

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**



Monografía

**DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO TIPO CONDOMINIAL DE TRES
BARRIOS DEL DISTRITO SEIS DE MANAGUA**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Jeimy Dayana Palacios Medina.
Br. Jonathan Alexander Gutiérrez Delgadillo.

Tutor

Ing. María Elena Baldizón Aguilar

Managua, Enero de 2020

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por darnos la oportunidad de lograr culminar nuestros estudios universitarios, siendo esta la etapa más importante de nuestra educación y crecimiento profesional.

A nuestros padres por su apoyo y motivación incondicional, a lo largo de estos años, ya que ellos son los pilares en nuestra formación.

A nuestra tutora Ingeniera María Elena Baldizón A., por su valioso tiempo, por asesorarnos en todo el proceso de elaboración del estudio monográfico. Al Ing. Heliodoro Reyes (Programación de proyectos de inversión social Programa BID 2471/BL-NI), por brindarnos la oportunidad de desarrollar el proyecto, por su gestión y coordinación en la realización de estudios básicos para la elaboración del proyecto.

A los Ing. Moisés Tercero y Craudy Norori (Departamento de operaciones y Alcantarillado de ENACAL) por sus orientaciones técnicas, revisiones del proyecto y por brindarnos sus conocimientos desde el inicio del proyecto.

A Lic. Josefa Amador (Analista contable, departamento comercial ENACAL) por facilitarnos los datos estadísticos de consumo. En general agradecemos a todos los pobladores que abrieron las puertas de sus casas por su aporte en la elaboración de censos, reuniones y organización comunitaria. Finalmente a todas las personas que de manera directa o indirecta aportaron en la elaboración de este estudio monográfico.

DEDICATORIA

Dedico este estudio monográfico a Dios, por otorgarme día a día, la fortaleza para llevar a buen término mis metas. A mis padres por ser parte de mi vida, por su entrega, esfuerzos, paciencia y dedicación. Por formar a una persona emprendedora, que lucho por culminar sus estudios universitarios, hoy y siempre mis logros serán los de ellos.

A mi abuelita por ser mi primera maestra, por enseñarme el hábito de estudio, esa viejita pelo blanco la que me obligaba a leer el periódico, a recitar poemas con voz alta, la que sonrío y recuerda con amor mis presentaciones en el teatro, ella es más que la abuelita es mi segunda madre.

A mis tías Gloria y Martha Medina por ser solidarias y por brindarme su apoyo cuando más lo necesite. A mi hermanito, espero que mis esfuerzos por ser profesional, sea un ejemplo en su formación. A mi esposo por su motivación por no cansarse en impulsarme a culminar mis estudios.

Jeimy Dayana Palacios Medina.

Dedico primeramente mi trabajo al creador de todas las cosas, quien me ha dado la fortaleza para seguir adelante y poder haber culminado mi formación académica y darme fuerzas cuando más lo he necesitado.

A mis padres, que han sido mi apoyo y mi fortaleza mismos que me han alentado a seguir adelante, a prepararme para poder ser un buen profesional, por sus consejos y su ejemplo a ser una persona con integridad y moral, no solo para ser un buen profesional sino también una mejor persona, por esto dedico mis triunfos a ellos, que han estado en cada etapa de mi vida, en mis triunfos y fracasos.

A mi hermana, quien con su apoyo durante todos estos años de estudios me hizo posible culminar mi carrera, al brindarme la calidez de su hogar, y por todas las atenciones que ella ha tenido conmigo, siendo para mí una segunda madre.

A mi familia en general por depositar su confianza en mí, por alentarme a seguir adelante y por quienes he luchado todos estos años.

A mi esposa, Karen Briones Castillo, por ser mi inspiración y alentarme a seguir adelante y culminar con mi monografía, por sus palabras de aliento y su paciencia durante todos estos años, a ella quien es la luz que ilumina mi vida y comparte mis anhelos, me ha levantado cuando he caído, por quien deseo luchar y esforzarme por ser mejor cada día

Jonathan Alexander Gutiérrez Delgadillo.

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente documento monográfico se aborda el diseño del sistema de alcantarillado sanitario tipo condominial para los barrios: ***“Villa Reconciliación Sur, 14 de febrero y anexo Villa Reconciliación”***, en el cual se especifica los estudios necesarios previos a la elaboración del diseño como: la caracterización de la población por medio de un estudio socio-económico, elaborado con encuestas casa a casa para la estimación del crecimiento de la población, levantamiento topográfico (altimétrico, planimétrico, ejes de calles y demarcación de lotes). El área de construcción de la obra es de 60.26 ha, con el que se pretende darle cobertura al 100% de la población, proyectada en 13,218 hab, para un periodo de diseño de 20 años y un total de conexiones de 1826 viviendas. El caudal de diseño es de 62.07 lps, incluyendo: 5 colegios, 2 moteles y los barrios ***“Pedro Betancourt, 19 de febrero y Villa Feliz”***.

El diseño geométrico de las redes condominiales se usó un sistema mixto, con ramales por fondo de lotes y por aceras con coberturas mínimas de 0.4 m y 0.5 m respectivamente, según la conveniencia topografía aprovechando así las pendientes naturales del terreno facilitando la descarga de los ramales a las redes principales, siendo necesarios 23,320 m de tubería PVC SDR-41, con un diámetro de 100 mm (4”). El diseño de la red pública tiene una extensión de 5,878 m de tubería PVC SDR-41 con diámetros que varían desde 150 mm (6”) hasta 375 mm (15”), es del tipo convencional y en ella descargan los caudales provenientes de 94 condominios, es por esto que el trazado geométrico se realiza de acuerdo a cada punto de descarga de los condominios.

El costo total del proyecto es de C\$ 55,691,035.00 equivalentes a U\$ **1,645,230.00**, con un costo per cápita de conexión de C\$ 30,532.70 córdobas equivalentes a **U\$ 902.00 dólares americanos**.

INDICE

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivo específico.....	5
2. CAPÍTULO II: DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	6
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	6
2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y NATURALES.....	9
2.2.1 Características climáticas	9
2.2.2 Topografía	9
2.2.3 Geología	10
2.2.4 Suelo.....	11
2.2.5 Recursos hídricos	14
2.2.6 Problemática ambiental	18
3. CAPÍTULO III: MARCO TEORICO	19
3.1 DISEÑO GEOMETRICO DE ALCANTARILLADO CONDOMINIAL.....	19
3.1.1 Ramales condominiales.....	19
3.1.2 Red pública.....	21
3.2 PÁRAMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO	22
3.2.1 Período de diseño.....	22
3.2.2 Población de diseño.....	23
3.2.3 Cantidad de aguas residuales	25
3.3 REDES DE ALCANTARILLADO.....	31
3.3.1 Fórmula de Manning.....	31

3.3.2	Velocidad mínima y máxima	36
3.3.3	Criterio de la tensión tractiva	37
3.3.4	Pendientes de alcantarillas	37
3.3.5	Diámetro mínimo de alcantarillas.....	38
3.3.6	Pérdida de carga adicional	38
3.4	DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL DISEÑO	39
3.4.1	Profundidad mínima.....	39
3.4.2	Profundidad máxima	40
3.4.3	Ubicación de alcantarillas	40
3.4.4	Dimensiones del ancho de zanja	40
3.5	DISPOSITIVOS DE INSPECCIÓN	40
3.5.1	Cámaras de inspección	41
3.5.2	Pozos de visita sanitarios (P.V.S).....	42
3.5.3	Diámetros y profundidades de los dispositivos de inspección de la red condominial	43
4.	CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO	44
4.1	ETAPA 1: CONCEPTUALIZACION	44
4.1.1	Caracterización del área de proyecto	44
4.1.2	Estudios topográficos.....	44
4.1.3	Estudio de población.....	45
4.1.4	Análisis de dotación de agua potable	47
4.1.5	Aforos en colectora X.....	47
4.2	ETAPA 2: DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO....	48
4.2.1	Trazado geométrico de las redes.....	48
4.2.2	Análisis hidráulico	49
4.2.3	Elaboración del presupuesto	52

5.	CAPITULO V: CALCULOS Y RESULTADOS.....	53
5.1	ESTUDIO SOCIOECONOMICO	53
5.1.1	Distribución de población.....	53
5.1.2	Situación de la vivienda	56
5.1.3	Servicios comunitarios	58
5.1.4	Servicios básicos	60
5.1.5	Servicio de agua potable	62
5.2	DESARROLLO	66
5.2.1	Estudio de población.....	66
5.2.2	Estimación de caudales de diseño.....	68
5.2.3	Análisis hidráulico de la red	73
5.3	ALCANCE GENERAL DE OBRAS PROPUESTAS	90
6.	CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
6.1	CONCLUSIONES	92
6.2	RECOMENDACIONES	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1:	Distribución del municipio de Managua por distritos	6
Figura 2.2:	Mapa de límites del distrito VI	7
Figura 2.3:	Mapa de pendientes del relieve de Managua y sus alrededores.....	10
Figura 2.4:	Fotografía Histórica de la laguna de Tiscapa	11
Figura 2.5:	Mapa de los distritos V, VI y VII con el uso del suelo año 1999 y año 2011	14
Figura 2.6:	Mapa de micro cuencas Distrito VI	16
Figura 2.7:	Mapa de sub cuencas distrito VI	17
Figura 3.1:	Condominios A, B, C Y D	19
Figura 3.2:	Opciones de trazados de redes condominial.....	21
Figura 3.3:	Opciones de trazado de redes públicas	22
Figura 3.4:	Diagrama de elementos hidráulicos en sección circular.....	35

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 5.1: Porcentajes de habitantes por vivienda	54
Gráfico 5.2: Recolección de basura.....	60
Gráfico 5.3: Alumbrado público	61
Gráfico 5.4: Abastecimiento y conexión red ENACAL.....	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Proyecto piloto modelo alcantarillado sanitario tipo condominial.....	3
Tabla 2.1: Límites municipio de Managua	6
Tabla 2.2: Límites de distrito VI	7
Tabla 2.3: Límites municipales de Barrios en estudio	8
Tabla 2.4: Cuenca Hidrográfica de Río San Juan.....	15
Tabla 3.1: Período de diseño económico para la estructuras de los sistemas. ...	23
Tabla 3.2: Dotaciones de agua para la ciudad de Managua, según clasificación de barrios.....	25
Tabla 3.3: Dotación de agua para la ciudad de Managua, según consumo.	26
Tabla 3.4: Coeficiente de caudal máximo horario.....	29
Tabla 3.5: Dotación de agua potable institucional.	30
Tabla 3.6: Coeficiente Manning “n”	32
Tabla 3.7: Relaciones de caudal, velocidad y tirantes para tuberías parcialmente llenas.....	36
Tabla 3.8: Profundidad de recubrimiento – tubería de PVC	39
Tabla 3.9: Principales características de dispositivos de inspección	43
Tabla 5.1: Cantidad de habitantes por vivienda	53
Tabla 5.2: Rango habitantes por vivienda	54
Tabla 5.3: Distribución por género y rango de edades	55
Tabla 5.4: Uso que se le da a la propiedad	56
Tabla 5.5: Estatus Legal y tenencia de la vivienda.....	57
Tabla 5.6: Estado físico de las viviendas de la muestra	58
Tabla 5.7: Educación.....	59
Tabla 5.8: Servicio público de recolección de basura.....	60

Tabla 5.9: Alumbrado domiciliario	60
Tabla 5.10: Servicio de telefonía convencional.	61
Tabla 5.11: Acceso a vialidad pública	62
Tabla 5.12: Forma de abastecimiento de agua en las viviendas.	63
Tabla 5.13: Presión de servicio en las viviendas	64
Tabla 5.14: Continuidad del servicio	64
Tabla 5.15: Facturas pendientes de pago	65
Tabla 5.16: Facturas en reclamo	65
Tabla 5.17 Crecimiento de la población urbana del Departamento de Managua para el período de 1971-2005	66
Tabla 5.18 Tasa de crecimiento de la población departamento de Managua para el período de 1971-2005	66
Tabla 5.19 Proyección de Población (PERÍODO 2018-2038)	67
Tabla 5.20 Población de saturación	67
Tabla 5.21 Registro de dotaciones ENACAL.....	68
Tabla 5.22 Caudal Institucional	71
Tabla 5.23 Caudal público	72
Tabla 5.24 Caudal aporte Grupo 01	72
Tabla 5.25 Caudal de diseño.....	73
Tabla 5.26 Análisis hidráulico de red de alcantarillado condominial.....	86
Tabla 5.27 Análisis hidráulico de colectores y subcolectores	87
Tabla 5.28: Alcance general de obras propuestas.	90
Tabla 5.29 Costo total del proyecto	91



CAPITULO I GENERALIDADES

En el presente capítulo, se abordó a grandes rasgos la importancia del diseño de alcantarillado sanitario; así como, se planteará el uso de diseño de alcantarillado sanitario tipo condominial como alternativa a optar para futuros proyectos, enfocado en garantizar el 100 % de conexión de los usuarios al sistema, obteniendo ventajas en costos de inversión, operación y mantenimiento, mejorando así la problemática ambiental de la población localizada en áreas urbano marginales de las ciudades del país.

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En los países en vías de desarrollo, son diversas las causas de la deficiente cobertura de servicios básicos especialmente sistemas de alcantarillado sanitario, según datos de naciones unidas en 2017, el 68% de la población nacional ha accedido a soluciones de saneamiento.

Uno de los grandes retos que afronta la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) en su proyección social es sin lugar a dudas, desarrollar alternativas tecnológicas que permitan mejorar el acceso de la población de menores ingresos a servicios de agua y saneamiento sostenibles a largo plazo.

Ante la cruda realidad del país con más del 29.6% de la población viviendo en pobreza y el acelerado crecimiento poblacional por emigración del campo a la ciudad, con el agravante que las personas se ubican en asentamientos progresivos sin planificación urbanística, carentes de servicios básicos y en deplorables condiciones ambientales. Recientemente se han venido implementado los proyectos de sistema de alcantarillado condominial como una alternativa para disminuir el déficit de cobertura y dotar de infraestructura urbana a las ciudades de Nicaragua mejorando así las condiciones sanitarias y calidad de vida.

El presente documento tiene como finalidad efectuar el diseño de sistema de alcantarillado sanitario tipo condominial de tres barrios del distrito VI de la ciudad de Managua ***“Villa reconciliación sur, 14 de febrero y anexo villa reconciliación”***. Se abordan los aspectos específicos relacionados con el trazado geométrico de las redes de alcantarillado condominial, parámetros y criterios de diseño especificados en el capítulo III de esta monografía.

1.2 ANTECEDENTES

Los sistemas de alcantarillado sanitario se remontan a la antigüedad, su función original era el drenaje, es decir la recolección de agua de lluvia y las corrientes del

terreno para reducir el nivel freático. En la actualidad son estructuras hidráulicas usadas para la recolección y transporte de las aguas residuales y pluviales.

En Nicaragua las ciudades que poseen alcantarillado son las cabeceras departamentales y algunos municipios como: Managua, Boaco, Rivas, Estelí, Chinandega, Masaya, Granada, León entre otras. Managua fue la primera en contar con sistemas de alcantarillado, en el año 1926 se empiezan a construir las primeras colectoras en el sector de la antigua catedral extendiéndose por toda la ciudad, drenando directamente al lago Xolotlán. En el año 2002 la longitud de tuberías existentes era de 938 km, 800 km lo componen redes locales con diámetros de 8" y 138 km lo constituyen colectoras y subcolectoras (con diámetros de 6" a 36").

Se estima que solo el 60% de la población urbana de Managua utiliza el servicio de alcantarillado sanitario, el resto hace uso de diferentes medios de disposición de aguas servidas como: letrinas, fosas sépticas y soluciones individuales con altos riesgos para la salud. En el año 2010 se contaban con 175,000 conexiones a la red de alcantarillado sanitario, generando un efluente residual de 183,000 m³/día (2,118 lps)¹, descargándose directamente a la planta de tratamiento Augusto C. Sandino para su posterior saneamiento.

El sistema condominial se origina en Brasil en la década de los años 80, el modelo fue creado por el Ing. José Carlos Rodríguez de Melo como una alternativa de menor costo en comparación con el sistema convencional, dando respuesta a los desafíos planteados por la expansión de los servicios, gracias a su contribución cerca de tres millones de brasileños han sido beneficiados.

El sistema de alcantarillado condominial se implementó con éxito en Bolivia, Perú y Colombia desde el año 1994, a través del Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial. Debido al éxito del modelo en países latino americanos, se empezó a implementar este en Nicaragua, a través del banco mundial, ejecutando los primeros proyectos en el año 2012, creando el programa **proyecto de agua y**

¹ Informe de proyecto Planta de tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Managua. ENACAL biblioteca virtual.

saneamiento del área metropolitana de Managua (PRASMA). A si mismo se implementó con cooperación suiza y brasileña el **programa de agua y saneamiento en pequeñas ciudades y escuelas**, en las que fueron incluidos las ciudades: La Dalia Matagalpa y El Cuá Jinotega. Los resultados de los proyectos son los siguientes:

Tabla 1-1 Proyecto piloto modelo alcantarillado sanitario tipo condominial

Proyectos pilotos modelo alcantarillado sanitario tipo condominial					
Proyecto	Población inicial	Conexiones	Población de diseño	Caudal de diseño	Costo de Inversión
Barrio Lomas de Guadalupe, Managua	8,340	1,570	15,065	53.98 lps	\$ 912,951
Barrio Bello Amanecer, Managua	10,045	1,885	18,145	69.40 lps	\$ 1,022,592
Barrio Villa Reconciliación Norte, Managua	11,950	2,298	13,788	49.51 lps	\$ 1,157,000
El cuá, Jinotega	3,600	716	6,500	17.45 lps	\$ 2,224,000
La Dalia, Matagalpa	2,700	536	4,881	14.28 lps	\$ 1,500,000

Fuente: Folleto de alcantarillado condominial Nicaragua, Brasil y Suiza.² Reporte de PRASMA al banco mundial³

Los resultados del modelo condominial de los proyectos mencionados fueron satisfactorios para la población y para las instituciones involucradas en saneamiento, ya que este representa un bajo costo de construcción y operación, aproximadamente un 50% del sistema convencional.

Se adoptó la tecnología de alcantarillado sanitario condominial como solución sostenible para atender a la población urbana y rural del país, generando normativas nacionales que facilitará la implementación adecuada del sistema, siendo estas:

- Guía técnica para el diseño de alcantarillado condominial.
- Guía para movilización técnica y social en proyectos de alcantarillado sanitario condominial.
- Manual «Sistema de alcantarillado condominial, conceptos y metodologías».
- Cartilla para promover la participación de la ciudadanía en los proyectos: «Tubito presenta: el sistema de alcantarillado condominial».

² Folleto de alcantarillado condominial Nicaragua, Brasil y Suiza.

³ Reporte PRASMA al banco mundial.

En 2015 las naciones unidas adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza y proteger el planeta, como parte del desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse al año 2030. El ODS6 Agua limpia y saneamiento, plantea los siguientes desafíos:

1. Mejorar la calidad de agua, uso eficiente de los recursos hídricos, reduciendo la contaminación, minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos.
2. Acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados, poner fin al uso de letrinas y a la defecación al aire libre, lo que significa que la mayor parte de las aguas residuales son vertidas a fuentes hídricas sin ningún tratamiento provocando contaminación.
3. Ampliar la cooperación internacional a los países en desarrollo.
4. Fortalecer la participación de las comunidades en mejorar la gestión del agua y saneamiento.

En el caso particular de Nicaragua en el marco del ODS6 se han promovido los siguientes programas: plan nacional de los recursos hídricos, programa integral sectorial de agua y saneamiento humano, agenda nacional para el acceso permanente de agua potable, saneamiento e higiene.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El mayor déficit de cobertura de alcantarillado sanitario en Managua está localizado en áreas urbano-marginales, este problema en parte es consecuencia de las elevadas inversiones necesarias para la implementación de alcantarillado convencional es por ello que se propone adoptar el modelo de alcantarillado sanitario condominial el cual permite reducir costos de inversión, operación y mantenimiento de la red dando respuesta a la problemática de la población, mejorando las condiciones de salud y el nivel de vida de las familias.

Los Barrios Villa Reconciliación Sur, 14 de Febrero, Anexo Villa Reconciliación Sur no cuentan con sistema de alcantarillado sanitario, generando una serie de problemas de salud pública ya que la eliminación de excretas se efectúa por medio

de letrinas, las aguas grises son expulsadas a las calles, dando incidencias a enfermedades de origen hídrico, gastrointestinales, respiratorias, etc.

El diseño y ejecución del proyecto condominial en dichos barrios tiene como finalidad seguir implementando el sistema condominial en el país, proporcionando respuestas inmediatas a las necesidades de la población.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Diseño de redes de alcantarillado sanitario tipo condominial en los barrios: Villa Reconciliación sur, 14 de Febrero y Anexo Villa Reconciliación sur, ubicados en el distrito VI de la ciudad de Managua.

1.4.2 Objetivo específico

1. Ejecutar el levantamiento planimétrico y altimétrico de los barrios en estudio.
2. Efectuar estudio socioeconómico para determinar la población actual, índice poblacional y número de viviendas.
3. Determinar los caudales actuales y futuros para un período de diseño de 20 años.
4. Diseñar el trazado geométrico y análisis hidráulico de la red ajustándose a las condiciones físicas del proyecto aplicando las normativas técnicas nacionales e internacionales.
5. Determinar los costos unitarios y totales de las obras sanitarias a realizar.



CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

En el presente capítulo, se muestra la ubicación geográfica, condiciones físicas y naturales del proyecto, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Managua, departamento de Managua, Distrito VI.

La ciudad de Managua fue fundada en 1819 y es declarada capital de la república de Nicaragua el 5 de febrero de 1852, fue destruida por dos terremotos, en 1931 y 1972, acontecimientos que fueron nocivos para las edificaciones ubicadas en el centro de la ciudad, por lo que urbanistas optaron por construir nuevas calles y barrios en la periferia de la vieja ciudad. Actualmente el municipio de Managua posee una extensión territorial⁴ de 267 km², con una superficie de área urbana de 173.7 km², una población alrededor de 1 025 000 habitantes, lo que representa el 24% del total de la población nacional y el 37% de la población urbana del país.

⁴ Informe Técnico. Actualización del Mapa de Falla Geológicas de Managua. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).

2. CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de Managua, se ubica⁵ en el suroeste de Nicaragua específicamente en la cuenca sur del lago Xolotlán, en las coordenadas 12°9' N / 86°17' O, con una altitud entre los 43 y 700 msnm. La ciudad se extiende de norte a sur desde la costa del lago Xolotlán hasta las faldas de las sierras de Managua. Los límites municipales de la ciudad de Managua (tabla 2.1) son los siguientes.

Tabla 2-1: Límites municipio de Managua

Límites de Managua				
Municipio	Límites			
	Norte	Sur	Este	Oeste
Managua	Lago Xolotlán	Municipio el Crucero	Municipio de Tipitapa y Nindirí	Municipio de Ciudad Sandino y Villa Carlos Fonseca.

Fuente: Estudio de límites distritos de Managua FUNDAR, 2011

Siendo Managua la ciudad más poblada del país, a fin de facilitar la ejecución y cumplimiento de las funciones municipales, queda constituida con siete distritos urbanos (Figura 2.1).

Figura 2.1: Distribución del municipio de Managua por distritos



Fuente: Estudio de límites distritos de Managua FUNDAR, 2011

⁵ Informe Técnico. Actualización del Mapa de Falla Geológicas de Managua. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).

El distrito VI se encuentra localizado en el sector noreste de la ciudad de Managua, cuenta con una superficie de 41.9 km², además de una línea costera de 11.95 km. En la tabla 2.2 se muestra los límites del distrito, así como también en las Figura 2.2.

Tabla 2-2: Límites de distrito VI

Límites de distrito					
Municipio	Distrito	Límites			
		Norte	Sur	Este	Oeste
Managua	VI	Lago Xolotlán	Distrito VII	Municipio de Tipitapa y Nindirí	Distrito IV

Fuente: Estudio de límites distritos de Managua FUNDAR, 2011

Figura 2.2: Mapa de límites del distrito VI



Fuente: Estudio de límites distritos de Managua FUNDAR, 2011

Villa Reconciliación Sur: Fue fundada en la década de los años 90, como parte de los acuerdos del gobierno con los desmovilizados de la resistencia y retirados del ejército, con una extensión territorial de aproximadamente 6 km² (Ver límites de barrios en tabla 2.3).

