 en la comunidad de La Milpa de Heredia para la Empresa de Servicios Públicos de Heredia”.

3.1. En cuanto a la Finalidad

La presente se clasifica dentro de las investigaciones de tipo práctica, debido a que se enfoca en resolver mediante la aplicación de métodos matemáticos específicos, el diseño de la red sanitaria para el Proyecto Nisperos N°3, suministrando como resultado un producto concreto a partir de una necesidad plenamente identificada.

La culminación del diseño sanitario se basa en la aplicación práctica de los códigos reglamentarios de diseño vigentes en el país, tomando en cuenta como canon final la regulación técnica de la ESPH S.A. y la dirección del Departamento de Construcciones y Mejoras de Agua Residual de la ESPH S.A.

3.2. Acerca de la dimensión temporal

En este caso la investigación es de tipo transversal, pues el diseño de la red sanitaria posee una sola metodología específica para lograr un fin definido que se implementa una sola vez, referente al diseño final de la red sanitaria Nisperos N°3.

Todo esto tomando en cuenta las holguras y factores de seguridad que permitan la vigencia de la red sanitaria por el total de años de su vida útil, dejando claro que las variaciones que sufre en su diseño son mínimas debido a que la población servida es fija.

3.3. En cuanto al marco

Se dice que es de tipo micro, pues cuando se compara la envergadura y alcance de este diseño, con el mega Proyecto de Saneamiento Ambiental de Heredia, queda claro que equivale a una parte menor del mismo, aunque igual de importante que las demás.

El mega Proyecto mencionado abarca tres cantones completos en su primera etapa de implementación, contrario al diseño de la red sanitaria Nísperos N°3 que corresponde a una parte del distrito San Francisco, del cantón central de Heredia, para una población de diseño de 285 abonados.

3.4. En cuanto a la naturaleza

La presente investigación se tiene que es de naturaleza cuantitativa, pues como se menciona anteriormente el proceso de resolución del problema en cuestión, se basa en una serie de análisis y métodos matemáticos requeridos para lograr el diseño óptimo de la susodicha red sanitaria.

3.5. En el caso del carácter

Esta clasificación depende, entre otros factores, de los objetivos del estudio, el tipo de información que se recolecta, los sujetos y fuentes consultadas y las técnicas e instrumentos utilizados. Teniendo esto en cuenta se puede decir que, de acuerdo con el carácter, el Diseño de la Red Sanitaria Nísperos N°3, se clasifica en:

- Analítico: En la propuesta de diseño se analizan las condiciones físicas, topográficas y poblacionales, correspondientes a la comunidad beneficiada por la red sanitaria.
- Matemático: Dentro del proceso de diseño, se hace uso de cálculos matemáticos de ingeniería hidráulica y operaciones necesarias para obtener un resultado previamente concebido y derivado de datos ya conocidos y analizados con anterioridad.

- Representativo: Finalmente con el análisis de datos y los cálculos matemáticos realizados, se dispone a representar gráficamente los resultados mediante planos constructivos donde se muestra la ubicación, el diseño y dimensiones precisas, materiales de construcción y la relación integral de todos los elementos del proyecto.

3.6. Descripción del contexto del sitio

Es necesario conocer el entorno donde se va a realizar el proyecto citado, pues gracias a ciertas características analizadas, se podrán intuir de manera efectiva ciertos parámetros poblacionales necesarios para el diseño.

Es por esto que se expondrán las siguientes características

3.6.1. Características de la zona urbana marginal

El diseño de la red de alcantarillado sanitario para el proyecto Nísperos N°3 se va a realizar en la comunidad La Milpa, del Cantón Central de Heredia, de la Provincia de Heredia.

3.6.2. Aspectos Socio - Económicos

Tomando en cuenta el análisis poblacional realizado por la Dirección de Vivienda y Asentamientos Humanos en el poblado de Guararí y alrededores, se tiene claro que el contexto socio económico de la zona es de un nivel medio–bajo, mostrando carencias en aspectos educativos y sociales que contribuyen a un crecimiento exponencial y poco controlado de las familias.(Ureña, 2011).

Estas características marcan una pauta en la elección de la cantidad de personas habitando una misma vivienda, justificando un número conservador para la población de diseño.

3.7. Organismo, institución o empresa donde se realiza

3.7.1. Historia de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.

Los ciudadanos de la Provincia de Heredia se organizaron para fundar la Junta Administradora del Servicio Eléctrico Municipal de Heredia (JASEMH), esta fue fundada el 25 de octubre de 1949.

Con la base del decreto de ley #767 la JASEMH tenía obligaciones fundamentales: procurar la conservación de las instalaciones de generación hidráulica, transmisión y distribución de energía, además, de mejorar los incipientes servicios eléctricos.

Posteriormente con la venida de los problemas de agua potable el Gobierno de la República decreta que la Municipalidad de Heredia traspasara temporalmente la administración, mantenimiento y control del acueducto y del alcantarillado sanitario del cantón a la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal (JASEMH)

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. se funda un 8 de marzo de 1976. Con el tiempo, la ESPH S.A. soluciona el problema de abastecimiento en cantidad y calidad del agua que vivieron los residentes de la ciudad de Heredia. Tras dos crisis similares, los cantones de San Isidro y San Rafael se unieron a la Empresa.

Hoy, más de 36 años después de su fundación la ESPH S.A. brinda los servicios de alumbrado público, telecomunicaciones, alcantarillado sanitario, agua potable y energía eléctrica.

3.7.2. Descripción de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A abastece 66,580 clientes en los siguientes sectores y con los siguientes servicios:

Servicio Agua, Alcantarillado Sanitario y Energía Eléctrica

- Cantón Central.
Servicio Agua y Energía Eléctrica
- Cantón San Rafael.
- Cantón de San Isidro.
- Cantón Barva (Sector de Santa Lucía).
- Cantón de Flores.
Servicio Energía Eléctrica
- Cantón de San Pablo.

3.7.3. Organigrama Empresarial de la ESPH S.A.

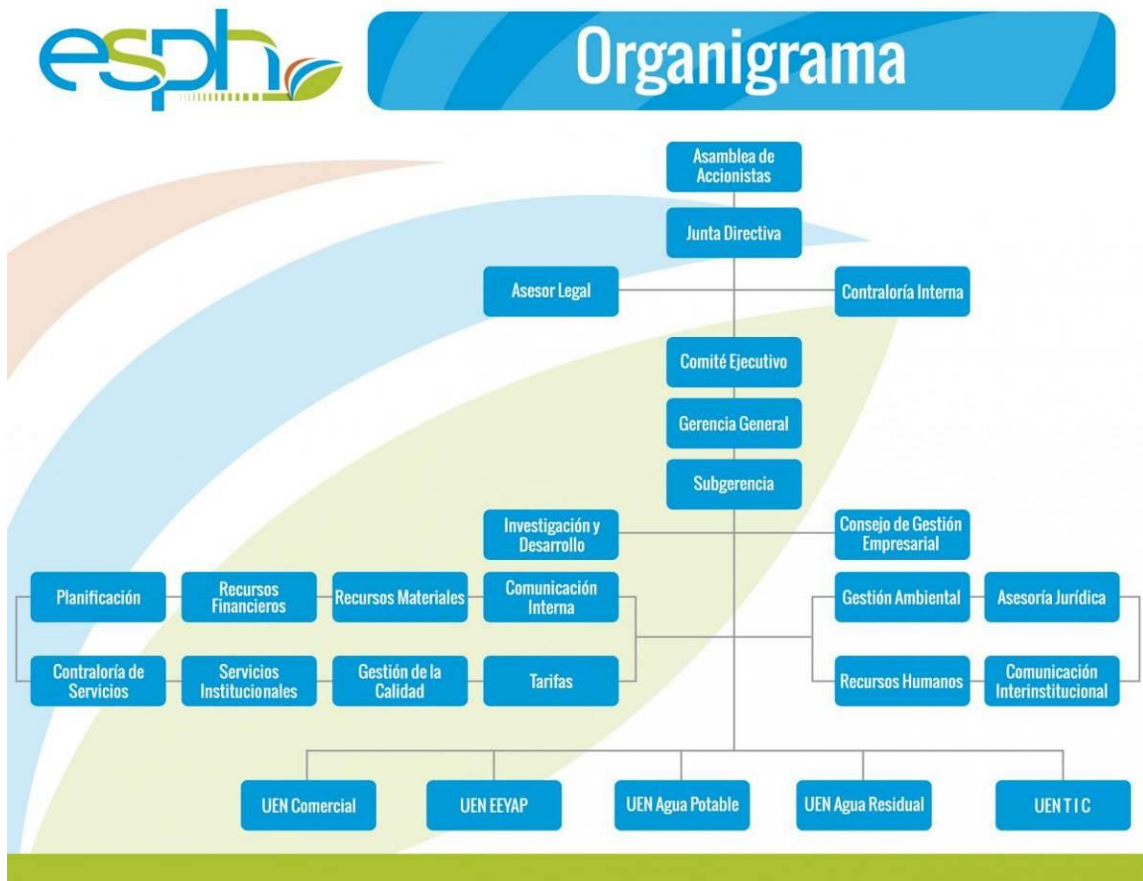


Figura N° 8. Organigrama Empresarial de la ESPH.

Fuente: <https://www.esph-sa.com>

3.8. Procedimiento metodológico

El procedimiento para la elaboración del diseño y confección de planos constructivos de la red sanitaria para la población de la Milpa, se basa en las normas y reglamentos nacionales de diseño hidráulico y construcción. Así como información técnica suministrada por la ESPH S.A.

Con respecto al planteamiento de la red sanitaria, se toma en cuenta el levantamiento topográfico actualizado de la zona, documentos en PDF, imágenes, hojas cartográficas y datos ya sea brindados por la ESPH S.A. o recolectados en sitio.

Para los cálculos hidráulicos se utilizan las normas de diseño del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, establecidas en la reglamentación técnica para el diseño y construcción de urbanizaciones, condominios y fraccionamientos, publicada en el Diario Oficial La Gaceta N°55, del lunes 25 de marzo del 2007.

También se hace hincapié en seguir los lineamientos del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de Costa Rica, 2010.

Además, se toma en cuenta como filtro final la reglamentación interna de la ESPH S.A. denominada "Reglamento Para Las Dotaciones De Servicios A Urbanizaciones, Fraccionamientos Y Condominios, Extensiones De Redes Y Su Financiamiento, De La Empresa De Servicios Públicos De Heredia Sociedad Anónima"; así como la dirección y recomendaciones técnicas del Departamento de Construcciones y Mejoras de Agua Residual de la ESPH S.A.

Finalmente se tomarán los datos recolectados de las diferentes fuentes y se procede con el diseño hidráulico mediante las fórmulas matemáticas correspondientes al tema y tabulando los respectivos resultados en hojas de cálculo para su fácil manejo y aprovechamiento final.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Introducción al entorno

El proyecto de la red sanitaria Nísperos N°3 se desarrolla en un área de aproximadamente 62.662.00 m², la cual se encuentra ubicada en La Milpa, distrito San Francisco, Cantón Central Heredia y está conformado por 285 abonados, clientes de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A. Ver Figura N°2.

El área del Proyecto se encuentra localizada en la cuadrícula cartográfica, cuyas Coordenadas Lambert extremas son las siguientes: Latitud 218000-219000 y Longitud 523000-524000. (Hoja cartográfica Abra, escala 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional). Su elevación media oscila entre los 1060 y 1090 m.s.n.m.

La evacuación de las aguas pluviales de la zona se realiza en su mayoría, mediante sistemas superficiales simples en las alamedas y mediante red de alcantarillado pluvial en las calles principales, el poblado no cuenta con redes de alcantarillado sanitario, por lo que las aguas residuales producto de la actividad humana o comercial, son conducidas hasta tanques sépticos o fosas, donde la mayoría de la veces reciben un tratamiento primario, antes de ser dispuestas de manera superficial o por infiltración directa al suelo.

Se desconoce si la red de distribución de agua potable, principalmente en las alamedas, cumple con la normativa y regulación del A y A y la ESPH S.A, por lo que se presumen su ubicación y profundidad correctas.

Con respecto a la infraestructura, específicamente en las alamedas, se cuenta con el inconveniente de que el tendido eléctrico se distribuye mediante postes metálicos livianos justo en el centro de las mismas, tema que constructivamente se va a tratar en las recomendaciones.



Figura N° 9. Poblado La Milpa de Heredia.

Fuente: Google Earth

Se diseña la presente red de alcantarillado sanitario, para garantizar la correcta evacuación de las aguas residuales ordinarias, los aportes por infiltración y las aguas residuales especiales.

El caudal final del proyecto es conducido por gravedad hasta el punto de conexión con la planta de tratamiento de aguas residuales Los Lagos, donde recibirán tratamiento antes de ser vertidos al cuerpo receptor.

Con respecto al alcance de la red sanitaria, como se menciona en el Capítulo 1, la misma incluye únicamente las Calles y Avenidas mostradas en la

Figura N° 2, así como las conexiones domiciliarias de los 285 abonados expresamente indicados.

4.2. Parámetros de diseño

Para los cálculos hidráulicos se utilizan las normas de diseño del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, establecidas en la Reglamentación Técnica para el Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos, publicada en el Diario Oficial La Gaceta N°55, del lunes 25 de marzo del 2007.

Se siguen los lineamientos de diseño y constructivos del Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de Costa Rica, 2010.

Finalmente se toma en cuenta como tamiz final la reglamentación interna de la ESPH S.A. denominada Reglamento Para Las Dotaciones De Servicios A Urbanizaciones, Fraccionamientos Y Condominios, Extensiones De Redes Y Su Financiamiento, De La Empresa De Servicios Públicos De Heredia Sociedad Anónima.

Se recolectan los parámetros específicos para el diseño sanitario e hidráulico basados en la normativa institucional vigente mencionada, los cuales se enlistan en la Tabla N°4.

Tabla 4. Parámetros de Diseño Sanitario

Parámetros de diseño	Valor
Periodo de diseño	25 años
Cobertura de la red para Nísperos N°3	100%
Población fija de diseño	285 abonados
Habitantes por unidad habitacional	6 habitantes
Dotación de agua potable para la GAM	375 L/pers/día.
Factor de Retorno (FR)	0.8
Factor máximo horario	2.25
Factor máximo diario	1.5
Criterio de diseño de tubería	Escurrimiento libre, por gravedad (Manning)

Coefficiente de Manning para Cloruro de Polivinilo (PVC)	0,010
Velocidad máxima a tubo lleno	5.00 m/s
Fuerza tractiva mínima	0.10 Kg/m ²
Tirante hidráulico	Máximo 0.75 del diámetro de la tubería
Número de Froude	Mayor que 1.1 menor que 0.9
Caudal mínimo de diseño	1.5 l/s
Caudal de infiltración	0.25 l/s/km
Profundidad máxima de tubería	3.85 metros
Profundidad mínima de tubería	1.30 metros
Distancia máxima entre pozos	120.0 metros
Profundidad máxima de pozos	4.00 metros
Diámetro interno mínimo de pozos	1.20 metros
Tipo de tubería sanitaria	PVC SDR 41
Diámetro mínimo de la red sanitaria	Ø 200 mm (8")
Pendiente mínima de la red sanitaria	1.00%.
Diámetro mínimo de prevista domiciliar	Ø 100 mm (4")
Pendiente mínima de la prevista domiciliar	2.00%.
Ubicación de las tuberías de la red sanitaria	Centro de las Avenidas y Calles, por debajo de la tubería de agua potable a una distancia mínima libre de 0.20 metros y de 1.00 metro mínimo en planta.

Fuente: Referencias, el autor.

4.3. Distribución de la red sanitaria

La propuesta de distribución de la red sanitaria se basa en el análisis del levantamiento topográfico realizado por el Topógrafo Ricardo Barrantes Arguedas, TA-8500, así como la distribución de las futuras conexiones de los 285 abonados y la calle o alameda que en la que disponen sus aguas residuales.

Se determina la dirección del flujo según la pendiente y la ubicación en los centros de calles y alamedas. Con respecto a las alamedas se determina colocar la tubería siempre centrada en el camino, desestimando la obstaculización de varios postes metálicos del tendido eléctrico (ver Figura N°2), pues es más

importante respetar los retiros con respecto a la red de agua potable por cuestiones de salud pública y calidad del servicio.

De esta manera se propuso una red sanitaria dispuesta como se muestra en la Figura N°10, para un total estimado de 2.338,93 metros lineales de tubería, finalizando en el ramal de la Calle #1 a la altura de la estación 0+260 m.



Figura N° 10. Obstáculos en el centro de alamedas.

Fuente: El autor.

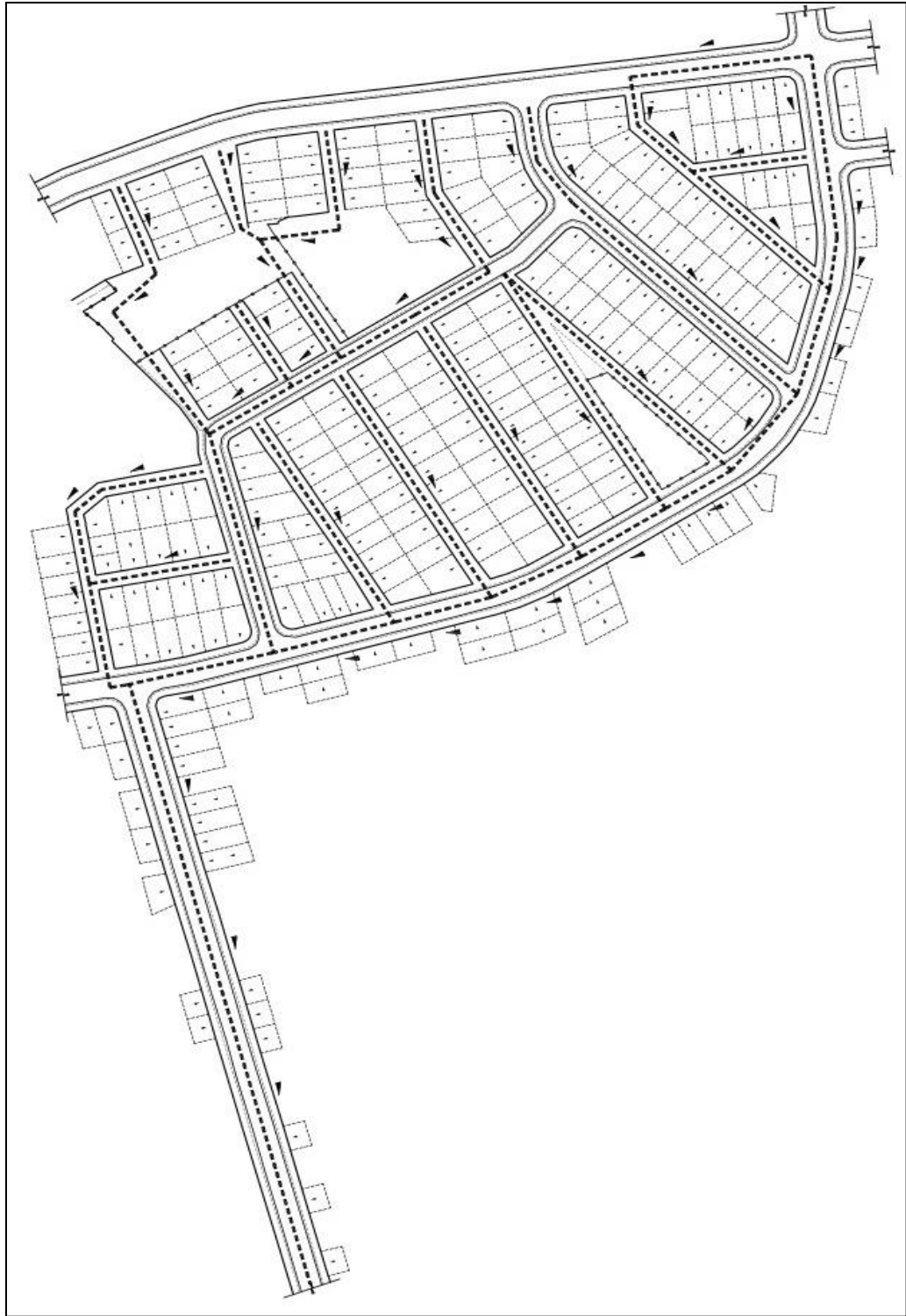


Figura N° 11. Distribución y dirección de pendientes, Red Sanitaria.

Fuente: Levantamiento topográfico, el autor.

4.4. Distribución de nodos

La distribución propuesta de nodos se realiza siguiendo los parámetros de diseño mencionados en la Tabla N°4, así como en los apartados de lineamientos constructivos de las normas consultadas.

De manera general se colocaron pozos de registro en los inicios de las tuberías, así como en las intersecciones de varios tubos, en los cambios de dirección y en los cambios de pendiente.

También de manera específica se colocaron pozos de registro en situaciones particulares donde se debe cumplir un determinado requisito de diseño, por ejemplo, para el ramal de la Calle #1, debido a su extensa longitud, se debieron colocar pozos a una distancia máxima de 120 metros de separación entre los mismos, tal y como se muestra en la Figura N°13.

Por otra parte, para las Alamedas #3, #4 y #5, fue necesaria la implementación de un pozo extra a lo largo de cada tramo, debido al cambio brusco de nivel de terreno que presentan en el entronque con la Calle #2, tal y como se muestra en las fotos de campo siguientes.



Figura N° 12. Entronque Alameda #3 con Calle #2.

Fuente: el autor.



Figura N° 13. Entronque Alameda #4 con Calle #2.

Fuente: el autor.



Figura N° 14. Entronque Alameda #5 con Calle #2.

Fuente: el autor.

Se dispone un pozo sanitario extra con caída en cada alameda y se ajustaron las pendientes lo más posible para mantener un flujo estable en el tramo con el fin de cumplir con la profundidad mínima y máxima de tubería y acatar los lineamientos tanto constructivos como de diseño,

Se ejemplifica a continuación el caso de la Alameda #4.

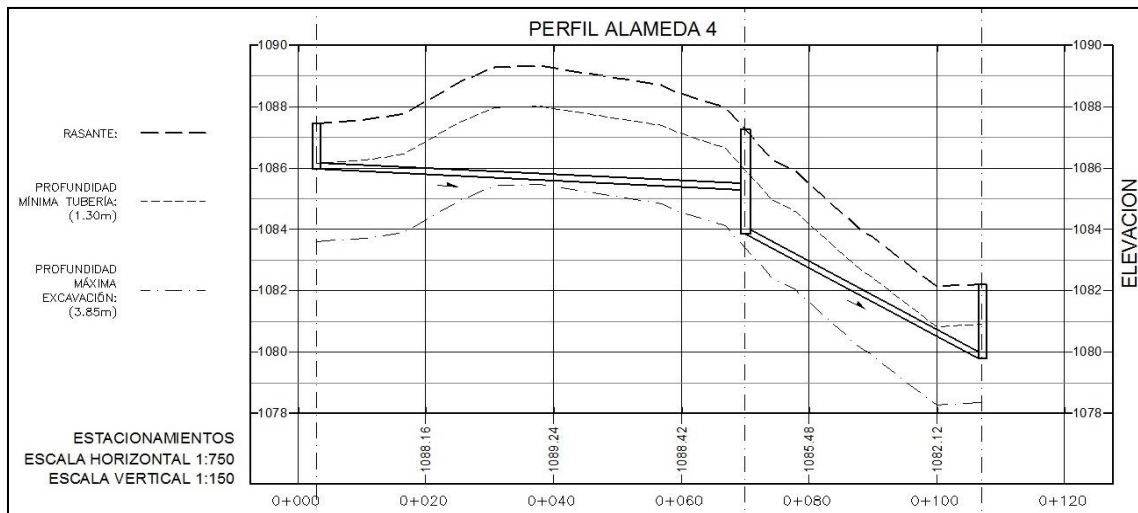


Figura N° 15. Perfil subcolector sanitario, Alameda 4.

Fuente: Levantamiento topográfico, el autor.

Finalmente se obtiene un total de 48 pozos de registro formando 17 colectores para la red mencionada, los cuales son clasificados por número de pozo y ramal colector, indicados de la siguiente manera: PS N°1-5, haciendo referencia al pozo sanitario de número 1 del colector número 5.