Barrio 14 de Febrero y Anexo Villa Reconciliación Sur: Fue fundado al inicio de la década de los 90, debido a precaristas que se introdujeron como una expansión de Villa Reconciliación Sur (Ver límites de barrios en tabla 2.3).

Tabla 2-3: Límites municipales de Barrios en estudio

Límites municipales de Barrios en estudio						
Municipio	Distrito	Barrios	Límites			
			Norte	Sur	Este	Oeste
Managua	VI	Villa Reconciliación Sur	Pista La Reynaga y Villa Reconciliación Norte	Villa Feliz	Pista al Mercado Mayorero y Laureles Norte	Villa Fraternidad Santa y 14 de Febrero
		14 de Febrero	Villa Reconciliación Sur	Villa Reconciliación Sur	Villa Reconciliación Sur	Villa Fraternidad
		Anexo Villa Reconciliación Sur	14 de febrero y Villa Reconciliación Sur	Reparto López	Villa Reconciliación Sur y Villa Feliz	Villa Fraternidad

Fuente: Estudio de límites distritos de Managua FUNDAR, 2011

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y NATURALES

2.2.1 Características climáticas

De acuerdo a la clasificación de Köpen Managua posee un clima tropical húmedo y seco. La precipitación⁶ total promedio anual varía en un rango 800 a 1700 mm. Se encuentra una zona lluviosa en la parte sur del municipio con valores mayores de 1,450 milímetros, cuya pluviosidad decrece hacia la zona norte; en la parte baja las lluvias representan una zona relativamente seca cuyos valores varían entre 1,100 y 1,150 milímetros. La humedad relativa media anual varía entre 64 y 75 % observándose valores anuales de evaporación entre 2380 mm y 2806 mm. La presión atmosférica y velocidad del viento alcanza su valor máximo en los meses de enero y marzo con una precipitación de 754.6 hecto pascales y velocidades de viento de 3 m/s.

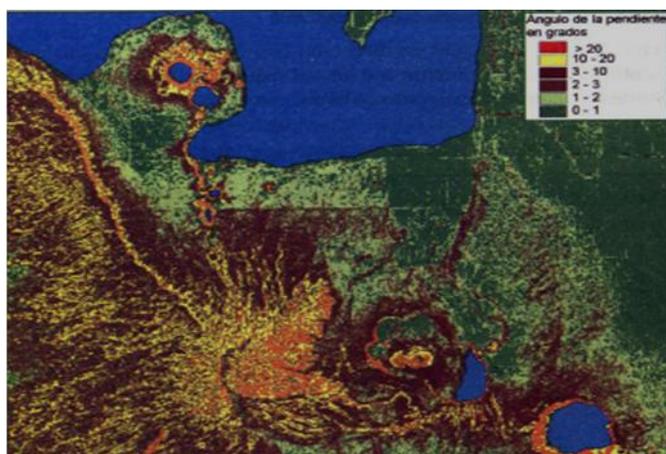
La temperatura promedio en el área de estudio oscila entre 25°C y 26 °C, con oscilaciones máximas anuales de 2.4°C a 3.2° C. Las temperaturas más altas se presentan entre los meses de abril y mayo, oscilando sus valores entre de 26.8 y 30 grados respectivamente. La temperatura media más baja se presenta en los meses de diciembre y enero, cuyo valor registrado es de 23.7°C para el mes de enero y 23.8°C para el mes de diciembre.

2.2.2 Topografía

En la ciudad de Managua se encuentran zonas con pendientes inclinadas en la cercanía de los cráteres: Tiscapa, Nejapa, Asososca, Ticomo y Mateare, las cuales se consideran riesgo de deslizamientos en caso de sismo. Se ubica cotas topográficas entre los 100 y 150 msnm, hasta dar al lago, que anda aproximadamente en los 40 msnm.

⁶ *Guía de educación ambiental para la gestión integrada en la subcuenca III lago Managua.*

Figura 2.3: Mapa de pendientes del relieve de Managua y sus alrededores



Fuente: Microzonificación Managua, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, junio 2000

El distrito VI presenta una configuración plana con pendiente en dirección al Lago de Managua y algunos relieves de altura en las zonas sur-oriental (Figura 2.3), estas varían entre 1 y 8% con promedio del 2%, predominando cotas topográficas entre 40 y 100 msnm, lo que provoca inundaciones en épocas de lluvias especialmente en la zona costera.

2.2.3 Geología

La Ciudad de Managua se ubica dentro de la cordillera volcánica entre los volcanes Apoyeque al noroeste y Masaya al Sureste. Desde el punto de vista geológico la depresión o graben de Managua se encuentra bajo graves amenazas geológicas, está limitada por la falla aeropuerto y cofradía al este, el lineamiento Miraflores-Nejapa al oeste, al norte el graben se pierde dentro del lago y al suroeste es limitado por la falla de Mateare y las nubes. En las fallas sísmicas ubicadas en el centro de Managua y alrededores del municipio se encuentran remanentes volcánicos de antigua actividad de los que se debe pensar en una futura actividad volcánica ejemplo de ello: Asososca, Tiscapa, Chico pelón y calvario (Ver figura 2.4).

El Distrito VI se ve afectado en el costado este por la falla del Aeropuerto considerada como una falla tectónicamente activa de las de mayor peligrosidad de la ciudad, por su longitud puede acumular más energía, capaz de generar

sismos de magnitudes similares o más grandes que los de 1972. La falla Aeropuerto se puede trazar bordeando el lago Xolotlán, pasando por las siguientes áreas: Colonia Unidad de propósito, hotel camino real, costado oeste del Aeropuerto, costado este de mercado mayoreo.

Figura 2.4: Fotografía Histórica de la laguna de Tiscapa



Fuente: Microzonificación Managua, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, Junio 2000

2.2.4 Suelo

Los suelos de Managua son de origen volcánico, se caracterizan por ser desarrollados de cenizas volcánicas, aluviales y lacustres. La presencia de suelos fósiles demuestra periodos de calma entre eventos volcánicos que han permitido varios tipos de suelo. Normalmente son suelos sueltos y de fertilidad variable, expuestos a la erosión por falta de un buen manejo de los mismos.

2.2.4.1 Morfología del suelo

De acuerdo a la posición y las formas del relieve, en el distrito VI se identifican tres unidades geomorfológicas⁷ claramente definidas descritas a continuación:

- 1. Planicie aluvial lacustre:** Se localizan en el extremo norte del distrito VI entre el Aeropuerto Augusto C. Sandino y el Lago Xolotlán, estos suelos son

⁷ Resumen de estudios para la gestión ambiental y el ordenamiento territorial de los municipios ubicados en la subcuenta III. Línea base Distritos V, VI Y VII de Managua. (AMUSCLAN 2011 - 2012)

- originados de depósitos lacustres y fluviales a medida que se aproximan al lago se vuelven mal drenados con el nivel freático cerca de la superficie.
2. **Planicie Volcánica:** Está constituida por materiales piro clásticos y vidrios volcánicos del cuaternario reciente. Se caracteriza por tener un relieve plano a ligeramente ondulado, con pendientes de 0 a 8%, este tipo de suelo se encuentra casi totalmente en la zona urbanizada de la ciudad de Managua.
 3. **Colinas Volcánicas:** Se caracteriza por tener un relieve ligeramente ondulado con pendientes de 4 a 15%, conformada por suelos de textura franco arcillosas.

2.2.4.2 Clasificación de los suelos

Los suelos del distrito VI son clasificados por sus características y textura dentro del orden de los Molisoles y Andisoles⁸, encontrándose seis series de suelos⁹ descritos a continuación:

Suelos Molisoles: Son suelos minerales de color oscuro que varían de negro a gris pardo, de gris pardo a rojizo y gris. Las texturas del suelo y subsuelo son franco arenoso, franco arcilloso y arcilloso provenientes de cenizas volcánica en el subsuelo que presentan acumulación de arcilla aluvial, ubicados en planicies bajas y planas son suave en seco, generalmente bien drenados, a excepción de los pantanos de la zona del lago con profundidades que varían de poco profundos a muy profundos (40 a 100 cm), siendo de fertilidad baja a alta. Las series de suelos molisoles encontrados en el distrito en estudio se enumeran a continuación:

- a. **Serie La Calera:** Se localizan en el extremo norte del distrito VI en las proximidades del lago Xolotlán, se extienden al sur del Lago de Managua hasta la Estación Experimental La Calera.

⁸ Resumen de estudios para la gestión ambiental y el ordenamiento territorial de los municipios ubicados en la subcuenta III. Línea base Distritos V, VI Y VII de Managua. (AMUSCLAN 2011 - 2012).

⁹ Catastro e inventario de recursos naturales, levantamiento de suelos de la región del pacífico de Nicaragua, Descripción del suelo, 1971.

- b. Serie Zambrano:** Se localizan en las planicies ligeramente onduladas a fuertemente onduladas, mayormente en el distrito VII, con pequeñas áreas en los distritos VI y V.
- c. Suelos Indiferenciados:** Son denominados con ese nombre debido a que no tienen una secuencia lógica en el perfil de estratos, por lo que no es posible establecer una clasificación taxonómica.

A estos pertenecen los suelos pantanos, playa, suelos aluviales, localizados al oeste de Momotombo, a lo largo del Lago Xolotlán, con texturas franco arcillosas.

Suelos Andisoles: Son suelos de poca profundidad a muy profundos (60 a >120 cm), ubicados en planicies casi planas o ligeramente inclinadas, aptos para el cultivo, con gran capacidad de retención de agua. Las texturas del suelo y subsuelo son franco y franco arenoso, altamente porosos, moderadamente gruesos de color oscuro. Las series de suelos Andisoles¹⁰ encontrados en el distrito de estudio se enumeran a continuación:

- a. Serie Cofradía:** El perfil representativo de Cofradía es franco arenoso, localizados al noroeste del pueblo de Cofradías y al sur del aeropuerto de Las Mercedes.
- b. Serie Mercedes:** Consisten en suelos profundos. El perfil representativo de Mercedes es franco localizados al sureste del aeropuerto las Mercedes.
- c. Serie Sabana grande:** El perfil representativo de Sabana grande es franco arenoso similar al de cofradía. Se encuentran localizados en la planicie de Sábana Grande, se extienden al sur del Aeropuerto las Mercedes hasta el sureste de Cofradías.

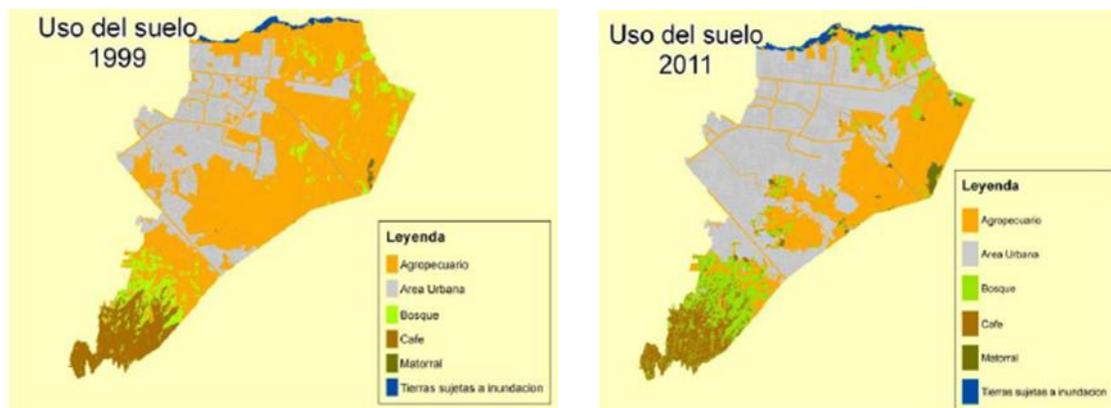
2.2.4.3 Uso del suelo

Según El Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), el crecimiento de la población urbana ha sido desbalanceado con respecto al crecimiento de la

¹⁰ *Catastro e inventario de recursos naturales, levantamiento de suelos de la región del pacífico de Nicaragua, Descripción del suelo, 1971.*

población rural. La población urbana del país aumentó hasta ocho veces entre 1950 y 2010. El uso actual del suelo de Managua¹¹ refleja que la mitad del total de los distritos están urbanizados generando un crecimiento acelerado del casco urbano de la ciudad, presentando disminución de las actividades agropecuarias. Con excepción los distritos V y III, ya que prácticamente todo el territorio de la parte sur de estos, están ocupados con bosques y café bajo sombra. El uso de suelo del Distrito VI está caracterizado por uso habitacional, comercio, industrias, servicios, zona de protección forestal del acuífero y costa del lago. Este distrito presenta pocas áreas de bosques y en ellos se desarrollan cultivos como el maní, el cual favorece la erosión eólica e hídrica debido a la demanda de insumos agroquímicos que pueden lixiviarse y contaminar el manto freático. En la figura 2.5 se puede apreciar los principales cambios de uso del suelo en la última década.

Figura 2.5: Mapa de los distritos V, VI y VII con el uso del suelo año 1999 y año 2011



Fuente: Resumen de estudios para la gestión ambiental y el ordenamiento territorial de los municipios ubicados en la subcuenta III. Línea base Distritos V, VI Y V

2.2.5 Recursos hídricos

Cuenca hidrográfica, es el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal, el cual se integra al mar, lago u otro río más grande. El territorio nacional se divide en 21 cuencas

¹¹ Plan Ambiental distrito V, VI y VII. Municipio de Managua, 2012-2022.

hidrográficas de las cuales ocho pertenecen al Pacífico y trece al Caribe. La red hidrológica del municipio de Managua, forma parte de la cuenca de los lagos también llamada cuenca del Río San Juan¹², con una superficie aproximada de 41,454 Km². Se divide en tres subcuentas, descritas en la tabla 2.4.

Tabla 2-4: Cuenca Hidrográfica de Río San Juan

SUBCUENCA	AREA (km ²)	%
Lago Xolotlán o de Managua	6,669	16
Lago Cocibolca o de Nicaragua	23,848	58
Río San Juan	10,937	26
TOTAL	41,454	100

Fuente: Manejo ambiental y desarrollo sostenible de la cuenca del Río San Juan

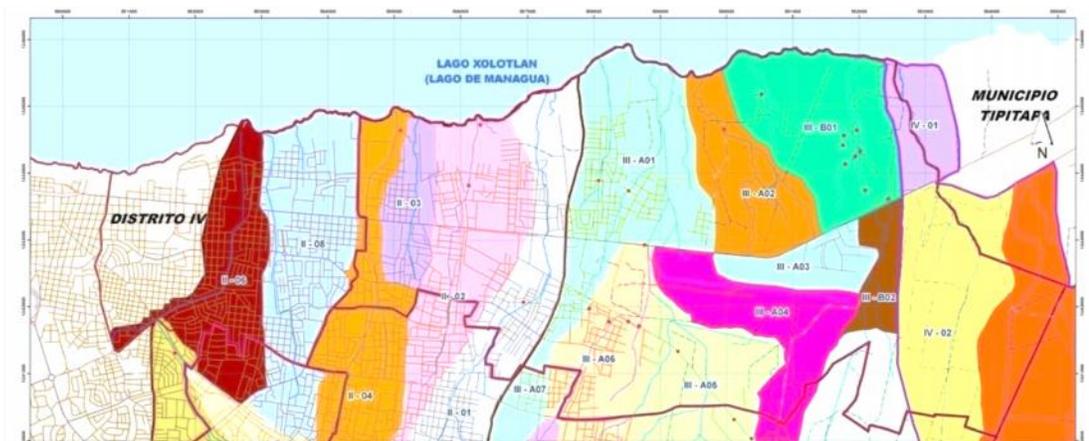
La cuenca Sur del Lago de Managua, se ubica en territorios de los departamentos de Managua y Masaya. Se extiende desde las costas del Lago de Managua (40 msnm), hasta la Meseta de El Crucero (940 msnm). Tiene una superficie de 825 Km², se subdivide en tres partes: Parte Alta se localizan los municipios de El Crucero, La Concepción y Ticuantepe, parte media se localizan los municipios de Ticuantepe, Nindirí, parte del Municipio de Managua y la parte Baja los distritos V, VI y VII del municipio de Managua. La Sub-Cuenca III es importante por ser el área de recarga que suministra el 60% de agua potable a la ciudad de Managua.

En el distrito de estudio se localizan micro cuencas de la subcuenta II, III y IV. Las micro cuencas de la subcuenta III, son las del grupo Borbollón, al cual se le asignan los códigos III-B01 a la III-B05 y las del grupo Aeropuerto con los códigos III-A01 a la III-A11. Las micro-cuencas de la sub-cuenca II, se designan secuencialmente de II-01 al II-04, II-06 y II-08. Las microcuencas de sub-cuenca

¹² Manejo ambiental y desarrollo sostenible de la cuenca del Río San Juan.

IV, se designa de V-01 al IV-02. La distribución espacial de micro cuencas referidas y su patrón de drenaje en el distrito VI se puede observar en la Figura 2.6.

Figura 2.6: Mapa de micro cuencas Distrito VI



Fuente: Resumen de estudios para la gestión ambiental y el ordenamiento territorial de los municipios ubicados en la subcuenta III. Línea base Distritos V, VI Y VII

2.2.5.1 Aguas superficiales

El municipio de Managua cuenta con un alto potencial de recursos hídricos superficiales, entre ellos se destacan: Lago Xolotlán, las lagunas de Asososca, Tiscapa, Nejapa, Apoyeque y Xiloa, ríos de curso breve y bajo caudal, estos son: Río viejo, Sinecapa, Pacora, San Antonio y Tipitapa.

2.2.5.2 Aguas subterráneas

El área total del acuífero de Managua es de 1040 km², en el área de estudio se localizan las subcuencas subterráneas central y oriental, con promedio de cobertura en la segunda subcuenta, el área de la subcuenta central es de 42.05 km² (34.9%) y la subcuenta oriental es de 78.4 km² (65.1%). Ver figura 2.7.

La profundidad del agua subterránea varía entre 20 hasta 180 metros. Según estimaciones realizadas el acuífero de Managua tiene una disponibilidad de 158 millones de m³ de los cuales se abastecen 20 poblados y 18 comunidades rurales incluyendo la ciudad de Managua.

2.2.6 Problemática ambiental

La problemática ambiental del municipio de Managua es muy variada entre las principales tenemos:

- a. Desechos Sólidos: Managua cuenta con un basurero municipal conocido como la chureca, en este se depositan diariamente alrededor de 1,300 toneladas de basura¹³. La capacidad de la comuna de recolección de basura representa un 85%, provocando la aparición de botaderos espontáneos y la utilización de causes como botaderos.
- b. Contaminación del Lago de Managua.
- c. Inundaciones en la Costa del Lago de Managua.
- d. Alteración de Ecosistemas Naturales.
- e. Crecimiento de urbanizaciones y cambios de uso de suelo: implica cambios en la red de drenaje, aumento de la escorrentía superficial, más erosión y una mayor demanda de infraestructura y servicios básicos.
- f. Contaminación vehicular.

El distrito VI es uno de los distritos con mayores niveles de contaminación ambiental debido al alto índice de desarrollo industrial, afectaciones por inundaciones y por ser el distrito con mayor densidad de población, lo que implica insuficiencia tanto en cobertura como capacidad en los servicios de infraestructura. Todo ello provoca un permanente foco de contaminación para la población dejando consecuencias no sólo en salud ambiental y personal, sino también para la municipalidad al elevar los costos de limpieza de cauces y canaletas a la entrada del invierno.

¹³ *Guía de educación ambiental para la gestión Integrada en la Sub-Cuenca III lago Managua. Primera Edición, octubre 2011.*



CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO



Las aguas residuales pueden tener varios orígenes entre los cuales están las aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales y aguas de lluvia. El Sistema de Alcantarillado de Aguas Residuales está constituido por el conjunto de estructuras e instalaciones destinadas a recoger, evacuar, acondicionar y descargar las aguas usadas provenientes de un sistema de suministro de agua; así que los aportes de aguas que circulan por esas tuberías están casi en su totalidad constituidos por los consumos de aguas para fines domésticos, comerciales, industriales, etc.

La finalidad de este capítulo es conocer los criterios técnicos de diseño, para obtener como resultado un diseño de sistema de alcantarillado sanitario condominial, sin complejidades, a un costo razonable, de fácil operación y mantenimiento.

3. CAPÍTULO III: MARCO TEORICO

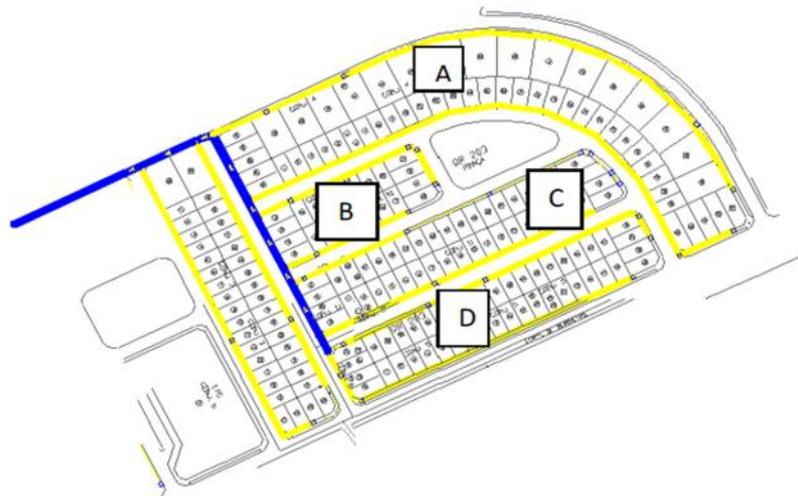
3.1 DISEÑO GEOMETRICO DE ALCANTARILLADO CONDOMINIAL

Desde el punto de vista técnico, el sistema de alcantarillado sanitario condominial es el que está destinado a recolectar y transportar aguas residuales provenientes de condominio (manzanas) que no son más que la conexión de uno o varios grupos de vivienda a un mismo punto, siendo el ramal la unidad básica de conexión. El sistema colector divide la red de alcantarillado en dos componentes: el ramal condominial y las redes públicas. Además, el sistema involucra el componente de participación comunitaria con el objetivo de contribuir en la búsqueda de mejores soluciones, con el usuario de cada lote.

3.1.1 Ramales condominiales

Condominio: En el modelo condominial se define como condominio al conjunto de lotes que funcionan como unidad de servicio (atendidos por una misma red de tubería). En urbanismo regular el condómino corresponde al número de lotes que conforman la manzana y tiene un número entre 20 y 50 viviendas. Ver ejemplo en figura 3.1.

Figura 3.1: Condominios A, B, C Y D



Fuente: Normativa de alcantarillado sanitario condominial. Guía de criterios técnicos para el diseño de sistemas

Ramal condominial: El ramal condominial¹⁴ recolectan las aguas residuales de un conjunto de edificaciones o lotes de una misma manzana, que descarga a la red pública en un mismo punto. Se dimensionan de forma simplificada, para atender un máximo de 50 lotes por condominio. Consiste en una tubería de menor diámetro (usualmente 100 mm) asentada en zonas protegida. El trazado de estas redes se definirá según la topografía, trazado urbano y criterio del diseñador, proyectando la ubicación del ramal condominial, de tal forma que sea posible seguir el drenaje natural del terreno.