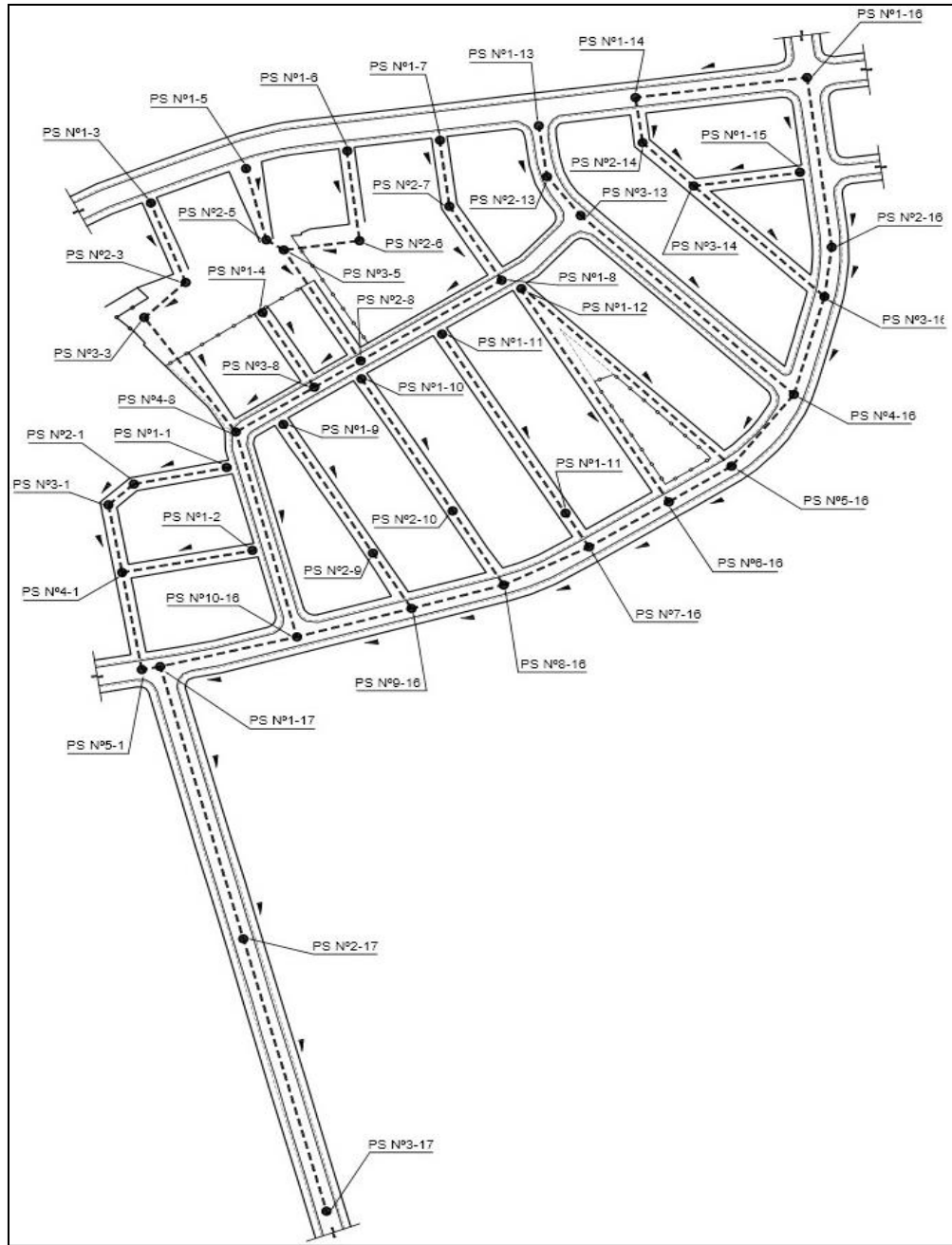


Figura N° 16. Distribución y clasificación de pozos sanitarios.

Fuente: Levantamiento topográfico, el autor.

4.5. Distribución de áreas tributarias

A cada tramo de la tubería entre pozos se le asigna un área específica de aporte (en hectáreas), realizando una distribución equitativa entre los colectores adyacentes.

En la tabla siguiente se muestran las áreas tributarias entre pozos sanitarios, así como las unidades habitacionales contribuyentes en cada tramo.

Tabla 5. Distribución de unidades habitacionales según pozo sanitario.

De Pozo a Pozo		Área Tributaria (m)	Área Tributaria (Ha)	Unidades Habitacionales
Colector N°1				
PS N°1-1	PS N°2-1	567.56	0.0568	4
PS N°2-1	PS N°3-1	0.00	0.0000	0
PS N°3-1	PS N°4-1	573.58	0.0574	5
PS N°4-1	PS N°5-1	581.70	0.0582	5
Colector N°2				
PS N°1-2	PS N°4-1	1458.15	0.1458	12
Colector N°3				
PS N°1-3	PS N°2-3	747.59	0.0748	10
PS N°2-3	PS N°3-3	0.00	0.0000	0
PS N°3-3	PS N°4-8	501.57	0.0502	4
Colector N°4				
PS N°1-4	PS N°3-8	506.01	0.0506	4
Colector N°5				
PS N°1-5	PS N°2-5	965.21	0.0965	8
PS N°2-5	PS N°3-5	0.00	0.0000	0
PS N°3-5	PS N°2-8	502.61	0.0503	4
Colector N°6				
PS N°1-6	PS N°2-6	965.46	0.0965	8
PS N°2-6	PS N°3-5	0.00	0.0000	0

Colector N°7				
PS N°1-7	PS N°2-7	884.84	0.0885	7
PS N°2-7	PS N°1-8	709.51	0.0710	5
Colector N°8				
PS N°1-8	PS N°2-8	0.00	0.0000	0
PS N°2-8	PS N°3-8	0.00	0.0000	0
PS N°3-8	PS N°4-8	0.00	0.0000	0
PS N°4-8	PS N°10-16	1044.70	0.1045	8
Colector N°9				
PS N°1-9	PS N°2-9	1348.72	0.1349	11
PS N°2-9	PS N°9-16	272.69	0.0273	2
Colector N°10				
PS N°1-10	PS N°2-10	1845.81	0.1846	15
PS N°2-10	PS N°8-16	845.98	0.0846	6
Colector N°11				
PS N°1-11	PS N°2-11	2359.07	0.2359	19
PS N°2-11	PS N°7-16	118.74	0.0119	1
Colector N°12				
PS N°1-12	PS N°6-16	1505.80	0.1506	13
Colector N°12a				
PS N°1-12	PS N°5-16	1556.23	0.1556	14
Colector N°13				
PS N°1-13	PS N°2-13	655.36	0.0655	5
PS N°2-13	PS N°3-13	519.48	0.0519	4
PS N°3-13	PS N°4-16	2952.01	0.2952	23
Colector N°14				
PS N°1-14	PS N°2-14	370.42	0.0370	3
PS N°2-14	PS N°3-14	398.82	0.0399	3
PS N°3-14	PS N°3-16	1040.74	0.1041	8
Colector N°14a				
PS N°1-16	PS N°1-14	595.15	0.0595	5

Colector N°15				
PS N°1-15	PS N°3-14	957.16	0.0957	8
Colector N°16				
PS N°1-16	PS N°2-16	473.75	0.0474	5
PS N°2-16	PS N°3-16	102.41	0.0102	1
PS N°3-16	PS N°4-16	274.70	0.0275	3
PS N°4-16	PS N°5-16	242.15	0.0242	2
PS N°5-16	PS N°6-16	344.96	0.0345	3
PS N°6-16	PS N°7-16	104.61	0.0105	1
PS N°7-16	PS N°8-16	718.62	0.0719	5
PS N°8-16	PS N°9-16	425.46	0.0425	3
PS N°9-16	PS N°10-16	676.15	0.0676	6
PS N°10-16	PS N°1-17	1030.83	0.1031	8
PS N°5-1	PS N°1-17	0.00	0.0000	0
Colector N°17				
PS N°1-17	PS N°2-17	1857.84	0.1858	16
PS N°2-17	PS N°3-17	644.04	0.0644	8
Totales	=	34,246.19	3.425	285

Fuente: El autor.

4.6. Memoria de Cálculo.

Este proyecto percibe un total de 285 abonados que disfrutarán del futuro servicio de red de alcantarillado sanitario frente a sus propiedades, comprendiendo un área tributaria aproximada de 34.246,19 m² para una red de tuberías de 2.338,19 metros lineales en total hasta el último pozo diseñado.

Tomando en cuenta los datos obtenidos hasta el momento y regulados por los parámetros de diseño, se prosigue a calcular el caudal de diseño.

4.6.1. Estimación del Caudal de Diseño

El caudal de diseño para un tramo de tubería es el correspondiente al acumulado hasta el pozo de registro aguas abajo y se calcula considerando las contribuciones debido a:

4.6.1.1. Aguas residuales ordinarias.

Se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$Q_{\text{paro}} = Q_{\text{pap}} \times \text{FR}$, donde:

Q_{paro} : Caudal promedio de aguas residuales ordinarias.

Q_{pap} : Caudal promedio diario neto de agua potable.

FR: Factor de retorno (0.80).

La población a satisfacer está determinada por un número específico de clientes ya definidos por la ESPH S.A., como población fija de 285 abonados para este diseño y de acuerdo con las características poblacionales analizadas en el entorno del proyecto, se asume un promedio de 6 personas por vivienda:

Cantidad de viviendas (clientes):	285
Cantidad de personas por viviendas:	6
Población estimada:	1710 personas

Para el cálculo de la demanda de agua se utiliza las Normas de Diseño del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, establecidas en la Reglamentación Técnica para diseño y construcción de urbanizaciones, condominios y fraccionamientos, publicada en el Diario Oficial La Gaceta N° 55, del lunes 25 de marzo del 2007, la cual establece:

Dotación para Gran Área Metropolitana: **$Dr = 375 \text{ L/pers/día}$** .

Se determina el caudal promedio diario.

$Q_{\text{pap}} = Pf \times Dr / 1000$, donde:

Q_{pap} - Caudal promedio diario neto de agua potable ($\text{m}^3/\text{día}$).

Pf - Población al final del período de diseño (per).

Dr - Dotación para Gran Área Metropolitana: (L/pers/día).

$Q_{\text{pap}} = 1710 \times 375 / 1000$

$$Q_{\text{pap}} = 641250 / 1000$$

$$Q_{\text{pap}} = 641.25.00 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{pap}} = 26.72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\mathbf{Q_{\text{pap}} = 7.43 \text{ L/s}}$$

Donde se obtiene un caudal promedio diario neto de agua potable equivalente a **7.43 L/s**.

$$Q_{\text{paro}} = 641.25 \times 0.80$$

$$Q_{\text{paro}} = 513.00 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{paro}} = 21.375 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\mathbf{Q_{\text{paro}} = 5.94 \text{ L/s}}$$

Donde se obtiene un caudal promedio de aguas residuales ordinarias equivalente a **5.94 L/s**

4.6.1.2. Aguas residuales especiales (Qpare)

Se evalúa para cada caso particular según la actividad. En nuestro caso no existen aguas residuales de este tipo.

4.6.1.3. Contribuciones externas (Qext)

Se considerarán las contribuciones de redes de alcantarillado sanitario adyacentes o futuras, indicadas por la ESPH S.A. En nuestro caso no existen aguas residuales de este tipo.

4.6.1.4. Aguas de infiltración (Qinf)

Se considera el aporte por infiltración de aguas de lluvia. Para tuberías de PVC será de 0.25 L/s/km. La longitud de las tuberías es de 2.338,93 m, por lo que el caudal de infiltración será:

$$Q_{\text{inf}} = 2.338393 \times 0.25$$

$$Q_{inf.} = 0.5847 \text{ L/s}$$

Entonces, el caudal promedio de aguas residuales (Q_{par}) será la suma de todas las contribuciones:

$$Q_{prom.} = Q_{par} + Q_{inf.}$$

$$Q_{prom.} = 5.94 + 0.5847$$

$$Q_{prom.} = 6.5247 \text{ L/s}$$

4.6.1.5. El caudal mínimo de diseño ($Q_{mín.}$) será:

$$Q_{mín.} = Q_{par} \times K_2 + Q_{inf.}, \text{ donde:}$$

K_2 : Coeficiente máximo diario: $K_1 = 1.5$

El caudal mínimo no podrá ser inferior a 1.50 L/s

$$Q_{mín.} = 5.94 \times 1.50 + 0.5847$$

$$Q_{mín.} = 8.91 + 0.5847$$

$$Q_{mín} = 9.49 \text{ L/s}$$

Donde se obtiene un caudal mínimo de diseño equivalente a **9.49 L/s**

4.6.1.6. El caudal máximo de diseño ($Q_{máx.}$) será:

$$Q_{máx.} = Q_{par} \times K_1 \times K_2 + Q_{inf.}, \text{ donde:}$$

K_1 : Coeficiente máximo diario: $K_1 = 1.50$

K_2 : Coeficiente máximo horario: $K_2 = 1.50$

$$Q_{máx.} = 5.94 \times 1.50 \times 1.50 + 0.5847$$

$$Q_{máx.} = 13.365 + 0.5847$$

$$Q_{máx.} = 13.95 \text{ L/s}$$

Donde se obtiene un caudal máximo de diseño equivalente a **13.95 L/s**

4.6.2. Cálculos Hidráulicos

De acuerdo con el trazado de los colectores, se asignaron las unidades habitacionales con sus respectivas áreas que aportan a cada pozo sanitario, las cuales se muestran en la Tabla N°5.