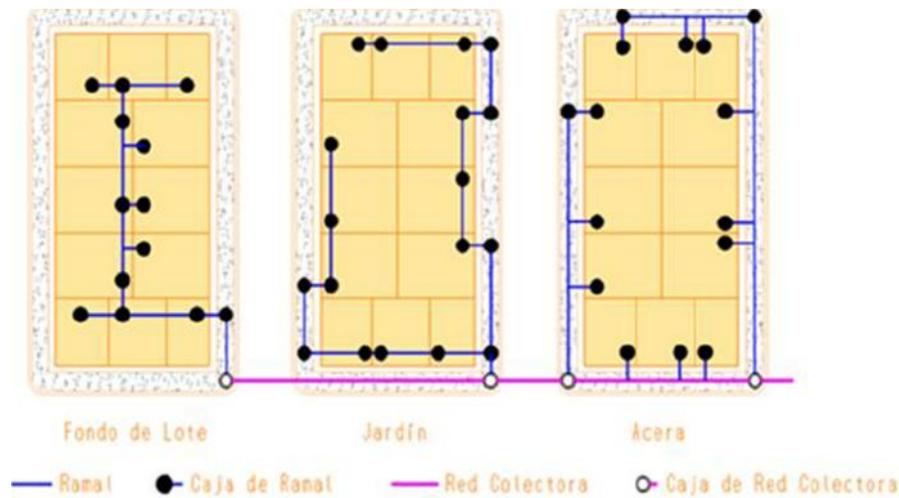
Todas las edificaciones deberán ser atendidas, observando las condiciones de sus instalaciones. En el sistema condominial existen cuatro alternativas de trazado de los ramales. La factibilidad técnica de la alternativa a seleccionar por el proyectista es considera en coordinación con los usuarios. La figura 3.2 presenta alternativas de trazado de ramales Condominiales que pueden ser las siguientes:

- a. Ramal por el fondo de lotes:** Retiro de 0.70 metros como mínimo del límite de fondo del lote. En este caso, a lo largo del ramal hay una caja de inspección en cada lote para recibir las instalaciones sanitarias de la vivienda.
- b. Ramal por el frente de lotes/ Jardín:** Retiro de 0.70 metros como mínimo del límite frontal del lote (por dentro). En este caso, a lo largo del ramal hay una caja de inspección de cada lote para recibir las instalaciones sanitarias de la vivienda.
- c. Ramal por aceras:** Retiro de 0.70 metros como mínimo del límite del lote. En este caso las conexiones son realizadas por medio de TEE sanitaria o caja de inspección. De esta TEE sanitaria se conecta un tramo de ramal hasta de 0.70 metros dentro del lote, finalizando con una caja de inspección que recibe la conexión de las instalaciones sanitarias de las viviendas.

¹⁴ Numeral 4.1 - Capítulo 4 – Manual de Diseño y Construcción. Programa de agua y saneamiento.

En casos donde el urbanismo es irregular, el terreno presenta topografía compleja o la ocupación es irregular. En este caso se agrupan las casas vecinas que pueden ser atendidas por un único ramal.

Figura 3.2: Opciones de trazados de redes condominial



Fuente: Normativa de alcantarillado sanitario condominial. Guía de criterios técnicos para el diseño de sistemas

3.1.2 Red pública

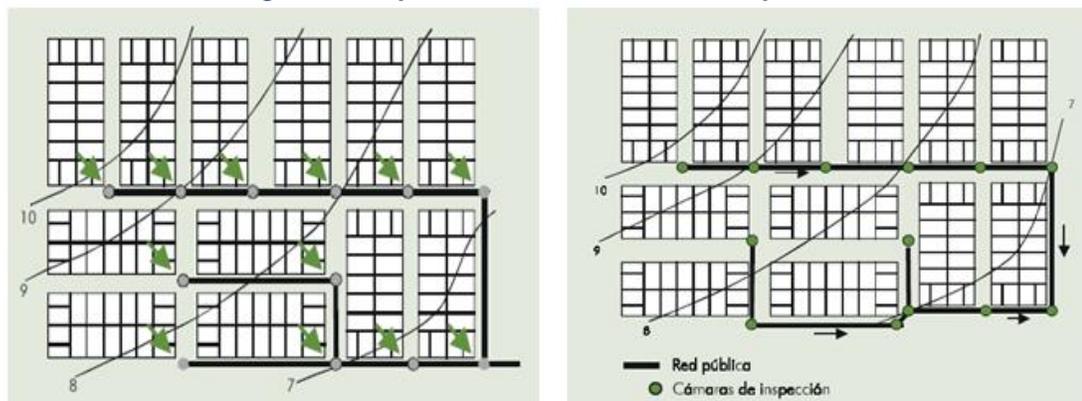
En el sistema condominial la red pública es el conjunto de tuberías que reciben las aguas residuales de ramales condominiales o conexiones domiciliarias. Este conjunto de viviendas se conecta a la red mediante un único punto de conexión (el punto más bajo del condominio). Como no necesita pasar por todas las calles, la red básica tiene una extensión mucho menor que las redes de alcantarillado convencional.

El diseño de las redes públicas será bajo los criterios del sistema convencional y/o simplificado. El proyectista deberá analizar las alternativas de trazado para obtener la menor extensión de red y conectar todos los Condominios. Se realiza a partir de los puntos de cota más elevada (arranque) hacia el punto de cota más baja (descarga), que son los puntos de reunión natural de las aguas y puntos de

paso obligatorio de la red. En la figura 3.3 ¹⁵ a manera de ejemplo, se presentan dos opciones de trazado.

Con la finalidad de lograr economía, el trazado de la red pública debe buscar las profundidades mínimas, pero que sean suficientes para asegurar la conexión del ramal condominial de cada manzana, Además debe cumplir con las pendientes mínimas requeridas para asegurar la tensión tractiva necesaria evitando sedimentación, de manera que se logre un mejor aprovechamiento de la capacidad hidráulica de los colectores, permitiendo así un uso adecuado del diámetro mínimo. La red pública conduce los desagües hasta el sistema de tratamiento, antes de su disposición final.

Figura 3.3: Opciones de trazado de redes públicas



Fuente: Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario. Manual de diseño y construcción

3.2 PÁRAMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO

3.2.1 Período de diseño

El período de diseño, es el tiempo o número de años en el cual se estima que el sistema funcionará en forma eficiente cumpliendo los parámetros, respecto a los cuales se ha diseñado, dependiendo de factores como economía, fondos disponibles y criterio del diseñador. Para lograr esto en forma económica, es

¹⁵ Programa de Agua y Saneamiento (2001). *Sistemas Condominiales de Alcantarillado. Manual de Diseño y Construcción.*

necesario fijar los períodos de diseño para cada componente del sistema reflejados en la tabla 3.1.¹⁶

Tabla 3-1: Período de diseño económico para la estructuras de los sistemas.

TIPO DE ESTRUCTURAS	CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	PERIODOS DE DISEÑO/AÑOS
Colectores principales Emisarios de descarga	Difíciles y costosos de agrandar	10 a 50
Tuberías secundarias hasta f 375 mm		25 o más
Plantas de tratamiento de aguas servidas	Pueden desarrollarse por etapas. Deben considerarse las tasas de interés por los fondos a invertir.	10 a 25
Edificaciones y estructuras de Concreto.		50
Equipos de bombeo: a) De gran tamaño b) Normales		15 a 25 10 a 15

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA.

3.2.2 Población de diseño

El diseño de sistemas de alcantarillado sanitario parte de la estimación de la población a servir, los tipos de población que normalmente se toman en cuenta son:

- a)** Población al inicio del proyecto: Es la población existente al momento de la elaboración de los diseños de ingeniería.
- b)** Población al fin del proyecto: Es la población que va a contribuir para el sistema de alcantarillado, al final del período del proyecto.

Se recomienda que para la determinación de la población de diseño se realice un análisis de crecimiento histórico auxiliándose de registros poblacionales y tasas

¹⁶ Capítulo IV – Numeral 4.1. Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA.

de crecimiento suministrados por Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE)¹⁷. Debido a la falta de información histórica confiables y a las condiciones en que han crecido y desarrollado los barrios en estudio, se realizó encuestas o censo a la población actual. A continuación, se darán a conocer los métodos de cálculos seleccionados:

Tasa de crecimiento geométrico

Es aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija, siendo este método el de mayor uso en Nicaragua¹⁸, está dado por la siguiente ecuación.

$$P_f = P_o(1 + r)^n \quad e \quad 3.1$$

$$r = \left(\frac{P_f}{P_o}\right)^{1/n} - 1 \quad e \quad 3.2$$

Donde:

P_f: Población final.

P_o: Población al inicio del proyecto.

r: Tasa de crecimiento geométrico.

n: Período de diseño.

Se recomienda usar los siguientes parámetros¹⁹, basándose al crecimiento histórico:

- c) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento mayor del 4%.
- d) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento menor del 2.5%.

Método de Saturación

Con este método se calcula la población máxima de habitantes que puede albergar una extensión o área determinada. Se requiere efectuar un conteo poblacional, examinar la distribución espacial de viviendas, cuantificar el área

¹⁷ Instituto Nicaragüense de Investigación y Desarrollo (INIDE). Managua en cifras. Censo 2005.

¹⁸ Apuntes de Ingeniería Sanitaria. Población de consumos.

¹⁹ Capítulo II Proyección de Población. Guías Técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA.

promedio de lotes ocupados, detectar la presencia de lotes baldíos y las futuras concentraciones. Con la información recolectada se puede determinar la población de saturación estableciendo una densidad (hab/Ha) o dependiendo del número de lotes por el índice habitacional. (No. de lotes *Hab/lote).

$$P = d \cdot \text{no} = T \cdot d \cdot L \times i \cdot p \quad \left(\frac{h}{l} \right) \quad e \quad 3.3$$

3.2.3 Cantidad de aguas residuales

3.2.3.1 Dotación

Los estimados de los flujos de aguas residuales provenientes de las viviendas se basan comúnmente en el consumo de agua potable por habitante y comprende todos los consumos del servicio, sin considerar las pérdidas en el sistema. A continuación, se enumeran los diferentes tipos de consumo.

3.2.3.2 Consumo domestico

Constituidos por el consumo familiar, generalmente representa el consumo predominante en el diseño. En la tabla 3.2 se muestran valores de dotación que deben ser utilizados en el diseño de alcantarillado sanitario, según la clasificación de barrios.²⁰

Tabla 3-2: Dotaciones de agua para la ciudad de Managua, según clasificación de barrios.

Clasificación de Barrios	Dotación L/hab/día
Zonas de máxima densidad y de actividades mixtas	160
Zonas de alta densidad	140
Zonas de media densidad	340
Zonas de baja densidad	568

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA.

²⁰ Capítulo III – Cantidades de Aguas residuales Numeral 3.2.1, tabla 3-1. Guías Técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA.

Clasificación de los barrios

- a. **Zonas de máxima densidad y actividades mixtas:** Las viviendas avicinan talleres y pequeñas industrias en un tejido urbano heterogéneo. En términos de superficie, las viviendas ocupan un promedio del 65% del área total del terreno y todas están conectadas a la red de agua potable.
- b. **Zonas de alta densidad:** En los núcleos de viviendas de estas zonas se encuentran construcciones de todo tipo, desde la más sencilla hasta casas de alto costo, pero en lotes con dimensiones y áreas homogéneas (150 m² a 250 m²). Casi todas las viviendas están conectadas a la red de agua potable.
- c. **Zonas de media densidad:** Se trata de viviendas de buen nivel de vida con áreas de lotes que varían entre los 500 m² y 700 m². Todas están conectadas a la red de agua potable.
- d. **Zonas de baja densidad:** Son áreas de desarrollo con viviendas de alto costo y de alto nivel de vida construidas en lotes con área mínimas de 1.000 m². Todos conectados a la red de agua potable.

3.2.3.3 Consumo comercial, industrial y público

Comprende los flujos de aguas residuales provenientes de instalaciones comerciales e industriales la demanda dependerá de las condiciones locales, del tipo de comercio e industria y los procesos que se tengan adoptados para su producción. Para la ciudad de Managua, se deberán usar los valores mostrados en la Tabla 3.3.

Tabla 3-3: Dotación de agua para la ciudad de Managua, según consumo.

Consumo	Dotación L/ha/día
Comercial	25000
Público o institucional	De acuerdo a desarrollo
Industrial	de población

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA.

3.2.3.4 Caudal medio

El gasto medio de aguas residuales domésticas, se deberá estimar con el 80% de la dotación del consumo de agua. Expresado en la siguiente ecuación²¹.

$$Q_m = \frac{C \times P \times D}{8,4} \quad e \quad 3.4$$

Donde:

Q_{med} : Caudal medio (Lps).

C: Coeficiente de retorno (0.80).

Pob: Población (hab).

Dot: Consumo promedio de agua, en litros por persona por día. $\left(\frac{li}{ha * d}\right)$

Coefficientes de retorno (C): Mediante estudios estadísticos, se estima que no toda la dotación de agua potable de consumo domiciliar llega a la red de alcantarillado, por razones de usos múltiples como riego, lavado de pisos, cocina entre otros, estableciéndose un porcentaje del total de la dotación. Este porcentaje es denominado coeficiente de retorno o aporte, se toma el valor del 80% de la dotación de agua potable.

3.2.3.5 Caudal mínimo

El valor que se acepta como flujo mínimo en cualquier tramo de la red de alcantarillado sanitario, es el que resulta de la descarga de un inodoro sanitario, de acuerdo a la experiencia brasileña: **Q min = 1.5 l/s**, Norma Brasileña (NBR 9649).

3.2.3.6 Caudal máximo

El gasto máximo de aguas residuales domésticas en **sistema convencional**, se deberá determinar utilizando el coeficiente de punta o factor de Harmon, Este

²¹ Apuntes de Ingeniería Sanitaria. Sistema de Alcantarillado Sanitario.

factor regula el cálculo de la capacidad del conducto, ya que estos deben ser suficientes para conducir el caudal máximo. Ver ecuación 3.6

$$Q_{m\acute{a}x} = H Q_m \quad e \quad 3.5$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x}$: Caudal máximo (Lps).

H : Coeficiente de punta o factor de Harmon.

Q_{med} : Caudal medio (Lps).

Coeficientes de flujo máximo (K): Definido como la relación entre el caudal medio diario y el caudal máximo horario. Los valores recomendados están en el rango de 1.8 – 3²² dependiendo del tamaño de la población a ser atendida.

$$H = 1 + \frac{1}{4 + \sqrt{P}} \quad P : E m \quad e \quad 3.6$$

El Caudal máximo en sistema condominial ó simplificado está dado por los coeficientes de variación de caudal k1 y k2:

$$Q_{m\acute{a}x} = K \quad Q \quad e c \quad 3.7$$

Donde:

K = Coeficiente de flujo máximo.

Q_{med} : Caudal medio (lps).

$K = K1 * K2$ (NBR 9.649)

$K1=1,2$: Es el coeficiente para estimar el caudal máximo diario con relación al caudal medio diario.

$K2= 1,5$ a $2,2$: Coeficiente de caudal máximo horario, es la relación entre caudal máximo horario y el caudal medio horario conforme la Tabla 3.4.

²² Capítulo III – Cantidades de Aguas Residuales, Numeral 3.7. Guías Técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA.

Tabla 3-4: Coeficiente de caudal máximo horario²³.

Tamaño de la población (hab)	Coeficiente K ₂
<2,000	2.2
2,000 a 10,000	2
10,000 a 100,000	1.8
>100,000	1.5

Fuente: Diseño de alcantarillado sanitario y pluvial, Norma Boliviana NB 688.

3.2.3.7 Caudal de infiltración (Q_i)

Es inevitable la infiltración de aguas subterráneas a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, produciéndose a través de fisuras en los colectores, en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de colectores con pozos de inspección y demás estructuras, es necesario considerar los siguientes valores:

- a. Para tuberías de concreto se asigna un gasto de 2 a 4 lts/m de tubería o 2500 gal/Ha*día (10,000 litros/Ha*día).
- b. Para tuberías plásticas PVC se asigna un gasto de 2 lts/hora/100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro o 1300 gal/Ha*día (5000litros/Ha*día).

3.2.3.8 Caudal por conexiones erradas (Q_{ce})

Se deben considerar los aportes provenientes de aguas pluviales, de malas conexiones, así como las conexiones clandestinas de patios domiciliarios. Este debe ser del 5% al 10%²⁴ del caudal máximo horario de aguas residuales o de 30 gal/hab*día para conexiones ilegales.

3.2.3.9 Caudales especiales

- a. **Caudal industrial (Q_{ind}):** Este aporte de aguas residuales debe ser evaluado para cada caso en particular, ya que varía de acuerdo con el tipo y el tamaño de la industria.

²³ Capítulo II – Numeral 2.3.5.6. Norma Boliviana NB 688.

²⁴ Capítulo II – Numeral 2.3.5.6. Norma Boliviana NB 688

- b. Caudal comercial (Qcom):** Se justificará el consumo estimado por habitante en los sectores comerciales, la densidad en dichas zonas debe basarse en datos confiables para cálculos de caudal aportado en forma concentrada.
- c. Caudal institucional (Qint):** Como en el caso del aporte industrial, el aporte institucional varía de acuerdo con el tipo y el tamaño de la institución, (Instituciones públicas, hospitalarias, hoteles, colegios, cuarteles y otros similares) por lo que debe considerarse cada caso particular.

La contribución de estos será evaluada en forma puntual y como descarga concentrada la red. De acuerdo con los niveles de consumo, según normas Técnicas del Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillado (INAA), definido en la tabla 3.3 de este capítulo, se describe calcular los caudales de aporte de acuerdo al crecimiento de la población.

La normativa de Nicaragua no contempla dotaciones especiales por ello se hace uso de normas internacionales específicamente la normativa mexicana para sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario²⁵, capítulo I criterios básicos de diseño referente a dotaciones de agua potable a considerar en el cálculo de consumo requerido. Ver tabla 3.5.

Tabla 3-5: Dotación de agua potable institucional.

Dotaciones de agua potable institucionales			
Referencia	Tipo de edificación	Dotación	unidad
D	Hoteles, Moteles y posadas		
	Hoteles de 4 a 5 estrellas	500	lts/huesped/día
	Hoteles y moteles de 2 a 3 estrellas	300	lts/huesped/día
	Hoteles de 1 estrellas	200	lts/huesped/día
	Moteles y posadas	70	lts/huesped/día
I	Escuelas o colegios		
	Con cafetería, gimnasio y ducha	115	lts/alumnos/día
	Con cafetería solamente	50	lts/alumnos/día

Fuente: Lineamientos técnicos para factibilidades SIAPA.

²⁵ Lineamientos técnicos para factibilidades SIAPA, Cap 1: criterios básicos de Diseño.

3.2.3.10 Caudal de diseño

Si el área a servir tuviera más de uno de los usos antes señalados, el diseño de los tramos de alcantarillado se deberá estimar en base del aporte calculado para cada uso. El gasto de diseño hidráulico del sistema de alcantarillado se deberá calcular con la ecuación expresada a continuación:

$$Q_d = Q_m + Q_{ti} + Q_c + Q_e \quad e \quad 3.8$$

Donde:

Q_d : Caudal de diseño (lts/s).

$Q_{m\acute{a}x}$: Caudal máximo (lts/s).

Q_{inf} : Caudal de infiltración (lts/s).

Q_{ce} : Caudal por conexiones erradas (lts/s).

Q_e : Caudales especiales (lts/s).

3.3 REDES DE ALCANTARILLADO

Para el diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario, es necesario el conocimiento de principios básicos de hidráulica aplicados a líquidos en conductos cerrados o abiertos sin presión, es decir que las aguas residuales escurren dentro de las alcantarillas por gravedad, a su vez el diseño debe cumplir con parámetros regulatorios según los códigos vigentes en el país, para asegurar su correcto funcionamiento, cumpliendo la condición de auto limpieza limitando la sedimentación de arena y sedimentación de sólidos.

3.3.1 Fórmula de Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad e \quad 3.9$$

Donde:

V : Velocidad del flujo (m/s).

n : Coeficiente de rugosidad (adimensional).

R : Radio hidráulico (m)

S : Pendiente (m/m).

a) **Coefficiente de rugosidad:** Para el diseño de alcantarillas nuevas y la comprobación de las existentes, se recomienda utilizar el coeficiente de rugosidad de Manning “n”²⁶. En la Tabla 3.6 se indican valores del coeficiente de rugosidad de Manning para las tuberías de uso más común.

Tabla 3-6: Coeficiente Manning “n”

Material	Coefficiente Manning “n”
Concreto	0.013
Polivinilo (PVC)	0.009
Polietileno (PE)	0.009
Asbesto – Cemento (AC)	0.010
Hierro galvanizado (H°G°)	0.014
Hierro Fundido (H°F°)	0.012
Fibra de vidrio	0.010

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA

b) **Radio hidráulico (m)**

$$R = \frac{A_m}{P_m} \quad e \quad 3.10$$

Donde:

A_m : Área Mojada (m^2)

P_m : Perímetro Mojado (m)

c) **Pendiente hidráulica (m/m)**

$$S = \frac{H}{L} \quad e \quad 3.11$$

Donde:

H : Diferencia de elevación.

L : Longitud.

²⁶ Capítulo V – Hidráulica de las Alcantarillas, Numeral 5.1. Guías Técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA.

3.3.1.1 Formula de Manning para tuberías con sección llena

Ecuación de continuidad

$$Q = V \cdot A \quad (m^3/s) \quad e \quad 3.12$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/s)

V: Velocidad de escurrimiento (m/s)

A: Área del tubo (m^2)

) Área

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad e \quad 3.13$$

) Perímetro

$$P = \pi \quad e \quad 3.14$$

) Radio Hidráulico

$$R_h = \frac{D}{4} \quad e \quad 3.15$$

) Velocidad

$$V = \frac{0.3}{n} D^{2/3} S^{1/2} \quad (m/s) \quad e \quad 3.16$$

) Caudal

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{8/3} S^{1/2} \quad (m^3/s) \quad e \quad 3.17$$

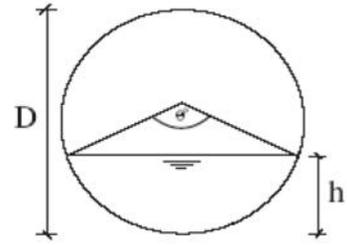
3.3.1.2 Fórmula de Manning para tuberías parcialmente llena

En la aplicación de un diseño común, conociendo el caudal de diseño, se selecciona el diámetro y la pendiente para determinar las relaciones hidráulicas reales (velocidad y profundidad de escurrimiento), con la finalidad de controlar el régimen de la transición (pozos de visita) y asegurar velocidades de arrastre adecuadas. Una vez que se conoce la relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno (q_d/Q_{ll}) se desea encontrar la relación entre la velocidad real y la velocidad a tubo lleno (v_d/V_{ll}), para la solución del cálculo de tirantes²⁷ se puede realizar empleando las fórmulas descritas a continuación:

²⁷ Apuntes de Ingeniería Sanitaria. Alcantarillado Sanitario. Autor: Ing. María Elena Baldizón

) El ángulo Central (En grados sexagesimal)

$$\theta = 2 \alpha \left(1 - \frac{2}{D}\right) \text{ e 3.18}$$



) Radio Hidráulico

$$R_h = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{3}{2} \frac{s_i}{\theta}\right) (m) \text{ e 3.19}$$

) Velocidad

$$V = \frac{0.3}{n} \frac{D^{2/3}}{\left(1 - \frac{3}{2} \frac{s_i}{\theta}\right)^{2/3}} S^{1/2} (m/s) \text{ e 3.20}$$

) Caudal

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7.2 \cdot 1 \cdot (2 - 3 \frac{s_i}{\theta})^{2/3}} S^{1/2} (m^3/s) \text{ e 3.21}$$

3.3.1.3 Tirante de Agua

Según la guía técnica para el diseño de Alcantarillado Sanitario y sistemas de tratamientos de aguas residuales de INAA²⁸ se establece que las colectoras hasta diámetros de 375 mm (15") se diseñan para trabajar como máximo, a la media sección y para diámetros mayores, se pueden dimensionar para funcionar con tirantes de 0.70 a 0.80 del diámetro. Según los últimos estudios se considera mantener el nivel de agua en las alcantarillas en el siguiente rango:

$$0.2 < H/D < 0.8 D \text{ e 3.22}$$

Donde:

H: Nivel de agua en la tubería.

D: Diámetro de la tubería.

²⁸ Capítulo V – Hidráulica de las Alcantarillas, Véase Numeral 5.1.