Seguidamente, se proyecta la distribución de la red sanitaria sobre el levantamiento topográfico y los perfiles del terreno, con el fin de obtener la posición exacta del pozo y la altura de su respectiva rasante.

Al mismo tiempo se dibujaron todos los perfiles de las calles y alamedas, con sus respectivos pozos y parámetros mínimos y máximos de profundidad, pues según sea la topografía del terreno, es necesario diseñar la red y proyectar a la vez los avances para corroborar la propuesta correcta de la tubería.

Finalmente se hace uso de herramientas de cálculo que permitan simplificar el diseño hidráulico y mantener registrado un orden tabulado de los datos, admitiendo revisiones, correcciones y una base de datos que permita plasmar los resultados en los planos constructivos.

En este caso se utiliza la hoja de cálculo del MSc. Ing. Calixto Pacheco Bolaños para realizar los cálculos hidráulicos por ramal y el programa de Dibujo Asistido por Computadora (AutoCAD) para la confección de los planos constructivos de dicha red sanitaria.

Cabe señalar que la hoja de cálculo electrónica se basa en los parámetros de diseño de la sección: **2.4.1.3 Cálculo Hidráulico.**

Tabla 6. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°1 al N°4.

Colector N° 1																			
1	PS1-1	1083,38	PS2-1	1082,2808	37,79	2,92%	4	0,057	70	423	24	0,10	0,08	0,00	0,00	0,01	0,08	0,13	0,20
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,08	0,13	0,20
	PS2-1	1082,2808	PS3-1	1081,6626	13,16	4,70%	0	0,000	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,08	0,14	0,20
	PS3-1	1081,6626	PS4-1	1078,6414	29,19	10,35%	5	0,057	87	523	30	0,13	0,10	0,00	0,00	0,01	0,10	0,16	0,24
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,19	0,30	0,44
PS4-1	1078,6414	PS5-1	1075,3096	41,95	7,94%	5	0,058	88	516	30	0,13	0,10	0,00	0,00	0,01	0,10	0,55	0,82	
														Subtotal Acumulado =	0,03	0,29	0,86	1,26	
	Totales			122,090		14	0,172											0,856	1,262

Colector N° 2																			
2	PS1-2	1080,8746	PS4-1	1078,6414	52,26	4,27%	12	0,146	82	494	72	0,31	0,25	0,00	0,00	0,01	0,25	0,39	0,58
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,25	0,39	0,58
		Totales			52,260		12	0,146											0,388

Colector N° 3																			
3	PS1-3	1096,12	PS2-3	1093,89	37,66	5,92%	10	0,075	134	803	80	0,28	0,21	0,00	0,00	0,01	0,21	0,32	0,48
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,21	0,32	0,48
	PS2-3	1093,89	PS3-3	1091	22,34	12,94%	0	0,000	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,21	0,33	0,48
	PS3-3	1091	PS4-8	1084,16	60,00	11,40%	4	0,050	80	478	24	0,10	0,08	0,00	0,00	0,02	0,08	0,14	0,20
														Subtotal Acumulado =	0,03	0,29	0,47	0,69	
	Totales			120,000		14	0,125											0,468	0,686

Colector N° 4																			
4	PS1-4	1090,34	PS3-8	1086	37,48	11,58%	4	0,051	79	474	24	0,10	0,08	0,00	0,00	0,01	0,08	0,13	0,20
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,08	0,13	0,20
		Totales			37,480		4	0,051											0,134

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 7. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°5 al N°8.

Colector N° 5																			
5	PS1-5	1099,14	PS2-5	1096,33	32,21	8,72%	8	0,097	83	497	48	0,21	0,17	0,00	0,00	0,01	0,17	0,26	0,38
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,17	0,26	0,38
	PS2-5	1096,33	PS3-5	1095,51	7,79	10,53%	0	0,000	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,17	0,26	0,39
	PS3-5	1095,51	PS2-8	1087,71	55,57	14,04%	4	0,050	80	478	24	0,10	0,08	0,00	0,00	0,01	0,08	0,41	0,59
														Subtotal Acumulado =	0,02	0,25	0,67	0,98	
	Totales			95,570		12	0,147											0,666	0,979
Colector N° 6																			
6	PS1-6	1101,10	PS2-6	1096,3514	40,00	11,87%	8	0,097	83	497	48	0,21	0,17	0,00	0,00	0,01	0,17	0,26	0,39
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,17	0,26	0,39
	PS2-6	1096,3514	PS3-5	1095,51	29,33	2,87%	0	0,000	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,17	0,27	0,39
	Totales				69,330		8	0,097											0,267
Colector N° 7																			
7	PS1-7	1102,04	PS2-7	1098,15	29,59	13,15%	7	0,088	79	475	42	0,18	0,15	0,00	0,00	0,01	0,15	0,23	0,34
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,15	0,23	0,34
	PS2-7	1098,15	PS1-8	1096,34	37,27	4,86%	5	0,071	70	423	30	0,13	0,10	0,00	0,00	0,01	0,10	0,17	0,24
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,25	0,39	0,58
	Totales				66,860		12	0,159											0,392
Colector N° 8																			
8	PS1-8	1096,34	PS2-8	1087,71	64,12	13,46%	0	0,000	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,41	0,60
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,00	0,41	0,60
	PS2-8	1087,71	PS3-8	1086	21,03	8,13%	0	0,000	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,67	0,98
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,00	1,08	1,58
	PS3-8	1086	PS4-8	1084,16	35,64	5,16%	0	0,000	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,14	0,21
															Subtotal Acumulado =	0,03	0,00	1,22	1,79
PS4-8	1084,16	PS10-16	1078	90,11	6,84%	8	0,104	77	459	48	0,21	0,17	0,00	0,00	0,02	0,17	0,74	1,08	
														Subtotal Acumulado =	0,05	0,17	1,96	2,87	
	Totales			210,900		8	0,104											1,963	2,869

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 8. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°9 al N°12a.

Colector N° 9																			
9	PS1-9	1084,98	PS2-9	1084,32	66,00	1,00%	11	0,135	82	489	86	0,29	0,23	0,00	0,00	0,02	0,23	0,36	0,53
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,23	0,36	0,53
	PS2-9	1084,32	PS9-16	1079,9	27,82	15,89%	2	0,027	73	440	12	0,05	0,04	0,00	0,00	0,01	0,04	0,07	0,10
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,04	0,43	0,63
	Totales			93,820			13	0,162										0,430	0,633

Colector N° 10																			
10	PS1-10	1087,45	PS2-10	1087,24	67,10	0,31%	15	0,185	81	488	90	0,39	0,31	0,00	0,00	0,02	0,31	0,49	0,72
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,31	0,49	0,72
	PS2-10	1087,24	PS8-16	1082,2	37,09	13,59%	6	0,085	71	426	36	0,16	0,13	0,00	0,00	0,01	0,13	0,20	0,29
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,13	0,68	1,01
	Totales			104,190			21	0,269										0,682	1,010

Colector N° 11																			
11	PS1-11	1092,32	PS2-11	1090,35	90,97	2,17%	19	0,236	81	483	114	0,49	0,40	0,00	0,00	0,02	0,40	0,62	0,91
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,40	0,62	0,91
	PS2-11	1090,35	PS7-16	1087,17	16,95	18,76%	1	0,012	84	505	6	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,05
															Subtotal Acumulado =	0,00	0,02	0,65	0,96
	Totales			107,920			20	0,248										0,652	0,964

Colector N° 12																			
12	PS1-12	1096,777	PS6-16	1092,35	107,99	4,10%	13	0,151	86	518	78	0,34	0,27	0,00	0,00	0,03	0,27	0,43	0,64
															Subtotal Acumulado =	0,03	0,27	0,43	0,64
		Totales			107,990			13	0,151										0,433

Colector N° 12a																			
12a	PS1-12	1096,77	PS5-16	1095,27	111,62	1,34%	14	0,156	90	540	84	0,36	0,29	0,00	0,00	0,03	0,29	0,47	0,68
															Subtotal Acumulado =	0,03	0,29	0,47	0,68
		Totales			111,620			14	0,156										0,465

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 9. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°13 al N°15.

Colector N° 13																			
13	PS1-13	1102,23	PS2-13	1099,72	21,81	11,51%	5	0,066	76	458	30	0,13	0,10	0,00	0,00	0,01	0,10	0,16	0,24
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,10	0,16	0,24
	PS2-13	1099,72	PS3-13	1099,28	20,99	2,10%	4	0,052	77	462	24	0,10	0,08	0,00	0,00	0,01	0,08	0,13	0,19
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,19	0,29	0,43
	PS3-13	1099,28	PS4-16	1098,77	111,75	0,46%	23	0,295	78	467	138	0,60	0,48	0,00	0,00	0,03	0,48	0,75	1,11
														Subtotal Acumulado =	0,04	0,67	1,04	1,54	
	Totales			154,550			32	0,413										1,039	1,539

Colector N° 14																			
14	PS1-14	1103,95	PS2-14	1103,27	19,40	3,51%	3	0,037	81	466	18	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,06	0,27	0,40
															Subtotal Acumulado =	0,00	0,06	0,27	0,40
	PS2-14	1103,27	PS3-14	1102,6	26,88	2,49%	3	0,040	75	451	18	0,08	0,08	0,00	0,00	0,01	0,06	0,36	0,53
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,13	0,63	0,93
	PS3-14	1102,6	PS3-16	1101,75	68,78	1,24%	8	0,104	77	461	48	0,21	0,17	0,00	0,00	0,02	0,17	0,27	0,39
														Subtotal Acumulado =	0,03	0,29	0,90	1,32	
	Totales			115,060			14	0,181										0,900	1,322

Colector N° 14a																			
14a	PS1-16	1105,49	PS1-14	1103,95	66,47	2,32%	5	0,060	84	504	30	0,13	0,10	0,00	0,00	0,02	0,10	0,17	0,25
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,10	0,17	0,25
		Totales			66,470			5	0,060										0,173

Colector N° 15																			
15	PS1-15	1104,3	PS3-14	1102,6	42,22	4,03%	8	0,096	84	501	48	0,21	0,17	0,00	0,00	0,01	0,17	0,26	0,39
															Subtotal Acumulado =	0,01	0,17	0,26	0,39
		Totales			42,220			8	0,096										0,261

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 10. Cálculos preliminares por ramal, Colector N°16 al N°17.

Colector N° 16																			
16	PS1-16	1105,49	PS2-16	1102,76	72,65	3,76%	5	0,047	108	633	30	0,13	0,10	0,00	0,00	0,02	0,10	0,17	0,25
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,10	0,17	0,25
	PS2-16	1102,76	PS3-16	1101,75	21,22	4,76%	1	0,010	98	586	6	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,05
															Subtotal Acumulado =	0,02	0,13	0,21	0,30
	PS3-16	1101,75	PS4-16	1098,77	43,19	6,90%	3	0,027	109	656	18	0,08	0,08	0,00	0,00	0,01	0,08	1,00	1,47
															Subtotal Acumulado =	0,03	0,19	1,22	1,78
	PS4-16	1098,77	PS5-16	1095,27	38,76	9,03%	2	0,024	83	496	12	0,05	0,04	0,00	0,00	0,01	0,04	1,11	1,64
															Subtotal Acumulado =	0,04	0,23	2,33	3,42
	PS5-16	1095,27	PS6-16	1092,35	28,49	10,25%	3	0,034	87	522	18	0,08	0,06	0,00	0,00	0,01	0,06	0,57	0,83
															Subtotal Acumulado =	0,05	0,29	2,89	4,25
	PS6-16	1092,35	PS7-16	1087,17	36,15	14,33%	1	0,010	96	573	6	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01	0,02	0,47	0,69
															Subtotal Acumulado =	0,06	0,31	3,37	4,94
	PS7-16	1087,17	PS8-16	1082,2	36,52	13,61%	5	0,072	70	417	30	0,13	0,10	0,00	0,00	0,01	0,10	0,82	1,21
															Subtotal Acumulado =	0,07	0,42	4,18	6,15
	PS8-16	1082,2	PS9-16	1079,9	36,79	6,25%	3	0,043	71	423	18	0,08	0,06	0,00	0,00	0,01	0,08	0,79	1,16
														Subtotal Acumulado =	0,08	0,48	4,97	7,31	
PS9-16	1079,9	PS10-16	1078	45,66	4,16%	6	0,068	89	532	36	0,16	0,13	0,00	0,00	0,01	0,13	0,63	0,93	
														Subtotal Acumulado =	0,09	0,60	5,60	8,24	
PS10-16	1078	PS1-17	1075,64	54,02	4,37%	8	0,103	78	466	48	0,21	0,17	0,00	0,00	0,01	0,17	2,23	3,26	
														Subtotal Acumulado =	0,10	0,77	7,82	11,49	
PS1-5	1075,31	PS1-17	1075,64	7,15	-4,62%	0	0,000	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	1,26	
														Subtotal Acumulado =	0,00	0,00	8,68	12,76	
Totales				420,600		37	0,439											8,681	12,759

Colector N° 17																			
17	PS1-17	1075,64	PS2-17	1069,41	120,00	5,19%	16	0,186	86	517	96	0,42	0,33	0,00	0,00	0,03	0,33	9,21	13,54
															Subtotal Acumulado =	0,03	0,33	9,21	13,54
	PS2-17	1069,41	PS3-17	1068,42	120,00	0,83%	8	0,064	124	745	48	0,21	0,17	0,00	0,00	0,03	0,17	0,28	0,41
														Subtotal Acumulado =	0,06	0,50	9,49	13,94	
Totales				240,000		24	0,250											9,491	13,944

Totales Generales	Red Sanitaria total	2338,930	Clientes totales	285,000	3,425	Área Tributaria total
-------------------	---------------------	----------	------------------	---------	-------	-----------------------

Caudal Mínimo	9,491	13,944
---------------	-------	--------

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

4.6.3. Análisis de caudal y pendientes por ramal

Como se puede apreciar en las tablas anteriores, se presentan los cálculos preliminares que permiten calcular la pendiente y el caudal para cada tramo de tubería.