) **Relaciones fundamentales para tuberías parcialmente llenas:**

Relación de tirantes

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2} \left[1 - c_1 \frac{\theta}{2} \right] \quad \text{ec 3.23}$$

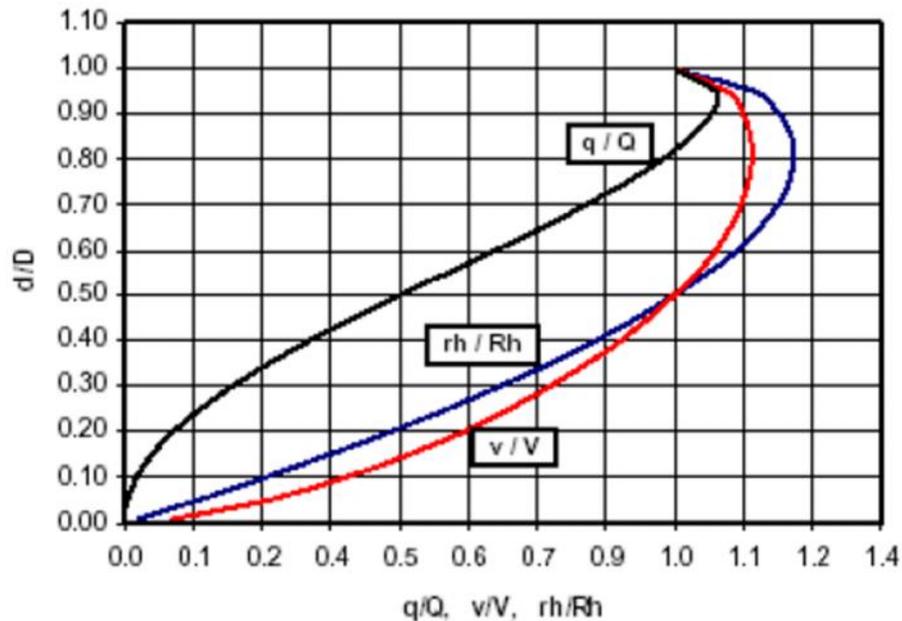
Relación de velocidades

$$\frac{V}{V_{ll}} = \left(1 - \frac{3}{2} \frac{s_1 \theta}{2} \right) \quad \text{e 3.24}$$

Relación de Caudales

$$\frac{Q}{Q_{ll}} = \left(\frac{\theta}{3} - \frac{s_1 \theta}{2} \right) \left(1 - \frac{3}{2} \frac{s_1 \theta}{2} \right)^{2/3} \quad \text{e 3.25}$$

Figura 3.4: Diagrama de elementos hidráulicos en sección circular



Fuente: Apuntes de ingeniería sanitaria. Alcantarillado Sanitario

Tabla 3-7: Relaciones de caudal, velocidad y tirantes para tuberías parcialmente llenas.

Relación	q/Q	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
v/V	0	0.00	0.326	0.398	0.448	0.488	0.522	0.551	0.576	0.599	0.62
d/D		0.00	0.072	0.099	0.119	0.137	0.152	0.167	0.179	0.191	0.203
rh/RH		0.00	0.186	0.251	0.3	0.341	0.377	0.409	0.437	0.469	0.48
v/V	0.1	0.641	0.658	0.675	0.690	0.705	0.720	0.733	0.746	0.757	0.770
d/D		0.215	0.224	0.234	0.244	0.253	0.262	0.271	0.279	0.287	0.295
rh/RH		0.513	0.533	0.555	0.573	0.592	0.611	0.627	0.644	0.659	0.675
v/V	0.2	0.781	0.792	0.802	0.813	0.822	0.831	0.840	0.849	0.858	0.866
d/D		0.303	0.311	0.319	0.326	0.334	0.341	0.348	0.355	0.362	0.369
rh/RH		0.690	0.704	0.718	0.732	0.745	0.758	0.770	0.783	0.794	0.806
v/V	0.3	0.874	0.882	0.890	0.897	0.904	0.911	0.918	0.925	0.932	0.938
d/D		0.376	0.382	0.389	0.395	0.402	0.408	0.415	0.421	0.428	0.434
rh/RH		0.817	0.828	0.839	0.850	0.860	0.870	0.880	0.890	0.900	0.908
v/V	0.4	0.944	0.950	0.956	0.962	0.968	0.974	0.979	0.985	0.990	0.995
d/D		0.500	0.506	0.512	0.518	0.523	0.529	0.535	0.541	0.547	0.552
rh/RH		1.000	1.007	1.015	1.022	1.029	1.036	1.043	1.049	1.056	1.062
v/V	0.6	1.045	1.049	1.053	1.057	1.061	1.065	1.068	1.072	1.075	1.079
d/D		0.558	0.564	0.570	0.576	0.581	0.587	0.593	0.599	0.605	0.611
rh/RH		1.068	1.075	1.081	1.087	1.093	1.098	1.104	1.110	1.115	1.120
v/V	0.7	1.082	1.085	1.088	1.092	1.095	1.097	1.100	1.103	1.106	1.108
d/D		0.616	0.622	0.628	0.634	0.640	0.646	0.652	0.658	0.664	0.670
rh/RH		1.125	1.131	1.135	1.140	1.145	1.150	1.154	1.159	1.163	1.167
v/V	0.8	1.111	1.113	1.116	1.118	1.120	1.123	1.125	1.126	1.128	1.130
d/D		0.677	0.683	0.689	0.695	0.702	0.708	0.715	0.721	0.728	0.735
rh/RH		1.171	1.175	1.179	1.182	1.186	1.189	1.193	1.196	1.199	1.201
v/V	0.9	1.132	1.133	1.135	1.136	1.137	1.138	1.139	1.139	1.140	1.140
d/D		0.742	0.749	0.756	0.763	0.771	0.778	0.789	0.794	0.802	0.811
rh/RH		1.204	1.206	1.209	1.211	1.212	1.214	1.215	1.216	1.217	1.217

Fuente: Apuntes de ingeniería sanitaria. Alcantarillado Sanitario.

3.3.2 Velocidad mínima y máxima

La velocidad promedio mínima se calcula con el caudal máximo al inicio de proyecto, para evitar la disposición excesiva de materiales sólidos. Al caudal máximo al final del periodo de diseño le corresponde la velocidad promedio máxima, para evitar la acción abrasiva de las partículas sólidas transportadas por las alcantarillas. Según Azevedo-Netto (1992), la velocidad mínima no deberá ser menor que 0.45 m/s, calculada para un tirante mínimo de 0.2 veces el diámetro del tubo. Es recomendable usar una velocidad máxima de 5 m/s y calcular la máxima pendiente para esta velocidad.

3.3.3 Criterio de la tensión tractiva

La tensión tractiva²⁹, o tensión de arrastre, es el esfuerzo tangencial ejercido por el líquido sobre el colector y en consecuencia sobre el material depositado. Su aplicación permite el control de la erosión y sedimentación principalmente en zonas con topografía plana, garantizando la condición de auto limpieza que un sistema de alcantarillado debe de cumplir, evitando así problemas de obstrucción. Esta dada por la siguiente expresión:

$$\tau = \rho \quad e \quad 3.26$$

Donde:

: Tensión de arrastre, en pascal (Pa).

: Densidad del agua (1000 Kg/m³).

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

R: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente hidráulica (m/m).

3.3.3.1 Tensión tractiva mínima

Los sistemas de alcantarillado deberán contar como mínimo con una tensión tractiva de 1 Pa, superando la resistencia del sedimento al movimiento. Se recomienda usar este valor en tramos iniciales de colectores en los que se presenta bajos caudales tanto al inicio como al final del período de diseño, se calcula la pendiente con una tensión tractiva de 1 Pa, para realizar su verificación con caudales de aporte reales, que no debe ser menor de 0.6 Pa.

3.3.4 Pendientes de alcantarillas

3.3.4.1 Pendiente mínima

La pendiente mínima del sistema deberá calcularse para una tensión tractiva media mínima de 1 Pa y para coeficientes de Manning de 0.013, la relación

²⁹ Véase los numerales 7.6, 7.6.1 y 7.6.2 – Capítulo 7. Guías Para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado (OPS).

aproximada que satisface esta relación, de acuerdo a la norma brasileña de alcantarillado es la siguiente:

$$S_m = 0.0001 Q_i^{-0.4} \quad e \quad 3.2$$

Donde:

S_{min} : Pendiente mínima m/m

Q_i : Flujo máximo de diseño l/s

Reemplazando $Q_i = Q_{min} = 1.5$ l/s, para obtener la pendiente mínima en los tramos iniciales de los colectores, se obtiene un valor de 1/200 o 5 por mil. Esta pendiente es más ventajosa que la recomendada para el sistema convencional de 8 por mil, debido a que demanda menores profundidades de instalación.

3.3.5 Diámetro mínimo de alcantarillas

Los criterios de diseños de las redes convencionales especifican que el diámetro mínimo de las alcantarillas será de 150 mm (6"), tanto en uso doméstico como industrial. El diámetro mínimo recomendado a emplear en redes condominiales según las experiencias de Brasil y Bolivia será de 100 mm (4"), con el cual no se han encontrado problemas usando tuberías de ese diámetro.

El diámetro de cualquier tramo de tubería deberá ser igual o mayor, que el diámetro del tramo aguas arriba, por ningún motivo podrá ser menor. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, el diámetro de la tubería de salida deberá ser igual o mayor que el de la tubería de entrada de mayor diámetro.

3.3.6 Pérdida de carga adicional

Para todo cambio de alineación sea horizontal o vertical se incluirá una pérdida de carga igual a $0.25 (V_m)^2/2g$ entre la entrada y la salida del dispositivo de inspección correspondiente, no pudiendo ser en ninguno de los casos, menor de 3 cm.

3.4 DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL DISEÑO

3.4.1 Profundidad mínima

La profundidad mínima de instalación de la tubería debe permitir recibir los afluentes por gravedad y proteger la tubería contra cargas externas como el tráfico de vehículos. La profundidad de instalación será definida en función de los siguientes aspectos:

) **Recubrimiento mínimo:** Usualmente, en el sistema de alcantarillado condominial, la red pública o principal se localiza en las calles se debe considerar que estas están sometidas a esfuerzos del suelo, cargas de relleno y vehicular, tipo de material de la tubería etc. En dependencia de estos factores queda definido el recubrimiento mínimo como se muestra en la tabla 3.8³⁰.

Tabla 3-8: Profundidad de recubrimiento – tubería de PVC

Ubicación del colector	Recubrimiento mínimo "m"
Red principal por la calzada de la vía pública	0.85
Red principal por las áreas vedes/jardines	0.55
Ramales por el fondo, por las aceras	0.35 - 0.45
Ramales por el fondo, por medio de lotes	0.30

Fuente: Manual de diseño y construcción. Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado OPS/CEPIS/05.169

) **Conexiones domiciliars:** Las tuberías que conectan las descargas de agua residual de las edificaciones, desde la caja de registro, hasta las tuberías recolectoras del alcantarillado sanitario, son denominadas conexiones domiciliars. La profundidad mínima del colector deberá permitir la correcta conexión de las descargas domiciliars por gravedad a la red pública de alcantarillado. Según la norma boliviana establece una pendiente mínima del 2% desde la cámara de inspección domiciliaria a la tubería de recolección.

³⁰ Cuadro 8 - Manual de Diseño y Construcción. Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado (OPS/CEPIS/05.169)

3.4.2 Profundidad máxima

La profundidad máxima debe ser aquella que no ofrezca dificultades constructivas, de acuerdo al tipo de suelo. La profundidad máxima recomendada es de 5 metros, aunque puede ser mayor siempre y cuando garantice los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones de los colectores durante y después de su construcción.

3.4.3 Ubicación de alcantarillas

En las vías de circulación dirigidas de este a oeste las tuberías se deberán ubicar al norte de la línea central de las vías y de norte a sur se ubicarán al oeste de la línea central de la vía, pero de preferencia se tratará de ubicarlas en zonas protegidas del tráfico vehicular reduciendo la profundidad de la tubería, utilizando siempre que sea posible las aceras, parques y jardines existentes. En caso de pistas de gran anchura se deberán colocar dos líneas, una en cada banda de la pista. Las alcantarillas deberán colocarse debajo de las tuberías de agua potable y con una separación mínima horizontal de 1.50 m.

3.4.4 Dimensiones del ancho de zanja

Las dimensiones del ancho de zanja deberán permitir suficiente comodidad al obrero para realizar las actividades de tendido de las tuberías. Las dimensiones³¹ mínimas del ancho de zanjas para diferentes diámetros de colectores se presentan en la tabla 5.1 del Anexo 5. Ver detalles típicos de zanjas de tuberías en Anexo 9 planos detalles hoja 01.

3.5 DISPOSITIVOS DE INSPECCIÓN

Los dispositivos de inspección son estructuras de la red de alcantarillado, que tienen como función la inspección, ventilación, limpieza y mantenimiento de las

³¹ Norma Boliviana NB 688. Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. Tercera revisión. Abril 2007.

redes de alcantarillado, evitando obstrucciones debido a la acumulación excesiva de sólidos. Por razones de costos y de tiempo de construcción, los dispositivos de inspección deberán ser prefabricados y de forma cilíndrica, por limitantes locales podrán ser fabricados en sitio de forma cuadrada de mampostería, la longitud de los lados de las cajas corresponderá al diámetro respectivo de la forma cilíndrica. Ver detalles constructivos de cámaras de inspección y pozos de visita sanitarios PVS, en Anexo 9 planos detalles hoja 02 y 03.

3.5.1 Cámaras de inspección

Ubicación

Las cámaras de inspección se proyectarán a inicio y empalmes del colector, cambios de pendiente y dirección, cambios de diámetro, en puntos de caída en los colectores y en todo lugar que sean necesarias por razones de limpieza y mantenimiento.

Separación máxima

La separación máxima entre las cámaras de inspección será:

-) Para tuberías de 150 mm: 80 metros.
-) Para tuberías de 200 a 250 mm: 100 metros.
-) Para tuberías de 300 a 600 mm: 150 metros.
-) Para tuberías de mayor diámetro: 250 metros.

Tipos de cámara de inspección

Generalmente las cámaras de inspección se construyen de mampostería de ladrillo de barro, mampostería de bloques de hormigón, concreto ciclópeo. Los elementos de inspección se clasifican de acuerdo con la profundidad de la tubería enumerada a continuación:

- a) **Trampa de grasa:** Tiene como objetivo principal recibir las aguas provenientes de lavaplatos, que contienen restos de alimentos, grasas y detergente. La caja desengrasadora en la parte superior retiene las grasas y en la parte inferior

sedimenta los elementos pesados, las aguas se depuran antes del ingreso a las tuberías de alcantarillado.

b) Cajas de inspección tipo CI40: Se utiliza en el ramal condominial, como conexión entre la instalación intradomiciliaria y el ramal condominial, se ubicará de preferencia en áreas protegidas. Tendrá un diámetro de 0.40 m y será instalado cuando la profundidad de las tuberías es menor a 0.60 m. La separación máxima entre las cajas de inspección es de 20 m.

c) Cajas de inspección tipo CI60: Se ubicarán en ramal condominial y redes principales cuando la profundidad de tuberías se encuentra entre 0.60 a 1.20 m. La separación máxima será de 60 m para tuberías de 150 mm y de 80 metros para tuberías de 200 mm, tendrá un diámetro de 0.60 m.

3.5.2 Pozos de Visita Sanitarios (P.V.S)

3.5.2.1 Ubicación

Se deberán ubicar en la red pública o colector para profundidades mayores de 1.2 m a la solera del tubo, debido a que están sometidas a cargas vehiculares. La práctica más conveniente de localizarlos en: arranques de la red, cambios de dirección horizontal o vertical, cambios de pendiente, intersecciones de las calles, unión de colectores.

3.5.2.2 Distancia máxima entre pozos

El espaciamiento máximo entre PVS deberá variar de acuerdo al diámetro de la tubería.

) Para tuberías de 150 a 400 mm (6 a 15 in), separación máxima de 100 m.

) Para tuberías de 450 mm (18 in) y mayores, separación máxima de 120 m.

3.5.3 Diámetros y profundidades de los dispositivos de inspección de la red condominial

Los diámetros y profundidades recomendadas para los dispositivos de inspección en ramales condominiales se determinan según Normas de INAA en tabla 3.9.

Tabla 3-9: Principales características de dispositivos de inspección

Dispositivo de inspección (Diámetro interno)	Profundidad	Material	Utilización
CI- Ø 0,40m	hasta 0.60 m	Concreto simple de 3000 psi	Ramal Condominial
CI- Ø 0,60m	0.60<h 1.20m	Concreto simple de 3000 psi	Ramal Condominial
CI- Ø 0,60m	hasta 1.20 m	Concreto simple de 3000 psi	Ramal Pública con diámetro, hasta 200 mm (8 in) en acera
CI- Ø 0,60m	hasta 1.20 m	Concreto simple de 3000 psi	Ramal Pública con diámetro, hasta 200 mm (8 in) en calle
PVS- Ø 1.00m	Mayor de 1.20 m	Concreto armado de 3000 psi ó ladrillo cuarterón	Red Pública con hasta 300 mm (12 in)
PVS- Ø 1.00m	Mayor de 1.20 m	Concreto armado de 3000 psi ó ladrillo cuarterón	Red Pública con diámetro hasta 400 mm (16 in)
PVS- Ø 1.00m	Mayor de 1.20 m	Concreto armado de 3000 psi ó ladrillo cuarterón	Red Pública con diámetro hasta 700 mm (28 in)
PVS- construido en sitio		Concreto armado de 3000 psi	Red Pública con diámetro mayor 700 mm (28 in)

Fuente: Normativa de alcantarillado sanitario condominial. Guía de criterios técnicos para el diseño de sistemas. INAA



CAPÍTULO IV DISEÑO METODOLÓGICO



En este capítulo se describe el desarrollo de implementación de Diseño de sistemas de alcantarillado tipo condominial de tres barrios del distrito seis de la ciudad de Managua. El estudio se realizó en base a los objetivos planteados en este documento, contemplado en dos etapas:

- 1. Etapa de conceptualización: Es la ejecución de los estudios básicos tales como: reconocimiento del sitio, estudios topográficos, estudios de censos o encuestas socioeconómicas y análisis de dotaciones de agua potable.*
- 2. Etapa de Diseño de Alcantarillado Sanitario: Conforme a los resultados obtenidos de los estudios básicos y aplicando los criterios de diseños nacionales e internacionales para proyectos de esta índole, se realizó el trazado geométrico de las redes, análisis hidráulico y se elaboró el alcance de las obras a realizarse.*

4. CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 ETAPA 1: CONCEPTUALIZACION

4.1.1 Caracterización del área de proyecto

Inicialmente se realizó visitas a las autoridades pertinentes en proyectos de saneamiento, se expuso el proyecto al departamento de diseño de ENACAL y al distrito seis de la alcaldía de Managua, los cuales proporcionaron respaldo técnico. En el proceso de reconocimiento del área, se realizó una movilización técnica y social a los barrios en estudio, estos fueron recorridos en su totalidad identificando: límites, ocupación del área, servicios básicos y problemática de la población. Estableciendo el primer contacto con la comunidad y sus líderes.

Se realizó un croquis de cada manzana, este boceto constituye el conjunto en planta del barrio, identificando cada lote según las escrituras solicitadas en algunas de las viviendas como referencia para definir la numeración de los lotes, que posteriormente se usó en el estudio socioeconómico.

4.1.2 Estudios topográficos

Se realizó el levantamiento planimétrico y altimétrico del área de proyecto. El equipo que se utilizó fue estación total Leica TS06. Se amarró el levantamiento a la red geodésica nacional a través del BM geodésico BM58, proporcionado por INETER con coordenadas UTM WGS-84 (Ver ficha en ilustración 3.1 del Anexo 3). A partir del BM58 se procedió a realizar BM de traslado designados con la nomenclatura APYAS3 y APYAS4³², ubicado en los barrios vecinos 19 de febrero y Villa Feliz (Ver ubicación de BM de traslado en ilustración 3.2 del Anexo 3) donde se ejecutó proyecto de alcantarillado denominado Grupo I en el año 2016 (Ver coordenadas y elevación de BM de traslado en tablas 3.1 y 3.2 del Anexo 3). Se consideran dichos BM debido a que las elevaciones de ambos proyectos deben

³² Informe topográfico "Diseño final del proyecto de abastecimiento de agua Potable y alcantarillado sanitario en 15 barrios de la Ciudad de Managua, departamento de Managua". Capítulo 5.

coincidir, ya que el caudal del Grupo I tendrá que descargar en la colectora **N°6** según el diseño propuesto de alcantarillado sanitario para Villa Reconciliación Sur. En el levantamiento topográfico de los barrios en estudio, se ubicaron BM en lugares visibles y accesibles como calles, avenidas principales, colegios e iglesias. Se representó: las cuencas de drenaje, levantamiento de obstáculos, levantamiento de detalles (aceras, postes de tendido telefónico, postes de tendido eléctrico, arboles, borde de cuneta, redes sanitarias y pluviales existentes, dimensiones de los anchos de frente de lote, anchos de calles y avenidas). Se tomaron secciones a cada 20 m ó menores cuando hubo cambios fuertes de nivel. Terminado el levantamiento se procedió a la elaboración de los planos topográficos bajo la plataforma de AutoCAD Civil 3D.

4.1.3 Estudio de población

4.1.3.1 Encuesta socio-económica

La empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL) a través del programa BID 2471/BL-NI, proporcionó el formato de encuesta a utilizar, el cual se dio a conocer a dirigentes políticos y al personal que se capacitó para realización de las encuestas. (Ver formato de encuesta en Anexo 1 y resultados en capítulo 5 de este documento). Se realizaron encuestas socioeconómicas casa a casa en el año 2017, con el fin de conocer el total de población a ser atendida por el proyecto y determinar el índice habitacional del mismo.

4.1.3.2 Índice poblacional

El índice poblacional, se obtuvo como el promedio del total de población censada entre el total de lotes censados. Obteniendo un resultado de **5.22 hab/viv**, para el diseño de la red se utilizará el valor de **6 hab/viv**, con el cual se obtendrá una mejor aproximación de la población, siendo este mayor que el índice de **5.20 hab/viv**, reflejado en censo 2005³³ para la población del país.

³³ VII Censo de población y IV de vivienda 2005, Cuadro 13. Viviendas particulares ocupadas, hogares, población y promedio de personas por vivienda y hogar, según distritos del municipio de Managua, censo 2005. Pág. 37.

4.1.3.3 Proyección de población

La población actual se estimó utilizando el método de proyección geométrica y el de saturación, con el fin de comparar ambos resultados y determinar el valor óptimo según las condiciones de crecimiento reales de los barrios en estudio. La proyección de la población a partir del método de saturación fue realizada en base al número total de lotes identificados en levantamiento topográfico, multiplicado por el índice habitacional obtenido en encuesta socio económico del año 2017.

Se procedió a realizar el método de proyección geométrico para estimar la población según el periodo de diseño que finaliza en el año 2038, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

1. Se calculó por el método geométrico las tasas de crecimiento anuales para el área urbana del departamento de Managua, en base a los datos del censo nacional de 1995 y 2005, obteniendo un resultado de **2.71%**.
2. Se obtuvo tasa de crecimiento basándose en el estudio³⁴ realizado por ENACAL “Plan maestro de alcantarillado sanitario de Managua” (PMASM). En este estudio se determina dos tasas de crecimientos anuales, los resultados del estudio reflejan tasas anuales de crecimiento para el área de Managua del 3.3% para el período 1995-2010 y 3% para el período 2010-2020.
3. A partir de la población actual estimada en el año 2017 según encuesta socioeconómica, se procedió a proyectar la población, utilizando la tasa de crecimiento PMASM para el período 2010-2020 igual al **3%**, se decide utilizar esta tasa de crecimiento ya que es mayor a la calculada y está en el rango según norma de INNA.

Se obtuvo como resultado del método de saturación una población de **12,318** habitantes y por el método geométrico se obtuvo un valor de **13,465** habitantes para el año 2038, según dicho análisis la población se saturará antes del final del periodo de diseño entre 13 y 18 años, inicialmente se propuso proyectar la

³⁴ Plan maestro de alcantarillado sanitario de Managua, Población existente y proyección de población Capítulo 3.19

población a 20 años. Por lo tanto, para el cálculo de la población de diseño se utilizó el método de saturación.

4.1.4 Análisis de dotación de agua potable

El valor de dotación estimada para el proyecto se fundamentó considerando el análisis de dos alternativas:

1. Normas técnicas del INAA

Las normas técnicas del INAA³⁵ asignan un valor determinado a las dotaciones per cápita a utilizarse en los proyectos de alcantarillado sanitario. En el caso concreto para la ciudad de Managua, en barrios con zonas de alta densidad se utilizan dotaciones de **160 lppd**. Ver tabla 3.2 Dotaciones de Agua para la ciudad de Managua, según clasificación de barrios, capítulo 3 de este documento.

2. Datos operativos comercialización ENACAL

Las normas técnicas del INAA también indican que las dotaciones se podrán fijar en base al comportamiento real de la demanda de agua. Debido a que los barrios en estudio cuentan con el 87% de conexiones de agua potable legales, se obtuvo un promedio de datos de consumo proporcionado por el departamento de comercialización, comprendido en el período de septiembre 2017 a febrero 2018. Originando un promedio mensual de **166.54 lppd**.

3. Selección de dotación

Después de analizar los criterios mencionados anteriormente, se optó por utilizar la dotación mayor, siendo esta el promedio de dotaciones de los últimos seis meses según el registro de dotaciones de ENACAL con un valor de **166.54 lppd**.

4.1.5 Aforos en colectora X

Se efectuó un aforo de aguas residuales en la colectora X aprobado por ENACAL a la empresa ABM-PROCAD-EDICO. Esta empresa realizó estudios de factibilidad

³⁵ Capítulo III – Cantidades de Aguas residuales Numeral 3.2.1, tabla 3-1. guías Técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales de INAA.

para diseños de alcantarillado sanitario de barrios del distrito 7 en febrero del año 2012. ENACAL definió la ubicación de los aforos en un pozo de visita ubicado a 800 metros al norte del portón de la empresa café soluble, frente al portón de la zona franca Roo Hsing Garment. Ver imagen de sitio donde se realizó el aforo de aguas residuales y el acople de la red en ilustración 4.1 del Anexo 4.

4.2 ETAPA 2: DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

4.2.1 Trazado geométrico de las redes

La ruta del trazado de las redes se realizó en base al levantamiento topográfico, una vez elaborados los planos de conjunto y curvas de nivel con el software AutoCAD Civil 3D. Se consideraron las características topográficas que facilitarán un adecuado drenaje de las aguas servidas por gravedad determinando los diámetros, longitudes, pendientes y profundidades de tuberías.

4.2.1.1 Definición de ramales condominiales

Según la topografía, se define el trazo del ramal que atenderá cada manzana, conectando todas las edificaciones hasta un punto de cota más baja, dicho punto se conecta a la red pública. Una manzana puede tener más de un ramal condominial, esto depende de las cotas y el drenaje natural del terreno. Una vez efectuado el trazo probable del ramal condominial, en coordinación con ENACAL y líderes del barrio, se deberá aprobar las alternativas del trazado propuesto.

Se realizaron reuniones individuales con la población donde la tubería del ramal pasará por el fondo del lote. La aceptación del trazo de los ramales de los pobladores se formalizará por ENACAL durante la ejecución del proyecto, a través de un documento denominado “Acuerdo de Adhesión”, donde los pobladores del condominio que tengan afectaciones aceptarán el trazado de ramal propuesto por el proyectista. (Ver documento en Anexo 2).

4.2.1.2 Definición de red pública

Una vez definido los ramales condominiales se realizó el trazo de las redes principales ó públicas en base a los puntos de descarga de cada uno de los ramales condominiales, definiendo de esta manera el trazo de la red pública, tomando en cuenta las elevaciones del levantamiento topográfico, procurando adecuarse a las pendientes naturales del terreno. La descarga total se ubicó en el punto de cota más baja, la numeración del pozo de visita sanitario que recoge todo el caudal de aporte es el **PVS88**. Trazando una línea de descarga hacia el punto de acople con la colectora X.

4.2.2 Análisis hidráulico

Para determinar los elementos que componen la red del sistema de alcantarillado sanitario condominial de los barrios en estudio, se tomaron los estudios básicos del proyecto, descritos anteriormente en la etapa 1 y los criterios de Diseño que se presentan en las normas técnicas de INAA. Las redes de recolección fueron diseñadas utilizando el sistema de ramales condominiales y sistema convencional. El análisis hidráulico da inicio con el cálculo de los caudales de diseño de los ramales condominiales, obteniendo así el aporte puntual de cada uno de los ramales a la red principal.

Se consideró un caudal de aporte de **13.28 lps**, que representa el caudal que generan los barrios aledaños: Pedro Betancourt, 19 de Febrero y Villa Feliz, el cual descargara en el **PVS 73** del diseño propuesto en este proyecto. Este dato fue proporcionado por ENACAL. En el año 2016 el departamento de Alcantarillado de ENACAL realizó una colectora desde el pozo **PVS 10** del diseño denominado grupo 1, atravesando el sector 2 del barrio Villa Reconciliación Sur, hasta el punto de acople de la colectora X. En el proceso de diseño de la red de colectoras, en coordinación con el departamento de diseño y de alcantarillado de ENACAL, se tomó la decisión de eliminar la colectora construida en el año 2016 y proponer la colectora **N°6** que toma en cuenta el caudal del grupo 1 y los ramales del sector 2 del Barrio Villa reconciliación, usando el mismo punto de acople de colectora X.

Según los resultados obtenidos del aforo son los siguientes: el diámetro de la tubería es de 600 mm (24”), la capacidad a tubo lleno de esta colectora es de **1,074.5 lps**, La tubería trabaja en el rango de 25% a 27% de su capacidad, los caudales medidos fueron de 148.02 lps para el caudal mínimo y de 445.77 lps para el caudal máximo, con un promedio de **280.52 lps**. Los resultados del estudio de caudales indican que la colectora tiene la capacidad para transportar las aguas residuales del diseño propuesto, estimado en **62.07 lps**. A si mismo se consideró el caudal de aporte del Barrio Villa Reconciliación norte **45.43 lps**, que transita a través de la alcantarilla situada entre los PVS 287 y PVS 288. Ver estudio completo de medición de caudal de aguas residuales indicado por ENACAL³⁶.

Una vez obtenidos los caudales de diseño y revisada la capacidad hidráulica de la colectora, se calcularon detalladamente cada uno de los tramos que forman parte de la red principal, determinando diámetros, velocidades y cálculos topográficos para la determinación de los niveles de entrada y salida de los colectores, así como las profundidades de pozos.

Para estimar el cálculo hidráulico, se usarán los criterios de tensión de arrastre y la fórmula de Manning, la cuál es la más recomendable por su sencillez siendo práctica en la aplicación en alcantarillas, colectores y canales. Se considera que el flujo en las tuberías de alcantarillado es uniforme y permanente, donde el caudal y la velocidad promedio permanece constante para un determinado tramo de tubería.

Se aplicó las formula de Manning para tuberías con sección parcialmente llena para determinar las relaciones hidráulicas reales (velocidad y condiciones de escurrimiento), se calculó la relación entre el caudal de diseño del tramo y el caudal a tubo lleno (q/Q), este valor se introdujo a la tabla 3.7 (Relaciones de caudal velocidad y tirantes para tuberías parcialmente llenas), ver tabla en capítulo 4, de

³⁶ Informe final Alcantarillado Sanitario Grupo I. “Diseño final del proyecto de abastecimiento de agua Potable y alcantarillado sanitario en 15 barrios de la Ciudad de Managua, departamento de Managua”. Consultor ABM-PROCAD-EDICO. Capítulo 4.

donde se obtienen las relaciones de tirantes diámetro (d/D), velocidad (v/V) y radio hidráulico (rh/Rh), los cuales fueron utilizados en el cálculo de tirante, velocidad y tensión de arrastre del conducto, estas fueron diseñadas para trabajar como máximo a media sección, destinando la mitad superior de los conductos para la circulación de los gases y como un valor de seguridad para que estos no fluyan totalmente llenos.

Se asignó en cada tramo una cobertura de 1.20 metros, sobre la corona de la tubería, la cual se irá profundizando a través de la pendiente longitudinal. A las cámaras de inspección de los ramales condominiales se le asignó una cobertura de 0.50 m a 0.60 m, tomando en cuenta minimizar los volúmenes de excavaciones, ya que se encuentran ubicados en zonas protegidas y no existe circulación de vehículos.

El diámetro utilizado para el diseño, es el establecido en la normativa alcantarillado sanitario condominial de INAA, de 4 pulgadas (100 mm), para redes condominiales y de 6 pulgadas (150 mm), para redes la red principal, el cual fue revisado en conjunto con la pendiente, para determinar que el diámetro del conducto en cada tramo analizado sea el idóneo. El diámetro de cualquier tramo de tuberías será igual o mayor que el del tramo anterior y por ningún motivo menor.

Se utilizó pendientes mínimas que garanticen una velocidad de 0.3 m/s con el caudal de diseño y 0.45 m/s a tubo lleno, así como también pendientes máximas que generen velocidades igual o mayor a 3 m/s. De este proceso se identifica como pendiente mínima aquella que propicia la tensión de arrastre de 1 Pa y como máxima aquella que propicia las velocidades de diseño.

Para el cálculo de la tensión de arrastre se toma en cuenta el radio hidráulico, peso específico del líquido y la pendiente mínima por tramo. El resultado obtenido deberá ser mayor al valor mínimo recomendado de 1 Pa, de lo contrario se cambiará la pendiente, evitando sedimentación en las tuberías y garantizar la remoción de partículas hasta de 1 mm de diámetro.

Para todo cambio de alineación sea horizontal o vertical se incluyó una pérdida de carga a la entrada y salida del pozo de visita sanitario, igual a $0.25 \frac{V_m^2}{2g}$, donde V_m es la velocidad a caudal medio y g la aceleración de la gravedad, en ninguno de los casos debe ser menor de 3 cm.

4.2.3 Elaboración del presupuesto

Una vez realizados los diseños finales con la definición de todos los elementos del sistema de alcantarillado sanitario condominial, se procedió a elaborar el costo total de inversión del proyecto que incluye los costos de: redes públicas, ramales condominiales y dispositivos de inspección. Se ha seleccionado para la construcción de las redes, tubería de cloruro de polivinilo (PVC). Norma ASTM 2241, ASTM 3034, ASTM F-949, o similar. Para los diámetros iguales y menores a 300 mm (12 in) con un SDR 41. El presupuesto para los ramales condominiales será elaborado de acuerdo a una serie de consideraciones que se presentan a continuación:

-) Extensión de los ramales condominiales: relacionada directamente con la longitud de tuberías de las manzanas a las que se le dará el servicio.
-) Profundidad de los ramales: determina los volúmenes de excavación y relleno de las zanjas.
-) Cajas de inspección: están en función directa al número de conexiones consideradas y la ubicación del ramal.
-) Pozos de visita: Cantidad total de pozos diámetro y profundidades de los mismos.
-) Costos unitarios directos de material, mano de obra y equipos a utilizar durante la ejecución del proyecto.
-) Costos administrativos, imprevistos, utilidades e impuestos.
-) Los costos a utilizar son actualizados, en el periodo comprendido entre los meses de abril a agosto del 2018.



CAPÍTULO V CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para lograr un diseño óptimo del sistema de red de Alcantarillado Sanitario Condominial fue necesario la realización de encuestas socioeconómicas, con el fin de obtener un diagnóstico que nos permita conocer datos actuales de población para estimar la demanda del servicio de Alcantarillado. (Ver formato de encuesta en Anexo 1).

La red propuesta, se diseñó como un sistema mixto: ramales condominiales para conexión de viviendas y redes públicas diseñadas con parámetros del sistema convencional, como alternativa de menor costo, adecuando la metodología del sistema condominial a la situación real del sitio.

En el presente capítulo se presentan los cálculos y resultados de: encuesta socioeconómica, estimación de caudales, análisis hidráulico y alcance general de obras.

5. CAPITULO V: CALCULOS Y RESULTADOS

5.1 ESTUDIO SOCIOECONOMICO

5.1.1 Distribución de población

5.1.1.1 Cantidad de habitantes por vivienda

En los barrios 14 de Febrero, Villa Reconciliación Sur y Anexo Villa Reconciliación Sur, se encontró un total de 2,053 lotes de los cuales 1,759 son viviendas, de estas se censaron 1,443 con un resultado de población de 7,453 habitantes con un índice habitacional promedio de 5.22 hab/viv, lo que representa una muestra de 82.10 %.

En la tabla 5.1 se muestran en resumen la distribución de la población por barrios, en cantidades de viviendas y población, además del índice habitacional. Se puede apreciar que el barrio 14 de Febrero representa el 11% de la población total siendo este el más pequeño, con una población de 837 hab en 153 viv, mientras que Villa Reconciliación Sur cuenta con 5,299 hab, en 1,030 viv, aproximadamente el 71% del total de población siendo este el de mayor área y concentración de la población, el Anexo Villa Reconciliación Sur representa el 18% restante, con una población de 1,317 hab en 260 viv.

Tabla 5-1: Cantidad de habitantes por vivienda

BARRIO	VIVIENDAS CENSADAS		
	Viviendas	habitantes	hab./vivienda
14 de Febrero	153	837	5.47
Villa Reconciliación Sur	1,030	5,299	5.14
Anexo Villa Reconciliación Sur	260	1,317	5.06

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

Según los diagnósticos obtenidos de las encuestas realizadas en los barrios en estudio, se realizó una distribución de la población en rangos de habitantes por vivienda, estos están comprendido de 1-4, 5-10, 11-15 y más de 15 hab/viv, observándose que en general se puede observar que el 50% de las viviendas habitan entre 5 a 10 personas, el 45% entre 1 a 4 hab/viv, 4% entre 11 a 15 hab/viv

y solo 1% de las viviendas viven más de 15 personas. Esta distribución de rango de habitantes por vivienda por barrio se puede apreciar detalladamente en la tabla 5.2.

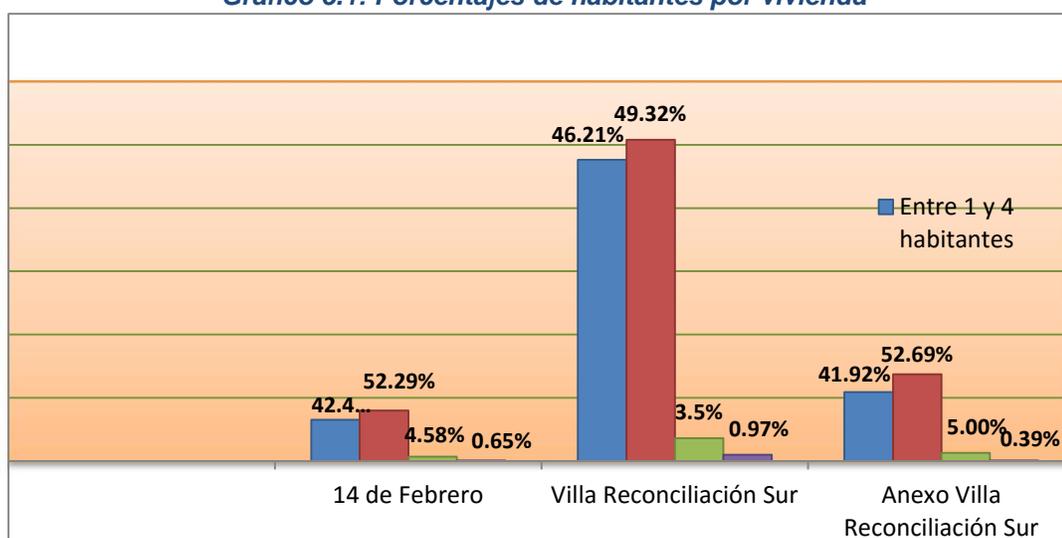
Tabla 5-2: Rango habitantes por vivienda

BARRIO	PERSONAS POR VIVIENDA				TOTAL
	Entre 1 y 4	Entre 5 y 10	Entre 11 y 15	Más de 15	
14 de Febrero	65	80	7	1	153
Villa Reconciliación Sur	476	508	36	10	1030
Anexo Villa Reconciliación Sur	109	137	13	1	260
TOTAL	650	725	56	12	1443

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

En el gráfico 5.1 se muestran los porcentajes según los rangos de hab/viv para cada uno de los barrios, donde se puede apreciar que la mayoría de concentración de personas por vivienda está en rangos de 1 a 4 y de 5 a 10 hab/viv con porcentajes promedios de 45.05% y 50.24% respectivamente, lo cual demuestra el índice de hacinamiento mencionado anteriormente.

Gráfico 5.1: Porcentajes de habitantes por vivienda



Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.1.2 Población por género y rango de edades

Los resultados de la encuesta revelan que de la población total de los barrios en estudio el 51.2% son mujeres y el 48.8% son hombres. Alrededor del 38.64% de la población de los barrios, está constituida por niños de 18 años o menos y sólo un 3.81% de los pobladores son personas que superan los 60 años de edad. Esto corresponde a que un número significativo de los pobladores forman parte de la población económicamente activa.

Tabla 5-3: Distribución por género y rango de edades

Barrios	Población Maestral por Género y Rango de Edades								
	Género	Total Habitantes	Menos de 1 año	De 1-5 años	De 6-12 años	De 13-18 años	De 19-25 años	De 26-60 años	Más de 60 años
14 de Febrero	Mujeres	433	8 (1.85%)	40 (9.25%)	52 (12.00%)	55 (12.70%)	69 (15.94%)	195 (45.03%)	14 (3.23%)
	Hombres	404	6 (1.49%)	44 (10.89%)	51 (12.63%)	61 (15.10%)	75 (18.56%)	156 (38.61%)	11 (2.72%)
	Total	837	14 (1.67%)	84 (10.07%)	103 (12.32%)	116 (13.9%)	144 (17.25%)	351 (41.82%)	25 (2.98%)
Villa Reconciliación Sur	Mujeres	2,722	80 (2.94%)	200 (7.35%)	347 (12.75%)	338 (12.42%)	405 (14.88%)	1238 (45.48%)	114 (4.18%)
	Hombres	2,577	56 (2.16%)	245 (9.50%)	410 (15.90%)	358 (13.88%)	388 (15.04%)	1027 (39.84%)	95 (3.68%)
	Total	5,299	136 (2.56%)	445 (8.43%)	757 (14.33%)	696 (13.15%)	793 (14.96%)	2265 (42.66%)	209 (3.93%)
Anexo Villa Reconciliación Sur	Mujeres	664	20 (3.01%)	50 (7.53%)	86 (12.95%)	92 (13.86%)	87 (13.10%)	297 (44.73%)	32 (4.82%)
	Hombres	653	15 (2.29%)	63 (9.65%)	115 (17.61%)	88 (13.48%)	91 (13.94%)	263 (40.28%)	18 (2.75%)
	Total	1,317	35 (2.65%)	113 (8.59%)	201 (15.28%)	180 (13.67%)	178 (13.52%)	560 (42.52%)	50 (3.79%)
TOTAL		7453	185 (2.48%)	642 (8.61%)	1061 (14.24%)	992 (13.31%)	1115 (14.96%)	3176 (42.61%)	284 (3.81%)

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.2 Situación de la vivienda

5.1.2.1 Uso que se le da a la propiedad

Los datos del catastro levantados en las encuestas de hogar realizado en los Barrios 14 de Febrero, Villa Reconciliación Sur y Anexo Villa Reconciliación Sur, revelaron la existencia de 2053 lotes distribuidos de la siguiente manera:

- J) En el barrio 14 de Febrero, 164 lotes de las cuales 164 son viviendas y 9 son vivienda negocio siendo estas pulperías. No se encontraron negocios, iglesias ni lotes vacíos, por lo que la población se encuentra saturada.
- J) El barrio Villa Reconciliación Sur, consta de 1528 lotes, de los cuales 1172 son viviendas y 111 viv/negocio. Cuenta con una importante actividad económica en relación con los demás barrios en estudio debido a que cuenta con un total de 68 negocios como talleres, ferreterías, venta de repuestos, venta de madera, chatarreras, etc. Además, existen 69 lotes vacíos que da lugar a un crecimiento futuro de la población.
- J) El barrio Anexo Villa Reconciliación Sur, consta de 361 viviendas, de los cuales, 293 son viviendas y 19 viv/negocio, además cuenta con 8 negocios como fábrica de ropa, constructora, bloquera, etc. Lo que representa plazas de trabajo para sus pobladores, también cuenta con 10 lotes vacíos.

La expansión de la población, dadas las limitaciones de borde de los barrios, será hacia su saturación y a largo plazo, hacia la expansión vertical de las viviendas o la migración de los pobladores hacia otros barrios. Esta información se puede ver a detalle en la tabla 5.4.

Tabla 5-4: Uso que se le da a la propiedad

BARRIOS	Vivienda	Vivienda Negocio	Negocio	Vacíos	Iglesias	Escuelas	Mismo Lote	Total
14 de Febrero	155	9	0	0	0	0	0	164
Villa Reconciliación Sur	1172	111	68	69	14	5	89	1528
Anexo Villa Reconciliación Sur	293	19	8	10	5	0	26	361
TOTAL	1620	139	76	79	19	5	115	2053

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

En general se puede decir que el 85.68% del total de lotes son usadas con fines habitacionales, el 10.47% de las viviendas presentan actividad económica con negocios propios que generan ingresos a las familias.

5.1.2.2 Estatus legal, uso y posesión de la vivienda

Con relación al estatus legal del uso y posesión de las viviendas en los barrios en estudio, la encuesta reveló que 1,004 de las viviendas tienen escritura que sustente la tenencia de la propiedad, lo que en promedio representa el 69.58%, el 21.83% de las familias poseen solvencia de la propiedad, de lo que se concluye que el 91.41% de las familias poseen viviendas propias esto indica que no se presentara cambios bruscos en los índices de hacinamiento, mientras que el restante 8.59% de las familias alquilan, están posando o afirman ser propietarias aunque no poseen documentos que lo acrediten. Dicha información se representa tanto en la tabla 5.5.

Tabla 5-5: Estatus Legal y tenencia de la vivienda

Barrios	Propia con Escritura	Propia sin Escritura (Solvencia)	Alquilada	Cedida o Prestada	Otro	Total
14 de Febrero	144	3	4	2	0	153
Villa Reconciliación Sur	723	216	72	14	5	1,030
Anexo Villa Reconciliación Sur	137	96	21	5	1	260
TOTAL	1004	315	97	21	6	1443

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.2.3 Material de las viviendas

De acuerdo con los resultados de la encuesta realizada el 78.10% de las viviendas encuestadas poseen paredes de bloque el 21.82% tienen paredes inadecuadas, las mismas tienen carácter temporal o están hechas de ripios o zinc. El 99.65% de las viviendas encuestadas tienen techos de zinc, el 17.95% tienen piso de tierra, de lo que se obtiene como indicativo que las viviendas de los barrios en estudio poseen condiciones medias de habitabilidad.

5.1.2.4 Estado físico de las viviendas

Según el análisis realizado de las encuestas en los tres barrios en estudio, muestra que en general las viviendas se encuentran en condiciones de regulares a buenas con el 49.06% y 38.32% respectivamente, lo que representa el 87.38% del total de viviendas, y tan solo el 12.62% de las mismas se encuentran en malas condiciones. (Ver Tabla 5.6).

Según el Informe INIDE/INEC³⁷ del Censo 2005, revelan que para ambos barrios tienen en promedio un índice de vivienda inadecuada del 25% de las viviendas existentes. Esto hace indicar que la calidad de las viviendas aumento en un 12.38 % en un periodo de 12 años, lo cual confirma el aumento en la economía del sector.