Se tabulan los datos obtenidos de rasante y distancia lineal entre pozos sanitarios, esto con el fin de obtener una pendiente propuesta para el ramal colector de cada tramo.

Para este caso específico donde el resto de la infraestructura ya fue construida con anterioridad, la pendiente entre pozos pocas veces coincide con la topografía de la calle, principalmente en las alamedas, por lo que este paso en el diseño fue planteado al mismo tiempo que se proyectaban las tuberías en los perfiles, dando como resultados pendientes de diseño final considerablemente diferentes a las propuestas por simple la diferencia de niveles.

En todo caso, se respetaron los parámetros de profundidades mínimas (1.30m) y máximas (3.85m) para

Seguidamente, con la información de la Tabla N°5, se determinan la cantidad de habitantes en cada tramo, que, junto a la dotación de agua potable por el factor de retorno, nos permite obtener el caudal para cada tubería.

Como en este proyecto no se presentan aguas residuales especiales ni redes externas, no se tiene afectación en los caudales por dichas contribuciones, por lo que las columnas de dichos factores permaneces en cero.

Finalmente se calculan los caudales mínimos y máximos en cada tramo, con el fin de optimizar la red diseñando un diámetro de tubería que cumpla satisfactoriamente con los parámetros de diseño y se ajuste a las demandas de cada ramal.

Se puede observar que el caudal en los sub colectores, principalmente en las alamedas e inicios de ramal, es considerablemente bajo, debido a las pocas

contribuciones que presentan, por lo que para continuar con el diseño se debe ajustar al caudal mínimo permitido que corresponde a 1.5 l/s.

Con respecto al caudal de diseño, se puede observar que en el tramo de disposición final (colector N°17) corresponde completamente al calculado en la sección 4.6.1, dando como resultado:

- Caudal mínimo de diseño: **9.49 L/s**
- Caudal máximo de diseño: **13.95 L/s.**

Tabla 11. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°1 al N°4.

Colector N° 1																							
PS1-1	1,50		3,00	1,83	8	200	2,38	77,04	1,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,82	0,86	22	0,41	0,01	2,25	Supercrítico		0,06
		1,50	3,00	1,83	8	200	2,38	77,04	1,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,82	0,86	22	0,41	0,01	2,25	Supercrítico	0,034	0,06
PS2-1	1,50		10,00	1,46	8	200	4,34	140,66	5,00	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,26	0,61	15	0,98	0,01	4,44	Supercrítico		0,05
		1,50	10,00	1,46	8	200	4,34	140,66	5,00	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,26	0,61	15	0,98	0,01	4,44	Supercrítico	0,081	0,05
PS3-1	1,50		10,00	1,46	8	200	4,34	140,66	5,00	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,26	0,61	15	0,98	0,01	4,44	Supercrítico		0,00
		1,50	10,00	1,46	8	200	4,34	140,66	5,00	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,26	0,61	15	0,98	0,01	4,44	Supercrítico	0,081	0,05
PS4-1	1,50		7,00	1,56	8	200	3,63	117,69	3,50	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,05	0,61	15	0,68	0,01	3,71	Supercrítico		-0,03
		1,50	7,00	1,56	8	200	3,63	117,69	3,50	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,05	0,61	15	0,68	0,01	3,71	Supercrítico	0,058	0,05
PS5-1	1,50																						
		1,50																					

Colector N° 2																							
PS1-2	1,50		5,00	1,66	8	200	3,07	99,46	2,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,06	0,66	22	0,68	0,01	2,91	Supercrítico		0,09
		1,50	5,00	1,66	8	200	3,07	99,46	2,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,06	0,66	22	0,68	0,01	2,91	Supercrítico	0,067	0,09
PS4-1	1,50																						
		1,50																					

Colector N° 3																							
PS2-3	1,50		6,50	1,58	8	200	3,50	113,41	3,25	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,01	0,61	15	0,63	0,01	3,58	Supercrítico		0,06
		1,50	6,50	1,58	8	200	3,50	113,41	3,25	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,01	0,61	15	0,63	0,01	3,58	Supercrítico	0,062	0,07
PS3-3	1,50		12,15	1,41	8	200	4,78	155,05	6,08	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,39	0,61	15	1,18	0,01	4,89	Supercrítico		0,05
		1,50	12,15	1,41	8	200	4,78	155,05	6,08	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,39	0,61	15	1,18	0,01	4,89	Supercrítico	0,098	0,07
PS4-8	1,50		12,00	1,41	8	200	4,75	154,09	6,00	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,38	0,61	15	1,17	0,01	4,86	Supercrítico		0,00
		1,50	12,00	1,41	8	200	4,75	154,09	6,00	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,38	0,61	15	1,17	0,01	4,86	Supercrítico	0,097	0,05
PS4-1	1,50																						
		1,50																					

Colector N° 4																							
PS1-4	1,50		12,00	1,41	8	200	4,75	154,09	6,00	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,38	0,61	15	1,17	0,01	4,86	Supercrítico		0,13
		1,50	12,00	1,41	8	200	4,75	154,09	6,00	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,38	0,61	15	1,17	0,01	4,86	Supercrítico	0,097	0,13
PS3-8	1,50																						

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 12. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°5 al N°8.

Colector N° 5																									
PS1-5	1,50		9,00	1,49	8	200	4,11	133,44	4,50	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,19	0,61	15	0,88	0,01	4,21	Supercrítico		0,10		
		1,50	9,00	1,49	8	200	4,11	133,44	4,50	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,19	0,61	15	0,88	0,01	4,21	Supercrítico	0,073		0,10	
PS2-5	1,50		9,00	1,49	8	200	4,11	133,44	4,50	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,19	0,61	15	0,88	0,01	4,21	Supercrítico		0,00		
		1,50	9,00	1,49	8	200	4,11	133,44	4,50	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,19	0,61	15	0,88	0,01	4,21	Supercrítico	0,073		0,05	
PS3-5	1,50		12,50	1,40	8	200	4,85	157,27	6,25	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,41	0,61	15	1,22	0,01	4,96	Supercrítico		0,03		
		1,50	12,50	1,40	8	200	4,85	157,27	6,25	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,41	0,61	15	1,22	0,01	4,96	Supercrítico	0,101		0,05	
PS2-8	1,50																								
		1,50																							

Colector N° 6																									
PS1-6	1,50		11,50	1,42	8	200	4,65	150,84	5,75	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,35	0,61	15	1,12	0,01	4,76	Supercrítico		0,13		
		1,50	11,50	1,42	8	200	4,65	150,84	5,75	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,35	0,61	15	1,12	0,01	4,76	Supercrítico	0,093		0,13	
PS2-6	1,50		3,00	1,83	8	200	2,38	77,04	1,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,82	0,86	22	0,41	0,01	2,25	Supercrítico		-0,06		
		1,50	3,00	1,83	8	200	2,38	77,04	1,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,82	0,86	22	0,41	0,01	2,25	Supercrítico	0,034		0,05	
PS3-5	1,50																								
		1,50																							

Colector N° 7																									
PS1-7	1,50		13,00	1,39	8	200	4,95	160,38	6,50	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,43	0,61	15	1,27	0,01	5,06	Supercrítico		0,14		
		1,50	13,00	1,39	8	200	4,95	160,38	6,50	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,43	0,61	15	1,27	0,01	5,06	Supercrítico	0,105		0,14	
PS2-7	1,50		4,00	1,73	8	200	2,74	88,96	2,00	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,94	0,86	22	0,55	0,01	2,60	Supercrítico		-0,06		
		1,50	4,00	1,73	8	200	2,74	88,96	2,00	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,94	0,86	22	0,55	0,01	2,60	Supercrítico	0,045		0,05	
PS1-8	1,50																								
		1,50																							

Colector N° 8																									
PS1-8	1,50		12,50	1,40	8	200	4,85	157,27	6,25	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,41	0,61	15	1,22	0,01	4,96	Supercrítico		0,14		
		1,50	12,50	1,40	8	200	4,85	157,27	6,25	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,41	0,61	15	1,22	0,01	4,96	Supercrítico	0,101		0,14	
PS2-8	1,50		6,50	1,58	8	200	3,50	113,41	3,25	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,01	0,61	15	0,63	0,01	3,58	Supercrítico		-0,06		
		1,58	6,50	1,61	8	200	3,50	113,41	3,25	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,01	0,61	15	0,63	0,01	3,58	Supercrítico	0,052		0,05	
PS3-8	1,50		6,50	1,58	8	200	3,50	113,41	3,25	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,01	0,61	15	0,63	0,01	3,58	Supercrítico		0,03		
		1,79	6,50	1,69	8	200	3,50	113,41	3,25	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,20	0,86	22	0,89	0,01	3,32	Supercrítico	0,074		0,05	
PS4-8	1,96		6,50	1,75	8	200	3,50	113,41	3,25	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,20	0,86	22	0,89	0,01	3,32	Supercrítico		0,03		
		2,87	6,50	2,02	8	200	3,50	113,41	3,25	0,03	0,388	0,131	0,328	0,086	1,35	1,05	27	1,07	0,02	3,29	Supercrítico	0,093		0,05	
PS10-16	1,96																								
		2,87																							

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 13. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°9 al N°12a.

Colector N° 9																								
PS1-9	1,50		1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,388	0,131	0,328	0,088	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico		0,04	
		1,50	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,388	0,131	0,328	0,088	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico	0,014	0,04	
PS2-9	1,50		11,13	1,43	8	200	4,58	148,40	5,57	0,01	0,290	0,078	0,195	0,041	1,33	0,61	15	1,09	0,01	4,68	Supercrítico		0,12	
		1,50	11,13	1,43	8	200	4,58	148,40	5,57	0,01	0,290	0,078	0,195	0,041	1,33	0,61	15	1,09	0,01	4,68	Supercrítico	0,090	0,12	
PS9-16	1,50																							
		1,50																						

Colector N° 10																								
PS1-10	1,50		1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,388	0,131	0,328	0,088	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico		0,04	
		1,50	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,388	0,131	0,328	0,088	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico	0,014	0,04	
PS2-10	1,50		11,00	1,43	8	200	4,55	147,53	5,50	0,01	0,290	0,078	0,195	0,041	1,32	0,61	15	1,07	0,01	4,65	Supercrítico		0,12	
		1,50	11,00	1,43	8	200	4,55	147,53	5,50	0,01	0,290	0,078	0,195	0,041	1,32	0,61	15	1,07	0,01	4,65	Supercrítico	0,089	0,12	
PS8-16	1,50																							
		1,50																						

Colector N° 11																								
PS1-11	1,50		3,00	1,83	8	200	2,38	77,04	1,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,82	0,88	22	0,41	0,01	2,25	Supercrítico		0,08	
		1,50	3,00	1,83	8	200	2,38	77,04	1,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,82	0,88	22	0,41	0,01	2,25	Supercrítico	0,034	0,08	
PS2-11	1,50		13,00	1,39	8	200	4,95	180,38	6,50	0,01	0,290	0,078	0,195	0,041	1,43	0,61	15	1,27	0,01	5,06	Supercrítico		0,14	
		1,50	13,00	1,39	8	200	4,95	180,38	6,50	0,01	0,290	0,078	0,195	0,041	1,43	0,61	15	1,27	0,01	5,06	Supercrítico	0,105	0,14	
PS7-16	1,50																							
		1,50																						

Colector N° 12																								
PS1-12	1,50		4,50	1,69	8	200	2,91	94,38	2,25	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,00	0,88	22	0,61	0,01	2,76	Supercrítico		0,08	
		1,50	4,50	1,69	8	200	2,91	94,38	2,25	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,00	0,88	22	0,61	0,01	2,76	Supercrítico	0,051	0,09	
PS6-16	1,50																							
		1,50																						

Colector N° 12a																								
PS1-12	1,50		2,00	1,97	8	200	1,94	62,91	1,00	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,67	0,88	22	0,27	0,01	1,84	Supercrítico		0,05	
		1,50	2,00	1,97	8	200	1,94	62,91	1,00	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,67	0,88	22	0,27	0,01	1,84	Supercrítico	0,023	0,05	
PS5-16	1,50																							
		1,50																						

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 14. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°13 al N°15.

Colector N° 13																							
PS1-13	1,50		11,50	1,42	8	200	4,65	150,84	5,75	0,01	0,290	0,078	0,195	0,041	1,35	0,61	15	1,12	0,01	4,76	Supercrítico		0,13
		1,50	11,50	1,42	8	200	4,65	150,84	5,75	0,01	0,290	0,078	0,195	0,041	1,35	0,61	15	1,12	0,01	4,76	Supercrítico	0,093	0,13
PS2-13	1,50		1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,388	0,131	0,328	0,088	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico		-0,08
		1,50	1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,388	0,131	0,328	0,088	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico	0,014	0,05
PS3-13	1,50		1,00	2,24	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,388	0,131	0,328	0,088	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico		0,00
		1,54	1,00	2,27	8	200	1,37	44,48	0,50	0,03	0,388	0,131	0,328	0,088	0,53	1,05	27	0,16	0,02	1,29	Supercrítico	0,014	0,05
PS4-16	1,50																						
		1,54																					

Colector N° 14																							
PS1-14	1,50		1,84	2,00	8	200	1,88	60,34	0,92	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,64	0,88	22	0,25	0,01	1,77	Supercrítico		0,05
		1,50	1,84	2,00	8	200	1,88	60,34	0,92	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,64	0,88	22	0,25	0,01	1,77	Supercrítico	0,021	0,05
PS2-14	1,50		1,84	2,00	8	200	1,88	60,34	0,92	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,64	0,88	22	0,25	0,01	1,77	Supercrítico		0,00
		1,50	1,84	2,00	8	200	1,88	60,34	0,92	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,64	0,88	22	0,25	0,01	1,77	Supercrítico	0,021	0,05
PS3-14	1,50		1,84	2,00	8	200	1,88	60,34	0,92	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,64	0,88	22	0,25	0,01	1,77	Supercrítico		0,00
		1,50	1,84	2,00	8	200	1,88	60,34	0,92	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,64	0,88	22	0,25	0,01	1,77	Supercrítico	0,021	0,05
PS3-16	1,50																						
		1,50																					

Colector N° 14a																							
PS1-16	1,50		3,00	1,83	8	200	2,38	77,04	1,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,82	0,88	22	0,41	0,01	2,25	Supercrítico		0,06
		1,50	3,00	1,83	8	200	2,38	77,04	1,50	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,82	0,88	22	0,41	0,01	2,25	Supercrítico	0,034	0,06
PS3-14	1,50																						
		1,50																					

Colector N° 15																							
PS1-15	1,50		4,00	1,73	8	200	2,74	88,96	2,00	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,94	0,88	22	0,55	0,01	2,60	Supercrítico		0,08
		1,50	4,00	1,73	8	200	2,74	88,96	2,00	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	0,94	0,88	22	0,55	0,01	2,60	Supercrítico	0,045	0,08
PS3-14	1,50																						
		1,50																					

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 15. Cálculos hidráulicos por ramal, Colector N°16 al N°17.

Colector N° 16																									
PS1-16	1,50		4,46	1,70	8	200	2,90	93,92	2,23	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,00	0,88	22	0,61	0,01	2,75	Supercrítico		0,08		
		1,50	4,46	1,70	8	200	2,90	93,92	2,23	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,00	0,88	22	0,61	0,01	2,75	Supercrítico	0,051		0,08	
PS2-16	1,50		4,46	1,70	8	200	2,90	93,92	2,23	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,00	0,88	22	0,61	0,01	2,75	Supercrítico		0,00		
		1,50	4,46	1,70	8	200	2,90	93,92	2,23	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,00	0,88	22	0,61	0,01	2,75	Supercrítico	0,051		0,05	
PS3-16	1,50		7,40	1,54	8	200	3,73	121,00	3,70	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,08	0,61	15	0,72	0,01	3,82	Supercrítico		0,00		
		1,78	7,40	1,64	8	200	3,73	121,00	3,70	0,01	0,290	0,076	0,195	0,041	1,08	0,61	15	0,72	0,01	3,82	Supercrítico	0,060		0,05	
PS4-16	2,33		8,95	1,76	8	200	4,10	133,07	4,48	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,41	0,88	22	1,22	0,01	3,89	Supercrítico		0,09		
		3,42	8,95	2,03	8	200	4,10	133,07	4,48	0,03	0,388	0,131	0,328	0,086	1,58	1,05	27	1,47	0,02	3,86	Supercrítico	0,128		0,05	
PS5-16	2,89		9,83	1,87	8	200	4,30	139,46	4,92	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,48	0,88	22	1,34	0,01	4,08	Supercrítico		0,02		
		4,25	9,83	2,16	8	200	4,30	139,46	4,92	0,03	0,388	0,131	0,328	0,086	1,66	1,05	27	1,61	0,02	4,04	Supercrítico	0,140		0,05	
PS6-16	3,37		15,47	1,82	8	200	5,39	174,95	7,74	0,02	0,344	0,108	0,273	0,067	1,88	0,88	22	2,11	0,01	5,12	Supercrítico		0,10		
		4,94	15,47	2,10	8	200	5,39	174,95	7,74	0,03	0,388	0,131	0,328	0,086	2,08	1,05	27	2,54	0,02	5,07	Supercrítico	0,221		0,09	
PS7-16	4,18		14,02	2,01	8	200	5,14	166,55	7,01	0,03	0,388	0,131	0,328	0,086	1,98	1,05	27	2,30	0,02	4,83	Supercrítico		0,02		
		6,15	14,02	2,32	8	200	5,14	166,55	7,01	0,04	0,419	0,152	0,375	0,102	2,15	1,22	31	2,63	0,02	4,81	Supercrítico	0,236		0,05	
PS8-16	4,97		5,55	2,55	8	200	3,23	104,79	2,78	0,05	0,445	0,169	0,415	0,116	1,44	1,35	34	1,15	0,02	3,01	Supercrítico		-0,12		
		7,31	5,55	2,95	8	200	3,23	104,79	2,78	0,07	0,488	0,201	0,485	0,140	1,58	1,61	41	1,35	0,03	3,01	Supercrítico	0,127		0,05	
PS9-16	5,60		4,50	2,77	8	200	2,91	94,36	2,25	0,06	0,468	0,166	0,452	0,128	1,36	1,49	38	1,02	0,03	2,72	Supercrítico		0,00		
		8,24	4,50	3,21	8	200	2,91	94,36	2,25	0,09	0,523	0,228	0,542	0,161	1,52	1,82	46	1,22	0,03	2,71	Supercrítico	0,118		0,05	
PS10-16	7,82		4,50	3,14	8	200	2,91	94,36	2,25	0,08	0,508	0,215	0,515	0,151	1,47	1,72	44	1,16	0,03	2,70	Supercrítico		0,03		
		11,49	4,50	3,63	8	200	2,91	94,36	2,25	0,12	0,567	0,265	0,615	0,188	1,65	2,12	54	1,38	0,04	2,72	Supercrítico	0,139		0,05	
PS1-17	8,68		1,00	4,33	8	200	1,37	44,48	0,50	0,20	0,658	0,344	0,764	0,251	0,90	2,75	70	0,38	0,05	1,28	Supercrítico		-0,07		
		12,76	1,00	5,01	8	200	1,37	44,48	0,50	0,29	0,732	0,418	0,885	0,314	1,00	3,34	85	0,44	0,06	1,28	Supercrítico	0,051		0,05	
PS1-5	8,68																								
		12,76																							

Colector N° 17																								
PS1-17	9,21		5,50	3,22	8	200	3,22	104,32	2,75	0,09	0,523	0,228	0,542	0,161	1,68	1,82	46	1,49	0,03	2,99	Supercrítico		0,27	
		13,54	5,50	3,72	8	200	3,22	104,32	2,75	0,13	0,579	0,276	0,637	0,197	1,86	2,21	56	1,75	0,04	3,00	Supercrítico	0,177		0,33
PS2-17	9,49		1,00	4,48	8	200	1,37	44,48	0,50	0,21	0,665	0,353	0,779	0,258	0,91	2,82	72	0,39	0,05	1,28	Supercrítico		-0,12	
		13,94	1,00	5,18	8	200	1,37	44,48	0,50	0,31	0,747	0,433	0,908	0,328	1,02	3,46	88	0,45	0,07	1,28	Supercrítico	0,054		0,05
PS3-17	9,49																							

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

4.6.4. Análisis de parámetros hidráulicos por ramal

Para los cálculos hidráulicos se determinaron los caudales mínimos en cada tramo, así como los caudales máximos y máximos acumulados para los colectores que reciben dotaciones aguas arriba.

También se definieron las pendientes finales de diseño según la topografía para cada tramo.

Basados en los datos mencionados, se proponen los diámetros nominales para la tubería sanitaria en cada ramal, que como se puede ver en la columna de diámetros propuestos, son bastante bajos. Este hecho se da debido a la poca demanda por caudal que presenta el proyecto, dando como resultado en el Colector final #17, un diámetro máximo de tubería según diseño de 150 mm (6”).

Sin embargo, cumpliendo con los parámetros específicos de la ESPH S.A., se coloca un diámetro nominal de tubería mínimo de 200 mm (8”), lo que nos da como resultado una red sanitaria considerablemente holgada, procurando una vida útil extensa y capacidad suficiente para asumir sin problema cualquier eventualidad de incremento en la población de diseño.

Seguidamente se analizan tres factores críticos de diseño para finiquitar la validación del diámetro y pendiente establecidos:

- La velocidad máxima a tubo lleno no debe ser mayor a 5 m/s, parámetro que en el diseño siempre se mantiene por debajo del límite. Únicamente presenta valores altos en ramales donde influye mucho la pendiente de diseño debido al terreno, sin embargo, todos cumplen.
- La relación del Tirante Hidráulico no debía alcanzar el 75% del diámetro nominal definido, lo cual se puede corroborar en la columna de Profundidad Hidráulica que mantiene este dato en la mayoría de ramales hasta los 10 mm, llegando a alcanzar en la tubería de mayor caudal una altura de 70 mm; siempre menor a 150 mm.

- Finalmente se revisa la fuerza tractiva mínima, que permanece en todos los casos siempre por encima del mínimo establecido (0.10 kg/m^2).

Con estos parámetros hidráulicos definidos, se procede a revisar el régimen de estabilidad del flujo en la red sanitaria, el cual depende del número de Froude.

Tomando en cuenta el parámetro establecido:

Número de Froude menor que 0.9:	<u>Régimen Sub crítico</u>
Número de Froude mayor que 1.1:	<u>Régimen Súper crítico</u>
Número de Froude entre estos dos parámetros:	<u>Régimen Crítico (inestable)</u>

Se obtiene como resultado en la totalidad de los ramales una condición de régimen súper crítico, lo cual nos indica que depende más de la pendiente que del diámetro nominal de la tubería, lo que corresponde completamente con la topografía del terreno en sitio. Este dato confirma un flujo estable en toda la red sanitaria.

Por último, se calculan las caídas en los pozos. Para este dato se cuenta con una tabla de valores típicos según la disposición de llegada de los tubos al pozo sanitario, sin embargo, se opta por utilizar las medidas alcanzadas mediante el diseño.

Estos datos se pueden corroborar en la columna de Caídas en el Pozo, se utiliza una caída mínima de 0.05 m.

Tabla 16. Información para dibujo de perfiles, Colector N°1 al N°4.