Tabla 5-6: Estado físico de las viviendas de la muestra

Barrio	Estado Físico de las Viviendas de la Muestra Encuestada			
	Bueno	Regular	Malo	TOTAL
14 de Febrero	62 (40.52%)	69 (45.10%)	22 (14.38%)	153
Villa Reconciliación Sur	390 (37.86%)	518 (50.30%)	122(11.84%)	1030
Anexo Villa Reconciliación Sur	101 (38.84%)	121 (46.54%)	38 (14.62%)	260
TOTAL	553 (38.32%)	708 (49.06%)	182 (12.62%)	1443

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.3 Servicios comunitarios

5.1.3.1 Educación

En lo que se refiere al sector de educación, los pobladores de los Barrios en estudio cuentan con 5 centros educativos que atienden desde preescolar hasta secundaria, Siendo el Instituto Reina Sofía el de mayor importancia ya que se encuentra equipado con la infraestructura de los centros educativos de los Distritos VI y VII. Además, se encontró que del total de población 2,278 personas asisten regularmente a clases siendo aproximadamente el 36.6% y 4,725 personas no estudian lo que equivale a un 63.4%. Según la tabla 3.3, de este capítulo, se

³⁷ Managua en Cifras INIDE/INEC 2005, CUADRO 2: Principales Indicadores De Pobreza Al Menor Nivel De Degradación Geográfica

encuentran 3995 niños y adolescentes en edad de estudiar con edades que comprende desde 1 a 25 años, lo que quiere decir que el 42.97% de la población en edad de estudiar no asisten ni culminan sus estudios. (Ver tabla 5.7).

Tabla 5-7: Educación

Barrios	Estudia	
	SI	NO
14 de febrero	311	526
Villa Reconciliación Sur	1,905	3,394
Anexo Villa Reconciliación Sur	512	805
Total	2728	4725

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

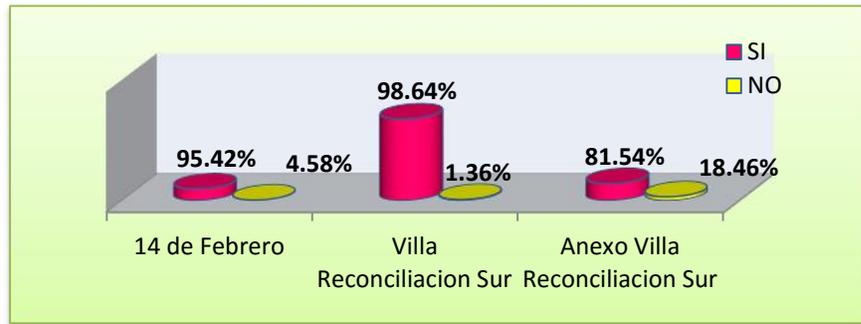
5.1.3.2 Salud

Los pobladores de los Barrios en estudio tienen acceso al equipamiento de servicios de salud con el que cuenta el Distrito VI, en el que se ubica el Hospital Alemán Nicaragüense, posee capacidad para brindar atención médica a nivel primario en las ramas materno-infantil, medicina general, cirugía clínica, consulta externa, vacunación, control prenatal, atención de partos, planificación familiar y emergencias.

5.1.3.3 Recolección de basura

De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta socioeconómica (Ver tabla 5.8 y gráfico 5.2, el 91.87% de las viviendas de los Barrios en estudio, reciben atención mediante el servicio municipal de recolección de basura, el resto de los pobladores que representa el 8.13% de las viviendas depositan la basura en botaderos públicos, queman las basuras o la botan en lugares cercanos como el cauce que atraviesa los barrios, formándose una problemática ambiental expuesta en el capítulo II del presente documento monográfico.

Gráfico 5.2: Recolección de basura



Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

Tabla 5-8: Servicio público de recolección de basura

BARRIO	ACCESO A SERVICIO PUBLICO DE RECOLECCION DE BASURA		
	SI	NO	TOTAL
14 de Febrero	146	7	153
Villa Reconciliación Sur	1,016	14	1,030
Anexo Villa Reconciliación Sur	212	48	260
Total	1374	69	1443

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.4 Servicios básicos

5.1.4.1 Alumbrado domiciliario

La tabla 5.9 muestra que solo 2 de 1443 hogares encuestados no cuentan con alumbrado domiciliario lo que equivaldría apenas al 0.14% del total de viviendas encuestadas.

Tabla 5-9: Alumbrado domiciliario

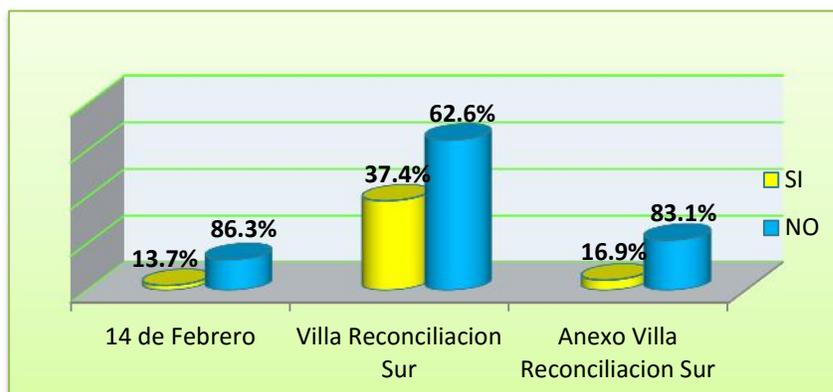
BARRIO	DISPONEN DE ALUMBRADO DOMICILIAR		
	SI	NO	TOTAL
14 de Febrero	153	0	153
Villa Reconciliación Sur	1,028	2	1,030
Anexo Villa Reconciliación Sur	260	0	260

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.4.2 Alumbrado público

El 77.33% de la población de los barrios en estudio no cuentan con el servicio de alumbrado público, siendo este uno de los servicios básicos más desatendido, la gran mayoría de la población pagan por un servicio de alumbrado público deficiente. Ya que prácticamente no existe el servicio de alumbrado público, y la población continúa pagando por el mismo, un monto que varía de acuerdo al consumo de alumbrado domiciliario que reflejan las facturas. (Ver gráfico 5.3).

Gráfico 5.3: Alumbrado público



Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.4.3 Servicio de telefonía convencional

Las Encuestas revelaron que solo una pequeña parte de la población cuenta con el servicio de telefonía convencional con un estimado del 17.46%, el 82.54% restante no cuentan con el servicio de telefonía. (Ver tabla 5.10).

Tabla 5-10: Servicio de telefonía convencional.

BARRIO	DISPONEN DE SERVICIO DE TELEFONIA CONVENCIONAL		
	SI	NO	TOTAL
14 de Febrero	41	112	153
Villa Reconciliación Sur	193	837	1,030
Anexo Villa Reconciliación Sur	18	242	260
Total	252 (17.46%)	1191 (82.54%)	1443

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017.

5.1.4.4 Vialidad pública

Los pobladores de los Barrios en estudio alegaron en su 97.64% tienen acceso a vialidad pública (Ver tabla 5.11). En general las calles de estos barrios se componen por calles y callejones de tierra, además cuentan con dos pistas principales como la de camino solo y la pista la Reynaga. Estos barrios se encuentran rodeados por calles pavimentadas en los alrededores, pero a lo interno solo villa reconciliación sur cuenta con 3 calles adoquinadas.

Tabla 5-11: Acceso a vialidad pública

BARRIO	ACCESO A VIALIDAD PUBLICA		
	SI	NO	TOTAL
14 de Febrero	145	8	153
Villa Reconciliación Sur	1,008	22	1,030
Anexo Villa Reconciliación Sur	256	4	260
Total	1409 (97.64%)	34 (2.36%)	1443

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.5 Servicio de agua potable

5.1.5.1 Abastecimiento

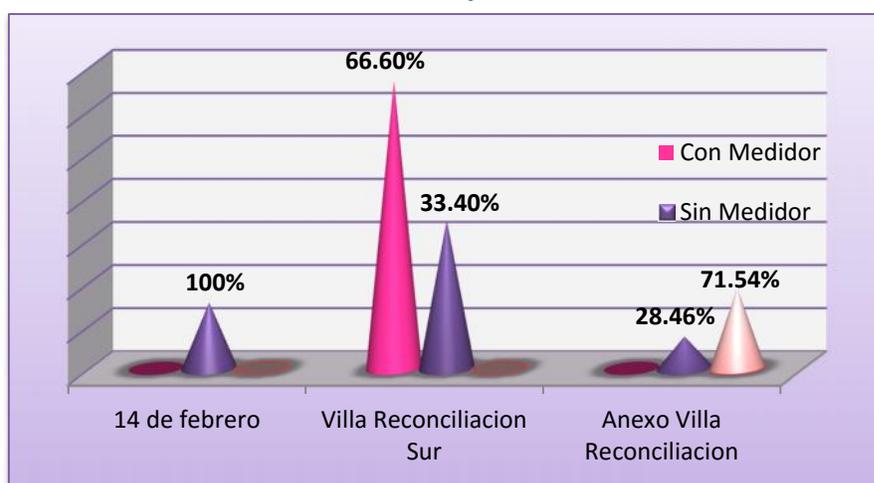
Los Barrios en estudio están equipados con subsistemas de distribución de agua potable abastecidos principalmente por el sistema de pozos de sabana grande. El porcentaje de cobertura del servicio de agua potable de los Barrios Villa Reconciliación Sur y 14 de Febrero es al 100%, teniendo redes de distribución que cumple con las normas mínimas de diseño, cabe mencionar que únicamente el barrio Villa Reconciliación Sur tienen medidores de agua potable, lo que a nivel particular representa el 66.6% con un total de 686 conexiones, sin embargo el barrio Anexo Villa Reconciliación Sur presenta déficit en el servicio ya que 71.54% de las viviendas están conectados artesanalmente a otros barrios con diámetros inadecuados, solo el 28.46% están bajo la cobertura de ENACAL pagando el servicio con cuota fija. Ver tabla 5.12 y gráfico 5.4.

Tabla 5-12: Forma de abastecimiento de agua en las viviendas.

Barrios	Conex. Red ENACAL		Conectada a otra Vivienda	No Paga	Pipa, Carreta, Camión	Total de Viviendas encuestadas
	Con Medidor	Sin Medidor (Cuota Fija)				
14 de Febrero	0	153	0	0	0	153
Villa Reconciliación Sur	686	344	0	0	0	1,030
Anexo Villa Reconciliación Sur	0	74	0	186	0	260

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017.

Gráfico 5.4: Abastecimiento y conexión red ENACAL.



Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017.

5.1.5.2 Calidad de servicio

Durante la encuesta socioeconómica se levantó información que indica que la calidad de presión de servicio en el Barrio Villa Reconciliación Sur es alta con el 63.6%. En los barrios 14 de Febrero y Anexo Villa Reconciliación la presión de servicio es de baja a media con 26.9% y 55.7% respectivamente, debido a diferentes razones de orden técnico entre ellas se incluyen: la geometría de la red de distribución, el esquema operativo de funcionamiento hidráulico del sistema de agua potable y las conexiones ilegales con diámetros inadecuados. La tabla 5.13 muestra los resultados obtenidos para cada barrio.

Tabla 5-13: Presión de servicio en las viviendas

Barrio	Total viviendas encuestadas	Calidad de la presión		
		Alta	Media	Baja
14 de Febrero	153	40 (26.14%)	88 (57.52%)	25 (16.34%)
Villa Reconciliación Sur	1,030	655 (63.59%)	330 (32.04%)	45 (4.37%)
Anexo Villa Reconciliación Sur	260	32 (12.31%)	142 (54.62%)	86 (33.07%)
Total	1443	727 (50.38%)	560 (38.81%)	156 (10.81%)

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.5.3 Continuidad de servicio

De conformidad con los resultados de las encuestas muestran que los pobladores de los barrios en estudio reciben el servicio de agua potable 7 día/sem. Del 100% de las viviendas encuestadas para los tres barrios 85% tienen agua las 24 hr/día y el 17.60% la reciben por la noche y por la mañana en un promedio de 12 hrs/día. Ver tabla 5.14.

Tabla 5-14: Continuidad del servicio

Barrio	Total Casas. (c/u)	Días/Sem que Reciben Agua	Reciben Agua las 24 hrs	Momento del Día que Reciben el Agua			
				Por la Madrugada	Por la Mañana	Por la Tarde	Por la Noche
14 de Febrero	153	Diario	128	0	0	0	25
Villa Reconciliación Sur	1,030	Diario	940	2	37	8	43
Anexo Villa Reconciliación Sur	260	Diario	159	5	10	10	76
TOTAL	1443	Diario	1227	7	47	18	144

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.1.5.4 Facturación de servicio

En general de las 1,257 conexiones legales encuestadas, solo 82 viviendas tienen factura en reclamo lo que representa el 6.52% de la muestra. Donde el 56.10% de los casos alegan exceso de cobro en las facturas, el 34.15% asumen una mala lectura del medidor, con un promedio del tiempo en reclamo de facturas entre 6 meses a 1 año. El 49.55% de los casos no poseen ninguna factura pendiente de pago, el 37.56% tienen de dos a más facturas pendiente de las cuales tan solo el

0.48% dicen tener arreglos de pago. En la tabla 5.15 y 5.16 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5-15: Facturas pendientes de pago

Barrio	Facturas pendientes de pago					
	No. viviendas encuestadas	Tiene facturas pendientes de pago				
		Un Mes	Dos Meses	Más de dos	Ninguna	No Paga
14 de Febrero	153	6	13	20	114	0
Villa Reconciliación Sur	1,030	84	193	182	571	0
Anexo Villa Reconciliación Sur	260	8	13	23	30	186
Total	1443	98	219	225	715	186

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

Tabla 5-16: Facturas en reclamo

Barrio	Total viviendas	Facturas en reclamo							
		Facturas en reclamo		Razón de reclamo			Tiempo que tiene la factura en reclamo		
		SI	NO	Mala lectura del medidor	Exceso de cobro	Arreglo de pago	Un mes a seis meses	De seis meses a un año	Más de un año
14 de Febrero	153	4	149	0	4	0	4	0	0
Villa Reconciliación Sur	1,030	78	952	28	43	7	16	21	40
Anexo Villa Reconciliación Sur	260	0	74						
Total	1443	82	1175	28 (34.15%)	47 (56.10%)	7 (8.54%)	20 (24.40%)	42 (51.2%)	20 (24.40%)

Fuente: Encuesta socioeconómica realizado por los autores, año 2017

5.2 DESARROLLO

5.2.1 Estudio de población

La estimación de la población de diseño se realizó por el método de proyección geométrica y el de saturación.

5.2.1.1 Método de proyección geométrica

Para determinar las tasas anuales de crecimiento se analizó el historial de datos del INIDE para la ciudad de Managua y el estudio de proyección de población del Plan maestro de alcantarillado sanitario de Managua (PMASM), dado que el área de estudio no cuenta con datos oficiales de crecimiento de población. (Ver resultados en tabla 5.17 y 5.18 crecimiento poblacional y tasas de crecimiento de la población urbana del departamento de Managua, según datos censales 1995 y 2005.)

Tabla 5-17 Crecimiento de la población urbana del Departamento de Managua para el período de 1971-2005

Año	1971	1995	2005
P. Urbana Managua	396279	974188	1142456

Fuente: VIII censo de población y IV de vivienda censo 2005

Tabla 5-18 Tasa de crecimiento de la población departamento de Managua para el período de 1971-2005

Período	Tasa de crecimiento departamento de Managua
1971-1995	3.82%
1995-2005	1.61%
Promedio	2.71%
Tasa Norma	2.5% - 4%

Fuente: cálculos realizados por autores

Se decide estimar la población de diseño, a partir de la población actual estimada según encuesta 2018, con un valor 7,453 habitantes, con tasa de crecimiento

anual reflejadas en el PMASM del 3% para el período de (2010-2020), ya que esta tasa es mayor que la estimada. Los resultados se presentan a continuación en la tabla 5.19.

Tabla 5-19 Proyección de Población (PERÍODO 2018-2038)

PROYECCIÓN DE POBLACION	
Año	Proyección de población rg 3%
2018	7453
2020	7907
2025	9167
2030	10628
2035	12321
2038	13464

Fuente: cálculos realizados por autores

5.2.1.2 Método de saturación

El índice habitacional de los barrios en estudio se realizó en base al cálculo promedio de los índices de cada barrio, dando como resultado un valor de 5.22 hab/viv. (Ver tabla 5.1 del capítulo 5 de este documento). Para hacer un poco conservador el diseño, se optó por redondear el valor de índice habitacional al número inmediato superior 6 hab/viv. La población de diseño por el método de saturación resulta de multiplicar el número total de lotes por el índice habitacional.

Tabla 5-20 Población de saturación

Población de saturación		
Descripción	Unidad	Total
Total de lotes	lote	2053
Índice habitacional	hab/lote	6
Población Saturación	hab	12318

Fuente: cálculos realizados por autores

5.2.1.3 Elección de población de diseño

Después de analizar ambos métodos y sus resultados, se procede a utilizar el dato de población por el método de saturación. La población de saturación está en correspondencia con la población proyectada entre los años (2030-2035), lo que indica que los barrios se saturaran en ese período.

5.2.2 Estimación de caudales de diseño

5.2.2.1 Dotación de consumo

Al realizar el análisis de las alternativas para el cálculo de dotación a utilizar, mencionadas anteriormente en el capítulo 4, se optó por tomar como valor de consumo el historial de consumos de ENACAL, para el periodo de tiempo de septiembre 2017 a febrero 2018. (Ver resultados en tabla 5.21).

Tabla 5-21 Registro de dotaciones ENACAL

PROMEDIO CONSUMOS SEPTIEMBRE 2017 - FEBRERO 2018						
Barrio	Conexiones	Consumo m ³	Densidad Población hab/viv	Población hab	Dotación	
					lppd	gppd
14 DE FEBRERO	164	4,257	5.2	852.8	166.54	44
ANEXO VILLA RECONCILIACIÓN SUR	92	2,353	5.2	478.4	162.76	43
VILLA RECONCILIACIÓN SUR	1,528	39,487	5.2	7945.6	166.54	44
DOTACIÓN PROMEDIO DE MUESTRA					166.54	44

Fuente: Registro dotaciones de consumo, departamento de comercialización ENACAL

5.2.2.2 Caudal medio

Para el cálculo del gasto medio de las aguas residuales domésticas, se estimó con el 80% de la dotación del consumo de agua (coeficiente de retorno).

$$D \quad A = 44g \quad \times 0.8 \times 3.785 \frac{lt}{G} = 1.2 \quad l$$

$$Q_m = \frac{D \quad A \times P}{8}$$

$$Q_m = \frac{133.23 \quad l \quad \times 12318 \quad ha}{86400} = 1.9 \quad l$$

5.2.2.3 Caudal mínimo

Para el cálculo del gasto mínimo se aplicó lo siguiente:

$$Q_m = \frac{1}{5} \times Q_m$$

$$Q_m = \frac{1}{5} \times 19 \quad L = 3.8 \quad l$$

5.2.2.4 Caudal máximo

La estimación del gasto máximo de aguas residuales domésticas, se determina a partir de los coeficientes de variación de caudal K_1 y K_2

$$K = K_1 \times K_2 \quad 1.8 \quad H \quad 3$$

$$K_1 = 1.2$$

Según norma boliviana el coeficiente de caudal máximo horario K_2 varía de 1.5 a 2.2 según el tamaño de población. La población de diseño calculada para el proyecto es de 12,318 habitantes por lo tanto se utiliza un valor de $K_2 = 1.8$

$$K = 1.2 \times 1.8 = 2.1$$

$$Q_m = K \times Q_m$$

$$Q_m = 2.16 \times 19.00 \quad l = 4.1 \quad l$$

5.2.2.5 Caudal de infiltración

Para el cálculo del gasto producido por infiltración, se usará un coeficiente de 2 lts por cada 100m de tubería por cada 25 mm de diámetro.

$$Q_{i4"} = (2L/hr/100m \ t_1 /25m) \times \left(\frac{20,319.783m}{100m}\right) \times \left(\frac{1}{3600s}\right) \times 4 = 0.452l_1$$

$$Q_{i6"} = ((2L/hr)/100m \ t_1)/25m \times \left(\frac{3726.76m}{100m}\right) \times \left(\frac{1}{3600s}\right) \times 6 = 0.124l_1$$

$$Q_{i8"} = ((2L/hr)/100m \ t_1)/25m \times \left(\frac{1073.73m}{100m}\right) \times \left(\frac{1}{3600s}\right) \times 8 = 0.048l_1$$

$$Q_{i10"} = ((2L/hr)/100m \ t_1)/25m \times \left(\frac{148.34m}{100m}\right) \times \left(\frac{1}{3600s}\right) \times 10 = 0.010 \ l_1$$

$$Q_{i11"} = ((2L/hr)/100m \ t_1)/25m \times \left(\frac{1160.95m}{100m}\right) \times \left(\frac{1}{3600s}\right) \times 10 = 0.097l_1$$

$$Q_{i"} = Q_{i4"} + Q_{i6"} + Q_{i8"} + Q_{i10"} + Q_{i11"} = \mathbf{0.7 \ l_1}$$

5.2.2.6 Caudal por conexiones erradas

Se deben considerar los aportes provenientes de aguas pluviales, de malas conexiones, así como las conexiones clandestinas de patios domiciliarios. El cálculo del gasto de conexiones erradas se consideró como el 10% del gasto máximo.

$$Q_c = 1 \% \times Q_m$$

$$Q_c = 10\% \times 41.04 = \mathbf{4.1 \ l_1}$$

5.2.2.7 Caudales especiales (comercial, industrial e institucional)

Aporte de caudal institucional

Durante la ejecución de encuesta socioeconómica se visitó los colegios ubicados en el área del proyecto, para conocer los datos específicos de la matrícula de los 5 colegios. Resultando el colegio público Reina Sofía el de mayor población estudiantil con un valor de **1700** alumnos, atendiendo educación primaria y secundaria.

Se comparó los datos de educación y la cantidad de personas en edad de estudiar. Considerando el valor de las encuestas realizadas, se encontró que del total de población encuestada estudian **2,278** personas, Así como también se analizó la distribución de la población por rango de edades de 1 a 18 años en el cuál se encuentran **2,695** personas en edad de estudiar, con el fin de comprobar los datos proporcionados por la dirección de los centros de estudio. (Ver tabla 5.2 y 5.8 en el capítulo 5 resultados estudio socioeconómico, donde se muestra los resultados mencionados anteriormente). En la tabla 5.22 se muestran los caudales de aporte de cada uno de los colegios.

Tabla 5-22 Caudal Institucional

Caudal Institucional					
Colegios	Población Estudiantil/Docentes	Dotación lppd	Caudal medio lps	Harmon	Caudal máximo lps
Reina Sofia	1730	50	0.801	2.16	1.73
Buen Pastor	510	50	0.236	2.16	0.51
Shadai	143	50	0.066	2.16	0.143
Dynamic	215	50	0.100	2.16	0.215
Kinder	105	50	0.049	2.16	0.105
Total Caudal institucional					2.703

Fuente: cálculos realizados por autores

Aporte caudal público

Existen diversos negocios tales como: farmacias, oficinas, consultorio médico, chatarreras, cooperativas, etc. Los cuales se consideran como aporte doméstico porque son negocios pequeños y no cuentan con un número significativo de trabajadores. Se encuentran dos moteles el túnel en el barrio Villa Reconciliación Sur y el Belagio en el Anexo Villa Reconciliación Sur, para la aproximación del caudal de aporte de dichos moteles se asumirá que entre ambos atienden un promedio de 150 personas por día. Los resultados del caudal de aporte público, se muestran en la tabla 5.23.

Tabla 5-23 Caudal público

Caudal público					
Colegios	Personas x día	Dotación lppd	Caudal medio lps	Harmon	Caudal máximo lps
Belagio	75	70	0.049	2.16	0.105
Tunel	80	70	0.052	2.16	0.112
Total Caudal público					0.217

Fuente: cálculos realizados por autores

El dato tomado para caudales especiales es la suma de los caudales institucionales y públicos dando como resultado un valor de **2.92 lps**.

5.2.2.8 Caudal de aporte barrios vecinos Grupo 01

El diseño elaborado por ENACAL para la colectora No 4 del grupo 1, fue diseñado para una población de 3,515 habitantes y 667 conexiones, generando como caudal de aporte 13.28 lps, concentrándolo en el PVS 73 de la colectora No 14 del diseño Villa reconciliación Sur. En la siguiente tabla se muestra los caudales de aportes de los barrios que conforman el grupo 1.