Información para dibujar los Perfiles											
Longitud acumulada	Estacionamiento	Recubrimiento mínimo de la corona del tubo a la rasante		Diámetro interno de los Pozos (mínimo 1,20m)		Longitud de la proyección horizontal del tubo	Desnivel del tubo	Elevación del Fondo del Tubo		Altura de los Pozos	
		De Pozo	A Pozo	De Pozo	A Pozo			De Pozo	A Pozo	De Pozo	A Pozo
m		m	m	m	m	LPH	h	De Pozo	A Pozo	De Pozo	A Pozo
						m	m	EFST	EFET	H (m)	H (m)
Colector N° 1											
0.00	0+005,00	1.70	1.69	1.20	1.20	36.59	1.10	1081.48	1080.39	1.90	1.95
37.79	0+042,80	1.75	2.33	1.20	1.20	11.96	1.20	1080.33	1079.13	1.95	2.58
50.95	0+055,96	2.38	2.15	1.20	1.40	27.89	2.79	1079.08	1076.29	2.58	2.40
80.14	0+085,12	2.20	1.71	1.40	1.20	40.65	2.85	1076.24	1073.40	2.40	1.96
122.09	0+127,07										
Colector N° 2											
0.00	0+010,73	1.40	1.71	1.20	1.40	50.96	2.55	1079.27	1076.73	1.60	2.00
52.26	0+062,99										
Colector N° 3											
0.00	0+000,00	1.50	1.64	1.20	1.20	36.46	2.37	1094.42	1092.05	1.70	1.91
37.66	0+037,70	1.71	1.39	1.20	1.20	21.14	2.57	1091.98	1089.41	1.91	1.66
60.00	0+060,00	1.46	1.66	1.20	1.40	58.70	7.04	1089.34	1082.30	1.66	1.91
120.00	0+120,00										
Colector N° 4											
0.00	0+007,98	1.50	1.51	1.20	1.20	36.28	4.35	1088.64	1084.29	1.70	1.84
37.48	0+045,50										

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 17. Información para dibujo de perfiles, Colector N°5 al N°8.

Colector N° 5											
0.00	0+032,20	1.50	1.48	1.20	1.20	31.01	2.79	1097.44	1094.65	1.70	1.78
32.21	0+040,00	1.58	1.34	1.20	1.60	6.39	0.58	1094.55	1093.97	1.78	1.59
40.00	0+095,60	2.40	1.35	1.60	1.60	53.97	6.75	1092.91	1086.16	2.60	1.60
95.57	0+045,50										

Colector N° 6											
0.00	0+000,00	1.60	1.30	1.20	1.40	38.70	4.45	1099.30	1094.85	1.80	1.63
40.00	0+040,00	1.80	1.79	1.40	1.60	27.83	0.83	1094.35	1093.52	2.00	2.04
69.33	0+069,30										

Colector N° 7											
0.00	0+000,00	1.55	1.34	1.20	1.40	28.29	3.68	1100.29	1096.61	1.75	1.68
29.59	0+029,59	2.50	2.13	1.40	1.20	35.97	1.44	1095.45	1094.01	2.70	2.38
66.86	0+066,86										

Colector N° 8											
0.00	0+030,41	2.18	1.39	1.20	1.60	62.72	7.84	1093.96	1086.12	2.38	1.73
64.12	0+094,53	2.00	1.57	1.60	1.20	19.63	1.28	1085.51	1084.23	2.20	1.82
85.15	0+115,56	1.64	2.03	1.20	1.40	34.34	2.23	1084.16	1081.93	1.84	2.28
120.79	0+151,19	2.08	1.69	1.40	1.40	88.71	5.77	1081.88	1076.11	2.28	1.94
210.90	0+241,31										

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 18. Información para dibujo de perfiles, Colector N°9 al N°12a.

Colector N° 9											
0.00	0-006,00	1.40	1.39	1.20	1.40	64.70	0.65	1083.38	1082.73	1.60	1.63
66.00	0+060,00	3.30	1.83	1.40	1.20	26.52	2.95	1080.82	1077.87	3.50	2.15
93.82	0+087,82										

Colector N° 10											
0.00	0+002,91	1.30	1.75	1.20	1.40	65.80	0.66	1085.95	1085.29	1.50	1.99
67.10	0+070,00	3.20	2.10	1.40	1.20	35.79	3.94	1083.84	1079.90	3.40	2.42
104.19	0+107,10										

Colector N° 11											
0.00	0-009,72	1.40	2.12	1.20	1.40	89.67	2.69	1090.72	1088.03	1.60	2.38
90.97	0+090,00	3.20	2.05	1.40	1.20	15.65	2.03	1086.95	1084.92	3.40	2.39
107.92	0+106,95										

Colector N° 12											
0.00	0-001,10	1.40	1.78	1.20	1.20	106.79	4.81	1095.18	1090.37	1.60	2.07
107.99	0+106,89										

Colector N° 12a											
0.00	0-004,36	1.30	2.01	1.20	1.20	110.42	2.21	1095.27	1093.06	1.50	2.26
111.62	0+107,26										

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 19. Información para dibujo de perfiles, Colector N°13 al N°15.

Colector N° 13											
0.00	0+007,11	1.70	1.56	1.20	1.20	20.61	2.37	1100.33	1097.96	1.90	1.89
21.81	0+028,92	1.69	1.45	1.20	1.20	19.79	0.20	1097.83	1097.63	1.89	1.70
42.80	0+049,92	1.50	2.10	1.20	1.20	110.55	1.11	1097.58	1096.47	1.70	2.35
154.55	0+161,67										

Colector N° 14											
0.00	0+000,00	1.98	1.63	1.20	1.20	18.20	0.33	1101.77	1101.44	2.18	1.88
19.40	0+019,40	1.68	1.48	1.20	1.20	25.68	0.47	1101.39	1100.92	1.88	1.73
46.28	0+046,28	1.53	1.92	1.20	1.20	67.58	1.24	1100.87	1099.63	1.73	2.17
115.06	0+115,06										

Colector N° 14a											
0.00	0+000,00	1.50	1.92	1.20	1.20	65.27	1.96	1103.79	1101.83	1.70	2.18
66.47	0+066,47										

Colector N° 15											
0.00	0+000,00	1.50	1.44	1.20	1.20	41.02	1.64	1102.60	1100.96	1.70	1.72
42.22	0+042,22										

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

Tabla 20. Información para dibujo de perfiles, Colector N°16 al N°17.

Colector N° 16											
0.00	0+009,46	1.50	1.96	1.20	1.20	71.45	3.19	1103.79	1100.60	1.70	2.24
72.65	0+063,19	2.04	1.92	1.20	1.20	20.02	0.89	1100.52	1099.63	2.24	2.17
93.87	0+093,87	1.97	2.10	1.20	1.20	41.99	3.11	1099.58	1096.47	2.17	2.35
137.06	0+127,60	2.15	2.01	1.20	1.20	37.56	3.36	1096.42	1093.06	2.35	2.26
175.82	0+166,34	2.06	1.82	1.20	1.20	27.29	2.68	1093.01	1090.33	2.26	2.07
204.31	0+194,83	1.87	2.10	1.20	1.20	34.95	5.41	1090.28	1084.87	2.07	2.39
240.46	0+230,98	2.19	2.17	1.20	1.20	35.32	4.95	1084.78	1079.83	2.39	2.42
276.98	0+267,49	2.22	1.90	1.20	1.20	35.59	1.98	1079.78	1077.80	2.42	2.15
313.77	0+304,28	1.95	2.05	1.20	1.40	44.36	2.00	1077.75	1075.75	2.15	2.30
359.43	0+349,94	2.10	2.11	1.40	1.20	52.72	2.37	1075.70	1073.33	2.30	2.36
413.45	0+411,10	1.76	2.15	1.20	1.20	5.95	0.06	1073.35	1073.29	1.96	2.40

Colector N° 17											
0.00	0+008,00	2.16	2.46	1.20	1.20	118.80	6.53	1073.28	1066.75	2.36	2.99
120.00	0+128,00	2.80	3.00	1.20	1.20	118.80	1.19	1066.41	1065.22	3.00	3.25
240.00	0+248,00										

Fuente: Hoja de cálculo Calixto Pacheco, con datos del autor.

4.6.5. Análisis de información para perfiles sanitarios

Uno de los pasos más importantes es plasmar la información del diseño hidráulico realizado en los planos constructivos, pues de esta depende una correcta ejecución en la obra, que emule a cabalidad los parámetros hidráulicos calculados en la sección anterior

De esta manera se dispuso una cuadrícula de estaciones en cada perfil de la red sanitaria, con el fin de ubicar correctamente los pozos sanitarios y demarcar las longitudes de la tubería.

Seguidamente se definieron los fondos de cada pozo y el diámetro interno de los mismos. En este caso se obtuvieron los siguientes resultados:

- Pozos que presentan una caída de nivel en la tubería:

PS 4-1, PS 4-8, PS 2-6, PS 2-7, PS 10-16, PS 2-9, PS 2-10 y PS 2-11

Para un total de 8 pozos con diámetro interno mínimo de 1,40 m.

- Pozos que presentan dos caídas de nivel en la tubería:

PS 3-5 y PS 2-8

Para un total de 2 pozos con diámetro interno mínimo de 1,60 m.

- El resto de los pozos sanitarios se clasifican como sencillos según diseño, para un total de 38 pozos con diámetro interno mínimo de 1,20 m.

Finalmente, gracias a la profundidad propuesta de los pozos y los datos de las caídas en los mismos, se obtienen las elevaciones de fondo de las tuberías de llegada y salida en cada caso. Este dato se considera primordial como información constructiva.

Tomando en cuenta todos los datos del diseño y la particularidad de que en ciertos tramos el nivel de terreno es muy irregular, se propuso la siguiente información para los perfiles de los colectores sanitarios con el fin de optimizar y facilitar su proceso constructivo:

- Vista en planta del ramal proyectado, con el nombre de calle o alameda respectivo y el estacionamiento horizontal cada 20 m.
- Cota de ubicación de la tubería con respecto al ancho de vía.
- Línea de tubería con dirección de flujo, ángulos de inflexión y enumeración de pozos sanitarios.
- Línea de rasante del terreno, proyección de profundidad de tubería mínima (1,30 m) y profundidad máxima (3,85 m).
- Proyección a escala de los pozos, la red sanitaria longitudinal, caídas de nivel en la tubería y la llegada de conexiones transversales de otros ramales con su respectivo nivel de fondo de tubería.
- Estacionamientos:
Escala horizontal = 1:750 y escala vertical = 1:50.
- Longitud entre pozos.
- Diámetro y clase de tubería.
- Pendiente.
- Profundidad de excavación en todos los estacionamientos.
- Niveles de fondo de la tubería (tanto aguas arriba como aguas abajo del pozo sanitario) para todos los estacionamientos.
- Nivel de rasante del terreno en cada estación.

La información arriba mencionada se monta como diseño en planta, perfil longitudinal y tabla de datos para cada colector, obteniendo un total de 17 colectores.