Tabla 5-24 Caudal aporte Grupo 01

Caudales aporte Grupo 01		
Descripción	Unidad	Resultado
Villa Feliz	lps	6.04
19 de Febrero	lps	4.92
Pedro Betancourt	lps	2.32
Total, aporte	lps	13.28

Fuente: cálculos realizados por autores

5.2.2.9 Caudal de diseño

La estimación del caudal de diseño es la suma de las contribuciones antes señalada.

$$Q_d = Q_m + Q_{ti} + Q_c + Q_e + Q_g$$
$$Q_d = 41.040 \text{ l} + 0.73 \text{ l} + 4.104 \text{ l} + 2.92 \text{ l} + 13.28 \text{ l} = 66.074 \text{ l}$$

5.2.2.10 Caudal unitario

El caudal unitario resulta de la división del caudal medio entre el número de conexiones domesticas consideradas al inicio del proyecto, esto con el fin de dimensionar las tuberías, para que estas sean capaces de soportar la variación de caudal en todo el periodo de diseño.

$$q_u = \frac{Q_m}{\# c_i}$$

$$q_u = \frac{19.00 \text{ l/s}}{1828 c_i} = 0.0104 \text{ l/s/cn}$$

La siguiente tabla muestra en resumen los resultados para determinar caudal de diseño de aguas residuales.

Tabla 5-25 Caudal de diseño

Caudales de diseño		
Descripción	Unidad	Resultado
Población de saturación	hab	12318.00
Dotación agua potable	gppd	44.00
coeficiente de retorno		0.80
Caudal medio	lps	19.00
Caudal mínimo	lps	3.80
Factor de Harmon K		2.16
Caudal máximo	lps	41.04
Caudal infiltración	lps	0.73
Caudal conexiones erradas	lps	4.104
Caudales especiales	lps	2.92
Caudal grupo 1	lps	13.28
Caudal de diseño	lps	62.07

Fuente: cálculos realizados por autores

5.2.3 Análisis hidráulico de la red

Una vez definido el trazo geométrico y cálculo de caudales, se propone diámetros de tubería para la realización de cálculos topográficos considerando las condiciones del terreno, determinando las elevaciones de Inver de entrada y salida de cada uno de los colectores de acuerdo a las pendientes mínimas de tuberías que garanticen las condiciones de auto limpieza, con las cuales se determinan las

condiciones hidráulicas de la red , tales como: tensión tractiva, relaciones de caudales, velocidad mínima con las cuales se comprueban que el diámetro de la tubería propuesto cumpla con la capacidad hidráulica necesaria para transportar el caudal de diseño a una altura máxima de flujo del 75% del diámetro de la tubería.

Como herramienta de diseño para el análisis hidráulico se elaboró una memoria de cálculo con en el software **Microsoft Excel**. Se realizó cálculos hidráulicos de cada uno de los ramales condominiales, los cuales aportan caudales a los colectores de la red principal. Ver hojas de cálculo en anexo 7.

A continuación, se muestra a manera de ejemplo el cálculo de ramal condominial 01 el cual concentra su caudal de aporte en el PVS01, así mismo se muestra el cálculo del tramo PVS01 – PVS02 de la red principal.

5.2.3.1 Ejemplo de cálculo ramal condominial 01. Tramo caja de inspección #1 - #2

1. Caudal de aguas residuales

) Caudal medio

$$Q_m = \frac{p \text{ ó n a u m } \times d \text{ ó n A } r}{8}$$

$$Q_m = \frac{18 \times 133.23 \text{ l}}{86400} = 0.0 \text{ l}$$

) Caudal mínimo

$$Q_m = \frac{1}{5} \times Q_m$$

$$Q_m = 1.5 \text{ l}$$

) Caudal máximo

El coeficiente de Harmon calculado para el proyecto es de 2.16

$$Q_m = H \times Q_m$$

$$Q_m = 2.16 \times 0.0278 \text{ l} = 0.0 \text{ l}$$

) Caudal de infiltración

Para el cálculo del gasto producido por infiltración, se usará un coeficiente de 2 lts por cada 100m de tubería por cada 25 mm de diámetro.

$$Q_i = 2L/hr/100m \times \left(\frac{39.82 m}{100m}\right) \times \left(\frac{1}{3600s}\right) \times 4 = 0.0 \quad \text{li}$$

) Caudal por conexiones erradas

$$Q_c = 1 \% \times Q_m$$

$$Q_c = 10\% \times 0.06 = 0.0 \quad \text{li}$$

) Caudal de diseño

$$Q_d = Q_m + Q_{i1} + Q_c$$

$$Q_d = 0.06 \text{ li} + 0.0009 \text{ li} + 0.006 \text{ li} = 0.0 \quad \text{li} .$$

El valor que se acepta como flujo mínimo en cualquier tramo de la red de alcantarillado sanitario, es el que resulta de la descarga de un inodoro sanitario, de acuerdo a la norma brasileña (NBR 9649) $Q_{\min} = 1.50 \text{ lps}$. Por lo tanto, se propone un caudal de diseño de **1.50 lps**.

2. Cálculo topográfico. Tramo 1 CI#1- CI#2

) Pendiente del terreno

$$S_{1-2} = \left(\frac{N_{AA1} - N_{AA2}}{L_{1-2}} \right)$$

$$S_{t_{1-2}} = \left(\frac{99.24m - 98.822m}{39.82m} \right) \times 100 = 1.0 \%$$

) Pendiente de la tubería: La pendiente de la tubería se toma de acuerdo a la pendiente del terreno procurando sea igual a esta. La pendiente mínima debe garantizar que se cumpla con el criterio de tensión tractiva mínima de 1Pa.

$$S_{t_{1-2}} = 1.1 \%$$

) Las cotas Invert: son las que determinan la elevación de entrada y salidas de las tuberías en un dispositivo de inspección (Cajas de registro y pozos de visitas sanitarios).

Para el cálculo de cotas de Invert de las tuberías de ramales condominiales, se utilizará una cobertura mínima para tramos iniciales de 0.5 – 0.65 metros.

$$In_{s, 1-2} = N_{AA} - C$$

$$In_{s, 1-2} = 99.24 - 0.65m = 98.59m$$

$$In_{e, p, 2} = N_{d, s, 1-2} - (l_{d, t, p})$$

$$In_{e, p, 2} = 98.59 - (39.82 - 0.011) = 98.152m$$

3. Cálculo topográfico. Tramo 2: CI#2 - CI#3

) Pendiente del terreno

$$S_{2-3} = \left(\frac{N_{AA, 2} - N_{AA, 3}}{l_{2-3}} \right) \times 100$$

$$S_{2-3} = \left(\frac{98.822m - 98.684}{18.81m} \right) \times 100 = 0.73\%$$

) Pendiente de la tubería

$$S_{t, 2-3} = S_{2-3} = 0.74\%$$

) Pérdida de carga: Esta pérdida se da por el cambio de alineación vertical que se da a la entrada y salida de los dispositivos de inspección, se calcula con la velocidad real del flujo a caudal máximo calculada a partir de las relaciones elementales y esta no deberá ser menor a 3 cm³⁸.

$$hf = 0.25 \frac{V_d^2}{2g} \quad 0.03$$

$$hf = 0.25 \frac{(0.769)^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} = 0.0075 < 0.03$$

$$h = 0.03$$

Donde:

Vd: Velocidad real del flujo a sección parcialmente llena.

S: Pendiente de la tubería en m/m.

³⁸ Capítulo V – Hidráulica de las Alcantarillas, Numeral 5.4. Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales de INAA.

) Cotas invert.

$$\text{Inver}_s \quad 2-3 = \text{Inver}_e \quad 1-2 - hf_{2-3}$$

$$\text{Inver}_s \quad 2-5 = 98.152\text{m} - 0.03\text{m} = \mathbf{9.1 \quad m}$$

$$\text{Inver}_e \quad p = \text{Inver}_s \quad 2-3 - \text{Long}_{2-3} \times S_{2-3}$$

$$\text{Inver}_e \quad p = 98.122 - (18.81 \times 0.0074) = \mathbf{9.9 \quad m}$$

4. Cálculo hidráulico. Tramo 1: CR#1 - CR#2

Para el cálculo de velocidad se utilizó el coeficiente de rugosidad “n” Manning³⁹ para tuberías de material PVC. Para determinar el caudal, se calculó el área llena considerando diámetros de tuberías de 4”; así como, se aplicó la ecuación de continuidad. Durante el proceso de diseño del sistema se obtuvo el caudal de diseño, dato que se utilizará para el cálculo de tuberías parcialmente llenas.

Cálculo de tubería a sección llena

) Velocidad

$$V_{u \ 1-2} = 1/n \times 0.397 \times D^{2/3} \times S_{1-2}^{1/2}$$

$$V_{u \ 1-2} = 1/0.009 \times 0.397 \times (0.10\text{m})^{2/3} \times (0.011)^{1/2} = 0.997 \text{ m/s}$$

) Área

$$A_{u \ 1-2} = \pi/4 \times D^2$$

$$A_{u \ 1-2} = \pi/4 \times (0.10\text{m})^2 = 0.00785\text{m}^2$$

) Caudal

$$E \quad \text{ón d c} \quad id \quad Q = V \times A$$

$$Q_{u \ 1-2} = V_{u \ 1-2} \times A_{u \ 1-2}$$

$$Q_{u \ 1-2} = 0.997 \text{ m/s} \times 0.00785\text{m}^2 = 0.0078 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{u \ 1-2} = 7.8 \text{ l}$$

³⁹ Capítulo V – Hidráulica de las Alcantarillas, Numeral 5.1. Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales de INAA.

) Relación de Caudal

$$\frac{Q_a}{Q_u} = \frac{1.5 \text{ l}}{7.8 \text{ l}} = 0.19$$

Cálculo de tubería con sección parcialmente llena

Las alcantarillas se proyectan para funcionar a sección llena en condiciones críticas; por lo tanto, es necesario estimar velocidades reales cuando fluyen parcialmente llenas, haciendo uso de las relaciones entre los parámetros hidráulicos del flujo a sección llena y sección parcialmente llena empleando la Tabla de relaciones de caudal, velocidad y tirantes para tuberías parcialmente llenas (Ver tabla 3.7 en capítulo III, numeral 3.3).

) Relación de velocidad

$$\frac{Q_a}{Q_u} = 0.1 \quad R \quad \text{ó} \quad n \quad d \quad c$$

Relación	q/Q	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
v/V	0.1	0.641	0.658	0.675	0.690	0.705	0.720	0.733	0.746	0.757	0.770
d/D		0.215	0.224	0.234	0.244	0.253	0.262	0.271	0.279	0.287	0.295
rh/RH		0.513	0.533	0.555	0.573	0.592	0.611	0.627	0.644	0.659	0.675

$$\left(\frac{V_d}{V_u}\right)_{1-2} = 0.77$$

) Velocidad real del flujo

$$V_{d1-2} > 0.6 \text{ m/s}$$

$$V_{d1-2} = 0.997 \text{ m/s} \times 0.77 = \mathbf{0.7} > \mathbf{0.6} \text{ m/s } \mathbf{0}$$

) Radio hidráulico

Conociendo la velocidad real del flujo a sección parcialmente llena para el caudal máximo, se despeja el radio hidráulico de la fórmula de Manning.

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$R_{1-2} = \left(\frac{V \times n}{S^{1/2}} \right)^{3/2}$$

$$R_{1-2} = \left(\frac{0.769 \text{ m/s} \times 0.009}{(0.011)^{1/2}} \right)^{3/2} = \mathbf{0.0}$$

) Velocidad crítica

$$V_r = 6\sqrt{(g \cdot R)} > V_d$$

$$V_r = 6\sqrt{(9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.017\text{m})} = \mathbf{2.4 \text{ m/s} > 0.7 \text{ m/s}}$$

) Relación de tirante

$$\frac{Q_d}{Q_u} = \mathbf{0.1} \quad R \quad \text{ón d c}$$

Relación	q/Q	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
v/V	0.1	0.641	0.658	0.675	0.690	0.705	0.720	0.733	0.746	0.757	0.770
d/D		0.215	0.224	0.234	0.244	0.253	0.262	0.271	0.279	0.287	0.295
rh/RH		0.513	0.533	0.555	0.573	0.592	0.611	0.627	0.644	0.659	0.675

$$\left(\frac{d}{D} \right)_{1-2} = 0.295$$

) Tirante de agua

$$d_{1-2} = 0.295 \times 100\text{m} = 29.5\text{m}$$

$$d_{1-2} = 0.75D$$

$$d_{1-2} = 0.75(100\text{m}) = 75\text{m}$$

$$d_{1-2} = \mathbf{2.51} < \mathbf{7 \text{ m}}$$

) Tensión tractiva

$$\tau_{1-2} = \gamma \cdot R \cdot S$$

$$\tau_{1-2} = 1,000 \text{ K/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.017\text{m} \times 0.011 \text{ m/m} = \mathbf{1.8 \text{ P}}$$

5.2.3.2 Ejemplo de cálculo red principal colectora 01 tramo inicial
pvs01 - pvs02

1. Consideraciones generales

-) Longitud del ramal condominial: **491.53 metros lineales**
-) Viviendas conectadas: **36 viviendas**
-) Población conectada: Se usará una índice saturación de 6 hab/viv

$$P = I_p \times V v_c$$

$$P = 6 \text{ hab/viv} \times 36 \text{ viv} = 216 \text{ h}$$

-) Longitud del tramo PVS 01- PVS 02: **57.45 mts**

2. Caudal de aguas residuales

-) Caudal medio

$$Q_m = Q_u \times \# v$$

$$Q_m = 0.0104 \times 36 = 0.3742 \text{ l/s}$$

-) Caudal mínimo

$$Q_m = \frac{1}{5} \times Q_m$$

$$Q_m = \frac{1}{5} \times 0.3742 \text{ l/s} = 0.0748 \text{ l/s}$$

-) Caudal máximo

El coeficiente de Harmon calculado para el proyecto es de 2.16

$$Q_m = H \times Q_m$$

$$Q_m = 2.16 \times 0.3742 \text{ l/s} = 0.808 \text{ l/s}$$

-) Caudal de Infiltración: Para el cálculo del gasto producido por infiltración, se usará un coeficiente de 2 lts por cada 100m de tubería por cada 25 mm de diámetro.

Caudal de infiltración ramal condominial

$$Q_i = 2 \text{ L/hr}/100 \text{ m} \times \left(\frac{491.53 \text{ m}}{100 \text{ m}} \right) \times \left(\frac{1}{3600 \text{ s}} \right) \times 4 = 0.011 \text{ l/s}$$

Caudal de infiltración red principal tramo PVS1-PVS2

$$Q_i = 2L/hr/100m \cdot t_i / 25m \times \left(\frac{57.45m}{100m}\right) \times \left(\frac{1}{3600s}\right) \times 6 = \mathbf{0.0 \quad l/s}$$

) Caudal por conexiones erradas

$$Q_c = 1 \% \times Q_m$$

$$Q_c = 10\% \times 0.8082 = \mathbf{0.0 \quad l/s}$$

) Caudal de diseño

$$Q_d = Q_m + Q_i + Q_c$$

$$Q_d = 0.8082 \text{ l/s} + 0.013 \text{ l/s} + 0.0808 = \mathbf{0.9 \quad l/s}$$

El valor que se acepta como flujo mínimo en cualquier tramo de la red de alcantarillado sanitario, es el que resulta de la descarga de un inodoro sanitario, de acuerdo a la norma brasileña (NBR 9649) $Q_{\min} = 1.50 \text{ lps}$. Por lo tanto, se propone un caudal de diseño de **1.50 lps**.

3. Cálculo topográfico. Tramo 1 PVS#1-PVS#2

) Pendiente del terreno

$$S_{1-2} = \left(\frac{N_{AA\ 1} - N_{AA\ 2}}{L_{n\ 1-2}}\right)$$

$$S_{t\ 1-2} = \left(\frac{96.366m - 95.693m}{57.45m}\right) \times 100 = \mathbf{1.1 \%}$$

) Pendiente de la tubería: La pendiente de la tubería se toma de acuerdo a la pendiente del terreno procurando sea igual a esta. La pendiente mínima debe garantizar que se cumpla con el criterio de tensión tractiva mínima de 1Pa.

$$S_{t\ 1-2} = \mathbf{1.1 \%}$$

) Cotas invert: Para el cálculo de cotas de Invert de las tuberías para pozos de visita sanitario se consideró una cobertura inicial de 1.35 metros.

$$\text{Inver}_s\ 1-2 = N_{TAA} - \text{Cobertura}$$

$$\text{Inver}_s \quad 1-2 = 96.366 - 1.35\text{m} = 95.016\text{m}$$

$\text{Inver}_e \quad p = \text{Nivel de salida} - (\text{longitud del tramo} \cdot \text{pendiente propuesta})$

$$\text{Inver}_e \quad p = 95.016 - (57.45 \cdot 0.0117) = 94.344\text{m}$$

4. Cálculo topográfico. Tramo 2: PVS#2 - PVS#5

) Pendiente del terreno

$$S_{2-3} = \left(\frac{N_{AA \ 2} - N_{AA \ 5}}{L_{2-5}} \right) \times 100$$

$$S_{2-3} = \left(\frac{95.693\text{m} - 94.533}{56.87 \text{ m}} \right) \times 100 = 2.04\%$$

) Pendiente de la tubería

$$S_{t \ 2-5} = S_{2-5} = 1.98\%$$

) Pérdida de carga: Esta pérdida se da por el cambio de alineación vertical que se da a la entrada y salida de los dispositivos de inspección, se calcula con la velocidad real del flujo a caudal máximo calculada a partir de las relaciones elementales y esta no deberá ser menor a 3 cm⁴⁰.

$$hf = 0.25 \frac{V_d^2}{2g} \quad 0.03$$

$$hf = 0.25 \frac{(0.752)^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} = 0.0072 < 0.03$$

$$\mathbf{h = 0.03}$$

Donde:

Vd: Velocidad real del flujo a sección parcialmente llena.

S: Pendiente de la tubería en m/m.

) Cotas invert.

$$\text{Inver}_s \quad 2-5 = \text{Inver}_e \quad 1-2 - hf_{2-5}$$

⁴⁰ Capítulo V – Hidráulica de las Alcantarillas, Numeral 5.4. Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales de INAA.

$$\text{Inver}_s \quad 2-5 = 94.344\text{m} - 0.03\text{m} = \mathbf{9.3 \quad m}$$

$$\text{Inver}_e \quad p = \text{Inver}_s \quad 2-5 - \text{Long}_{2-5} \times S_{2-5}$$

$$\text{Inver}_e \quad p = 94.314 - (56.87 \quad 0.0198) = \mathbf{9.1 \quad m}$$

5. Cálculo hidráulico. Tramo 1: PVS#1 - PVS#2

Para el cálculo de velocidad se utilizó el coeficiente de rugosidad “n” Manning⁴¹ para tuberías de material PVC. Para determinar el caudal, se calculó el área llena considerando diámetros iniciales de tuberías de 6 pulgadas; así como, se aplicó la ecuación de continuidad. Durante el proceso de diseño del sistema se obtuvo el caudal de diseño, dato que se utilizará para el cálculo de tuberías parcialmente llenas.

Cálculo de tubería a sección llena

) Velocidad

$$V_{u \ 1-2} = 1/n \times 0.397 \times D^{2/3} \times S_{1-2}^{1/2}$$

$$V_{u \ 1-2} = 1/0.009 \times 0.397 \times (0.15\text{m})^{2/3} \times (0.0117)^{1/2} = 1.347 \text{ m/s}$$

) Área

$$A_{u \ 1-2} = \pi/4 \times D^2$$

$$A_{u \ 1-2} = \pi/4 \times (0.15\text{m})^2 = 0.01767\text{m}^2$$

) Caudal

$$E \quad \text{ón d c} \quad u \quad Q = V \times A$$

$$Q_{u \ 1-2} = V_{u \ 1-2} \times A_{u \ 1-2}$$

$$Q_{u \ 1-2} = 1.347 \text{ m/s} \times 0.01767\text{m}^2 = 0.0238 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{u \ 1-2} = 23.8 \text{ l}$$

⁴¹ Capítulo V – Hidráulica de las Alcantarillas, Numeral 5.1. Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales de INAA.

) Relación de caudal

$$\frac{Q_a}{Q_u} = \frac{1.5l}{23.8 l} = 0.063$$

Cálculo de tubería con sección parcialmente llena

) Relación de velocidad

$$\frac{Q_a}{Q_u} = 0.0630 R \quad \text{ónd } c$$

Relación	q/Q	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
v/V	0	0.00	0.326	0.398	0.448	0.488	0.522	0.551	0.576	0.599	0.62
d/D		0.00	0.072	0.099	0.119	0.137	0.152	0.167	0.179	0.191	0.203
rh/RH		0.00	0.186	0.251	0.3	0.341	0.377	0.409	0.437	0.469	0.48

$$\left(\frac{V_a}{V_u}\right)_{1-2} = 0.551$$

) Velocidad real del flujo

$$V_{a1-2} > 0.6 \text{ m/s}$$

$$V_{a1-2} = 1.347 \text{ m/s} \times 0.551 = \mathbf{0.7} > \mathbf{0.6 \text{ m/s}}$$

) Radio hidráulico: Conociendo la velocidad real del flujo a sección parcialmente llena para el caudal máximo, se despeja el radio hidráulico de la fórmula de Manning.

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$R_{1-2} = \left(\frac{V \times n}{S^{1/2}}\right)^{3/2}$$

$$R_{1-2} = \left(\frac{0.742 \text{ m/s} \times 0.009}{(0.0117)^{1/2}}\right)^{3/2} = \mathbf{0.0}$$

) Velocidad crítica

$$V_r = 6\sqrt{(g)} > V_a$$

$$V_r = 6\sqrt{(9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.016 \text{ m})} = \mathbf{2.3 \text{ m/s}} > \mathbf{0.9 \text{ m/s}}$$

) Relación de tirante

$$\frac{Q_d}{Q_u} = 0.0622 R \quad \text{donde } R = \frac{d}{D}$$

Relación	q/Q	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
v/V	0	0.00	0.326	0.398	0.448	0.488	0.522	0.551	0.576	0.599	0.62
d/D		0.00	0.072	0.099	0.119	0.137	0.152	0.167	0.179	0.191	0.203
rh/RH		0.00	0.186	0.251	0.3	0.341	0.377	0.409	0.437	0.469	0.48

$$\left(\frac{d}{D}\right)_{1-2} = 0.167$$

) Tirante de agua

$$d_{1-2} = 0.167 \times 150m = 25.05m$$

$$d_{1-2} = 0.75D$$

$$d_{1-2} = 0.75(150m) = 112.5m$$

$$d_{1-2} = 25.05m < 112.5m \quad \text{OK}$$

) Tensión tractiva

$$\tau_{1-2} = \gamma_w R P$$

$$\tau_{1-2} = 1,000 \frac{K}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 0.016m \times 0.0117 \frac{m}{m} = 1.81 \text{ } \text{OK}$$

En la tabla 5.26 se muestra a manera de ejemplo resumen del cálculo hidráulico realizado para los ramales condominiales 01 y 02; así mismo, ver tabla 5.27 resumen del cálculo hidráulico colectores y subcolectores. Véase anexo 6 y 7 diseño de redes completo.

Tabla 5-26 Análisis hidráulico de red de alcantarillado condominial.