En la imagen siguiente se muestra el producto final para un colector sanitario según los planos constructivos:

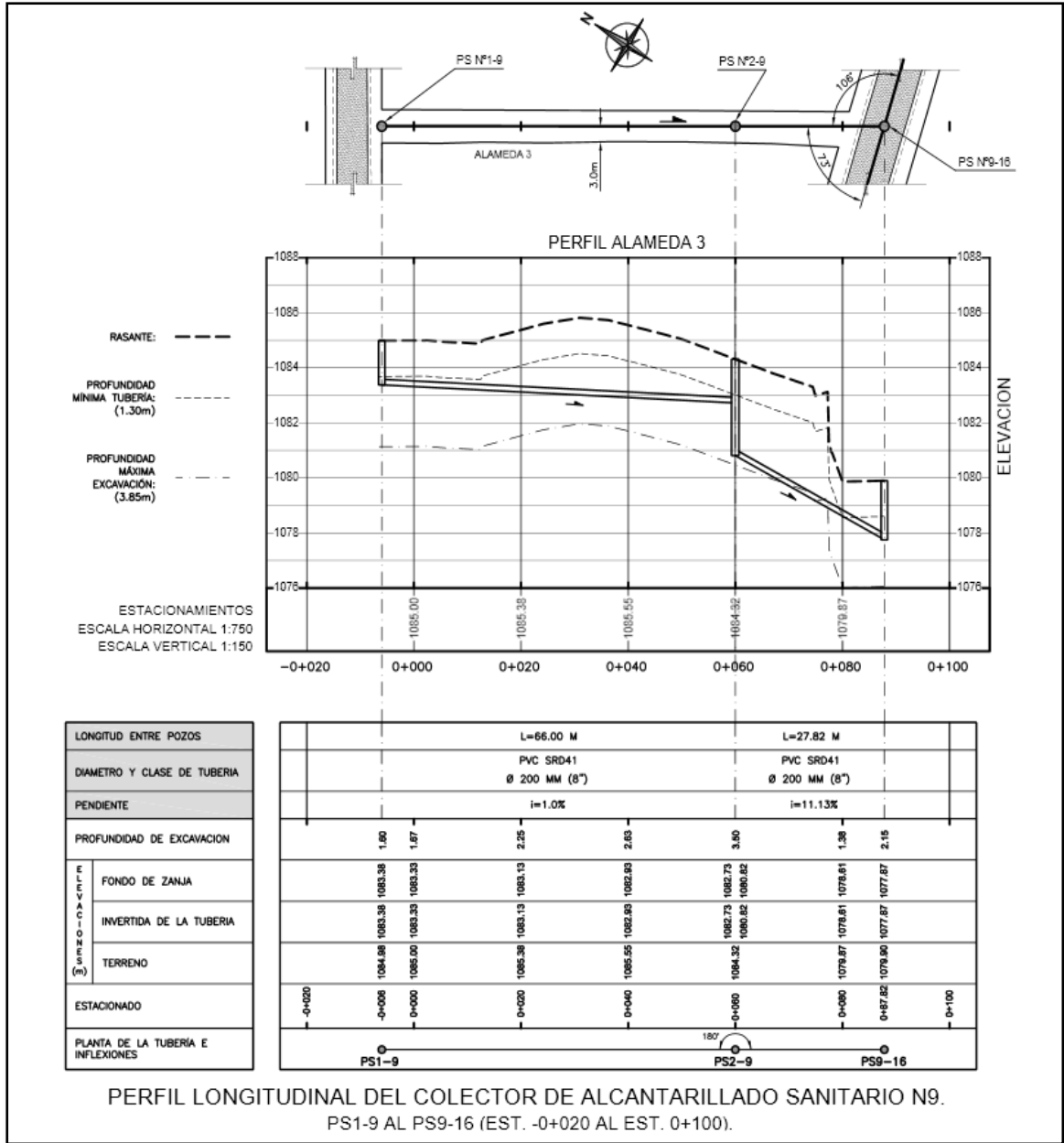


Figura N° 17. Perfil Longitudinal Colector N°9.
Fuente: El Autor.

CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1. Conclusiones

- Se obtiene una red sanitaria conformada por 48 pozos de registro y un total de 17 ramales colectores.
- La tubería de la red es de tipo PVC SDR 41 y posee en su totalidad un diámetro nominal de 200 mm (8") con pendientes variables según el ramal. Ver planos constructivos.
- Se logra diseñar una red sanitaria para el Proyecto Nísperos N°3 consecuente con los parámetros de diseño hidráulico según la normativa nacional vigente.
- Dicha red presenta como ventaja según diseño, la característica de estar holgada en su capacidad receptora, por lo que permite un aumento de conexiones sanitarias si fuera necesario.
- Se obtiene una memoria de cálculo detallada del sistema.
- Se conformaron los planos constructivos con la información en planta y elevación (perfiles) necesaria para llevar a cabo una fácil interpretación y ejecución de obra, fiel a la memoria de cálculo.

5.2. Recomendaciones

- Con respecto al tema de los obstáculos en centros de alameda, específicamente postes livianos del tendido eléctrico, se recomienda reubicarlos mientras se lleva a cabo la construcción de la red sanitaria, para colocar la tubería por centros de calle según diseño propuesto, con el fin de mantener la distancia mínima con respecto a la red de agua potable y evitar cualquier tipo de contaminación.
- Con respecto a los diseños de las redes sanitarias aledañas al proyecto Nísperos N°3, se recomienda por un tema de continuidad de la red, revisar

las ubicaciones y nivel de fondo de los pozos perimetrales que compartan entre sí, con el fin de optimizar la red general uniendo correctamente los colectores que deriven en una misma planta de tratamiento, en este caso La Planta Los Lagos.

- Con respecto a la afectación en la Calle #1 por la quebrada Granada, se recomienda especial atención por parte del profesional encargado de inspección, para que a la hora de construir la red sanitaria se identifique la profundidad de la tubería de la quebrada y el punto exacto en que atraviesa la calle, con el fin de revisar con antelación si existe choque con el nivel de la tubería sanitaria en ese punto ya sea para proponer una nueva pendiente para el colector sanitario o profundizar los pozos según se decida en campo, o simplemente si no afecta evitar cualquier daño con la maquinaria de excavación.
- Con respecto a las profundidades de la tubería en ciertos puntos de la red, ya que, no se cuenta con estudio de suelos que indique el nivel freático en la zona, se recomienda durante la construcción tomar en cuenta soluciones como bombas de achique para desaguar las zanjas en caso de verse afectadas por esta condición.
- Con respecto a las profundidades de excavación de las zanjas, principalmente en las alamedas y el colector final, se recomienda tomar en cuenta las precauciones del caso en cuanto a seguridad, según indica la normativa en el Código de Construcciones de Costa Rica y el Ministerio de Salud.

BIBLIOGRAFÍA

Acan. E. (9 de febrero de 2014). Costa Rica cayó en índice de desarrollo ambiental por falta de tratamiento de aguas residuales. Periódico La Nación, recuperado de:

http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Costa-Rica-desarrollo-tratamiento-residuales_0_1395660542.html

Arias, A. (2010). Décimo sexto informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Informe Final Situación de Potabilización y Saneamiento en Costa Rica. Recuperado de:

http://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/016/ana_arias.pdf

Astorga y. (2015). A y A construye la planta de tratamiento de aguas residuales más grande de Centroamérica. Recuperado de:

<http://gobierno.cr/a-y-a-construye-la-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-mas-grande-de-centroamerica/>

A y A. (2002). Análisis Sectorial de Agua Potable y Saneamiento en Costa Rica. Recuperado de:

<https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/An%C3%A1lisis%20sectorial%20agua%20potable%20y%20saneamiento%20de%20Costa%20Rica%20Informe%20final%202002.pdf>

A y A (2007). Reglamentación Técnica para Diseño y Construcción de Urbanizaciones, Condominios y Fraccionamientos. Diario Oficial La Gaceta N°55.

Comisión Nacional del Agua. (2009). Manual de agua potable, Alcantarillado y Saneamiento: Alcantarillado Sanitario. Recuperado de:

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf>

Contraloría General de la República, Memoria Anual 2009. La Contraloría, San José, 2010. Recuperado de:

https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docsweb/rev_dig/mem_anual/2009/files/assets/basic-html/page1.html

Cualla, R. (2004). Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Bogotá; Escuela Colombiana de Ingeniería.

ESPH S.A. (2017) Proyecto de Saneamiento Ambiental de Heredia. Consultado en febrero 2017. Recuperado de:

<http://www.esph-sa.com/>

Gutiérrez, T. (7 de diciembre, 2015). Gobierno da prioridad a proyecto ambiental de Hereda. Periódico crhoy, recuperado de:

<http://www.crhoy.com/archivo/gobierno-da-prioridad-a-proyecto-ambiental-de-heredia/nacionales/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2000). Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples. San José, C.R. Recuperado de:

<http://www.inec.go.cr/encuestas/encuesta-de-hogares-de-propositos-multiples>

Jiménez R, O. (Coord.). (2da Ed). (2011). Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones. San José, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Jiménez, T. J. Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Recuperado de:

<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2da Ed). (2012). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Título D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. Colombia: Universidad de los Andes, Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados.

Mora, A. Mata, A. Portuguese, C. (2012), Agua para Consumo y Saneamiento. Situación de Costa Rica en el Contexto de las Américas, 1960-2011. Recuperado de:

http://www.paho.org/cor/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=salud-y-ambiente&alias=219-agua-para-consumo-y-saneamiento-situacion-de-costa-rica-en-el-contexto-de-las-americas-1960-2011&Itemid=222

Morales, A. Mora, D. Vargas, L. (2011). Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones. Segunda Edición, San José Costa Rica; Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Programa Estado de la Nación. Decimonoveno Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, 2013. Recuperado de:
<http://www.estadonacion.or.cr/>

Programa Estado de la Nación. Vigésimo Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, 2014. Recuperado de:
<http://www.estadonacion.or.cr/>

Ross, A. (12 de Julio, 2012). Alcantarillado sanitario para Heredia en etapa de diseño. Periódico La Nación, recuperado de:
http://www.nacion.com/nacional/comunidades/Alcantarillado-sanitario-Heredia-etapa-diseno_0_1280272126.html

Ureña, F. (2011). Propuesta de Plan de Intervención para la Comunidad de Guararí. Dirección de Vivienda y Asentamientos Humanos. Recuperado de:
https://www.mivah.go.cr/Documentos/investigaciones_diagnosticos/diagnosticos_planes_intervencion/2011/GUARARI_HEREDIA/MODELO_PLAN_INTERVENCION_GUARARI.pdf

Wikipedia. (2017). Provincia de Heredia. Recuperado de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Heredia

ANEXOS

7.1. Levantamiento topográfico Proyecto Nísperos N°3.

Se adjuntan los planos del levantamiento topográfico del Proyecto Nísperos N°3, realizados en octubre de 2016 por el topógrafo Ricardo Barrantes Arguedas, TA-8500.

Los mismos se encuentran en formato DWG, presentes en este disco.

7.2. Tabla de diseño Proyecto Nísperos N°3.

Se adjunta la hoja de cálculo electrónica utilizada para realizar los cálculos hidráulicos e interconexiones entre ramales del proyecto mencionado.

La misma se encuentra en formato de EXCEL, presente en este disco.

7.3. Planos Constructivos Red de Alcantarillado Sanitario.

Se adjuntan los planos constructivos de la red sanitaria propuesta para el Proyecto Nísperos N°3, con sus respectivas plantas de distribución, perfiles longitudinales y detalles típicos.

Los mismos se encuentran en formato DWG, presentes en este disco.

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Heredia, 19 de mayo, de 2017

Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título Diseño de la red de alcantarillado sanitario Proyecto Nisperos N°3, en la comunidad de La Milpa de Heredia para la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, por parte del estudiante: Juan Diego Álvarez Hernández, como requisito para que el citado estudiante puedan optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Rolando Coto Alvarado. MGIC

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Heredia, 19 de mayo, de 2017

Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título Diseño de la red de alcantarillado sanitario Proyecto Nisperos N°3, en la comunidad de La Milpa de Heredia para la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, por parte del estudiante: Juan Diego Álvarez Hernández, como requisito para que el citado estudiante puedan optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,


Ing. Leonardo Moya González



M. L. Vilma Isabel Sánchez Castro
Bachiller y Licenciada en Filología Española. U. C. R.
Inscripción tributaria #4631004631477

A QUIEN INTERESE

Yo, Vilma Isabel Sánchez Castro, Máster en Literatura Latinoamericana, Bachiller y Licenciada en Filología Española, de la Universidad de Costa Rica; con cédula de identidad 6-054-080; inscrita en el Colegio de Licenciados y Profesores, con el carné N° 003671, hago constar que he revisado el trabajo de investigación, revisado y aprobado por el tutor (a). Y he corregido en él los errores encontrados en ortografía, redacción, gramática y sintaxis. El cual se intitula

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PROYECTO
NÍSPEROS N°3, EN LA COMUNIDAD DE LA MILPA DE HEREDIA PARA LA
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA S.A.**

JUAN DIEGO ÁLVAREZ HERNÁNDEZ

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA**

Se extiende la presente certificación a solicitud del interesado, en la ciudad de San José a los veintisiete días del mes de mayo de dos mil diecisiete. La filóloga no se hace responsable de los cambios que se le introduzcan al trabajo posterior a su revisión.

Vilma J. Sánchez

Teléfonos 2227-8513 fax 2286-3954. Cel 8994-76-93
www.compuartecr.com- vsanchez@compuartecr.com -vilma_sanchez@hotmail.com



“Carta Autorización del autor(es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Álvarez Hernández, Juan Diego

De la Carrera / Programa: Licenciatura en Ingeniería Civil

autor (es) del (de la) *(Indique tipo de trabajo):* Proyecto Final de Graduación
titulado:

Diseño de la red de alcantarillado sanitario proyecto Nisperos N.3, en la comunidad de La Milpa de Heredia, para la Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página web institucional, así como medios electrónicos en general, internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos dentro o fuera de la Red Laureate, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de esta.

La presente autorización se extiende el día *(Día, fecha)* 27 del mes mayo del año 2017 a las 2:00pm. Asimismo declaro bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: que soy el autor(a) del presente trabajo final de graduación, que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a) y de la veracidad de los datos incluidos en el documento. Eximo a la Universidad Latina; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo, de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores *Según orden de mención al inicio de ésta carta:*