Colector N°	Ramal N°	Camara de inspeccion		Caudal de diseño Qd Ips	Longitud del tramo (m)	Diametro del ramal (mm)	Velocidad		d/D	Tirante de agua d (mm)	Excavacion cajas de inspección	
		CI A.AR	CI A.AB				Lleno VII (m/s)	Diseño Vd (m/s)			A-AR	A-AB
1	N° 1	CI# 1	CI# 2	1.50	39.82	100	0.997	0.769	0.297	29.66	0.800	0.820
1	N° 1	CI# 2	CI# 3	1.50	18.81	100	0.818	0.667	0.329	32.88	0.850	0.851
1	N° 1	CI# 3	CI# 4	1.50	27.65	100	1.202	0.879	0.269	26.95	0.881	0.894
1	N° 1	CI# 4	CI# 19	1.50	47.94	100	1.705	1.127	0.226	22.59	0.924	0.923
1	N° 1	CI# 5	CI# 6	1.50	40.53	100	0.997	0.769	0.297	29.66	0.750	0.736
1	N° 1	CI# 6	CI# 9	1.50	43.72	100	1.041	0.793	0.290	29.00	0.766	0.747
1	N° 1	CI# 7	CI# 8	1.50	23.09	100	1.041	0.793	0.290	29.00	0.800	0.792
1	N° 1	CI# 8	CI# 9	1.50	15.87	100	0.736	0.618	0.348	34.75	0.822	0.970
1	N° 1	CI# 9	CI# 10	1.50	11.12	100	1.562	1.059	0.236	23.61	1.000	0.998
1	N° 1	CI# 10	CI# 14	1.50	35.88	100	0.997	0.769	0.297	29.66	1.028	1.019
1	N° 1	CI# 11	CI# 12	1.50	23.89	100	1.202	0.879	0.269	26.95	0.750	0.743
1	N° 1	CI# 12	CI# 13	1.50	28.49	100	1.041	0.793	0.290	29.00	0.773	0.785
1	N° 1	CI# 13	CI# 14	1.50	26.42	100	1.752	1.149	0.223	22.29	0.815	0.818
1	N° 1	CI# 14	CI# 15	1.50	9.81	100	0.902	0.715	0.312	31.25	1.049	1.052
1	N° 1	CI# 15	CI# 16	1.50	8.86	100	0.736	0.619	0.347	34.74	1.082	1.102
1	N° 1	CI# 16	CI# 17	1.50	34.09	100	0.997	0.769	0.297	29.66	1.132	1.119
1	N° 1	CI# 17	CI# 18	1.50	19.36	100	0.736	0.618	0.348	34.75	1.149	1.228
1	N° 1	CI# 18	CI# 19	1.50	28.52	100	1.344	0.952	0.255	25.47	1.258	1.270
1	N° 1	CI# 19	PVS 1	1.50	7.66	100	1.901	1.217	0.214	21.41	1.300	1.263
2	N° 2	CI# 20	CI# 21	1.50	21.93	100	1.210	0.883	0.269	26.865	0.750	0.749
2	N° 2	CI# 21	CI# 22	1.50	31.95	100	1.275	0.917	0.262	26.156	0.779	0.789
2	N° 2	CI# 22	CI# 23	1.50	3.86	100	1.646	1.099	0.230	23.000	0.819	0.602
2	N° 2	CI# 23	CI# 24	1.50	24.37	100	1.778	1.161	0.221	22.131	0.632	0.641
2	N° 2	CI# 24	CI# 25	1.50	12.75	100	0.736	0.618	0.348	34.753	0.671	0.712
2	N° 2	CI# 25	CI# 30	1.50	21.88	100	0.736	0.618	0.348	34.753	0.742	0.840
2	N° 2	CI# 26	CI# 27	1.50	42.87	100	1.124	0.838	0.279	27.883	0.750	0.746
2	N° 2	CI# 27	CI# 28	1.50	49.84	100	0.736	0.618	0.348	34.752	0.776	1.251
2	N° 2	CI# 28	CI# 29	1.50	31.09	100	0.850	0.686	0.322	32.215	1.281	1.288
2	N° 2	CI# 29	CI# 30	1.50	36.51	100	1.590	1.072	0.234	23.406	1.318	1.233
2	N° 2	CI# 30	CI# 31	1.50	23.44	100	1.164	0.859	0.274	27.396	1.263	1.270
2	N° 2	CI# 31	PVS 2	1.50	5.05	100	2.125	1.317	0.203	20.257	1.300	1.007

Fuente: cálculos realizados por autores.

Tabla 5-27 Análisis hidráulico de colectores y subcolectores

Colector N°	Pozos de visita sanitarios PVS		Caudal de diseño Qd lps	Longitud del tramo (m)	Diámetro del ramal (mm)	Velocidad		d/D	Tirante de agua d (mm)	Excavacion pozos inspección	
	PVS A.AR	PVS A.AB				Lleno VII (m/s)	Diseño Vd (m/s)			A-AR	A-AB
1	PVS 1	PVS 2	1.500	57.45	150	1.347	0.752	0.170	25.523	1.56	1.56
1	PVS 2	PVS 5	1.500	56.87	150	1.752	0.904	0.150	22.462	1.59	1.56
1.1	PVS 3	PVS 4	1.500	88.18	150	1.107	0.655	0.187	28.104	1.56	1.56
1.1	PVS 4	PVS 5	1.500	57.91	150	1.721	0.893	0.151	22.654	1.59	1.56
1	PVS 5	PVS 6	2.445	57.69	150	0.881	0.642	0.268	40.204	1.59	1.86
1	PVS 6	PVS 7	2.447	51.48	150	1.535	0.953	0.203	30.442	1.89	1.62
1	PVS 7	PVS 8	3.473	54.45	150	1.600	1.086	0.237	35.510	1.65	1.64
1	PVS 8	PVS 9	4.324	21.08	150	1.921	1.318	0.241	36.156	1.67	1.62
1	PVS 9	PVS 10	5.273	37.12	150	1.489	1.163	0.304	45.541	1.65	1.61
1	PVS 10	PVS 14	5.947	34.85	150	1.661	1.302	0.305	45.787	1.64	1.62
1.2	PVS 11	PVS 12	1.500	37.08	150	1.233	0.707	0.178	26.662	1.56	1.56
1.2	PVS 12	PVS 13	2.125	73.97	150	1.425	0.867	0.196	29.459	1.59	1.56
1.2	PVS 13	PVS 14	2.127	59.32	150	2.039	1.116	0.165	24.720	1.59	1.58
1	PVS 14	PVS 15	8.923	67.20	200	1.415	1.106	0.304	60.767	1.65	1.65
1	PVS 15	PVS 19	9.149	67.20	200	2.085	1.468	0.253	50.517	1.68	1.64
1.3	PVS 16	PVS 17	1.500	56.00	150	1.817	0.928	0.147	22.068	1.56	1.56
1.3	PVS 17	PVS 18	1.500	58.29	150	1.624	0.858	0.155	23.313	1.59	1.57
1.3	PVS 18	PVS 19	1.500	55.94	150	1.580	0.841	0.157	23.613	1.60	1.59
1	PVS 19	PVS 20	11.051	54.29	200	2.626	1.827	0.247	49.468	1.68	1.65
1	PVS 20	PVS 35	11.251	54.29	200	2.212	1.625	0.272	54.439	1.69	1.66
2.1	PVS 21	PVS 22	1.500	56.34	150	1.652	0.868	0.154	23.117	1.56	1.56
2.1	PVS 22	PVS 23	1.500	55.81	150	1.624	0.858	0.155	23.312	1.59	1.56
2.1	PVS 23	PVS 24	1.500	73.87	150	1.027	0.621	0.194	29.165	1.59	1.56
2.1	PVS 24	PVS 29	2.242	59.81	150	1.100	0.733	0.229	34.408	1.59	1.56
2	PVS 25	PVS 26	1.500	56.65	150	1.748	0.903	0.150	22.498	1.56	1.56
2	PVS 26	PVS 27	1.500	57.52	150	1.590	0.845	0.157	23.549	1.59	1.56
2	PVS 27	PVS 28	1.500	54.49	150	1.347	0.752	0.170	25.526	1.59	1.56
2	PVS 28	PVS 29	1.503	41.16	150	1.647	0.867	0.154	23.161	1.59	1.56
2	PVS 29	PVS 30	4.671	64.92	150	1.258	0.996	0.311	46.682	1.59	1.56
7	PVS 30	PVS 31	4.998	68.78	150	0.845	0.761	0.399	59.798	1.59	1.91
7	PVS 31	PVS 33	4.999	42.34	150	1.004	0.863	0.363	54.474	1.94	1.57
7.1	PVS 32	PVS 33	1.500	63.54	150	2.035	1.005	0.139	20.893	1.56	1.56
7	PVS 33	PVS 34	5.503	42.96	150	1.270	1.050	0.337	50.598	1.60	1.56
7	PVS 34	PVS 35	6.104	71.77	150	1.735	1.353	0.303	45.399	1.59	1.56
7	PVS 35	PVS 36	18.205	65.86	200	2.238	1.877	0.347	69.472	1.70	1.69
7	PVS 36	PVS 37	18.955	40.99	200	2.001	1.752	0.377	75.312	1.73	1.68
7	PVS 37	PVS 47	19.231	42.70	200	2.238	1.906	0.358	71.524	1.73	1.75

Colector N°	Pozos de visita sanitarios PVS		Caudal de diseño Qd lps	Longitud del tramo (m)	Diámetro del ramal (mm)	Velocidad		d/D	Tirante de agua d (mm)	Excavacion pozos inspección	
	PVS A.AR	PVS A.AB				Lleno VII (m/s)	Diseño Vd (m/s)			A-AR	A-AB
3	PVS 38	PVS 39	2.252	62.78	150	1.245	0.802	0.216	32.402	1.56	1.56
3	PVS 39	PVS 40	2.278	33.69	150	2.042	1.141	0.170	25.543	1.59	1.56
3	PVS 40	PVS 41	2.804	54.88	150	2.050	1.216	0.188	28.230	1.59	1.56
3	PVS 41	PVS 42	3.180	35.86	150	1.201	0.863	0.262	39.236	1.59	1.56
3	PVS 42	PVS 43	3.181	38.86	150	0.835	0.666	0.315	47.290	1.59	1.62
3	PVS 43	PVS 44	3.334	66.89	150	1.276	0.914	0.260	38.983	1.65	1.56
3	PVS 44	PVS 45	4.964	99.35	150	1.447	1.120	0.299	44.795	1.59	1.56
3	PVS 45	PVS 46	4.966	49.44	150	2.484	1.647	0.227	34.063	1.59	1.56
3	PVS 46	PVS 47	4.968	75.81	150	1.121	0.933	0.341	51.215	1.59	1.56
7	PVS 47	PVS 48	25.997	27.23	300	1.038	0.949	0.411	123.363	1.78	1.85
7	PVS 48	PVS 54	27.053	62.73	300	1.384	1.183	0.360	107.867	1.88	2.17
4	PVS 49	PVS 50	1.500	42.60	150	1.817	0.928	0.147	22.068	1.56	1.56
4	PVS 50	PVS 51	1.500	55.32	150	1.565	0.836	0.158	23.720	1.59	1.56
4	PVS 51	PVS 52	1.500	57.62	150	1.600	0.849	0.157	23.488	1.59	1.56
4	PVS 52	PVS 53	1.500	55.55	150	1.425	0.782	0.166	24.845	1.59	1.56
4	PVS 53	PVS 54	1.584	63.60	150	1.707	0.903	0.156	23.356	1.59	1.56
7	PVS 54	PVS 69	28.640	58.38	300	1.326	1.165	0.379	113.773	2.20	2.19
5	PVS 55	PVS 56	1.500	87.07	150	1.839	0.936	0.146	21.953	1.56	1.56
5	PVS 56	PVS 57	1.500	59.73	150	1.839	0.936	0.146	21.954	1.59	1.56
5	PVS 57	PVS 66	1.777	97.74	150	1.855	0.990	0.158	23.720	1.59	1.58
5.1	PVS 58	PVS 59	1.500	34.80	150	1.876	0.949	0.145	21.723	1.56	1.56
5.1	PVS 59	PVS 60	1.500	56.46	150	1.717	0.892	0.151	22.699	1.59	1.56
5.1	PVS 60	PVS 61	1.500	19.99	150	1.545	0.828	0.159	23.870	1.59	1.57
5.1	PVS 61	PVS 63	2.910	37.92	150	1.575	1.020	0.218	32.747	1.60	1.56
5.11	PVS 62	PVS 63	1.500	60.54	150	0.948	0.587	0.202	30.325	1.56	1.93
5.2	PVS 63	PVS 64	3.963	97.88	150	1.318	0.983	0.279	41.871	1.96	1.56
5.2	PVS 64	PVS 65	4.464	57.03	150	0.835	0.732	0.377	56.576	1.59	1.76
5.2	PVS 65	PVS 66	4.466	58.03	150	1.420	1.072	0.286	42.843	1.79	1.56
5	PVS 66	PVS 67	7.345	56.94	200	2.079	1.375	0.226	45.297	1.61	1.61
5	PVS 67	PVS 68	7.896	56.88	200	1.666	1.200	0.262	52.491	1.64	1.61
5	PVS 68	PVS 69	8.522	61.66	200	1.582	1.182	0.280	56.063	1.64	1.61
7	PVS 69	PVS 70	37.370	61.81	375	1.622	1.282	0.310	116.240	2.22	2.98
7	PVS 70	PVS 71	37.374	51.03	375	1.622	1.282	0.310	116.240	3.01	3.03
7	PVS 71	PVS 72	37.680	60.43	375	1.622	1.285	0.311	116.731	3.06	2.89
7	PVS 72	PVS 88	38.035	59.65	375	1.622	1.288	0.313	117.306	2.92	3.69

Colector N°	Pozos de visita sanitarios PVS		Caudal de diseño Qd Ips	Longitud del tramo (m)	Diámetro del ramal (mm)	Velocidad		d/D	Tirante de agua d (mm)	Excavacion pozos inspección	
	PVS A.AR	PVS A.AB				Lleno VII (m/s)	Diseño Vd (m/s)			A-AR	A-AB
6	PVS 10V	PVS 73	13.281	91.55	200	1.119	1.041	0.426	85.225	4.35	2.34
6	PVS 73	PVS 74	13.284	69.39	200	1.582	1.340	0.353	70.600	2.37	1.63
6	PVS 74	PVS 75	13.287	69.46	200	2.361	1.787	0.287	57.303	1.67	1.62
6	PVS 75	PVS 76	13.841	88.84	200	1.848	1.516	0.332	66.486	1.65	1.65
6	PVS 76	PVS 85	13.845	88.84	200	1.926	1.562	0.325	65.054	1.68	1.64
6.1	PVS 77	PVS 78	1.500	61.12	150	2.039	1.006	0.139	20.869	1.56	1.56
6.1	PVS 78	PVS 79	1.500	60.82	150	1.860	0.943	0.145	21.815	1.59	1.57
6.1	PVS 79	PVS 80	1.500	69.35	150	1.805	0.923	0.148	22.136	1.60	1.57
6.1	PVS 80	PVS 81	1.500	75.49	150	1.774	0.912	0.149	22.322	1.60	1.57
6.1	PVS 81	PVS 82	1.500	86.73	150	1.135	0.666	0.185	27.761	1.60	1.57
6.1	PVS 82	PVS 83	1.500	35.61	150	1.194	0.691	0.181	27.079	1.60	1.56
6.1	PVS 83	PVS 84	3.865	57.70	150	0.881	0.731	0.340	50.945	1.59	2.06
6.1	PVS 84	PVS 85	5.911	59.18	150	1.135	0.987	0.372	55.806	2.09	1.58
6	PVS 85	PVS 88	20.757	97.68	200	2.288	1.979	0.368	73.605	1.69	1.65
7	PVS 86	PVS 87	1.976	58.79	150	1.473	0.869	0.186	27.960	1.66	1.58
7	PVS 87	PVS 88	2.304	34.92	150	1.525	0.931	0.198	29.648	1.61	1.58
8	PVS 88	PVS 89	61.997	39.18	375	1.556	1.430	0.415	155.733	3.72	4.08
8	PVS 89	PVS 90	62.001	52.60	375	1.556	1.430	0.415	155.733	4.11	5.25
8	PVS 90	PVS 91	62.008	79.80	375	1.556	1.430	0.415	155.757	5.28	7.04
8	PVS 91	PVS 92	62.014	69.60	375	1.556	1.430	0.415	155.757	7.07	5.33
8	PVS 92	PVS 93	62.019	58.15	375	1.556	1.430	0.415	155.757	5.36	5.53
8	PVS 93	PVS 94	62.023	54.40	375	1.556	1.430	0.415	155.781	5.56	5.12
8	PVS 94	PVS 95	62.028	57.70	375	1.556	1.430	0.415	155.781	5.15	4.90
8	PVS 95	PVS 96	62.033	56.30	375	1.556	1.430	0.415	155.781	4.93	5.03
8	PVS 96	PVS 97	62.039	72.60	375	1.556	1.430	0.415	155.781	5.06	6.58
8	PVS 97	PVS 98	62.047	96.00	375	1.556	1.430	0.415	155.805	6.61	5.87
8	PVS 98	PVS 99	62.055	100.00	375	1.556	1.430	0.415	155.805	5.90	5.01
8	PVS 99	PVS 100	62.063	100.00	375	1.556	1.430	0.416	155.829	5.04	3.76
8	PVS 100	PVS 101 e	62.071	91.70	375	1.556	1.430	0.416	155.829	3.79	2.49

Fuente: cálculos realizados por autores.

5.3 ALCANCE GENERAL DE OBRAS PROPUESTAS

La red propuesta para los barrios: Villa Reconciliación Sur, 14 de febrero y Anexo Villa Reconciliación Sur, se diseñó como un sistema mixto: Ramales condominiales y redes públicas.

1. **Ramales condominiales:** comprende de 20,320 metros lineales de tubería de diámetro de 4 in. **699** cajas circulares de registro de concreto reforzado de diámetros de 40 cm (CI 40) y 60 cm (CI 60), con tapas y retortas de fondo de concreto reforzado.
2. **Redes públicas:** comprende la longitud, profundidad y diámetro de las tuberías, así como también el número de pozos de visita sanitario PVS. Se propone utilizar 6,111 m de tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) con diámetros de tubería de 6 a 15 in, que descargan en 100 Pozos de visita (PVS) convencionales de mampostería ladrillo cuarterón, con tapas y aros de polietileno.

En la tabla 5.28 se muestra a modo de resumen las cantidades de tubería por diámetros y dispositivos de inspección.

Tabla 5-28: Alcance general de obras propuestas.

Descripción	Alcances de Obra					Longitud total (m)	Dispositivos de inspección				
	Diámetro (mm) / Longitud (m)						Cajas de inspección		PVS	Conexiones domiciliarias	Conexiones especiales
	100	150	200	300	375		CI40	CI60			
Ramales condominiales	20.320.00					20.320.00	637.00	62.00	101.00	1826.00	7.00
Red Principal		3.727.00	1074.00	149.00	1161.00	6.111.00	699.00				
Total	20.320.00	3.727.00	1074.00	149.00	1161.00	26.431.00			101.00	1826.00	7.00

Fuente: cálculos realizados por autores.

Se propone un equipo de coordinación que tendrá a cargo el proceso de implementación del sistema, compuesto por consultores tanto del área de ingeniería como del área social.

El costo total de inversión del proyecto asciende a **U\$ 1, 645,230.00 (Un millón seiscientos cuarenta y cinco mil doscientos treinta con 00, dólares americanos)**, con un costo per cápita de U\$ 902.00 (**novcientos dos con 00, dólares americanos**). En la tabla 5.29 se muestra a manera de resumen el costo total y costos per cápita del proyecto, así como también costos indirectos e impuestos (Ver presupuesto general por sub etapas en anexo 8).

Tabla 5-29 Costo total del proyecto

PRESUPUESTO DE OBRAS		
ITEM	DESCRIPCION	COSTO TOTAL
TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$ 1,134,509.08
10	Preliminares	\$ 45,295.80
20	Red ramales condominiales	\$ 609,073.98
30	Red principal	\$ 453,323.95
40	Rotura y reposición de base y carpeta de rodamiento	\$ 25,815.35
50	Limpieza final	\$ 1,000.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		\$ 284,432.33
60	Imprevistos (5%)	\$ 56,725.45
70	Administración (10%)	\$ 113,450.91
80	Supervisión (5%)	\$ 56,725.45
90	Costo gestión técnico social	\$ 57,530.52
TOTAL COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS		\$ 1,418,941.41
IMPUESTOS IVA (15%)		\$ 212,841.21
IMPUESTOS MUNICIPALIDAD (1%)		\$ 14,189.41
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		\$ 1,645,973.00
CANTIDAD DE CONEXIONES		1,826.00
COSTO PERCAPITA		\$ 902.00

Fuente: cálculos realizados por autores.



CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. Con el fin de obtener un diseño óptimo se realizó un levantamiento topográfico (planimétrico y altimétrico) financiado por el programa BID 2471/BL-NI, con el cual se logró la identificación de: extensión del área, cuencas de drenaje y demarcación de las conexiones a las cuales se les brindara el servicio de alcantarillado.
2. Se realizó encuesta socio económica, según resultados la población actual en el año 2017 es de 7,453 habitantes, proyectada por el método de saturación dando como resultado una población de diseño de 12,318 habitantes calculado con un índice habitacional de 6 hab/viv.
3. El caudal de diseño de aguas residuales generado por los barrios es de 62.07 lps. Para el análisis hidráulico se calculó mediante hojas de cálculo del software Microsoft Excel. Para todos los tramos se garantizó velocidades a tubo parcialmente llenos igual o mayor a 0.45 m/s. La pendiente propuesta a la medida de lo posible se ajustó a la pendiente del terreno, tomando en cuenta que esta debe ser la necesaria para que el sistema cumpla con parámetros hidráulicos tales como: Tensión tractiva y velocidades mínimas las cuales garanticen auto limpieza de las tuberías asegurando mayor vida útil de las mismas.
4. El diseño realizado tanto de ramales condominiales como red pública tiene suficiente capacidad para transportar el caudal máximo generado al final del período de diseño del proyecto, funcionando con promedio de tirante máximo del 29% de su capacidad.
5. Se requieren 20,320 m de tubería PVC SDR-41 con una pendiente promedio de 2% y diámetro de 100 mm (4") para los ramales. La red pública tiene una extensión de 5878 m de tubería PVC SDR-41, con una pendiente media de 1.36% y diámetros que varían desde 150 mm (6") hasta 375 mm (15"). El

diámetro seleccionado cumple con la capacidad hidráulica necesaria para transportar el caudal de diseño a una altura de flujo máximo del 75% del diámetro de la tubería.

El costo total de inversión del proyecto asciende a U\$ 1, 581,230.00 (Un millón quinientos ochenta y un mil doscientos treinta con 00, dólares americanos), con un costo per cápita por conexión de U\$ 865.00 (Ochocientos sesenta y cinco con 00, dólares americanos).

6.2 RECOMENDACIONES

1. Es de vital importancia que el distrito VI de la alcaldía de Managua cumpla con el programa de regulaciones y disposiciones en el uso de suelo de los barrios, desalojando a precaristas que tomaron áreas verdes como bordes de cauce y torres de transmisión de alta tensión, evitando futuras conexiones ilegales que saturen las redes del sistema de alcantarillo propuesto.
2. Desarrollar un programa de educación sanitaria que oriente y capacite a las familias que serán beneficiadas con el servicio de alcantarillado condominial, logrando cambios de comportamientos higiénicos-sanitarios, para que una vez construido el sistema haga un uso adecuado del mismo.
3. En el alcance de obras del estudio monográfico se incluye los costos de mano de obra por instalación de tuberías, se recomienda promover la participación comunitaria en el proceso de construcción, reduciendo de esta manera los costos de ejecución del sistema.

BIBLIOGRAFIA

- AMUSCLAM. (2011). *Plan ambiental municipio de Managua, distrito V,VI y VII.*
- AMUSCLAM. (Octubre 2011). *Guía de educación ambiental en la subcuenca III del lago de Managua.*
- Baldizón, I. M. (1998). *Apuntes de ingeniería sanitaria. Sistema de alcantarillado sanitario.*
- INAA. (1976). *Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.*
- INAA. (1989). *Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización de agua.*
- INAA. (2014). *Guía de criterios técnicos para el diseño de alcantarillado sanitario condominial.*
- INETER. (1971). *Catastro e inventario de recursos naturales levantamiento de suelos de la región del pacífico.*
- INETER. (s.f.). *Informe técnico. Actualización del mapa de falla geológicas de Managua.*
- INIDE. (2005). *VII Censo de población y IV de viviendas.*
- NB688, N. B. (2002). *Diseño de sistema de alcantarillado sanitario y pluvial .*
- OPS. (2005). *Guías para el diseño de alcantarillado sanitario.*
- Pérez, I. F. (2001). *Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario Manual de diseño y construcción.*
- Search/gpm, C. d. (1996). *Plan maestro de alcantarillado sanitario de Managua.*
- SIAPA, N. M. (2007). *Lineamiento técnico para factibilidades.*